

Analisis Pengaruh Temperatur *Ambient* Terhadap Kinerja *Cooling Tower* Unit 2 Berdasarkan Evaluasi *Range* dan *Approach* pada PLTGU PT Mitra Energi Batam

Firman Manahan Panjaitan¹, Irwanto Zarma Putra^{1,2},

¹Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

²Politeknik Negeri Batam

Program Studi Program Profesi Ininyur
Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
E-mail : irwanto@polibatam.ac.id

Abstrak

PLTGU PT. Mitra Energi Batam telah diamati bahwa *Cooling Tower* Unit 2 cenderung menghasilkan uap panas dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan Unit 1. Produksi uap panas yang lebih besar pada *Cooling Tower* Unit 2 tentunya tidak lepas dari pengaruh temperatur *ambient* (suhu udara sekitar). Dimana suhu yang ada pada sekitar lingkungan *Cooling Tower* Unit 2 mempengaruhi kinerja *Cooling Tower*. Semakin dingin lingkungan semakin baik kinerja *Cooling Tower*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh temperatur *ambient* terhadap kinerja *Cooling Tower* Unit 2 dalam hal perhitungan *Range* dan *Approach* serta mengevaluasi perbedaan antara perhitungan "Range" dan "Approach" dalam mengukur kinerja *Cooling Tower* Unit 2. Pengambilan data dilakukan selama 8 jam dalam 1 hari dari 10 hari pengambilan data pada bulan November 2023. Metode perhitungan kinerja *Cooling Tower* yang digunakan berupa Evaluasi *Range* dan *Approach*, dimana *Range* merupakan perhitungan temperatur air masuk dengan temperatur air keluar dan *Approach* merupakan perhitungan Temperatur air keluar dengan Temperatur *Wet Bulb* (suhu udara sekitar *Cooling Tower*). Berdasarkan Evaluasi Nilai *Range* didapatkan hasil perhitungan berada pada kisaran $9.52^{\circ}\text{C} - 9.97^{\circ}\text{C}$ dan $8.391^{\circ}\text{C} - 10.331^{\circ}\text{C}$. Jika Nilai *Range* semakin kecil maka kinerja *Cooling Tower* dapat dikatakan baik, untuk Nilai *Approach* didapatkan hasil perhitungan berada pada nilai $16.515^{\circ}\text{C} - 18.205^{\circ}\text{C}$ dan $17.625^{\circ}\text{C} - 21.892^{\circ}\text{C}$. Jika Nilai *Approach* semakin kecil, maka kinerja *Cooling Tower* dapat dikatakan baik karena temperatur air keluar dapat mendekati nilai dari *temperatur wet bulb*. Untuk Nilai Efisiensi didapatkan hasil perhitungan berada pada nilai sebesar $34.98^{\circ}\text{C} - 37.26^{\circ}\text{C}$ dan $28.44\% - 35.68\%$.

Kata kunci: Kinerja, *Cooling Tower*, *Range*, *Approach*, Efisiensi

Abstract

PLTGU PT. Mitra Energi Batam has observed that Cooling Tower Unit 2 tends to produce hot steam in larger quantities compared to Unit 1. The greater production of hot steam in Cooling Tower Unit 2 certainly cannot be separated from the influence of ambient temperature (surrounding air temperature). Where the temperature around the Cooling Tower Unit 2 environment affects the performance of the Cooling Tower. The cooler the environment, the better the cooling tower performance. This research aims to determine the extent of influence of ambient temperature on the performance of Cooling Tower Unit 2 in terms of Range and Approach calculations

and to evaluate the difference between "Range" and "Approach" calculations in measuring the performance of Cooling Tower Unit 2. Data collection was carried out for 8 hours in 1 days out of 10 days of data collection in November 2023. The Cooling Tower performance calculation method used is Range and Approach Evaluation, where Range is a calculation of incoming water temperature with outgoing water temperature and Approach is a calculation of outgoing water temperature with Wet Bulb Temperature (ambient air temperature Cooling Tower). Based on the Range Value Evaluation, the calculation results were found to be in the range of 9.52°C – 9.97°C and 8,391°C – 10,331°C. If the Range Value is smaller then the Cooling Tower performance can be said to be good, for the Approach Value the calculation results are found to be 16,515°C – 18,205°C and 17,625°C – 21,892°C. If the Approach value is smaller, then the Cooling Tower performance can be said to be good because the outlet water temperature can approach the value of the wet bulb temperature. For the Efficiency Value, the calculation results obtained were at values of 34.98°C – 37.26°C and 28.44% - 35.68%.

