

Review Pengaruh *Range* Dan *Approach* Terhadap Efektivitas *Cooling Tower* di PT. IP

Review of the Effect of Range and Approach on the Effectiveness of Cooling Tower at PT. IP

Pradipta Ahluriza¹, Nazaruddin Sinaga²

¹Magister Energi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

²Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

e-mail: pradiptaahluriza¹@students.undip.ac.id,
nazaruddinsinaga²@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Saat ini sistem pembangkitan energi di dunia masih didominasi oleh energi fosil. Pada pembangkit listrik tenaga panas bumi, *Cooling Tower* digunakan untuk sirkulasi air pendingin yang dikontakkan dengan gas tak jenuh, sehingga sebagian dari zat cair itu akan menguap, dan suhu zat cair akan menurun. PT. Indonesia Power Kamojang dalam proses pembangkitan energi listrik menggunakan mesin *Cooling Tower* untuk melakukan pendinginan. Dalam upaya untuk menentukan performa sebuah mesin *Cooling Tower*, maka diperlukan pengukuran efektivitas. Dalam penelitian ini dilakukan analisis mengenai efektivitas pendinginan dan pengukuran efektivitas dilakukan dengan nilai *approach* dan *range*. Dalam penelitian ini menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness*, untuk mendapatkan nilai *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality*. Maka pada saat musim kemarau memiliki efektivitas yang lebih baik dibandingkan dengan musim hujan. Hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan, serta temperatur air kondensat yang masuk ke dalam *Cooling Tower*. Semakin tinggi temperatur air kondensat yang masuk, maka efektivitas pendinginan di dalam *Cooling Tower* semakin rendah karena proses pendinginan tidak maksimal. Hal ini menyebabkan *temperature* yang dihasilkan oleh *Cooling Tower* tidak mencapai *temperature* yang diinginkan.

Kata kunci: Cooling Tower; Efektivikasi; Performansi

Abstract

Currently, the energy generation system in the world is still dominated by fossil energy. In geothermal power plants, *Cooling Tower* is used to circulate cooling water that is contacted with unsaturated gases, so that some of the liquid will evaporate, and the temperature of the liquid will decrease. PT. Indonesia Power Kamojang, in the process of generating electrical energy, uses a *Cooling Tower* engine for cooling. In an effort to determine the performance of a *Cooling Tower* engine, it is necessary to measure its effectiveness. In this study, an analysis of the effectiveness of cooling was carried out and the measurement of its effectiveness was carried out using the *approach* and *range* values. In this study using the *Overall Equipment Effectiveness* method, to get the value of *availability*, *performance efficiency*, and *rate of quality*. So during the dry season it has better effectiveness than the rainy season.

This is due to environmental factors, as well as the temperature of the condensate water that enters the Cooling Tower. The higher the temperature of the incoming condensate water, the lower the cooling effectiveness in the Cooling Tower because the cooling process is not optimal. This causes the temperature produced by the cooling tower to not reach the desired temperature.

Keywords : *Cooling Tower, Effectiveness; Performance*

1. PENDAHULUAN

Saat ini sistem pembangkitan energi di dunia masih didominasi oleh energi fosil, hal ini menyebabkan sumber energi fosil di dunia semakin menipis dan memicu kekhawatiran akan krisis energi dan peningkatan laju pemanasan global (Gunawan, *et al*, 2020). Pemenuhan kebutuhan energi nasional saat ini masih mengandalkan energi yang berasal dari sumber daya energi fosil, seperti bahan bakar minyak dan gas, dan hanya sebagian kecil atau kurang dari 5% berasal dari energi baru terbarukan (EBT), termasuk panas bumi. Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) memprioritaskan penggunaan energi terbarukan dengan target paling sedikit 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2050 (Widyaningsih, 2017).

