

ANALISIS DAN OPTIMASI MESIN PENGOLAHAN AIR LAUT MENJADI AIR BERSIH MENGGUNAKAN SOFTWARE PIPE FLOW EXPERT DI MAUBARA TIMOR-LESTE

Arcenio Nunes¹, Nur Robbi², Artono Raharjo³
asennunes@gmail.com¹ nurrobbi@unisma.ac.id² artonor@unisma.ac.id³

Fakultas Teknik Mesin, Universitas Islam Malang Jl. Mayjen Haryono No. 193, Kota Malang 65144 Email korespondensi: dimasrama772@gmail.com

Abstrak

Ketersediaan air bersih di wilayah pesisir masih menjadi permasalahan yang memerlukan penerapan teknologi pengolahan air laut yang efisien. Salah satu faktor yang memengaruhi kinerja sistem desalinasi adalah kondisi sistem perpipaan dan kapasitas pompa yang menentukan distribusi debit, tekanan, serta kehilangan energi selama proses pengolahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan mengoptimasi sistem perpipaan pada mesin pengolahan air laut menjadi air bersih menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Expert di Koperasi Multi Sectoral Nurak Sulin Hamutuk (KMS-NSH), Maubara, Liquiça, Timor-Leste. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pengukuran lapangan dan simulasi hidrolika. Data yang dianalisis meliputi spesifikasi pompa, konfigurasi jaringan perpipaan, panjang dan diameter pipa, karakteristik air laut, debit aktual, serta komponen fitting yang memengaruhi head loss. Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi debit aliran, kecepatan fluida, tekanan, head loss mayor, head loss minor, head total, dan kebutuhan energi pompa sebelum dan sesudah optimasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan diameter pada beberapa ruas pipa mampu menurunkan kehilangan energi, memperbaiki distribusi tekanan, dan meningkatkan efisiensi kerja sistem. Optimasi juga menghasilkan penurunan konsumsi energi listrik sehingga biaya operasional sistem menjadi lebih rendah dibandingkan kondisi lapangan. Dengan demikian, penggunaan Pipe Flow Expert terbukti efektif sebagai alat analisis dan optimasi sistem perpipaan dalam meningkatkan kinerja mesin pengolahan air laut menjadi air bersih.

Kata kunci: Pipe Flow Expert, sistem perpipaan, desalinasi, head loss, optimasi pompa.

Abstract

The availability of clean water in coastal areas remains a major challenge, requiring an efficient seawater treatment system. One of the key factors affecting desalination performance is the piping system and pump capacity, which influence flow distribution, pressure, and energy losses throughout the treatment process. This study aimed to analyze and optimize the piping system of a seawater desalination unit using Pipe Flow Expert at Koperasi Multi Sectoral Nurak Sulin Hamutuk (KMS-NSH), Maubara, Liquiça, Timor-Leste. A quantitative approach combining field measurements and hydraulic simulation was employed. The analyzed data included pump specifications, piping network configuration, pipe length and diameter, seawater characteristics, actual flow rate, and pipe fittings affecting head losses. Simulations were performed to evaluate flow rate, fluid velocity, pressure distribution, major head loss, minor head loss, total head, and pump energy consumption before and after optimization. The results indicate that increasing the diameter of several pipe sections reduced energy losses, improved pressure distribution, and enhanced the overall hydraulic performance of the system. Furthermore, the optimized configuration reduced electrical energy consumption and operational costs compared with the existing field condition. Therefore, Pipe Flow Expert proved to be an effective tool for analyzing and optimizing piping systems to improve the performance of seawater desalination units.

Keywords: Pipe Flow Expert, piping system, desalination, head loss, pump optimization.

Pendahuluan

Ketersediaan air bersih merupakan salah satu kebutuhan dasar yang masih menjadi

tantangan di berbagai wilayah pesisir, terutama pada daerah yang memiliki sumber air tawar terbatas. Salah satu alternatif yang banyak

diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah teknologi desalinasi air laut menggunakan sistem Reverse Osmosis (RO). Teknologi ini mampu menghasilkan air bersih dengan kualitas yang baik melalui proses pemisahan garam dan zat terlarut menggunakan membran semipermeabel. Namun demikian, keberhasilan proses desalinasi tidak hanya ditentukan oleh kemampuan membran RO, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kinerja sistem perpipaan dan pompa yang berfungsi mendistribusikan fluida selama proses pengolahan. Sistem perpipaan yang tidak dirancang secara optimal dapat meningkatkan kehilangan energi (*head loss*), menyebabkan penurunan tekanan, meningkatkan konsumsi energi, dan menurunkan efisiensi keseluruhan sistem.

