

ANALISIS PENGARUH *IMPELLER* OPEN SUDU 6 PADA POMPA  
SENTRIFUGAL MENGGUNAKAN SIMULASI CFD

**(ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE 6 BLADE OPEN *IMPELLER* ON THE  
PUMP CENTRIFUGAL USING CFD SIMULATION)**

**Muhammad Azmal Fahril<sup>(1)</sup>, Sujono<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas  
Jl. Gajah Mada No.38, Kec. Cepu, Kab. Blora, Jawa Tengah, 58315

Email: [fahri.muhammadazmal@gmail.com](mailto:fahri.muhammadazmal@gmail.com)

Diterima: 13 Desember 2024. Disetujui: 17 April 2025. Dipublikasikan: 30 Mei 2025

**ABSTRAK**

Pompa sentrifugal merupakan peralatan yang sangat penting dalam berbagai aplikasi industri, terutama dalam industri migas dan pengolahan fluida. Pompa ini bekerja dengan prinsip memindahkan fluida menggunakan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh *impeller*. Desain *impeller*, termasuk jumlah sudu dan jenisnya, sangat mempengaruhi kinerja pompa. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *impeller* dengan 6 sudu tipe open menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Simulasi ini memberikan gambaran kinerja *impeller* secara rinci tanpa memerlukan uji fisik langsung, sehingga dapat mengurangi biaya dan waktu dalam proses pengembangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *impeller* dengan susu 6 memberikan kinerja yang optimal untuk aplikasi industri yang memerlukan *head* tinggi dan kapasitas besar sehingga dapat menghasilkan kapasitas mendekati spesifikasi pabrikan dengan efisiensi 69%. Hasil ini mengindikasikan bahwa *impeller* open dapat diandalkan untuk fluida dengan kandungan padatan.

Kata Kunci: Simulasi CFD, Pompa Sentrifugal, Open *Impeller*, Sudu 6, Kapasitas

**ABSTRACT**

*Centrifugal pumps are very important equipment in various industrial applications, especially in the oil and gas and fluid processing industries. This pump works on the principle of moving fluid using centrifugal force generated by the impeller. Impeller design, including the number of blades and type, greatly influences pump performance. This research aims to evaluate the performance of an impeller with 6 open blades using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation. This simulation provides a detailed picture of impeller performance without requiring direct physical testing, thereby reducing costs and time in the development process. The research results show that the impeller with milk 6 provides optimal performance for industrial applications that require high heads and large capacities so that it can produce capacities close to manufacturer specifications with an efficiency of 69%. These results indicate that the open impeller is reliable for fluids with solids content.*

Keywords: CFD Simulation, Centrifugal Pump, Open *Impeller*, 6 Blades, Capacity

## PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa yang paling umum digunakan dalam berbagai aplikasi industri, termasuk dalam industri minyak dan gas [1]. Pompa ini bekerja dengan prinsip dasar mengkonversi energi mekanis dari motor atau mesin penggerak menjadi energi kinetik dan energi tekanan pada fluida yang dipompa [2]. Salah satu komponen yang paling penting dari pompa sentrifugal adalah *impeller*, yang bertanggung jawab untuk mengarahkan dan mengakselerasi fluida [3]. Desain *impeller* sangat mempengaruhi efisiensi pompa, khususnya jumlah sudu dan bentuk *impeller*. Jumlah sudu yang berbeda akan menghasilkan karakteristik aliran yang berbeda, mempengaruhi kinerja pompa dalam hal *head*, kapasitas, dan daya yang dihasilkan [4].

Studi ini difokuskan pada analisis *impeller* dengan 6 sudu pada tipe open *impeller*. Open *impeller* adalah jenis *impeller* yang tidak memiliki dinding penutup di depan atau belakang sudu, sehingga memungkinkan fluida dengan kandungan padatan atau kotoran untuk mengalir lebih mudah [5]. Namun, tipe ini juga memiliki tantangan dalam hal efisiensi dibandingkan dengan *impeller* tipe *closed* yang lebih sering digunakan untuk fluida bersih. Meskipun *impeller* tipe open dapat mengalirkan fluida dengan partikel, terdapat tantangan berupa efisiensi yang lebih rendah [6].

