

**ANALISIS TEMPERATUR LINGKUNGAN TERHADAP KINERJA
COOLING TOWER DI PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA TBK.
P-12 TARJUN KALIMANTAN - SELATAN**

Irwan Saputra¹⁾, Aqli Mursadin²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

Email: irsaputra04041997@gmail.com

Abstract

Cooling work system at PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk Tarjun Plant-12 uses a cooling tower marley fan 3 type mechanical draft, counterflow flow 10.221 m³ / h which functions to cool the output water from the condenser through a nozzle to spray it by spraying some water into the air and discharging it into the atmosphere, so water falls into the water basin through a drift eliminator. Environmental temperature affects the cooling tower performance. The cooler the environment the better the cooling tower performance. The effect of environmental temperature and performance on cooling tower is the discussion in this study. The results of calculations in the study show that the environmental temperature affects the cooling tower performance where in the morning until late afternoon at certain temperatures or weather the cooling tower performance experiences a significant increase and decrease. While the average efficiency, the range and approach from 2016 to 2019 has decreased efficiency by 8.44%, decreasing the range by 1.24 ° C and decreasing the approach by 0.82 ° C.

Keywords : Cooling Tower, Efficiency, Range, Approach

Abstrak

Sistem kerja pendingin di PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk Tarjun Plant-12 menggunakan cooling tower marley fan 3 tipe mechanical draft, counterflow flow 10.221 m³/h yang berfungsi untuk mendinginkan air keluaran dari kondensor melalui nozzle untuk menyemprotkannya dengan menyemprotkan sebagian air ke udara dan mengeluarkannya ke atmosfer, sehingga air jatuh ke bak air melalui eliminator melayang. Suhu lingkungan mempengaruhi kinerja menara pendingin. Semakin dingin lingkungan semakin baik kinerja menara pendingin. Pengaruh suhu lingkungan dan kinerja pada menara pendingin menjadi pembahasan dalam penelitian ini. Hasil perhitungan dalam penelitian menunjukkan bahwa suhu lingkungan mempengaruhi kinerja menara pendingin dimana pada pagi sampai sore hari pada suhu atau cuaca tertentu kinerja menara pendingin 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.

Kata kunci: Menara Pendingin, Efisiensi, Jangkauan, Pendekatan

PENDAHULUAN

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menurunkan temperatur air dari kondensor melalui *nozzle* untuk menyemprotkan air panas berupa spray dengan menguapkan sebagian air ke udara dan sebagian air jatuh ke *water basin* melalui *drif eliminator*.

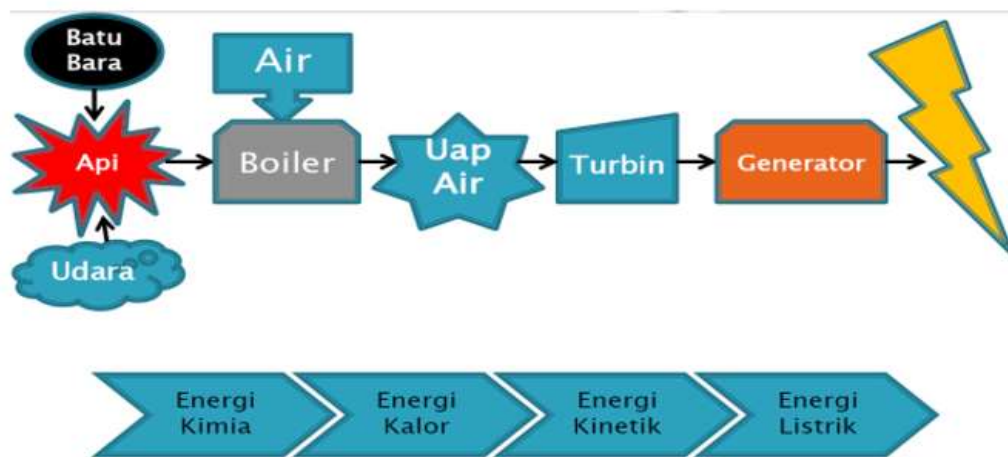
Cooling tower yang digunakan pada permasalahan ini adalah *cooling tower* yang terdapat pada PT. Indocement Tunggul Prakasra Tbk Plant-12 Tarjun yaitu *marley fan 3 type mechanical draf, counterflow flow 10,221 m³/h*. Di mana air keluaran dari kondensor masuk ke *cooling tower* agar temperatur air menurun kemudian ditampung di *water basin* sehingga dapat digunakan kembali untuk melakukan proses pendinginan.

Penelitian sebelumnya membahas tentang analisis kinerja *cooling tower* dengan metode kesetimbangan massa, dimana analisis yang digunakan untuk mensimulasikan proses yang ada di *cooling tower*. Di mana di dapatkan temperatur air keluaran dari *cooling tower* yang berpengaruh pada temperatur (*wet bulb dan dry blub*) yang selalu berubah-ubah. Parameter yang mempengaruhi kinerja *cooling tower*, yaitu : Pengaruh temperatur lingkungan (*wet buld dan dry bulb*), efisiensi, *range* dan *approach* pada *cooling tower*. Sehingga dapat dianalisis pengaruh temperatur lingkungan dan perbandingan kinerja pada sistem *cooling tower*.

