

Effect of Number of Impeller Blades on Water Flow and Pressure in Pump Prototypes **[Pengaruh Jumlah Sudu *Impeller* Terhadap Debit dan Tekanan Air pada Prototipe Pompa]**

Mokhammad Ari Fauzan Afendy¹⁾, A'rasy Fahrudin^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Abstract. *The world is experiencing a water crisis and extreme climate changes due to high global warming, marked by natural disasters, prolonged droughts, wildfires, and the lack of clean water in remote villages. Some issues are addressed by finding clean water using water pumps. A pump is a fluid transfer device, where pressure is the force affecting its performance, encompassing area, temperature, and volume. Water flow rate is the capacity of water flowing in a specific unit. This quantitative research involves data analysis after data collection. The study aims to determine which impeller blade number produces the highest flow rate and pressure. Tests were conducted on different impeller designs. The results showed that impeller 3, with 8 blades, produced higher flow rates and pressures compared to impellers 1 and 2.*

Keywords - water pump; debit ; impeller design; pressure.

Abstrak. *Dunia mengalami krisis air dan perubahan iklim ekstrem akibat pemanasan global. Hal ini ditandai dengan bencana alam, kemarau panjang, kebakaran, dan kelangkaan air bersih di desa terpencil. Beberapa masalah diatasi dengan pencarian air bersih menggunakan pompa air. Pompa berfungsi sebagai alat pemindah fluida, dengan tekanan sebagai gaya yang mempengaruhi kinerjanya, mencakup luas, suhu, dan volume. Debit air adalah kapasitas muat air yang mengalir dalam satuan tertentu. Penelitian ini bersifat kuantitatif, yaitu analisis data setelah data lengkap. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui jumlah sudu impeller yang menghasilkan debit dan tekanan terbesar. Uji dilakukan pada desain impeller yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa impeller 3 atau yang memiliki 8 sudu menghasilkan debit dan tekanan yang lebih besar dibandingkan impeller 1 dan 2.*

Kata Kunci - pompa air; debit ; desain impeller; tekanan.

I. PENDAHULUAN

Pompa yakni alat pemindah fluida atau bahan cair, mengubah energi mekanik beralih menjadi energi kinetik.[1] [2]Energi mekanik guna meningkatkan kecepatan, tekanan, ataupun elevasi.[3][4] Pompa yang banyak dijumpai dalam *industry* yakni pompa sentrifugal. Pompa tersebut dipilih karena desain sederhana & mudah pemakaiannya, tidak mahal dan tidak berisik dalam pemakaian, menghasilkan debit tinggi serta hasil tekanan yang cukup. Pompa ini digerakkan oleh motor atau *dynamo*. Daya dari putaran tersebut akan diteruskan ke poros pompa. Fluida yang ada dalam *impeller* akan berputar. Hal tersebut akan membuat zat cair mengalir dari bagian *impeller*. Semakin cepat maka air akan mengalir cukup banyak karena mengalami penekanan ayng cukup besar juga. [5][6] Mengatakan pemilihan pompa dipilih berdasarkan kebutuhan dan kapasitas yang ada, sehingga biaya pompa akan lebih murah, untuk kebutuhan rumah tangga sehari-hari hanya membutuhkan debit 0,018 m³/s atau 0,11m³/menit.

[7] Menganalisa perusahaan air minum jasa tirta yang memiliki 4 buah pompa utama. Kapasitas yang ada lebih besar, kecepatan spesifik akan sama meskipun putaran dan ukuran berbeda. Efisiensi pompa dibagi 3 yakni efisiensi volumetris, hidrolis, mekanis.[8] Pompa sentrifugal banyak digunakan dalam *industry* air pada sektor transportasi pada kapal. Nilai *head* tertinggi *impeller* adalah 16,882 meter dengan sudu 4. Efisiensi tertinggi dengan nilai 40,125% papda perputaran 2000 rpm. Sifat dasar fluida yakni ada kerapatan, tekanan, kekentalan.[7] *Impeller* yang mengalami kerusakan dapat dilihat secara visual dan metalografi.[9] Dalam pemeriksaan visual yakni dapat dilihat secara langsung dan sangat terlihat bahwa impeller mengalami karat dan melalui pemeriksaan metalografi yakni dapat dilihat dengan pembesaran 40x lebih besar.[9][10] Penelitian ini menggunakan prototipe pompa dengan jumlah sudu *impeller* berbeda, guna melihat pengaruh dalam tekanan, daya, debit, serta efisiensi.

