

ANALISIS PERFORMA *COOLING TOWER* T-1201A DAN T-2211A/B PADA UNIT UTILITAS DEPARTEMEN PRODUKSI 1A PT PETROKIMIA GRESIK

Rizmaya Dwilia Rahayu¹, Erika Amalia Putri¹, Yanty Maryanty¹, Very Hidayat²

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

²PT Petrokimia Gresik Jl. Jend. Ahmad Yani, Gresik 61119, Indonesia

rizmayadwiliar@gmail.com ; [\[yanty.maryanty@polinema.ac.id\]](mailto:yanty.maryanty@polinema.ac.id)

ABSTRAK

PT Petrokimia produsen pupuk terbesar di Indonesia yang menghasilkan berbagai jenis pupuk dan bahan kimia untuk solusi agroindustri. Dimana pada salah satu proses pasti membutuhkan *cooling water* yang dihasilkan oleh *cooling tower*. *Cooling tower* merupakan suatu sistem untuk mendinginkan air proses dengan cara pengontakan dengan udara sehingga *temperature* air yang dihasilkan lebih rendah. Pada masa peralihan dari *shut down* alat ke pengoperasian alat kembali, kondisi *cooling tower* masih belum stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *cooling tower* T-1201 A dan T-2211A/B pada unit Utilitas Departemen Produksi 1A PT Petrokimia Gresik. Pengukuran efisiensi *cooling tower* dilakukan dengan menentukan nilai perhitungan *range* dan *approach*. Dimana untuk pengambilan data diantaranya suhu air masuk, suhu air keluar, dan suhu *wetbulb* pada T-1201 A, T-2211 A, dan T-2211 B selama 18 hari. Setelah dilakukan pengambilan *sample*, kemudian dilakukan perhitungan *range* dan *approach* untuk menentukan efisiensi *cooling tower*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja *cooling tower* T-1201 A, T-2211 A, dan T-2211 B pada saat itu memiliki performa yang baik dan masih dapat mendinginkan air secara optimal, karena standar efisiensi alat yaitu sebesar >70%, dengan rata-rata persentase efisiensi secara berturut-turut sebesar 82,5; 78,4; dan 78,8%.

Kata kunci: *approach, efisiensi, range, suhu air, suhu wetbulb.*

ABSTRACT

PT Petrokimia is the largest fertilizer producer in Indonesia which produces various types of fertilizers and chemicals for agro-industry solutions. Where in one of the processes must require cooling water produced by the cooling tower. Cooling tower is a system for cooling process water by contacting with air so that the resulting water temperature is lower. In the transition period from shutting down the tool to operating the tool again, the cooling tower condition is still unstable. This study aims to evaluate the performance of cooling tower T-1201 A and T-2211A/B in the Utility unit of Production Department 1A PT Petrokimia Gresik. Measurement of cooling tower efficiency is carried out by determining the value of range and approach calculations. Where for data collection including incoming water temperature, outgoing water temperature, and wetbulb temperature at T-1201 A, T-2211 A, and T-2211 B for 18 days. After sampling, range and approach calculations are then carried out to determine the efficiency of the cooling tower. The results showed that the performance of cooling towers T-1201 A, T-2211 A, and T-2211 B at that time had good performance and could still cool the water optimally, because the standard efficiency of the equipment was > 70%, with an average percentage efficiency of 82.5; 78.4; and 78.8%.

Keywords: *approach, efficiency, range, water temperature, wetbulb temperature.*

Corresponding author: Yanty Maryanty

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: yanty.maryanty@polinema.ac.id



1. PENDAHULUAN

Industri petrokimia tidak terlepas dari kebutuhan utilitas *steam* dan air. Hal ini tentu erat kaitannya dengan penggunaan *cooling tower* pada tahapan proses tersebut. Air pendingin yang dihasilkan dari *cooling tower* menjadi komponen yang sangat dibutuhkan dalam proses di industri yaitu sebagai media yang digunakan untuk melakukan pertukaran panas antara fluida panas dengan air pendingin [1].

