

Pengaruh Variasi Bentuk Impeller Terhadap Debit dan Tekanan Air pada Prototipe Pompa

Fajar Riyanto¹, A'rasy Fahrudin², Edmundo Tiago Belo³

Email corresponding author: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

^{1,2}Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

³Teknik Mesin, Universidade Oriental Timor Lorosa'e, Timor Leste

Article history: Received: 17 Januari 2022 | Revised: 9 Juni 2022 | Accepted: 10 Juni 2022

Abstract. Pump is a device used to move fluid or something in the form of a liquid by increasing the pressure so that it can flow from one place to another or from a low surface to a high surface. In this study, testing was carried out by making a prototype pump using a dynamo drive, the impeller design and rotating speed varied to determine the water pressure and the resulting water discharge. So that you can find out which impeller produces the best water power and efficiency. Impeller III produces the highest water power at 5000 rpm compared to other designs which is 2.3 Watt, the highest efficiency is also achieved in impeller III with a rotational speed of 5000 rpm which is 46.04%.

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

Abstrak. Pompa adalah alat yang dipergunakan untuk memindahkan fluida atau sesuatu yang berbentuk cair dengan cara menaikkan tekanannya supaya dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat yang lain atau dari permukaan yang rendah ke permukaan yang tinggi. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dengan cara membuat prototipe pompa dengan menggunakan penggerak dinamo, desain impeller dan kecepatan putar divariasi untuk mengetahui tekanan air maupun debit air yang dihasilkan. Sehingga dapat mengetahui impeller mana yang menghasilkan daya air dan efisiensi yang terbaik. Impeller III menghasilkan daya air tertinggi pada 5000 rpm dibandingkan desain yang lain yaitu sebesar 2,3 Watt, efisiensi tertinggi juga dicapai pada impeller III dengan kecepatan putar 5000 rpm yaitu sebesar 46,04%.

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

PENDAHULUAN

Pompa adalah alat yang dipergunakan untuk memindahkan fluida atau sesuatu yang berbentuk cair dengan cara menaikkan tekanannya supaya dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat yang lain atau dari permukaan yang rendah ke permukaan yang tinggi dapat juga di artikan memindahkan cairan dari tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan tinggi melalui suatu media dengan cara memberikan energi pada cairan yang dipindahkan mengkonversi energi mekanik menjadi energi kinetik [1], [2]. Energi mekanik yang diberikan pompa digunakan untuk meningkatkan kecepatan, tekanan, atau elevasi.

Pompa sentrifugal sebagai salah satu jenis pompa yang banyak dijumpai dalam industri, karena desainnya yang sederhana dan mudah diaplikasikan, menghasilkan debit yang tinggi dengan tekanan yang cukup. Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa yang menggunakan prinsip gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh impeller yang diberi putaran untuk memberikan gaya dorong fluida [1]. Pompa sentrifugal memiliki dua bagian utama yaitu impeller dan rumah pompa atau casing, fungsi dari impeller sendiri untuk memberi kecepatan fluida yang tinggi sehingga energi kinetik besar setelah itu fluida masuk ke casing yang berbentuk rumah keong. Casing mempunyai diameter inlet yang kecil dan diameter outlet yang besar sehingga kecepatan fluida yang masuk semula besar kemudian mengecil pada saat keluar casing untuk menghasilkan tekanan yang cukup. Impeller adalah suatu komponen berputar yang terdapat pada suatu pompa sentrifugal, biasanya terbuat dari besi, baja, perunggu, kuningan, aluminium, atau plastik, yang memindahkan energi dari motor yang menggerakkan pompa yang di pompa dengan mempercepat cairan keluar dari pusat rotasi [3].

Amirsyam, et al.(2020) telah meneliti tentang pompa sentrifugal dengan variasi sudut masuk secara perhitungan matematis, dan hasilnya menunjukkan bahwa semakin besar sudut masuk maka semakin besar kecepatan aliran masuk [4]. Kennie (2010) telah meneliti tentang pompa sudut radial pada pompa sentrifugal secara matematis dan hasilnya menunjukkan bahwa semakin besar sudut β semakin besar potensi head secara teoritis [5]. Munawar, et al.(2020) telah meneliti tentang pengaruh sudut keluar impeller terhadap efisiensi pompa sentrifugal, dan hasilnya menunjukkan bahwa sudut keluar 25° menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibanding sudut keluar 35° [6].