Indonesia merupakan negara dengan sumber kekayaan alam yang melimpah, salah satunya adalah panas bumi. Hal ini disebabkan secara geologis, Indonesia terletak di daerah jalur gunung api (*Ring of Fire*), sehingga berpotensi menghasilkan panas bumi. Energi panas bumi sebenarnya mempunyai banyak kelebihan, antara lain bersifat ramah lingkungan bila dibandingkan dengan jenis energi lainnya terutama yang berasal dari fosil, emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari panas bumi jauh lebih kecil, sehingga bila dikembangkan akan mengurangi bahaya efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global (Kasbani, 2009). Selain itu, sampai akhir tahun 2019, Indonesia memiliki potensi panas bumi sekitar 2.130,6 MW atau sekitar 9% dari total sumber daya yang dimiliki (Dewan Energi Nasional, 2020).

Cooling Tower saat ini sangat diperlukan di setiap industri khususnya industri Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi, dalam hal ini dimaksudkan agar pelaksanaan efisiensi dan konversi energi suatu alat atau unit yang digunakan untuk sirkulasi air pendingin. Air pendingin yang berasal dari alat atau sistem penukar panas didinginkan dalam menara pendingin dikontakkan dengan udara yang dilewatkan, bila zat cair panas dikontakkan dengan gas tak jenuh, maka sebagian dari zat cair itu akan menguap dan suhu zat cair tersebut akan turun (Muhsin & Pratama, 2018).

Oleh karena itu, tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisis efektivitas pendinginan pada jam tertentu dalam dua musim di Indonesia. Pengukuran efektivitas dilakukan dengan memperhatikan dua hal penting, yaitu nilai range dan nilai approach. Range merupakan perbedaan atau jarak antar temperature air yang masuk dan air yang keluar dari *Cooling Tower*. Sedangkan Approach adalah perbedaan suhu air dingin yang keluar dari menara pendingin dan suhu *wetbulb ambient*, semakin rendah *approach*, maka semakin baik kinerja *Cooling Tower* (Muhsin & Pratama, 2018).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Data dan Sumber Data

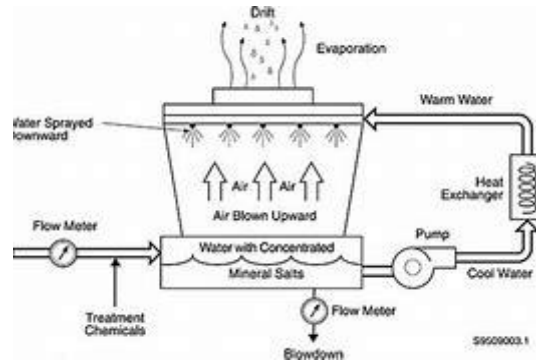
Analisa data menggunakan metode (meta analisis) berdasarkan penelitian orang lain, sehingga diperoleh kesimpulan yang lebih disempurnakan.

2.2 Metode Analisis Data

Cooling Tower adalah suatu sistem refrigerasi yang melepaskan kalor ke udara. *Cooling Tower* bekerja dengan cara air dikontakkan dengan udara dan menguapkan sebagian

air tersebut. *Cooling Tower* mampu menurunkan suhu air lebih rendah dibandingkan dengan peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas, seperti radiator dalam mobil, oleh karena itu biayanya lebih efektif dan energinya efisien (Awwaluddin & Santosa, 2012).

Prinsip kerja *Cooling Tower* berdasarkan pada pelepasan kalor dan perpindahan kalor. Dalam *Cooling Tower*, perpindahan kalor berlangsung dari air ke udara. *Cooling Tower* menggunakan sistem penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer. Sehingga air yang tersisa didinginkan secara signifikan (Triyansah & Witanto, 2020). Adapun prinsip kerja *Cooling Tower* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Kerja *Cooling Tower*

Prinsip kerja dari *Cooling Tower* ini adalah memompa air panas dari kondensor menuju menara *Cooling Tower* melalui sistem pemipaan yang pada ujungnya memiliki banyak nozzle untuk tahap semburan (*spraying*). Air panas yang keluar dari nozzle (*spray*) secara langsung melakukan kontak dengan udara sekitar yang bergerak secara paksa disebabkan oleh pengaruh fan dan tertahan sementara karena air dihambat oleh drift eliminator yang terpasang pada *Cooling Tower*. Kemudian air yang sudah mengalami penurunan temperatur ditampung dalam sebuah kolam kemudian dipompa kembali menuju kondensor yang berada di dalam pendingin (*chiller*). Pada *Cooling Tower* juga dipasang katup make up water yang dihubungkan ke sumber air terdekat untuk menambah kapasitas air jikalau terjadi kekurangan air ketika proses evaporasi (Faizah, 2020).