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil simulasi dengan spesifikasi desain pabrikan untuk

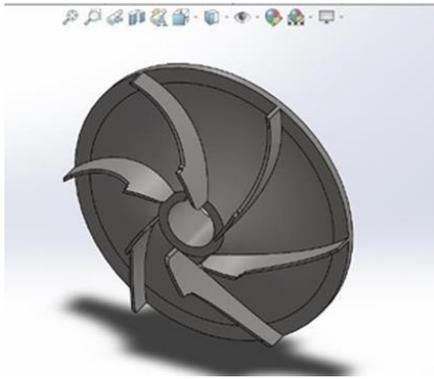
memastikan relevansinya di aplikasi industri. Untuk memahami bagaimana desain ini mempengaruhi kinerja pompa, digunakan simulasi CFD yang mampu memberikan prediksi yang akurat mengenai aliran fluida, tekanan, dan kecepatan pada berbagai titik dalam sistem.

## MATERIAL DAN METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode simulasi numerik dengan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk memprediksi aliran fluida, tekanan, dan kecepatan pada setiap titik dalam sistem. Data yang dikumpulkan berasal dari hasil simulasi CFD, yang mencakup distribusi tekanan, kecepatan fluida, kapasitas, *head*, daya cairan, dan daya poros. Variabel yang dikendalikan dalam simulasi ini meliputi kecepatan rotasi dan sifat fluida, sementara satu-satunya variabel bebas adalah jumlah sudu *impeller*. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup perangkat lunak *Solidworks* untuk pemodelan dan simulasi CFD. Data spesifikasi *impeller* yang digunakan meliputi:

1. Diameter inlet *impeller* : 125 mm
2. Diameter outlet *impeller* : 275 mm
3. Kecepatan putar : 2980 RPM
4. *Head* desain : 146,8 m
5. Kapasitas desain : 0,03153 m<sup>3</sup>/s

Desain percobaan melibatkan model 3D *impeller* tipe *open* dengan 6 sudu yang dibuat menggunakan perangkat lunak *Solidworks* seperti Gambar 1.



**Gambar 1.** Pemodelan *Open Impeller*

Sudu 6

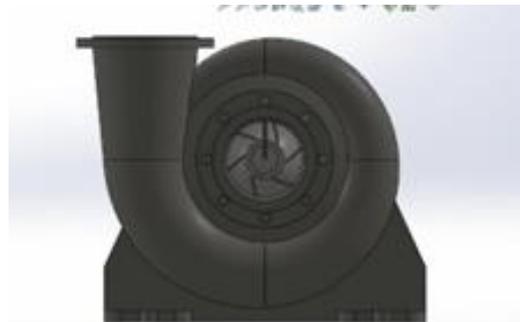
Selanjutnya, dilakukan desain *volute* pompa sentrifugal yang berfungsi untuk mengarahkan aliran fluida dari *impeller* menuju sistem pipa keluar. *Volute* dirancang dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip hidrodinamika untuk meminimalkan kerugian energi akibat turbulensi dan gesekan saat fluida bergerak melalui sistem [7]. Bentuk *volute* yang menyempit di sepanjang jalurnya membantu mempercepat aliran fluida dan meningkatkan efisiensi keseluruhan pompa. Setiap elemen *volute*, termasuk ukuran dan bentuk saluran, dioptimalkan untuk bekerja selaras dengan desain *impeller* open 6 sudu seperti Gambar 2.