Dari penjelasan di atas maka penulis ingin melakukan penelitian analisis temperatur lingkungan terhadap kinerja *cooling tower*.

Proses Konversi Energi

PLTU PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk Plant 12 tarjun merupakan pembangkit listrik dengan bahan bakar utama batu bara yang memanfaatkan uap kering untuk menggerakkan turbin dan selanjutnya turbin akan memutar rotor pada generator sehingga menghasilkan listrik. Pada umumnya proses konversi energi merupakan proses perubahan bentuk dan sifatnya, sehingga bahan kimia yang terdapat pada batu bara akan dikonversi menjadi energi kalor pada proses pembakaran selanjutnya dikonversi menjadi energi berupa uap kering, kemudian dikonversi kembali menjadi energi mekanik berupa putaran turbin yang dapat memutar rotor pada generator sehingga menghasilkan listrik dengan cara mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pembangkit listrik tenaga uap merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan panas hasil pembakaran bahan bakar berupa batu bara dan udara di dalam ruang bakar (*furnace*) yang digunakan untuk memanaskan pipa-pipa pada boiler yang di dalamnya terdapat air atau uap. Proses konversi energi PLTU dapat di lihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Proses Koversi Energi PLTU

Komponen-Komponen Pada Cooling tower

Berikut adalah komponen-komponen pada cooling tower PLTU PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tarjun:

1. *Cooling tower* Adalah alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang berfungsi mendinginkan air dengan mengontakannya keudara sehingga menguapkan sebagian kecil dari air tersebut.
2. *Pipa Conduit*, Berfungsi sebagai tempat untuk mengalirkan air menuju pompa untuk dialirkan ke cooling tower dan kondensor.
3. *Motor*, Berfungsi untuk menggerakan *Cooling Water Pump*.
4. *Cooling Water Pump*, Berfungsi sebagai alat untuk memompa air menuju *cooling tower* dan *condenser*.
5. *Water Basin*, Berfungsi sebagai tempat penampungan air yang berada di *cooling tower*.
6. *Holder*, Berfungsi sebagai penyangga *cooling tower* yang terbuat dari kayu OAK.
7. *Over Flow*, Berfungsi sebagai pengatur level air pada water basin apabila melebihi level yang telah ditentukan.
8. *Blowdown*, Berfungsi sebagai alat untuk menguras air yang sudah terlalu kotor pada *water basin*
9. *Make Up Water*, Berfungsi sebagai penambah air apabila terjadi kekurangan air pada di dalam sistem.
10. *Drift eliminator* Berfungsi untuk menyamakan aliran udara ke bahan pengisi dan menahan air dalam *Cooling tower*.
11. *Nozzle*, Berfungsi untuk menyemprotkan air dari kondensor dengan bentuk sprej menuju *cooling tower*.
12. *Ball Cleaning System*, Berfungsi untuk membersihkan pipa-pipa di dalam kondensor dengan menggunakan bola-bola yang terbuat dari karet dan dikumpulkan di tabung *Ball Collector*, yang kemudian bola-bola tersebut akan mengikuti arus aliran air yang masuk ke pipa-pipa untuk proses pembersihan.

Prinsip Kerja Sistem *Cooling tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk mendinginkan air keluaran dari kondensor di mana sebagian air diuapkan ke udara dan sebagian air di jatuhkan menuju *water basin* melalui *drif eliminator*.

Prinsip kerjanya di mana *fan* menghembuskan udara menuju menara yang berada pada aliran masuk sehingga terjadi kontak secara langsung dengan air yang jatuh. Prestasi pada *cooling tower* dapat dilihat dari hubungan antara *range* dan *approach*.

Range

Range merupakan perbedaan antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. *Range* yang tinggi berarti kinerjanya baik karna mampu menurunkan suhu air secara efektif. (Handoyo, 2015).

Dengan rumus sebagai berikut.

$$\Delta R = T_{hot} - T_{cold} \quad (1)$$

di mana:

$$\Delta R = Range$$

$$T_{hot} = \text{Temperatur air masuk}$$

$$T_{cold} = \text{Temperatur air keluar.}$$

Approach

Approach adalah perbedaan antara temperatur air keluar dan temperatur *wet bulb* ambien. Semakin rendah *approach* semakin baik kinerja menara pendingin. *Approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin. (Handoyo, 2015).

Dengan rumus sebagai berikut.