Gambar 2. *Range dan Approach* Temperatur pada *Cooling Tower* (Faizah, 2020)

Parameter terukur tersebut kemudian digunakan untuk menentukan kinerja *Cooling Tower* dengan beberapa cara sebagai berikut.

1. *Range*

Range merupakan nilai Tinair-Toutair. Range dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Range} = (T_{in, \text{air}}) - (T_{out, \text{air}})$$

2. Approach

Approach merupakan nilai Toutair - Twb. Approach dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Approach} = (T_{out, \text{air}}) - (T_{wb})$$

3. Efektivitas

Efektivitas merupakan perbandingan antara Range dan Range ideal (dalam persentase), yaitu perbedaan antara temperatur masuk air (*inlet*) pendingin dan temperatur wetbulb. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi pula efektivitas Cooling Tower. Efektivitas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\epsilon = \frac{\text{Range}}{\text{Range} + \text{Approach}} \times 100\%$$

4. Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) dihitung dengan cara mengalikan ketiga faktor tersebut sehingga rumus OEE yaitu:

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum Cooling Tower dapat dikategorikan sebagai pendingin evaporatif yang digunakan untuk mendinginkan air atau media kerja lainnya sampai bertemperatur mendekati temperatur bola basah udara sekitar. Kegunaan utama dari Cooling Tower adalah untuk membuang panas yang diserap akibat sirkulasi air dari sistem pendingin yang digunakan pada pembangkit daya, kilang petroleum, pabrik petrokimia, pabrik pemrosesan gas alam, pabrik makanan, pabrik semikonduktor, dan fasilitas-fasilitas industri lainnya.

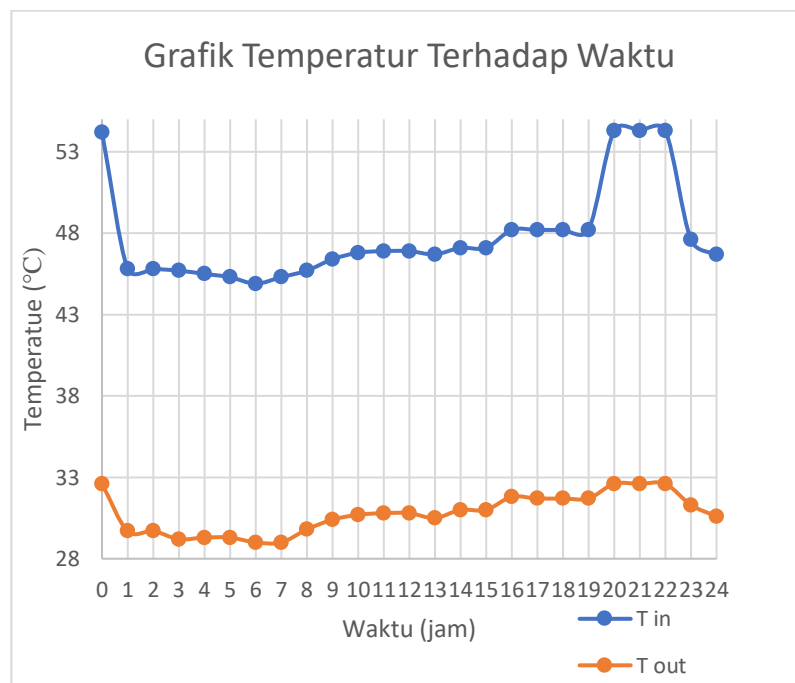
Pada PLTP, sistem pendinginannya memanfaatkan udara pegunungan yang dingin dan bersih. Akan tetapi, karena udara bersifat sebagai gas, maka dibutuhkan volume yang besar, dan permukaan pertukaran panas yang luas, agar pendinginannya sempurna. Untuk itu dibutuhkan suatu menara yang tinggi. Pada menara pendingin ini, udara dihisap kedalam, setelah mendinginkan kondensator, udara yang telah menjadi panas ini, dihembuskan keluar melalui cerobong menara disebelah atas.

