

Pengaruh Penggunaan *Trichloroisocyanuric Acid* (TCCA) terhadap Kualitas Air dan Efisiensi Termal Sistem Pendingin PLTU (Studi Kasus di PT Antam Tbk)

Rizka Octavia-1^a, Nurhikmah Wahab -2^a, Irawati Ramli -3^a, Mariaulfa Mustam-4^a

^aProgram Studi Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sulawesi, Jl. Talasalapang No 51A, Makassar 90222, Indonesia.

*Email : rizkaoctavia049@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan trichloroisocyanuric acid (TCCA) sebagai bahan kimia alternatif pengganti sodium hypochlorite (NaOCl) dalam mengendalikan pertumbuhan macrofouling pada sistem pendingin utama PLTU PT ANTAM Tbk UBPN Sulawesi Tenggara. Macrofouling, seperti pertumbuhan kerang dan biofilm, merupakan permasalahan umum pada sistem pendingin berbasis air laut yang dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas serta meningkatkan risiko kerusakan peralatan. Pengujian dilakukan selama dua periode terpisah dengan masing-masing penggunaan NaOCl dan TCCA, dimana parameter yang diamati meliputi nilai free residual chlorine (FRC) dan konsumsi harian bahan kimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan TCCA menghasilkan nilai FRC yang lebih stabil dalam rentang optimal 0,3–0,5 ppm tanpa fluktuasi ekstrem, sementara NaOCl menunjukkan ketidakstabilan dengan nilai yang sering kali berada di luar batas optimal. Selain itu, TCCA memerlukan dosis lebih rendah dan frekuensi pengisian yang lebih jarang, yang menunjukkan efisiensi operasional yang lebih tinggi dan penurunan risiko paparan bahan kimia terhadap operator. Keunggulan TCCA juga mencakup stabilitas senyawa yang lebih baik, kemudahan dalam penanganan, dan keamanan penyimpanan. Berdasarkan temuan ini, TCCA direkomendasikan sebagai pengganti yang lebih efektif, efisien, dan aman untuk meningkatkan keandalan dan kinerja sistem pendingin PLTU.

Kata Kunci: *Free Residual Chlorine, Macrofouling, Sodium Hypochlorite, Trichloroisocyanuric Acid*

1. Latar Belakang

PT ANTAM Tbk atau ANTAM merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengelolaan sumber daya alam [1]. Perusahaan ini beroperasi dengan memasarkan mineral berkualitas tinggi atau saprolit, nikel kadar rendah atau limonit, ferronikel, emas, perak, dan bauksit dengan mendiversifikasi dan mengintegrasikan kegiatan eksplorasi, ekstraksi, pengolahan, dan pemurnian [2], [3]. Proses pengolahan mineral hingga menjadi ferronikel

memerlukan penggunaan banyak alat produksi yang menyediakan energi dalam bentuk pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik pengguna berupa PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) dan PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap).

PLTU PT. ANTAM Pomalaa terdiri dari 2 unit dengan masing-masing 30 MW, sehingga total daya listrik yang dihasilkan adalah 2 x 30 MW. Secara umum, prinsip semua proses di dalamnya didasarkan pada siklus Rankine, yang menggunakan panas

sebagai kerja, sehingga air digunakan sebagai media dimana dilakukan proses pemanasan untuk mengubah energi mekanik yang diperlukan untuk memutar turbin [4]. Peralatan yang digunakan untuk melakukan proses pemanasan ini meliputi boiler, economizer, dan kondensor [5], [6].

Salah satu bagian vital dari sistem PLTU adalah sistem pendingin utama, yang berfungsi untuk mengembunkan uap bekas dari turbin melalui kondensor menggunakan air laut sebagai media pendingin [7], [8]. Efisiensi kerja sistem pendingin sangat menentukan performa keseluruhan pembangkit, terutama dalam menjaga tekanan vakum di kondensor dan efisiensi termal turbin [9], [10].

