STUDI PENGARUH PUTARAN TERHADAP KINERJA OPTIMUM POMPA ALIRAN *AXIAL*

Murti[1)], W.M. Rumaherang[2)], S. J. Sarwuna[3)]

[1)] S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura
*Email: muungeee@gmail.com
[2)] Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura
*Email: maxrumaherang72@gmail.com
[3)] Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura
*Email: etwansarwuna19@gmail.com

Abstrak Pompa aliran *axial* memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai bidang, dan kinerjanya sangat dipengaruhi oleh putaran. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan putaran optimal yang menghasilkan kinerja terbaik pada pompa *axial*. Penelitian dilakukan menggunakan simulasi hidrodinamika untuk menganalisis pengaruh variasi putaran (500-2000 rpm) terhadap parameter kinerja pompa, termasuk *head*, daya, dan efisiensi. Data dikumpulkan melalui pengujian di laboratorium dan dilakukan analisis menggunakan *softwere* CFD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pompa aliran *axial* mencapai kinerja optimum pada putaran 1500 rpm, di mana *head* yang dihasilkan mencapai nilai tertinggi dan efisiensi pompa berada pada tingkat optimal. Pada putaran ini, daya yang diperlukan untuk memindahkan fluida juga berada pada tingkat yang efisien, menghindari pemborosan energi.

Kata Kunci : pompa aliran *axial*, putaran, kinerja optimum, efisiensi, simulasi hidrodinamika

1. PENDAHULUAN

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan zat cair dengan meningkatkan tekanan sehingga dapat mengalir dari satu tempat ke tempat lain atau dari permukaan yang rendah ke permukaan yang tinggi (R.Candra, 2018). Itu juga bisa dipahami sebagai pergerakan cairan dari tekanan rendah ke tekanan tinggi melalui medium dengan memberi energi pada fluida yang dipindahkan dengan mengubah energi mekanik menjadi energi kinetic (Putro, Eko Prasetio et al., 2020). Energi mekanik yang diberikan pompa digunakan untuk meningkatkan kecepatan, tekanan atau ketinggian (Fajar et al., 2022).
Pompa aliran *axial* diklasifikasikan dalam mesin *hydraulic* yang bekerja pada kecepatan spesifik n_S>500. Dalam praktek pompa *type* ini ditemukan penggunaannya pada pembangkit listrik tenaga panas dan instalasi nuklir sebagai pompa-pompa sirkulasi dan juga digunakan sebagai irigasi/*drainase* dan pada sistem propulsi (W. M. Rumaherang, 2010). Pompa aliran *axial* memiliki karakteristik aliran tinggi, *head* rendah, dan rentang operasi yang luas. Pompa ini menghabiskan energi dalam jumlah besar, terutama dalam pekerjaan pada desain tingkat rendah dan kondisi diluar desain (Dai et al., 2022).

Pompa aliran *axial* memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai bidang, dan kinerjanya sangat dipengaruhi oleh putaran. Namun, masih terdapat permasalahan dalam menentukan putaran optimal yang menghasilkan kinerja terbaik pada pompa *axial*. Oleh karena itu peneliti-

-an ini bertujuan untuk menentukan putaran optimal yang menghasilkan kinerja terbaik pada pompa *axial*.

Penentuan kerja sebuah pompa ditentukan oleh nilai putaran spesifiknya. Pompa didesain menurut 3 parameter utama yaitu *head*, debit dan daya. Oleh karena itu nilai debit ditentukan jika putaran telah ditetapkan maka debit diperoleh dari kecepatan dan luas penampang *impeller*. Daya hidrolis pompa dipengaruhi oleh debit (Rumaherang et al., 2023).

Pompa aliran *axial* memiliki kinerja yang sangat dipengaruhi oleh putaran, namun masih terdapat permasalahan dalam menentukkan putaran optimal yang menghasilkan kinerja terbaik. Putaran yang tidak optimal dapat menyebabkan kinerja pompa yang tidak efisien, sehingga dapat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan.

