

Research Paper

Evaluasi Kinerja *Cooling Tower Type Induced Draft Counter Flow* Pada Sirkulasi Air Jernih Industri Baja

Performance Evaluation of Cooling Tower Type Induced Draft Counter Flow in Steel Industry Clear Water Circulation

Muh. Azis Albar. J^{*a}, Asrina^a, Ardiansah^a, Irhamni Nuhardin^b

^aProgram Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik Industri Logam Morowali, Jalan Poros Trans Sulawesi, Desa Labota, Kecamatan Bahodopi, Morowali Indonesia.

^bProgram Studi Mesin Otomotif, Politeknik Dewantara, JL. KH. Ahmad Razak 2, No.7 Kelurahan Binturu, Kecamatan Wara Selatan, Kota Palopo, Sul-Sel Indonesia.

Artikel Histori : Submitted 25 April 2024, Revised 11 May 2024, Accepted 25 May 2024, Online 31 May 2024

 <https://doi.org/10.33096/jcpe.v9i1.732>

ABSTRAK: *Cooling tower* merupakan alat yang digunakan untuk melakukan penurunan temperatur air yang berasal dari area proses serta mengemisikan panas ke atmosfer. Pada proses produksi baja, sistem pendinginan sangat dibutuhkan dalam proses pencucian gulungan. *Coling tower* yang digunakan adalah *type Induced Draft Counter Flow*. Fungsi *cooling tower* ini yaitu memproses air panas yang berasal dari area proses untuk didingin sehingga dapat dipergunakan kembali. *Cooling tower* memiliki peranan yang sangat penting pada proses produksi oleh karena itu *cooling tower* harus memiliki kinerja yang efektif. Mengingat usia *cooling tower* telah lebih dari lima tahun maka perlu dilakukan evaluasi kinerja dari *cooling tower* tersebut untuk melihat seberapa besar penurunan kinerja *cooling tower* tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *cooling tower* dengan cara menghitung nilai *range*, *approach*, *efektivitas*, *kapasitas*, *evaporation loss*, *drift loss*, *blow down* dan *make up water*. Dari hasil perhitungan kinerja *cooling tower* didapatkan nilai *range* sebesar 6,9°C–8,7°C, nilai *approach* sebesar 2,3–3°C, nilai *efektivitas* sebesar 71,96–78,70%, nilai *kapasitas* sebesar 8,10 m³/jam –10,26 m³/jam, dan nilai *make up water* sebesar 38,16 – 47,60 m³/jam. Berdasarkan hasil yang diperoleh telah mengalami penurunan kinerja sehingga perlu dilakukan perbaikan untuk memperoleh kinerja yang baik kembali.

Kata Kunci: *Cooling tower*; *Drift loss*; *Evaporation loss*; *Induced draft counter flow*; *Temperatur*

ABSTRACT: *Cooling tower* is a tool used to reduce the temperature of water coming from the process area and emit heat into the atmosphere. In the steel production process, a cooling system is needed in the roll washing process. The colling tower used is a type of *Induced Draft Counter Flow*. The function of this cooling tower is to process hot water coming from the process area to be cooled so that it can be reused. *Cooling tower* has a very important role in the production process, therefore *cooling tower* must have effective performance. Given that the age of the cooling tower has been more than five years, it is necessary to evaluate the performance of the cooling tower to see how much the decline in cooling tower performance. This study aims to evaluate the performance of cooling tower by calculating the value of *range*, *approach*, *effectiveness*, *capacity*, *evaporation loss*, *drift loss*, *blow down* and *make up water*. From the calculation of cooling tower performance, a *range* value of 6.9°C - 8.7°C, an *approach* value of 2.3 - 3°C, an *effectiveness* value of 71.96 - 78.70%, a *capacity* value of 8.10 m³ / hour - 10.26 m³ / hour, and a *makeup water* value of 38.16 - 47.60 m³ / hour. Based on the results obtained, there has been a decrease in performance so that improvements need to be made to obtain good performance again.

Keywords: *Cooling tower*; *Drift loss*; *Evaporation loss*; *Induced draft counter*; *Temperature*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya yang melimpah, namun belum menjadi bangsa maju sebab terbatasnya teknologi dalam pengelolaan sumber daya alam [1]. Indonesia memiliki sektor industri yang berpotensi memberikan nilai tambah bagi tanah air, hanya perlu penambahan teknologi terbaru untuk menghasilkan lebih banyak keuntungan [2]. Industri sendiri merupakan kelompok unit usaha yang menyediakan produk dan jasa [3]. Dalam dunia industri sangat dibutuhkan peralatan penunjang seperti mesin produksi skala besar. Pada

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI) Makassar- Sulawesi Selatan
e-mail : jcpe@umi.ac.id

