

REVIEW PENGARUH *RANGE* DAN *APPROACH* TERHADAP EFEKTIVITAS *COOLING TOWER* UNIT 2 DI PT. INDONESIA POWER KAMOJANG

Pradipta Ahluriza¹, Nazaruddin Sinaga²

1 Magister Energi, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro

2 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

E-mail: pradiptaahluriza@students.undip.ac.id

Abstrak

Cooling tower diperlukan di industri pembangkit listrik tenaga panas bumi untuk sirkulasi air pendingin dengan cara mengontakkan dengan gas tak jenuh sehingga sebagian dari zat cair itu akan menguap dan suhu zat cair turun. PT. Indonesia Power Kamojang menggunakan mesin *Cooling tower* untuk melakukan pendinginan. Untuk mengetahui performansi kemampuan *cooling tower* yang dimiliki maka diperlukan pengukuran efektivitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pendinginan, pengukuran efektivitas dilakukan dengan nilai *approach* dan *range*. *Range* merupakan perbedaan atau jarak antar temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. *Approach* adalah perbedaan suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu *wetbulb ambient*. Metode yang digunakan untuk mengukur performansi *Cooling tower* menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* untuk mendapatkan nilai *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality*. Hasilnya adalah bahwa 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 proses pendinginan di dalam *Cooling tower* semakin rendah karena proses pendinginan tidak maksimal. Hal ini menyebabkan temperatur keluar *cooling tower* tidak mencapai temperature yang diinginkan.

Kata Kunci: *Performansi, Cooling tower, Efektivikasi.*

PENDAHULUAN

Pembangkitan energi dunia sampai saat ini masih didominasi dari energi fosil, hal ini menyebabkan sumber energi fosil di dunia semakin menipis dan memicu kekhawatiran akan krisis energi dan peningkatan laju pemanasan global [1]. 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 [2].

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 [3]. 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 [4].

Cooling tower dewasa ini sangat diperlukan di tiap industri khususnya industri Pembangkit listrik tenaga panas bumi dalam rangka pelaksanaan untuk efisiensi dan konversi energi dimana digunakan suatu alat atau unit yang digunakan untuk sirkulasi air pendingin. Air pendingin yang berasal dari alat atau sistem penukar panas didinginkan di menara pendingin dengan cara mengontakkan dengan udara yang dilewatkan bila zat cair panas dikontakkan dengan gas tak jenuh, sebagian dari zat cair itu akan menguap dan suhu zat cair akan turun [5].

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 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* [5].

METODE PENELITIAN

Data dan Sumber Data

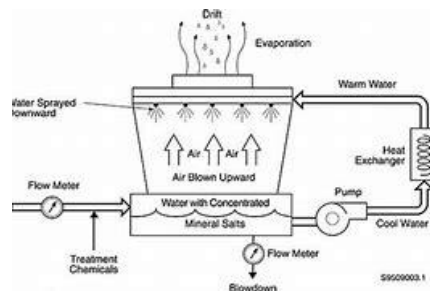
Analisa data menggunakan metode (meta analisis) berdasarkan penelitian orang lain, sehingga diperoleh kesimpulan yang lebih disempurnakan.

Metode Analisis Data

Cooling tower adalah suatu sistem refrigerasi yang melepaskan kalor ke udara. *Cooling tower* bekerja dengan cara mengontakkan air dengan udara dan menguapkan sebagian air tersebut. *Cooling tower* mampu menurunkan suhu air lebih rendah dibandingkan dengan peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk

Review Pengaruh *Range* dan *Approach*.....Pradipta Aluhriza dan Nazaruddin Sinaga
membuang panas, seperti radiator dalam mobil, oleh karena itu biayanya lebih efektif dan efisien energinya [6].