Keywords: Performance, Cooling Tower, Range, Approach, Efficiency

1. Pendahuluan

PT Mitra Energi Batam merupakan perusahaan swasta yang bergerak dibidang pembangkit energi listrik. Berdiri sejak tahun 2004, PT Mitra Energi Batam mulai mengembangkan sistem operasinya dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) atau biasa disebut pembangkit *Combine Cycle* pada tahun 2016. PLTGU bergantung pada sistem pendingin yang dapat menjaga temperatur peralatan dalam batas yang aman dan optimal. *Cooling tower*, sebagai salah satu elemen utama dalam sistem pendingin PLTGU. [1].

Cooling Tower (CT) merupakan peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikan panas ke *atmosfer*. *Cooling Tower* memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke *atmosfer*. Di dalam sistem *Cooling Tower* terdapat *fan*, *distribution system*, *spray nozzle (sprinkle)*, *fill (packing)*, *basin* dan *pump* [2].

Performansi dan Karakteristik *Cooling Tower* dari data manual berupa kisaran (*Range*), pendekatan (*Approach*), dan *Efisiensi* *Cooling Tower* tentu tidak relevan dengan kondisi operasional pada saat ini, hal ini dibutuhkan analisis performa *Cooling Tower* untuk mengetahui kondisi operasional *Cooling Tower* saat ini [3].

Range merupakan perbedaan atau jarak antar temperature air masuk dan keluar *Cooling Tower*,

Jadi nilai *Range* yang tinggi berarti bahwa *Cooling Tower* telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik, Sedangkan *Approach* adalah perbedaan suhu air dingin keluar *Cooling Tower* dan suhu *Wet Bulb Ambient*, semakin rendah *Approach* semakin baik kinerja *Cooling Tower* [4]. Sejumlah penelitian terdahulu telah dilakukan untuk menganalisis kinerja *Cooling Tower*, seperti penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya membahas tentang "analisis temperatur lingkungan terhadap kinerja *cooling tower* di pt. indocement tungan prakarsa tbk. p-12 tarjun kalimantan – selatan" dimana Suhu lingkungan mempengaruhi kinerja *Cooling Tower*. Semakin dingin lingkungan semakin baik kinerja *Cooling Tower*. Hasil perhitungan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa suhu lingkungan mempengaruhi kinerja *Cooling Tower* dimana pada pagi sampai sore hari pada suhu atau cuaca tertentu kinerja *Cooling Tower* mengalami peningkatan dan penurunan yang signifikan. Sedangkan efisiensi rata-rata *range* dan *approach* dari tahun 2016 hingga 2019 mengalami penurunan *efisiensi* sebesar 8,44%, penurunan *range* sebesar 1,24°C dan penurunan *approach* sebesar 0,82°C [5].

Selanjutnya penelitian yang membahas tentang "analisis kinerja *cooling tower* menggunakan metode *range* dan *approach* di pltu asam-asam" dimana faktor yang mempengaruhi kinerja menara pendingin diantaranya adalah kondisi distribusi aliran air dan udara pada menara pendingin.

Metode yang digunakan adalah dengan menghitung *range* dan *approach*, dan parameter yang dibutuhkan adalah suhu air masuk dan suhu pendinginan menara keluar, dan suhu bola basah menara pendingin. Hasil analisis menara pendingin menunjukkan rentang nilai terendah sampai tertinggi adalah 14,01°C - 15,05°C, nilai pendekatan 8,03°C - 9,16°C, dan nilai *efektivitas* 60,95% - 64,71%. Dari rentang, pendekatan, dan nilai efektivitas di atas dapat disimpulkan bahwa kinerja menara pendingin dalam air pendingin pada saat itu masih relatif baik. Naik turunnya nilai *range*, *approach* dan *efektivitas* dipengaruhi oleh temperatur lingkungan dan kerja menara pendingin [6].