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

di mana:

$$\Delta App = Approach$$

$$T_{cold} = \text{Temperatur air keluar}$$

$$T_{wb} = \text{Temperatur bola basah.}$$

Efisiensi

Efisiensi adalah perbandingan antara *range* dan *range* ideal. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efisiensi pendinginan pada *cooling tower*. (Handoyo, 2015).

$$\eta = 100 \% \left(\frac{T_{hot} - T_{cold}}{T_{hot} - T_{wb}} \right) \quad (3)$$

di mana:

$$\eta = \text{Efisiensi}$$

$$T_{hot} = \text{Temperatur air masuk}$$

$$T_{cold} = \text{Temperatur air keluar}$$

$$T_{wb} = \text{Temperatur bola basah.}$$

METODE PENELITIAN

1. Metode pengumpulan data

Dalam penelitian ini ada beberapa data primer dan sekunder yang dibutuhkan dalam metode pengumpulan data, tahapan-tahapan untuk menghasilkan nilai kinerja *cooling tower* adalah sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data primer didapat pada pengambilan data lapangan menggunakan alat *Precision Hygro – Thermometer*.
- b. Pengumpulan data sekunder didapat pada komputer kontrol di CCR.
- c. Data yang di dapat berupa *Wet Bulb Temp* (T_{wb}), *Dry Bulb Temp* (T_{db}), *Hot Water Temp* (T_{hot}), dan *Cold Water Temp* (T_{cold}).
- d. Dari data data yang didapat digunakan untuk menghitung nilai *range*, *approach*, dan efisiensi.

Adapun tahap pengumpulan data primer dan sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini dengan cara pengambilan data di lapangan dan observasi langsung pada ruang *control room* di PLTU PT. Indocement Tbk Tarjun *Plant* 12 Kotabaru Kalimantan Selatan, serta wawancara kepada karyawan maupun operator yang bertugas serta studi literature yang berhubungan dengan pengumpulan data yang dibutuhkan dari penulisan skripsi.

2. Metode pengolahan data

Metode pengolahan data pada penelitian ini adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian diolah data dengan cara menghitung secara manual dengan rumus rumus yang mengacu pada BAB II, setelah didapat hasil perhitungan kemudian dapat diketahui pengaruh temperatur pada kinerja *cooling tower* dan dapat dibandingkan kondisi kinerja *cooling tower* dari tahun 2016, 2017, 2018 dan 2019.

3. Metode penelitian

Adapun metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Studi literatur

Pada tahap ini teori-teori serta konsep-konsep penelitian yang telah dikembangkan sebelumnya dan ada hubungannya dengan masalah yang dihadapi dikemukakan sebagai dasar menuju tahapan selanjutnya, studi pustaka dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang akan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang hendak dicapai. Studi yang digunakan mengenai sistem PLTU dan *cooling tower* ini diperoleh dari sumber beberapa buku maupun jurnal yang di dapat di internet.

b. Pengumpulan data

Pengumpulan data merupakan sebuah prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang diperlukan. Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan mendata dan mencatat seluruh media yang menjadi objek penelitian. Data-data yang diperlukan antara lain Temperatur air masuk *cooling tower*, Temperatur air keluaran *cooling tower*, Temperatur *dry bulb* dan Temperatur *wet bulb* serta data lain yang mendukung penyusunan skripsi ini.

c. Pengolahan data

Data yang telah didapat kemudian dikumpulkan agar dapat dilakukan perhitungan dalam penelitian skripsi ini.

d. Pengambilan kesimpulan

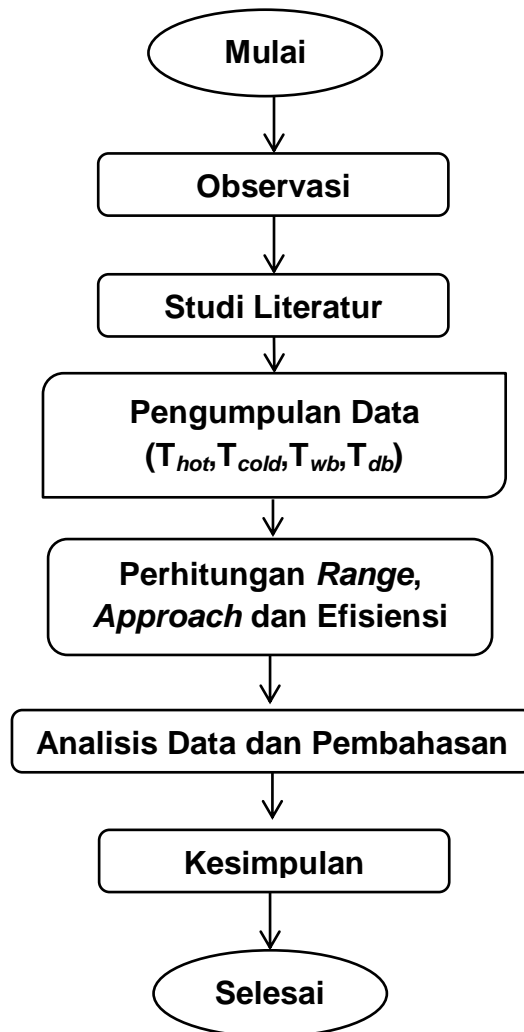
Dari hasil analisa data yang didapat selanjutnya dapat diambil kesimpulan mengenai pengaruh temperatur sekitar dan kinerja *cooling tower* di PLTU PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk P-12 Tarjun.

Variable Penelitian

Sebagai langkah awal dalam melakukan sebuah penelitian, kita harus menentukan tujuan inti yang akan diteliti. Dalam penelitian ini parameter data yang akan diamati yaitu temperatur air masuk ke *cooling tower* (T_{hot}), temperatur air keluar (T_{cold}), temperatur *Dry Bulb* (T_{db}) dan *temperatur wet bulb* (T_{wb}).

