

Konsumsi Energi Sistem Pompa dan Pipa di PLTD *Plant Unloading dan Loading Menggunakan Software Pipe Flow Expert*

Januario Da Costa Neves Ximenes¹, Ena Marlina², Akhmad Faruq Alhikami³

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: 22001052108@unisma.ac.id

ABSTRAK

Sistem pompa dan perpipaan merupakan komponen utama dalam proses distribusi bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Kinerja sistem tersebut sangat memengaruhi konsumsi energi, keandalan operasi, serta biaya operasional pembangkit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsumsi energi sistem pompa dan perpipaan pada proses unloading dan loading bahan bakar di PLTD Hera Timor-Leste menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Expert. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui pengambilan data lapangan, perhitungan teoritis berdasarkan Persamaan Bernoulli, serta simulasi sistem perpipaan menggunakan Pipe Flow Expert versi 8.16. Parameter yang dianalisis meliputi debit aliran, tekanan fluida, total head pompa, head loss, kebutuhan daya pompa, konsumsi energi, serta biaya operasional sistem. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu merepresentasikan kondisi aktual sistem dengan tingkat kesalahan yang rendah sehingga layak digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja. Analisis menunjukkan bahwa konfigurasi perpipaan berpengaruh langsung terhadap besarnya head loss dan daya pompa yang dibutuhkan. Pengurangan kehilangan energi pada sistem menghasilkan penurunan konsumsi energi listrik dan biaya operasi tanpa mengurangi kapasitas distribusi bahan bakar. Pemanfaatan Pipe Flow Expert terbukti mampu memberikan evaluasi yang lebih komprehensif dibandingkan metode perhitungan manual karena dapat menganalisis seluruh jaringan perpipaan secara simultan. Penelitian ini memberikan rekomendasi teknis dalam peningkatan efisiensi energi sistem pompa pada PLTD Hera sehingga dapat mendukung pengoperasian pembangkit yang lebih ekonomis dan berkelanjutan.

Kata kunci: konsumsi energi, pompa, perpipaan, Pipe Flow Expert, PLTD Hera.

ABSTRACT

Pump and piping systems are essential components in fuel distribution processes at diesel power plants. Their performance significantly influences energy consumption, operational reliability, and operating costs. This study aims to analyze the energy consumption of the pump and piping system during fuel unloading and loading operations at Hera Diesel Power Plant, Timor-Leste, using Pipe Flow Expert software. A quantitative approach was employed through field measurements, theoretical calculations based on the Bernoulli equation, and numerical simulations using Pipe Flow Expert version 8.16. The analyzed parameters included flow rate, pressure, total pump head, head loss, pump power requirement, energy consumption, and operational costs. The simulation results demonstrated that the developed model accurately represented the actual operating conditions with a relatively low error level. The analysis indicated that the piping configuration significantly affected head loss and pump power requirements. Reducing hydraulic losses successfully lowered electrical energy consumption and operational costs without affecting fuel transfer capacity. Furthermore, Pipe Flow Expert proved to be an effective tool for evaluating complex piping networks compared with conventional manual calculations. The findings provide technical recommendations for improving pump system

efficiency at Hera Diesel Power Plant and support sustainable energy management in diesel-based power generation.

Keywords: *energy consumption, pump system, piping network, Pipe Flow Expert, diesel power plant.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong perusahaan pembangkit untuk meningkatkan efisiensi seluruh sistem pendukung operasi. Salah satu sistem yang memiliki peranan penting adalah sistem pompa dan perpipaan pada proses unloading dan loading bahan bakar. Sistem ini bertanggung jawab terhadap proses pemindahan bahan bakar dari tangki penyimpanan menuju unit pembangkit sehingga kontinuitas operasi pembangkit sangat dipengaruhi oleh kinerja pompa dan jaringan perpipaan. Apabila sistem bekerja dengan kehilangan energi (head loss) yang tinggi, maka kebutuhan daya pompa akan meningkat sehingga konsumsi energi listrik dan biaya operasional juga bertambah.

