



Analisis Efektivitas Sistem Purifikasi Oli terhadap Penurunan Timbulan Limbah Oli pada *Electro-Hydraulic System* di PT PLN Nusantara Power UP Paiton

Nadifa Fairuz Cantika Zafarina S^{1*}, Restu Hikmah Ayu Murti²

¹⁻² Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

*Penulis Korespondensi: restu.hikmah.tl@upnjatim.ac.id

Abstract. This research was conducted at PT PLN Nusantara Power UP Paiton, one of the largest coal-fired power plants (PLTU) in Indonesia, which focuses on reducing the generation of hazardous and toxic oil waste through the implementation of an oil purification system. The use of large amounts of lubricating oil in the Electro-Hydraulic System (EHS) has the potential to produce high amounts of used oil waste. To address this, the company implemented two main technologies, namely Water Content and Varnish Removal, which function to reduce water content and varnish layers so that the oil can be reused without reducing engine performance. This research used a quantitative descriptive method with data collection techniques through field observations, interviews, and operational documentation from 2021 to 2024. The results showed that the oil purification system was able to reduce hazardous and toxic waste generation by 11.46 tons over four years. In addition to providing environmental benefits, the implementation of this system also resulted in savings in oil waste costs of approximately Rp6,200,560,000. Technically, purification maintains engine performance by reducing water and varnish content, while from an environmental perspective, this activity supports the principle of reduce in hazardous and toxic waste management. Overall, the oil purification system has proven effective in improving operational efficiency, extending oil life, and supporting sustainable waste management for industrial operations.

Keywords: Electro-Hydraulic System; Hazardous Waste; Oil Purification; Varnish Removal; Water Content.

Abstrak. Penelitian ini dilakukan di PT PLN Nusantara Power UP Paiton, salah satu PLTU terbesar di Indonesia, yang berfokus pada pengurangan timbulan limbah B3 jenis oli melalui penerapan sistem purifikasi oli. Penggunaan oli pelumas dalam jumlah besar pada sistem Electro-Hydraulic System (EHS) berpotensi menghasilkan limbah oli bekas dalam jumlah tinggi. Untuk mengatasinya, perusahaan menerapkan dua teknologi utama, yaitu Water Content dan Varnish Removal, yang berfungsi mengurangi kadar air dan lapisan varnish sehingga oli dapat digunakan kembali tanpa menurunkan kinerja mesin. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi lapangan, wawancara, dan dokumentasi operasional dari tahun 2021 hingga 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem purifikasi oli mampu menekan timbulan limbah B3 sebesar 11,46 ton selama empat tahun. Selain memberikan manfaat lingkungan, penerapan sistem ini juga menghasilkan penghematan biaya pelimbahan oli yaitu sebesar ± Rp6.200.560.000. Secara teknis, purifikasi menjaga performa mesin melalui pengurangan kadar air dan varnish, sedangkan dari sisi lingkungan, kegiatan ini mendukung prinsip reduce dalam pengelolaan limbah B3. Secara keseluruhan, sistem purifikasi oli terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi operasional, memperpanjang masa pakai oli, dan mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan untuk operasional industri.

Kata kunci: Kandungan air; Limbah B3; Penghapusan Pernis; Purifikasi Oli; Sistem Elektro-Hidrolik.

1. LATAR BELAKANG

PT PLN Nusantara Power UP Paiton merupakan salah satu unit pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang memiliki peran penting dalam penyediaan energi listrik di Indonesia. Proses pembangkitan listrik di PLTU ini menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utama untuk menghasilkan uap yang digunakan untuk menggerakkan turbin dan generator. Dalam proses operasionalnya, berbagai peralatan seperti transformator, sistem *electro-hydraulic*, generator, dan boiler memerlukan oli pelumas sebagai media untuk mengurangi gesekan, mencegah

keausan, dan menjaga kestabilan suhu kerja peralatan (Cabrera-escobar et al., 2025). Namun, seiring berjalannya waktu, oli mengalami penurunan kualitas akibat paparan panas, oksidasi, serta kontaminasi dari air dan partikel halus. Akibatnya, oli kehilangan fungsi pelumasannya dan harus diganti secara berkala (Yurnalisdell, 2023b). Proses penggantian oli inilah menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Oli sebagai pelumas ini jika dilimbahkan maka termasuk limbah Berbahaya dan Beracun (B3) yang limbahnya harus diolah dan tidak dibuang di sembarang lingkungan (Wahyudi & Pranata, 2024).

