

ANALISIS KINERJA *COOLING TOWER* CT-3910 PADA PROSES PENGOLAHAN PHTHALIC ANHYDRIDE

Amelia Rizki Andriani¹, Estevania Dwi Kristanti¹, Sri Rulianah¹, Nur Laufe²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PT Petrowidada Gresik, Jl. Prof. Dr. Moch Yamin, Gresik 61151, Indonesia

ameliarizkiandriani@gmail.com ; [sri.rulianah@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Industri Petrowidada tidak terlepas dari kebutuhan terhadap utilitas air dan *steam*. Hal tersebut sangat berkaitan dengan penggunaan *cooling tower* pada proses tersebut. Air pendingin menjadi komponen yang sangat dibutuhkan sebagai media untuk melakukan pertukaran panas antara fluida panas dengan air pendingin. *Cooling tower* diperlukan untuk menurunkan temperatur air pendingin yang telah mengalami proses agar dapat digunakan kembali dengan cara mengontakkannya dengan udara yang dilewatkan secara berlawanan arah. Penggunaan *cooling tower* dapat meningkatkan efisiensi sistem proses secara keseluruhan dan mengurangi penggunaan energi, sehingga biaya yang akan dikeluarkan jauh lebih murah. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis mengenai efisiensi *cooling tower* untuk mengetahui kinerja *cooling tower* di PT. Petrowidada Gresik. Metode yang digunakan adalah dengan menghitung nilai *range*, *approach*, dan efisiensi. Variabel yang digunakan adalah temperatur air masuk, temperatur air keluar, temperatur *wetbulb* dan temperatur *drybulb* pada CT-3910 dimulai pada tanggal 3 Juli hingga 9 Juli 2023. Setelah dilakukan pengambilan data, selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap nilai *range* dan *approach* untuk penentuan efisiensi *cooling tower* CT-3910. Hasil penelitian didapatkan nilai *range* sebesar 10,5-12°C, nilai *approach* sebesar 1,8-2,9°C dan nilai efisiensi dengan rata-rata persentase sebesar 83,79%. Dari nilai efisiensi tersebut, performa *cooling tower* CT-3910 dapat dikatakan baik dan masih dapat mendinginkan air proses secara optimal, karena untuk standar efisiensi alat yaitu sebesar >70%.

Kata kunci: air pendingin, approach, cooling tower, efisiensi, range

ABSTRACT

The Petrowidada industry is inseparable from the need for water and steam utilities. This is closely related to the use of cooling towers in the process. Cooling water is a crucial component used as a medium for heat exchange between hot fluids and cooling water. Cooling towers are necessary to lower the temperature of the cooling water that has undergone the process so that it can be reused by contacting it with air that is passed in the opposite direction. The use of cooling towers can improve the overall efficiency of the process system and reduce energy usage, thereby significantly lowering costs. Therefore, the objective of this study is to analyze the efficiency of the cooling tower to evaluate the performance of the cooling tower at PT. Petrowidada Gresik. The method used involves calculating the range, approach, and efficiency values. The variables used are the inlet water temperature, outlet water temperature, wet bulb temperature, and dry bulb temperature on CT-3910, starting from July 3 to July 9, 2023. After data collection, calculations were performed on the range and approach values to determine the efficiency of cooling tower CT-3910. The study results showed a range value of 10.5-12°C, an approach value of 1.8-2.9°C, and an average efficiency percentage of 83.79%. Based on these efficiency values, the performance of cooling tower CT-3910 can be considered good and still able to cool the process water optimally, as the standard equipment efficiency is >70%.

Keywords: cooling water, approach, cooling tower, efisiensi, range



1. PENDAHULUAN

Industri Petrowidada sangat membutuhkan utilitas steam dan air, yang sangat terkait dengan penggunaan cooling tower dalam proses tersebut. Air pendingin menjadi komponen yang sangat penting sebagai media untuk melakukan pertukaran panas antara fluida panas dan air pendingin. Cooling tower efektif dalam menurunkan suhu air pendingin dengan cara mengalirkannya melalui udara yang bergerak berlawanan arah. Alat penukar panas ini menggunakan air dan udara sebagai media, berfungsi untuk mendinginkan air dengan memungkinkan sebagian kecilnya menguap melalui kontak langsung dengan udara [1].