**Gambar 2.** Pemodelan *Volute* Pompa Sentrifugal

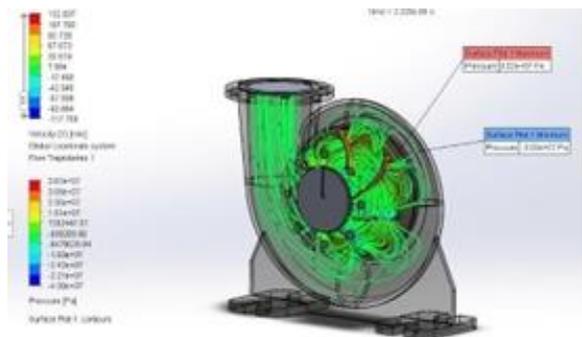
Setelah itu, dilakukan proses *assembly* atau perakitan antara *impeller* dan *volute*. Proses ini melibatkan penyatuan kedua komponen utama pompa sentrifugal tersebut untuk memastikan bahwa aliran fluida dari *impeller* dapat diarahkan secara

efisien melalui *volute* tanpa hambatan seperti Gambar 3.



**Gambar 3.** *Assembly Volute* dan *Impeller*

Desain *impeller* dan *volute* diuji dalam bentuk perakitan digital menggunakan simulasi CAD untuk memastikan bahwa tidak ada area yang menyebabkan gangguan aliran atau peningkatan gesekan yang tidak diinginkan [8]. Hasil perakitan ini kemudian disimulasikan lebih lanjut menggunakan CFD untuk menganalisis bagaimana performa keseluruhan pompa dalam kondisi operasional yang realistis yang dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Simulasi CFD

Selanjutnya, dilakukan analisis daya dan efisiensi *impeller* menggunakan rumus, sebagai berikut:

a. *Head* Teoritis

$$H_t = \frac{(c_2^2 - c_1^2)}{g} + \frac{(u_2^2 - u_1^2)}{g} + \frac{(w_1^2 - w_2^2)}{g} \quad (1)$$

Keterangan:

$H_t$  = *Head* Teoritis pada *impeller* pompa, m/s

$c_1$  = Kecepatan *Absolute* Sisi Masuk, m/s

$c_2$  = Kecepatan *Absolute* Sisi Keluar, m/s

$u_1$  = Kecepatan *Tangensial* Sisi Masuk, m/s

$u_2$  = Kecepatan *Tangensial* Sisi Keluar, m/s

$W_1$  = Kecepatan Relatif Sisi Masuk, m/s

$W_2$  = Kecepatan Relatif Sisi Keluar, m/s

$g$  = Gaya Gravitasi, (9,81 m/s<sup>2</sup>) [9].

Untuk menentukan kapasitas aktual *impeller*, dilakukan perhitungan dengan mempertimbangkan *head* teoritis dan faktor koreksi kebocoran fluida berdasarkan persamaan :

b. Kapasitas

$$Q_{ts} = b_2 \times \pi \times D_2 \times C_{2r} \quad (2)$$

Keterangan:

$Q_{ts}$  = Kapasitas Teoritis, m<sup>3</sup>/s

$b_2$  = Lebar Sisi Keluar *Impeller*, m

$D$  = Diameter *Outlet Impeller*, m

$C_{2r}$  = Kecepatan Cairan Radial Sisi Keluar *Impeller*, m/s [10].

Tahap selanjutnya adalah menghitung daya fluida yang dihasilkan oleh *impeller* menggunakan persamaan, dengan memanfaatkan data kapasitas dan *head* teoritis yang telah didapatkan sebelumnya.

c. Daya Cairan

$$P_w = \rho \times g \times Q_{ts} \times H_t \quad (3)$$

Keterangan:

$P_w$  = Daya Cairan, W

$\rho$  = Massa Jenis Fluida, kg/m<sup>3</sup>

$g$  = Gaya Gravitasi, (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$Q_{ts}$  = Kapasitas Teoritis, m<sup>3</sup>/s

$H_t$  = *Head* Teoritis, m [11].