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, setiap perusahaan diwajibkan untuk melakukan pengelolaan limbah B3 dengan baik agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (Syafuruddin, 2014). Limbah oli bekas termasuk dalam kategori limbah B3 karena sifatnya yang beracun, mudah terbakar, dan dapat mencemari tanah maupun air jika tidak ditangani secara tepat (Wardhani, 2021). Oleh sebab itu, pengelolaan limbah B3 menjadi tanggung jawab penting bagi setiap pembangkit listrik, termasuk PT PLN Nusantara Power UP Paiton.

Besarnya potensi bahaya dari limbah oli bekas menjadikan upaya pengelolaannya tidak hanya berfokus pada pembuangan akhir, tetapi juga pada bagaimana limbah tersebut dapat dikurangi sejak proses operasional berlangsung (Sahwara & Hariyanto, 2022). Untuk menekan jumlah timbulan limbah B3 dari oli bekas tersebut, PT PLN Nusantara Power UP Paiton menerapkan proses purifikasi oli pada salah satu sistem *electro-hydraulic* yaitu dengan menggunakan mesin *varnish oil* dan *water content*. Mesin *Varnish oil* digunakan untuk membersihkan lapisan tipis kotoran (*varnish*) yang muncul karena oli yang mengalami kerusakan akibat panas ataupun oksidasi. Lapisan *varnish* ini harus dihilangkan karena dapat mengakibatkan penyumbatan aliran oli sehingga dapat membuat komponen hidrolik bergerak secara tidak lancar atau terjadi kemacetan (Mubarak, 2022). Sedangkan, *water content* digunakan untuk mengurangi kadar air dalam oli agar viskositas dan kestabilan kimianya pada oli tetap terjaga. Karena keberadaan air di dalam oli dapat mempercepat terjadinya oksidasi yang akhirnya menimbulkan karat pada komponen. Melalui proses purifikasi, kandungan air dan kotoran dapat dihilangkan sehingga oli dapat dipakai kembali dan umur pakainya menjadi lebih lama (Yurnalisdell, 2023a). Dengan cara ini, jumlah limbah B3 berupa oli bekas dapat berkurang secara signifikan. Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan analisis terhadap tekanan limbah B3 oli pada sistem *electro-hydraulic* untuk mengetahui seberapa efektif proses purifikasi dalam mengurangi timbulan limbah.

2. KAJIAN TEORITIS

Oli pelumas merupakan komponen penting dalam sistem mekanik seperti *Electro-Hydraulic System* (EHS). Oli pelumas memiliki peran fundamental dalam sistem hidrolik termasuk Electro-Hydraulic System (EHS), karena berfungsi sebagai media transmisi daya, pelumas, pendingin, serta pelindung terhadap korosi. Kinerja sistem hidrolik sangat dipengaruhi oleh kestabilan sifat fisik dan kimia oli, seperti viskositas, indeks viskositas, serta kandungan additif. Penurunan kualitas oli umumnya dipicu oleh proses oksidasi, kontaminasi air, serta akumulasi partikel halus yang berasal dari keausan internal (Pamungkas & Cahyana, 2023). Oksidasi terjadi ketika oli bereaksi dengan oksigen yang dipercepat oleh temperatur tinggi dan kontaminan logam, menghasilkan asam serta produk polimerisasi seperti sludge dan varnish yang dapat menyumbat jalur hidrolik. Kontaminasi air memperburuk kondisi tersebut karena air bersifat katalis oksidasi, menurunkan viskositas efektif, serta menimbulkan korosi pada permukaan logam. Namun, kualitasnya menurun seiring waktu akibat kontaminasi air, oksidasi, dan akumulasi partikel yang menyebabkan penurunan viskositas, terbentuknya *sludge*, serta keausan komponen. Kondisi ini membuat oli bekas digolongkan sebagai limbah B3 karena sifatnya yang beracun dan berpotensi mencemari lingkungan (Hong & Jeon, 2022). Sesuai Pemerintah Republik Indonesia Tahun 2021 pengelolaan limbah B3 harus mengutamakan prinsip *reduce* melalui upaya pencegahan dan pemanfaatan ulang.

