

ANALISIS PERFORMA MENARA PENDINGIN *MECHANICAL INDUCED DRAUGHT* ALIRAN *COUNTERFLOW* PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI LAHENDONG UNIT 5

Jeisi Meilita Walangitan, Cyrke Bujung, Farly Tumimomor

Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Manado

email: jeisimw7@gmail.com

ABSTRAK. Dalam proses pembangkitan listrik tenaga panas bumi, sistem pendinginan air utama dibutuhkan untuk memaksimalkan pembangkit listrik salah satunya dengan menggunakan menara pendingin. Menara pendingin merupakan pendingin yang sangat vital sehingga perlu diperhatikan performanya apakah masih sesuai dengan kondisi awal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan Performa Menara Pendingin *Mechanical Induced Draught* Aliran *Counterflow* Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit 5 metode yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif yang dilakukan selama 7 hari dengan 10 jam operasional kerja. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa performa Menara Pendingin *Mechanical Induced Draught* Aliran *Counterflow* Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit 5, range mengalami peningkatan sampai 14.2 C, nilai approach mengalami peningkatan pada pagi hari karena kelembaban yang tinggi, efektifitas pendinginan juga meningkat pada pagi hari dan kondisi *airflow* yang masih tetap. Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah performa menara pendingin *mechanical induced draught* aliran *counterflow* Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit 5 masih dalam kondisi normal operasi dan perlu dilakukan make up water sebesar 387.81 m³/h.

ABSTRACT. In the geothermal power plant process, the main cooling water system is required to maximize the power plant, one of them is using the cooling tower. The Cooling Tower is an incredibly vital cooler. So, the performance must be noted is still in accordance with initial conditions. The purpose of this research is to determined the performance of *Mechanical Induced Draught counterflow* Cooling Tower in Lahendong Geothermal Power Plan Unit 5 with quantitative research for 7 days with 10 hours of operational work. In Lahendong Geothermal Power Plant Unit 5. The result of this research showed the performance of *Mechanical Induced Draught Counterflow* Cooling Tower in Lahendong Geothermal Power Plan Unit 5. The range increased up to 14.2 C, in the morning because of the high humidity, the effectiveness which also increases in the morning and the airflow conditions which still remain. So, this research will be concluded when the performance of *Mechanical Induced Draught Counterflow* Cooling Tower Geothermal Power Plant Unit 5 is still in normal operation conditions and needs to do Make-up Water amounts of 387.81 m³/h.

Kata Kunci: Analisis Performa, Menara Pendingin, *Mechanical Induced Draught*, *Counterflow*

Keywords: Performance Analysis, Cooling Tower, *Mechanical Induced Draught*, *Counterflow*

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik merupakan industri yang bergerak dalam bidang produksi dan pembangkitan tenaga listrik dari berbagai sumber energi seperti nuklir, air, angin, minyak, batubara, panas bumi, surya, gas dan bio massa. Salah satu perusahaan yang bergerak

di bidang pembangkit listrik tenaga panas bumi yaitu PLTP Lahendong Unit 5 PT. Pertamina Geothermal Energi Area Lahendong yang memiliki kapasitas 20 MW. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan uap yang bersumber dari reservoir panas bumi untuk memutar turbin

agar dapat membuat generator menghasilkan listrik. Kuantitas uap yang digunakan harus cukup banyak agar dapat memutar turbin dan tekanan dan temperatur harus pada keadaan yang tepat agar uap yang dihasilkan cukup untuk memutar turbin. Turbin uap apabila dioperasikan secara terus menerus, maka akan terjadi pengurangan pada performa dari turbin uap tersebut. Hal ini akan mengakibatkan penambahan biaya operasional. Uap keluaran turbin tersebut akan diubah fase menjadi air akibat adanya pendinginan dan proses kondensasi atau pendinginan di kondensor sangat berhubungan dengan air yang keluar dari menara pendingin.

Dalam proses pembangkitan listrik tenaga panas bumi sistem bantuan pendinginan Pada PLTP memanfaatkan udara disekitar menara pendingin. Akan tetapi, karena udara bersifat gas tentunya akan membutuhkan volume yang besar dan permukaan pertukaran panas yang luas agar pendinginannya sempurna (Homzah, 2014). Sistem pendinginan ini dibutuhkan untuk memaksimalkan pembangkitan listrik yang salah satu pendingin air kondensat keluaran dari kondensor yang dilakukan oleh menara pendingin yang berpengaruh membantu kondensasi di kondensor, Uap kondensat yang telah dipompa dari kondensor disemprotkan kedalam menara dengan bantuan *fan* dibagian atas menara. Udara ambien masuk dengan sejumlah uap air, ditentukan oleh kelembaban relatifnya. Dan mengambil uap air saat sebagian kondensat menguap. Proses penguapan membutuhkan panas dari air itu sendiri untuk menurunkan suhunya (DiPippo, 2007).