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perhitungan

1. Efisiensi Cooling tower

Berikut adalah perhitungan efisiensi *cooling tower* :

$$\eta = \left(\frac{T_{hot} - T_{cold}}{T_{hot} - T_{wb}} \right) \times 100\%$$

Contoh Perhitungan Efisiensi diambil pada tanggal 30 Agustus 2016.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{46,84 - 31,40}{46,84 - 26,90} \times 100\% \\ &= \frac{15,44}{19,94} \times 100\% \\ &= 0,7743 \times 100\% \\ &= 77,43\% \end{aligned}$$

Jadi, Efisiensi pada tanggal 30 Agustus 2016 sebesar 77,43%.

2. Range Cooling tower

$$\Delta R = T_{hot} - T_{cold}$$

Contoh Perhitungan *Range* diambil pada tanggal 30 Agustus 2016.

$$\begin{aligned} \Delta R &= 46,84 - 31,40 \\ &= 15,44^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, *Range* pada tanggal 30 Agustus 2016 yaitu : 15,44°C

3. Approach Cooling tower

$$\Delta_{app} = T_{cold} - T_{wb}$$

Contoh Perhitungan *Approach* diambil pada tanggal 30 Agustus 2016.

$$\begin{aligned} \Delta_{app} &= 35,20 - 26,90 \\ &= 8,30^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, *Approach* diambil pada tanggal 30 Agustus 2016 yaitu : 8,30°C

Data Pengamatan *Cooling tower*

Data yang diperoleh merupakan data temperatur air masuk ke *cooling tower* (T_{hot}), Temperatur air keluar (T_{cold}), Temperatur *dry bulb* (T_{db}) dan Temperatur *wet bulb* (T_{wb}) yang diambil pada *cooling tower* PLTU PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk P-12 Tarjun pada bulan April–Mei. Data ini merupakan data harian *cooling tower* pada rata-rata pagi hari, siang hari dan sore hari. Data berikut adalah pengambilan data yang dilakukan selama 9 jam dalam satu hari dari 21 hari pengambilan data. Data temperatur *cooling tower* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengamatan *cooling tower*

Tanggal	Jam	$T_{wb}(^\circ\text{C})$	$T_{db}(^\circ\text{C})$	$T_{cold}(^\circ\text{C})$	$T_{hot}(^\circ\text{C})$
24/04/2019 Rabu	08:00	25,24	28,74	32,40	44,20
	09:00	25,37	28,75	32,90	44,30
	10:00	25,38	28,79	32,90	44,60
	11:00	25,70	28,90	32,60	44,00
	12:00	26,42	29,10	33,10	44,50
	13:00	26,69	29,44	33,30	45,20
	14:00	25,69	28,76	32,80	44,40
	15:00	25,39	28,67	33,50	47,20

16:00	25,37	28,33	33,60	46,10
-------	-------	-------	-------	-------

Data Hasil Perhitungan *Cooling tower*

Adapun data hasil perhitungan yang diperoleh pada cooling tower PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. P-12 Tarjun Kalimantan – Selatan pada tanggal 24 April-12 Mei dilihat dalam waktu 9 jam selama satu hari pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil perhitungan *cooling tower*

Tanggal	Jam	T_{wb} (°C)	T_{db} (°C)	T_{cold} (°C)	T_{hot} (°C)	Range (°C)	Approach h (°C)	Efisiensi (%)
24/04/2019 Rabu	08:00	25,24	28,74	32,4	44,2	11,8	7,16	62,23629
	09:00	25,37	28,75	32,9	44,3	11,4	7,53	60,22187
	10:00	25,38	28,79	32,9	44,6	11,7	7,52	60,87409
	11:00	25,7	28,9	32,6	44	11,4	6,9	62,29508
	12:00	26,42	29,1	33,1	44,5	11,4	6,68	63,0531
	13:00	26,69	29,44	33,3	45,2	11,9	6,61	64,28957
	14:00	25,69	28,76	32,8	44,4	11,6	7,11	61,99893
	15:00	25,39	28,67	33,5	47,2	13,7	8,11	62,81522
	16:00	25,37	28,33	33,6	46,1	12,5	8,23	60,29908

Berikut merupakan data hasil pengamatan selama tiga tahun terakhir dari tahun 2016 sampai dengan 2018 secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 3 - Tabel 5.