Cooling tower CT-3910 beroperasi dengan cara memompa kondensat hasil proses pendinginan ke nozzle spray di bagian atasnya. Kemudian, air turun melalui kisi-kisi filler dan berkontak dengan udara dari arah berlawanan yang diperbantukan oleh kipas. Proses ini memungkinkan terjadinya konveksi paksa. Panas dalam air dibuang bersamaan dengan udara keluar melalui fan stack, sementara air jatuh seperti hujan ke dalam water basin untuk disimpan. Komponen-komponen utama dari cooling tower meliputi *fan, filler, drift eliminator, raiser, dan fan stack* [2].

Cooling tower juga dimanfaatkan dalam upaya peningkatan produktivitas serta efisiensi pada proses produksi mesin di industri kimia. Hal tersebut dikarenakan, pada suatu industri kimia dibutuhkan temperatur dan efisiensi alat yang sesuai agar pabrik dapat bekerja secara optimal. Gangguan pada *cooling water* dapat mengurangi produktivitas alat atau menyebabkan kerusakan [3].

Performa *Cooling tower* sangat erat kaitannya dengan temperatur air keluar dari *cooling tower*. Semakin rendah temperatur air yang bisa dihasilkan oleh *cooling tower*, maka kondisi kondensor akan semakin vakum, dimana hal tersebut berdampak pada efisiensi turbin yang semakin baik. Oleh karena itu, performa *cooling tower* merupakan satu parameter yang sangat penting untuk menjaga kondisi serta performa keseluruhan dari sebuah sistem pembangkit [4].

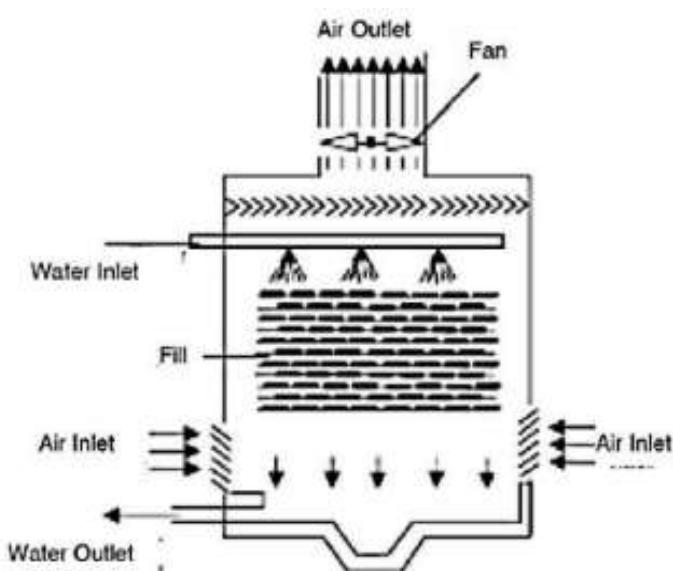
Penggunaan *cooling tower* dapat meningkatkan efisiensi sistem proses secara keseluruhan dan mengurangi penggunaan energi, sehingga biaya yang akan dikeluarkan jauh lebih murah. Penelitian terkait analisis kinerja *cooling tower* di berbagai industri telah dilakukan, seperti pada penelitian yang dilakukan pada PLTU Asam-asam mendapatkan hasil efektivitas sebesar 60,95%-64,71% [5]. Pada industri pupuk yaitu PT. Pupuk Sriwidjaja di Palembang juga melakukan analisis kemampuan dari cooling tower Ketika beroperasi, pada penelitian tersebut efektivitas cooling tower yang di dapatkan sebesar 64,53% [6]. Performa menara pendingin dievaluasi untuk membahas *approach* dan *range* operasi pada nilai rancangan, identifikasi area pemborosan energi, dan juga untuk sarana perbaikan [7].