Degradasi oli pada EHS umumnya dipengaruhi oleh meningkatnya kadar air (*water content*) dan terbentuknya endapan *varnish*. Kontaminasi air mempercepat korosi dan oksidasi sehingga menurunkan stabilitas pelumasan (Islam Sazzad et al., 2024). Sedangkan *varnish* yang terbentuk akibat oksidasi termal dapat menyumbat jalur hidrolik dan mengganggu kinerja aktuator. Kondisi ini menunjukkan perlunya pemulihan kualitas oli sebelum dilakukan pembuangan (Yurnalisdell, 2023b).

Purifikasi oli menjadi metode yang efektif untuk mengembalikan kualitas oli sehingga dapat digunakan kembali. Teknik seperti *water content*, *coalescing filtration*, dan *varnish removal* terbukti mampu menghilangkan kontaminan air serta produk oksidatif. Regenerasi oli dapat menurunkan dampak lingkungan lebih dari 60% dibandingkan pelimbahan langsung. Hasil ini diperkuat bahwa regenerasi oli di sektor energi mampu menekan timbunan limbah sekaligus menurunkan biaya operasional (Sari et al., 2023). Sebagaimana ditunjukkan oleh berbagai studi *Life Cycle Assessment* (LCA) yang menyimpulkan bahwa proses pemulihan oli mampu menekan konsumsi sumber daya primer sekaligus menurunkan biaya operasional industri energi. Dengan demikian, integrasi proses purifikasi dalam pengelolaan limbah B3

tidak hanya sejalan dengan kerangka regulasi, tetapi juga memperkuat tujuan efisiensi teknis dan keberlanjutan lingkungan (Dwi Prasetyo, 2017).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis sejauh mana penerapan sistem purifikasi oli mampu menekan timbulan limbah B3 jenis oli di PT PLN Nusantara Power UP Paiton, khususnya pada area *Electro-Hydraulic System*. Metode ini dipilih karena dapat memberikan gambaran faktual mengenai kondisi di lapangan berdasarkan data kuantitatif yang diperoleh melalui proses pengukuran, pencatatan, serta observasi langsung.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan, meliputi observasi lapangan, wawancara dengan teknisi dan operator, serta dokumentasi terhadap data operasional yang berkaitan dengan penggunaan dan pemeliharaan oli. Data utama yang dikumpulkan mencakup hasil pengukuran penurunan timbulan limbah B3 dari tahun 2021 hingga 2024, yang difokuskan pada sistem *Water Content* dan *Varnish Oil* sebagai indikator efektivitas penerapan purifikasi oli.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN (Sub judul level 1)

Kualitas oli sangat berpengaruh terhadap kinerja mesin, terutama pada sistem *Electro-Hydraulic System* (EHS). Jika mutu oli menurun, berbagai masalah dapat muncul pada peralatan di PT PLN Nusantara Power UP Paiton, seperti terbentuknya lapisan varnish dan meningkatnya kadar air (*water content*) di dalam oli. Situasi ini dapat mengurangi performa sistem hidrolik dan bahkan berisiko merusak komponen apabila proses purifikasi tidak dilakukan secara rutin



Gambar 1. Mesin *Varnish oil* dan *Water Content System*.

