

STUDI PENGARUH PUTARAN TERHADAP KINERJA OPTIMUM POMPA ALIRAN *SENTRIFUGAL*

Zulfikar Anihu¹⁾, W.M. Rumaherang²⁾, J. Louhenapessy³⁾

¹⁾ S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

*Email: zulfikaranihu469@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

*Email: maxrumaherang72@gmail.com

³⁾ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

*Email: jandrileonora@yahoo.co.id

Abstrak Pompa sentrifugal merupakan pompa dengan efisiensi tinggi, konstruksi sederhana dan banyak digunakan di dunia. Pemilihan dan pengoperasian pompa untuk aplikasi didasarkan pada kurva karakteristik yaitu hubungan antara head (H), Daya (P) dan efisiensi terhadap Debit (Q) dan kesesuaiannya dengan system pemompaan. Berapakah nilai optimal kinerja pompa dan sistemnya merupakan masalah utama riset ini yang harus diselesaikan dengan tujuan menentukan kondisi optimal kerja pompa dan system pemompaan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode simulasi hidrodinamika berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan variasi putaran pompa yang diuji adalah 500, 1000, 1500, dan 2000 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa putaran pompa mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja optimum. Pada putaran 2000 rpm, efisiensi pompa mencapai nilai tertinggi, sedangkan pada putaran yang lebih tinggi, efisiensi cenderung menurun. Head dan daya pompa meningkat seiring dengan peningkatan putaran, namun efisiensi menunjukkan pola yang berbeda. Penelitian ini menyimpulkan bahwa untuk mencapai kinerja optimal, pompa sentrifugal sebaiknya dioperasikan pada putaran 2000 rpm.

Kata Kunci : Pompa *Sentrifugal*, Putaran, Kinerja, Efisiensi, Simulasi Hidrodinamika

1. PENDAHULUAN

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui system perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara kontinyu (K.L.Yana, 2017). Kinerja pompa ditentukan oleh head, kapasitas dan efisiensi. Head adalah kemampuan dari pompa untuk mengangkut fluida, kapasitas adalah jumlah volume fluida yang berpindah atau dialirkan dalam satuan waktu, efisiensi adalah perbandingan daya pompa dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan oleh motor penggerak untuk menjalankan pompa (S.Pendidikan et al, 2015).

Pompa sentrifugal beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (suction) dengan bagian tekan (discharge). Perbedaan tekanan tersebut disebabkan oleh putaran impeller, sehingga keadaan sisi hisap nyaris vakum. Kondisi inilah yang mengakibatkan cairan dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain.

Pompa sentrifugal mengkonsumsi energi dalam jumlah yang sangat besar dalam berbagai aplikasi industri, sehingga desain dan optimalisasinya sangat relevan untuk menghemat energi dan meningkatkan efisiensi sistem. Jika pompa telah tersedia, maka analisis kinerja sistem sangat diperlukan. Selama pompa beroperasi tekanan di lubang masuk turun dibawah tekanan atmosfer dan menyebabkan cairan terdorong melalui pipa masuk oleh tekanan atmosfer.

Cairan ditarik ke sumbu pompa dan terlempar ke periphery oleh gaya sentrifugal. Kinerja

hisap yang lebih tinggi tidak selalu menyebabkan aliran resirkulasi awal yang lebih tinggi. Aliran 3 kontinu minimum harus ditentukan dengan mempertimbangkan semua faktor yang mempengaruhi operasi pompa, termasuk energi yang diterima oleh aliran balik inlet (W.M.Rumaherang, 2023)

Apabila putaran pompa tidak konstan maka kinerja pompa tidak dapat bekerja dengan performance optimal. Begitu juga sebaliknya apabila putaran pompa konstan maka pompa dapat bekerja dengan performance optimal sehingga dapat melakukan pekerjaan sesuai keinginan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan putaran optimal yang menghasilkan kinerja terbaik pada pompa *sentrifugal*.