Oleh sebab itu, pada studi ini bertujuan untuk melakukan analisis mengenai efisiensi *cooling tower* untuk mengetahui kinerja *cooling tower* di PT. Petrowidada Gresik. Dari nilai efisiensi yang diperoleh dapat dilakukan perencanaan perawatan mesin yang tepat (*preventive maintenance*) sehingga dapat mengurangi jumlah kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba [8]. Pengukuran efisiensi dilakukan dengan menentukan nilai perhitungan *range* dan *approach*. Pengukuran efektivitas dilakukan dengan memperhatikan dua hal penting, yaitu nilai *range* dan nilai *approach* [9]. *Range* merupakan perbedaan atau selisih antara temperatur air masuk dan keluar pada *cooling tower*. Sedangkan *approach* adalah

perbedaan atau selisih antara temperatur air dingin keluar *cooling tower* dan temperatur *wet bulb* ambient, semakin rendah *approach*, maka semakin baik kinerja *cooling tower* [10].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian yang dilakukan di PT. Petrowidada ini, digunakan jenis *cooling tower induced-draft* seperti yang terlihat pada Gambar 1. Udara masuk pada sisi-sisi samping *cooling tower* dan keluar pada bagian atas menara. *Induced-draft fan* berfungsi dengan cara menarik uap air yang terkondensasi melalui kontak antara air pendingin dan udara atmosfer. Tipe *cooling tower* ini menghasilkan aliran udara masuk yang lambat dan aliran udara keluar yang cepat, sehingga dapat mengurangi resirkulasi udara. *Cooling tower* ini bergerak dengan aliran *counter flow*, dimana udara bergerak naik ke atas berlawanan dengan air yang jatuh [11].



Gambar 1. *Cooling tower tipe induced draft*

Air dari sirkulasi proses dengan temperatur kurang lebih antara 45°C – 52°C masuk ke menara pendingin di bagian atas, dikontakkan dengan fluida yang memiliki temperatur yang lebih rendah, dalam hal ini adalah udara yang dihisap oleh fan yang berasal dari lingkungan sehingga akan terjadi perpindahan panas antara air dan udara. Air yang sudah melewati proses pendinginan akan jatuh ke basin atau bak penampung, sementara udara akan naik ke bagian atas *cooling tower* dan dibuang ke atmosfer, sehingga temperatur air turun sampai 29°C – 31°C. Pada *cooling tower* juga akan terjadi proses penguapan sehingga akan mengurangi jumlah debit air pendingin, oleh karena itu perlu ditambahkan *make up water* jika terjadi pengurangan jumlah debit air pendingin dikarenakan *blowdown* dan *evaporative* [6].

Dalam melakukan analisa kinerja *cooling tower*, diperlukan data-data yang akan diolah dalam perhitungan. Data didapatkan dari *logsheet Distributed Control System (DCS)* Unit Utilitas pada pabrik Petrowidada yang diambil dari tanggal 3 Juli - 9 Juli 2023. Data yang didapatkan diantaranya temperatur air masuk, temperatur air keluar, temperatur *wetbulb* dan temperatur *drybulb* pada *cooling tower* CT-3910 yang selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dengan cara:

2.1 Perhitungan Range

Nilai *range* adalah selisih temperatur air yang masuk *cooling tower* dengan temperatur air yang keluar *cooling tower*. Nilai *range* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [6]:

$$Range (^\circ\text{C}) = Temperatur water inlet (^\circ\text{C}) - Temperatur water out (^\circ\text{C}) \quad (1)$$

2.2 Perhitungan Approach

Approach merupakan selisih suhu antara air dingin yang keluar dari *cooling tower* dan suhu *wetbulb* lingkungan. Ketika nilai *approach* rendah, kinerja menara pendingin menjadi semakin optimal. Meskipun *range* dan *approach* terus dipantau, *approach* dianggap sebagai indikator yang lebih baik untuk menilai kinerja *cooling tower* [12]. Nilai *approach* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Approach (^\circ\text{C}) = Temperatur water out (^\circ\text{C}) - Temperatur wetbulb (^\circ\text{C}) \quad (2)$$