Air laut sering digunakan sebagai media pendingin utama karena ketersediaannya yang melimpah dan kapasitas pendinginannya yang tinggi. Namun, penggunaan air laut juga menimbulkan tantangan tersendiri, salah satunya adalah risiko macrofouling yang dapat menyebabkan penyumbatan saluran, penurunan efisiensi perpindahan panas, dan peningkatan konsumsi bahan kimia pembersih [11].

Kondensor adalah perangkat pertukaran panas yang menyerap panas dari turbin uap bertekanan rendah dan akan diubah menjadi air setelah proses transfer panas [12], [13]. Di sisi lain, menurut Lini dan Rudiant. kondensor adalah salah satu komponen utama dari pembangkit listrik berbahan bakar batu bara yang terdiri dari pipa kecil yang mengandung air pendingin [14]. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa kondensor adalah salah satu komponen utama dan berfungsi sebagai perangkat pertukaran panas, yang mengambil panas dari turbin dan mengubahnya menjadi air [15]. Dengan demikian, fungsi kondensor adalah berfungsi sebagai pemanas. Tugas kondensor adalah mengkondensasi uap yang keluar dari turbin menjadi air [16].

Pipa-pipa kondensor diatur dalam dua zona yang berbeda yaitu zona kondensasi dan zona pendinginan gas [17]. Uap keluar dari turbin yang merupakan uap yang akan

terkondensasi berada di zona kondensasi dan gas yang tidak terkondensasi didinginkan di zona pendinginan gas sebelum dihisap oleh pompa vakum untuk memvakumkan kondensor karena kondensor sendiri bekerja pada tekanan vakum [18].

PLTU ANTAM UBPN Sulawesi Tenggara, sistem pendingin utama mengalami permasalahan efisiensi akibat inefektivitas bahan kimia pengendali macrofouling yang selama ini digunakan, yaitu sodium hypochlorite (NaOCl) [19]. Sodium hypochlorite memang merupakan bahan kimia yang umum digunakan sebagai agen disinfektan dan pengendali fouling. Namun, senyawa ini memiliki beberapa kekurangan signifikan, seperti tingkat degradasi yang tinggi akibat sifatnya yang volatil, konsentrasi klorin aktif yang rendah, serta risiko keselamatan tinggi dalam penanganannya.

Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, dilakukan pengujian dan implementasi bahan kimia alternatif, yaitu trichloroisocyanuric acid (TCCA), sebagai pengganti sodium hypochlorite dalam sistem pendingin utama. TCCA merupakan senyawa padat dengan kandungan klorin aktif hingga 90%, yang lebih stabil selama penyimpanan, lebih mudah ditangani, serta dapat mencapai dosis optimum dengan konsumsi yang lebih rendah [20].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan TCCA sebagai pengganti sodium hypochlorite dalam pengendalian macrofouling pada sistem pendingin utama PLTU. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya peningkatan efisiensi operasional, pengurangan biaya bahan kimia, serta penerapan bahan kimia alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan dalam sistem pembangkit tenaga uap.

2. Metodologi Variabel Penelitian

Variabel bebas pada penelitian ini adalah dosis NaOCl (0,3 – 0,5 ppm) dan

TCCA (0,3 – 0,5 ppm), sedangkan variabel terikatnya adalah free residual chlorine.