Pada PLTGU PT. Mitra Energi Batam telah diamati bahwa *Cooling Tower* Unit 2 cenderung menghasilkan uap panas dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan Unit 1. Adanya perbedaan dalam produksi uap panas antara kedua unit dapat mengindikasikan potensi masalah dalam *efisiensi* operasional. Perbedaan produksi uap panas yang terjadi pada *Cooling Tower* tidak lepas dari temperatur *ambient* (suhu udara sekitar). dimana Suhu yang ada pada sekitar lingkungan *Cooling Tower* mempengaruhi kinerja *Cooling Tower*. Semakin dingin lingkungan semakin baik kinerja *Cooling Tower*. Menganalisis pengaruh temperatur *ambient* terhadap kinerja *Cooling Tower* merupakan cara untuk mengoptimalkan kinerja *Cooling Tower* dan meningkatkan proses Heat rejection pada pembangkit khususnya pada PLTGU PT. Mitra Energi Batam.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh temperatur *Ambient* terhadap kinerja *Cooling Tower* Unit 2 pada PLTGU PT. MEB. Dengan melihat beberapa parameter seperti temperatur air masuk (*Thot*), temperatur air keluar (*Tcold*) dan temperatur Wet Bulb (*Twb*) pada PLTGU Panaran. penelitian ini akan memberikan pemahaman lebih mendalam tentang pengaruh temperatur *Ambient* terhadap kinerja *Cooling Tower*. Manfaatnya melibatkan kontribusi pada upaya optimalisasi kinerja *Cooling Tower* dan

penggunaannya bisa sesuai dengan jangka waktu yang diinginkan.

2. Metode

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode perhitungan Range dan Approach. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mencatat seluruh data operasional yang dibutuhkan pada CCR2 dan mengambil langsung ke lapangan menggunakan alat Humidity Meter. Durasi pengambilan data dilakukan selama 8 jam dalam 1 hari selama 10 hari pada bulan November 2023. Dengan data ini, penelitian dapat mengetahui terkait dampak temperatur Ambient terhadap kinerja dan efisiensi *Cooling Tower* Unit 2, serta mengevaluasi perbedaan antara perhitungan Range dan Approach dalam mengukur kinerja *Cooling Tower* Unit 2.

Tabel 1: Data Parameter *Cooling Tower* Unit 2 pada Cuaca Kemarau

jam	Thot (°C)	Tcold (°C)	Twb (°C)
9:00	54.83	44.86	26.85
10:00	54.893	45.118	26.95
11:00	55.02	45.309	28.2
12:00	54.893	45.055	26.85
13:00	54.639	45.055	28.2
14:00	54.703	44.865	28.3
15:00	54.448	44.865	28.35
16:00	54.512	44.992	28.3

Tabel 2: Data Parameter *Cooling Tower* Unit 2 pada Cuaca Hujan

jam	Thot (°C)	Tcold (°C)	Twb (°C)
9:00	55.338	45.499	26.65
10:00	55.402	45.625	28
11:00	55.275	45.562	26.55
12:00	55.529	45.752	28
13:00	55.72	45.942	24.05
14:00	55.703	45.372	24.05
15:00	53.559	45.168	24.05

16:00	54.385	44.865	25.9
-------	--------	--------	------

Pada tabel 1 dan 2 parameter operasional yang diambil adalah :

1. Temperatur Air Masuk Cooling Tower (T_{Hot})
2. Tekanan Air Keluar Cooling Tower (T_{Cold})
3. Temperatur Wet Bulb Cooling Tower (T_{wb})

2.1. Perhitungan Kinerja Cooling Tower

Untuk mendapatkan hasil kinerja Cooling Tower Unit 2 maka digunakan perhitungan Range, Approach, dan Efisiensi dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

