



ANALISA KUALITAS AIR PADA INLET DAN OUTLET WATER LUBE OIL COOLER TURBIN UAP DI PABRIK KELAPA SAWIT
ANALYSIS OF WATER QUALITY AT THE INLET AND OUTLET OF THE WATER LUBE OIL COOLER OF A STEAM TURBINE IN A PALM OIL FACTORY

Asep Rahmat Hidayat^{1)*}, Busrizal Faisal²,

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Indonesia

²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Indonesia

*Corresponding Email: aseprahmad28@gmail.com

Abstract

Water quality is a critical factor in maintaining the performance and service life of equipment in steam turbine cooling systems at palm oil mills. Water used in water lube oil coolers may undergo changes in its characteristics after the cooling process, necessitating analysis to ensure its suitability for reuse. This study aims to analyze water quality at the inlet and outlet of the water lube oil cooler and identify changes in parameters. A quantitative descriptive method was used, with 30 data points collected and analyzed based on hardness, total dissolved solids (TDS), and pH. The data were tested using a paired sample t-test to determine significant differences between the inlet and outlet. The results showed that the hardness value decreased from 21.266 ppm to 18.133 ppm, while the TDS value increased from 55.066 ppm to 60.266 ppm. The pH value remained unchanged at 5. Statistical analysis indicated that the changes in hardness and TDS were significant, whereas the pH showed no significant difference. Based on these results, the outlet water can still be reused for non-potable industrial purposes with periodic quality control.

Keywords : Hardness, TDS, pH, Water, Turbin.

How to Cite: Hidayat, A.R., & Faisal, B. (2026). Analisa Kualitas pada *Inlet dan Outlet Water Lube Oil Cooler Turbin Uap* di Pabrik Kelapa Sawit. Jurnal Agro Fabrica. Vol.8 (1) : 42 – 50.

PENDAHULUAN

Kebutuhan air dalam sektor industri terus mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya aktivitas manufaktur dan agroindustri. Air tidak hanya digunakan sebagai bahan baku, tetapi juga berperan penting sebagai media pendukung dalam berbagai proses seperti pembersihan, pembangkitan energi, serta sistem pendinginan. Dalam sistem industri modern, air memiliki peran strategis karena secara

langsung mempengaruhi efisiensi proses, stabilitas operasi, serta umur pakai peralatan. Pada industri pengolahan kelapa sawit, air menjadi salah satu komponen vital yang digunakan hampir di seluruh tahapan proses produksi. Ketersediaan air dengan kualitas yang baik sangat menentukan kelancaran operasional serta efisiensi peralatan yang digunakan (Nugroho et al., 2023).

Pada industri pengolahan kelapa sawit, penggunaan air sangat dominan karena hampir

seluruh tahapan proses produksi memerlukan air, mulai dari perebusan, klarifikasi, hingga pembangkitan energi. Tingginya kebutuhan air ini menuntut pengelolaan kualitas air yang baik agar proses produksi tetap berjalan efisien dan berkelanjutan. Kualitas air yang tidak terkontrol dapat menyebabkan penurunan performa sistem serta meningkatkan biaya perawatan peralatan (N. I. F. Nisa et al., 2023).

Dalam sistem pembangkit energi di pabrik kelapa sawit, turbin uap merupakan salah satu peralatan utama yang berfungsi mengubah energi panas menjadi energi mekanik. Turbin uap bekerja secara kontinu dan melibatkan komponen yang bergerak dengan kecepatan tinggi, sehingga membutuhkan sistem pelumasan yang optimal untuk mengurangi gesekan dan mencegah keausan. Sistem pelumasan ini harus dijaga agar tetap stabil melalui proses pendinginan menggunakan water lube oil cooler, yang berfungsi untuk menjaga suhu oli tetap dalam kondisi ideal (S. Nisa et al., 2024).

