

## ANALISIS EFEKTIVITAS MESIN COOLING TOWER MENGUNAKAN RANGE AND APPROACH

Ahmad Muhsin<sup>1</sup>, Zicko Pratama<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Industri  
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Industri  
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta  
Jl. Babarsari 2 Tambakbayan Yogyakarta 55281  
email : [ahmad.muhsin@upnyk.ac.id](mailto:ahmad.muhsin@upnyk.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 Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd 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 temperature 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.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai rata-rata OEE mesin cooling tower sebesar > 85% yang berarti telah memenuhi standar world class dan layak untuk dipergunakan, beberapa titik memiliki nilai kurang dari standar dengan nilai terendah 81% disebabkan karena lamanya waktu downtime. Perusahaan perlu menerapkan perawatan preventif yang rutin dan tepat waktu untuk mempertahankan performansi Cooling Tower.

**Kata Kunci:** Performansi, Cooling Tower, Overall Equipment Effectiveness

### 1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat diperlukan masyarakat. Segala aktifitas selalu berhubungan dengan pemanfaatan energi listrik. Untuk pembangkitannya sendiri di Indonesia, listrik dapat dihasilkan dari pemanfaatan batu bara, minyak bumi, air, angin serta panas bumi. Semua sumber energi tersebut tersedia melimpah di Indonesia. Untuk panas bumi atau geotermal memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan dan dapat dimanfaatkan untuk skala besar. Energi geotermal dihasilkan dari inti perut bumi akibat terjadinya aktivitas magma.

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

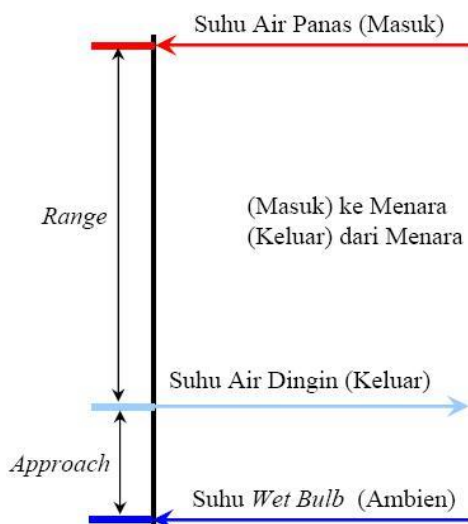
menara pendingin dengan cara mengontakkan dengan udara yang dilewatkan bila zat cair panas dikontakkan dengan gas tak jenuh, sebagian dari zat cair itu akan menguap dan suhu zat cair akan turun. Penurunan suhu zat cair demikian biasanya merupakan tujuan dari berbagai operasi kontak gas dan zat cair, lebih – lebih kontak udara – gas. Fungsi cooling tower adalah memproses air atau cooling tower yang panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali.

Penelitian yang dilakukan di Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd berkaitan dengan pengukuran nilai efektivitas pendinginan mesin Cooling tower unit 1 bertujuan untuk menganalisis efektivitas pendinginan pada jam tertentu. Pengukuran efektivitas dilakukan dengan memperhatikan dua hal penting yaitu nilai approach dan nilai range. Range merupakan perbedaan atau jarak antar temperature air masuk dan keluar menara pendingin. Jadi nilai Range yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu

menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik, Sedangkan Approach adalah perbedaan suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu wetbulb ambient, semakin rendah approach semakin baik kinerja *Cooling tower*.

## 2. LANDASAN TEORI

*Cooling Tower* adalah alat penukar kalor yang berfungsi mendinginkan air dengan mengontakannya ke udara sehingga menguapkan sebagian kecil dari air (Handoyo, 2015). Menara pendingin merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer. Menara pendingin menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer (Effendi and Wirza, 2013).