Apabila putaran pompa tidak konstan maka kinerja pompa tidak dapat bekerja dengan performance optimal. Begitu juga sebaliknya apabila putaran pompa konstan maka pompa dapat bekerja dengan performance optimal sehingga dapat melakukan pekerjaan sesuai keinginan.

Berdasarkan uraian diatas dan fakta-fakta, bahwa putaran pompa harus sesuai dengan *type* pompa itu. Dalam berbagai riset diatas belum dijelaskan secara pasti dan umum pada putaran berapakah sebuah pompa *axial* yang menghasilkan *performance* optimal. Supaya pompa dapat bekerja dengan *performance* optimal, maka dalam penelitian ini masalah yang dikaji adalah berapakah nilai putaran yang menghasilkan *performance* optimal pada pompa aliran *sentrifugal*.

Oleh karena itu penelitian ini akan menyelesaikan permasalahan di atas dengan tujuan untuk mengetahui berapa nilai putaran pada *performance* optimal pompa aliran *sentrifugal* dengan metode simulasi hidrodinamika mesin-mesin fluida dan dengan bantuan *software* komersial.

2. METODE PENELITIAN

Eksperimen dirancang untuk memperoleh data kinerja pompa aliran *sentrifugal* dengan memvariasikan putaran poros. Sistem pengujian menggunakan rangkaian sirkulasi tertutup (*closed-loop test rig*) yang terdiri atas tangki air, pompa *sentrifugal*, pipa masuk dan keluar, serta katup pengatur aliran. Rangkaian ini memungkinkan pengendalian debit dan putaran secara teratur sehingga setiap kondisi uji dapat dilakukan dengan konsisten.

Peralatan utama yang digunakan mencakup motor listrik berkecepatan variabel yang dilengkapi dengan inverter, *flow meter* elektromagnetik untuk mengukur debit, *pressure transducer* yang dipasang pada sisi masuk dan keluar untuk mengetahui besarnya head, serta *torque meter* pada poros untuk mencatat nilai torsi. Daya listrik input motor juga direkam dengan *power meter* sebagai parameter tambahan. Semua data diakuisisi melalui sistem pencatat otomatis berbasis komputer sehingga mempermudah pengolahan dan analisis hasil.

Variasi putaran yang diterapkan pada poros adalah 500, 1000, 1500, dan 2000 rpm. Debit dijaga dalam rentang 0,001 hingga 0,051 m³/s melalui pengaturan katup. Selama pengujian, data yang dicatat meliputi tekanan *inlet* dan *outlet*, debit aliran, torsi poros, serta daya *input* motor. Dari data ini dapat dihitung parameter kinerja utama, yakni *head* total, daya hidraulis, daya poros, dan efisiensi pompa.

Tahapan pengujian dimulai dengan kalibrasi seluruh instrumen agar hasil pengukuran akurat. Setelah itu sistem uji dipersiapkan dengan mengisi tangki air dan memastikan tidak terjadi kebocoran. Debit diatur sesuai nilai yang ditentukan, kemudian pompa dijalankan pada putaran pertama. Setelah kondisi aliran stabil, pencatatan data dilakukan secara berulang untuk memperoleh rata-rata yang representatif. Proses yang sama diterapkan untuk semua variasi putaran dan debit hingga seluruh data terkumpul.

Selanjutnya, hasil pengukuran diolah untuk menghasilkan kurva karakteristik pompa berupa hubungan antara debit, *head*, efisiensi, dan daya poros pada setiap variasi putaran.