Cooling tower didefinisikan alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang memiliki fungsi mendinginkan air dengan kontak langsung dengan udara [2]. Selama proses pendinginan di dalam menara pendingin sejumlah air pendingin mengalami penguapan, sehingga laju aliran massa air pendingin berkurang. Air yang hilang akibat penguapan akan digantikan oleh air penambah (*makeup water*) [3]. Pada kebanyakan *cooling tower* yang dipakai pada sistem pendinginan udara menggunakan sistem pompa sentrifugal untuk menggerakkan air vertikal melintasi menara [4]. Tujuan penggunaan *cooling tower* untuk meningkatkan efisiensi system proses secara keseluruhan dan mengurangi penggunaan energi. Penggunaan teknologi *cooling tower* ini dianggap sangat penting dalam berbagai industri dalam rangka peningkatan efisiensi dan konservasi energi. Oleh karena itu, pemahaman tentang prinsip kerja ataupun operasi *cooling tower* sangat dibutuhkan dalam berbagai industri [5].

Cooling tower yang ada di Departemen Produksi 1A PT Petrokimia Gresik ada 2 jenis, yaitu *cooling tower counter flow* dan *cooling tower cross flow*. Dimana prinsip *cooling tower* jenis *counter flow* yaitu aliran air yang disemprotkan oleh *nozzle* berlawanan arah dengan aliran air. Udara mengalir ke atas melawan jatuhnya air ke bawah, sedangkan prinsip *cooling tower* jenis *cross flow* yaitu aliran udara diarahkan tegak lurus terhadap aliran air. Aliran udara masuk melalui kisi-kisi *cooling tower* di mana aliran air mengalir tegak lurus dari udara karena pengaruh gravitasi [6].



Gambar 1. *Cooling tower tipe counter flow* di PT Petrokimia Gresik

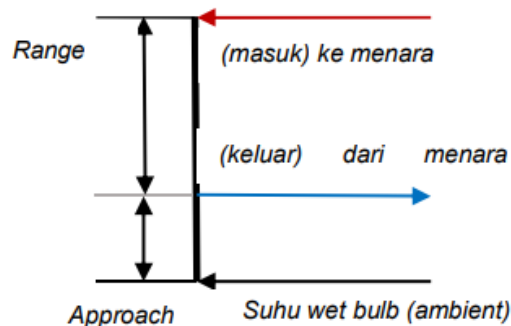


Gambar 2. *Cooling tower tipe cross flow* di PT Petrokimia Gresik

Berdasarkan penelitian Rahman dan Mursadin (2022) mengenai kinerja *cooling tower* di PLTU dihasilkan efektifitas *cooling tower* sebesar 60,95% - 64,71% [6]. Penelitian Wahyu, dkk. (2023) mengenai efisiensi *cooling tower* 32 T 821 pada utilitas II PT Petrokimia Gresik dihasilkan efisiensi kerja *cooling tower* berkisar 65%. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, kinerja *cooling tower* masih beroperasi dengan baik dan masih layak digunakan dalam proses industri [7].

Pengukuran efisiensi dilakukan dengan memperhatikan dua hal penting, yaitu nilai *range* dan nilai *approach*. *Range* merupakan perbedaan atau jarak antar *temperature* air masuk dan keluar *cooling tower*. Sedangkan *approach* adalah perbedaan suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu *wetbulb ambient*, semakin rendah *approach*, maka semakin baik kinerja *cooling tower* [12]. *Range* adalah pengurangan suhu air yang melalui menara pendingin, sedangkan *approach* adalah selisih antar suhu bola basah (*wetbulb*) yang masuk dan suhu air yang keluar. Suhu pada umumnya diukur menggunakan termometer biasa yang sering dikenal seperti bola basah (*wetbulb*) dan suhu bola kering (*drybulb*) adalah suhu yang bolanya diberi kasa basah, jika air menguap dari kasa dan baan suhu pada termometer menjadi rendah daripada suhu bola kering. Saat kelembaban tinggi, penguapan akan berlangsung lambat [9].