Prosedur Penelitian

Pengujian free residual chlorine dalam penelitian ini menggunakan instrumen HACH DR 1900. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengukur kadar klorin bebas yang tersisa dalam air pendingin setelah penambahan bahan kimia sodium hypochlorite atau TCCA. Prosedur pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Ditekan tombol “START” pada program 80 Chlorine F&T PP. Instrumen HACH DR 1900 dinyalakan dan diatur pada program 80 Chlorine F&T PP yang secara khusus digunakan untuk mengukur kadar klorin bebas dalam air menggunakan colorimetric. Pemilihan program ini akan mengatur panjang gelombang dan pengolahan data sesuai parameter yang diperlukan untuk pengujian FRC.
2. Dimasukkan 10 mL aquades ke dalam kuvet sebagai blanko. Aquades digunakan sebagai blanko atau larutan perbandingan yang tidak mengandung klorin. Blanko ini penting untuk mengkalibrasi instrumen dan menghilangkan pengaruh warna dasar larutan atau wadah terhadap hasil pembacaan.
3. Dimasukkan kuvet yang berisi aquades ke dalam kuvet holder. Kuvet yang berisi aquades dimasukkan ke dalam tempat pembacaan (kuvet holder) di instrumen HACH DR 1900. Posisi dan kebersihan kuvet harus dijaga agar tidak mempengaruhi hasil kalibrasi nol.
4. Ditekan tombol “ZERO” hingga tampilan menunjukkan angka 0,00 mg/L. Tombol “ZERO” ditekan untuk mengatur titik nol pengukuran. Nilai ini menjadi dasar perbandingan untuk membaca sampel yang mengandung klorin. Jika berhasil, layar akan menunjukkan “0,00mg/L”, artinya alat sudah dikalibrasi dengan benar.
5. Dimasukkan 10 mL sampel ke dalam kuvet. Sampel air pendingin (yang telah diberi bahan kimia TCCA atau NaOCl) diambil sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam kuvet bersih. Sampel ini akan dianalisis untuk mengukur kadar klorin bebasnya.
6. Dimasukkan powder pillow ke dalam kuvet. Reagen bubuk dari kit (dikenal sebagai powder pillow) dimasukkan ke dalam kuvet yang berisi sampel. Reagen ini akan bereaksi dengan klorin bebas dan menghasilkan warna merah muda jika klorin hadir.
7. Sampel diaduk selama 20 detik agar tercampur. Jika muncul warna merah muda, maka hal tersebut menandakan adanya klorin di dalam sampel. Proses pengadukan selama 20 detik dilakukan agar reagen larut dan bereaksi merata dengan klorin dalam sampel. Warna merah muda merupakan indikasi positif adanya klorin bebas (free chlorine) dalam air.
8. Dalam waktu 60 detik setelah penambahan reagen, dimasukkan sampel yang telah disiapkan ke dalam kuvet holder. Setelah 60 detik (waktu reaksi), kuvet dimasukkan ke kuvet holder instrumen. Waktu ini penting untuk memastikan reaksi telah berjalan sempurna dan warna hasil reaksi stabil untuk dibaca.
9. Ditekan tombol "READ" hingga tampilan menunjukkan hasil pembacaan dalam mg/L Cl₂. Instrumen membaca intensitas warna dalam kuvet dan mengkonversinya menjadi nilai konsentrasi klorin bebas dalam satuan mg/L Cl₂. Nilai inilah yang disebut sebagai Free Residual Chlorine (FRC).

3. Hasil dan Pembahasan

Data Penelitian

Pada periode 1 Juni 2025 hingga 30 Juli 2025 telah dilakukan pengumpulan data di PLTU PT ANTAM (Persero) Tbk, Unit Bisnis Pertambangan Nikel Sulawesi Tenggara, khususnya untuk kondensor. Data penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan trichloroisocyanuric acid (TCCA) sebagai bahan pengganti sodium hypochlorite dalam sistem pendingin utama PLTU PT ANTAM (Persero) Tbk, Unit Bisnis Pertambangan Nikel Sulawesi Tenggara. Berikut ini adalah data yang diperoleh di lapangan yang akan digunakan dalam analisis efektivitas chemical yang digunakan.