PLTD Hera Power Plant merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga diesel yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di Timor-Leste. Sistem distribusi bahan bakar pada pembangkit ini terdiri atas pompa ulir (screw pump), jaringan perpipaan, valve, tangki penyimpanan, dan berbagai komponen pendukung lainnya yang bekerja secara terintegrasi selama proses unloading maupun loading bahan bakar. Kompleksitas jaringan perpipaan menyebabkan distribusi tekanan dan kehilangan energi sulit dianalisis hanya menggunakan perhitungan manual, sehingga diperlukan pendekatan simulasi numerik yang mampu menggambarkan kondisi aktual sistem secara lebih akurat.

Perkembangan perangkat lunak analisis perpipaan seperti Pipe Flow Expert memberikan kemudahan dalam melakukan simulasi distribusi aliran, tekanan, head loss, serta kebutuhan daya pompa pada jaringan perpipaan yang kompleks. Perangkat lunak ini mampu memodelkan karakteristik aliran fluida

berdasarkan parameter geometri pipa, sifat fluida, konfigurasi fitting, serta karakteristik pompa sehingga hasil simulasi dapat digunakan sebagai dasar evaluasi maupun optimasi sistem.

Beberapa penelitian terdahulu telah memanfaatkan Pipe Flow Expert untuk menganalisis sistem perpipaan pada kapal, instalasi distribusi air, serta sistem sprinkler. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa simulasi numerik mampu memberikan hasil yang mendekati perhitungan teoritis dan membantu menentukan konfigurasi sistem yang lebih efisien. Namun demikian, penelitian mengenai analisis konsumsi energi sistem pompa dan perpipaan pada proses unloading dan loading bahan bakar di PLTD Hera Power Plant masih sangat terbatas, khususnya yang mengintegrasikan validasi perhitungan Bernoulli dengan simulasi Pipe Flow Expert sebagai dasar evaluasi efisiensi energi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis profil baseline sistem pompa dan perpipaan, mengevaluasi desain sistem menggunakan Pipe Flow Expert, serta menganalisis konsumsi energi pompa berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan teoritis. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar dalam upaya peningkatan efisiensi energi, pengurangan biaya operasional, serta pengembangan sistem distribusi bahan bakar yang lebih optimal pada PLTD Hera Power Plant.

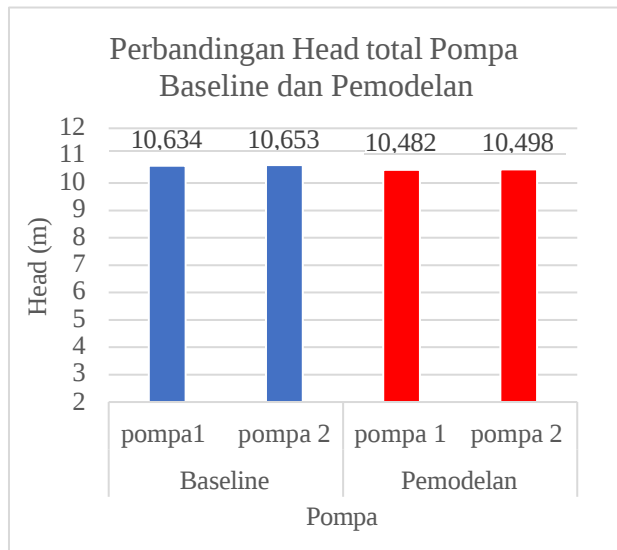
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen dan simulasi numerik untuk menganalisis konsumsi energi sistem pompa dan pipa pada proses unloading dan loading bahan bakar di PLTD Hera. Penelitian ini dilaksanakan di PLTD Hera Power Plant, Dili, Timor-Leste melalui pengambilan data di lapangan, perhitungan