1. Range

Range merupakan perbedaan antara temperatur air masuk dan keluar *Cooling Tower*. Range yang tinggi berarti kinerjanya baik karena mampu menurunkan suhu air secara efektif. Dengan rumus sebagai berikut [7] [8]:

$$\Delta R = T_{Hot} - T_{Cold} \quad (1)$$

di mana:

$$\Delta R = Range$$

T_{Hot} = Temperatur air masuk

T_{Cold} = Temperatur air keluar

2. Approach

Approach adalah perbedaan antara temperatur air keluar dan temperatur *wet bulb ambient*. Semakin rendah approach semakin baik kinerja *Cooling Tower*. Approach merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja *Cooling Tower*. Dengan rumus sebagai berikut [9]:

$$\Delta App = T_{Cold} - T_{wb} \quad (2)$$

di mana:

$$\Delta App = Approach$$

T_{Cold} = Temperatur air keluar

T_{wb} = Temperatur bola basah

3. Efisiensi

Efisiensi adalah perbandingan antara *range* dan *range ideal*. Untuk mengetahui apakah nilai *efektivitas* baik atau tidak, maka dapat dilihat dari selisihnya, yaitu apabila semakin tinggi makan dapat dikatakan bahwa nilai *efektivitas* nya adalah baik, dan sebaliknya apabila selisihnya rendah atau hampir mendekati maka dapat dikatakan bahwa nilai *efektivitas* nya kurang baik [10].

$$\eta = 100\% \left(\frac{T_{Hot} - T_{Cold}}{T_{Hot} - T_{wb}} \right)$$

dimana:

η = Efisiensi

T_{Hot} = Temperatur air masuk

T_{Cold} = Temperatur air Keluar

T_{wb} = Temperatur Wet Bulb

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan perhitungan Range Approach dan efisiensi Cooling Tower Unit 2., selanjutnya akan disajikan hasil perhitungan dalam bentuk tabel evaluasi nilai Range, Approach, dan Efisiensi:

Tabel 3: Hasil Perhitungan *Cooling Tower* Unit 2 pada saat

Cuaca Kemarau

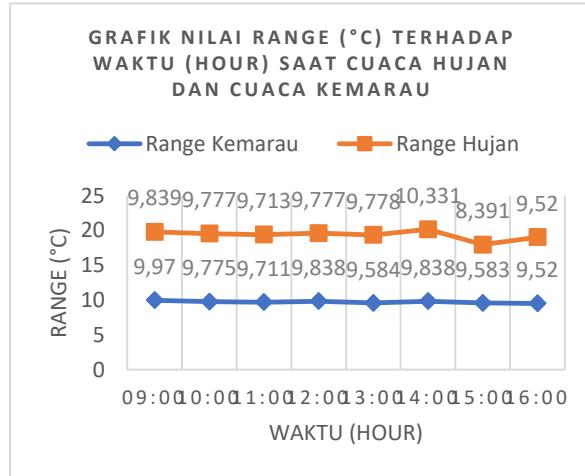
jam	T_{Hot} (°C)	T_{Cold} (°C)	T_{wb} (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	Efisiensi (%)
9:00	54.83	44.86	26.85	9.97	18.01	35.63
10:00	54.893	45.118	26.95	9.775	18.168	34.98
11:00	55.02	45.309	28.2	9.711	17.109	36.21
12:00	54.893	45.055	26.85	9.838	18.205	35.08
13:00	54.639	45.055	28.2	9.584	16.855	36.25
14:00	54.703	44.865	28.3	9.838	16.565	37.26
15:00	54.448	44.865	28.35	9.583	16.515	36.72
16:00	54.512	44.992	28.3	9.52	16.692	36.32

Tabel 4: Hasil Perhitungan *Cooling Tower* Unit 2 pada saat Cuaca Hujan

jam	Thot (°C)	Tcold (°C)	Twb (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	Efisiensi (%)
9:00	55.338	45.499	26.65	9.839	18.849	34.30
10:00	55.402	45.625	28	9.777	17.625	35.68
11:00	55.275	45.562	26.55	9.713	19.012	33.81
12:00	55.529	45.752	28	9.777	17.752	35.52
13:00	55.72	45.942	24.05	9.778	21.892	30.87
14:00	55.703	45.372	24.05	10.331	21.322	32.64
15:00	53.559	45.168	24.05	8.391	21.118	28.44
16:00	54.385	44.865	25.9	9.52	18.965	33.42

selanjutnya akan disajikan hasil perhitungan dalam bentuk grafik evaluasi nilai Range, Approach, dan Efisiensi:

1. Evaluasi Nilai Range



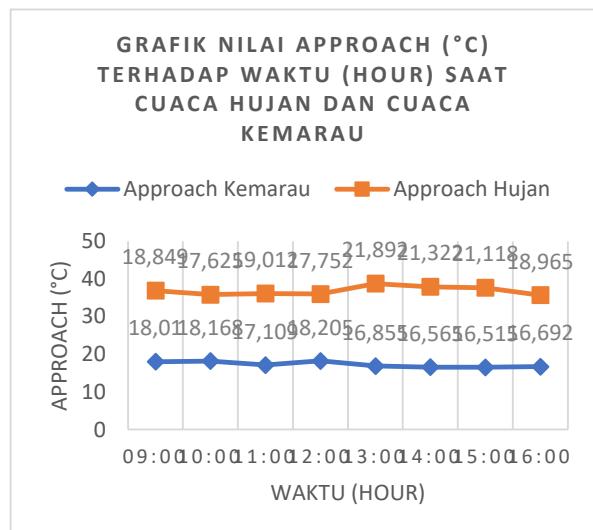
Gambar 1. Grafik Evaluasi Nilai *Range* saat Cuaca Hujan dan Kemarau

Dari gambar dapat dilihat kinerja *cooling tower* yang diambil pada pagi hari sampai sore hari pada saat cuaca hujan dan kemarau. terjadi kenaikan dan penurunan pada tiap jamnya, kenaikan dan penurunan pada tiap jamnya dapat mempengaruhi kinerja *cooling tower* itu sendiri. Dapat dilihat dari grafik yang menunjukkan kenaikan rata-rata terjadi pada siang hari yaitu saat teriknya matahari. dan grafik yang menunjukkan penurunan rata-rata

terjadi pada saat pagi dan sore hari dikarenakan suhu sekitar yang lebih rendah dibandingkan siang hari. Gambar menunjukkan nilai *Range* tertinggi pada Cuaca kemarau yaitu pada pagi hari di jam 09:00 sebesar 9.97 °C dan nilai *Range* terendah berada pada siang hari di jam 16:00 yaitu sebesar 9.52 °C. Sedangkan pada Cuaca Hujan Nilai *Range* tertinggi didapat pada siang hari di jam 14:00 yaitu sebesar 10.331 °C dan nilai *Range* terendah berada pada sore hari di jam 15:00 yaitu sebesar 8.391°C. mengalami kenaikan yaitu sebesar 9.97 °C, dikarenakan pada jam tersebut cuaca di lingkungan sekitar *cooling tower* tidak terlalu panas dikarenakan cuaca pagi serta adanya gerimis di sekitar *Cooling Tower* yang menyebabkan temperatur air keluar (*T cold*) *Cooling Tower* pada saat itu lebih rendah. *Range* merupakan selisih temperatur air panas masuk ke dalam *cooling tower* dengan temperatur air dingin keluar *cooling tower*. Hal tersebut dikarenakan nilai range ini dipengaruhi oleh proses *heat rejection* tempat yang menggunakan *cooling tower* yaitu kondensor pada PLTGU PT. Mitra Energi Batam.

2. Evaluasi Nilai Approach

Gambar 2 menunjukkan grafik nilai approach. Approach merupakan selisih dari temperatur air yang keluar dari *cooling tower* dengan temperatur wet-bulb ambient.