Corresponding Author *
azis@pilm.ac.id



suatu industri, mesin mengeluarkan panas (*heat*) sebagai hasil samping pengoperasian mesin, sehingga diperlukan suatu sistem pendingin agar tetap dapat berjalan. Sistem pendingin pada mesin dibutuhkan untuk dapat bekerja secara maksimal dan tidak memperlambat suatu produksi. Alat yang dibutuhkan industri untuk memecahkan masalah ini disebut mesin pendingin (*cooling tower*) [4]. *Cooling tower* ialah suatu alat penukar panas yang fungsi utamanya mendinginkan air kondensor yang bersentuhan langsung dengan udara sekitar secara konveksi paksa menggunakan kipas [5]. Struktur menara pendingin terdiri dari sistem pompa, tangki, kipas angin, nosel dan komponen lainnya [6]. *Cooling tower* banyak dipergunakan di berbagai bidang industri seperti otomotif, pembangkit listrik di embangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) untuk sistem pendinginan air [7][8] dan juga pada proses industri gulungan baja [9]. Sebagai alat penukar kalor, fluida kerja *cooling tower* adalah air dan udara yang berfungsi menurunkan temperatur air dengan cara menyentuhkannya ke udara agar separuh dari air itu berubah menjadi uap [10], sehingga panas yang terlepas dari *cooling tower* merupakan panas yang dilepaskan oleh air [11]. Transfer kalor di *cooling tower* terjadi dari air ke udara dengan mekanisme kerja yaitu perpindahan dan pelepasan kalor [12], dimana sebagian air menguap dan dilepaskan ke atmosfer dengan bantuan udara [13].

Pada proses produksi baja, *cooling tower* sangat dibutuhkan, agar dapat mengefisienkan penggunaan air [14]. Seperti di Perseroan Terbatas (PT) Indonesia Ruipu Nickel dan Chrome Alloy (IRNC) sistem pendinginan (*cooling tower*) yang digunakan adalah tipe *induced draft* dengan aliran berlawanan (*counter flow*). Pada tipe ini, udara dihisap oleh kipas yang terletak di bagian atas tower. Selaras dengan itu, air dialirkan dari bagian bawah tower dan mengalir dengan arah berlawanan atau "counter flow" terhadap aliran udara [15]. Dengan sistem seperti itu, memberi keuntungan dengan adanya aliran berlawanan antara air dan udara, yang memungkinkan perbedaan suhu yang signifikan dan meningkatkan efisiensi transfer panas. Posisi kipas di atas tower juga memberikan manfaat tambahan dengan mengurangi risiko kontaminasi udara dari sekitar tower, serta mencegah masuknya hujan atau benda asing yang mungkin mengganggu proses pendinginan [16].

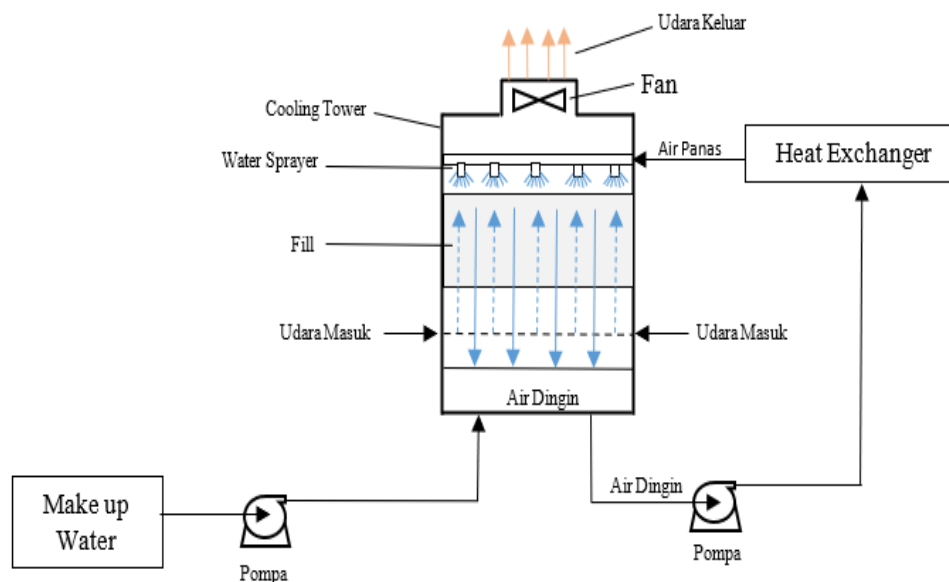
Cooling tower yang beroperasi di PT IRNC sudah beroperasi selama lebih dari lima tahun, sehingga diperlukan untuk melakukan analisis kinerja agar mengetahui efektivitas operasi dari menara pendingin tersebut. Untuk menganalisis kinerja *cooling tower tipe induced draft counter flow* dilakukan dengan menghitung nilai efektivitas, kapasitas dan besarnya kehilangan air akibat evaporasi (*make up water*) [17]. Dalam menganalisis performa *cooling tower* diperlukan untuk mengukur parameter range, approach, efektivitas pendingin, *blow down*, kapasitas pendingin, *drift loss*, *evaporation loss*, dan total kehilangan air (*make up water*) [7]. Jika *cooling tower* tidak efektif dalam mendinginkan air yang mengalir dengan baik, maka suhu air ideal pun tidak akan tercapai. Akibatnya suhu di dalam tangki reaktor akan meningkat, yang dapat berakibat penghentian operasi [18].