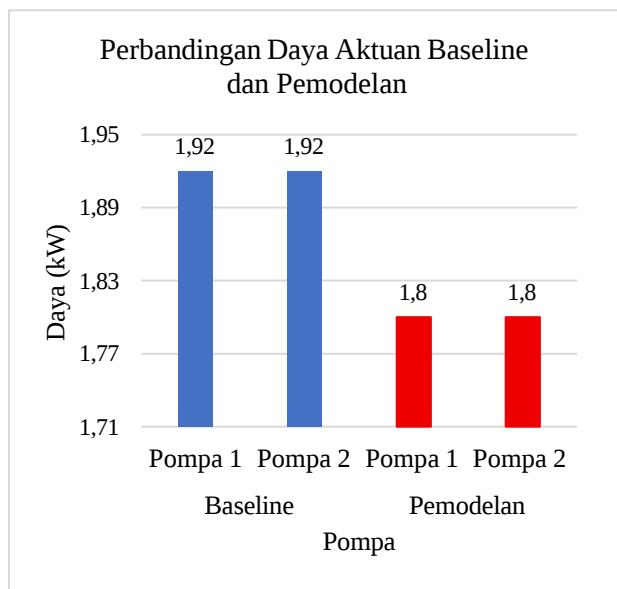
teoritis menggunakan Persamaan Bernoulli,

serta simulasi menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Expert. Integrasi antara data aktual dan simulasi digunakan untuk mengevaluasi karakteristik hidraulik sistem serta menentukan tingkat efisiensi konsumsi energi dan biaya operasional.

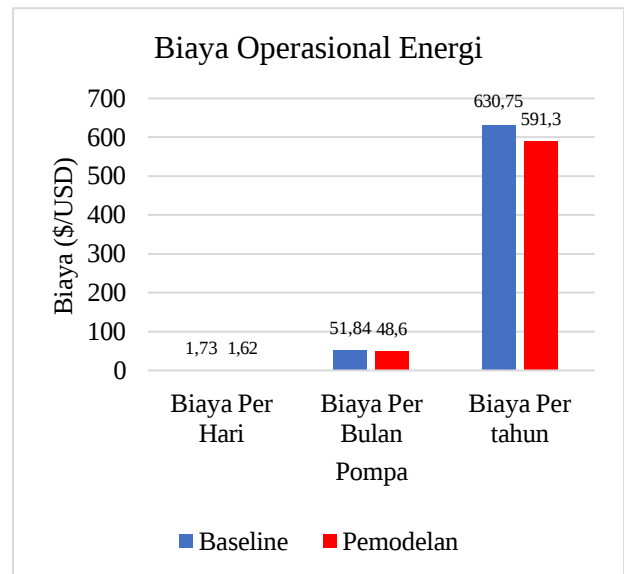
HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Grafik Hasil Perbandingan Head Pompa Baseline dan Pemodelan



Gambar 2. Grafik Hasil Perbandingan Head Pompa Baseline dan Pemodelan



Gambar 1. Grafik Hasil Perbandingan Head Pompa Baseline dan Pemodelan

Berdasarkan **Gambar 1**, hasil pemodelan menggunakan Pipe Flow Expert menunjukkan adanya penurunan head total dibandingkan kondisi baseline. Nilai head total Pompa 1 menurun dari 10,634 m menjadi 10,482 m, sedangkan Pompa 2 menurun dari 10,653 m menjadi 10,498 m. Penurunan ini menunjukkan bahwa konfigurasi hasil pemodelan mampu mengurangi kehilangan energi (head loss) pada sistem perpipaan sehingga beban kerja pompa menjadi lebih ringan. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa optimasi sistem meningkatkan efisiensi hidraulik tanpa mengurangi kapasitas aliran bahan bakar.