Prinsip kerja *Cooling tower* berdasarkan pada pelepasan kalor dan perpindahan kalor. Dalam *Cooling tower*, perpindahan kalor berlangsung dari air ke udara. *Cooling tower* menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer. Sehingga air yang tersisa didinginkan secara signifikan [7]. Adapun prinsip kerja *Cooling tower* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Prinsip Kerja *Cooling tower*

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 karena pengaruh fan dan tertahan sementara karena air di hambat oleh drift eliminator yang terpasang pada *Cooling tower*. Kemudian air yang sudah mengalami penurunan temperatur ditampung dalam 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 jika terjadi kekurangan air ketika proses evaporasi [8].



Gambar 2. *Range* dan *Approach* Temperatur pada *Cooling tower* (Elok nurul 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:

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

2. *Approach*

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

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

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 efektivitas *Cooling tower*. Efektivitas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

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

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality$$

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 sistem pendingin yang digunakan pada pembangkit daya, kilang petroleum, pabrik petrokimia, pabrik pemrosesan gas alam, pabrik makanan, pabrik semikonduktor, dan fasilitas-fasilitas industri lainnya.

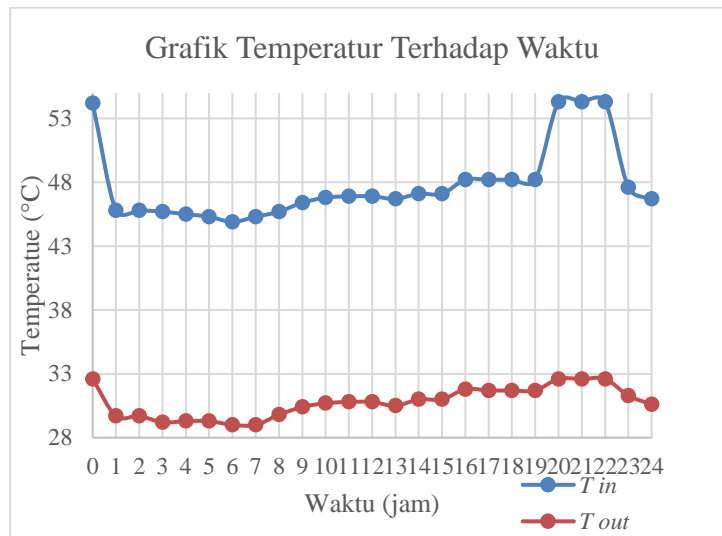
Pada PLTP, sistem pendinginannya memanfaatkan udara pegunungan yang dingin dan bersih. Akan tetapi, karena udara bersifat sebagai gas, maka dibutuhkan volume yang besar, dan permukaan pertukaran panas yang luas, agar pendinginannya sempurna. Untuk itu dibutuhkan suatu menara yang tinggi. Pada menara pendingin ini, udara dihisap kedalam dan 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)

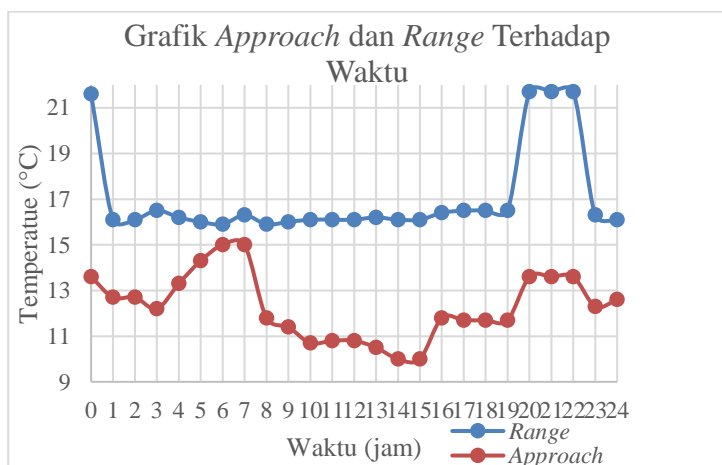
Pukul	T air (°C)		T <i>wetbulb</i> (°C)	<i>Range</i> (°C)	<i>Approach</i> (°C)	Efektivitas (°C)
	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>				
00.00	54.2	32.6	19	21.6	13.6	61.3
01.00	45.8	29.7	17	16.1	12.7	55.9
02.00	45.8	29.7	17	16.1	12.7	55.9
03.00	45.7	29.2	17	16.5	12.2	57.4
04.00	45.5	29.3	16	16.2	13.3	54.9
05.00	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