Menurut Suhardi (2015) Menara pendingin adalah perangkat yang bertugas sebagai pemindah panas, dimana fluida kerjanya adalah air, dan udara berperan dalam menurunkan suhu air dengan cara berkontak langsung sehingga sebagian kecil air menguap. Umumnya, dalam sistem pendinginan udara, menara pendingin menggunakan pompa sentrifugal untuk mengalirkan air secara vertikal melintasi menara. Efisiensi menara pendingin biasanya diukur dalam *range* dan *approach* seperti yang tergambar pada Gambar 3 [4].



Gambar 3. *Range* dan *approach* pada menara pendingin

Cooling tower mampu menurunkan suhu air lebih dari peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang kalor dengan cara dikontakkan dengan udara yang dilewatkan secara berlawanan arah. Konsumsi air dari suatu sistem *cooling water* hanya sekitar 5% dibandingkan dengan sistem pengaliran air sekali lewat yang telah disebutkan di atas, sehingga merupakan sistem yang paling ekonomis dari segi konservasi air. Selain itu, jumlah air panas yang terbuang (*blowdown*) sangatlah kecil, sehingga efek terhadap ekologi juga sangat minim [7]. Penggunaan *cooling tower* dapat meningkatkan efisiensi sistem proses secara keseluruhan dan mengurangi penggunaan energi, sehingga biaya yang akan dikeluarkan jauh lebih murah. Selain itu, suhu sekitar pada saat pabrik dalam keadaan *shut down* masih belum stabil (suhu naik turun). Oleh sebab itu pada studi ini akan dilakukan analisis mengenai efisiensi *cooling tower* untuk mengetahui kinerja *cooling tower* di departemen Produksi 1A PT Petrokimia Gresik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode observasi secara langsung untuk mendapatkan data-data khusus yang akan diolah dalam perhitungan. Data tersebut didapatkan dari *logsheet Distributed Control System (DCS)* Unit Utilitas 1A Departemen Produksi 1A selama 18 hari yaitu:

1. Suhu air yang masuk *cooling tower*
2. Suhu air yang keluar *cooling tower*
3. Suhu udara *wetbulb*

Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan perhitungan dengan cara:

2.1. Perhitungan *Range*

Yaitu perbedaan antara suhu air yang masuk dengan suhu air yang keluar *cooling tower* dapat dilihat pada persamaan (1) [8].

$$range(^{\circ}\text{C}) = \text{suhu air yang masuk} (^{\circ}\text{C}) - \text{suhu air yang keluar} (^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

2.2. Perhitungan *Approach*

Yaitu perbedaan antara suhu air yang keluar dengan suhu udara *wetbulb* dapat dilihat pada persamaan (2) [8].

$$approach (^{\circ}\text{C}) = \text{suhu air yang keluar} (^{\circ}\text{C}) - \text{suhu wetbulb} (^{\circ}\text{C}) \quad (2)$$

2.3. % efisiensi

Merupakan perbandingan antara *range* dan *range* ideal. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efisiensi pendinginan suatu menara pendingin dapat dilihat pada persamaan (3) [15].

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh diantaranya suhu air masuk, suhu air keluar, dan suhu *wetbulb* pada T-1201 A, T-2211 A/B selama 18 hari yang dicantumkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Data suhu masuk, suhu keluar, dan suhu *wetbulb* pada T-1201 A