Salah satu sistem pendingin yang digunakan adalah water lube oil cooler, yaitu alat penukar panas (heat exchanger) yang berfungsi untuk menurunkan suhu oli pelumas dengan menggunakan air sebagai media pendingin. Proses pendinginan pada water lube oil cooler terjadi melalui mekanisme perpindahan panas antara oli dan air tanpa kontak langsung. Air sebagai media pendingin mengalir melalui sisi tabung, sedangkan oli mengalir pada sisi shell,

sehingga terjadi pertukaran panas secara konveksi (Saputra et al., 2021). Proses ini memungkinkan air menyerap panas dari oli, namun juga berpotensi menyebabkan perubahan karakteristik air akibat interaksi dengan suhu tinggi dan material logam pada sistem (Nikmatullah et al., 2024). Namun demikian, proses pendinginan ini tidak hanya mempengaruhi suhu oli, tetapi juga dapat menyebabkan perubahan karakteristik air pendingin. Interaksi antara air dengan suhu tinggi, tekanan, serta material logam pada sistem dapat menyebabkan terjadinya perubahan komposisi kimia dan fisika air. Perubahan ini dapat berupa peningkatan zat terlarut, perubahan pH, serta perubahan kesadahan air.

Kualitas air pendingin merupakan faktor penting yang mempengaruhi performa sistem pendingin dan umur peralatan. Air dengan kualitas yang tidak sesuai dapat menyebabkan berbagai permasalahan seperti pembentukan kerak (scaling), korosi, serta penurunan efisiensi perpindahan panas. Parameter kualitas air yang umum digunakan antara lain kesadahan, total dissolved solids (TDS), dan derajat keasaman (pH). Kesadahan air berkaitan dengan kandungan ion kalsium dan magnesium, sedangkan TDS menunjukkan jumlah zat terlarut dalam air. Sementara itu, pH berperan dalam menentukan tingkat keasaman atau kebasaan air yang dapat mempengaruhi potensi korosi pada sistem perpipaan (Nurbaya & Sari,

2023). kualitas air merupakan faktor utama yang mempengaruhi laju korosi pada sistem pendingin, khususnya pada material logam seperti baja karbon (Royani et al., 2021).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan air sebagai media pendingin dalam sistem industri dapat menyebabkan perubahan kualitas air setelah proses operasional. Perubahan ini dapat berupa peningkatan kandungan zat terlarut akibat pelarutan material atau penurunan kesadahan akibat pengendapan ion tertentu. Perubahan kualitas air tersebut dapat memicu terjadinya fouling dan korosi yang berdampak pada penurunan performa sistem distribusi air dan sistem pendingin (Anshar et al., 2023). Kualitas air, khususnya pH dan kandungan mikroorganisme, dapat mempengaruhi korosi mikrobiologis pada sistem pendingin (Kokilaramani et al., 2024). Selain itu, nilai pH yang tidak berada pada kisaran ideal dapat meningkatkan risiko korosi dan mempercepat kerusakan peralatan (N. I. F. Nisa et al., 2023). Di sisi lain, kebutuhan air pada pabrik kelapa sawit tergolong sangat tinggi, bahkan dapat mencapai ribuan meter kubik per hari tergantung kapasitas produksi (Aditya Syahputra, Denny Wallady Utama, 2022). Hal ini mendorong perlunya upaya efisiensi penggunaan air, salah satunya melalui pemanfaatan kembali air buangan (reuse). Namun, pemanfaatan kembali air hanya dapat dilakukan apabila kualitas air tersebut masih

memenuhi standar yang ditetapkan untuk keperluan industri

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan terkait kualitas air pada sistem pendingin, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sistem cooling tower atau heat exchanger (Biedunkova et al., 2024). secara umum. Penelitian yang secara khusus membahas perubahan kualitas air pada *water lube oil cooler* di industri kelapa sawit masih terbatas. Oleh karena itu, terdapat celah penelitian (research gap) yang perlu dikaji lebih lanjut. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kualitas air pada *inlet* dan *outlet water lube oil cooler* turbin uap di pabrik kelapa sawit. Analisis difokuskan pada parameter kesadahan, TDS, dan pH sebagai indikator utama kualitas air. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan antara kondisi air sebelum dan sesudah melalui sistem pendingin menggunakan uji statistik paired sample t-test.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai perubahan kualitas air pada sistem pendingin serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan dan pemanfaatan air di industri.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan

untuk menganalisis kualitas air pada sistem *water lube oil cooler* turbin uap di pabrik kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan data primer Pengambilan sampel dilakukan pada dua titik, yaitu *inlet* dan *outlet water lube oil cooler*. Pendekatan ini dilakukan melalui pengambilan data langsung di lapangan dan dilanjutkan dengan pengujian laboratorium untuk memperoleh hasil yang akurat dan terukur, Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 30 data (15 *inlet* dan 15 *outlet*)