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti melakukan analisis kinerja *cooling tower tipe induced draft counter flow* pada sirkulasi air jernih industri baja agar dapat mengetahui efektifitas kinerja mesin dan memberikan informasi serta solusi bagi operasional kegiatan produksi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur terkait topik penelitian kemudian dilanjutkan dengan observasi dan pengambilan data. Setelah data diperoleh, dilakukan pengolahan data melalui *Microsoft Excel* dan perhitungan manual. Penelitian ini bersifat kuantitatif dan dilakukan selama 30 hari di PT. IRNC, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah.

Alat yang dipakai pada penelitian ini adalah *cooling tower tipe induced draft counter flow*, higrometer putar yang digunakan untuk mengukur wet bulb atau suhu bola basah, termogun yang digunakan untuk mengukur suhu air masuk (air panas) dan alat-alat lainnya.



Gambar 1. Skema kerja cooling tower tipe induced draft counter flow.

2.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah suhu air masuk, suhu air keluar dan suhu bola basa pada cooling tower. Pengambilan data suhu dilakukan selama 30 hari dengan 12 kali pengambilan data perharinya yaitu pada pukul 00:00, 02:00, 04:00, 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, dan 22:00 Wita. Pengambilan data suhu air keluar diambil dari *control room*. Pengambilan data suhu air masuk dan suhu bola basah, dilakukan dengan observasi langsung ke lapangan. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat higrometer putar dan thermogun.

2.2 Metode Analisis Data

Tabel 1. Parameter Yang Akan Diukur

No.	Parameter	Satuan
1	Temperatur bola basah/wet bulb (T_{wb})	°C
2	Temperatur air masuk (T_{in})	°C
3	Temperatur air keluar (T_{out})	°C
4	Debit Air (Q_{air})	m ³ /jam

Setiap data dari parameter yang diperoleh setiap harinya dihitung *range*, *aproach*, efektivitas, kapasitas pendingin, *evaporation loss*, *drift loss*, *blown down* dan *make up water*. Nilai *range* dapat diketahui nilainya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Range = T_{in} - T_{out} \quad \dots\dots\dots (1) \quad [19]$$

Nilai *approach* dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Approach = T_{out} - T_{wb} \quad \dots\dots\dots (2) \quad [19]$$

Nilai Efektivitas pendinginan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Efektivitas (\eta) = \frac{range}{approach + range} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3) \quad [20]$$

Sementara nilai kapasitas pendingin dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kapasitas pendingin (Q)} = 0.00085 \times \text{Laju sirkulasi} \times \Delta T \dots\dots\dots (4) \text{ [21]}$$

Nilai *evaporation loss* dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\text{Evaporation loss (We)} = 0.00085 \times 1.8 \text{ laju sirkulasi} \times \Delta T \dots\dots\dots (5) \text{ [22]}$$

Nilai *drift loss* dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\text{Drift loss (Wd)} = 0.2\% \times \text{laju sirkulasi} \dots\dots\dots (6) \text{ [22]}$$

Nilai *blow down* dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\text{Blow down (Wb)} = \frac{W_e}{S - 1} \dots\dots\dots (7) \text{ [22]}$$

Nilai *make up water* dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\text{Make up water} = W_e + W_d + W_b \dots\dots\dots (8) \text{ [22]}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah 30 hari melakukan pengumpulan data temperatur bola basah, temperatur air masuk, temperatur air keluar dan debit air, data tersebut kemudian dianalisis dan disajikan dalam tabel berikut.

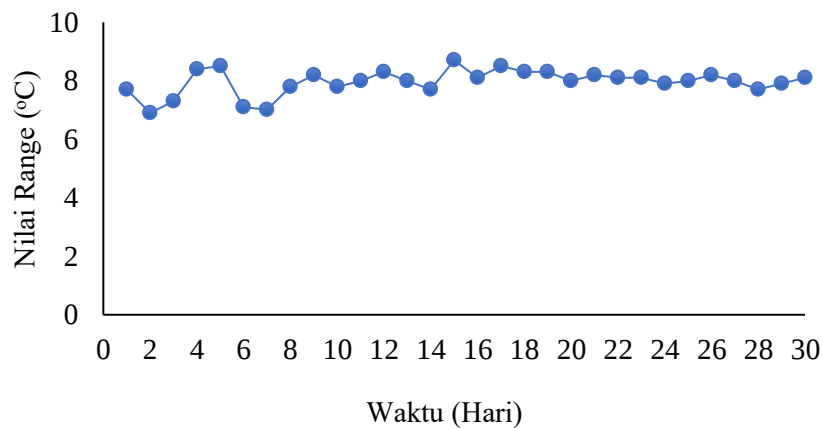
Tabel 2. Hasil analisis data parameter-parameter *Cooling tower* pada sirkulasi air jernih