Tabel 1. Data Cooling Tower Musim Kemarau (1 Juni)

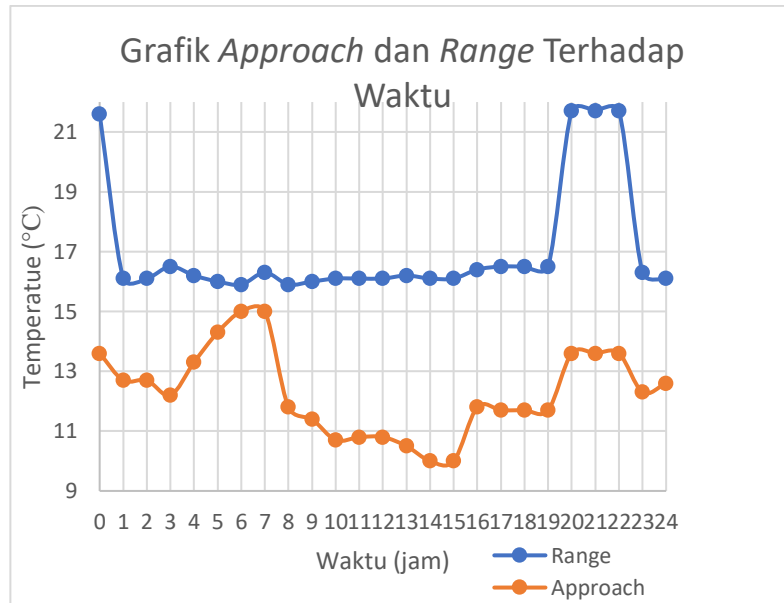
Pukul	T air (°C)		T wetbulb (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	Efektivitas (°C)
	Inlet	Outlet				
00.00	54.2	32.6	19	21.6	13.6	61.3
01.00	45.8	29.7	17	16.1	12.7	55.9
02.00	45.8	29.7	17	16.1	12.7	55.9
03.00	45.7	29.2	17	16.5	12.2	57.4
04.00	45.5	29.3	16	16.2	13.3	54.9
05.00	45.3	29.3	15	16	14.3	52.8
06.00	44.9	29	14	15.9	15	51.4
07.00	45.3	29	14	16.3	15	52
08.00	45.7	29.8	18	15.9	11.8	57.4
09.00	46.3	30.4	19	16	11.4	58.3
10.00	46.8	30.7	20	16.1	10.7	60

11.00	46.9	30.8	20	16.1	10.8	59.8
12.00	46.9	30.8	20	16.1	10.8	59.8
13.00	46.7	30.5	20	16.2	10.5	60.6
14.00	47.1	31	21	16.1	10	61.6
15.00	47.1	31	21	16.1	10	61.6
16.00	48.2	31.8	20	16.4	11.8	58.1
17.00	48.2	31.7	20	16.5	11.7	58.5
18.00	48.2	31.7	20	16.5	11.7	58.5
19.00	48.2	31.7	20	16.5	11.7	58.5
20.00	54.3	32.6	19	21.7	13.6	61.4
21.00	54.3	32.6	19	21.7	13.6	61.4
22.00	54.3	32.6	19	21.7	13.6	61.4
23.00	47.6	31.3	19	16.3	12.3	56.9
24.00	46.7	30.6	18	16.1	12.6	56