Parameter Yang Dianalisis

- Kesadahan (SNI 06-6989.12-2004)
- TDS (menggunakan TDS meter)
- pH (SNI 06-6989.11-2004)

Analisis data

- Uji Normalitas
- Uji Paired Sample T-Test

HASIL DAN PEMBAHASAN

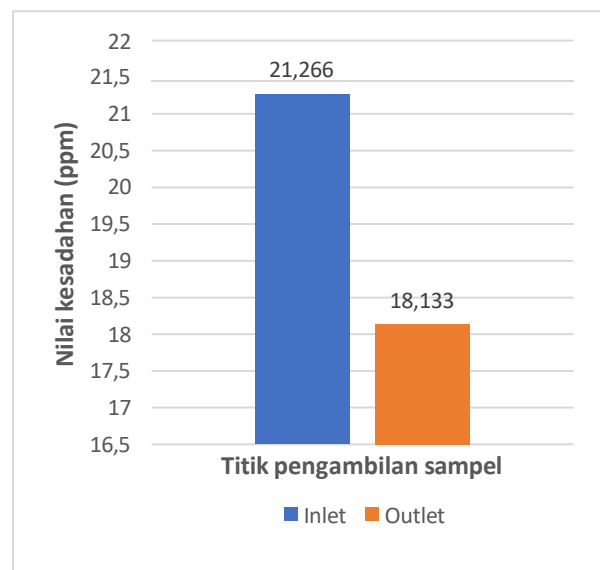
Data hasil analisis kesadahan air

Di bawah ini disajikan data hasil analisa kesadahan air pada *inlet* dan *outlet water oil cooler*.

Tabel 1. Kesadahan air

No	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)
1	19	17
2	23	20
3	20	18
4	18	15
5	22	17
6	25	19
7	20	16
8	21	20
9	19	17
10	22	19
11	19	17
12	23	22
13	20	17
14	25	19
15	23	19
<u>Rerata</u>	21,266	18,133

Secara deskriptif, nilai rata-rata kesadahan air pada inlet sebesar 21,266 ppm, sedangkan pada *outlet* sebesar 18,133 ppm, Terjadi penurunan rata-rata sebesar 3,133 ppm, air dengan tingkat kesadahan 0-50 ppm di golongan menjadi air dengan tingkat kesadahan sangat lunak, air *outlet* secara kimia masih berpotensi dimanfaatkan kembali untuk keperluan non-konsumsi (Zarkasi, 2019). Untuk melihat perbedaan nilai kesadahan air antara *inlet* dan *outlet water lube oil cooler*, data hasil pengukuran selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik kesadahan air

Grafik kesadahan air pada *inlet* dan *outlet water lube oil cooler*, Pola penurunan kesadahan pada grafik menunjukkan bahwa setelah air melewati *water lube oil cooler*, terjadi perubahan kandungan mineral. Hal ini berkaitan dengan proses perpindahan panas serta kemungkinan terjadinya pengendapan sebagian ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium

(Mg^{2+}) yang menyebabkan scaling (kerak) pada permukaan pipa-pipa *water lube oil cooler*. Grafik ini memperkuat hasil analisis deskriptif pada tabel kesadahan air yang menunjukkan bahwa Kesadahan air menunjukkan bahwa terdapat ion kalsium dan magnesium di dalam air (Valiallahi & Yazdani, 2025).

Data hasil analisis TDS air

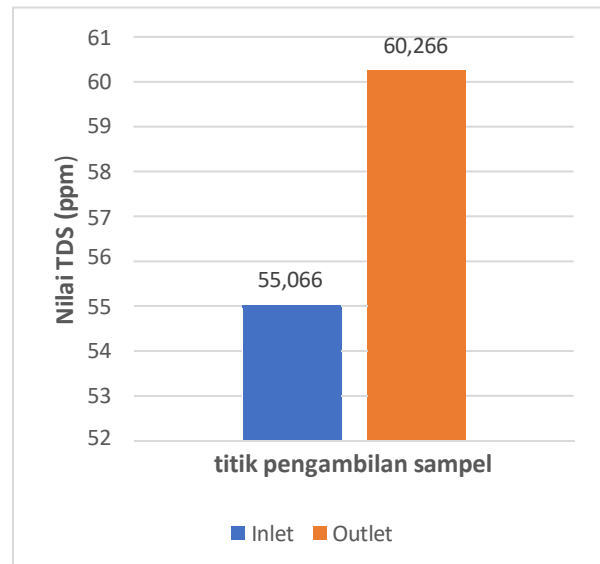
Berikut ini di tampilkan data hasil Analisa TDS air pada *inlet* dan *outlet water lube oil cooler*