Hari Ke	Range (°C)	Approach (°C)	Efektivitas (%)	Kapasitas (m ³ /jam)	Evaporation Loss (m ³ /jam)	Drift Loss (m ³ /jam)	Blow Down (m ³ /jam)	Make up water (m ³ /jam)
1	7.7	2.9	72.64	9.19	16.54	2.81	23.62	42.97
2	6.9	2.5	73.40	8.10	14.58	2.76	20.82	38.16
3	7.3	2.8	72.27	8.74	15.73	2.81	22.47	41.01
4	8.4	2.5	77.06	9.99	17.98	2.79	25.68	46.45
5	8.5	2.4	77.98	10.10	18.18	2.79	25.97	46.94
6	7.1	2.5	73.95	8.36	15.04	2.77	21.48	39.29
7	7	2.7	72.16	8.29	14.92	2.78	21.31	39.01
8	7.8	2.5	75.72	9.22	16.59	2.78	23.7	43.07
9	8.2	2.5	76.63	9.78	17.60	2.80	25.14	45.54
10	7.8	2.7	74.28	9.24	16.63	2.78	23.75	43.16
11	8	2.5	76.19	9.43	16.97	2.77	24.24	43.98
12	8.3	2.6	76.14	9.86	17.74	2.79	25.34	45.87
13	8	2.7	74.76	9.42	16.95	2.77	24.21	43.93
14	7.7	2.5	75.49	9.10	16.38	2.78	23.4	42.56
15	8.7	2.6	76.99	10.26	18.46	2.77	26.37	47.60
16	8.1	2.6	75.70	9.27	17.24	2.78	24.62	44.64
17	8.5	2.3	78.70	10.01	18.01	2.77	25.72	46.50
18	8.3	2.3	78.30	9.78	17.60	2.77	25.14	45.51
19	8.3	2.5	76.85	9.83	17.69	2.78	25.27	45.74
20	8	2.4	76.92	9.49	17.08	2.79	24.4	44.27
21	8.2	2.7	75.22	9.69	17.44	2.78	24.91	45.13
22	8.1	2.8	74.31	9.58	17.24	2.78	24.62	44.64
23	8.1	2.8	74.31	9.58	17.24	2.78	24.62	44.64
24	7.9	2.7	74.52	9.33	16.80	2.78	24	43.58
25	8	2.7	74.76	9.46	17.04	2.78	24.34	44.16

26	8.2	2.5	76.63	9.68	17.43	2.77	24.9	45.10
27	8	2.8	74.07	9.50	17.11	2.79	24.44	44.34
28	7.7	3	71.96	9.12	16.42	2.78	23.45	42.65
29	7.9	2.8	73.83	9.35	16.83	2.78	24.04	43.65
30	8.1	2.6	75.70	9.57	17.23	2.78	24.61	44.62

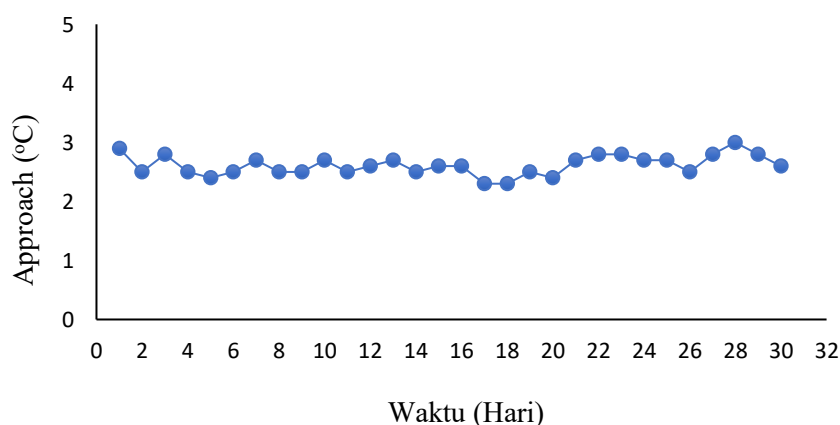
3.1. Analisis nilai efektivitas kinerja *cooling tower* sirkulasi air jernih

Dari tabel 2, dapat terlihat data-data yang dibutuhkan dalam menganalisis efektivitas kinerja *cooling tower*. Tahap awal dalam analisis nilai efektivitas kinerja *cooling tower* adalah dengan menghitung nilai *range*. Data nilai *range* yang diperoleh dapat dipaparkan dalam grafik di bawah ini.