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 *axial*.

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

2. METODE PENELITIAN

Eksperimen dirancang untuk memperoleh data kinerja pompa aliran *axial* dengan memvariasikan putaran poros. Sistem pengujian menggunakan rangkaian sirkulasi tertutup (*closed-loop test rig*) yang terdiri atas tangki air, pompa *axial* prototipe, 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 0,002 hingga 0,158 m^3/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.

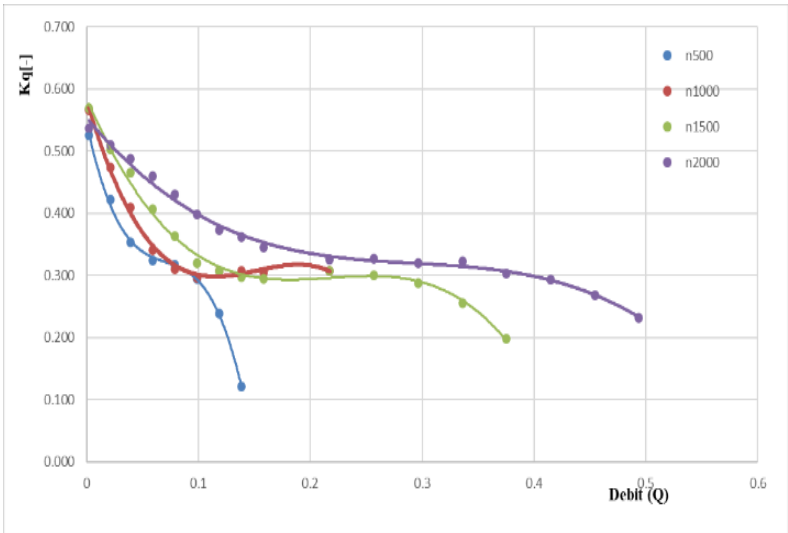
Tahapan pengujian dimulai dengan kalibrasi seluruh instrumen agar hasil pengukuran akurat. Setelah itu sistem uji dipersiapkan dengan mengisi tangki air dan memastikan tidak terjadi kebocoran. Debit diatur sesuai nilai yang ditentukan, kemudian pompa dijalankan pada putaran pertama. Setelah kondisi aliran 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, seperti *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 *Axial* Pada Berbagai Putaran

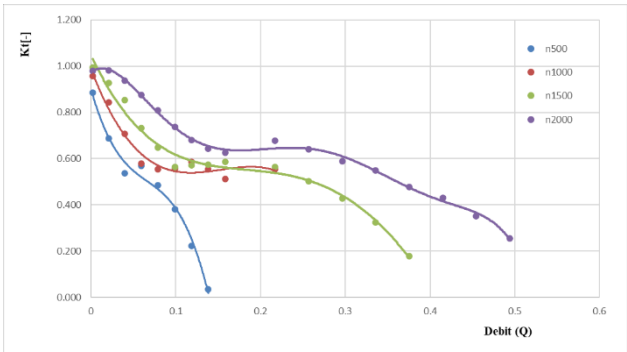
Grafik pada gambar 1 menunjukkan pengaruh laju aliran terhadap koefisien torsi dengan variasi putaran. Semakin tinggi putaran, semakin tinggi koefisien torsi pada laju aliran rendah. Koefisien torsi menurun dengan peningkatan laju aliran untuk semua variasi putaran. Pada laju aliran tinggi, perbedaan koefisien torsi antar variasi putaran semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa pompa memerlukan lebih banyak tenaga untuk mencapai putaran yang lebih tinggi, meskipun laju aliran tetap sama.