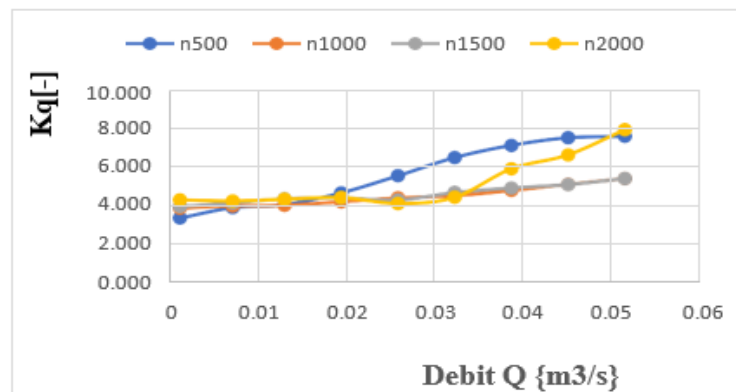
Analisis ketidakpastian juga dilakukan dengan mempertimbangkan akurasi alat ukur, sepe-

-rti *flow meter*, *pressure transducer*, dan *torque meter*, sehingga dapat diketahui tingkat keandalan hasil yang diperoleh. Dengan rancangan eksperimen ini, kinerja optimum pompa *axial* dapat ditentukan secara menyeluruh berdasarkan data laboratorium.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

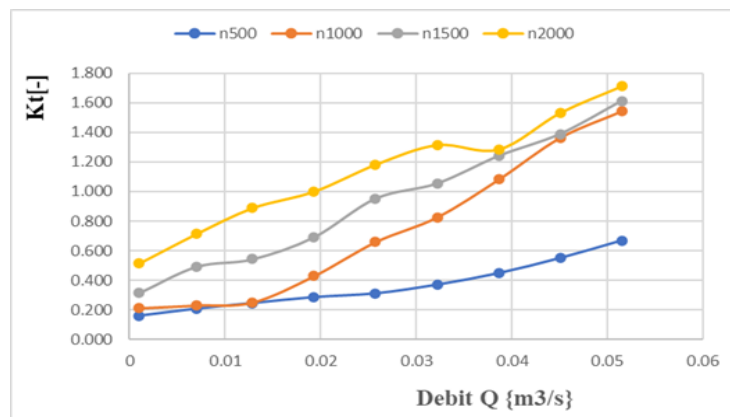
A. Performance Pompa *Sentrifugal* Pada Berbagai Putaran

Grafik pada gambar 1 menunjukkan pengaruh laju aliran terhadap koefisien torsi dengan variasi putaran. Semakin tinggi putaran, semakin tinggi koefisien torsi pada laju aliran rendah. Koefisien torsi menurun dengan peningkatan laju aliran untuk semua variasi putaran. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran, maka semakin tinggi koefisien torsi yang dihasilkan pada debit tertentu. Hal ini menentukan kinerja pompa sentrifugal pada berbagai kondisi operasi.



Gambar 1 Pengaruh Debit Terhadap Koefisien Torsi Dengan Variasi Putaran

Grafik pada gambar 2 menunjukan hubungan antara laju aliran dan koefisien thrust, hal ini bersifat linear yaitu semakin tinggi debit maka semakin tinggi koefisien thrustnya dan perbedaan nilai koefisien thrust antara setiap jumlah putaran relative kecil. Pengaruh kecepatan putaran memperlihatkan bahwa kecepatan putaran berpengaruh terhadap koefisien thrust. Pada kecepatan putaran yang lebih tinggi (2000 rpm), koefisien thrust cenderung lebih tinggi dibandingkan kecepatan putaran yang relative rendah (500 rpm). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putaran berdampak positif terhadap koefisien thrust.



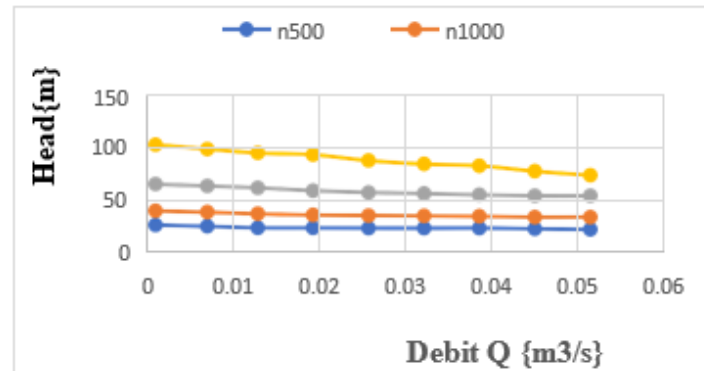
Gambar 2 Pengaruh Debit Terhadap Koefisien Thrust Dengan Variasi Putaran

Gambar 3 menunjukan grafik hubungan antara head dan laju aliran pada suatu system pompa, untuk semua variasi. Pada semua putaran, head menurun seiring dengan peningkatan laju aliran. Ini merupakan sifat umum dari system pompa, karena semakin besar laju aliran

yang di pompa, semakin besar tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan fluida, sehingga head yang dihasilkan akan menurun.