Berdasarkan **Gambar 2**, daya aktual kedua pompa mengalami penurunan setelah dilakukan pemodelan. Pada kondisi baseline, daya aktual masing-masing pompa sebesar 1,92 kW, sedangkan setelah optimasi menjadi 1,80 kW. Penurunan ini menunjukkan bahwa berkurangnya head total berdampak langsung terhadap kebutuhan daya pompa, sehingga konsumsi energi selama operasi menjadi lebih efisien dan beban kerja pompa dapat diminimalkan.

Berdasarkan **Gambar 3**, optimasi sistem menggunakan Pipe Flow Expert mampu menurunkan biaya operasional energi dari US\$1,73 menjadi US\$1,62 per hari, dari US\$51,84 menjadi US\$48,60 per bulan, dan dari US\$630,75 menjadi US\$591,30 per tahun. Penurunan biaya tersebut merupakan dampak

dari berkurangnya kebutuhan daya pompa setelah optimasi, sehingga sistem distribusi bahan bakar menjadi lebih efisien baik dari aspek teknis maupun ekonomi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, Pipe Flow Expert terbukti mampu menganalisis dan mengevaluasi kinerja sistem pompa dan perpipaan pada proses *unloading* dan *loading* bahan bakar di PLTD Hera Power Plant. Hasil simulasi menunjukkan bahwa optimasi melalui perubahan diameter pada beberapa segmen pipa utama mampu menurunkan *head total* dari 10,637 m menjadi 10,482 m pada Pompa 1 dan dari 10,653 m menjadi 10,498 m pada Pompa 2, sehingga meningkatkan efisiensi hidraulik sistem. Optimasi tersebut juga berhasil menurunkan kebutuhan daya pompa dari 3,84 kW menjadi 3,60 kW, yang berdampak pada penghematan energi sebesar 6,25% serta penurunan biaya operasional dari USD 630,75 menjadi USD 591,30 per tahun. Dengan demikian, penerapan Pipe Flow Expert efektif digunakan sebagai metode evaluasi dan optimasi sistem pompa dan perpipaan untuk meningkatkan efisiensi energi serta menekan biaya operasional pada PLTD Hera Power Plant.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan validasi lapangan secara langsung terhadap hasil simulasi Pipe Flow Expert agar tingkat akurasi antara kondisi simulasi dan operasi nyata dapat ditingkatkan. Selain itu, kajian mengenai variasi debit aliran, efisiensi pompa, serta penerapan teknologi pengendalian kecepatan seperti Variable Frequency Drive (VFD) perlu dilakukan untuk memperoleh potensi penghematan energi yang lebih optimal. Analisis ekonomi terkait penyesuaian kapasitas pompa dan motor juga penting dilakukan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengembangan strategi konservasi energi pada sistem perpompaan dan perpipaan di fasilitas pembangkit listrik.

DAFTAR PUSTAKA

Aisyah, S., Effendi, Z., & Pratama, W. Y. (2021). Analisa *Head Losses* pada Diameter Pipa terhadap Terbentuknya

Kavitasi Pompa. *JTEP Jurnal Keteknik Pertanian*, 9(1), 17–22.

Aufa, A., Rubiono, G., & Mujianto, H. (2016). Pengaruh Rasio Diameter Pipa Terhadap Perubahan Tekanan Pada Bernoulli Theorem Apparatus. *Jurnal Prodi Teknik Mesin Pgrj*, 1(1), 7–11.

Cantona, P., Stevanie Dwi, M. A., Slamet Abadi, C., & Syujak, dan M. (2019). Analisis *Head loss* dan Kavitas dari Rangkaian Pompa Sentrifugal Ebara di PT. PBI. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, 87–93. <http://semnas.mesin.pnj.ac.id>

Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). Solutions Manual for Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications. *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*, 1–1067.

Fero, A. F. (2016). *Studi Kasus Analisis Efisiensi Energi Pompa Injeksi di PT. Pertamina EP Tanjung Field. 20120130140.*

Flow of fluids through valves, fittings and pipe. (1979).