Gambar 1. Pengaruh Debit Terhadap Koefisien Torsi Dengan Variasi Putaran

Grafik pada gambar 1 menunjukkan hubungan antara laju aliran dan koefisien *thrust* pada berbagai variasi putaran. Semakin tinggi laju aliran, maka semakin rendah koefisien *thrust*. Pada debit yang sama, koefisien *thrust* lebih tinggi pada putaran yang lebih tinggi. Untuk setiap putaran mengikuti tren penurunan secara umum, menunjukkan bahwa koefisien *thrust* berkurang dengan meningkatnya laju aliran.

Pada grafik ini menunjukkan bahwa laju aliran dan putaran berpengaruh terhadap koefisien *thrust*. Koefisien *thrust* menurun dengan meningkatnya laju aliran dan meningkat dengan meningkatnya putaran.

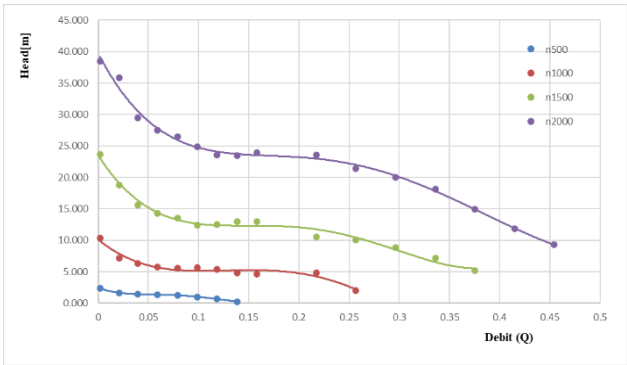


Gambar 2 Pengaruh Debit Terhadap Koefisien Thrust Dengan Variasi Putaran

Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan antara *head* dan laju aliran untuk semua variasi putaran. Ketika laju aliran meningkat, *head* menurun untuk semua nilai putaran. Makin tinggi putaran, makin tinggi pula *head* pada laju aliran tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa pompa lebih efisien pada nilai putaran yang lebih tinggi, menghasilkan head yang lebih tinggi untuk

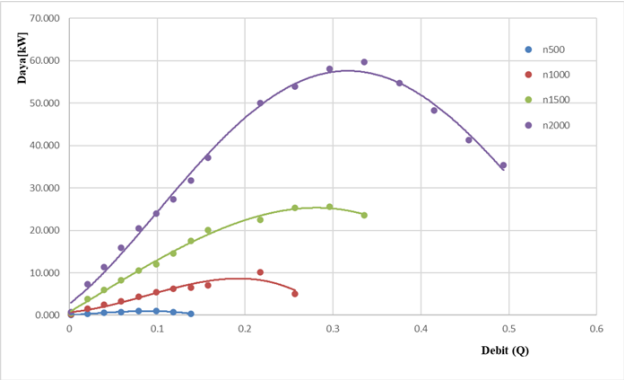
jumlah aliran yang sama.

Grafik ini menunjukkan bagaimana kinerja pompa dipengaruhi oleh laju aliran dan putaran. Semakin tinggi putaran, semakin besar *head* yang dihasilkan untuk laju aliran tertentu, yang menunjukkan peningkatan efisiensi pompa.



Gambar 3. Pengaruh Debit Terhadap *Head* Dengan Variasi Putaran

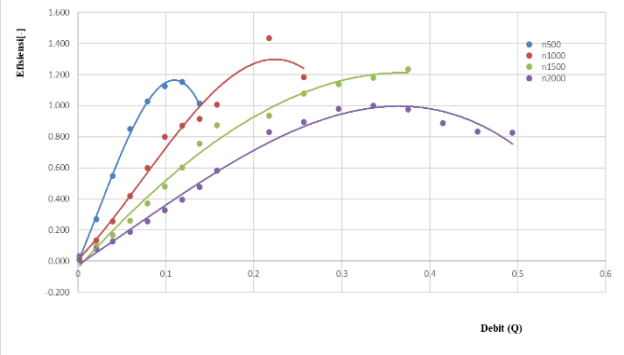
Pada gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara daya dan laju aliran, untuk pompa dengan putaran yang berbeda. Grafik ini merupakan serangkaian kurva yang menggambarkan daya keluaran pompa pada berbagai variasi putaran, sebagai fungsi laju aliran. Semakin tinggi putaran, semakin tinggi pula daya keluaran pada setiap laju aliran. Untuk setiap kurva, ada titik puncak dimana daya mencapai titik maksimum. Setelah titik puncak, daya keluaran menurun seiring dengan peningkatan laju aliran. Hal ini karena pompa beroperasi di zona turbulen dimana efisiensinya lebih rendah karena peningkatan kerugian gesekan.