Gambar 2. Grafik hasil perhitungan nilai *Range cooling tower* sirkulasi air jernih

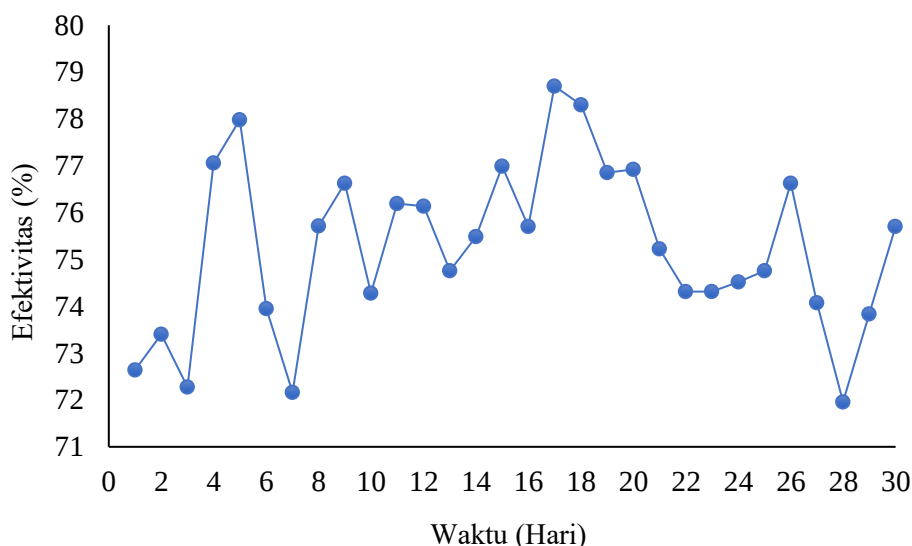
Range adalah selisih temperatur air yang masuk dan keluar dari suatu *cooling tower*. *Range* yang besar menandakan menara pendingin bekerja dengan baik sebab mampu menurunkan temperatur air dengan baik [23]. Nilai *range* yang diperoleh pada hasil perhitungan nilai *range cooling tower* sirkulasi air jernih dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai *range* tertinggi tercapai pada hari ke-15 yaitu sebesar 8,7 °C sedangkan nilai terendah pada hari ke-2 yaitu sebesar 6,9°C dan nilai *range* rata-rata adalah 7,96 °C. Nilai *range* yang berubah-ubah dipengaruhi oleh kondisi cuaca. *Range* akan mengalami kenaikan apabila kondisi cuaca dingin atau musim hujan, dikarenakan suhu udara mengalami penurunan [20]. Nilai *range* sesuai data spesifikasi adalah sebesar 12. Nilai *range* yang diperoleh tidak mencapai nilai pada data spesifikasi, yang menandakan bahwa *Cooling tower* telah mengalami penurunan kinerja dan tidak berfungsi secara optimal.



Gambar 3. Grafik hasil perhitungan nilai *Approach cooling tower* sirkulasi air jernih

Parameter selanjutnya yang dipakai untuk menetapkan efektivitas kinerja *cooling tower* adalah *approach*. *Approach* ialah selisih dari suhu *wet bulb* terhadap temperature air yang keluar dari *cooling tower*. Nilai dari *approach* berlawanan dengan kinerja *cooling tower*. Apabila *approach* semakin rendah, maka bisa diartikan nilainya semakin baik dan begitu pula sebaliknya. Nilai *approach* yang diperoleh pada saat penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai *approach* tertinggi pada hari ke-28 yaitu sebesar 3 °C sedangkan nilai terendah tercapai pada hari ke-17 dan pada hari ke-18 yaitu sebesar 2,3 °C dan nilai *approach* rata-rata ialah 2,6 °C. Nilai *approach* berdasarkan spesifikasi adalah sebesar 2. Parameter *approach* dapat dikatakan dalam kondisi baik jika selisih antara temperatur air yang keluar dari *cooling tower* dengan temperatur *wet bulb* tidak terlalu jauh. Selain itu, bagian *fill* juga merupakan salah satu penyebab tingginya selisih nilai *approach*. Dimana air 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 [21].

Dari hasil pembahasan di atas maka evaluasi terhadap efektivitas kinerja *cooling tower* dapat dilakukan dengan membandingkan nilai *range* dengan nilai *approach* yang telah diperoleh dalam perhitungan tersebut. Hasil perhitungan nilai efektivitas kinerja yang diperoleh dapat dilihat dalam grafik di bawah.



Gambar 4. Grafik hasil perhitungan nilai Efektivitas *cooling tower* sirkulasi air jernih