Peran menara pendingin pada unit PLTP merupakan pendingin yang sangat vital karena berpengaruh menentukan kinerja operasi maka dari itu perlu untuk memperhatikan performa aktual apakah masih sesuai dengan kondisi awal.

METODE PENELITIAN

Lokasi yang dijadikan sebagai tempat penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 yaitu berada di Desa Talikuran, Kecamatan Tompaso, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara.

Metode yang di gunakan pada penelitian ini

yaitu metode penelitian kuantitatif dengan perhitungan termodinamika dengan menggunakan data sekunder *logsheet* yang merupakan kumpulan data harian operasi pada tanggal 1-7 Maret 2021 dan dengan rentang waktu 10 Jam yaitu pada pukul 08.00 WITA sampai 17.00 WITA.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Menara Pendingin adalah alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang memiliki fungsi mendinginkan air dengan kontak langsung dengan udara (handoyo, 2015). Menurut aliran udara menara pendingin di klasifikasikan menjadi *natural draught* dan *mechanical draught* (Saptadji Ph.D, 2002). untuk penelitian kali ini menggunakan menara pendingin *mechanical draught* dengan tipe *fan induced draught* dimana pada tipe ini, aliran udara yang melewati *fill material* sejajar dengan arah aliran air yang berlawanan, dengan pemahaman mudah air dijatuhkan dari atas dan udara yang akan dihisap oleh *fan* akan masuk melalui sisi bawah (Sentana, dkk, 2005). Untuk mengukur performa menara pendingin digunakan parameter signifikan seperti temperatur *wet bulb*, temperatur *dry bulb*, temperatur air masuk, temperatur air keluar, laju aliran air, debit air, debit udara. Untuk menghitung performa menara pendingin digunakan parameter sebagai berikut:

a. Range

$$Range = T_{w_{in}} - T_{w_{out}} \quad (1)$$

Dengan,

$T_{w_{in}}$ = Temperatur air masuk

$T_{w_{out}}$ = Temperatur air keluar

b. Approach

$$Approach = T_{w_{out}} - T_{wb} \quad (2)$$

Dengan,

$T_{w_{out}}$ = Temperatur air keluar

T_{wb} = Temperatur *Wet Bulb*

c. Efektivitas Pendinginan

$$(\%) = \frac{Range}{T_{wb}} \times 100 \% \quad (3)$$

d. Perbandingan L/G

$$L/G = \frac{L}{G} \quad (4)$$

Dengan,

L = laju aliran massa air

G = laju aliran massa udara

e. NTU(KaV/L)

$$\frac{KaV}{L} = C_w \int \frac{dt_w}{h_w h_a} \quad (5)$$

Dengan,

C_w = Kalor Jenis (kJ/kg.K)

h_w = entalpi uap campuran udara-air pada temperatur air (kJ/kg)

h_a = entalpi uap campuran udara-air pada temperatur *Wet Bulb* (kJ/kg)

f. Evaporation Loss (We)

$$W_e = 0.00085 W_e (T_2 - T_1) \times 1.8 \quad (6)$$

g. Drift Loss (Wd)

$$W_d = 0.2 \% \times \text{jumlah air} \quad (7)$$

h. Blow Down (Wb)

$$W_b = \frac{W_e}{(s-1)} \quad (8)$$

i. Make up water

$$W_m = W_e + W_d + W_b \quad (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

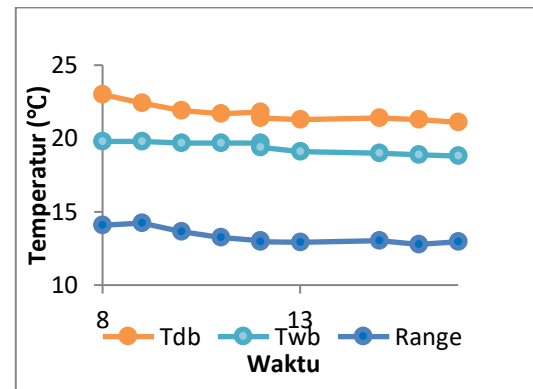
Tabel 1. Range, Approach dan Efektivitas

Waktu	Range (°C)	Approach (°C)	Efektivitas (%)
08.00 AM	14.1	5.2	73%
09.00 AM	14.2	5.8	71%
10.00 AM	13.7	6.8	67%
11.00 AM	13.2	7.3	64%
12.00 AM	13.0	7.6	63%
12.00 AM	13.0	8.0	62%
13.00 PM	12.9	8.2	61%
15.00 PM	13.0	8.2	61%
16.00 PM	12.8	8.5	60%
17.00 PM	12.9	8.3	61%