Fluida, M., Bernoulli, H., Pembelajaran, M., Meter, F., & Fluida, P. M. (2020). *Prosiding Seminar Nasional NCIET Vol.1 (2020) B277-B285 1. 1*, 277–285.

Gir, I. N., At, L. S. D., & Banyuwangi, M. (2000). *MODELING FIRE SPRINKLER USING PIPE FLOW EXPERT*. 19(2).

Gordon. (2019). *⌋BAB 2 Tinjauan Pustaka. Pontificia Universidad Catolica Del Peru*, 8(33), 44.

Hamzah, A. R., & Rahmatulloh, A. (2023). Perancangan Jalur Pipa Sirkulasi Chiller Di Perusahaan Kosmetik Lokal Indonesia. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(3), 200–207. <https://doi.org/10.33795/distilat.v9i3.3747>

Hutapea, S. (2018). *BAB I PENDAHULUAN 1. 2. Tujuan Perancangan Pada Rangkaian Pipa Elbow 1. 4. Manfaat Perancangan Pada Pipa Fluida Air*. 1–20.

Jurnal Kajian Manajemen Bisnis Volume 6, Nomor 2, September 2017. (2017). 6(September), 158–180.

Lavrič, H., Drobnič, K., & Fišer, R. (2024). Model-Based Assessment of Energy Efficiency in Industrial Pump Systems: A

- Case Study Approach. *Applied Sciences* (Switzerland), 14(22).
<https://doi.org/10.3390/app142210430>
- Mahendra, S. (2016). Perancangan Pompa Sentrifugal Dengan Fluida Kerja Crude Oil Pada Central Processing Platform 2. *Skripsi, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
<https://repository.its.ac.id/1524/>
- Nugroho, A. S., Palmiyanto, M. H., & Nusantara, A. (2015). Analisa Tekanan Air Dengan Metode *Pipe flow Expert* Untuk Pipa Berdiameter 1", $\frac{3}{4}$ " dan $\frac{1}{2}$ " Di Instalasi Pemipaan Perumahan. *Jurnal Teknik ATW*, 08, 1–10.
- POMPA BAHAN BAKAR TEKanan TINGGI GUNA MENUNJANG PENGOPERASIAN KAPAL ASD . PETRO WALIO Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan dan Peletihan Pelaut (DP) Tingkat I PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I POLITEKNIK ILMU PELAYARAN . (2020).
- Radesha, H., Utama, B., Saputra, H., & Pordiman, L. (2021). Analisa Pressure Drop Pada Sistem Perpipaan Bahan Bakar Mesin Induk KN . Masalembo Dengan Menggunakan *Pipe flow Expert*. *Teknik Mesin*, 1–8.
- Royhan, M. (2021). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel 2 Mw. *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, 4(1), 45.
<https://doi.org/10.32493/epic.v4i1.10485>
- Rumaherang, E. J., Wattimena, W. M. E., Rawulun, S. M., & Noya, E. (2023). Studi Regim Aliran Fluida Dan Penentuan Head Loss Akibat Gesekan Pada Instalasi Perpipaan. *ALE Proceeding*, 6, 154–161.
<https://doi.org/10.30598/ale.6.2023.154-161>
- Sari, S. S., Kusnaty, A., & Martini, S. (2018). Optimasi Pada Sistem Distribusi Air Bersih Di Wilayah Iii Telkom University Dengan Metode Cfd (Computational Fluid Dynamics). *E-Proceeding of Engineering*, 5(3), 6670.
- Satria, P., Widodo, A., Haryanto, I., Satrijo, D., & Setiyana, B. (2021). Analisis Konstruksi Pipa Pompa Suction 112-JB. *Jurnal Material Teknologi Proses: Warta Kemajuan Bidang Material Teknik Teknologi Proses*, 2(1), 23.
<https://doi.org/10.22146/jmtp.66248>
- Sena, B. (2015). Pengaruh Densitas dan Viskositas Terhadap Profil Kecepatan Pada Aliran Fluida Laminar di Dalam Pipa Horizontal. *Faktor Exacta*, 5(3), 192–201.
- Sularso, & Tahara, H. (2000). *Pompa & Kompresor*. 26–27.
- Sun, S., Wu, P., Guo, P., Yi, G., & Kovacevic, A. (2021). Numerical Investigation on a Twin-Screw Multiphase Pump Under low IGVF. *International Journal of Fluid Machinery and Systems*, 14(4), 335–344.
<https://doi.org/10.5293/IJFMS.2021.14.4.335>
- US Army Corps. (2020). *EM 1110-2-3105 : Mechanical and Electrical Design of Pump Stations*. April.
- Winarto, S. (2016). Optimasi energi pompa. *Forum Teknologi*, 06(2), 40–45.
- Winoko, Y. A., & Junaidi, M. K. Z. N. (2023). Analisis Pengaruh Perubahan Sudut Penginjeksian Bahan Bakar Terhadap Kinerja Mesin Diesel Untuk Genset. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 8(2), 490.
<https://doi.org/10.28926/briliant.v8i2.1217>
- Wuryanti, S., Maridjo, M., Slameto, S., Yuliyani, I., & Indriyani, I. (2023). Perbandingan Karakteristik Pompa Tunggal dengan Pompa Ganda yang Dioperasikan secara Seri maupun Paralel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 147.
<https://doi.org/10.32497/jrm.v18i2.3967>
- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2018). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*.
- Gupta, R. S. (2019). *Hydrology and Hydraulic Systems*.
- Hydraulic Institute. (2021). *Pump System Optimization Guide*.
- International Energy Agency (IEA). (2022). *Energy Efficiency 2022 Report*.
- Munson, B. R., et al. (2020). *Fundamentals of Fluid Mechanics*.
- Sularso & Tahara. (2019). *Pompa dan Kompresor*.
- Todini, E. (2018). *Looped Water Distribution*