(Sumber: Data Perusahaan, 2025)

Proses pemurnian oli melalui metode *varnish oil* dan pengendalian kadar air (*water content*) telah diterapkan di PT PLN Nusantara Power UP Paiton sejak tahun 2021 untuk memperpanjang umur pakai oli sekaligus mengurangi jumlah limbah B3 yang dihasilkan. Hasil pemeriksaan laboratorium secara berkala menunjukkan bahwa meskipun karakteristik oli yang telah dipurifikasi terdapat sedikit perbedaan dengan oli baru. Namun, kualitasnya tetap sesuai dengan standar operasional dan aman digunakan kembali tanpa mempengaruhi kinerja mesin. Pemantauan ini rutin dilakukan laboratorium PT PLN Nusantara Power UP Paiton untuk memastikan bahwa parameter seperti viskositas, densitas, dan kadar air pada oli masih berada pada batas aman kriteria yang sudah ditetapkan. Dengan adanya pemantauan berkala ini, potensi kerusakan mesin dapat dicegah sedari awal. Berikut ini disajikan hasil penurunan timbulan oli dari proses purifikasi oli yang telah dilakukan PT PLN Nusantara Power UP Paiton dari tahun 2021 hingga 2024.

Tabel 1. Hasil Penekanan Oli pada Tahun 2021-2024.

Tahun	Hasil Treatment (liter)	Konversi liter ke (ton)	Jumlah Pengurangan Oli (ton)
2021	6.000	0.0008	4,80
2022	1.664	0.0008	1,33
2023	2.496	0.0008	2,00
2024	4.160	0.0008	3,33
Total	14320	-	11,46

(Sumber: Data Perusahaan, 2021-2024)

Pada Tabel 1 di atas merupakan hasil penekanan limbah oli pada *Electro-Hydraulic System* (EHS) pada tahun 2021 hingga 2024. Proses ini dilakukan dalam bentuk sirkulasi oli, yaitu pengolahan ulang oli bekas melalui proses *flushing oil* dan *varnish removal* untuk menghilangkan kandungan air (*water content*) serta endapan *varnish* sehingga kualitas oli dapat digunakan kembali. Pada tahun 2021, jumlah oli yang berhasil di-*treatment* mencapai 6.000 liter atau setara dengan 4,80 ton, yang kemudian digunakan kembali ke sistem. Hal ini menunjukkan bahwa proses purifikasi oli pada tahap awal telah berjalan efektif dan mampu memperpanjang masa pakai oli. Selanjutnya, pada tahun 2022 jumlah oli yang di-*treatment* menurun menjadi 1.664 liter atau 1,33 ton, karena sebagian besar hasil purifikasi pada tahun sebelumnya masih dalam kondisi baik dan tetap digunakan. Pada tahun 2023, volume oli yang diolah kembali meningkat menjadi 2.496 liter atau 2,00 ton, di mana hasil purifikasi ditambahkan ke sistem untuk menjaga kestabilan operasi mesin. Kemudian, pada tahun 2024 volume oli yang di-*treatment* meningkat signifikan menjadi 4.160 liter atau 3,33 ton, dan

seluruhnya dapat digunakan kembali karena telah memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan.



Gambar 2. Diagram Hasil Penekanan Limbah.

(Sumber: Analisa Data, 2025)

Secara keseluruhan, selama periode empat tahun tersebut, total oli yang berhasil disirkulasikan kembali mencapai 14.320 liter atau 11,46 ton. Menurut data perusahaan 2024 harga pelepasan limbah Oli pada Tahun 2024 sebesar Rp. 433.000 oli/liter, maka keuntungan yang diperoleh dari hasil sirkulasi oli selama periode 2021–2024 mencapai sekitar Rp 6.200.560.000 Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan sistem *varnish oil* dan *water content* tidak hanya efektif dalam menekan timbulan limbah B3, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan melalui penghematan pembelian oli baru.

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan sistem purifikasi oli memberikan manfaat nyata, baik dari segi teknis maupun lingkungan. Dari sisi teknis, proses ini mampu menjaga kinerja mesin agar tetap optimal dengan menggunakan oli yang telah dipurifikasi, sedangkan dari sisi lingkungan, kegiatan ini membantu mengurangi timbulan limbah B3 dan menghemat penggunaan oli baru. Dengan demikian, penerapan sirkulasi oli melalui proses purifikasi di PT PLN Nusantara Power UP Paiton menjadi langkah efisien dalam mendukung prinsip *reduce* (pengurangan) dalam pengelolaan limbah B3 serta peningkatan efisiensi operasional perusahaan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan sistem purifikasi oli di PT PLN Nusantara Power UP Paiton terbukti mampu mendukung pengurangan limbah B3 secara signifikan dan memberikan manfaat ekonomi yang nyata. Teknologi yang digunakan mampu memperpanjang umur pakai oli sehingga kebutuhan pelimbahan dapat diminimalkan. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa purifikasi oli