Tabel 2. TDS Air

No	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)
1	63	67
2	54	61
3	52	58
4	54	57
5	50	56
6	49	59
7	58	64
8	52	56
9	54	58
10	60	62
11	58	60
12	51	61
13	55	58
14	61	69
15	55	58
Rerata	55,066	60,266

Nilai rata-rata TDS air pada *inlet* sebesar 55,06 ppm, sedangkan pada *outlet* sebesar 60,26 ppm. Terjadi peningkatan rata-rata sebesar 5,20 ppm setelah air melewati sistem *water lube oil cooler*. Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan TDS setelah air melewati *water lube oil cooler*. Nilai TDS yang diperoleh masih berada dalam batas aman

untuk pemanfaatan air (non konsumsi langsung). TDS 51-163 Mg/L Berada pada batas wajar untuk digunakan pada kegiatan sehari-hari (Arya Revansyah et al., 2022). Untuk melihat pola perubahan nilai TDS air pada *inlet* dan *outlet water lube oil cooler*,



Grafik TDS air pada *inlet* dan *outlet water lube oil cooler* terjadi Peningkatan nilai TDS yang tergambar pada grafik mengindikasikan adanya penambahan jumlah zat terlarut di dalam air selama proses pendinginan berlangsung. Kondisi ini diduga disebabkan oleh pelepasan ion-ion terlarut dan partikel halus dari permukaan pipa pendingin akibat aliran air dan pengaruh suhu (Biedunkova et al., 2024). Grafik TDS ini menunjukkan bahwa proses operasional *water lube oil cooler* memberikan pengaruh terhadap kualitas fisik air, khususnya terkait dengan kandungan padatan terlarut total.

Data Hasil Analisis pH Air

Berikut ini di tampilkan data hasil pengujian Ph air pada inlet dan outlet water lube oil cooler.

Tabel 3. pH Air

No.	Inlet	Outlet
1	5	5
2	5	5
3	5	5
4	5	5
5	5	5
6	5	5
7	5	5
8	5	5
9	5	5
10	5	5
11	5	5
12	5	5
13	5	5
14	5	5
15	5	5
Rerata	5	5

Hasil pengukuran pH air pada *inlet* dan *outlet* *water lube oil cooler*, Diperoleh nilai pH yang sama pada seluruh sampel, yaitu sebesar 5. Nilai rata-rata pH air pada *inlet* dan *outlet* juga menunjukkan angka yang sama. Nilai pH 5 menunjukkan bahwa air bersifat asam lemah. Kondisi ini perlu dianalisis lebih dalam karena dalam sistem pendingin industri, Rentang pH ideal umumnya berada pada kisaran 6–8, pH yang terlalu rendah atau asam akan meningkatkan laju korosi pada pipa dan akan menyebabkan kebocoran serta kerusakan (Sarma et al., 2017). Untuk melihat pola perubahan nilai pH air pada *inlet* dan *outlet* *water lube oil cooler*, data hasil Analisa pH disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik pH

Grafik pH air pada inlet dan outlet *water lube oil cooler*, terlihat bahwa nilai pH air pada seluruh sampel berada pada angka 5 dan tidak mengalami perubahan setelah melewati sistem pendinginan. Grafik menunjukkan pola garis yang stabil dan sejajar antara *inlet* dan *outlet*. Proses yang terjadi pada *water lube oil cooler* merupakan proses perpindahan panas secara konveksi tanpa kontak langsung antara oli dan air. Karena kedua fluida tidak bercampur, maka tidak terjadi reaksi kimia yang dapat mengubah konsentrasi ion H^+ secara signifikan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses pendinginan pada *water lube oil cooler* tidak secara signifikan mempengaruhi tingkat keasaman air. Dengan demikian, grafik pH mendukung hasil analisis tabel yang menyatakan bahwa parameter pH air antara *inlet* dan *outlet* tidak mengalami perubahan yang signifikan

Uji Shapiro–Wilk Kesadahan Air

Tabel 4. Uji Shapiro–Wilk Kesadahan Air

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Inlet	.183	15	.191	.930	15	.274
Outlet	.201	15	.104	.948	15	.497

Uji Shapiro–Wilk terhadap data kesadahan air pada *inlet* dan *outlet water lube oil cooler*, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,274 untuk *inlet* dan 0,497 untuk *outlet*. Nilai signifikansi kedua kelompok data tersebut lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data kesadahan air pada *inlet* dan *outlet* berdistribusi normal.