Hari ke-	<i>Water</i>		<i>T wetbulb</i> (°C)	<i>Range</i> (°C)	<i>Approach</i> (°C)	% Efisiensi
	<i>T in</i> (°C)	<i>T out</i> (°C)				
1	39,3	31,8	29,6	7,5	2,2	77,3
2	39,2	31,4	30,0	7,8	1,4	84,8
3	39,8	31,4	30,0	8,4	1,4	85,7
4	40,2	31,3	29,7	8,9	1,6	84,8
5	39,8	31,0	29,3	8,8	1,7	83,8
6	41,4	31,6	29,7	9,8	1,9	83,8
7	41,0	31,4	29,9	9,6	1,5	86,5
8	42,0	32,0	29,7	10,0	2,3	81,3
9	42,1	32,0	29,6	10,1	2,4	80,8
10	41,8	31,8	29,4	10,0	2,4	80,6
11	42,0	32,0	29,8	10,0	2,2	82,0
12	42,0	31,6	29,6	10,4	2,0	83,9
13	42,0	32,0	29,8	10,0	2,2	82,0
14	41,9	31,9	29,5	10,0	2,4	80,6
15	42,4	31,9	29,6	10,5	2,3	82,0
16	41,9	31,8	29,3	10,1	2,5	80,2
17	42,0	32,0	29,8	10,0	2,2	82,0
18	42,6	31,8	29,7	10,8	2,1	83,7

Tabel 2. Data suhu masuk, suhu keluar, dan suhu *wetbulb* pada T-2211 A

Hari ke-	<i>Water</i>		<i>T wetbulb</i> (°C)	<i>Range</i> (°C)	<i>Approach</i> (°C)	% Efisiensi
	<i>T in</i> (°C)	<i>T out</i> (°C)				
1	40,4	32,8	29,6	7,6	3,2	70,4
2	40,3	32,9	29,3	7,4	3,6	67,3
3	40,8	33,2	29,2	7,6	4,0	65,5
4	40,0	31,6	29,0	8,4	2,6	76,4
5	40,1	31,2	28,8	8,9	2,4	78,8
6	41,0	31,6	29,7	9,4	1,9	83,2
7	40,9	31,8	29,2	9,1	2,6	77,8
8	41,7	31,6	29,5	10,1	2,1	82,8
9	40,8	31,2	29,0	9,6	2,2	81,4
10	41,8	31,8	29,6	10,0	2,2	82,0
11	41,9	32,0	29,7	9,9	2,3	81,1
12	42,0	31,7	29,0	10,3	2,7	79,2
13	42,0	31,8	29,6	10,2	2,2	82,3
14	42,1	32,0	29,6	10,1	2,4	80,8
15	42,3	32,0	29,8	10,3	2,2	82,4
16	42,3	32,1	29,5	10,2	2,6	79,7

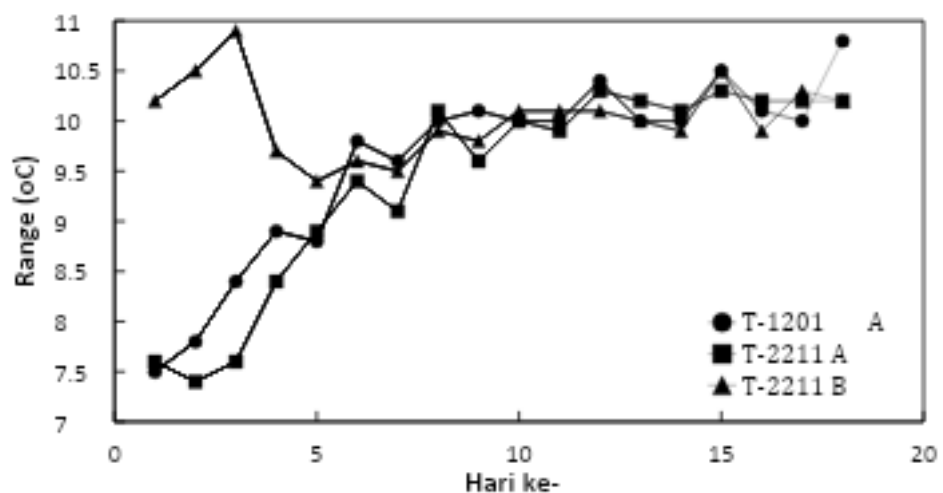
Hari ke-	Water		T wetbulb	Range	Approach	% Efisiensi
17	42,2	32,0	29,6	10,2	2,4	81,0
18	42,6	32,4	29,8	10,2	2,6	79,7