Tabel 3. Data hasil pengamatan kinerja *cooling tower* tahun 2018

No	T_{wb} (°C)	T_{db} (°C)	T_{hot} (°C)	T_{cold} (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	Efisiensi (%)
1	26,40	25,33	48,40	34,91	13,93	9,47	65,59
2	24,30	32,63	43,54	32,01	10,93	6	56,47
Minimum	24,30	32,63	43,54	32,01	10,93	6	56,47
Maximum	26,40	25,33	48,40	34,91	13,93	9,47	65,59
Average	25,63	28,63	46,18	33,83	12,33	8,20	60,11

Tabel 4. Data hasil pengamatan kinerja *cooling tower* tahun 2017

No	T_{wb} (°C)	T_{db} (°C)	T_{hot} (°C)	T_{cold} (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	Efisiensi (%)
1	26,20	30,30	45,20	32,60	12,60	6,40	66,32
2	26,20	30,30	45,20	35,40	9,80	9,20	51,58
3	26,20	30,30	45,20	33,40	11,80	7,20	62,11
Minimum	26,20	30,30	45,20	32,60	9,80	6,40	51,58
Maximum	26,20	30,30	45,20	35,40	12,60	9,20	66,32
Average	26,20	30,30	45,20	33,80	11,40	7,60	60,00

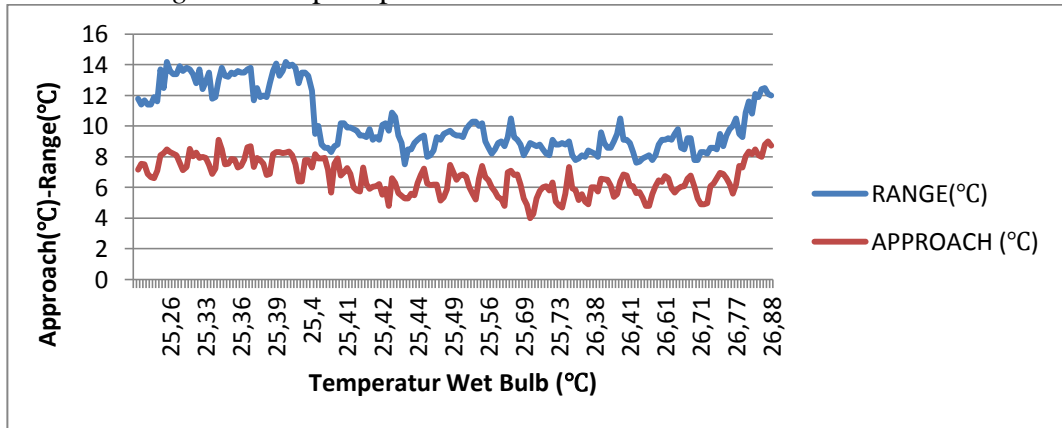
Tabel 5. Data hasil pengamatan kinerja *cooling tower* tahun 2016

No	T_{wb} (°C)	T_{db} (°C)	T_{hot} (°C)	T_{cold} (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	Efisiensi (%)
1	26,90	30,00	46,84	35,20	11,64	8,30	58,38
2	26,90	30,00	46,84	34,80	12,04	7,90	60,38

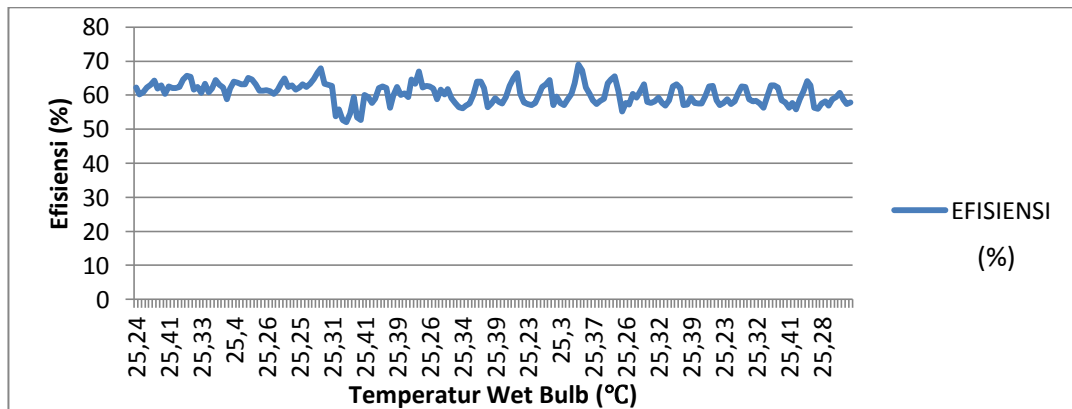
3	26,90	30,70	46,84	31,40	15,44	4,50	77,43
Minimum	26,90	30,00	46,84	31,40	11,64	4,50	58,38
Maximum	26,90	30,70	46,84	35,20	15,44	8,30	77,43
Average	26,90	30,03	46,84	33,80	13,04	6,90	65,40

Grafik Analisis Cooling Tower

Berdasarkan dari perhitungan yang telah dilakukan selanjutnya dibuat grafik analisis *cooling tower* seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Grafik Kinerja Range dan Approach Cooling tower