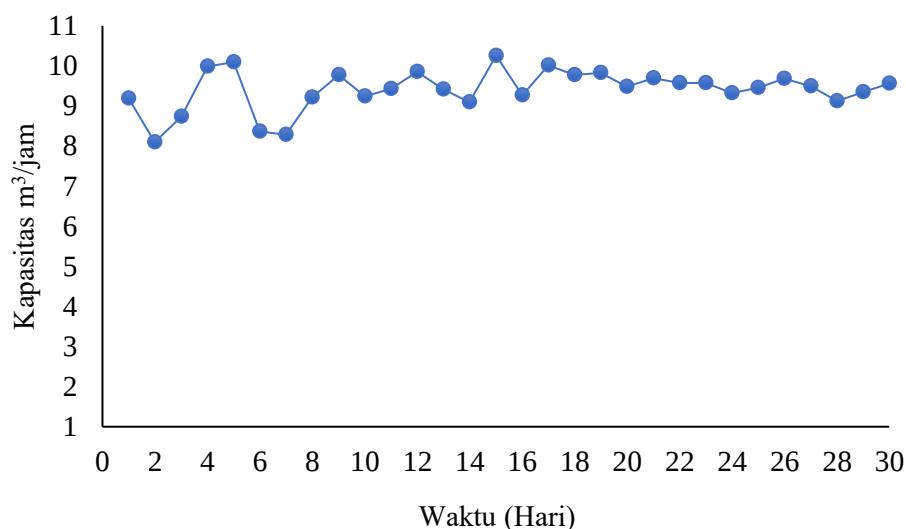
Gambar 4 merupakan grafik efektivitas yang dapat menunjukkan kondisi baik atau tidaknya *Cooling tower* yang diperoleh. Nilai efektivitas tertinggi diperoleh pada hari ke-17 yaitu sebesar 78,70% dan nilai efektivitas terendah pada hari ke-28 sebesar 71,96% dengan rata-rata nilai efektivitas yaitu sebesar 76,19%. Nilai efektivitas tersebut berada dibawah efektivitas data spesifikasi sebesar 85,71% maka *cooling tower* mengalami penurunan efektivitas sebesar 9,52%. Nilai efektivitas menunjukkan seberapa efektif kinerja dari *Cooling tower*. Semakin besar nilai efektivitas, maka semakin baik kinerja *Cooling tower*. Nilai efektivitas dipengaruhi oleh nilai *range* dan *approach*. Selain itu, penurunan efektivitas dapat diakibatkan oleh usia *cooling tower* yang telah beroperasi sejak lama serta perbedaan kondisi temperatur dan kelembaban udara lingkungan disekitar *cooling tower* [24]. Efektivitas tertinggi tercapai pada hari ke-17 dikarenakan nilai *approach* yang rendah dan nilai *range* yang cukup tinggi pada waktu tersebut. Hasil yang diperoleh masih jauh dibandingkan nilai pada data spesifikasi yang menandakan kinerja *Cooling tower* telah mengalami penurunan dan kinerja *cooling tower* kurang optimal dalam menurunkan panas dan perlu dilakukan *maintenance* untuk meningkatkan kinerjanya.

Penurunan efektivitas suatu *cooling tower* juga dipengaruhi oleh korosi, deposit kerak dan pertumbuhan mikrobiologi (jamur dan lumut) [19]. Korosi merupakan suatu proses kelistrikan, suatu proses anodik yang terjadi pada suatu sistem yang dapat terjadi perbedaan, dan adanya oksigen terlarut di lingkungan akan menimbulkan radikal bebas yang sangat bermusuhan dengan logam. Hal ini akan bertambah buruk jika bahan

kimia lain larut dalam lingkungan (air). Semakin besar sistem pendingin maka semakin kecil menara pendinginnya dan jika dibiarkan maka saluran air pendingin akan menjadi tidak dapat digunakan. Selain itu dalam sistem suatu pendingin, interaksi dengan udara hal yang paling penting pada proses transfer panas, hal ini berakibat ada kemungkinan yang sangat besar terjadi kontak dengan mikroorganisme dari udara. Adakalanya lumpur dan mikroorganisme berkontak menghasilkan kerak tebal pada permukaan basin mesin pendingin.

3.2. Analisis nilai kapasitas pendingin dari *cooling tower* sirkulasi air jernih

Selain nilai efektivitas kinerja, nilai kapasitas pendingin juga diperlukan dalam mengevaluasi performa dari *cooling tower*. Kapasitas pendingin merupakan kemampuan *cooling tower* dalam membuang panas ke lingkungan. Nilainya dapat diperoleh dengan mengalikan tetapan kapasitas pendinginan dengan laju sirkulasi dan selisih dari suhu yang masuk dan keluar dari *cooling tower*.

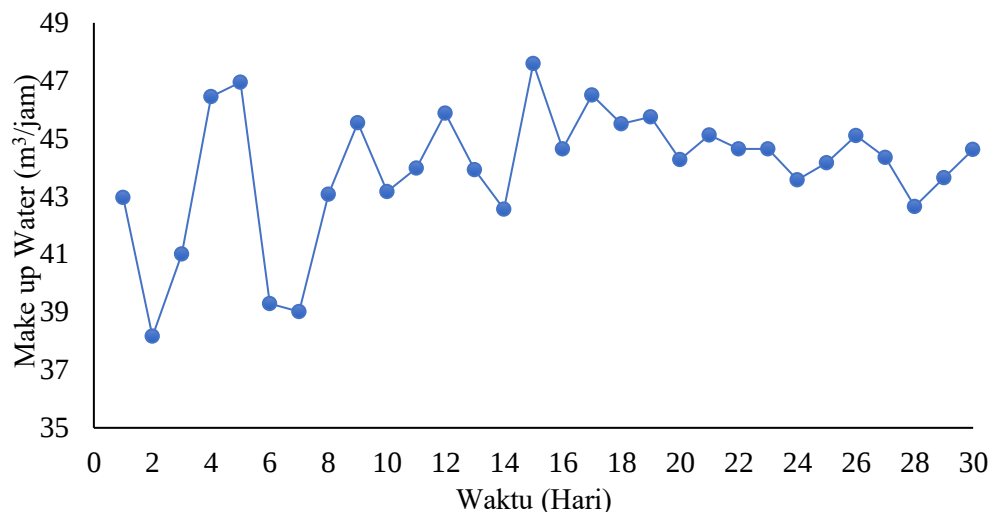


Gambar 5. Grafik hasil perhitungan nilai Kapasitas *cooling tower* sirkulasi air jernih