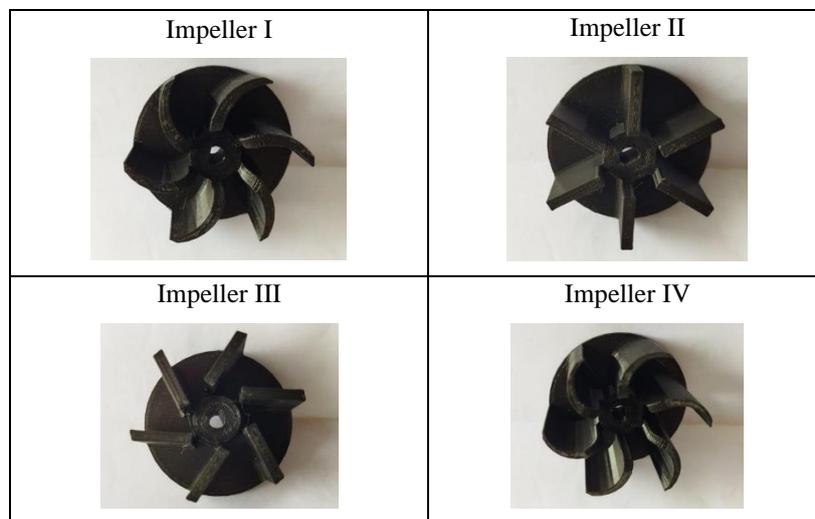
Beberapa peneliti lain juga telah melakukan penelitian tentang pengaruh sudut sudu impeller terhadap performa pompa sentrifugal [3], [7], [8]. Akan tetapi perbandingan desain impeller dengan sudu lurus maupun melengkung

secara eksperimen belum diteliti. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pembuatan prototipe pompa dengan variasi bentuk impeller yang berbeda, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tekanan, debit, daya, dan efisiensi pompa sentrifugal secara eksperimen.

METODE

Pengambilan data prototipe pompa dilakukan dengan media fluida air dimana bentuk sudu impellernya divariasikan seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**. Baik casing pompa maupun impellernya terbuat dari bahan PLA yang dicetak menggunakan 3D Printing. Penggerak pompa ini menggunakan motor dinamo tipe 775 DC 12V, alat untuk mengukur tekanan memakai pressure gauge berukuran 1 bar, untuk daya listriknya menggunakan power supply 12V. Untuk mengatur rpm motornya memakai mini dimmer dinamo DC 12V serta memakai volt-ampere meter digital untuk mengetahui ampere yang di pakai saat uji coba prototipe pompa dan saklar untuk mematikan arus listriknya.

Proses pengambilan datanya dilakukan pada kecepatan putar 3000, 4000, dan 5000 rpm. Dalam setiap rpm dilakukan uji coba sebanyak 3 kali percobaan untuk dapat mengambil rata-rata waktu dan tekanan yang di hasilkan untuk mengisi 1000 ml liter air. Untuk saluran output pompa menggunakan selang panjang 1 meter yang terhubung dengan pressure gauge dan ujungnya dipasang stop kran.



Gambar 1. Desain impeller yang diuji.

Dalam penelitian ini variable terikatnya adalah berupa tekanan discharge, debit output, daya air, daya motor, dan efisiensi pompa. Daya air dihitung dengan persamaan [9], [10]:

$$P_{air} = Q \cdot P_d \quad (1)$$

Dimana Q adalah debit air keluar, dan P_d adalah tekanan discharge, karena pompa diuji pada head isap nol. Sedangkan efisiensi pompa dihitung dengan persamaan:

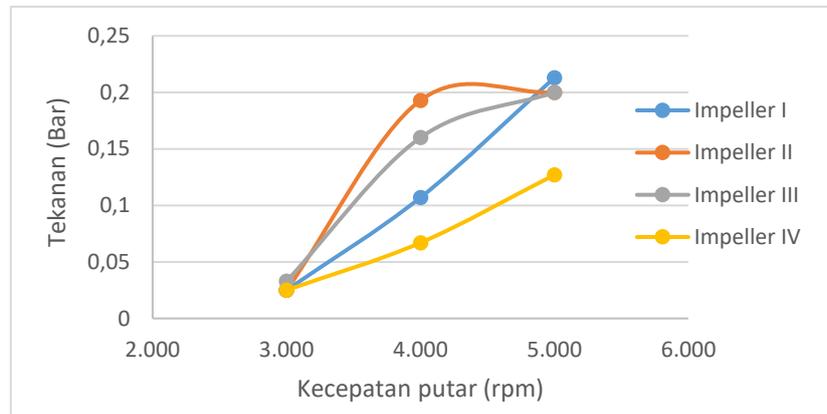
$$\eta = \frac{P_{air}}{P_{motor}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana P_{motor} adalah daya motor listrik untuk tiap variasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan menghasilkan data berupa tekanan dan debit air keluar yang dapat langsung diukur dengan alat ukur. Dengan variasi berupa variasi kecepatan putar dan variasi desain geometri impeller dan dihasilkan beberapa grafik untuk membandingkan performanya. Selain itu dilakukan pula perhitungan daya air dan efisiensi pompa untuk mengetahui desain impeller yang terbaik. Pengujian dilakukan dengan kondisi keran tertutup separuh sehingga didapatkan tekanan output dengan hambatan yang setara untuk tiap variasi. Sedangkan tekanan isap dianggap nol karena pompa berada di permukaan air.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan putar maka tekanan dorong cenderung semakin besar. Hal ini sesuai dengan karakter pompa sentrifugal dimana kecepatan diubah menjadi tekanan dengan adanya casing bentuk melingkar. Akan tetapi dari grafik dapat dilihat adanya perbedaan karakter antar impeller I dan IV dengan impeller II dan III. Impeller I dan IV membentuk grafik melengkung ke atas sedangkan impeller II dan III membentuk grafik melengkung ke bawah. Hal ini disebabkan karena pada impeller I dan IV sudu melengkung, menghasilkan kecepatan absolut yang lebih kecil pada sisi output sehingga tekanan yang dihasilkan lebih rendah pada kecepatan putar menengah. Pada kecepatan putar 4000 rpm tekanan tertinggi dihasilkan oleh impeller II sebesar 0,193 bar. Sedangkan pada kecepatan putar 5000 rpm tekanan tertinggi dihasilkan oleh impeller I sebesar 0,25 bar.



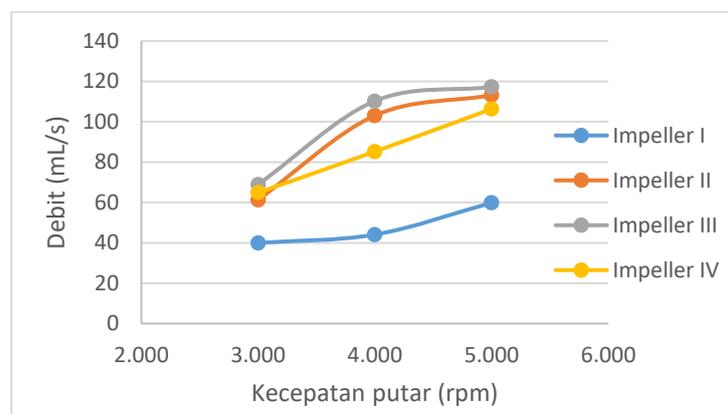
Gambar 2. Pengaruh kecepatan putar terhadap tekanan dengan variasi bentuk impeller.

Pada kecepatan putar tinggi, impeller I menghasilkan tekanan yang tertinggi karena dengan sudu melengkung dengan kelengkungan yang relatif kecil dibanding impeller IV. Menghasilkan kecepatan absolut pada sisi outlet yang relatif besar dan kecepatan absolut pada sisi inlet yang relatif rendah, karena sudut kecepatan relatif yang cukup kecil pada sisi output dan sudut kecepatan relatif yang cukup besar pada sisi input. Hal ini sesuai dengan persamaan [5],