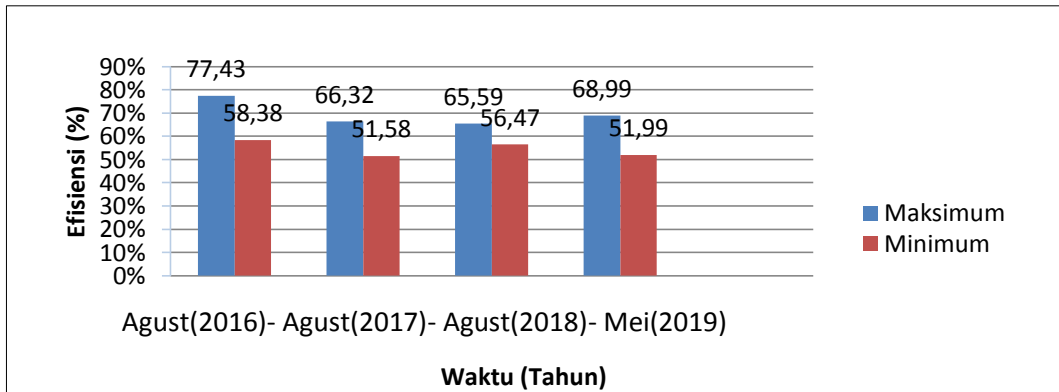


Gambar 4. Grafik Efisiensi Cooling Tower

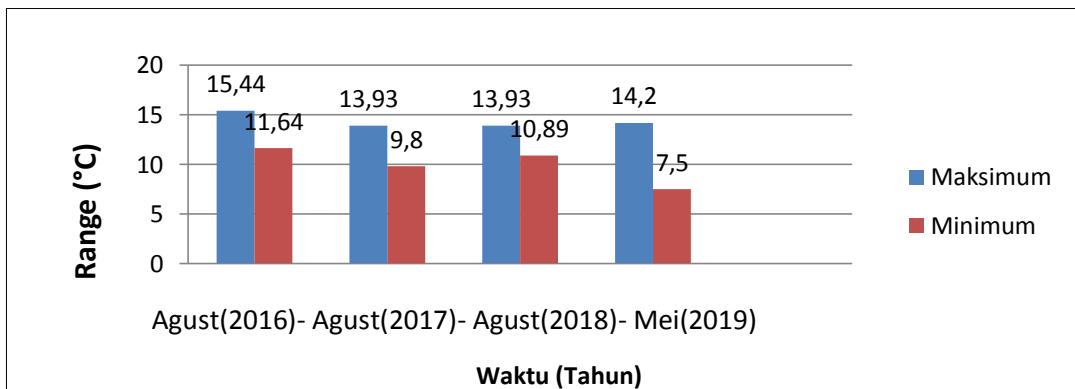
Dari Gambar 3 dan 4 dapat dilihat kinerja *cooling tower* yang diambil pada saat pagi hari sampai sore hari dalam waktu 3 minggu terjadi kenaikan dan penurunan *range*, *approach* maupun efisiensi pada tiap jamnya, kenaikan dan penurunan pada tiap jamnya dapat mempengaruhi kinerja *cooling tower* itu 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.

Grafik Kinerja Cooling tower

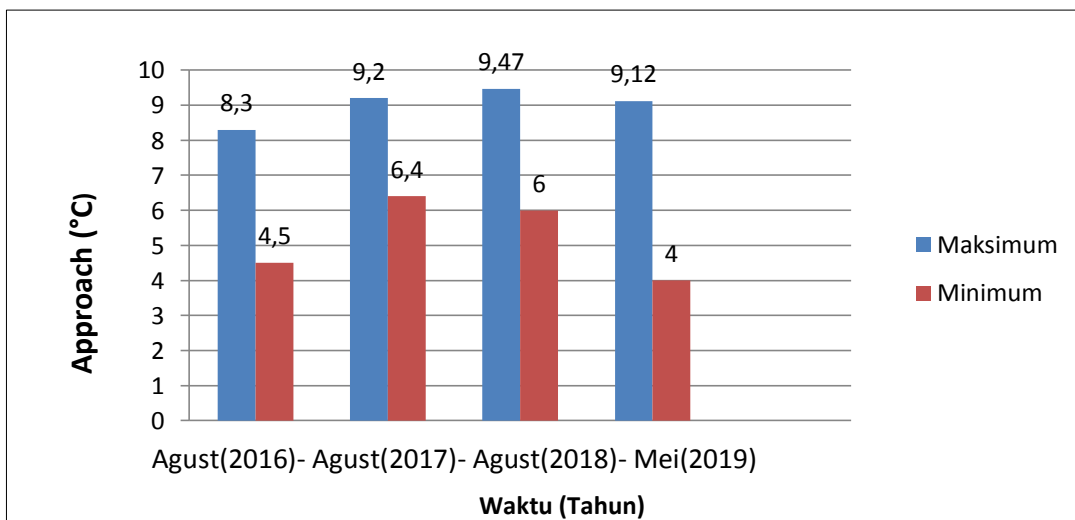
Berdasarkan dari data perhitungan dan pengamatan, dapat dibuat grafik kinerja *Cooling tower* pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 5. Grafik Efisiensi *Cooling Tower*



Gambar 6. Grafik *Range Cooling Tower*



Gambar 7. Grafik *Approach Cooling Tower*

Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa efisiensi maksimum tertinggi terdapat pada tahun 2016 sebesar 77,43% dan efisiensi maksimum terendah sebesar 65,59% terdapat pada tahun 2018. Sedangkan efisiensi minimum tertinggi terdapat pada tahun 2016 sebesar 58,38% dan efisiensi minimum terendah terdapat pada tahun 2017 sebesar 51,58%.