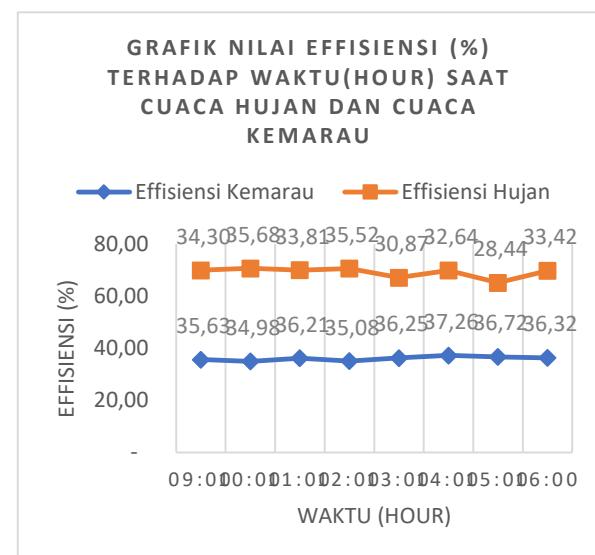


Gambar 2. Grafik Evaluasi Nilai *Approach* saat Cuaca Hujan dan Kemarau

Semakin rendah nilai approach dapat dikatakan semakin baik kerja menara pendingin. Temperatur masuk menara pendingin yang tidak beraturan menyebabkan grafik pada approach juga mengalami naik turun yang tidak teratur. Gambar menunjukkan nilai Approach tertinggi pada Cuaca Kemarau yaitu pada jam 12:00 sebesar 18,205°C dan nilai approach terendah pada jam 15:00 yaitu sebesar 16.515°C. Sedangkan pada Cuaca Hujan nilai Approach tertinggi berada pada jam 13:00 yaitu sebesar 21.892°C dan nilai Approach terendah berada pada jam 10:00 yaitu sebesar 17.625 °C. Tinggi rendahnya nilai approach dipengaruhi oleh kinerja menara pendingin dan suhu lingkungan. nilai approach harus selalu dipantau terus dikarenakan approach merupakan indikator lebih baik untuk menentukan kinerja menara pendingin. Approach ini menunjukkan kemampuan pendinginan cooling tower dan nilai approach ini berbanding terbalik dengan kinerja cooling tower. Parameter approach dapat dikatakan dalam kondisi baik jika selisih antara temperatur air yang keluar dari cooling tower dengan temperatur wet-bulb ambient tidak terlalu jauh. Faktor lain yang dapat menyebabkan selisih approach yang tinggi adalah kondisi pada bagian fill atau fill. Menurut pihak PLTGU PT. Mitra Energi Batam, air laut pada musim hujan cenderung lebih kotor karena mengandung lumpur atau lebih keruh. Kotoran ini dapat mengendap pada bagian fill yang menyebabkan proses perpindahan panas menjadi tidak maksimal.

3. Evaluasi Nilai Efisiensi

Gambar 3 merupakan grafik Efisiensi yang dapat menunjukkan kondisi baik atau tidaknya Cooling Tower Unit 2 di PLGTU PT. Mitra Energi Batam.



Gambar 3. Grafik Evaluasi Nilai Efisiensi saat Cuaca Hujan dan Kemarau

Efisiensi cooling tower dapat diketahui setelah mengetahui perhitungan antara nilai Range dan (Thot-Twb), bila perbandingan nilai Efisiensi nya semakin tinggi maka dapat disimpulkan bahwa kerja cooling tower dalam mendinginkan air masih baik. Naik dan turunnya nilai Efisiensi juga dipengaruhi oleh temperatur lingkungan yang dimana pada Cuaca kemarau temperatur pada pagi hari sekitar (54 -55 °C), siang hari (54 °C), dan sore hari (54.4 – 54.5 °C) dan pada Cuaca Hujan temperatur pada pagi hari sekitar (55.3 – 55.4°C), siang hari (55.5 – 55.7 °C), sore hari (53.5 – 54.3 °C). Perbedaan tersebut dapat dilihat dari grafik efisiensi yang mengalami kenaikan pada siang hari saat cuaca panas sehingga mengalami kenaikan kinerja cooling tower dan kembali turun saat sore hari saat cuaca maupun temperatur kembali turun, Sehingga temperatur lingkungan dapat mempengaruhi kinerja (Cooling Tower). Berdasarkan grafik tersebut nilai