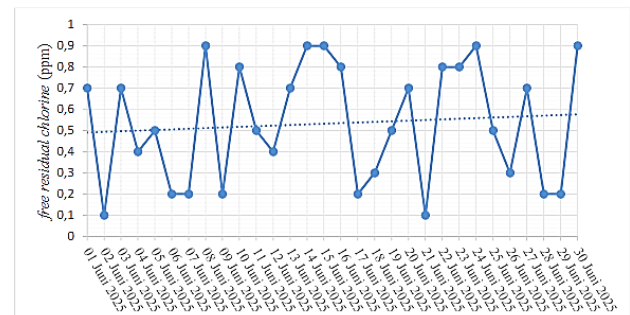
Data yang dikumpulkan mencakup dua jenis bahan kimia pengendali macrofouling, yaitu NaOCl yang diaplikasikan pada bulan Juni, dan TCCA yang diaplikasikan pada bulan Juli. Selama periode tersebut dilakukan pemantauan terhadap nilai free residual chlorine (FRC) harian serta jumlah konsumsi harian bahan kimia yang digunakan. Parameter ini dipilih karena nilai FCR sangat berperan penting dalam mencegah pertumbuhan organisme pengganggu seperti kerang, barnakel, dan biofilm pada sistem pendingin.

Selain FRC, data pendukung lainnya seperti suhu air juga dicatat sebagai informasi pendukung dalam evaluasi kondisi lingkungan saat bahan kimia diaplikasikan. Data ini diperoleh dari pencatatan harian operator lapangan serta hasil pengujian laboratorium internal unit. Dari hasil pengumpulan data ini, diketahui bahwa aplikasi NaOCl selama bulan April menunjukkan variasi nilai FCR yang cukup besar sedangkan aplikasi TCCA menunjukkan pola yang lebih stabil.

Analisis Data Pengujian

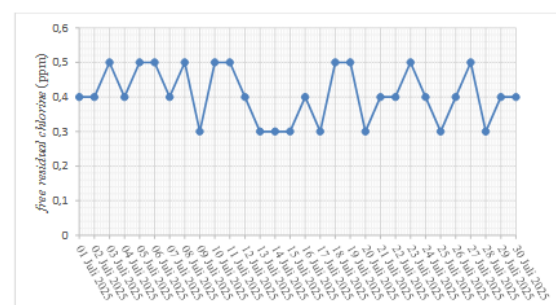
Salah satu parameter penting yang diamati dalam evaluasi efektivitas bahan kimia pengendali macrofouling adalah kadar free residual chlorine (FRC), yaitu sisa klorin bebas yang masih tersedia dalam

sistem proses reaksi awal. Nilai FRC yang ideal dalam sistem pendingin air laut umumnya berkisar antara 0,3 – 0,5 ppm. Karena kadar tersebut cukup untuk menekan pertumbuhan organisme pengganggu namun tetap aman bagi peralatan dan lingkungan.



Gambar 1. Grafik FRC dengan chemical NaOCl

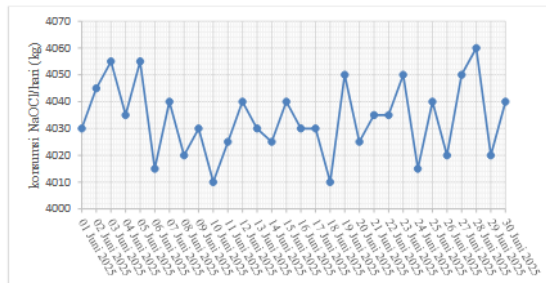
Selama penggunaan NaOCl, nilai FRC yang tercatat sangat bervariasi, berkisar antara 0,1 – 0,9 ppm. Fluktuasi yang tajam dari hari ke hari menunjukkan bahwa NaOCl sulit mempertahankan kestabilan kadar klorin aktif dalam sistem. Pada Gambar 1. ditunjukkan bahwa ada beberapa hari nilai FRC turun hingga 0,1 ppm yang berarti sistem berada dalam kondisi rentan terhadap pertumbuhan bioorganisme. Di sisi lain, terdapat pula lonjakan FRC hingga 0,9 ppm yang menunjukkan penggunaan bahan kimia berlebih.