$$H_{ideal} = (C_{w2} \cdot U_2 - C_{w1} \cdot U_1) / g \quad (3)$$

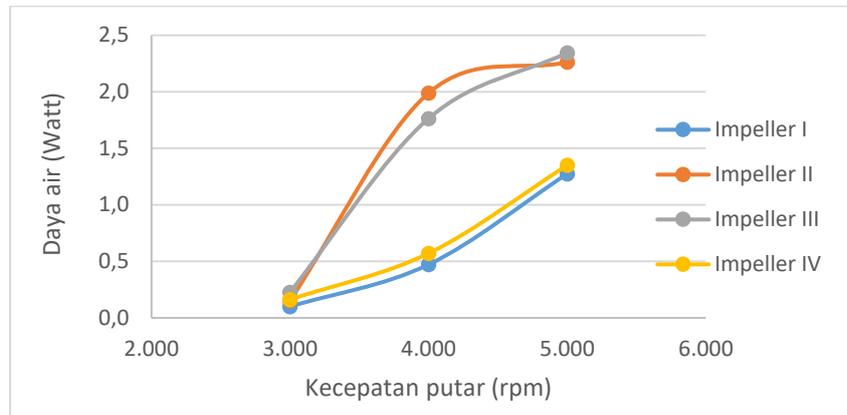
Dimana C_{w1} dan C_{w2} adalah proyeksi kecepatan absolut di sisi inlet dan outlet, sedangkan U_1 dan U_2 adalah kecepatan tangensial di sisi inlet dan outlet.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa impeller III menghasilkan debit yang tertinggi pada kecepatan putar 3000 hingga 5000 rpm, dengan debit maksimum sebesar 117,23 mL/s pada putaran 5000 rpm. Sedangkan debit terendah dihasilkan oleh impeller I dengan debit maksimum sebesar 59,83 mL/s pada kecepatan putar 5000 rpm. Pada Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa impeller sudu lurus memiliki keunggulan debit yang relatif lebih besar dibanding impeller sudu melengkung pada kecepatan putar 3000 hingga 5000 rpm. Hal ini disebabkan karena impeller lurus memiliki panjang sudu yang relatif lebih pendek dari impeller melengkung.



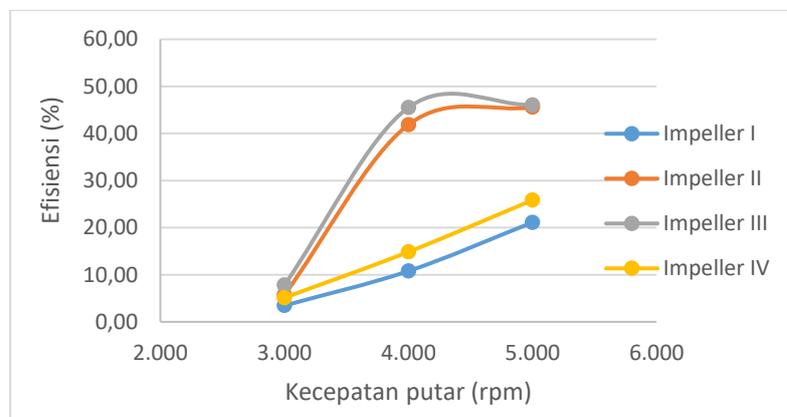
Gambar 3. Pengaruh kecepatan putar terhadap debit pada variasi bentuk impeller.

Pada Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa perbedaan debit yang dihasilkan antara impeller I dan impeller IV cukup jauh meskipun bentuk impellernya sama-sama melengkung. Hal ini menunjukkan bahwa sudut kelengkungan impeller memberikan efek yang signifikan terhadap karakter pompa. Impeller IV dengan desain impeller yang relatif lebih melengkung, akan memiliki karakter debit yang relatif lebih besar dan tekanan yang relatif lebih rendah dibanding impeller I. Dari Gambar 2 dan 3 juga dapat dilihat bahwa impeller melengkung akan menghasilkan performa yang lebih tinggi pada kecepatan putar yang lebih tinggi lagi. Akan tetapi kecepatan putar yang terlalu tinggi akan berpengaruh pada ketahanan bearing yang lebih cepat aus.



Gambar 4. Pengaruh kecepatan putar terhadap daya air pada variasi bentuk impeller

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin besar putaran semakin besar daya air yang dihasilkan [11]. Daya air impeller I dan IV memiliki tren yang mirip karena sama-sama sudu melengkung, sementara impeller II mirip dengan impeller III karena sama-sama sudu lurus. Impeller III menghasilkan daya lebih tinggi pada putaran 5000 rpm karena memiliki sudut ujung sudu yang lebih landai daripada impeller II, dan impeller III menghasilkan daya air tertinggi pada 5000 rpm dibandingkan desain yang lain yaitu sebesar 2,3 Watt. Dari Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa daya air impeller dengan sudu lurus lebih besar dibanding impeller dengan sudu melengkung pada kecepatan putar 3000 hingga 5000 rpm. Hal ini dikarenakan sudu lurus menghasilkan kombinasi tekanan dan debit yang besar.