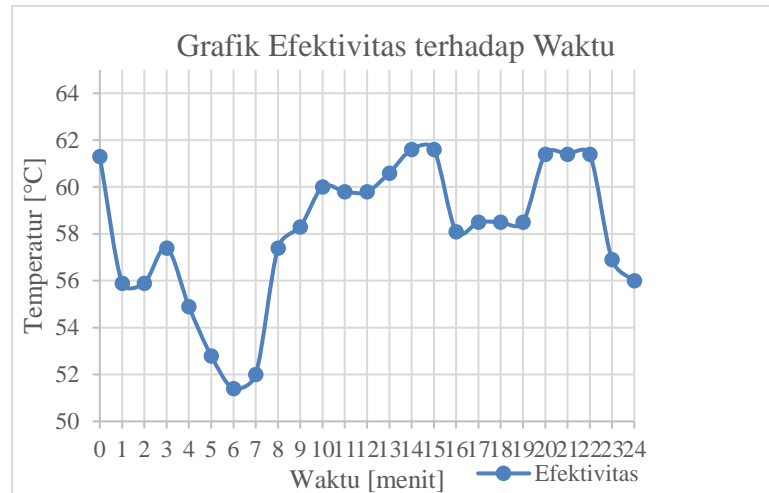
Data ini didapatkan dari PT. Indonesia Power Kamojang sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa efektivitas pada *Cooling tower* mengalami perubahan suhu yang tidak terlalu signifikan dan relatif stabil.



Gambar 3. Grafik Temperatur Terhadap Waktu (1 Juni)



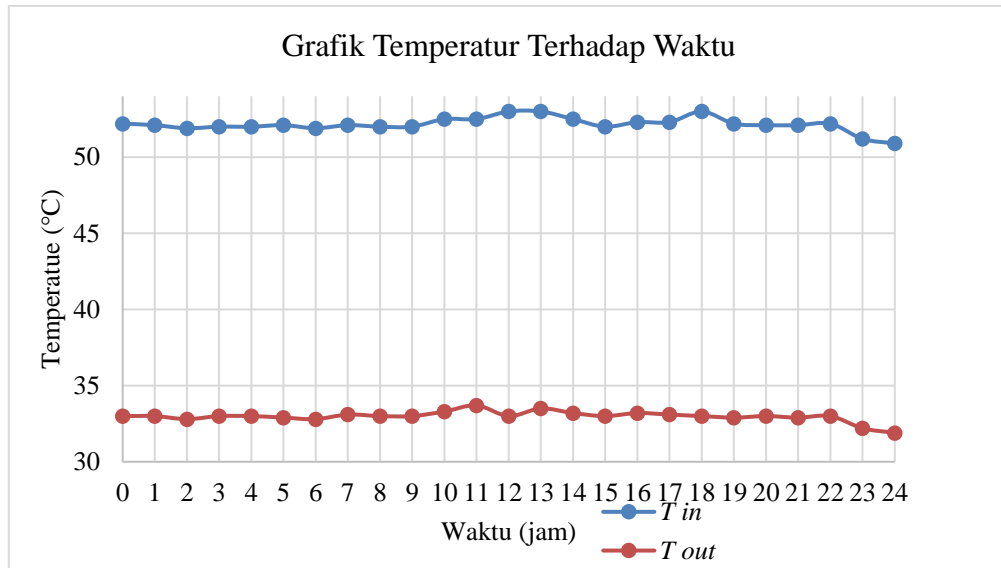
Gambar 4. Grafik *Approach* dan *Range* Terhadap Waktu (1 Juni)