Koperasi Multi Sectoral Nurak Sulin Hamutuk (KMS-NSH), Maubara, Liquiça, Timor-Leste, memanfaatkan teknologi desalinasi untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat. Berdasarkan hasil observasi lapangan, sistem pengolahan air laut di lokasi penelitian masih mengalami beberapa kendala hidrolika, antara lain tingginya kehilangan energi pada jaringan perpipaan, distribusi tekanan yang belum merata, serta adanya beberapa ruas pipa dengan kecepatan aliran yang melebihi kondisi operasi yang direkomendasikan. Kondisi tersebut menyebabkan pompa bekerja dengan beban yang lebih besar sehingga konsumsi energi meningkat dan efisiensi sistem menurun. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap konfigurasi jaringan perpipaan dan kapasitas pompa agar sistem dapat beroperasi secara lebih efektif dan efisien.

Berbagai penelitian telah melaporkan bahwa optimasi sistem perpipaan dan kapasitas pompa mampu meningkatkan performa instalasi desalinasi. Suranata *et al.* (2025) menunjukkan bahwa optimasi sistem Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) dapat meningkatkan efisiensi operasional melalui pengaturan tekanan dan distribusi aliran yang lebih baik. Siregar *et al.* (2025) menjelaskan bahwa evaluasi konfigurasi perpipaan berperan penting dalam menjaga kestabilan produksi air bersih dan menekan konsumsi energi sistem. Selain itu, Joniarta *et al.* (2024)

melaporkan bahwa pemilihan kapasitas pompa yang sesuai berpengaruh langsung terhadap kestabilan tekanan dan debit aliran pada sistem desalinasi. Penelitian lain juga menegaskan bahwa diameter pipa, material perpipaan, serta jumlah sambungan dan fitting merupakan faktor yang memengaruhi besarnya *head loss* dan efisiensi distribusi fluida.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas optimasi sistem desalinasi, sebagian besar masih berfokus pada peningkatan performa membran RO atau evaluasi pompa secara terpisah. Penelitian yang mengintegrasikan analisis karakteristik fluida, konfigurasi jaringan perpipaan, kapasitas pompa, distribusi tekanan, *head loss mayor*, *head loss minor*, konsumsi energi, dan biaya operasional menggunakan simulasi hidrolika pada instalasi desalinasi skala lapangan masih relatif terbatas, khususnya pada sistem pengolahan air laut di Timor-Leste. Selain itu, kajian mengenai evaluasi kondisi aktual sistem dan perbandingannya dengan hasil optimasi menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Expert juga masih jarang dilaporkan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) berupa analisis dan optimasi sistem perpipaan pada mesin pengolahan air laut menjadi air bersih dengan mengintegrasikan data lapangan dan simulasi Pipe Flow Expert. Optimasi dilakukan melalui evaluasi diameter pipa, kapasitas pompa, distribusi tekanan, kecepatan aliran, *head loss*, kebutuhan energi, serta biaya operasional sehingga diperoleh konfigurasi sistem yang lebih efisien tanpa mengubah prinsip kerja instalasi yang telah ada. Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan dan peningkatan kinerja sistem desalinasi di wilayah pesisir yang memiliki karakteristik serupa.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi aktual sistem perpipaan pada mesin pengolahan air laut menjadi air bersih di KMS-NSH Maubara, Timor-Leste serta mengoptimasi konfigurasi jaringan perpipaan dan kapasitas pompa menggunakan Pipe Flow Expert guna meningkatkan efisiensi hidrolika, menurunkan kehilangan energi, mengurangi konsumsi energi

