

# KONSUMSI ENERGI PADA SISTEM POMPA DAN PIPA DI PLTD HERA PLANT BUFFER TANK MENUJU DAY TANK MENGGUNAKAN SOFTWARE PIPE FLOW EXPERT

Aleixo de Oliveira<sup>1</sup>, Ena Marlina<sup>2</sup>, Akhmad Faruq Alhikami<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas  
Islam Malang Jalan MT Haryono 193 Malang, 6514,  
Indonesia

LPPM Universitas Islam Malang, Jalan MT. Haryono 193 Malang, 65144,  
Indonesia Email: [22001052104@unisma.ac.id](mailto:22001052104@unisma.ac.id)

## ABSTRAK

Sistem perpipaan dan pompa pada proses *plant unloading* dan *loading* di Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) merupakan komponen utama yang berperan dalam menjamin kelancaran distribusi bahan bakar menuju tangki penyimpanan maupun unit pembangkit. Kinerja sistem yang kurang optimal dapat meningkatkan kehilangan energi (*head loss*), konsumsi daya pompa, serta biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsumsi energi sistem pompa dan perpipaan pada PLTD Hera Power Plant menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Expert, serta mengevaluasi potensi penghematan energi melalui pemodelan sistem perpipaan. Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif melalui pengumpulan data teknis sistem perpipaan, spesifikasi pompa, karakteristik fluida, serta parameter operasi aktual yang kemudian dimodelkan menggunakan Pipe Flow Expert. Hasil simulasi divalidasi dengan perhitungan teoritis berdasarkan persamaan Bernoulli dan Darcy–Weisbach. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemodelan sistem mampu menurunkan total head dari 6,045 m pada kondisi eksisting menjadi 3,769 m, atau mengalami penurunan sebesar 37,66%. Penurunan total head tersebut berdampak pada penurunan kebutuhan daya pompa dari 2,106 kW menjadi 1,551 kW, sehingga konsumsi energi harian berkurang dari 50,544 kWh menjadi 37,224 kWh atau terjadi penghematan sebesar 26,35%. Selain itu, biaya operasional tahunan sistem pompa menurun dari US\$ 922,355 menjadi US\$ 679,338, sehingga diperoleh potensi penghematan biaya sebesar US\$ 243,090 per tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan pemodelan menggunakan Pipe Flow Expert mampu meningkatkan efisiensi sistem perpipaan dengan mengurangi kehilangan energi, menurunkan konsumsi daya pompa, serta memberikan penghematan biaya operasional tanpa mengurangi kebutuhan debit distribusi bahan bakar pada PLTD Hera Power Plant.

**Kata Kunci:** konsumsi energi, sistem perpipaan, pompa, Pipe Flow Expert, head loss, PLTD Hera Power Plant.

## ABSTRACT

*The pump and piping system used in the unloading and loading processes at a Diesel Power Plant (PLTD) plays a vital role in ensuring the continuous distribution of fuel from storage tanks to the generating units. An inefficient piping system can increase head losses, pump power consumption, and operational costs. This study aims to analyze the energy consumption of the pump and piping system at Hera Diesel Power Plant using Pipe Flow Expert software and to evaluate the potential energy savings through piping system modeling. The research employed a quantitative approach by collecting technical data on the piping network, pump specifications, fluid characteristics, and operating conditions, which were subsequently modeled using Pipe Flow Expert. The simulation results were validated using theoretical calculations based on the Bernoulli equation and the Darcy–Weisbach equation. The results indicate that the proposed piping model reduced the total head from 6.045 m under the existing condition to 3.769 m, representing a 37.66% reduction. Consequently, the required pump power decreased from 2.106 kW to 1.551 kW, resulting in a reduction in daily energy consumption from 50.544 kWh to 37.224 kWh, equivalent to an*

*energy saving of 26.35%. Furthermore, the annual operating cost decreased from US\$ 922.355 to US\$ 679.338, providing an estimated annual cost saving of US\$ 243.090. These findings demonstrate that the application of Pipe Flow Expert effectively improves the hydraulic performance of the piping system by reducing energy losses, lowering pump power requirements, and minimizing operational costs without affecting the required fuel distribution flow rate at Hera Diesel Power Plant.*