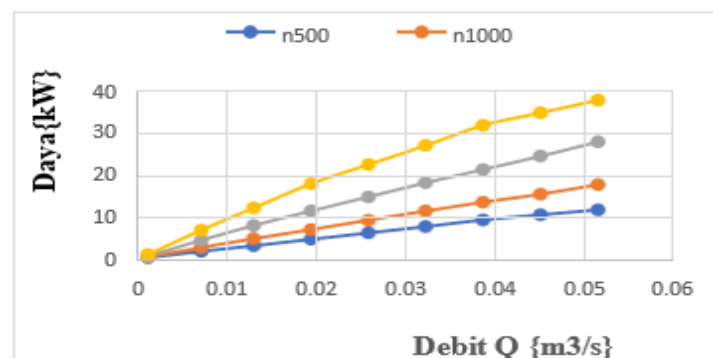
Semakin tinggi putaran, semakin tinggi head yang dihasilkan untuk debit yang sama.

Hal ini terlihat dari posisi garis pada grafik, dimana garis $n = 2000$ (putaran tertinggi) berada di atas garis $n = 500$ (putaran terendah) pada setiap debit.



Gambar 3 Pengaruh Debit Terhadap Head Dengan Variasi Putaran

Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan antara laju aliran dan daya untuk berbagai variasi putaran. Pada grafik tersebut semakin tinggi debit, semakin tinggi daya yang dihasilkan. Dapat dilihat bahwa kurva daya semakin tinggi seiring dengan meningkatnya variasi putaran. Grafik ini juga menunjukkan bahwa debit dan daya memiliki hubungan linear positif.

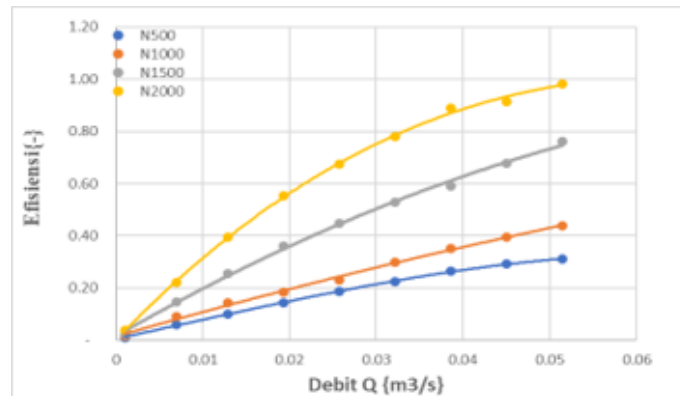


Gambar 4 Pengaruh Debit Terhadap Daya Dengan Variasi Putaran

Berdasarkan grafik pada gambar 5 menunjukkan hubungan antara laju aliran dan efisiensi pada putaran yang berbeda. Efisiensi meningkat seiring dengan peningkatan laju aliran pada semua variasi putaran. pada kecepatan putaran yang rendah (500 rpm), efisiensi mencapai puncaknya pada nilai laju aliran yang lebih tinggi.