Tabel 3. Data suhu masuk, suhu keluar, dan suhu *wetbulb* pada T-2211 B

Hari ke-	Water		T wetbulb (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	% Efisiensi
	T in (°C)	T out (°C)				
1	43,2	33,0	29,2	10,2	3,8	72,9
2	43,6	33,1	29,2	10,5	3,9	72,9
3	44,0	33,1	29,2	10,9	3,9	73,6
4	42,6	32,9	29,2	9,7	3,7	72,4
5	41,8	32,4	29,1	9,4	3,3	74,0
6	41,4	31,8	29,4	9,6	2,4	80,0
7	41,6	32,1	29,3	9,5	2,8	77,2
8	41,8	31,9	29,2	9,9	2,7	78,6
9	41,4	31,6	29,6	9,8	2,0	83,1
10	42,0	31,9	29,5	10,1	2,4	80,8
11	42,1	32,0	29,6	10,1	2,4	80,8
12	41,9	31,8	29,5	10,1	2,3	81,5
13	41,9	31,9	29,6	10,0	2,3	81,3
14	41,4	31,5	29,3	9,9	2,2	81,8
15	42,2	31,7	29,4	10,5	2,3	82,0
16	41,8	31,9	29,6	9,9	2,3	81,1
17	42,3	32,0	29,8	10,3	2,2	82,4
18	42,3	32,1	29,6	10,2	2,5	80,3

3.1. Range

Perhitungan *range* menggunakan rumus dapat dilihat pada Gambar 4:

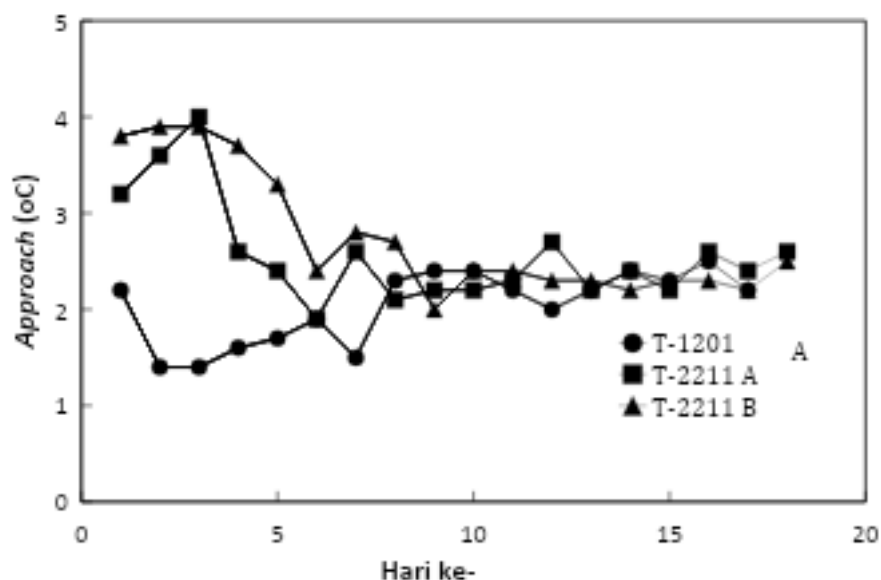


Gambar 4. Grafik hubungan antara nilai *range* pada T-1201 A, T-2211 A dan T-2211 B terhadap waktu pengamatan