**Keywords:** *energy consumption; piping system; pump; Pipe Flow Expert; head loss; Hera Diesel Power Plant.*

## PENDAHULUAN

Sistem pompa dan perpipaan merupakan salah satu komponen utama dalam proses transportasi fluida pada berbagai sektor industri, termasuk pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Sistem ini berfungsi untuk mendistribusikan bahan bakar dari tangki penyimpanan menuju unit pembangkit secara kontinu sesuai kebutuhan operasi. Kinerja sistem perpipaan yang kurang optimal dapat menyebabkan peningkatan kehilangan energi (*head loss*), penurunan efisiensi pompa, meningkatnya konsumsi energi listrik, serta bertambahnya biaya operasional. Oleh karena itu, evaluasi terhadap performa sistem pompa dan perpipaan menjadi salah satu upaya penting dalam mendukung efisiensi energi dan keandalan operasi pembangkit.

Konsumsi energi pada sistem pompa dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain konfigurasi jaringan perpipaan, diameter pipa, panjang pipa, jenis material, kekasaran permukaan, jumlah sambungan (*fittings*), karakteristik fluida, debit aliran, dan spesifikasi pompa yang digunakan. Kehilangan energi yang terjadi akibat gesekan sepanjang pipa maupun akibat komponen seperti katup, belokan, dan percabangan akan meningkatkan kebutuhan *head* pompa sehingga daya yang dibutuhkan menjadi lebih besar. Kondisi tersebut menyebabkan konsumsi energi meningkat meskipun debit fluida yang dialirkan tetap sama. Oleh karena itu, analisis hidraulik menjadi langkah penting untuk mengidentifikasi sumber kehilangan energi dan menentukan alternatif perbaikan sistem. Perkembangan perangkat lunak simulasi hidraulik memberikan kemudahan dalam melakukan analisis sistem perpipaan secara lebih cepat dan akurat. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan adalah Pipe Flow Expert, yang mampu

memodelkan jaringan perpipaan secara menyeluruh, menghitung distribusi tekanan, kecepatan aliran, kehilangan energi (*head loss*), debit, serta kebutuhan *head* pompa berdasarkan kondisi operasi aktual. Hasil simulasi dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi performa sistem serta menentukan konfigurasi perpipaan yang lebih efisien tanpa harus melakukan perubahan fisik secara langsung. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa optimasi sistem perpipaan melalui pemodelan hidraulik mampu meningkatkan efisiensi operasi pompa dan menurunkan konsumsi energi. Penelitian-penelitian tersebut umumnya berfokus pada analisis distribusi tekanan, evaluasi kehilangan energi, optimasi diameter pipa, maupun pemilihan kapasitas pompa yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian dilakukan pada sistem distribusi air bersih, jaringan irigasi, maupun proses industri umum. Penelitian mengenai analisis konsumsi energi pada sistem distribusi bahan bakar di pembangkit listrik tenaga diesel menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Expert masih relatif terbatas, khususnya pada PLTD Hera Power Plant di Timor-Leste.

PLTD Hera Power Plant merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan sistem perpipaan untuk mendistribusikan bahan bakar dari area *plant unloading* menuju tangki penyimpanan dan selanjutnya ke unit pembangkit. Sistem tersebut beroperasi secara terus-menerus sehingga konsumsi energi pompa menjadi salah satu komponen biaya operasional yang cukup signifikan. Seiring bertambahnya umur operasi sistem, konfigurasi perpipaan yang ada berpotensi menimbulkan kehilangan energi yang lebih besar sehingga diperlukan evaluasi terhadap kinerja hidrauliknya.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis konsumsi energi sistem pompa dan perpipaan pada PLTD Hera Power Plant menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Expert. Analisis dilakukan melalui pemodelan sistem berdasarkan kondisi aktual, kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis menggunakan persamaan Bernoulli dan Darcy–Weisbach sebagai proses validasi. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap perubahan nilai *head loss*, *total head*, kebutuhan daya pompa, konsumsi energi, dan biaya operasional setelah dilakukan pemodelan sistem.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan perangkat lunak Pipe Flow Expert untuk mengevaluasi konsumsi energi sistem pompa dan perpipaan pada proses *plant unloading* dan *loading* di PLTD Hera Power Plant, Timor-Leste. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam meningkatkan efisiensi energi sistem perpipaan, menurunkan biaya operasional pompa, serta mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan sistem distribusi bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga diesel.