Gambar 4. Pengaruh Debit Terhadap Daya Dengan Variasi Putaran

Berdasarkan grafik pada gambar 4 menunjukkan hubungan antara laju aliran dan efisiensi pada putaran yang berbeda. Efisiensi meningkat seiring dengan peningkatan laju aliran tetapi kemudian mendatar dan bahkan menurun untuk laju aliran yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ada laju aliran optimal untuk efisiensi maksimum, ini berarti laju aliran yang lebih tinggi umumnya menghasilkan kinerja sistem yang lebih baik. Penurunan efisiensi menunjukkan bahwa sistem kurang efisien pada laju aliran yang sangat tinggi.

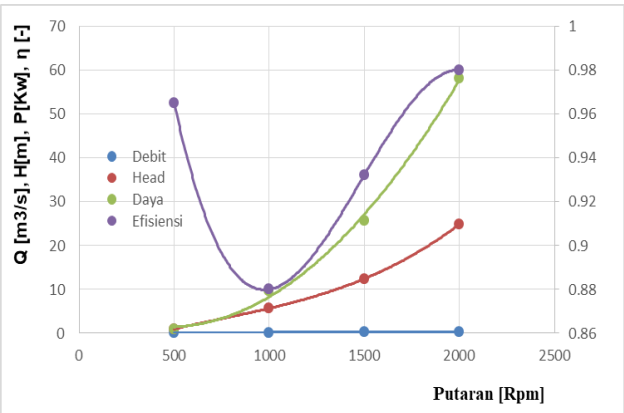
pada putaran yang tinggi (2000 rpm), efisiensi mencapai puncaknya pada nilai laju aliran yang lebih rendah dibandingkan dengan putaran yang lebih rendah. Pada grafik ini menunjukkan bahwa ada nilai laju aliran optimal untuk setiap putaran yang memaksimalkan efisiensi.



Gambar 5. Pengaruh Debit Terhadap Efisiensi Dengan variasi Putaran

Gambar 5 menunjukkan grafik yang menggambarkan hubungan antara putaran dan beberapa parameter kinerja pompa aliran *axial* yaitu debit, *head*, daya, dan efisiensi. Grafik ini menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya putaran pompa, debit cenderung stabil di seluruh rentang putaran, menunjukkan perubahan minimal dalam laju aliran meskipun ada peningkatan dalam putaran. *Head* yang dihasilkan pompa secara bertahap meningkat seiring dengan peningkatan putaran, yang menunjukkan bahwa putaran yang lebih tinggi menghasilkan *head* yang besar. Sehingga daya yang dikonsumsi pompa meningkat secara signifikan dengan meningkatnya putaran, menunjukkan bahwa pompa memerlukan lebih banyak energi untuk beroperasi pada putaran yang lebih tinggi. Efisiensi awalnya meningkat pada putaran yang lebih rendah (500 rpm) kemudian menurun pada putaran yang lebih tinggi (1000 rpm).