Gambar 2. Grafik FRC dengan chemical TCCA

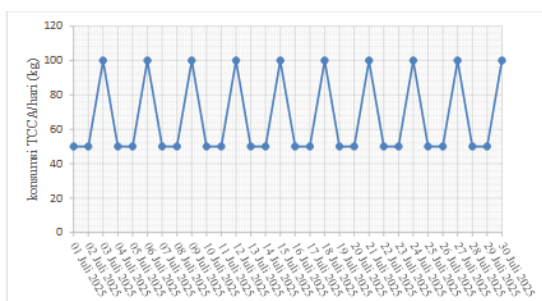
Pada Gambar 2. dapat dilihat nilai FRC dengan penggunaan TCCA menunjukkan hasil yang lebih stabil dengan rentang 0,3 – 0,5 ppm. Meskipun rata-rata TCCA sedikit lebih rendah dibandingkan NaOCl, namun

nilai FRC yang diperoleh selalu dalam batas optimal tanpa lonjakan ekstrem maupun penurunan drastis. Hal ini menunjukkan bahwa klorin aktif dari TCCA dilepaskan secara lebih terkendali dan stabil.



Gambar 3. Grafik konsumsi NaOCl

Konsumsi harian NaOCl menunjukkan fluktuasi yang sangat besar. Naiknya dosis ini diduga kuat sebagai respons terhadap ketidakstabilan nilai FRC yang sebelumnya ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini mengindikasikan kurang efektifnya NaOCl digunakan sebagai agen macrofouling. Nilai konsumsi yang cukup tinggi ini mencerminkan besarnya kebutuhan bahan kimia untuk menjaga sistem pendingin tetap bebas dari pertumbuhan makro organisme yang dapat menyebabkan penurunan efisiensi termal dan hambatan aliran pendingin. NaOCl digunakan sebagai oksidator yang efektif untuk menghambat pertumbuhan organisme seperti kerang, lumut, dan biofilm yang dapat melekat pada dinding pipa dan sistem kondensor.



Gambar 4. Grafik konsumsi TCCA

Sebaliknya, konsumsi harian TCCA jauh lebih stabil dengan pola naik turun yang konsisten. Nilai FRC yang lebih stabil selama penggunaan TCCA pada Gambar 2.

berkorelasi langsung dengan stabilnya kebutuhan bahan kimia perhari. Hal ini mengindikasikan bahwa TCCA memiliki efisiensi pelepasan klorin yang lebih tinggi dan dapat mempertahankan efektivitasnya.

Kondisi ini sangat penting dalam kaitannya dengan pencegahan macrofouling. Macrofouling terjadi akibat pertumbuhan organisme laut seperti kerang-kerangan, ganggang, dan larva yang menempel pada pipa-pipa atau dinding sistem pendingin. Ketika kadar klorin bebas terlalu rendah, organisme-organisme ini akan tumbuh tanpa kendali, menyebabkan penyumbatan, penurunan efisiensi perpindahan panas, dan peningkatan beban pemeliharaan. Sebaliknya, kadar FRC yang terlalu tinggi dapat bersifat korosif dan merusak material logam.

Dengan melihat hasil ini, dapat disimpulkan bahwa TCCA lebih efektif dalam menjaga kadar klorin bebas pada rentang optimal yang dibutuhkan untuk mencegah macrofouling. Kestabilan nilai FRC selama penggunaan TCCA menandakan kontrol yang lebih baik terhadap pertumbuhan organisme, serta efisiensi penggunaan bahan kimia yang lebih tinggi. Hal ini mendukung potensi penggantian NaOCl dengan TCCA pada sistem pendingin utama PLTU sebagai solusi yang lebih stabil, aman, dan ekonomis.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Trichloroisocyanuric acid (TCCA) terbukti lebih efektif dibandingkan sodium hypochlorite (NaOCl) dalam mengendalikan pertumbuhan macrofouling. Hal ini ditunjukkan melalui kestabilan nilai free residual chlorine (FRC) yang dihasilkan oleh TCCA selama periode aplikasi, yang berada dalam rentang protektif 0,3 -0,5 ppm tanpa fluktuasi signifikan. Sebaliknya, aplikasi NaOCl menunjukkan nilai FRC yang cenderung tidak stabil, dengan