Gambar 2.1 *Range* dan *approach* temperatur *Cooling Tower* (Handoyo, 2015)

Pemeliharaan atau perawatan dalam suatu industri merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung proses produksi, oleh karena itu proses produksi harus didukung oleh peralatan yang siap bekerja setiap saat dan handal (Hapsari, Amar and Rahadian, 2012). *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan salah satu aplikasi dari program *Total Productive Maintenance* (TPM) yang digunakan sebagai alat untuk menentukan tingkat efektivitas mesin (Wahyuni, 2015). Pengukuran *Equipment Effectiveness* (OEE) menggunakan dasar

3 rasio yaitu : *availability ratio*, *performance ratio*, dan *Quality ratio* (Muhsin, 2016). Dengan mengetahui hal tersebut, perusahaan juga dapat melakukan perbaikan atau pencegahan kerusakan yang mungkin akan terjadi agar dapat meningkatkan produktivitas (Ningrum and Muhsin, 2016).

Performa menara pendingin dievaluasi untuk membahas *approach* dan *range* operasi pada nilai rancangan, indentifikasi area pemborosan energi, dan juga untuk sarana perbaikan (Handoyo, 2015). Dengan begitu dapat dilakukan perencanaan perawatan mesin yang tepat (*preventive maintenance*) sehingga dapat mengurangi jumlah kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba (Muhsin and Syarafi, 2018). Pengukuran waktu adalah pekerjaan mengamati dan mencatat waktu-waktu kerjanya baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan (Ade and Muhsin, 2017).

Suplai air sejuk (dingin) yang tepat dan kontinyu maka *Cooling Tower* sebagai alat Penukar Kalor tersebut dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi dan kondisi yang diharapkan, selain itu biaya yang dikeluarkan akan menjadi lebih efektif dan energi yang dikeluarkan lebih efisien (Yulianto and Urbiantoro, 2013). Menara pendingin disimpan dalam ruangan tertutup dimaksudkan untuk menghindari fluktuasi suhu dan kelembaban yang terlalu ekstrim (Wibisono, 2005).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd., Pangalengan, Bandung pada Departemen *Production*. Penelitian ini diperlukan data yang mendukung, data yang digunakan adalah:

1. Suhu udara *wetbulb*
2. Suhu air masuk (*inlet*)
3. Suhu air keluar (*outlet*)
4. Suhu udara masuk
- 5.

Data yang diperoleh dilakukan pengolahan dengan cara:

1. Perhitungan *Range*, yaitu perbedaan antara temperature air masuk dan keluar *Cooling tower*, dengan menggunakan rumus perhitungan adalah sebagai berikut:

$$\text{Range } (^{\circ}\text{C}) = \text{temperatur air masuk } (^{\circ}\text{C}) - \text{temperatur air keluar } (^{\circ}\text{C})$$

2. Perhitungan *Approach*, yaitu perbedaan antara temperatur air dingin keluar menara pendingin dan temperatur *wet bulb* ambien, dengan menggunakan rumus perhitungan adalah sebagai berikut:

$$\text{Approach } (^{\circ}\text{C}) = \text{temperatur air keluar } (^{\circ}\text{C}) - \text{temperatur wet bulb } (^{\circ}\text{C})$$

3. Perhitungan Efektivitas pendinginan, merupakan perbandingan antara *range* dan *range* ideal. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efektivitas pendinginan suatu menara pendingin, dengan menggunakan rumus perhitungan adalah sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas } (\%) = \frac{\text{Range}}{(\text{Range} + \text{Approach})} \times 100$$

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

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

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diperoleh data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data historis waktu operasi *Cooling tower* unit, data waktu pengukuran, suhu air (*inlet*), suhu air (*outlet*), suhu *wetbulb*, suhu udara sekitar, desain *plan* efektivitas pendinginan *Cooling tower*.