Titik optimal pada pompa aliran *axial* adalah kondisi dimana kombinasi dari *head*, daya, dan efisiensi berada pada tingkat terbaik untuk kinerja pompa. Ini biasanya ditandai dengan efisiensi maksimum yang seimbang dengan *head* yang dihasilkan dan daya yang digunakan. Meskipun efisiensi pada putaran 2000 rpm mungkin lebih tinggi dibandingkan dengan putaran 1500 rpm, tetapi *head* yang dihasilkan pada putaran ini mungkin tidak seoptimal pada putaran 1500 rpm. jika *head* yang dihasilkan lebih rendah, ini menunjukkan bahwa pompa tidak dapat mengangkat fluida dengan efisien pada putaran tersebut. Daya yang diperlukan untuk mengoperasikan pompa juga meningkat. Jika daya yang digunakan terlalu tinggi dibandingan dengan *head* yang dihasilkan, ini dapat mengindikasikan bahwa pompa bekerja diluar kapasitas optimalnya. Efisiensi yang lebih tinggi tidak selalu berarti kinerja yang lebih baik. Jika efisiensi tinggi dicapai dengan mengorbankan *head* atau dengan daya yang sangat tinggi, maka pompa tidak dapat beroperasi secara optimal. Sedangkan pada puataran 1500 rpm, grafik menunjukkan bahwa pompa mencapai titik optimal, dimana semua parameter kinerja (*head*, daya dan efisiensi) berada pada tingkat optimal.



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

Dalam penelitian ini, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pompa aliran *axial* memiliki kinerja optimal pada putaran 1500 rpm, dimana *head*, daya, dan efisiensi berada pada Tingkat maksimal. Hal ini sejalan dengan temuan W.M. Rumaherang (2010) yang juga menekankan pentingnya desain *blade* dan parameter teknis dalam meningkatkan kinerja pompa *axial*. Penelitian ini berfokus pada pengaruh putaran terhadap kinerja pompa, sedangkan penelitian W.M. Rumaherang (2010) lebih menekankan pada desain *blade* pompa *axial* AFP40-500. Meskipun fokusnya berbeda, keduanya menunjukkan bahwa desain yang baik dan pengaturan putaran yang tepat sangat mempengaruhi efisiensi dan kinerja pompa. Penelitian ini menggunkaan simulasi hidrodinamika berbasis CFD untuk menganalisis kinerja pompa pada variasi putaran dan debit. Sebaliknya, penelitian W.M. Rumaherang (2010) lebih banyak menggunakan pendekatan analisis desain dan karakteristik pompa tanpa simulasi. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian ini memberikan pendekatan yang lebih modern dan komprehensif dalam menganalisis kinerja pompa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *head* meningkat seiring dengan meningkatnya putaran, yang konsisten dengan temuan W.M. Rumaherang (2010) yang menyatakan bahwa desain *blade* yang optimal dapat meningkatkan *head* dan debit. Namun, penelitian ini menambahkan bahwa efisiensi pompa cenderung menurun pada laju aliran yang lebih tinggi, yang juga diidentifikasi dalam penelitian terdahulu.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pompa axial dikatakan memiliki kinerja optimum pada putaran 1500 rpm. Pada rentang putaran ini pompa menunjukkan head yang dihasilkan mencapai nilai tertinggi dengan nilai 12.409 m, yang menunjukkan kemampuan pompa untuk mengangkat fluida secara efisien. Sehingga daya yang diperlukan untuk memindahkan fluida berada pada tingkat yang optimal dengan nilai 25.605 kW, tidak terlalu tinggi sehingga menghindari pemborosan energi. Efisiensi pompa mencapai puncaknya dengan nilai 0.932 pada laju aliran 216,85 kg/s, yang berarti pompa beroperasi dengan baik dalam mengubah energi dari sumber daya menjadi energi aliran fluida. Pada putaran 1500 rpm adalah titik dimana semua parameter kinerja (head, daya, dan efisiensi) berada pada tingkat optimal, menjadikannya sebagai puataran yang paling efisien untuk operasi pompa axial dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Asiva Noor Rachmayani. (2015). *Analisa Sensitivitas Desain Dan Optimasi Kinerja Pompa Aliran Axial*. 6.