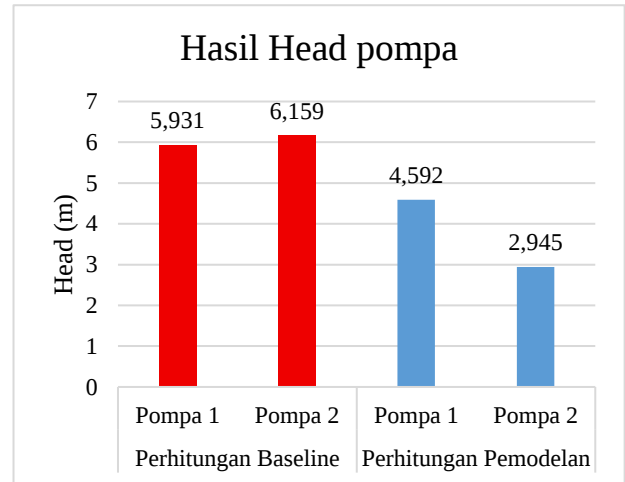
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan studi kasus pada sistem pompa dan perpipaan di area *plant unloading* dan *loading* PLTD Hera Power Plant, Timor-Leste. Data penelitian diperoleh melalui observasi lapangan dan dokumentasi teknis yang meliputi konfigurasi jaringan perpipaan, spesifikasi pompa, karakteristik fluida, diameter dan panjang pipa, jumlah *fittings*, tekanan operasi, debit aliran, serta elevasi sistem. Data tersebut kemudian digunakan sebagai parameter dalam pemodelan hidraulik menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Expert untuk mensimulasikan distribusi aliran, tekanan, kecepatan fluida, *head loss*, dan *total head* pada sistem perpipaan.

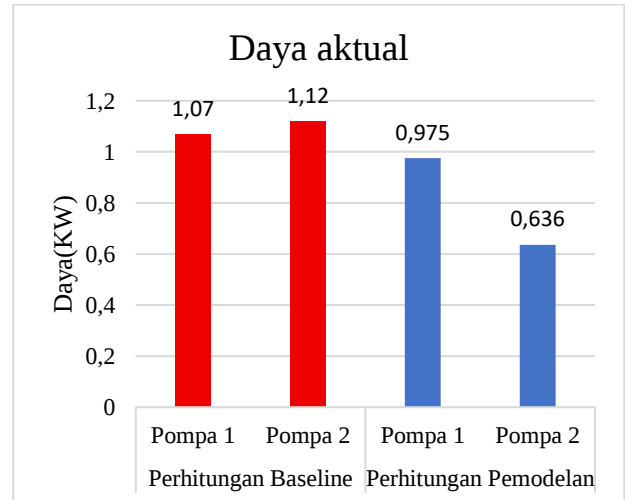
Hasil simulasi selanjutnya divalidasi dengan perhitungan teoritis menggunakan Persamaan Bernoulli dan Persamaan Darcy–Weisbach untuk mengetahui tingkat kesesuaian model. Berdasarkan hasil validasi, dilakukan analisis terhadap *head loss*, *total head*, kebutuhan daya pompa, konsumsi energi, dan biaya operasional

pada kondisi eksisting serta kondisi hasil pemodelan. Perbandingan kedua kondisi tersebut digunakan untuk mengevaluasi potensi peningkatan efisiensi sistem perpipaan dan penghematan energi pada proses distribusi bahan bakar di PLTD Hera Power Plant.