Gambar 5. Pengaruh kecepatan putar terhadap efisiensi pada variasi bentuk impeller.

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa grafik efisiensi memiliki tren yang mirip dengan grafik daya air. Hal ini dikarenakan untuk menghasilkan daya air yang besar dibutuhkan daya poros yang besar pula [12]. Akan tetapi impeller III menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibanding impeller I pada 3000 dan 4000 rpm. Hal ini dapat dikarenakan bentuk sudu lurus pada impeller III yang sedikit miring sehingga membutuhkan daya poros yang lebih ringan untuk memutar impeller. Efisiensi tertinggi terjadi pada impeller III dengan kecepatan putar 5000 rpm yaitu sebesar 46,04%. Sedangkan efisiensi terendah terjadi pada impeller I dengan kecepatan putar 3000 rpm yaitu sebesar 3,45%. Efisiensi rendah pada kecepatan putar rendah diakibatkan karena motor yang digunakan memiliki karakter putaran tinggi sehingga pada putaran rendah listrik tidak optimal dikonversi menjadi daya putar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba pada prototipe pompa air dengan perbedaan bentuk impeller yang dilakukan dengan variasi kecepatan putar didapatkan bahwa impeller dengan sudu lurus yaitu impeller II dan III dapat menghasilkan daya air yang lebih tinggi dibandingkan dengan impeller I dan IV dengan sudu melengkung. Hal ini disebabkan karena impeller dengan sudu lurus menghasilkan tekanan dorong yang lebih tinggi pada putaran menengah 4000 rpm, dan debit yang lebih tinggi pada putaran 3000 hingga 5000 rpm dibandingkan dengan impeller dengan sudu melengkung. Impeller desain III menghasilkan daya air dan efisiensi tertinggi pada kecepatan putar 5000 rpm. Sudu lurus yang tersusun miring menghasilkan debit yang lebih besar dan daya poros yang lebih ringan.

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] 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] 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.
- [3] 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.
- [4] A. Nasution, M. Nasution, and M. Rohim, "Analisa Pengaruh Sudut Masuk Terhadap Jumlah Sudu Pada Sudu Pompa Sentrifugal," *Piston*, vol. 4, no. 2, pp. 51–58, 2020.
- [5] Kennie A. Lempoy, "Desain Bentuk Sudut Sudut Arah Radial Pada Pompa Sentrifugal," *Tekno*, vol. 8, no. 53, pp. 13–17, 2010.
- [6] M. A. Damanik and S. W. Septiawan, "Pengaruh Variasi Sudut Keluar Impeler Terhadap Performance Pompa Sentrifugal," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 2, pp. 166–174, 2020.
- [7] W. M. Rumaherang, "Perhitungan aliran dan peramalan karakteristik pompa sentrifugal bertingkat dengan penggunaan CAD blade's system," *J. Ilm. Tek. Mesin CAKRAM*, vol. 2, no. 2, pp. 69–76, 2008.
- [8] F. Rachmanu, "Desain Ulang Impeler Pompa Sentrifugal Kurva Prestasi Serta Fenomena Aliran Dengan CAD-CFD," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 649–656, 2016.
- [9] Yuriyanto, "Karakteristik pompa sentrifugal dengan sudu impeller streamline," *Rotasi*, vol. 3, no. 2, pp. 32–35, 2001.
- [10] A. Fahrudin and Mulyadi, "Rancang Bangun Alat Uji Head Losses dengan Variasi Debit dan Jarak Elbow 90° Untuk Sistem Perpipaan yang Efisien," *J. Turbo*, vol. 7, no. 1, pp. 32–35, 2018.
- [11] M. Sarifuddin, M. Arif, and I. H. Siregar, "Pengaruh Jarak Celah Bilah Penganggu Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal 3 Sudu," *J. Reaktom*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2021.
- [12] D. A. Pratama and I. H. Siregar, "Uji Eksperimental Impeller dengan Blades Splitter Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal," *JTM*, vol. 05, no. 01, pp. 83–88, 2017.