merupakan langkah strategis dalam meningkatkan efisiensi operasional sekaligus memperkuat penerapan prinsip keberlanjutan di lingkungan perusahaan. Meskipun demikian, pemantauan dan evaluasi teknis secara berkala tetap diperlukan agar kinerja sistem purifikasi terus optimal dan mampu mempertahankan efektivitasnya dalam jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT PLN Nusantara Power UP Paiton yang telah memberikan kesempatan, dukungan, serta fasilitas data selama proses penelitian dan kegiatan magang berlangsung. Ucapan terima kasih juga kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan koreksi sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan pengelolaan limbah B3 dan peningkatan efisiensi operasional di lingkungan perusahaan.

DAFTAR REFERENSI

- Cabrera-Escobar, C., Moreno-Gutiérrez, J., Rodríguez-Moreno, R., & Pájaro-Velázquez, E. (2025). A review on global recovery policy of used lubricating oils and their effects on the environment and circular economy.
- Dwi Prasetyo. (2017). Terjadinya overflow lubricating oil pada LO purifier. *Dinamika Bahari*, 8(1), 1798–1811. <https://doi.org/10.46484/db.v8i1.58>
- Hong, S. H., & Jeon, H. G. (2022). Monitoring the conditions of hydraulic oil with integrated oil sensors in construction equipment. *Lubricants*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/lubricants10110278>
- Islam Sazzad, M. R., Rahman, M. M., Hassan, T., Al Rifat, A., Al Mamun, A., Adib, A. R., Meraz, R. M., & Ahmed, M. (2024). Advancing sustainable lubricating oil management: Re-refining techniques, market insights, innovative enhancements, and conversion to fuel. *Heliyon*, 10(20). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39248>
- Mubarok, H. K. (2022). Analisis pengaruh purifikasi (filtering) terhadap kualitas tegangan tembus minyak transformator. 1(2), 32–37.
- Pamungkas, A., & Cahyana, A. (2023). Uji viskositas penanganan limbah B3 liquid pada oli bekas menggunakan metode Taguchi. *Jurnal Teknik Industri*, 9(1).
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang pedoman perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Sekretariat Negara Republik Indonesia. <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Rahman, M. F. (2023). Analysis of the effect of transformer oil purification on the transformer breaking voltage. 20(2), 6–9.

- Sahwara, A., & Hariyanto, N. (2022). Filterisasi minyak transformator untuk peningkatan kualitas di Unit Layanan Transmisi Gardu Induk Bandung Barat. 1, 1–10.
- Sari, M., Rachman, H., Astuti, N. J., Afgani, M. W., & Siroj, R. A. (2023). Explanatory survey dalam metode penelitian deskriptif kuantitatif. *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, 3(1), 10–16. <https://jurnal.itscience.org/index.php/jpsk/article/download/1953/1528>
- Wahyudi, H., & Pranata, M. G. (2024). Optimalisasi sistem kontrol pada mesin purifikasi oli turbin tipe TY-50. 197–207.
- Wardhani, E. (2021). Pengelolaan limbah B3 di Perusahaan Listrik Negara PUSHARLIS UP2 WIII Bandung. 5(November), 267–280.
- Yurnalisdel, Y. (2023b). Analisis pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di Indonesia. *Jurnal Syntax Admiration*, 4(2), 201–208. <https://doi.org/10.46799/jsa.v4i2.562>
- Yurnalisdel. (2023a). Analysis of hazardous and toxic waste management in Indonesia. *Jurnal Syntax Admiration*, 4(2), 201–208. <https://www.researchgate.net/publication/370115782>
- Zainal, A. (2017). Efektivitas purifikasi oli pada PT Holcim Indonesia Tbk Narogong Plant. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 3(1), 17–21.