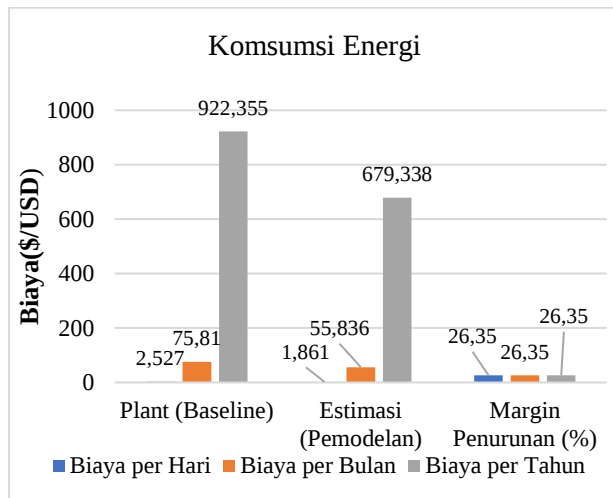
## HASIL DAN PEMBAHASAN



**Gambar 1.** Grafik Hasil Perbandingan Head Pompa Baseline dan Pemodelan



**Gambar 2.** Grafik Hasil Perbandingan Daya Aktual Baseline dan Pemodelan.



**Gambar 3.** Grafik Hasil Perbandingan Komsumsi Energi Baseline dan Pemodelan

Berdasarkan **Gambar 1.** menunjukkan perbandingan *total head* pompa pada kondisi baseline dan hasil pemodelan menggunakan Pipe Flow Expert. Pada kondisi baseline, *total head* Pompa 1 dan Pompa 2 masing-masing sebesar 5,931 m dan 6,159 m, sedangkan setelah dilakukan pemodelan nilainya menurun menjadi 4,592 m dan 2,945 m. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa pemodelan sistem perpipaan mampu mengurangi kebutuhan *head* pompa sehingga sistem bekerja lebih efisien. Penurunan *total head* dipengaruhi oleh berkurangnya kehilangan energi (*head loss*) akibat gesekan aliran dan kerugian minor pada komponen perpipaan. Berdasarkan Persamaan Bernoulli dan Darcy–Weisbach, semakin kecil *head loss*, maka semakin kecil pula *head* yang harus dihasilkan pompa. Hasil ini menunjukkan bahwa optimasi sistem perpipaan mampu meningkatkan kinerja hidraulik serta menjadi dasar penurunan kebutuhan daya pompa.

Berdasarkan **Gambar 2,** menunjukkan bahwa daya aktual pompa mengalami penurunan setelah dilakukan pemodelan sistem. Daya aktual Pompa 1 berkurang dari 1,07 kW menjadi 0,975 kW, sedangkan Pompa 2 menurun dari 1,12 kW menjadi 0,636 kW. Penurunan ini menunjukkan bahwa sistem hasil pemodelan memerlukan energi yang lebih rendah untuk mempertahankan debit operasi. Berkurangnya daya pompa dipengaruhi oleh penurunan *total head* yang harus diatasi pompa. Karena kebutuhan daya berbanding lurus dengan *total head*, maka berkurangnya kehilangan energi

pada sistem menyebabkan beban kerja pompa menjadi lebih kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemodelan menggunakan Pipe Flow Expert mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada sistem distribusi bahan bakar.

Berdasarkan **Gambar 3,** menunjukkan bahwa hasil pemodelan memberikan penurunan biaya operasional sistem pompa dibandingkan kondisi baseline. Biaya operasional menurun dari US\$ 2,527/hari, US\$ 75,810/bulan dan US\$ 922,355/tahun menjadi US\$ 1,861/hari, US\$ 55,836/bulan dan US\$ 679,338/tahun. Hasil tersebut menunjukkan adanya penghematan biaya operasional sebesar 26,35%.

Penurunan biaya operasional terjadi akibat berkurangnya kebutuhan daya pompa sehingga konsumsi energi harian turun dari 50,544 kWh menjadi 37,224 kWh. Hasil ini membuktikan bahwa optimasi sistem perpipaan menggunakan Pipe Flow Expert mampu meningkatkan efisiensi energi sekaligus menurunkan biaya operasional tanpa mengurangi kapasitas distribusi bahan bakar pada PLTD Hera Power Plant.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pemodelan sistem pompa dan perpipaan menggunakan Pipe Flow Expert mampu meningkatkan efisiensi sistem distribusi bahan bakar di PLTD Hera Power Plant. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *total head* pompa menurun dari kondisi baseline sebesar 5,931 m dan 6,159 m menjadi 4,592 m dan 2,945 m pada hasil pemodelan. Penurunan *total head* tersebut berdampak pada berkurangnya daya aktual pompa dari 1,07 kW dan 1,12 kW menjadi 0,975 kW dan 0,636 kW. Selain itu, konsumsi energi harian menurun dari 50,544 kWh menjadi 37,224 kWh, sehingga biaya operasional sistem pompa dapat dihemat sebesar 26,35%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Pipe Flow Expert efektif digunakan sebagai alat evaluasi dan optimasi sistem perpipaan untuk meningkatkan efisiensi energi serta menurunkan biaya operasional pada PLTD Hera Power Plant.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai optimasi sistem perpipaan dengan mempertimbangkan variasi kondisi operasi, karakteristik fluida, serta analisis ekonomi yang lebih komprehensif terhadap implementasi hasil pemodelan.