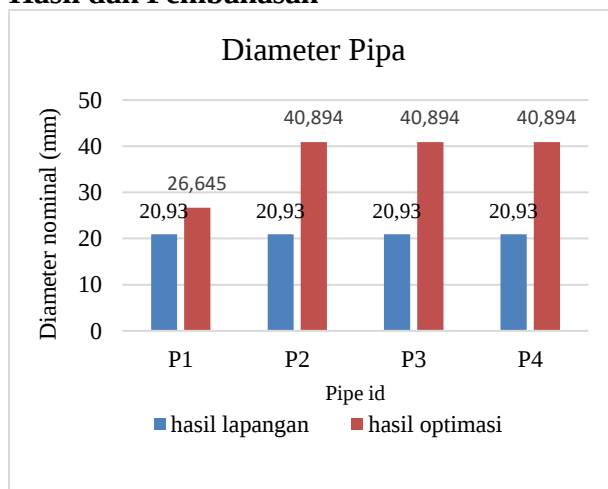
listrik, dan meningkatkan kinerja sistem pengolahan air laut menjadi air bersih.

Metode Penelitian

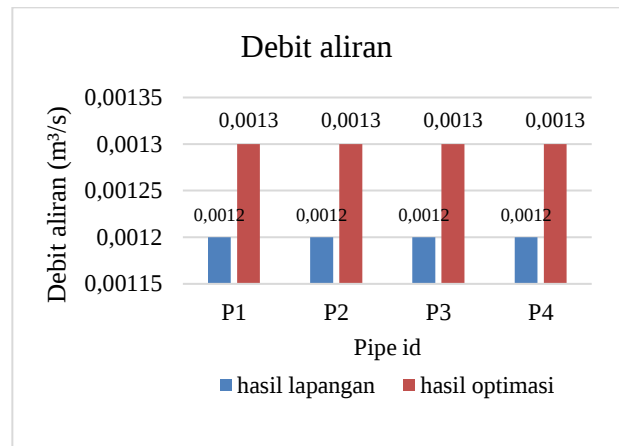
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan simulasi hidrolika untuk menganalisis dan mengoptimasi sistem perpipaan pada mesin pengolahan air laut menjadi air bersih di Koperasi Multi Sectoral Nurak Sulin Hamutuk (KMS-NSH), Maubara, Liquiça, Timor-Leste. Pemodelan dan analisis sistem dilakukan menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Expert versi 8.16 berdasarkan kondisi aktual instalasi. Data penelitian meliputi spesifikasi pompa, dimensi dan material pipa, konfigurasi jaringan perpipaan, karakteristik air laut, elevasi sistem, serta debit aliran hasil pengukuran lapangan.

Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pemodelan sistem, simulasi kondisi eksisting, optimasi diameter pipa, serta evaluasi hasil simulasi. Kinerja sistem dianalisis berdasarkan parameter debit aliran, kecepatan aliran, head loss, head total, konsumsi energi, dan biaya operasional. Hasil simulasi kondisi eksisting dibandingkan dengan hasil optimasi untuk mengevaluasi peningkatan efisiensi hidrolik dan kinerja sistem pengolahan air laut menjadi air bersih.