Setelah itu berikut penjelasan performa menara pendingin berdasarkan *range*, *approach* dan efektivitas

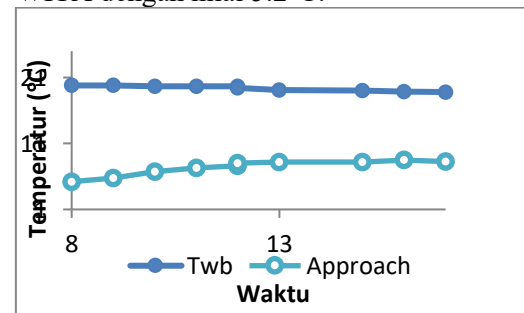
Berdasarkan gambar 2 nilai *range* pada menara pendingin *Mechanical Induced Draught* Aliran *Counterflow* PLTP Lahendong unit 5 berkisar antara 12.8 °C sampai 14.2°C dimana nilai terendah pada jam 16.00 WITA dan nilai tertinggi terjadi pada pukul 09.00 WITA. Beban panas dan laju sirkulasi air yang melalui penukar panas untuk menuju ke air pendingin sangat mempengaruhi nilai *range* pada suatu alat penukar kalor Apabila *range* yang didapat nilainya semakin besar maka

berarti suatu menara pendingin telah mampu menurunkan temperatur air secara efektif (Handoyo, 2015).



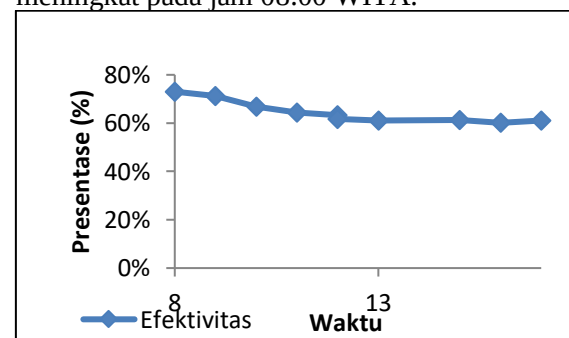
Gambar 2. Grafik Perbandingan Range terhadap wet Tdb dan Twb

Berdasarkan gambar 3 titik tertinggi dari *approach* terjadi pada jam 16.00 WITA dengan nilai 8.5 sedangkan titik terendah pada jam 8.00 WITA dengan nilai 5.2°C.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Approach Terhadap Wet Bulb

yang sangat mempengaruhi hasil dari *approach* adalah temperatur *wet bulb* dikarenakan nilai *range* berbanding terbalik dengan nilai *approach*. Jika nilai *approach* dan *wet bulb* semakin dekat maka semakin bagus kinerja dari menara pendingin tersebut (Handoyo, 2015), dari hasil ini performa menara pendingin meningkat pada jam 08.00 WITA.

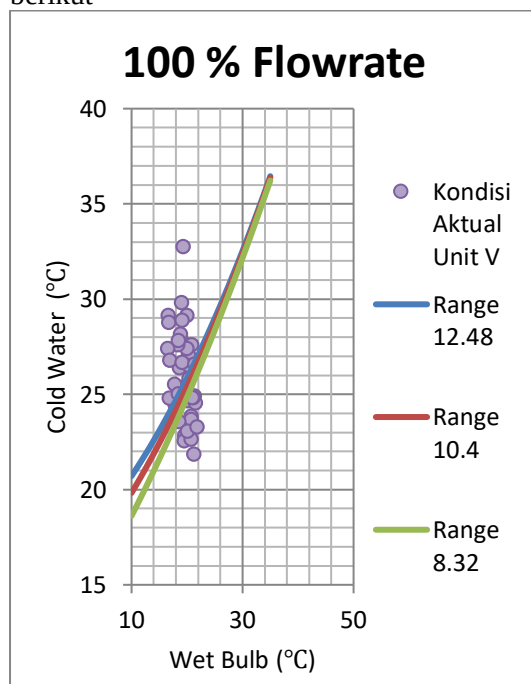


Gambar 4. Grafik Perbandingan Efektivitas Terhadap Waktu

Efektivitas pendinginan selama 10 jam operasional kerja berkisar pendingin berkisar antara 60 % sampai 73%. Titik tertinggi ada pada jam 08.00 WITA dengan nilai efektivitas 73% dan titik terendah dengan presentase 60% ada pada jam 08.00 WITA. pada pagi hari semakin tinggi efektivitas pendinginan dari menara pendingin karena perbandingannya yang semakin tinggi sesuai dengan yang sudah diteliti oleh Handoyo, 2015.