Selain itu, penelitian selanjutnya dapat mengombinasikan simulasi Pipe Flow Expert dengan pengujian lapangan (*field test*) sehingga hasil analisis dapat divalidasi secara lebih menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., Hassan, A., & El-Sayed, M. (2024). Validation of Hydraulic Models for Industrial Piping Systems Using Simulation and Theoretical Approaches. *Journal of Hydraulic Engineering*, 150(3), 04024005.
- ALIRAN CAMPURAN PADA INSTALASI DESALT SUPPLY PUMP
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Education.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Education.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2020). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill Education.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2020). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill Education.
- Chaudhary, S., & Gupta, R. (2016). Energy Efficiency in Pumping Systems: A Case Study on Optimization of Industrial Pump Operation. *Journal of Mechanical Engineering Research*, 8(3), 45-52.
- Chaudhary, S., & Gupta, R. (2016). Energy Efficiency in Pumping Systems: A Case Study on Optimization of Industrial Pump Operation. *Journal of Mechanical Engineering Research*, 8(3), 45-52.
- Chen, R., & Liu, Y. (2022). Baseline and Energy Consumption Profil Analysis in Pipeline System Design for Power Plants. *Energy Management and Optimization Journal*, 11(5), 212-224.
- Chen, R., & Liu, Y. (2022). Baseline and Energy Consumption Profil Analysis in Pipeline System Design for Power Plants. *Energy Management and Optimization Journal*, 11(5), 212-224.
- Crane Co. (2018). *Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe*. Crane Technical Paper No. 410.
- Crane Co. (2018). *Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe*. Crane Technical Paper No. 410.
- Efficiency: A Review of Operational Strategies. *Energy and Environmental Systems Journal*, 18(3), 67-75.
- Erizal, E., & Rumi, A. (2019). ANALISIS KAPASITAS POMPA SENTRIFUGAL
- Eva, O. H., & Dimas, R. H. (2024). Pemodelan Fire Sprinkler Menggunakan Pipe Flow Expert pada Gedung Asrama Putri MTSN 1 Banyuwangi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*.
- Fox, R. W., McDonald, A. T., & Pritchard, P. J. (2019). *Introduction to Fluid Mechanics*. Wiley.
- Gonzalez, M., & Perez, J. (2021). Impact of Pump System Design on Energy
- Hardi, R. B. U., Hendra, S., & Rivel, L. P. (2015). Analisa Pressure Drop pada Sistem Perpipaan Bahan Bakar Mesin Induk KN. Masalembo dengan Menggunakan Pipe Flow Expert. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Hidayat, M. F., & Fajri, N. (2019). Analisa Perhitungan Daya Pompa Sentrifugal Di Gedung Universitas 17agustus 1945 Jakarta. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 4(1), 7-14.
- Hutapea, S. R. (2018). Pengaruh Kapasitas Fluida Air pada Rangkaian Pipa. *Tugas Akhir*.
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Energy Efficiency 2023*. Paris: International Energy Agency.
- Li, Y., Zhang, X., & Wang, H. (2023). Energy Efficiency Analysis of Industrial Pumping Systems under Variable Hydraulic Conditions. *Energy Reports*, 9, 1124–1136.
- Liu, W., & Zhao, X. (2018). Optimizing Industrial Pipeline Systems to Reduce