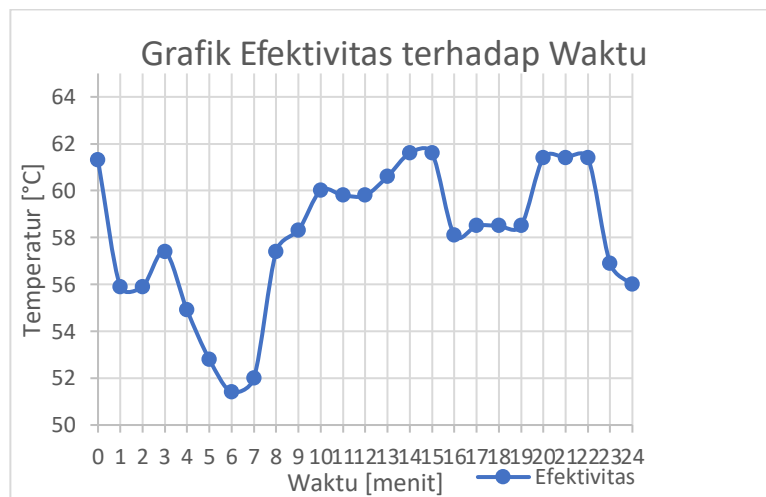
Data ini didapatkan dari PT. Indonesia Power Kamojang sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa efektivitas pada *Cooling Tower* mengalami perubahan suhu yang tidak terlalu signifikan dan relatif stabil.



Gambar 3. Grafik Temperatur Terhadap Waktu (1 Juni)



Gambar 4. Grafik Approach dan Range Terhadap Waktu (1 Juni)

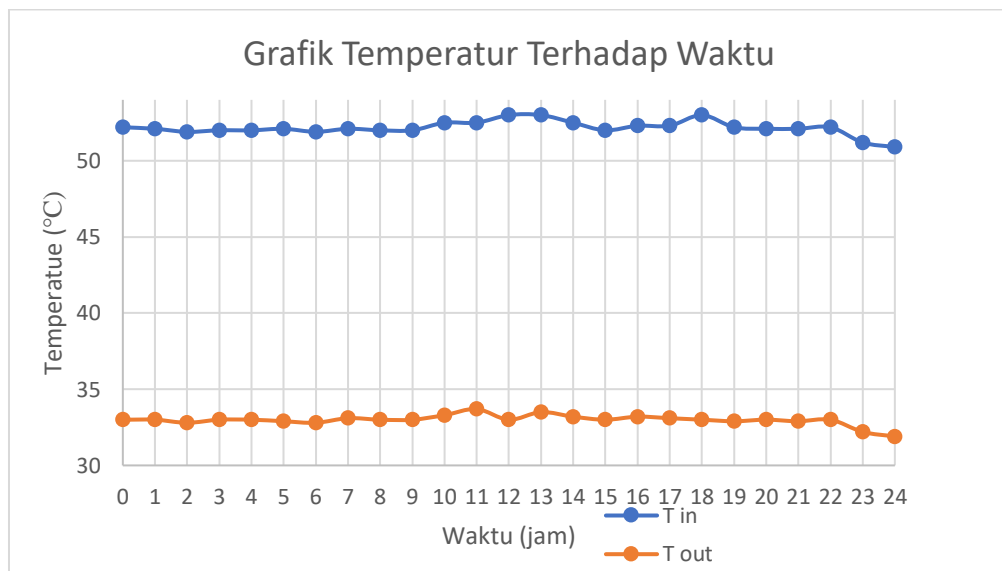


Gambar 5. Grafik Efektivitas Terhadap Waktu (1 Juni)

Tabel 2. Data Cooling Tower Musim Hujan (1 Desember)