Untuk menentukan daya yang diperlukan untuk mengoperasikan pompa, dilakukan perhitungan daya poros. Nilai *head* teoritis, kapasitas, dan daya fluida pada *impeller*, serta beban tambahan pada poros, digunakan sebagai *input* dalam persamaan:

d. Daya Poros

$$P = \frac{P_w}{\eta_p} \quad (4)$$

Keterangan ;

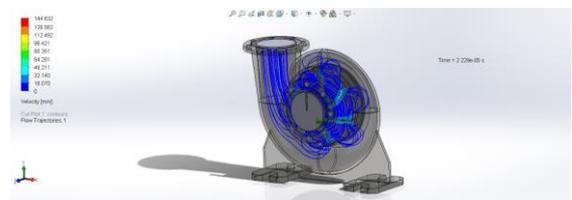
$P$  = Daya Poros, W

$P_w$  = Daya Cairan, W

$\eta_p$  = Efisiensi Pompa, % [12].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melihat bagaimana kerja *impeller* pompa yang paling dasar, kami gunakan yang punya 6 sudu. Dengan simulasi komputer, kami bisa melihat gerakan air di dalam pompa secara detail. Bayangkan seperti menonton video gerakan lambat, kita bisa lihat dengan jelas bagaimana air berputar dan didorong keluar oleh *impeller*.



**Gambar 5.** Simulasi CFD Open *Impeller* Dengan 6 Sudu

Dari hasil simulasi CFD, *impeller* dengan 6 sudu tipe *open* menghasilkan kapasitas teoritis sebesar 0,01884 m<sup>3</sup>/s dan *head* teoritis 149,95 m. Daya cairan yang dihasilkan adalah sebesar 27.596,1 W, sementara daya poros yang dibutuhkan untuk menggerakkan *impeller* adalah sebesar 39.994,27 W. Nilai ini menunjukkan bahwa *impeller* dengan konfigurasi tersebut memiliki kinerja yang baik untuk aplikasi dengan kebutuhan *head* dan kapasitas tinggi [13].

**Tabel 1.** Hasil Simulasi CFD *Open Impeller* Sudu 6

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Value	
				Max	Min
P. Inlet	Pa	101325,0114	101325,0114	101325,0114	101325,0114
P. Outlet	Pa	102729,1003	102729,1003	102729,1003	102729,1003
V. Inlet	m/s	1,021804271	1,021804271	1,021804271	1,021804271
V. Outlet	m/s	1,677951784	1,677951784	1,677951784	1,677951784

Ketika dibandingkan dengan spesifikasi desain pabrikan, hasil simulasi menunjukkan bahwa *impeller* 6 sudu tipe *open* memberikan hasil yang mendekati spesifikasi. Kapasitas dan *head* yang dihasilkan dari simulasi ini sedikit lebih rendah, namun tetap berada dalam rentang yang dapat diterima untuk aplikasi industri [14].

**Tabel 2.** Spesifikasi *Impeller* Pabrikan

Unit	Nilai	Satuan
Flow	0,03153	m <sup>3</sup> /s
Head	146,8	m
Speed	2980	RPM
Cairan	<i>Fresh Water</i>	
Temperature	30	°C
Density	997	Kg/m <sup>3</sup>
Daya Pompa	79750	W
Daya Motor	86310	W

**Tabel 3.** Perbandingan dari Data Desain Pabrikan dan Data Simulasi

Parameter	Data Desain	Data Unjuk Kerja	
		Simulasi	Satuan
Kapasitas	0,03153	0,0115	m <sup>3</sup> /s
Head	146,8	148,269	m

Daya cairan yang dihasilkan sebesar 27.596,1 W dibandingkan dengan daya poros sebesar 39.994,27 W memberikan efisiensi sekitar 69%. Hal ini menunjukkan

bahwa meskipun *impeller* tipe *open* sering kali dianggap kurang efisien dibandingkan *impeller* tipe *closed*, efisiensi *impeller* 6 sudu tipe *open* cukup baik untuk aplikasi tertentu [15].