- Energy Consumption Using Simulation Tools. *Energy Procedia*, 147, 1032-1041.
- Malmud, R. D., et al. (2016). *Pump Design and Efficiency Evaluation*. Elsevier.
- Muñoz, A. J., Reca, J., & Martínez, J. (2024). Effect of Pipe Surface Characteristics on Energy Losses in Pressurized Pipe Systems. *Scientific Reports*, 14, 15231.
- Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2018). *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Wiley.
- Nasir, M., Jamil, A., & Razak, A. (2023). *Industrial Pumping Systems: Strategies for Energy Efficiency and Carbon Reduction*. *Journal of Energy Resources and Technology*, 145(4), 042101. PLTU DI PT. X. *Presisi*, 21(2), 66-76.
- Pratama, A., Setiawan, B., & Nugroho, S. (2021). *Analisis Karakteristik Aliran Fluida Viskos pada Jaringan Pipa Distribusi Bahan Bakar Cair*. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 16(2), 45-52.
- Rahim. (2016). *Perancangan Pompa Sentrifugal dengan Fluida Kerja Crude Oil pada Central Processing Platform 2 PT. Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore*. Tugas Akhir.
- Rahman, A., & Yusof, N. (2020). Evaluation of Pressure Loss and Energy Consumption in Fuel Pipeline Systems. *Journal of Pipeline Technology*, 9(4), 321-330.
- Rizal. (2020). *Analisa Tekanan Air dengan Metode Pipe Flow Expert untuk Pipa Distribusi*. *Jurnal Teknik*.
- Rizki, M. M., Nalahuddin, M., & Muharni, R. (2021). Analisis Kebutuhan Debit Air Di Gedung C RSUD Kota Bukittinggi. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(2), 9498.
- Schlichting, H. (2017). *Boundary-Layer Theory*. Springer.
- Smith, T., & Johnson, L. (2023). The Role of Simulation Software in Enhancing Pump and Pipeline System Efficiency. *Journal of Energy and Process Systems*, 14(1), 112-129.
- Soni, A., & Kumar, P. (2021). Simulation-Based Analysis of Pump and Pipeline Systems for Energy Optimization. *International Journal of Energy Systems Engineering*, 12(1), 17-25.
- Stephan. (2017). *Head Loss pada Sistem Pipa*. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Sutanto, H., & Wijaya, K. (2022). *Energy Consumption Analysis and Pump Performance Evaluation in Industrial Applications*. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 19(1), 2021251.
- Sutrisno. (2013). *Analisa Perancangan Sistem Instalasi Bahan Bakar untuk Memenuhi Kebutuhan Operasional Kapal*. Tugas Akhir.
- Tan, L., Li, X., & Wang, Y. (2020). *Experimental and Numerical Study on Pressure Drop and Friction Factor in Laminar Pipe Flow*. *Flow Measurement and Instrumentation*, 72, 101712.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2022). *Industrial Energy Efficiency and Sustainable Development Report*. Vienna: UNIDO.
- Wang, J., Liu, Y., & Chen, Z. (2021). Analysis of Flow velocity Effects on Head Loss and Pump Energy Consumption in Industrial Pipeline Systems. *Processes*, 9(11), 1968.
- White, F. M. (2016). *Fluid Mechanics*. McGraw-Hill Education.
- Wicaksono, A., Wibowo, R. S., & Negara, I. M. Y. (2024). Optimization of Power Plant Operation Planning Based on Mixed Integer Linear Programming (MILP) on an Isolated Linear System. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 7(3), 45-58.
- Zhang, Y., Sun, X., Li, P., & Zhao, H. (2022). Application of Bernoulli Equation and Hydraulic Simulation for Pumping System Performance Evaluation. *Applied Sciences*, 12(18), 9347.
- Zhao, Y., et al. (2018). *Mathematical Modeling and Simulation of Pump Systems*. Elsevier.

- Zhou, S., Pang, C., Lin, J., Han, Q., & Luo, Z. (2024). Simulation and Experimental Research on the Energy Loss of Confluence Pipelines. *Applied Sciences*, 14(23), 11415.
- Zhou, Y., & Zhang, H. (2020). Application of Simulation Software in Pump and Pipeline Optimization for Power Plants. *Journal of Applied Energy Research*, 15(2), 88-96.
- Zulfikar, R. (2024). *Energy Audit and Economic Analysis of Centrifugal Pumps in Power Plant Facilities*. *Journal of Sustainable Energy and Environment*, 15(1), 12-20.