2.3 Perhitungan Efisiensi

Nilai efisiensi dari kinerja *cooling tower* dapat dihitung dari besarnya nilai *range* dibandingkan dengan jumlah nilai *range* ditambah *approach*. Nilai efisiensi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [6]:

$$\eta = \frac{Range}{Range + Approach} \times 100\% \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Cooling tower merupakan sebuah perangkat penukar panas yang khusus dirancang untuk menghubungkan dua fluida, yaitu air dan udara secara langsung. Udara digunakan untuk mentransfer panas pada air ke atmosfer. *Cooling tower* berperan dalam menyerap panas dari air yang berasal dari kondensor. Panas tersebut kemudian diserap oleh udara yang ditarik oleh kipas *cooling tower*, yang mengarahkannya ke atas. Sebagai hasilnya, udara tersebut mengalami peningkatan suhu. Sementara itu, air yang telah kehilangan panasnya memiliki suhu yang lebih rendah dari sebelumnya, menurun dari suhu awal 45°C - 50°C menjadi suhu yang lebih rendah, sekitar 30°C - 25°C. Perubahan suhu air dipengaruhi oleh kinerja *cooling tower* dan faktor lingkungan di sekitarnya [5]. Udara yang dibuang akan memiliki temperatur yang lebih tinggi dari udara yang masuk serta mengandung uap air dikarenakan terdapat air yang teruapkan dan terbawa oleh udara sehingga kadar air di dalam udara yang keluar akan lebih tinggi dibanding dengan yang masuk.

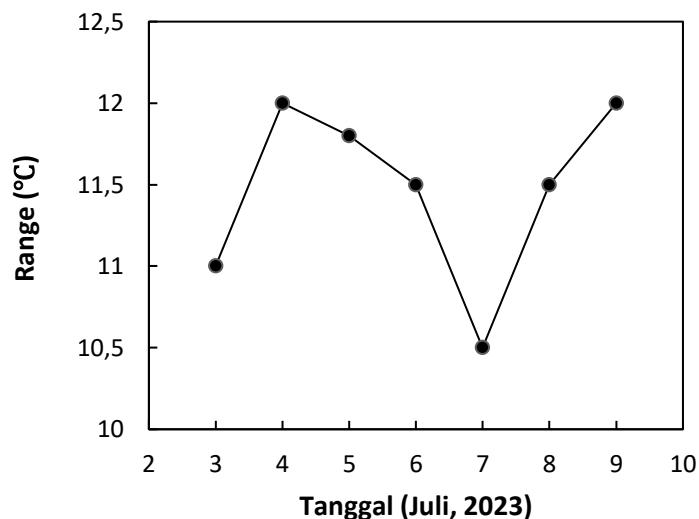
Data yang diperoleh meliputi, temperatur air masuk, temperatur air keluar, temperatur *wetbulb*, temperatur *drybulb* dari tanggal 3 Juli - 9 Juli 2023. Temperatur air masuk yaitu temperatur air sebelum didinginkan di *cooling tower*, temperatur air keluar merupakan temperatur air setelah melalui proses pendinginan di *cooling tower*, temperatur *wetbulb* merupakan temperatur yang ditunjukkan oleh termometer yang dibungkus kain atau kapas basah yang digunakan untuk menghilangkan radiasi panas dan aliran udara yang melewatkinya. Data yang diperoleh tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data suhu air masuk, suhu air keluar, suhu *wetbulb*, dan suhu *drybulb*

Tanggal	Water		$T_{wetbulb}$ (°C)	$T_{dry bulb}$ (°C)
	T_{in} (°C)	T_{out} (°C)		
03 Juli 2023	38	27	24,8	30,1
04 Juli 2023	41	29	26,1	30
05 Juli 2023	40,5	28,7	26	30,3
06 Juli 2023	39,5	28	26,2	30,2
07 Juli 2023	39	28,5	26,3	30
08 Juli 2023	40	28,5	26,5	30,5
09 Juli 2023	41	40	27,2	30,7