Nilai *range* menunjukkan kemampuan *cooling tower* dalam menurunkan temperatur air, sehingga jika *range* semakin tinggi maka kinerja *cooling tower* semakin bagus [10]. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai *range* tinggi, hal ini dikarenakan menara pendingin masih bisa mendinginkan temperatur air dengan baik dan kerja pendinginannya juga baik. *Range* merupakan perbedaan antara suhu air yang masuk dengan suhu air yang keluar. Nilai *range* dalam satuan ($^{\circ}\text{C}$) diperoleh dari temperatur air masuk ($^{\circ}\text{C}$) – temperatur air keluar ($^{\circ}\text{C}$). Nilai *range* tertinggi pada T-1201 A yaitu pada hari ke 18 sebesar $10,8^{\circ}\text{C}$; pada T-2211 A yaitu hari ke 12 dan 15 sebesar $10,30^{\circ}\text{C}$; dan pada T-2211 B yaitu hari ke 3 sebesar $10,9^{\circ}\text{C}$. Sedangkan nilai *range* terendah pada T-1201 A yaitu hari ke 1 sebesar $7,50^{\circ}\text{C}$; pada T-2211 A yaitu hari ke 2 sebesar $9,40^{\circ}\text{C}$; dan pada T-2211 B yaitu hari ke 5 sebesar 2°C . Hal tersebut sudah sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa rentang *range* yang dihasilkan sekitar 10°C - 15°C [12].

3.2. Approach

Perhitungan *approach* menggunakan rumus dapat dilihat pada Gambar 5:



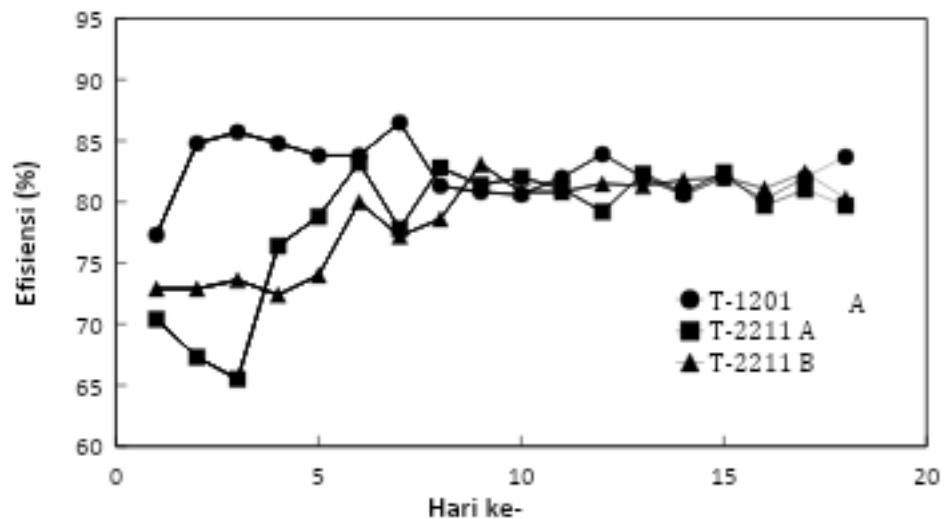
Gambar 5. Grafik hubungan antara nilai *approach* T-1201 A, T-2211 A dan T-2211 B terhadap waktu pengamatan

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai *approach* rendah, hal tersebut dipengaruhi oleh kinerja dari *cooling tower* dan temperatur lingkungan yang baik. Semakin rendah nilai *approach* yang diperoleh, maka dapat dikatakan kerja menara pendingin semakin baik karena temperatur air yang keluar mendekati nilai temperatur *wetbulb* yang masuk. Nilai *approach* dalam satuan ($^{\circ}\text{C}$) diperoleh dari temperatur air keluar ($^{\circ}\text{C}$) – temperatur *wetbulb* ($^{\circ}\text{C}$). Temperatur masuk menara pendingin yang tidak beraturan menyebabkan grafik pada *approach* mengalami naik turun yang tidak teratur juga. Nilai *approach* tertinggi pada T-1201 A yaitu hari ke 16 sebesar $2,50^{\circ}\text{C}$; pada T-2211 A yaitu hari ke 3 sebesar 4°C ; dan pada T-2211 B yaitu hari ke 2 sebesar $3,9^{\circ}\text{C}$. Sedangkan nilai *approach* terendah pada T-1201 A yaitu