II. METODE

Pengambilan data menggunakan fluida air, jumlah sudu *impellernya* beragam terlihat pada Gambar 1 dengan jumlah sudu 4, 6 dan 8. Casing pompa maupun *impellernya* terbuat dari PLA yang dicetak 3D Printing. Penggerak pompa memakai motor dinamo tipe 775 DC 12V, alat pengukur tekanan memakai *pressure gauge* ukuran 2.5 bar, serta daya listriknya memakai *power supply* 12V.

Proses ambil data dilakukan kecepatan putar 4000, 5000 dan 6000 rpm. Dengan 3 kali percobaan dalam setiap rpm untuk mencakup rata-rata tekanan serta waktu yang dihasilkan guna mengisi 1000 ml liter air. Saluran *output* memakai selang 1 meter yang terhubung *pressure gauge*, ujungnya dipasang *stop kran*, dan juga dihubungkan ke *flowmeter* 5 GPM. Penelitian ini bersifat kuantitatif, kuantitatif yakni analisa data yang dilakukan setelah data lengkap memakai perhitungan angka analisis statistik. Tujuannya mengetahui jumlah sudu impeller mana yang menghasilkan debit serta tekanan yang besar. Proses pengumpulan data yakni dengan Teknik dokumentasi. Teknik dokumentasi disini adalah data tertulis yang berupa kumpulan catatan. Semua data yang diambil merupakan data kuantitatif yang didapat dari alat yang digunakan.

A. Gambar Impeller



Gambar 1. Impeller

Rencana perhitungan menggunakan rumus:

$$\text{Debit} = D = \frac{v}{t}$$

$$\text{Daya Air} = d \times v$$

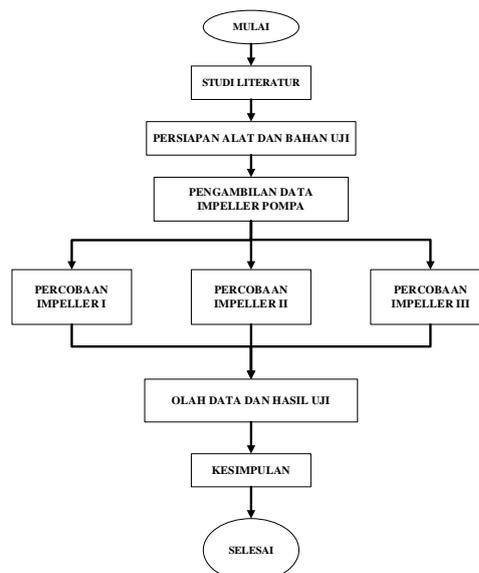
$$\text{Daya Listrik} = P = V \times I$$

$$\text{Daya Motor} = P = \text{Daya Listrik} \times \text{Efisiensi Motor}$$

$$\text{Efisiensi Pompa} = \frac{\text{Daya Air}}{(P(\text{motor}) \times \text{Efisiensi Motor})} \times 100\%$$

$$\text{Rata - rata Tekanan} = \frac{\text{Tekanan 1} + \text{Tekanan 2} + \text{Tekanan 3}}{3}$$

B. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir

Tahap dalam penelitian:

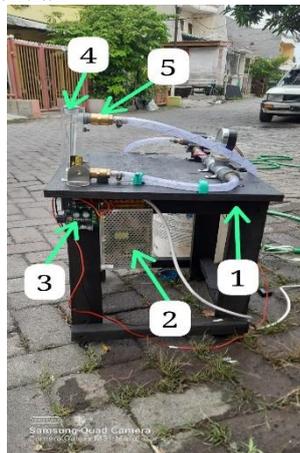
1. Mulai
Langkah awal mempersiapkan untuk membuat *impeller* pompa.
2. Studi Literatur
Mencari, catat, serta mengumpulkan data referensi tentang pompa, yakni pengertian, perhitungan, jenis dan lain-lain.
3. Pembuatan desain pompa (*impeller*)
Yakni proses pembuatan desain *impeller* pompa.
4. Perakitan
Yakni tahap akan penyatuan alat dan bahan untuk mencapai tujuan tertentu termasuk dalam perakitan *impeller* pompa.
5. Persiapan alat dan bahan uji
Yakni kegiatan yang mengumpulkan alat & bahan.
6. Pengambilan data
Pengumpulan data dari hasil survei dan referensi tentang debit air & tekanan.
7. Pengolahan data
Proses pengambilan data mentah tentang *impeller* pompa yang diubah menjadi sebuah informasi.
8. Analisis
Menganalisa dan menguraikan informasi tentang *impeller* sehingga dapat mengambil kesimpulan.
9. Kesimpulan
Yakni cakupan dari hasil data yang sudah di uji.
10. Selesai
Akhir dari sebuah proses penelitian tentang pompa dan *impeller*.

C. Variabel Penelitian

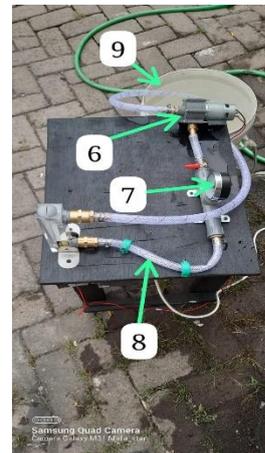
Dalam penelitian ini terdapat variabel yang telah ditentukan diantaranya adalah

1. Variabel bebas
Jumlah sudu 4, 6, 8 dengan kecepatan 4000, 5000, 6000 rpm.
2. Variabel terikat
 - Tekanan dorong
 - Debit output
 - Daya
 - Efisiensi

D. Instalasi Penelitian



Gambar 3. Instalasi Penelitian 1



Gambar 4. Instalasi Penelitian 2

E. Alat dan Bahan

Alat serta bahan yang digunakan:

1. Meja Alat Uji
2. *Power Supply* 12 V
3. *Dimmer dynamo*
4. *Flowmeter* 5 GPM
5. *Hose Nipple*
6. Dinamo Penggerak 775 DC motor DC 12V

7. Water Pressure Gauge
8. Selang Air
9. Tampung air ukuran 50 liter
10. Amper meter
11. Stopwatch
12. Gelas ukur 1000 ml
13. Pipa 1/2"
14. Stopkran
15. Tachometer

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian prototipe pompa ini telah didapatkan hasil untuk pengambilan datanya yaitu:

Tabel 1. Hasil Pengujian

Jenis Impeller	Kecepatan Putar (RPM)	Tekanan (Bar)			Debit (ml/det)	Debit (m ³ /s) (:1000) D	Rata-rata Tekanan Bar	Tekanan (N/m ²) (x100.000)	Daya Air (Watt) (D x p)	Arus Listrik (Ampere)			Rata-rata Arus Listrik Ampere	Tegangan (volt)	Daya Listrik (watt)	Efisiensi Motor	Daya Motor (watt)	Efisiensi Pompa
		I	II	III						I	II	III						
Impeller I	4000	0,2	0,25	0,3	1,6	0,00016	0,25	25000	4	3	2,8	2,5	2,8	12	33,6	0,5	16,8	0,48
	5000	0,25	0,3	0,4	1,9	0,00019	0,31	31000	5,89	4,9	4,6	4,3	4,6	12	55,2	0,5	27,6	0,42
	6000	0,3	0,45	0,5	2,5	0,00025	0,41	41000	10,25	7,3	7	7,7	7	12	84	0,5	42	0,49
Impeller II	4000	0,1	0,2	0,3	2	0,0002	0,2	20000	4	3,8	3,6	3,4	3,6	12	43,2	0,5	21,6	0,370
	5000	0,15	0,25	0,4	2,2	0,00022	0,26	26000	5,72	6,9	6,6	6,3	6,6	12	79,2	0,5	39,6	0,29
	6000	0,25	0,35	0,5	2,5	0,00025	0,36	36000	9	7,7	7,6	7,5	7,6	12	91,2	0,5	45,6	0,40
Impeller III	4000	0,2	0,3	0,35	2	0,0002	0,28	28000	5,6	4	3,8	3,6	3,8	12	45,6	0,5	22,8	0,49
	5000	0,2	0,35	0,4	2,4	0,00024	0,31	31000	7,44	6,8	6,6	6,4	6,6	12	79,2	0,5	39,6	0,375
	6000	0,3	0,5	0,6	2,6	0,00026	0,46	46000	11,96	7,9	7,8	7,7	7,8	12	93,6	0,5	46,8	0,511

Dari tabel diatas terdapat 3 perhitungan dari 3 rpm, versi 4000,5000, dan 6000. Untuk perhitungan debit di konversikan dari ml/detik menjadi N/m². Untuk perhitungan efisiensi motor menggunakan standart IE yakni 50%. Beberapa hasil dalam belakang koma mengalami pembulatan angka jika banyak angka dibelakang koma dan bagian awal dimulai dari 7-9.

A. Rata-rata Tekanan

$$\text{Rata - rata Tekanan} = \frac{\text{Tekanan 1} + \text{Tekanan 2} + \text{Tekanan 3}}{0,2 + 0,25 + 0,3} = 0,25$$

B. Daya Air

$$\text{Debit} = 1,6 \text{ ml/detik} = 0,00016 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Tekanan} = 0,25 \text{ bar} = 2500 \text{ N/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Air} &= D \times p \\ &= 0,00016 \text{ m}^3/\text{s} \times 2500 \text{ N/m}^2 \\ &= 4 \text{ Watt} \end{aligned}$$

C. Rata-rata Arus Listrik

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata Aris} &= \frac{\text{Arus 1} + \text{Arus 2} + \text{Arus 3}}{3} \\ &= \frac{3 + 2,8 + \text{Arus 3}}{3} \\ &= 2,8 \end{aligned}$$

D. Daya Listrik

$$\text{Tegangan Listrik} = 12 \text{ volt (konstan)}$$

$$\text{Arus Listrik} = 2,8 \text{ ampere}$$

$$\begin{aligned} P(\text{Listrik}) &= V \times I \\ &= 12 \text{ volt} \times 2,8 \text{ ampere} \\ &= 33,6 \text{ Watt} \end{aligned}$$

E. Daya Motor

$$P(\text{Listrik}) = 33,6 \text{ watt}$$

$$\text{Efisiensi Motor} = 50\% = 0,5(IE)$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Daya Listrik} \times \text{Efisiensi Motor} \\ &= 33,6 \text{ watt} \times 0,5 \\ &= 16,8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

F. Efisiensi Pompa

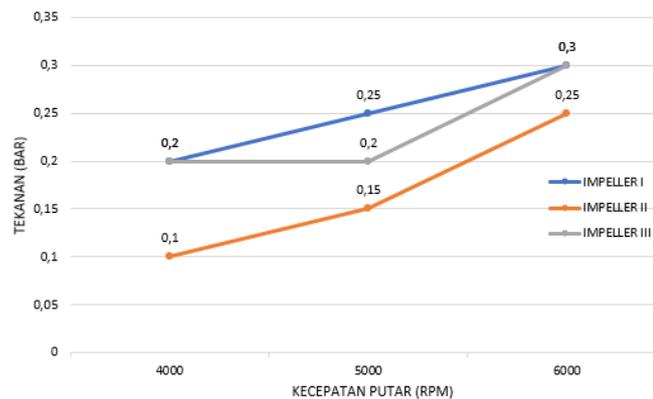
$$\text{Daya Air} = 4 \text{ watt}$$

$$\text{Daya Motor} = P(\text{motor}) = 16,8$$

$$\text{Efisiensi Motor} = 50\% = 0,5$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Pompa} &= \frac{\text{Daya Air}}{(P(\text{motor}) \times \text{Efisiensi Motor})} \times 100\% \\ &= \frac{4}{16,8 \times 0,5} \times \frac{100}{100} \times \frac{400}{840} = 0,48 \end{aligned}$$