3.1. Nilai *Range*

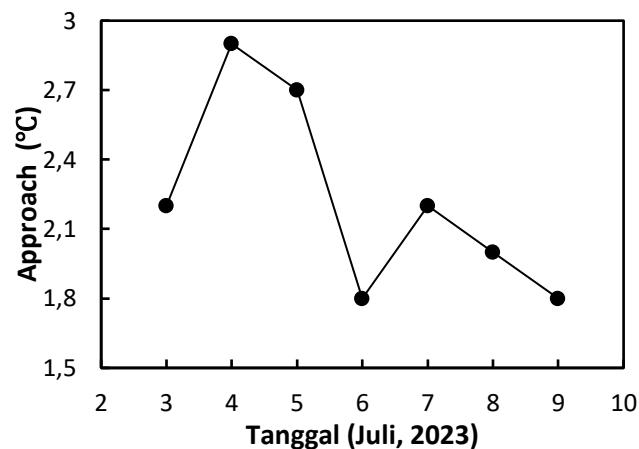
Nilai *range* menunjukkan kemampuan *cooling tower* dalam menurunkan temperatur air, sehingga apabila nilai *range* yang didapat semakin tinggi maka kinerja dari *cooling tower* akan semakin bagus [13]. Nilai *range* dapat ditunjukkan dalam satuan (°C) yang diperoleh dari selisih temperatur air masuk (°C) dan temperatur air keluar (°C). Pada Gambar 2 menunjukkan data nilai *range* yang didapat dari tanggal 3 hingga 9 Juli 2023 mengalami kenaikan lalu penurunan kemudian mengalami kenaikan kembali. Nilai *range* terendah diperoleh pada tanggal 7 Juli 2023, yaitu sebesar 10,5°C dan untuk nilai *range* tertinggi diperoleh pada tanggal 4 dan 9 Juli 2023, yaitu sebesar 12°C. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti cuaca di lingkungan sekitar *cooling tower*, penggunaan air pendingin pada alat-alat dan turbin yang menyebabkan inlet *cooling tower* bisa berubah-ubah.

**Gambar 2.** Hubungan antara tanggal dan nilai *range* CT-3910

3.2. Nilai *Approach*

Nilai *approach* tertinggi diperoleh pada tanggal 4 Juli 2023, yaitu sebesar 2,9°C dan untuk nilai *approach* terendah diperoleh pada tanggal 6 dan 9 Juli 2023, yaitu sebesar 1,8°C. Pada Gambar 3 menunjukkan data nilai *approach* yang didapat dari tanggal 3 hingga 9 Juli 2023 mengalami kenaikan lalu penurunan kemudian mengalami kenaikan dan kembali mengalami kenaikan. Hal ini bisa disebabkan oleh temperatur air yang masuk menara

pendingin yang tidak beraturan sehingga menyebabkan grafik pada nilai *approach* mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak beraturan juga.

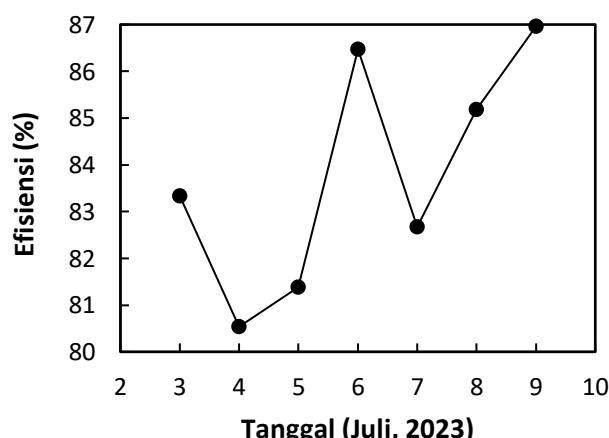


Gambar 3. Hubungan antara tanggal terhadap nilai approach CT-3910

Nilai *approach* dalam satuan (°C) diperoleh dari temperatur air keluar (°C) – temperatur *wet bulb* (°C) [14,15]. Nilai *approach* menunjukkan kinerja *cooling tower* dalam mentransfer panas air ke udara lingkungan. Semakin rendah nilai *approach* yang diperoleh, maka semakin baik kinerja dari *cooling tower* [16]. Kinerja *cooling tower* dapat dikatakan baik ketika temperatur air yang keluar dari menara pendingin mendekati nilai dari temperatur *wetbulb* yang masuk.