Sesuai dengan analisis bahwa data desain dan data aktual dari menara pendingin *Mechanical Induced Draught* Aliran *Counterflow* PLTP Lahendong Unit 5 tidak terdapat perbedaan yang cukup jauh jadi *range* tetap dan air *flow* tetap. Pada menara pendingin *mechanical induced draught* aliran *counterflow* pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit 5 menggunakan tiga kondisi desain *flowrate* yaitu 90%, 100%, 110%.

Berdasarkan dengan data aktual yang didapatkan *flowrate* sekarang berada pada kondisi 100% maka dilakukan perbandingan dengan kondisi desain seperti pada grafik berikut



Gambar 5. Grafik Kondisi Desain dan Aktual

Tabel 2. Tabel Perbandingan data Desain dan Aktual Comparison

Parameter	Design	Actual	Unit
Water Flow	6400	5838	m ³ /h
Wet Bulb	24	19.4	(°C)
Cold Water	28	27	(°C)
Hot Water	38.4	40	(°C)

Range	10.4	13	(°C)
Approach	4	7.6	(°C)
L/G	1.114	1.016055876	
Effectivity	72%	64%	%
KaV/L	0.271	0.691143139	

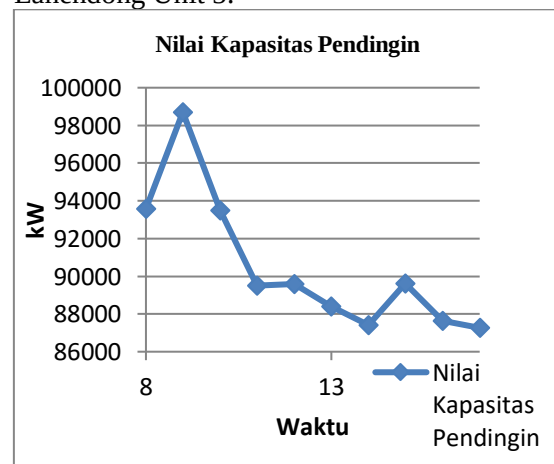
Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa kondisi actual masih sesuai dengan kondisi desain. Setelah itu, Selama pengoperasian menara pendingin, dimungkinkan untuk terjadi kehilangan air akibat *evaporation loss*, *drift lost* dan *blow down*. Oleh karena itu, agar jumlah air yang bersirkulasi tetap stabil dibutuhkan penambahan air. Berikut adalah tabel *evaporation loss*, *drift loss*, *blow down* serta *make up water*.

Tabel 3. *Evaporation loss*, *drift loss*, *blow down*, *make up water*

We	Wd	Wb	Wm
(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)
115.94	0.12	231.76	387.81

Berdasarkan Tabel 3 maka jumlah air yang diperlukan selama proses operasi Menara Pendingin *Mechanical Induced Draught* Aliran *Counterflow* PLTP Lahendong Unit 5 adalah 387.81 m³/h.

Kapasitas pendingin merupakan panas yang dibuang yang dihasilkan oleh kecepatan laju alir, kalor jenis air dan *range* suatu menara pendingin. Berikut adalah nilai kapasitas pendingin pada menara pendingin *mechanical induced draught* aliran *counterflow* pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit 5.



Gambar 6. Grafik Nilai Kapasitas Pendinginan

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6, pada pagi hari hanya sedikit perubahan dan mulai naik pada jam 09.00 WITA dan turun kembali pada jam 10.00 WITA, pada jam 11.00 WITA dan 12.00 WITA mengalami penurunan dengan nilai yang tidak jauh berbeda dan turun lagi sampai pukul 14.00 lalu pada jam 15.00 WITA kembali naik dan turun kembali sampai pada pukul 15.00 WITA. sehingga masih dalam kondisi normal dengan pembuangan panas kelilingkungan sesuai dengan penelitian dari Handoyo, 2015.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan mencakup beberapa parameter maka dapat disimpulkan bahwa Performa Menara Pendingin *Mechanical Draught* Aliran *Counterflow* masih dalam kondisi baik dengan *range* yang meningkat, serta *approach* dan *airflow* yang normal.

DAFTAR PUSTAKA

- DiPippo, R. (2007). *Geothermal Power Plants*. Butterworth-Heineman.
- Handoyo, Y. (2015, Februari 1). Analisa Performa *Cooling Tower* LCT 400 pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3, 38-52.
- Homzah, O. F. (2014, Januari 1). Analisa Performasi Pada Menara Pendingin Dengan Menggunakan Analisis Eksergi. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 2, 23-28.
- Saptadji Ph.D, I. M. (2002). *Teknik Panasbumi*. Bandung: ITB Press.
- Sentana, DS, A., & Hadianata, T. A. (2005). Sistem Operasi Dan Analisis Menara Pendingin (Cooling Tower) PLTP Kamojang. *Infomatek*, 105-114.