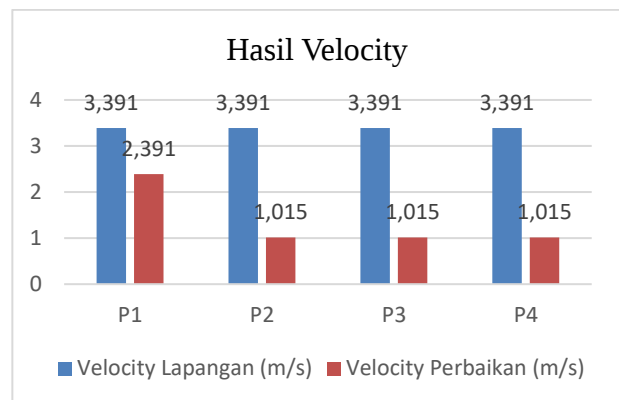
Hasil dan Pembahasan



Grafik 1. Perbandingan Diameter Pipa Hasil Lapangan dan Optimasi



Grafik 2. Perbandingan Debit Aliran Hasil Lapangan dan Optimasi



Grafik 3. Perbandingan Velocity Hasil Lapangan dan Optimasi

Berdasarkan **Grafik 1**, hasil optimasi menunjukkan peningkatan diameter nominal pipa pada seluruh segmen dibandingkan kondisi lapangan. Diameter pipa pada kondisi eksisting sebesar 20,93 mm, kemudian meningkat menjadi 26,65 mm pada segmen P1 dan 40,89 mm pada segmen P2–P4. Perubahan diameter tersebut dilakukan untuk menyesuaikan kapasitas aliran pada setiap segmen sehingga hambatan aliran dapat dikurangi. Peningkatan diameter memperbesar luas penampang aliran, sehingga distribusi fluida menjadi lebih baik dan kehilangan energi akibat gesekan di dalam pipa dapat diminimalkan. Hasil ini menunjukkan bahwa optimasi diameter merupakan langkah utama dalam meningkatkan kinerja hidrolik sistem perpipaan pada proses pengolahan air laut menjadi air bersih.

Berdasarkan **Grafik 2**, debit aliran pada seluruh segmen mengalami peningkatan setelah dilakukan optimasi. Debit aliran meningkat dari

0,0012 m³/s pada kondisi lapangan menjadi 0,0013 m³/s pada kondisi optimasi. Meskipun peningkatannya relatif kecil, hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan diameter pipa mampu memperbaiki kapasitas distribusi fluida tanpa mengubah konfigurasi utama sistem. Peningkatan debit mengindikasikan bahwa aliran menjadi lebih lancar akibat berkurangnya tahanan hidrolis, sehingga sistem mampu mengalirkan air menuju unit pengolahan secara lebih efektif dan mendukung peningkatan efisiensi proses pengolahan air laut.

Berdasarkan **Grafik 3**, optimasi diameter pipa memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kecepatan aliran pada seluruh segmen. Kecepatan aliran pada kondisi lapangan sebesar 3,391 m/s, kemudian menurun menjadi 2,391 m/s pada segmen P1 dan 1,015 m/s pada segmen P2–P4 setelah optimasi. Penurunan kecepatan terjadi karena bertambahnya luas penampang aliran akibat peningkatan diameter pipa. Kondisi tersebut mengurangi gesekan antara fluida dengan dinding pipa sehingga nilai head loss menjadi lebih kecil. Selain itu, kecepatan aliran pada segmen P2–P4 telah mendekati kisaran kecepatan yang direkomendasikan untuk sistem distribusi air, sehingga efisiensi hidrolis meningkat dan beban kerja pompa menjadi lebih rendah. Namun, kecepatan pada segmen P1 masih relatif lebih tinggi dibandingkan segmen lainnya, sehingga bagian tersebut masih berpotensi menjadi lokasi dengan kehilangan energi terbesar dan dapat dipertimbangkan untuk optimasi lanjutan.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi sistem perpipaan menggunakan Pipe Flow Expert mampu meningkatkan kinerja hidrolis mesin pengolahan air laut menjadi air bersih di Koperasi Multi Sectoral Nurak Sulin Hamutuk (KMS-NSH), Maubara, Timor-Leste. Hasil optimasi dilakukan melalui penyesuaian diameter pipa pada beberapa segmen jaringan sehingga kecepatan aliran menjadi lebih stabil, head loss mayor menurun dari 6,20 m menjadi 4,90 m, head loss minor dari 7,10 m menjadi 5,63 m, serta head total

pompa berkurang dari 9,50 m menjadi 7,93 m. Perbaikan tersebut berdampak pada meningkatnya efisiensi distribusi aliran, yang ditunjukkan oleh penurunan konsumsi energi dari 36,30 kWh/hari menjadi 30,96 kWh/hari dan biaya operasional dari 9,08 USD/hari menjadi 7,74 USD/hari. Dengan demikian, optimasi diameter pipa menggunakan Pipe Flow Expert terbukti efektif dalam meningkatkan performa hidrolis, efisiensi energi, dan efektivitas operasional sistem pengolahan air laut menjadi air bersih.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan optimasi sistem perpipaan dengan mempertimbangkan variasi material pipa, kondisi operasi, dan kapasitas pompa guna memperoleh desain yang lebih efisien. Selain itu, analisis ekonomi yang mencakup biaya investasi, biaya pemeliharaan, dan periode pengembalian investasi (*payback period*) perlu dilakukan agar hasil optimasi dapat dievaluasi tidak hanya dari aspek teknis, tetapi juga dari aspek ekonomis.