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan simulasi CFD, *impeller* tipe *open* dengan 6 sudu menunjukkan kinerja yang baik dalam hal kapasitas dan *head* yang dihasilkan. Kapasitas teoritis yang dihasilkan adalah sebesar 0,01884 m<sup>3</sup>/s dan *head* teoritis sebesar 149,95 m, mendekati spesifikasi desain pabrikan. Daya cairan sebesar 27.596,1 W dan daya poros sebesar 39.994,27 W menunjukkan bahwa *impeller* ini memiliki efisiensi sekitar 69%. Hasil penelitian ini mendukung penggunaan *impeller* tipe *open* dengan 6 sudu untuk aplikasi dengan kebutuhan *head* tinggi dan kapasitas besar.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kaewnai, M. Chamaoot, dan S. Wongwises, "Predicting performance of radial flow type impeller of centrifugal pump using CFD," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 23, no. 6, pp. 1620-1629, Jun. 2009.

- [2] M. Asuaje, F. Bakir, S. Kouidri, F. Kenyery, dan R. Rey, "Numerical Modelling of the Flow in Centrifugal Pump: Volute Influence in Velocity and Pressure Fields," *Int. J. Rotating Mach.*, vol. 2005, pp. 244-255, 2005.
- [3] K. Damanik dan J. Waluyo, "Simulasi Numeris Pengaruh Variasi Ketebalan Scaling Pada Sudu Terhadap Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal," *J. Mech. Des. Test.*, vol. 5, no. 1, pp. 1-7, 2022.
- [4] M. Mansour, B. T. Baharudin, dan A. C. N. Azwadi, "CFD Analysis of Centrifugal Pump Performance: A Parametric Study of Impeller Blade Number," *Int. J. Mech. Eng. Robot. Res.*, vol. 7, no. 2, pp. 192-197, 2018.
- [5] J. F. Guelich, J. N. Favre, dan K. Denus, *An assessment of pump impeller performance predictions by 3D-Navier Stokes calculations*, Proc. ASME Fluids Eng. Div. Summer Meeting, Vancouver, Canada, Jun. 1997.
- [6] A. Sobachkin dan G. Dumnov, *Numerical Basis of CAD-Embedded CFD*, Solidworks, Russia, 2014.
- [7] N. Prihadi dan I. S. Arief, "Optimasi Desain Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD," *J. Tek. Sist. Perkapalan*, ITS Surabaya, vol. 15, no. 2, pp. 80-87, 2015.
- [8] H. Piko, "Perancangan Pompa Sentrifugal Kapasitas 113,5 M<sup>3</sup>/Jam Dan Head 155 M Dengan Fluida Air Bersih," PEM Akamigas, Cepu, Indonesia, 2019.
- [9] M. Asuaje, F. Bakir, dan S. Kouidri, "CFD Analysis of Flow Characteristics in a Centrifugal Pump Impeller," *Int. J. Rotating Mach.*, vol. 2005, pp. 234-246, 2005.
- [10] J. O'Brien, "Engineering Library: Pumps," U.S. Dept. Energy, Jan. 1993. [Online]. Available: <https://engineeringlibrary.org/reference/pumps-doe-handbook>.
- [11] K. S. Shukla et al., "Impact of Impeller Blade Design on Centrifugal Pump Performance," *Int. J. Fluid Mach. Syst.*, 2022.
- [12] H. Lee and B. Kim, "Comparative Analysis of Open and Closed Impellers in Wastewater Systems," *J. Water Eng. Technol.*, 2021.
- [13] I. N. H. Kurniawan and P. W. Nugroho, "Analisis Laju Korosi Pada Baja St-37 Dengan Variasi Temperatur Lindi Residu Sampah Dan Ketebalan Cat," *J. Mech. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 298–303, 2024.
- [14] Anagnostopoulos, J. S. (2009). *A Fast Numerical Method for Flow Analysis and Blade Design in Centrifugal Pump Impellers*. Computers & Fluids.
- [15] Zhang, X.B., & Nataraj, R. (2012). Parametric Study and Optimization of Centrifugal Pump Impeller Using Computational Fluid Dynamics. *Journal of Mechanical and Production Engineering*.