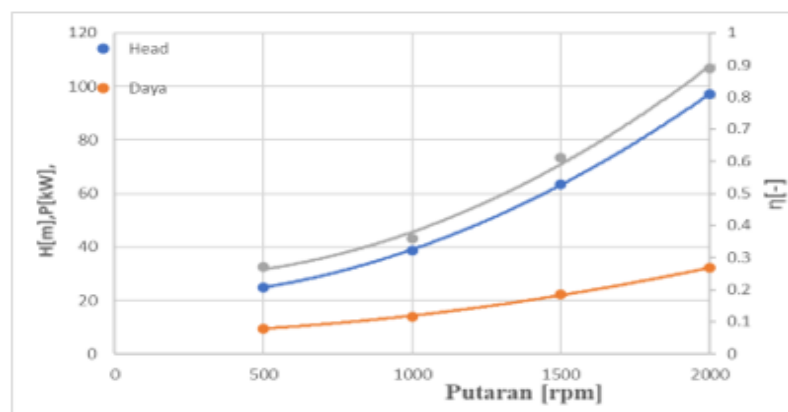
Karakteristik pompa sentrifugal terhadap putaran sangat penting untuk memahami kinerja dan efisiensi pompa tersebut. Pompa sentrifugal biasanya beroperasi pada kecepatan putaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan pompa axial. Kecepatan putaran mempengaruhi aliran dan tekanan yang dihasilkan pompa. Dengan meningkatnya kecepatan putaran, maka aliran fluida yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal akan meningkat. Untuk head yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan pompa axial.

Pada kecepatan putaran yang optimal, pompa dapat beroperasi dengan efisiensi yang tinggi. Jika pompa sentrifugal beroperasi pada putaran yang lebih tinggi maka efisiensi cenderung meningkat secara signifikan.



Gambar 5 Pengaruh Debit Terhadap Efisiensi Dengan variasi Putaran

Pada gambar 6, grafik ini menunjukkan pengaruh putaran terhadap head, daya, dan efisiensi. Semakin besar putaran maka head akan semakin tinggi dapat dilihat pada putaran 500 rpm dengan head = 24.87 m dan pada putaran 2000 rpm head akan mengalami peningkatan 97.12 m. dan semakin besar putaran juga daya akan semakin tinggi dapat dilihat pada putaran 500 rpm dengan daya = 9.56 kW, pada putaran 2000 rpm daya meningkat 32.09 Kw. Pada grafik tersebut juga jika putaran mengalami peningkatan maka efisiensi juga cenderung meningkat dapat dilihat pada putaran 500 rpm dengan nilai efisiensi = 0.27 (27%) dan pada putaran 2000 rpm efisiensi mengalami peningkatan 0.89 (89%). Meskipun efisiensi meningkat, hal ini tidak secepat peningkatan head dan daya, yang dapat menunjukkan bahwa ada batas efisiensi optimal pada kecepatan 2000 rpm. Terlihat bahwa hubungan antara putaran dengan head, daya dan efisiensi bersifat linier.



Gambar 6 Pengaruh Putaran Terhadap Debit, Head, Daya, dan Efisiensi

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan tentang pengaruh putaran terhadap kinerja optimum pompa aliran sentrifugal, dengan putaran yang di variasikan dari $n = 500 - 2000$ rpm terhadap performance pompa sentrifugal dengan diameter $D = 326$ mm dan jumlah blade impeller $z_b = 6$ maka dapat disimpulkan bahwa:

Penelitian ini menunjukkan bahwa putaran pompa sentrifugal memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja optimum pompa. dimana pompa sentrifugal dapat dikatakan bekerja dengan optimal apabila pompa beroperasi pada efisiensi maksimum. Pada penelitian ini pompa bekerja secara optimal dapat dilihat pada putaran 2000 rpm dengan nilai Head (H) = 97.12 m, Daya (P) = 32.09 Kw, Efisiensi = 0.89 (89%). karena pada putaran tersebut efisiensi pompa cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan putaran lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chakraborty S, Choudhuri K, Dutta P, and Debbarma B, 2013. Performance Prediction of Centrifugal Pumps with Variations of Blabe number. *Journal of Scientific and Industrial Research*. Vol. 72, pp. 373-378.
- (Delly, 2009; Fahlefi, 2015; Ii & Pustaka, n.d.; James A.F Stoner, 1988; Lubis et al., 2020; Paralel, 2018; Pendidikan et al., 2015; Rachman, 2018; Rangatama & Pranoto, 2020; Rumaherang et al., 2023; Suarda, 2017; Sularso, 2010; Utomo, 2018; Yana et al., 2017)Delly, J. (2009). *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP TERJADINYA KAVITASI PADA SUDU POMPA SENTRIFUGAL*. 1(1), 21–28.
- Fahlefi, R. Z. (2015). Pengaruh Variasi Diameter Pipa Hisap (Suction) Terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal Yang Dioperasikan Secara Tunggal. *Universitas Muhammadiyah Malang*, 1, 5–33.
- Fouaad M, Adel M, and Ashmawy A, 2014. CFD Parametric Simulation of Low Specific Speed Centrifugal Pump. *Journal of American Science*. Vol. 12, pp.315-323.
- Houlin L, Yong W, Shouqi Y, Minggao T, and Kai W, 2010. Effects of Blade Number on Characteristics of Centrifugal Pumps. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. Vol. 23, pp.1-6.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (n.d.). *No Title*. 6–18.
- James A.F Stoner, 2018 : 41). (1988). Landasan Teori اديدج. *Dasar-Dasar Ilmu Politik*, 13, 17–39.
- 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 Energi*, 3(2),85–92. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5270>
- Paralel, S. D. A. N. (2018). *Pohan.A.H. 2018. Pengujian Eksperimental*. 20(2), 29– 35.
- Pendidikan, S., Mesin, T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Mesin, J. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (2015). *EFISIENSI POMPA SENTRIFUGAL Achmad Aliyin Musyafa Indra Herlamba Siregar Abstrak*. 03, 136–144.
- Rachman, T. (2018). Sistem Monitoring AIR PDAM Dengan WEMOS D1 berbasis WEB. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 53(9), 10– 27.
- Rangatama, G., & Pranoto, H. (2020). Analisis Perancangan Pompa Sentrifugal pada Perancangan Shower Tester Booth di PT X. Progrm Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana. *Analisis Perancangan Pompa Sentrifugal Pada Perancangan Shower Tester Booth*, 09(2).
- Rumaherang, W. M. (2008). Perhitungan aliran dan peramalan karakteristik pompa sentrifugal bertingkat dengan penggunaan CAD blade's system. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, 2(2), 69–76.
- Rumaherang, W. M., Refwalu, C., Tupamahu, C. S. E., Sarwuna, S. J. E., & Rumaherang, E. J. (2023). *EVALUASI KINERJA POMPA SENTRIFUGAL BERKAPASITAS 600 KL / Hr PADA SISTEM PEMOMPAAN MINYAK*. 3(1), 17–27.
- Suarda, M. (2017). *Mesin Bagian : Pompa*. 1–43.
- Sularso, M. (2010). *Pengujian Kinerja Pompa Sentrifugal Menggunakan Kontrol Inventer*. 13(1), 21–30.
- Utomo, W. G. (2018). *Perencanaan Ulang Impeller Pompa Sentrifugal Dengan Fluida Kerja Air Bersih Pada Unit Ipa Plosowahyu Pdam Lamongan*. 1–93. [https://repository.its.ac.id/58882/1/10211500000025-Wahyu Giant S.U.pdf](https://repository.its.ac.id/58882/1/10211500000025-Wahyu%20Giant%20S.U.pdf)
- Wicaksono, Alif Arif, 2015, Studi Pengaruh Trimming Impeller Backward Single Curvature 6 Sudu Terhadap Karakteristik Kerja Pompa Sentrifugal FM 50. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Yana, K. L., Dantes, K. R., & Wigrha, N. A. (2017). Rancang Bangun Mesin Pompa Air Dengan Sistem Recharging. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 5(2). <https://doi.org/10.23887/jjtm.v5i2.10872>
- Zhang Q, Zhou H, Gao Q, and Cui Z, 2014. Analysis of effects of impeller inlet width on the performance of centrifugal pump. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. Vol. 5, pp. 2078-2081.