Efisiensi tertinggi pada Cuaca Kemarau yaitu sebesar 37.26%. Sedangkan nilai Efisiensi terendah pada Cuaca Kemarau yaitu sebesar 34.98%. Berdasarkan grafik tersebut nilai Efisiensi tertinggi pada Cuaca Hujan sebesar 35.68 %. Sedangkan Nilai Efisiensi terendah pada Cuaca Hujan sebesar 28.44 %. Nilai efisiensi tersebut berada di bawah efisiensi design condition. Penurunan efisiensi ini dapat diakibatkan oleh usia dari cooling tower yang telah beroperasi sejak tahun 2016 serta perbedaan kondisi temperatur dan kelembapan udara lingkungan di sekitar cooling tower pada saat Cuaca kemarau maupun Cuaca hujan. Oleh karena itu untuk mempertahankan atau meningkatkan kembali performa cooling tower perlu dilakukan pemeliharaan pada setiap peralatan cooling tower Unit 2 secara rutin agar kondisi alat-alat atau komponennya dapat bekerja dengan baik sesuai tujuan dengan lifetime yang direncanakan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan dari analisis pengaruh temperatur terhadap kinerja *Cooling Tower* Unit 2, maka dapat disimpulkan bahwa Nilai *Range* dari Kinerja *Cooling Tower* Unit 2 pada Cuaca kemarau yang Optimal di dapat pada pukul 09:00 sebesar 9.97° dan Nilai *Range* terendah pada Cuaca Kemarau di dapat pada pukul 16:00 sebesar 9.52°. Sedangkan Pada Cuaca Hujan Nilai *Range* dari Kinerja *Cooling Tower* yang Optimal di dapat pada pukul 16:00 sebesar 10.331°C dan Nilai *Range* terendah pada Cuaca Hujan di dapat pada pukul 15:00 sebesar 8.391°C. Jika Nilai *Range* semakin kecil maka kinerja *Cooling Tower* dapat dikatakan baik dan sebaliknya. Untuk Nilai *Approach* pada Cuaca kemarau yang optimal di dapat pada pukul 12:00 sebesar 18.205°C dan nilai terendah di dapat pada pukul 15:00 sebesar 16.515°C. Nilai *Approach* pada Cuaca hujan yang optimal di dapat pada pukul 13:00 sebesar 21.892°C dan nilai terendah berada pada pukul 10:00 sebesar 17.625°C. Untuk Efisiensi pada *Cooling Tower* Unit 2 pada Cuaca

Hujan sebesar 28.44% sampai 35.68%, sedangkan pada Cuaca Kemarau efisiensinya antara 34.98% sampai 37.26%

Daftar Pustaka

- [1] "MITRA ENERGI BATAM – Medco Power Indonesia." <https://medcopower.co.id/id/project/mitra-energi-batam/> [accessed Dec. 10, 2023].
- [2] Pratiwi, N. P., Nugroho, G., & Hamidah, N. L. (2014). Analisa kinerja cooling tower induced draft tipe lbc w-300 terhadap pengaruh temperatur lingkungan. *Jurnal Teknik Pomits*, 7(7), 1-6.
- [3] Fauzi, D. A., & Rudiyanto, B. (2016). Analisa Performa Menara Pendingin Pada PT Geo Dipa Energi Unit Dieng. *Politeknik Negeri Jember*.
- [4] Muhsin, A., & Pratama, Z. (2018). Analisis Efektivitas Mesin Cooling Tower Menggunakan Range and Approach. *Opsi*, 11(2), 119-124.
- [5] Saputra, I., & Mursadin, A. (2021). ANALISIS TEMPERATUR LINGKUNGAN TERHADAP KINERJA COOLING TOWER DI PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA TBK. P-12 TARJUN KALIMANTAN-SELATAN. *JTAM ROTARY*, 3(2), 159-172.
- [6] Rahman, R., & Mursadin, A. (2022). ANALISIS KINERJA COOLING TOWER MENGGUNAKAN METODE RANGE DAN APPROACH DI PLTU ASAM-ASAM. *JTAM ROTARY*, 4(2), 129-140.
- [7] Melkias, A. (2020). Analisa Performa Pada Cooling Tower Jenis Mechanical Draft Crossflow. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 24-28.
- [8] Sastrawan, I. K. G., & Subagyo, R. (2020). ANALISA PERPINDAHAN PANAS COOLING TOWER (INDUCED DRAFT)

- PLTU I PULANG PISAU (2 x 60 MW). Jtam Rotary, 2(2), 171-182.
- [9] Permana, A., Margana, A. S., & Ayu, W. S. (2023, August). Analisis Efektivitas Cooling Towersebelum Dan Sesudah Perawatan Di Istana BEC Bandung. In Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar (Vol. 14, No. 1, pp. 507-510).
- [10] Amri, K., Melkias, A., & Mashar, A. (2022). ANALISIS PENGARUH MUSIN KEMARAU DAN MUSIM HUJAN TERHADAP KINERJA COOLING TOWER DI PLTU CIREBON UNIT 1. Jurnal Teknik Energi, 11(1), 36-41.