hari ke 2 sebesar 1,40°C; pada T-2211 A yaitu hari ke 6 sebesar 1,90°C; dan pada T-2211 B yaitu hari ke 9 sebesar 2°C. Nilai *approach* yang semakin kecil menunjukkan kinerja *cooling tower* yang semakin baik karena temperatur air yang keluar mendekati nilai temperatur *wetbulb* yang masuk [11].

3.3. Efisiensi

Perhitungan % efisiensi menggunakan rumus dapat dilihat pada Gambar 6:



Gambar 6. Grafik hubungan antara nilai persentase efisiensi T-1201 A, T-2211 A dan T-2211 B terhadap waktu pengamatan

Efisiensi adalah perbandingan antara nilai *range* dengan nilai *range + approach*, dengan kata lain temperatur air masuk *cooling tower* dengan temperatur *wetbulb*. Semakin tinggi perbandingan tersebut, maka semakin tinggi efektivitas pendinginan suatu menara pendingin [8]. Untuk mengetahui apakah nilai efektivitas baik atau tidak, maka dapat dilihat dari selisihnya, apabila semakin tinggi maka dapat dikatakan bahwa nilai efektivitasnya adalah baik, dan sebaliknya apabila selisihnya rendah atau hampir mendekati maka dapat dikatakan bahwa nilai efektivitasnya kurang baik [14].

Berdasarkan Gambar 5 didapatkan rata-rata % efisiensi bahwa *cooling tower* T-1201 A, T-2211 A, dan T-2211 B berturut-turut sebesar 82,5; 78,4; dan 78,8%. Dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa *cooling tower* tersebut masih memiliki performa yang baik, karena standar efisiensi alat yaitu sebesar 70-90% [7]. Performa menara pendingin dievaluasi untuk membahas *range* dan *approach* pada nilai rancangan, identifikasi area pemborosan energi, dan juga untuk sarana perbaikan [14].

Kinerja terbaik berdasarkan Gambar 5 diperoleh pada hari ke 6, 7 dan 9. Hal tersebut dikarenakan nilai *approach* yang dihasilkan kecil, sehingga menyebabkan nilai efisiensi menjadi besar. Naik dan turunnya nilai *range*, *approach* dan efisiensi sangat dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, kinerja *cooling tower*, serta temperatur air sirkulasi proses yang masuk ke dalam *cooling tower*. Semakin tinggi temperatur air sirkulasi proses yang masuk, maka efisiensi proses pendinginan di

dalam *cooling tower* semakin rendah karena proses pendinginan tidak maksimal. Hal ini menyebabkan temperatur keluar *cooling tower* tidak mencapai temperatur yang diinginkan [12]. Temperatur air kondensat yang masuk ke dalam *cooling tower* memengaruhi efektivitas proses pendinginan, dimana aliran air kondensat yang masuk pada *cooling tower* akan mengalami kontak langsung dengan udara pendingin (*direct contact*) sehingga udara pendingin akan menyerap panas dari air kondensat sehingga air akan mengalami penurunan suhu. Hal tersebut sudah sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa rentang *approach* yang dihasilkan $2^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$. Semakin tinggi temperatur air kondensat yang masuk, semakin rendah efektivitas proses pendinginan [13].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis, evaluasi kinerja *cooling tower* yang ada di Departemen Produksi IA PT Petrokimia Gresik didapatkan hasil efisiensi yaitu sebesar $>70\%$, dengan rata-rata persentase efisiensi secara berturut-turut sebesar 82,5; 78,4; dan 78,8%. Naik dan turunnya nilai *range*, *approach*, dan efisiensi sangat dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, kinerja *cooling tower*, dan temperatur air sirkulasi proses yang masuk ke dalam *cooling tower*. Semakin tinggi rasio, maka efisiensi akan semakin tinggi. Selain itu pada *cooling tower* juga bisa mengalami *losses water* yang disebabkan karena adanya air yang terbawa ke udara saat proses pendinginan.