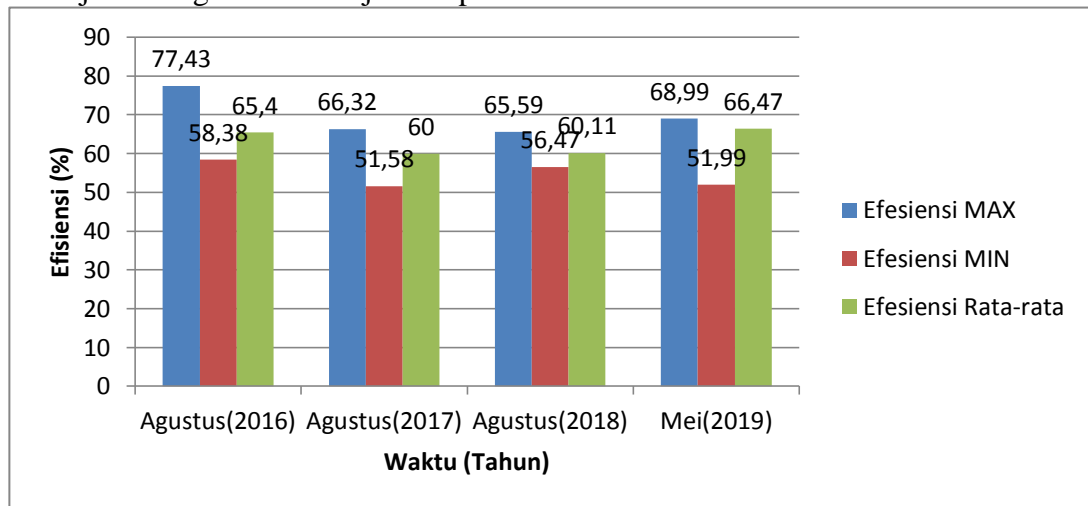
Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa *range* maksimum tertinggi terdapat pada tahun 2016 sebesar 15,44°C dan *range* maksimum terendah terdapat pada

tahun 2018 sebesar 13,93°C. Sedangkan *range* minimum tertinggi terdapat pada tahun 2016 sebesar 11,64°C dan *range* minimum terendah terdapat pada tahun 2019 sebesar 7,5°C pada.

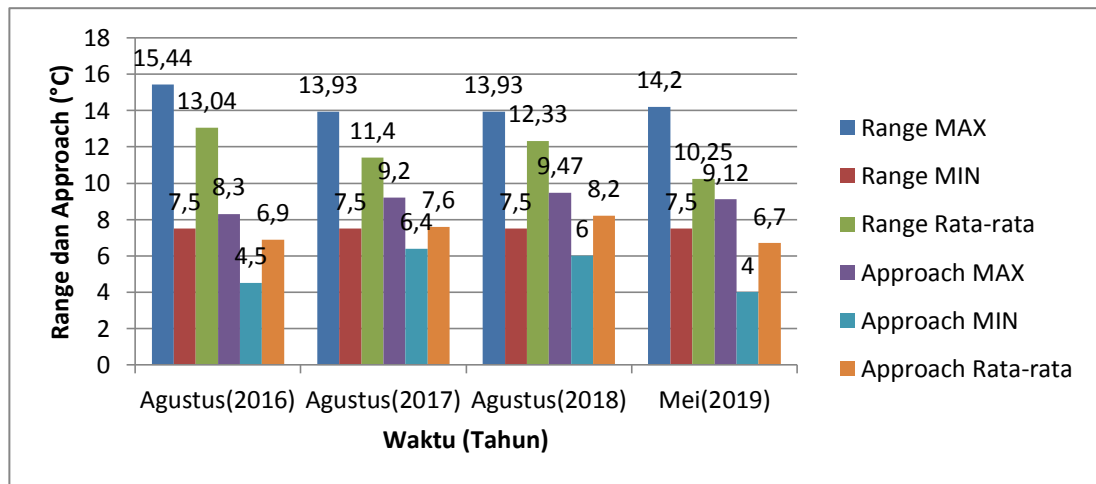
Dari Gambar 7 dapat diketahui bahwa *approach* maksimum tertinggi terdapat pada tahun 2018 sebesar 9,47°C dan *approach* maksimum terendah terdapat pada tahun 2016 sebesar 8,3°C. Sedangkan *approach* minimum tertinggi terdapat pada tahun 2017 sebesar 6,4°C dan *approach* minimum terendah terdapat pada tahun 2019 sebesar 4°C.

Kinerja Cooling Tower

Kinerja cooling tower ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Grafik Kinerja Efisiensi Cooling Tower



Gambar 9. Grafik Kinerja Range dan Approach Cooling Tower

Dari Gambar 8 perbandingan kinerja *cooling tower* berdasarkan efisiensi selama tiga tahun dari tahun 2016 mengalami penurunan sampai pada tahun 2018 dan kembali meningkat pada tahun 2019, dimana selisih penurunan efisiensi dari tahun 2016 sampai 2019 mencapai 8,44%.