3.3. Efisiensi *Cooling Tower*

Pada Gambar 4 menunjukkan nilai persentase efisiensi dari kinerja *cooling tower* yang jika dirata-rata didapatkan persentase efisiensi sebesar 83,79%. Pada tanggal 4 Juli 2023, kinerja *cooling tower* CT-3910 menjadi yang paling rendah diantara hari-hari lainnya yaitu sebesar 80,54%. Persentase efisiensi kinerja dari *cooling tower* yang terbaik diperoleh nilai sebesar 86,96% yaitu pada tanggal 9 Juli 2023. Ini disebabkan oleh rendahnya nilai *approach* yang dihasilkan, yang mengakibatkan peningkatan nilai efisiensi, semakin meningkatnya nilai perbandingan antara nilai *range* dengan total *range* dan *approach*, maka efektivitas pada *cooling tower* juga meningkat secara proporsional [14].



Gambar 4. Hubungan antara tanggal terhadap nilai efisiensi CT-3910

Suhu lingkungan, kinerja *cooling tower*, dan suhu air masukan dari proses yang masuk ke dalam *cooling tower*. Semakin tinggi suhu air masukan dari proses, semakin rendah efisiensi proses pendinginan dalam *cooling tower* karena pendinginan tidak optimal. Hal ini mengakibatkan suhu keluar dari *cooling tower* tidak mencapai tingkat yang diinginkan [17].

Dilihat dari nilai persentase tersebut menunjukkan bahwa *cooling tower* CT-3910 ini masih memiliki kinerja yang baik. Alat yang memiliki efisiensi $>70\%$ dianggap memiliki kinerja yang baik, apabila persentase efisiennya $<50\%$ maka alat tersebut dapat dikatakan memiliki performa yang kurang baik sehingga menunjukkan adanya potensi perbaikan yang signifikan [18]

Faktor-faktor yang dapat meningkatkan efisiensi *cooling tower* meliputi pengaturan laju aliran air dan udara, peningkatan luas permukaan kontak, peningkatan waktu kontak antara air dan udara, dan pengaturan arah aliran udara yang terkait dengan permukaan kontak air. Laju aliran air dan udara akan mempengaruhi suhu *cooling water* yang dihasilkan. Semakin tinggi laju aliran udara dan semakin rendah laju aliran air, maka suhu *cooling water* yang dihasilkan akan semakin rendah, sehingga meningkatkan efisiensi *cooling tower*. Laju aliran udara dapat ditingkatkan dengan meningkatkan jumlah dan kecepatan putaran kipas yang digunakan [19].

Peningkatan efisiensi kinerja *cooling tower* dapat dilakukan dengan memperluas permukaan dan waktu kontak yang dapat dilakukan dengan memperbanyak *filler* (bahan pengisi) dan mempertinggi *cooling tower*, semakin lama waktu kontak air dan udara maka air pendingin yang didapat akan semakin baik sehingga efisiensi dari *cooling tower* juga meningkat [13].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Efisiensi dari kinerja *cooling tower* (CT-3910) di PT.Petrowidada memiliki performa yang baik dengan rata-rata persentase efisiensi sebesar 83,79% dan efisiensi kinerja dari *cooling tower* yang terbaik diperoleh nilai sebesar 86,96% yaitu pada tanggal 9 Juli 2023. Nilai *range*, *approach*, dan efisiensi dipengaruhi oleh temperatur lingkungan dan kerja *cooling tower*, ketika nilai *range* tinggi dan *approach* rendah maka nilai efisiensi akan semakin baik.

Saran-saran yang dapat menjadi pertimbangan untuk kemajuan dan pengembangan dari analisa kinerja *cooling tower* di PT. Petrowidada yaitu melakukan perawatan dan perbaikan secara teratur untuk memastikan *cooling tower* beroperasi dengan efisien dan melakukan analisa kinerja *cooling tower* secara berkala untuk memastikan *cooling tower* beroperasi dengan optimal dan efisien.