Daftar Pustaka

- Adriyansyah, A. (2019). Perbandingan Hasil Analisis Hidrolis Jaringan Pipa Transmisi Air Bersih Menggunakan Software Epanet Dan Waternet. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 7(2), 63–69. <https://doi.org/10.33019/fropil.v7i2.1624>
- Almalki, A. S. (2025). Head loss analysis in pipes under sand - water two - phase flow conditions. *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture*, 16(4), 1274–1281. <https://doi.org/10.1007/s43995-025-00162-9>
- Area, U. M. (2024). ANALISIS KINERJA POMPA DISTRIBUSI PADA PENGOLAHAN AIR MINUM SIKRIPSI OLEH: SAYAMAN GIAWA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN SKRIPSI Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area OLEH: SAYAMAN GIAWA.
- Atiyah, I. K., Muslim, N. H., Al-bughaebi, N. A., & Al-abbas, A. H. (2025). *Experimental and Theoretical Analysis of the Effect of Pipe Material on Major Head Losses in Pipes*. 896–907.
- Barafi, K. A., Akbar, A., & Fahrudin, A. (2025).

- Analisis Distribusi Kecepatan Fluida pada Daerah Boundary Layer di dalam Pipa Lurus Secara Eksperimental (Experimental Analysis of Fluid Velocity Distribution in the Boundary Layer of a Straight Pipe).* 8(2), 225–235.
- Faizah, S. Z., Kartika, D. L., Winarni, A., Nahdlatul, U., Purwokerto, U., Air, D., & Pipa, O. J. (n.d.). *IMPLEMENTASI ALGORITMA PRIM UNTUK.* 8, 431–441.
- Govender, M., Ikegwuoha, D. C., & Seyam, M. (2025). *A CFD-Based Study of Pipe Leakage Dynamics and Water.* 6701–6714.
- Hamsapari, Aprilman, D., & Widodo, S. (2022). Rancang Bangun Mesin Penyikat Galon Luar Dan Dalam Semi Otomatis. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 20–30.
- Hasibuan, F. A., Teknik, F., & Nusantara, U. G. (2025). *EVALUASI ENERGI DAN MOMENTUM ALIRAN PADA SALURAN* Info Artikel : Keyword : Abstrak. 4, 89–98.
- Heronimczak, M., Mrowiec, A., Rzaśa, M., & Koszela, K. (2025). *Determination of the constant pressure loss for a new segmented orifice with an inclined inflow plane.* 1–18.
- Ii, B. A. B. (2020). *Bab ii tinjauan pustaka 2.1.* 19–32.
- Khavidiana FA, R. S. (2024). Analisis Sistem Distribusi Air Dari Mata Air Di Dusun Kawedan Dengan Menggunakan Software Epanet 2.2. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Ilmu Komputer*, 3(3), 167–176.
- KEMAL, K. (2025). *ANALISIS KEBOCORAN PIPA AIR LAUT PADA SISTEM PENDINGIN MESIN INDUK DI KAPAL MV. JIAN RUI 17* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar).
- Korosi, T., & Bull, M. T. (2025). *Analisis Pengaruh Kurangnya Ketebalan Pipa Air Laut Sanitary.* September, 74–81.
- Mahardhika, P. (2018). Evaluasi Instalasi Plumbing Air Bersih Rumah Tipe 42 Menggunakan Pipe Flow Expert Berdasarkan Sni 03-7065-2005 Dan Bs 6700. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.31884/jtt.v4i1.68>
- Makhsud, A. (2008). Desain Dan Pengujian Prestasi Pompa Pancar (Jet Pump). *Majalah Ilmiah Al-Jibra*, 9(29).
- Naufal, M., Musyaffa, H., Sinaga, N., & Yudianto, B. (2023). Simulasi Kinerja Pompa Rumah Tangga Menggunakan Metode Numerik. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 11(3), 338–343.
- Mohamad, Y. (2025). RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMA ALAT PRAKTIKUM ALIRAN FLUIDA DALAM PIPA DENGAN VARIASI DIAMETER DAN KONFIGURASI POMPA SERI DAN PARALEL: RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMA ALAT PRAKTIKUM ALIRAN FLUIDA DALAM PIPA DENGAN VARIASI DIAMETER DAN KONFIGURASI POMPA SERI DAN PARALEL. *Journal of Energy and Mechanical Engineering*, 3(1), 28-36.
- Siregar, P. F., Anwar, T., Fiardi, A., & Siburian, A. L. (2025). Observasi Data Statistik untuk Optimalisasi Perawatan Reverse Osmosis Plant Guna Mempertahankan Produksi Air Tawar di Kapal MT. Vega 1. Points: *Jurnal Matematika dan Sains pada Pelayaran*, 3(2), 1-20.
- Joniarta, I. W., Dika, A. A., & Wijana, M. (2024). Analisis efisiensi pompa sentrifugal pada desalinasi dengan proses reverse osmosis: Analysis of centrifugal pump efficiency in desalination with the reverse osmosis process. *Energy, Materials and Product Design*, 3(2), 213-223.
- M Idham, S. (2026). PERBANDINGAN DESAIN PERPIPAAN PADA APLIKASI EPANET 2.2 ANTARA PENGGUNAAN POMPA DAN GRAVITASI JARINGAN PIPA DISTRIBUSI (Studi Kasus: DMA G45 Kalibalau Kencana, Kedamaian, Bandar Lampung).
- Putri, Y. E. (2017). *ANALISA SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH PDAM TIRTA OGAN DI IKK (UNIT) TANJUNG BARU* diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air , dengan jadwal distribusi air bersih di Perumahan Mutiara Lingga hanya dua hari sekali selama 11 jam . Sehingga tidak sesuai dengan . 2, 48–57.
- Ramadhan, P., Rasyid, M., Mesin, T., Al, U., & Medan, W. (2025). *Pengaruh Ukuran Diameter Pipa Pada Aliran Fluida terhadap Nilai Headlosses.* 9, 32731–32739.
- Saleh, C. (2017). Optimasi Diameter Jaringan Pipa Dalam Sistem Penyediaan Air Bersih (Pdam) Di Kec. Bululawang Kab. Malang Menggunakan Linear Programming. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(1), 20–33. <https://doi.org/10.22219/jmts.v15i1.4489>
- Santosa, B. (2020). Analisa Optimasi Analisa Optimasi Diameter Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Dengan Menggunakan Software EPANET, LINGO di Jalur Sentul City PDAM Tirta Kahuripan Kabupaten Bogor. *Rekayasa Sipil*, 14(2), 136–142. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2020.014.02.8>
- Sayid, M., Abdillah, I., & Zuliari, E. A. (2018). Analisa Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Pada