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai kapasitas pendingin tertinggi yaitu pada tanggal 9 Maret yaitu sebesar 10,26 m³/jam dan yang terendah pada hari ke-2 sebesar 8,10 m³/jam dengan rata-rata nilai kapasitas yaitu sebesar 9,41 m³/jam. Besarnya kapasitas pendingin dipengaruhi oleh nilai *range* dimana pada hari ke-15 nilai *rangennya* tinggi sehingga nilai kapasitas juga tinggi begitupun sebaliknya kapasitas pendingin rendah karena pada hari ke-2 nilai *rangennya* juga rendah. Semakin tinggi perubahan suhu maka kapasitas pendingin semakin tinggi begitupun sebaliknya semakin rendah perubahan suhu (*range*) maka kapasitas pendingin semakin rendah [25]. Diketahui nilai kapasitas data spesifikasi sebesar 15,3 m³/jam, *cooling tower* mengalami penurunan kapasitas sebesar 5,89 m³/jam. Ini menunjukkan kapasitas pendinginan pada *cooling tower* terjadi sedikit penurunan kemampuan dalam pendinginan air.

3.3. Analisis nilai *make up water* dari *cooling tower* sirkulasi air jernih

Parameter terakhir yang menjadi salah satu acuan dalam hal evaluasi performa dari suatu *cooling tower* adalah nilai *Make up water*. *Make up water cooling tower* (kehilangan air dimenara pendingin) yaitu jumlah penambahan laju aliran dikarenakan terjadinya kehilangan air selama proses pendinginan pada *cooling tower*. Nilai *make up water* merupakan hasil penjumlahan dari *evaporation loss*, *drift loss* dan *blow down* [22]. Dimana *Evaporation loss* adalah banyaknya jumlah air yang hilang akibat penguapan, sedangkan *drift loss* ialah kehilangan air yang disebabkan karena pengaruh gerakan fan yang berputar, sementara *blow down* merupakan kehilangan air akibat proses penguapan untuk menurunkan konsentrasi pada sistem.



Gambar 6. Grafik hasil perhitungan nilai *Make up water cooling tower* sirkulasi air jernih

Gambar 6 memperlihatkan grafik make up water hasil analisis yang telah dilakukan. Berdasarkan grafik di atas nilai *make up water* tertinggi yaitu pada hari ke- 15 sebesar 47,60 m³/jam dan nilai make up water terendah yaitu pada hari ke-2 sebesar 38,16 m³/jam dengan rata-rata make up water yaitu sebesar 43,957 m³/jam. Diketahui nilai make up water data spesifikasi sebesar 69,88 m³/jam dan mengalami penurunan sebesar 25.923 m³/jam. Hal ini disebabkan karena pada hari ke-15 nilai *rangeny* tinggi yaitu sebesar 8,7. Nilai *range* berpengaruh terhadap besarnya rugi penguapan, karena semakin banyak jumlah panas yang dibuang dari air maka semakin banyak pula rugi penguapan [20].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kinerja *cooling tower* tipe *induced draft counter flow* pada sirkulasi air jernih di PT. OPQ yang telah dilakukan, diperoleh nilai rata-rata *range* ialah 7,96 °C, nilai rata-rata *approach* adalah 2,6 °C, nilai rata-rata efektivitas pendingin sebesar 76,19 %, nilai rata-rata kapasitas pendingin sebesar 9,41 m³/jam dan nilai rata-rata *make up water* sebesar 43,957 m³/jam. Nilai-nilai itu masih jauh jika dibandingkan dengan nilai pada spesifikasi peralatan, yang menandakan kinerja *cooling tower* telah mengalami penurunan performa sehingga perlu dilakukan *maintenance* untuk meningkatkan kembali kinerjanya. Ke depan diperlukan riset terkait evaluasi faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja *cooling tower*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Ekonomi, K. Bisnis, I. / Fakultas, and B. Dan Ekonomika, "Perkembangan Industri Nasional Menuju Industri Tangguh, 2035 JESHIKA."
- [2] S. Putra, S. Basri, EA Pailis, Analisis Industri Pangan Subsektor Industri Makanan Ringan Kue Bangkit dan Bolu," JOM Fekon, Vol. 4, no. 1, pp.558-569, 2017.
- [3] F. Trisantoso Julianto, "Analisis Pengaruh Jumlah Industri Besar Dan Upah Minimum Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Kota Surabaya," 2016.
- [4] F. Putra Pratama, D. Listyadi Setyawan, and M. E. Ramadhan, "Analisis Unjuk Kerja Cooling Tower Induced Draft Counter Flow Dengan Bahan Pengisi Asbes," 2021.
- [5] N. dan H. Pratiwi, "(Analisa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Fan tipe LBC W-300 Terhadap Pengaruh Temperatur Lingkungan)," *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 7, no. 7, pp. 1–6, 2014.