Dari Gambar 9 kinerja *cooling tower* berdasarkan *range* hampir sama dengan kinerja berdasarkan efisiensi yaitu terjadi penurunan kinerja dari tahun

2016 sampai tahun 2018 dan meningkat kembali pada tahun 2019, dimana selisih penurunan *range* dari tahun 2016 sampai 2019 mencapai 1,24°C.

Dari Gambar 9 kinerja *cooling tower* berdasarkan *approach* dibandingkan selama tiga tahun dari tahun 2016 mengalami kenaikan pada tahun 2017 dan 2018, namun penurunan terjadi pada tahun 2019, dimana selisih penurunan *approach* dari tahun 2016 sampai 2019 mencapai 0,82°C.

Pembahasan

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 kinerja *cooling tower* yang diambil pada saat pagi hari jam 08.00 WITA sampai sore hari jam 16.00 WITA dalam waktu 3 minggu pengambilan data dan terjadi kenaikan dan penurunan efisiensi, *approach* maupun *range* pada tiap jamnya. Kenaikan dan penurunan tersebut dipengaruhi temperatur lingkungan yang di mana perbedaan temperatur pada pagi hari (24-25°C), siang hari (26°C) dan sore hari (25°C) berbeda, 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 Gambar 5 Gambar 6 dan Gambar 7 selama empat tahun pengoperasian dari tahun 2016 sampai 2019 efisiensi, *range* dan *approach* mengalami penurunan, akan tetapi terlihat pada grafik *approach* yang mengalami kenaikan dimana dikatakan semakin besar nilai *approach* berarti semakin menurunnya kinerja pada *cooling tower* tersebut. Hal ini terjadi dikarenakan faktor-faktor lain yang mempengaruhinya seperti semakin menuanya alat-alat sistem *cooling tower*, menurunnya putaran *fan* dan kerusakan lainnya.

Berdasarkan Gambar perbandingan kinerja *cooling tower* 8 dan 9 selama tiga tahun pengoperasian dari tahun 2016, 2017 dan 2018 mengalami penurunan dibandingkan dengan 2019 yang mulai mengalami kenaikan kinerja *cooling tower* kembali. Kinerja terbaik terdapat pada tahun 2016 dengan efisiensi, *range* dan *approach* mencapai 77,43%, 15,44°C dan 8,3°C dikarenakan saat itu alat-alat yang berada pada *cooling tower* masih bekerja secara maksimal dan masih berfungsi dengan baik. Dibandingkan dengan kinerja terendah pada tahun 2018 dengan efisiensi 65,32%, *range* 13,93°C dan *approach* 9,47°C yang mengalami penurunan yang signifikan dikarenakan sistem *cooling tower* atau alat-alat yang mempengaruhi kinerja *cooling tower* tersebut mulai menurun kinerjanya dan tidak bekerja seperti semestinya lagi. Namun pada tahun 2019 kinerja *cooling tower* kembali menunjukkan peningkatan dengan efisiensi 68,99% dengan rata-rata paling tinggi dibandingkan tiga tahun sebelumnya yaitu 66,47% dan juga mengalami peningkatan berdasarkan *range* dan *approach* sebesar 14,20°C dan 6,7°C. Hal ini dikarenakan perbaikan alat-alat sistem *cooling tower* seperti *drift eliminator* dan *nozzle* yang mengalami penyumbatan yang mempengaruhi proses pendinginan air yang menuju *water basin*.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Temperatur lingkungan dari pagi hari sampai dengan sore hari berpengaruh terhadap kinerja *cooling tower* karena pada temperatur atau cuaca tertentu kinerja *cooling tower* mengalami kenaikan dan penurunan yang signifikan.

2. Efisiensi, *range* dan *approach* di PLTU PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk Plant – 12 Tarjun rata-rata mengalami penurunan selama empat tahun pengoperasian dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2019, dengan penurunan efisiensi sebesar 8,44%, penurunan *range* sebesar 1,24°C dan penurunan *approach* sebesar 0,82°C.
3. Kinerja *cooling tower* selama tiga tahun pengoperasian dari tahun 2016 - 2018 mengalami penurunan, Namun pada tahun 2019 rata-rata nilai kinerja *cooling tower* mulai kembali mengalami peningkatan dalam nilai efisiensi, *range* maupun *approach*.

REFERENSI

- Handoyo, Yopi. 2015. *Analisa Performa Cooling tower LCT 400 Pada PT.XYZ, Tambun Bekasi*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. 3(1).
<http://winnadaek.blogspot.com/2016/10/prinsip-kerja-cooling-tower.html>.
- Pratiwi, Nimas Puspito., Gunawan Nugroho., & Nur Laila Hamidah, 2014''
Analisis Kinerja Cooling tower Induced Draft Tipe W-300 Terhadap Pengaruh Temperatur Lingkungan '. Jurnal Teknik Pomits Vol. 7, No. 7.
- Sunarwo, Supriyo. 2015. "Analisa *Heat Rate* Pada Turbin Uap Berdasarkan Performance Test PLTU Tanjung Jati B Unit 3". Jurnal Teknik Energi Vol 11 No 3.
- Utility Operation Dept, 2016, *Power Plant Overview : Tarjun Power Statipn-Training and Development*.