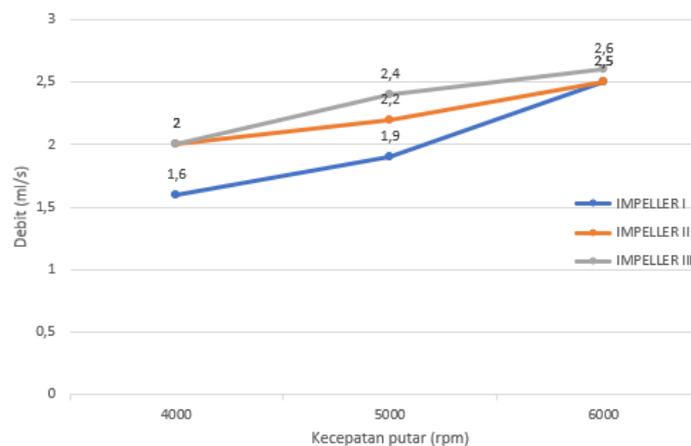
Pengujian dilakukan untuk menghasilkan tekanan dan debit air yang di ukur. Menggunakan variasi *impeller* yang berbeda. Menghitung dengan menggunakan persamaan dengan rumus. Hasil dari perhitungan digambarkan melalui grafik untuk melihat dan membandingkan performa pompa.



Gambar 5. Grafik Rpm dan Tekanan (Bar)

Pada gambar 5 dilihat bahwa semakin besar kecepatan putar (rpm) maka tekanan yang ada semakin besar. Seperti yang terlihat pada rpm 4000 pada garis biru mendapat tekanan *impeller* 1 0,2 bar. Pada saat rpm 5000 menghasilkan tekanan 0,25 bar dan rpm 6000 sebesar 0,3 bar.

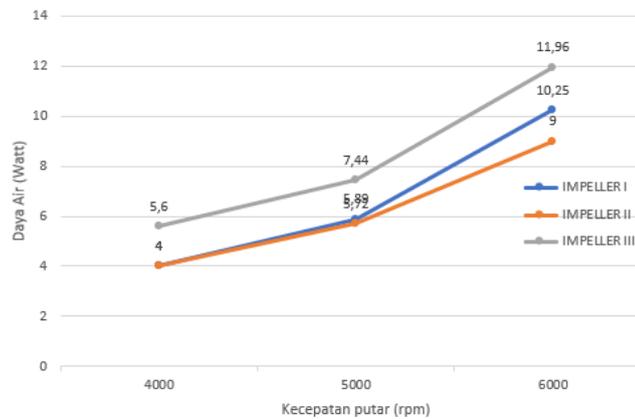
Pada tekanan *impeller* 1 terlihat mengalami peningkatan yang tinggi dan stabil dalam satu garis lurus dibandingkan dengan yang lain. Garis biru menggambarkan *impeller* 1, garis oren menggambarkan *impeller* 2, dan abu-abu menggambarkan *impeller* 3.



Gambar 6. Grafik Debit dan Kecepatan Putar (Rpm)

Gambar diatas menunjukkan grafik antara debit dan kecepatan putar (rpm). Satuan pada debit yakni ml/s. Terlihat pada garis biru yakni *impeller* 1 4000 menghasilkan debit air 1,6 ml/detik. Di *impeller* 1 rpm 5000 menghasilkan 1,9 ml/detik. Dan *impeller* 1 dengan rpm 6000 menghasilkan 2,5 ml/detik.