Hal yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan pemeliharaan dan pengujian terhadap semua komponen dari *cooling tower* secara berkala untuk mendapatkan nilai efisiensi *cooling tower* yang lebih baik.

REFERENSI

- [1] A. Z. Zakawali, "Penambahan Water Coolant Pada Cooling Tower Tipe Counter Flow," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 1, no. 2, hal. 85–92, 2019.
- [2] J. M. Walangitan, C. Bujung, dan F. Tumimomor, "Analisis Performa Menara Pendingin Mechanical Induced Draught Aliran Counterflow Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit 5," *Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya*, vol. 2, no. 2, hal. 100–104, 2021.
- [3] O. F. Homzah, "Analisa Performasi Pada Menara Pendingindengan Menggunakan Analisis Eksergi," *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. 2, no. 1, hal. 23–28, 2014.
- [4] R. S. Putra, dan C. Soekardi, "Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower Pada Fluida Di Mesin Injeksi Plastik," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, hal. 19–25, 2015.
- [5] T. Aprianti, E. D. Priyantama, dan F. I. Tanuwijaya, "Menghitung Efisiensi dan Losses Cooling Tower Refinery Perusahaan Minyak Goreng," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 24, no. 3, hal. 81–83, 2018.
- [6] R. Rahman dan A. Mursadin, "Analisis Kinerja Cooling Tower Menggunakan Metode Range Dan Approach Di PLTU Asam-Asam," *JTAM: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa*, vol. 4, no. 2, 2022.
- [7] S. Wahyu, A. Mustain, dan M. A. Rizky, "Analisa Perhitungan Efisiensi Cooling Tower 32 T 821 Pada Utilitas Produksi II B PT Petrokimia Gresik," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 1, hal. 114–119, 2023.

- [8] A. Muhsin dan Z. Pratama, "Analisis Efektivitas Mesin Cooling Tower Menggunakan Range and Approach," *OPSI: Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 11, no. 2, hal. 119-124, 2018.
- [9] Y. Handoyo, "Analisis Performa Cooling Tower LCT 400," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 3, no. 1, hal. 38–52, 2018.
- [10] S. Wuryanti, "Peningkatan Efektivitas Cooling Tower dengan Metoda Air High Speed," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 10, no. 1, hal. 40–43, 2021.
- [11] F. P. Pratama, D. L. Setyawan, dan M. E. Ramadhan, "Analisis Unjuk Kerja Cooling Tower Induced Draft Counter Flow Dengan Bahan Pengisi Asbes," *Rotor: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 14, no. 1, hal. 35, 2021.
- [12] P. Ahluriza dan N. Sinaga, "Review Pengaruh Range Dan Approach Terhadap Efektivitas Cooling Tower di PT IP," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Universitas Pendidikan Ganesha*, vol. 9, no. 2, hal. 134–142, 2021.
- [13] P. Ahluriza dan N. Sinaga, "Review Pengaruh Range Dan Approach Terhadap Efektivitas Cooling Tower Unit 2 Di PT Indonesia Power Kamojang," *Journal Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, hal. 141–149, 2021.
- [14] M. Alfian, L. O. A. Barata, dan N. M. Meliana, "Sistem Pendingin Pada Induced Draft Counter flow Cooling Tower," *PISTON: Jurnal Teknologi*, vol. 7, no. 2, hal. 29–34, 2023.
- [15] A. Nurrahman, Z. Furqon, F. A. Hamid, dan M. I. A. Haritsah, "Efisiensi Kinerja Cooling Tower di Unit Pengolahan Air di PT. X. Sukowati," *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, vol. 8, no. 1, 2024.