- [6] R. Amirah, D. Amran, A. A. Tri, and M. Saladin, "Studi Pembuatan Dan Uji Coba Menara Pendingin Untuk Chiller Berbasis Tec Study of Realization and Testing Cooling Tower For Tec Based Chiller".
- [7] Y. Handoyo; Xyz, and T. Bekasi, "Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada PT," 2015. [Online]. Available: <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>
- [8] R. Rahman and A. Mursadin, "Analisis Kinerja Cooling Tower Menggunakan Metode Range Dan Approach Di Pltu Asam-Asam," *JTAM ROTARY*, vol. 4, no. 2, p. 129, Sep. 2022, doi: 10.20527/jtam_rotary.v4i2.6411.
- [9] D. Prayitno, J. Riyono, and C. Budiyo, "Pengaruh Monosodium Glutamat (MSG) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Yang Direndam Dalam Air Bersirkulasi," 2023.
- [10] "196146-ID-analisis-kinerja-cooling-tower-8330-ct01".
- [11] M. M. Patil, S. J. Patil, P. S. Patil, and S. J. Mehta, "Design and Analysis of Cooling Tower," *International Research Journal of Engineering and Technology*, [Online]. Available: www.irjet.net
- [12] T. Keselamatan Operasi Reaktor and A. Aziz Rohman Hakim, "Tinjauan Keselamatan Operasi Reaktor Serba Guna G. A. Siwabessy Setelah Penggantian Menara Pendingin." [Online]. Available: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/bprn>
- [13] A. Effendi, R. Wirza, Dosen, T. Elektro, and M. T. Elektro, "Perencanaan Sistem Scada Cooling Tower Menggunakan Siemens Simatic Step 7 Dan Wincc," 2013.
- [14] K. Ayyam, M. P. Sari, Z. Ma'sum, W. Diah, P. Studi, and T. Kimia, "eUREKA: Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil dan Teknik Kimia," 2018. [Online]. Available: <https://publikasi.unitri.ac.id/index.php/teknik>
- [15] L. Putu *et al.*, "Analisa kinerja cooling tower tipe counter flow induced draft," *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology Journal homepage*, vol. 2, pp. 72–77, 2021, [Online]. Available: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
- [16] E. Novianarenti, G. Setyono, and A. G. Safitra, "Experimental Study of the Performance Characteristic an Induced Draft Cooling Tower with Variates Fillings," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jan. 2019. doi: 10.1088/1757-899X/462/1/012027.
- [17] K. Singh and R. Das, "Simultaneous optimization of performance parameters and energy consumption in induced draft cooling towers," *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 123, pp. 1–13, 2017, doi: 10.1016/j.cherd.2017.04.031.
- [18] M. Awwaluddin, P. Santosa, S. Pusat, and R. Perangkat Nuklir -Batan, "Perhitungan Kebutuhan Cooling Tower Pada Rancang Bangun Untai Uji Sistem Kendali Reaktor Riset," vol. 9, no. 1, 2012.
- [19] E. Kusuma Laksanawati *et al.*, "Desain Rancang Bangun Cooling Tower menggunakan Aplikasi Autocad Skala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang," vol. 6, no. 1, 2022.
- [20] K. Amri, A. A. Melkias, and A. Mashar, "Analisis Pengaruh Musin Kemarau Dan Musim Hujan Terhadap Kinerja Cooling Tower Di Pltu Cirebon Unit 1".
- [21] A. A. Melkias, "Analisa Performa Pada Cooling Tower Jenis Mechanical Draft Crossflow".
- [22] H. Ahmad, F. Balai, B. Teknologi, and K. Struktur -Bppt, "Evaluasi Kinerja Dan Perbaikan Struktur Beton Gedung Pendingin Air Evaluation on The Performance of And Repair of The Concrete Structure Of A Cooling Water Tower."

- [23] R. Rahman and A. Mursadin, “Analisis Kinerja Cooling Tower Menggunakan Metode Range Dan Approach Di Pltu Asam-Asam,” *JTAM ROTARY*, vol. 4, no. 2, p. 129, Sep. 2022, doi: 10.20527/jtam_rotary.v4i2.6411.
- [24] A. S. Anugrah, F. A. Firmansyah, R. A. Ilhamsyah, and M. F. Umam, “Analisis Kinerja Natural Draft Cooling Tower di Unit Kilang Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi,” *Majalah Ilmiah Swara Patra*, vol. 11, no. 1, Mar. 2021, doi: 10.37525/sp/2021-1/270.
- [25] P. Busono and S. Pujiarta, “Analisa Kebutuhan *Make Up Water Cooling Tower* Rsg-Gas Pada Daya 30 Mw Setelah Revitalisasi,” 2020. [Online]. Available: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/bprn>