REFERENSI

- [1] Z. Zulfikar, "Penambahan Water Coolant Pada Cooling Tower Tipe Counter Flow," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 1, no. 2, hal. 85–92, 2019.
- [2] H. Abdurohman, J. Mrihardjono, dan S. Darmanto, "Analisis Performance Cooling Tower Tipe Induced Draft Counter Flow Pltp Kamojang Unit 5," *Jurnal Mekanika Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 8, no. 2, hal. 324, 2022.
- [3] R. S. Putra, "Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower Pada Fluida di Mesin Injeksi Plastik," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, hal. 56–62, 2015.
- [4] D. Wheeler dan K. E. N. Hennon, "Review of New 2019 CTI ATC 105 Acceptance Test

- Code for Cooling Towers," 2019.
- [5] Rahman dan A. Mursadin, "Analisis Kinerja Cooling Tower Menggunakan Metode Range dan Approach di PLTU Asam-Asam," *Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa Rotary*, vol. 4, no. 2, hal. 129–140, 2022.
- [6] O. Triyansah dan Y. Witanto, "Efektivitas Cooling Tower Fan 6P-4051-GB. di PT. Pupuk Sriwidjaja Sektor STG-BB, Palembang, Sumatera Selatan," *Rekayasa Mekanika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 4, no. 1, hal. 9–12, 2020.
- [7] Y. Handoyo, "Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 3, no. 1, hal. 38–52, 2015.
- [8] A. Muhsin dan I. Syarafi, "Analisis Kehandalan dan Laju Kerusakan Pada Mesin Continues Frying (Studi Kasus: PT XYZ)," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 11, no. 1, hal. 28–34, 2018.
- [9] S. Wuryanti, "Peningkatan Efektivitas Cooling Tower dengan Metoda Air High Speed," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 10, no. 1, hal. 40–43, 2020.
- [10] A. Muhsin *et al.*, "Analisis Efektivitas Mesin Cooling Tower Menggunakan Range and Approach," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 11, no. 2, hal. 119–124, 2018.
- [11] T. Aprianti, E. D. Priyatama, dan I. Tanuwijaya, "Menghitung Efisiensi dan Losses Cooling Tower Refinery Perusahaan Minyak Goreng," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 24, no. 3, hal. 81–83, 2018.
- [12] A. A. Melkias, "Analisa Performa Pada Cooling Tower Jenis Mechanical Draft Crossflow," *Jurnal Energi*, vol. 10, no. 1, hal. 24–28, 2020.
- [13] D. A. Fauzi dan B. Rudiyanto, "Analisa Performa Menara Pendingin pada PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng," *Jurnal Ilmiah Rotari*, vol. 1, no. 1, hal. 15–32, 2016.
- [14] M. K. Damaputra, A. Rachmat, dan E. Koswara, "Proses Pendinginan dan Perbandingan Efisiensi Cooling Tower Unit 3 di PT. Indonesia Power Unit Pembangkit dan Jasa Pembangkitan (UPJP) Kamojang," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, hal. 43–46, 2019.
- [15] A. P. Kumala, "Efektivitas Kinerja Cooling Tower Pada Unit Daur Ulang Limbah Styrofoam di PT Kemasan Cipta Nusantara," Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2020.
- [16] K. Amri, A. A. Melkias, dan A. Mashar, "Analisis Pengaruh Musim Kemarau dan Musim Hujan Terhadap Kinerja Cooling Tower di PLTU Cirebon Unit 1," *Jurnal Energi*, vol. 11, no. 2, hal. 36–41, 2022.
- [17] P. Ahluriza dan N. Sinaga, "Review Pengaruh Range Dan Approach Terhadap Efektivitas Cooling Tower di PT. IP," *Jurnal Pendidikan Teknik. Mesin Undiksha*, vol. 9, no. 2, hal. 134–142, 2021.
- [18] G. X. Nadeak, G. A. R. Thamrin, dan A. Rahmadi, "Efektivitas Dan Efisiensi Mesin-Mesin Dalam Satu Rangkaian Pada Proses Produksi Kayu Lapis (Studi Kasus Di Pt Surya Satya Timur)," *Jurnal Sylva Scientiae*, vol. 4, no. 5, hal. 859, 2021.
- [19] E. Nurisman, Z. Syafira, dan F. Shania, "Studi Kinerja Cooling Tower Unit Amoniak dan Urea pada Sistem Utilitas Industri Petrokimia," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 26, no. 1, hal. 37–41, 2020.