Uji Shapiro–Wilk TDS Air

Tabel. 5 Uji Shapiro–Wilk TDS Air

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Inlet	.173	15	.200*	.954	15	.593
Outlet	.172	15	.200*	.912	15	.147

Hasil Uji Shapiro–Wilk pada data TDS air menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,593 untuk *inlet* dan 0,147 untuk *outlet*. Seluruh nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data TDS air pada *inlet* dan *outlet* berdistribusi normal. Oleh karena itu, analisis perbedaan TDS air antara *inlet* dan *outlet* dapat dilakukan menggunakan uji paired sample t-test.

Uji Shapiro-Wilk pH Air

Tabel 6. Uji Shapiro-Wilk pH Air

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Inlet	.	15	.	.	15	.
Outlet	.	15	.	.	15	.

Uji Shapiro-Wilk pH Air pada *Inlet* dan *Outlet*, diketahui bahwa nilai statistik dan signifikansi (Sig.) Shapiro–Wilk sebesar 0,0 lebih kecil dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa data tidak terdistribusi normal sehingga tidak dapat di lanjutkan untuk uji statistik lanjutan.

Uji Paired Sample T-Test Kesadahan Air

Tabel 7. Uji Paired Sample T-Test Kesadahan Air

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference					
					Mean	Lower				Upper
Pair 1	inlet - outlet	3.133	1.598	.413	2.249	4.018	7.596	14	.000	

Hasil uji *paired sample t-test* pada parameter kesadahan air menunjukkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,000 dengan nilai t hitung sebesar 7,596 dan derajat kebebasan (df) sebesar 14. Nilai signifikansi yang diperoleh lebih kecil dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kesadahan air pada *inlet* dan *outlet water tube oil cooler*.

Uji Paired Sample T-Test TDS Air

Tabel 8. Uji Paired Sample T-Test TDS Air

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	inlet - outlet	-5.800	3.299	.852	-7.627	-3.973	-6.808	14	.000

Hasil uji *paired sample t-test* pada parameter TDS air menunjukkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,000 dengan nilai t hitung sebesar -6,808 dan derajat kebebasan (df) sebesar 14. Nilai signifikansi ini lebih kecil dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara TDS air pada *inlet* dan *outlet*

KESIMPULAN

Hasil menunjukkan bahwa nilai rata-rata kesadahan air mengalami penurunan dari 21,266 ppm pada *inlet* menjadi 18,133 ppm pada *outlet*. Sebaliknya, nilai TDS mengalami peningkatan dari 55,066 ppm menjadi 60,266 ppm. Sementara itu, nilai pH tidak mengalami perubahan, yaitu tetap pada angka 5 yang menunjukkan kondisi air bersifat asam lemah. Hasil uji statistik menggunakan *paired sample t-test* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada parameter kesadahan dan TDS antara *inlet* dan *outlet* (Sig. < 0,05). Hal ini menandakan bahwa proses pendinginan pada *water lube oil cooler* memberikan pengaruh terhadap perubahan karakteristik fisik dan kimia air. Adapun parameter pH