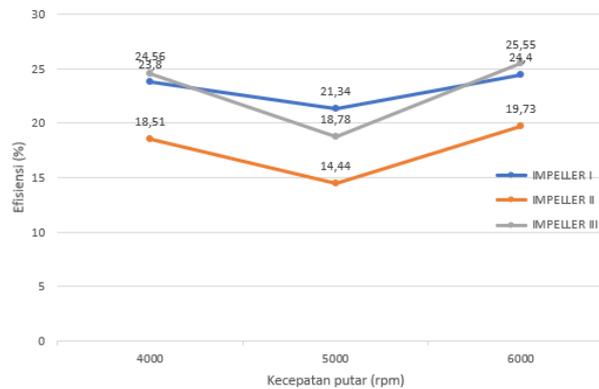
Pada garis oren terdapat *impeller* 2 dengan rpm 4000 menghasilkan 2 ml/detik, rpm 5000 2,2 ml/detik dan rpm 6000 menghasilkan 2,5 ml/detik. Garis yang terakhir berwarna abu-abu terdapat *impeller* 3 dengan rpm 4000 menghasilkan 2 ml/detik, rpm 5000 menghasilkan 2,4 ml/detik dan terakhir rpm 6000 hasil 2,6 ml/detik.



Gambar 7. Grafik Daya Air dengan Kecepatan Putar (Rpm)

Pada grafik ini menunjukkan daya air pada *impeller* 1,2 dan 3 serta rpm 4000,5000, dan 6000. Daya air ditulis dengan satuan *watt*. Data pada *impeller* 1 dengan garis warna biru terdapat daya air 4 watt di rpm 4000, selanjutnya daya air 5,89 watt di rpm 5000, dan terakhir daya air 10,25 watt di rpm 6000. Garis oren menggambarkan *impeller* 2 menunjukkan angka daya air 4 watt di rpm 4000, lalu 5,72 watt di rpm 5000 dan 9 watt di rpm 6000.

Pada *impeller* 3 yang bergaris abu-abu menggambarkan grafik paling tinggi dengan angka daya air 5,6 watt di rpm 4000, angka 7,44 watt di rpm 5000 dan 11,96 watt di rpm 6000.



Gambar 7. Grafik Efisiensi dan Kecepatan Putar (Rpm)

Rumus perhitungan efisiensi pada grafik ini adalah dengan rumus daya air dibagi dengan daya motor dan *watt* dijadikan *kilowatt*. Rumus ini digunakan untuk membuat *presentase* dalam efisiensi itu sendiri. Sesuai dengan tabel perhitungan yang tertera sebelumnya, perhitungan untuk *impeller* 1 pada garis biru yakni :

1. Rpm 4000
 Daya Air = 4 Watt
 Daya Motor = 16,8 Watt

$$= \frac{4}{16,8}$$

$$= 0,238$$

$$= 23,8 \%$$
2. Rpm 5000
 Daya air = 5,89 watt
 Daya motor = 27,6 watt

$$= \frac{5,89}{27,6}$$

$$= 0,2134$$

$$= 21,34 \%$$
3. Rpm 6000
 Daya air = 10,25 watt

$$\begin{aligned}
 \text{Daya motor} &= 42 \text{ watt} \\
 &= 10,25/42 \\
 &= 0,244 \\
 &= 24,4 \%
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan impeller 2 & 3 dengan rpm 4000,5000 dan 6000 lainnya tetap menggunakan cara yang sama. Perhitungan dilakukan dengan data yang ada pada tabel. Pada impeller 2 dengan garis oren mendapatkan hasil efisiensi sebesar 18,51% di rpm 4000, lalu efisiensi 14,44 % di rpm 5000, terakhir efisiensi 19,73 % di rpm 6000. Untuk impeller 3 dengan garis abu-abu mendapatkan hasil efisiensi 24,56% di rpm 4000, lalu efisiensi 18,78% di rpm 5000, terakhir efisiensi 25,55% di rpm 6000.