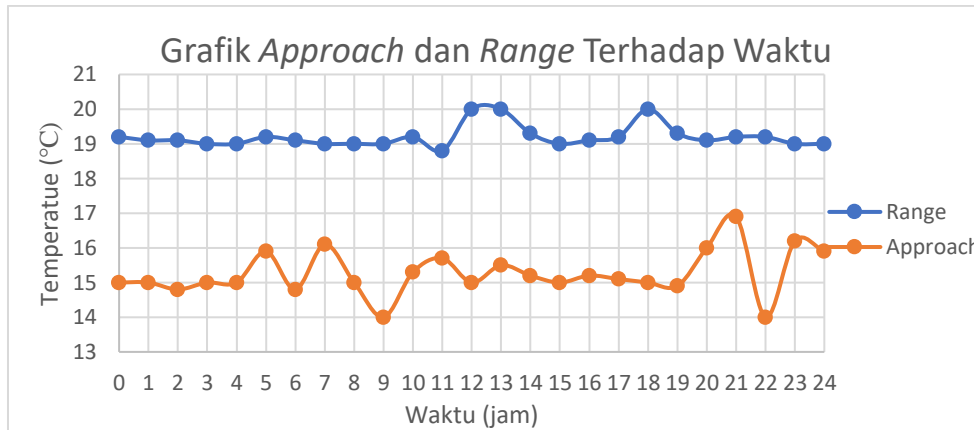
Pukul	T air (°C)		T wetbulb (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	Efektivitas (°C)
	Inlet	Outlet				
00.00	52.2	33	18	19.2	15	56.1
01.00	52.1	33	18	19.1	15	56
02.00	51.9	32.8	18	19.1	14.8	56.3
03.00	52	33	18	19	15	55.8
04.00	52	33	18	19	15	55.8
05.00	52.1	32.9	17	19.2	15.9	54.7
06.00	51.9	32.8	18	19.1	14.8	56.3
07.00	52.1	33.1	17	19	16.1	54.1

08.00	52	33	18	19	15	55.8
09.00	52	33	19	19	14	57.5
10.00	52.5	33.3	18	19.2	15.3	55.6
11.00	52.5	33.7	18	18.8	15.7	54.4
12.00	53	33	18	20	15	57.1
13.00	53	33.5	18	20	15.5	56.3
14.00	52.5	33.2	18	19.3	15.2	55.9
15.00	52	33	18	19	15	55.8
16.00	52.3	33.2	18	19.1	15.2	55.6
17.00	52.3	33.1	18	19.2	15.1	55.9
18.00	53	33	18	20	15	57.1
19.00	52.2	32.9	18	19.3	14.9	56.4
20.00	52.1	33	17	19.1	16	54.4
21.00	52.1	32.9	16	19.2	16.9	53.1
22.00	52.2	33	19	19.2	14	57.8
23.00	52.2	32.2	16	19	16.2	53.9
24.00	50.9	31.9	16	19	15.9	54.4



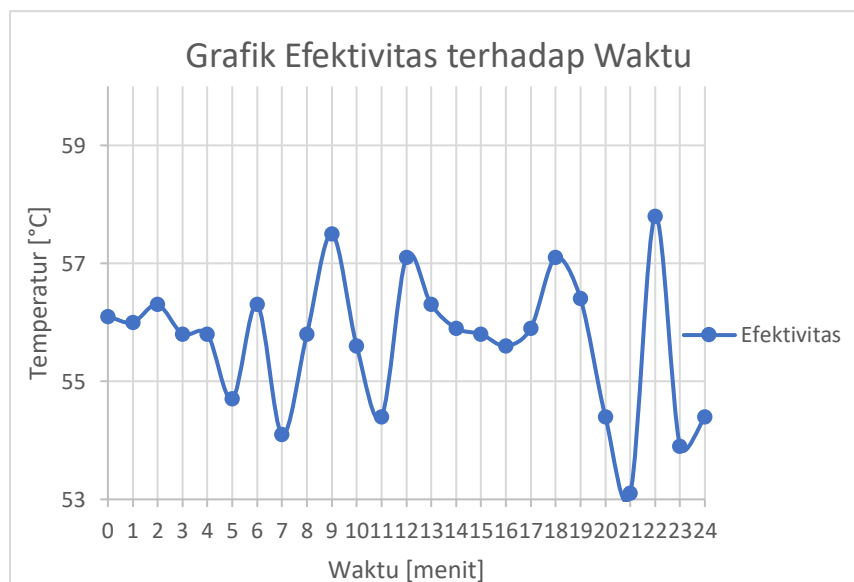
Gambar 6. Grafik Temperatur Terhadap Waktu (1 Desember)

Pada Gambar 3 dan Gambar 6, dapat terlihat bahwa temperatur masuk *Cooling Tower* yang terjadi di musim kemarau dan musim hujan lebih stabil pada musim hujan. Hal ini dipengaruhi oleh lingkungan dengan temperatur panas saat musim kemarau dan temperatur dingin pada saat musim hujan.