tidak menunjukkan perbedaan karena proses yang terjadi hanya berupa perpindahan panas tanpa adanya interaksi kimia antara air dan minyak pelumas. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, air hasil proses pendinginan pada *water lube oil cooler* masih layak untuk dimanfaatkan kembali dalam kegiatan operasional industri, dengan tetap memperhatikan pengendalian dan pemantauan kualitas air secara berkala terutama pada pH.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Syahputra, Denny Wallady Utama, U. N. H. (2022). Efektivitas Pemberian Koagulan Dan Flokulan Terhadap Proses Penjernihan Air Di Pabrik Kelapa Sawit Pt. Palmaris Raya Mandailing Natal. *MeSTeRI*, 01(01), 54–61.
- Anshar, A. M., Musa, B., Ayaz, M., Raya, I., Ramírez-coronel, A. A., Chowdhury, S., Zabibah, R. S., Romero-parra, R. M., Barboza-arenas, L. A., Mustafa, Y. F., & Al-khafaji, A. H. D. (2023). *A Critical Review on Corrosion and Fouling of Water in Water Distribution Networks and Their Control*. 173–183. <https://doi.org/10.17344/acsi.2022.7939>
- Arya Revansyah, M., Wms, P., Putriyani, M., Padma Ayu, N., Men, K., Safriani, L., Syakir, N., & Aprilia, A. (2022). Analisis TDS,pH dan COD utuk Mengetahui Kualitas Air Warga Desa Cipayung. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 12(02), 43–49.
- Biedunkova, O., Kuznietsov, P., & Gandziura, V. (2024). Behaviour of dissolved inorganic salts in the cooling water of a nuclear power plant open recirculation system and formation of water discharge. *Royal Society Open Science*, 11(8).

<https://doi.org/10.1098/rsos.240492>

- Kokilaramani, S., Satheeshkumar, A., Nandini, M. S., Narenkumar, J., AlSalhi, M. S., Devanesan, S., & Natarajan, P. M. (2024). Application of photoelectrochemical oxidation of wastewater used in the cooling tower water and its influence on microbial corrosion. *Frontiers in Microbiology*, 15.
- Nikmatullah, M. I., Sitepu, A. H., Rahimuddin, Hariyanto, S., Alwi, M. R., & Ilham Nur, M. (2024). Analisis Efektivitas Heat Exchanger Type Shell and Tube Menggunakan CFD. *Jurnal Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman*, 3(1), 1–7.
<https://doi.org/10.25042/jrt2k.062024.01>
- Nisa, N. I. F., Fanani, N., & Maritha, V. (2023). Evaluasi Kualitas Air pada Sistem Pendinginan PT. XYZ Surabaya: Studi Kasus Cooling Water. *Journal of Chemical Process Engineering*, 8(2), 140–150.
<https://doi.org/10.33096/jcpe.v8i2.975>
- Nisa, S., Tarigan, A. P., Anisah, S., Pembangunan, U., & Budi, P. (n.d.). Analisa Performansi Cooler Lube Oil Turbin Uap Kapasitas 210m³ / H Pada Pltu Pt Indonesia Power Ujp Performance Analysis Of Lube Oil Turbine Cooler Steam Capacity 210m³ / H In Pltu Pt Indonesia.
- Nugroho, R., Yudo, S., Hartaja, D. R. K., Setiyono, Ikbali, & Ardiana, C. (2023). Upaya Mempertahankan Kapasitas Membran Reverse Osmosis (RO) pada Instalasi Daur Ulang Air Limbah di Industri Kaleng. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 264–272.
<https://doi.org/10.55981/jtl.2023.987>
- Nurbaya, F., & Sari, D. P. (2023). Parameter Air dan Udara Serta Uji Kualitas Air Sungai.
- Royani, A., Prifiarni, S., Priyotomo, G., & Nikitasari, A. (n.d.). *The Corrosion Performance of Low Carbon Steel in Feedwater for Cooling Water Systems*. 1–10.
- Saputra, A. N., Puspawan, A., & ... (2021). Lube Oil Cooler Performance Analysis Before and After Maintenance Outage at PLTGU. ... *Scientific Journal, Pure ...*, 5(2), 19–27.
- Sarma, P. K., Konijeti, R., Subramanyam, T., Prasad, L. S. V., Korada, V. S., Srinivas, V., Vedula, D. R., & Prasad, V. S. R. K. (2017). Fouling and its effect on the thermal performance of heat exchanger tubes. *International Journal of Heat and Technology*, 35(3), 509–519.
<https://doi.org/10.18280/ijht.350307>
- Valiallahi, J., & Yazdani, M. (2025). Evaluating groundwater quality by examining electrical conductivity, total dissolved solids, total hardness, and turbidity using geographic information systems (GIS®): a case study of selected wells in the Taleghan region, Iran. *Applied Water Science*, 15(3), 1–11.
<https://doi.org/10.1007/s13201-025-02395-4>
- Zarkasi, M. (2019). Analisis Tingkat Kesadahan Mata Air Goa Gremeng Sebagai Sumber Kebutuhan Air Masyarakat di Desa Umbulrejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul. *Swara Bumi*, 1(32), 97–103.