Choi, J. K., Kim, H. T., Lee, C. S., & Lee, S. J. (2021). A numerical study on axial pump performance for large cavitation tunnel operation. *Processes*, *9*(9). https://doi.org/10.3390/pr9091523

Dai, Z., Tan, L., Han, B., & Han, S. (2022). *energi*.

Fajar, R., Rasiy'A, F., & Belo Tiago Edmundo. (2022). Pengaruh Variasi Bentuk Impeller Terhadap Debit dan Tekanan Air pada Prototipe Pompa. *Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal* |, *7*(1), 2528–3723. http://doi.org/10.21070/rem.v7i1.1632

Fathcur, M. (2017). *Teori Dasar Bagian Pompa*. 6–33.

IR. Made Suarda, M. E. (2015). *Bahan Ajar Pompa Dan Kompresor Bagian I : Pompa*.

Li, Q., Piechna, J., & Müller, N. (2011). Design of a novel axial impeller as a part of counter-rotating axial compressor to compress water vapor as refrigerant. *Applied Energy*, *88*(9), 3156–3168. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.02.024

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. F., Tupamahu, C. S. E., Sarwuna, S. J. E., & Rumaherang,

E. J. (2023). EVALUASI KINERJA POMPA SENTRIFUGAL BERKAPASITAS 600 KL/Hr PADA SISTEM PEMOMPAAN MINYAK. *Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan Dan Sains*, *3*(1), 17–27. https://doi.org/10.30598/metiks.2023.3.1.17-27

Sciences, E., Keynes, M., Surveys, G., Abeba, A., & Abeba, A. (1987). *analisis dinamis fluida menggunakan visualisasi aliran pompa aliran axial implan untuk peningkatan desain*. *144*(2), 213–226.

Supardi, M. M. R. (2015). Pengaruh Variasi Debit Aliran Dan Pipa Isap (Section) Terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal Yang. *Mekanika Jurnal, Teknik Mesin, 1*(1), 45–49.

Suska, U. (2016). Dasar Teori Pompa. *UIN Suska*, *5*(1), 1689–1699.

Turbin, P., & Alpiani, D. (2016). *Kinerja Proses Energi Pompa (Pompa Aksial , Roda Gigi , Sentrifugal ,*.

W. M. Rumaherang. (2010). DESIGN SISTEM BLADE POMPA AKSIAL AFP40-500 W.M. Rumaherang *). *Jurnal Teknologi*, *10*(2).

Widyatama. (2017). Bahan Ajar Dan Teori Dasar Pompa. *Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut STT AL*, 1–28.

Yang, F., Jiang, D., Yuan, Y., Lv, Y., Jian, H., & Gao, H. (2022). Influence of Rotation Speed on Flow Field and Hydraulic Noise in the Conduit of a Vertical Axial-Flow Pump under Low Flow Rate Condition. *Machines*, *10*(8). https://doi.org/10.3390/machines10080691

Yu, Z. Y. (2015). *Segitiga-Kecepatan-Pompa.pdf*.

Yu, Z. Y., Liu, S. Y., & Wang, G. Y. (2007). Numerical investigation of the performance of an axial-flow pump with tandem blades. *Journal of Beijing Institute of Technology (English Edition)*, *16*(4), 404–408.

Putro, E. P., Widodo, E., Fahruddin, A. R., & Iswanto, I. (2020). Analisis Head Pompa Sentrifugal Pada Rangkaian Seri Dan Paralel. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, *21*(2), 46-56.

Putra, R. C. (2018). Perancangan Pompa Sentrifugal Dan Diameter Luar Impeller Untuk Kebutuhan Air Kapasitas 60 Lpm Di Gedung F Dan D Universitas Muhammadiyah Tangerang. *vol*, *7*, 15-25.

Dietzel, F., & Sriyono, D. (1988). *Turbin, pompa dan kompresor*. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Sularso, H. T., & Tahara, H. (2000). Pompa dan kompresor. *Edisi Ketujuh Pradnya Paramitha. Jakarta*.