Gambar 7. Grafik Approach dan Range Terhadap Waktu (1 Desember)

Pada Gambar 4 dan Gambar 7, dapat terlihat bahwa Range pada musim kemarau stabil dari pukul 08.00 sampai 19.00, tetapi temperatur mulai tidak stabil dengan sangat signifikan ketika memasuki pukul 20.00. Berbeda dengan saat musim hujan, dimana temperaturnya selama 24 jam relatif lebih stabil. Sama halnya dengan Approach, saat musim hujan temperaturnya hampir secara keseluruhan relatif konstan dan berada pada suhu 15°C, tetapi pada saat musim kemarau temperaturnya tidak konstan.



Gambar 8. Grafik Efektivitas Terhadap Waktu (1 Desember)

Pada Gambar 5 dan Gambar 8, terlihat bahwa temperatur efektivitas lebih tinggi pada saat musim kemarau dibandingkan dengan musim hujan. Hal ini dikarenakan oleh pengaruh lingkungan, serta temperatur air kondensat yang masuk ke dalam Cooling Tower. Semakin tinggi temperatur air kondensat yang masuk, maka efektivitas proses pendinginan di dalam Cooling Tower semakin rendah karena proses pendinginan tidak maksimal. Hal ini menyebabkan temperature yang keluar dari cooling tower tidak mencapai temperatur yang diinginkan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Proses pengolahan air kondensat pada *Cooling Tower* termasuk kedalam sistem air pendingin utama, dimana proses pendinginannya secara evaporasi dan transfer kalor secara konveksi, 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. Temperatur air kondensat yang masuk ke dalam *Cooling Tower* berpengaruh terhadap efektivitas pendinginan yang terjadi di *Cooling Tower*. Semakin besar temperatur air kondensat, maka efektivitas proses pendinginan akan berkurang. Dari data yang didapatkan, efektivitas kerja *Cooling Tower* cenderung lebih baik pada musim kemarau, yaitu bernilai antara 51,4%-61,6% sedangkan pada musim hujan bernilai antara 53,1%-57,5%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada PT. Indonesia Power (UPJP) Kamojang yang sudah memperkenankan penulis untuk membuat sebuah kajian mengenai *Cooling Tower*.

DAFTAR RUJUKAN

- Awwaluddin, M., & Santosa, P. (2012). Perhitungan Kebutuhan Cooling Tower Pada Rancang Bangun Untai Uji Sistem Kendali Reaktor Riset. *Prima (Aplikasi Dan Rekayasa Dalam Bidang Iptek Nuklir)*, 9(1), 34-41.
- Dewan Energi Nasional. (2020). *Bauran Energi Nasional*.
- Elok nurul Faizah. (2020). *Analisa Performa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Counter Flow Dengan Bahan Pengisi Aluminium Semicircular ARC*.
- Kasbani, K. (2009). Tipe Sistem Panas Bumi Di Indonesia Dan Estimasi Potensi Energinya. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 4(3). <https://doi.org/10.47599/bsdg.v4i3.184>
- Muhsin, A., & Pratama, Z. (2018). Analisis Efektivitas Mesin Cooling Tower Menggunakan Range and Approach. *Opsi*, 11(2), 119. <https://doi.org/10.31315/opsi.v11i2.2552>
- Triyansah, O., & Witanto, Y. (2020). Efektivitas cooling tower fan 6p - 4051 - gb. di pt. pupuk sriwidjaja sektor stg - bb, Palembang, Sumatera Selatan. *Rekayasa Mekanik*, 4 No 1, 9-12.
- Widyaningsih, G. A. (2017). Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 4(1). <https://doi.org/10.38011/jhli.v4i1.53>
- Gunawan, Y., Setiadanu, G. T., Zuhaidi., Ahadi, K., & Didi Sukaryadi, S. N. (2020). *Karakteristik Operasi Sistem Orc Di Sumur Pad 29a Pt . Geodipa Energi Dieng Operating Characteristics Of Orc System*. 19(1), 1-12.