- Networks Design.*
- Versteeg, H., & Malalasekera, W. (2021). *Computational Fluid Dynamics.*
- Wang, Z., Chen, X., Zhang, J., et al. (2023). *Multi-objective Optimization and Loss Analysis of Multistage Centrifugal Pumps.* Energy, 284, 128638.
- Wang, W., Wang, H., Pei, J., et al. (2025). *Artificial Intelligence Approach for Energy and Entropy Analyses of a Double-Suction Centrifugal Pump.* Energy, 324, 136046.
- White, F. M. (2021). *Fluid Mechanics.*
- U.S. Department of Energy (DOE). (2020). *Improving Pumping System Performance.*
- Alhikami, A. F., Gusuma, E. D., Firmansah, M. F., Nugroho, R. A. A., & Sepriyatno, R. (2023). Cold thermal energy storage study in a hospital building. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 165–173.
- Deng, Q., Pei, J., Wang, W., Lin, B., Zhang, C., & Zhao, J. (2021). *Energy Loss and Radial Force Variation Caused by Impeller Trimming in a Double-Suction Centrifugal Pump.* Entropy, 23(9), 1228.
- Ivchenko, O., Andrusiak, V., Kondus, V., et al. (2023). *Energy Efficiency Indicator of Pumping Equipment Usage.* Energies, 16(15), 5820.
- Yang, M., Zhang, N., Gao, B., et al. (2023). *Understanding of Energy Conversion and Losses in a Centrifugal Pump Impeller.* Energy, 263, 125787.
- Rumi, A. (2021). *Analisis Kapasitas Pompa Sentrifugal Aliran Campuran.*
- Marlina, E., Alhikami, A. F., Mardiyani, S. A., Trismawati, & Yazirin, C. (2024). *Pyrolytic Oil Production and Ignition Characteristics.* Journal Unimma, 7(3), 579–591.