Gambar 5. Grafik Efektivitas Terhadap Waktu (1 Juni)

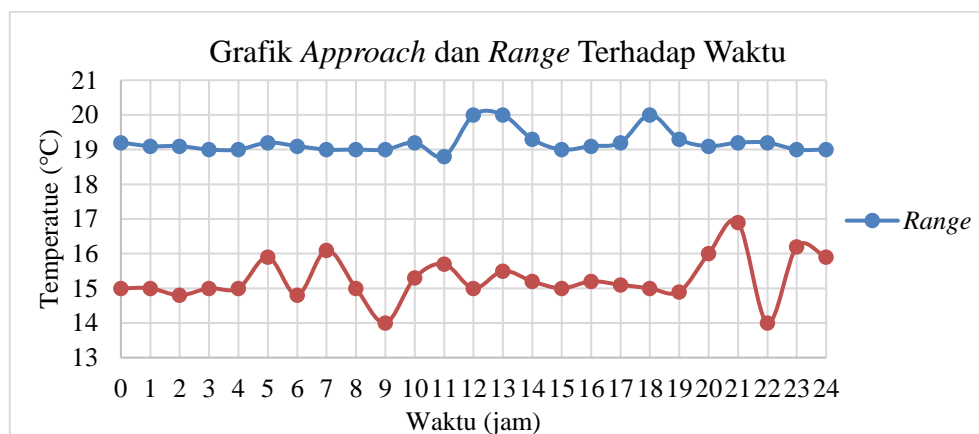
Tabel 2. Data *Cooling tower* Musim Hujan (1 Desember)

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



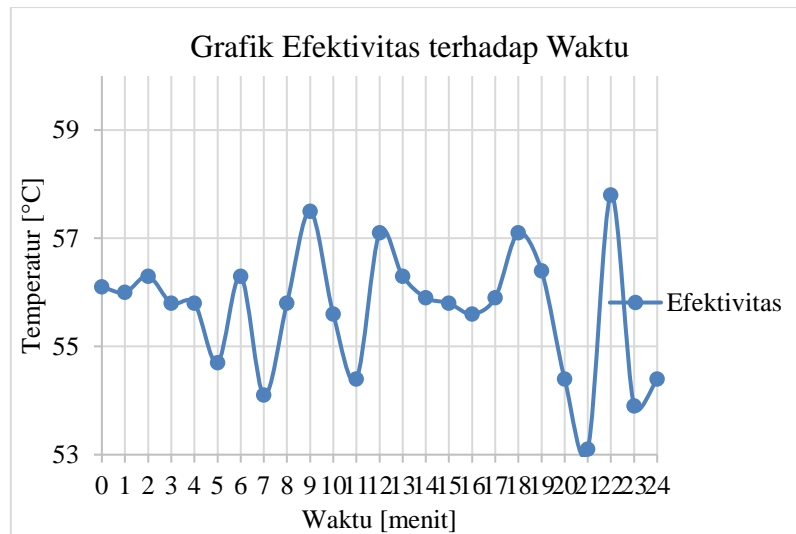
Gambar 6. Grafik Temperatur Terhadap Waktu (1 Desember)

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 temperatur keluar *cooling tower* tidak mencapai temperatur yang diinginkan.

SIMPULAN

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 dan 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%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yohanes Gunawan, Guntur Tri Setiadanu, Zuhaidi, Khalif Ahadi, 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.
- [2] 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>
- [3] 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>
- [4] Dewan Energi Nasional. (2020). *Bauran Energi Nasional*.
- [5] 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>
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Elok nurul Faizah. (2020). *Analisa Performa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Counter Flow Dengan Bahan Pengisi Aluminium Semicircular Arc*.