penurunan drastis setelah beberapa hari aplikasi. Stabilitas FRC yang dihasilkan TCCA mencerminkan kontrol yang lebih konsisten terhadap organisme pengganggu, sehingga potensi pertumbuhan macrofouling dapat ditekan lebih efektif.

2. Penggunaan TCCA memberikan keuntungan signifikan dalam aspek efisiensi operasional sistem pendingin. Berdasarkan data konsumsi harian, TCCA memerlukan dosis yang lebih rendah dibandingkan NaOCl untuk mencapai nilai FRC yang sama. Selain itu, frekuensi penambahan bahan kimia juga lebih jarang karena sifat pelepasan klorin dari TCCA yang lebih lambat (slow release), sehingga mengurangi beban kerja operator dan potensi kesalahan pengukuran atau overfeeding. Efisiensi ini secara langsung berdampak pada penghematan bahan kimia dan peningkatan keandalan sistem, serta menurunkan risiko korosi akibat fluktuasi dosis klorin berlebih.

Daftar Pustaka

- [1] J. Kamala, S. A. Salsa, W. Syahrani, and M. Candra, “Korupsi dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam: Studi Kasus PT Antam dan Dampaknya terhadap Ekonomi Indonesia,” *EDU SOCIATA (JURNAL Pendidik. SOSIOLOGI)*, vol. 8, no. 1, pp. 50–57, 2025, doi: <https://doi.org/10.33627/es.v8i1.3325>.
- [2] A. D. Guritno and I. F. U. Lisapaly, “Respons PT Aneka Tambang Tbk atas Disrupsi Eksternal Melalui Inovasi Teknologi dan Fleksibilitas Varian Produk,” *KASUS-KASUS Manaj. Perusah. Indones. 6 Leadersh. Innov. Disruptive Era*, vol. 6, p. 23, 2021.
- [3] R. M. A. K. Rasyid, A. Pambudi, and B. Santoso, “Penerapan Metode Triple Exponential Smoothing Untuk Prediksi Harga Emas: Studi Kasus Pada Pt. Aneka Tambang,” *J. Inf. Syst. Manag.*, vol. 6, no. 2, pp. 118–123, 2025, doi: <https://doi.org/10.24076/joism.2025v6i2.1793>.
- [4] R. Asri and S. Sinardi, “Analisis Perbandingan Desain Proses Produksi Terhadap Pengaruh Kadar Nikel Di Smelter Feronikel Maluku Utara,” *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 5, pp. 9709–9717, 2024, doi: <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i5.15541>.
- [5] S. Hay, M. Musaruddin, Y. Koedoes, A. Lolok, and G. A. N. Masikki, “Analisis Aliran Daya Terhadap Pengaruh Masuknya Gardu Induk Bombana Pada Sistem Sultra Menggunakan Software ETAP (Electrical Transient Electrical Program),” *Pist. J. Teknol.*, vol. 9, no. 2, pp. 86–99, 2024, doi: <https://doi.org/10.55679/pistonjt.v9i1.56>.
- [6] R. Octavia, N. Wahab, I. Ramli, and M. Mustam, “Pengaruh Penggunaan Trichloroisocyanuric Acid (TCCA) Terhadap Kualitas Air Dan Efisiensi Termal Sistem Pendingin PLTU (Studi Kasus Di PT Antam Tbk),” *Dewantara J. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 40–45, 2025, doi: <https://doi.org/10.59563/djtech.v5i2.307>.
- [7] A. Mulkan and M. Abd, “Analisis Sistem PLTU Berbahan Bakar Biomassa di PT. Beurata Subur Persada Kabupaten Nagan Raya,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 27–31, 2025.
- [8] M. Fadil *et al.*, “Pemeliharaan Sistem Pelumasan Pada Turbin Uap Di PLTU XYZ,” *Perwira J. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 58–63, 2024, doi: <https://doi.org/10.54199/pjse.v4i2.309>.
- [9] D. J. Napitupulu, “Analisis Perpindahan Panas (Heat Transfer) Kondensor pada Unit 4 PLTU PT

- PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan,” 2019, *Universitas Medan Area*.
- [10] E. Prastyo, “Analisis Kinerja Kondensor Direct Contact Tipe Jetspray Berdasarkan Efektivitas dan Efisiensi Thermal PT Geothermal Energy Ulubelu,” *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–10, 2021, doi: <https://doi.org/10.26874/jt.vol20no1.404>.
- [11] A. B. Wisnumurti, “PENGARUH FASE LUNAR TERHADAP KAPASITAS REPRODUKSI Amphibalanus amphitrite DI PANTAI TELUK PENYU CILACAP, JAWA TENGAH,” 2020, *UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA*.
- [12] N. Hidayati and B. F. Sumadipraja, “Penentuan Nilai Efektivitas Kondensor Di PLTSa Merah Putih Bantar Gebang,” *J. Rekayasa Energi dan Mek.*, vol. 4, no. 2, p. 115, 2024, doi: <https://doi.org/10.26760/JREM.v4i2.115>.
- [13] F. Andriyuda and D. Rusirawan, “Evaluasi evaluasi kondensor berpendingin udara dan air pada pembangkit listrik tenaga uap,” *J. Tekno Insentif*, vol. 18, no. 2, pp. 89–103, 2024, doi: <https://doi.org/10.36787/jti.v18i2.1457>.
- [14] T. Zakaria and T. Suryaman, “Analisa Kerusakan Kondensor Unit 1-4 PLTU-XYZ Banten (An Engineering Report Case Study),” *J. Ind. dan Teknol. Terpadu*, vol. 3, no. 2, pp. 111–121, 2020, doi: <https://doi.org/10.47080/intent.v3i2.957>.
- [15] E. Pardede, “Analisa Laju Perpindahan Kalor Pada Alat Penukar Panas Kondensor Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di PT XYZ,” *J. VOKASI Tek.*, vol. 1, no. 01, pp. 46–53, 2023.
- [16] Y. Zulkarnain, “Analisis Kinerja Desuperheater Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Huayou Nickel Cobalt,” 2024, *Politeknik Negeri ujung Pandang*.
- [17] H. Rochani, “PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA THERMAL (PLTU, PLTP, PLTG & PLTGU),” 2026, *Institut Teknologi PLN (ITPLN)*.
- [18] M. F. R. Hastoro, “Gap Analysis Prosedur Pengendalian Keadaan Darurat Lokal Badak LNG Dengan Regulasi Dan Best Practice Perusahaan Lain,” 2019, *UNIVERSITAS AIRLANGGA*.
- [19] A. K. Nuryanto, U. Sukamto, K. Gunawan, and S. Sudaryanto, “Evaluasi Kinerja Unit Coal Firing 3 di PT. Aneka Tambang UBP Nikel Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara,” *J. Teknol. Pertamb.*, vol. 8, no. 2, pp. 10–14, 2023, doi: <https://doi.org/10.31315/jtp.v8i2.9150>.
- [20] A. Safitri and E. R. Noer, “PENGUNAAN DISINFEKSI YANG BEBEDA PADA PENCUCIAN PRODUK MAKANAN SEGAR SEBAGAI UPAYA PENGURANGAN MIKROBA,” *Fak. Kedokt. Univ. DIPONEGORO SEMARANG*, vol. 85.