- Pompa Sentrifugal Di Favehotel Rungkut Surabaya. *Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 605–610.
- Sefentry, A., & Masriatini, R. (2020). Pemanfaatan Teknologi Membran Reverse Osmosis (RO) Pada Proses Pengolahan Air Laut menjadi Air Bersih. *Jurnal Redoks*, 5(1), 58. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i1.4128>
- Sugati, D. (2017). Jet Pump Sebagai Pompa Hampa. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 9(2), 1–7. <https://doi.org/10.23917/mesin.v9i2.3162>
- Sukron, A. A., Imanto, F., Gupron, A. K., & Kristiyono, A. E. (2025). *Failure Mode and Effect Analysis Kebocoran Pipa Air Laut Pendingin LO Cooler Mesin Induk Kapal KMP Agung Samudera XVIII*. 5, 5026–5040.
- Suranata, P. G., Wahyuni, P. I., Candrayana, K. W., Gde, I. W., Triswandana, E., Wikan, G., Dana, P., Studi, P., Sipil, T., Warmadewa, U., Jl, J., & No, T. (2025). *Optimalisasi Sistem Sea Water Reverse Osmosis (Swro) Di Pulau Ende : Evaluasi Efisiensi Dan Strategi Pengelolaan*. 24, 6–8.
- Syahputra, M. R. (2025). *PENINGKATAN MEDIA PEMBELAJARAN BONGKAR TAHUN 2025*.
- Wasiran, W., Yudisworo, W. D., & Prihastuty, E. (2022). Performance Testing of Centrifugal Pump Type with 3 Hp Power. *Mestro: Jurnal Teknik Mesin Dan Elektro*, 4(02), 21–30. <https://doi.org/10.47685/mestro.v5i02.365>