IV. SIMPULAN

Pada grafik tekanan (bar) gambar pertama menunjukkan bahwa tekanan *impeller* 1 dengan rpm yang semakin besar dapat mempengaruhi kenaikan grafik. Gambar tekanan selanjutnya tekanan RPM 4000 pada variasi *impeller* 1 memiliki angkat 0.2 , *impeller* 2 dengan angka 0.1 , dan *impeller* 3 di angka 0,2. Pada garis biru menunjukkan garis tersebut memiliki garis hasil paling rendah, sedangkan garis abu-abu dengan RPM 6000 memiliki grafik paling tinggi. Grafik ini merupakan perbandingan antara debit air dan kecepatan putar motor , dimana di putaran 4000,5000, dan 6000 yang paling kencang menghasilkan debit air ada pada *impeller* 3 , semakin cepat RPM semakin besar debit air yakni yang pada awalnya menghasilkan 2ml/detik ke 2,4 ml/detik hingga menjadi 2,6 ml/detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang membantu memfasiliasi untuk kelancaran proses penelitian. Terimakasih juga kepada pihak yang terkait bapak/ibu dosen yang membimbing mahasiswa untuk maju sampai pada tahap ini.

REFERENSI

- [1] R. Candra, "Perancangan Pompa Sentrifugal Dan Diameter Luar Impeller Untuk Kebutuhan Air Kapasitas 60 Lpm Di Gedung F Dan D Universitas Muhammadiyah Tangerang," *J. Tek. Univ. Muhammadiyah Tangerang*, vol. 7, no. 1, pp. 15–25, 2018.
- [2] W. H. Yahya and M. Mulyadi, "Panduan Praktik Terbaik Pemeliharaan Pompa Sentrifugal," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 7, pp. 151–155, 2024, doi: 10.21070/pels.v7i0.1565.
- [3] E. P. Putro, E. Widodo, A. Fahrudin, and Iswanto, "Analisis head pompa sentrifugal pada rangkaian seri dan paralel," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 2, pp. 46–56, 2020.
- [4] F. Riyanto, A. Fahrudin, and E. T. Belo, "Pengaruh Variasi Bentuk Impeller Terhadap Debit dan Tekanan Air pada Prototipe Pompa," vol. 212476, no. 1, 2023.
- [5] P. Nikosai and I. S. Arief, "Optimasi Desain Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 4, no. 2, pp. 6–11, 2015.
- [6] Agus Kurniawan, berlin saragih, hasballah, "Analisa Perancangan Mesin Pompa Air Dangkal Untuk Kebutuhan Skala Rumah Tangga" Vol 2, No 2, (2021) Desember 17-21
- [7] Rifqi firmansyah, bobie suhendra "Analisa Pengaruh Bentuk Impeller Terhadap Performa Pompa Sentrifugal Double Suction Type Venus 1-900.1000" Vol.6, No.2 Agustus 2018
- [8] Antonius Edy Kristiyono, Monika Retno Gunarti, "Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Pompa Sentrifugal" Vol. 3, No.1, Juni 2018
- [9] Eka Febriyanti, Sutarjo, Khairul Anwar, "Analisis Kegagalan Impeller Penyebab Kerusakan Pompa Air Kapal Laut" P-ISSN 1410-3680 / E-ISSN 2541-1233, M.P.I. Vol 11 No. 2, Agustus 2017 - (85 - 94)[1] W. H. Yahya and M. Mulyadi, "Panduan Praktik Terbaik Pemeliharaan Pompa Sentrifugal," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 7, pp. 151–155, 2024, doi: 10.21070/pels.v7i0.1565.
- [10] E. Widodo and R. Dwi Jayanto, "Perencanaan Manufaktur Instalasi Pompa Sentrifugal Laboratorium Teknik Mesin Dengan Kombinasi Rangkaian Seri dan Paralel," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 6, no. 1, pp. 33–40, 2021, doi: 10.21070/r.e.m.v6i1.1547.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.