Tabel 4.1 Data temperatur *Cooling Tower*

NO	T (Air)		wetbulb	T (Udara)
	inlet (C)	outlet (C)		Inlet (C)
1	44.76	23.30	9.97	13.38
2	47.41	25.78	10.95	13.76
3	47.46	26.50	11.83	15.24
4	48.32	26.77	13.28	16.72
5	48.19	26.70	13.27	16.72
6	48.23	27.03	12.94	15.22
7	48.17	26.46	11.67	15.20
8	47.93	26.42	11.82	15.22
9	45.46	23.83	9.00	12.23
10	47.20	25.76	10.90	13.76
11	47.22	26.22	11.42	15.24
12	48.48	26.86	13.29	16.72
13	48.21	26.79	13.81	16.72
14	48.01	26.68	11.35	14.97
15	48.00	26.34	11.22	15.20
16	47.77	26.30	11.54	14.51
17	45.44	23.87	9.34	12.23
18	47.08	25.83	10.36	13.76
19	47.14	26.17	11.02	15.24
20	48.26	26.68	12.85	16.72
21	48.06	26.58	13.24	16.72

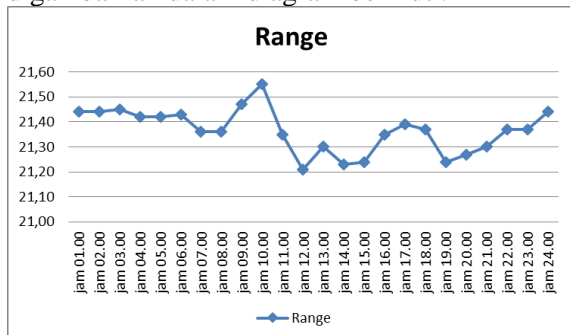
22	47.78	26.43	11.32	13.71
23	47.97	26.24	11.13	15.20
24	47.44	25.99	11.62	15.22
25	45.51	23.91	9.27	12.23
26	47.09	25.85	10.12	13.76
27	47.05	26.06	11.06	13.93
28	48.21	26.62	12.15	15.71
29	48.11	26.59	13.21	16.72
30	47.52	26.23	10.34	13.71
31	47.82	26.14	10.53	13.90
32	47.45	26.01	10.72	13.86
33	45.46	23.84	9.42	12.23
34	47.07	25.83	10.20	13.76
35	47.09	26.15	11.55	13.82
36	48.32	26.71	12.37	15.22
37	48.10	26.57	13.03	16.72
38	47.32	26.02	11.30	13.71
39	47.61	25.89	10.22	13.70
40	47.50	26.06	11.17	13.92
41	45.54	23.99	12.00	14.29
42	46.94	25.90	14.16	16.85
43	47.16	26.20	13.97	16.50
44	48.47	26.88	16.12	19.02
45	48.02	26.59	15.77	18.88
46	47.41	26.12	15.22	17.92
47	47.77	26.09	14.67	17.44
48	47.21	25.84	17.26	20.19
49	46.15	24.59	16.54	19.55
50	47.04	26.00	20.14	23.03

*Water flow inlet*, Suhu air masuk/sebelum didinginkan *cooling tower*. *Water flow outlet*, Suhu air keluar/sesudah didinginkan *cooling tower*. *Wetbulb*, Temperatur yang ditunjukkan oleh thermometer yang dibungkus kain atau kapas basah yang digunakan untuk menghilangkan radiasi panas dan ad aliean udara yang melaluinya. *Air flow inlet*, Suhu udara sekitar yang ada di sekitar *Cooling tower*

Tabel 4.2 Data Range, Approach dan Efektivitas

waktu	Range	approach	Presentase efektivitas
jam 01.00	21.44	14.84	59.10
jam 02.00	21.44	14.54	59.60
jam 03.00	21.45	14.53	59.61
jam 04.00	21.42	14.62	59.44
jam 05.00	21.42	15	58.8
jam 06.00	21.43	14.73	59.26
jam 07.00	21.36	11.05	65.9
jam 08.00	21.36	6.77	75.94
jam 09.00	21.47	5.21	80.48
jam 10.00	21.55	5.2	80.55
jam 11.00	21.35	5.94	78.23
jam 12.00	21.21	6.15	77.51
jam 13.00	21.3	5.9	78.3
jam 14.00	21.23	5.73	78.73
jam 15.00	21.24	7.04	75.11
jam 16.00	21.35	8.63	71.2
jam 17.00	21.39	11.16	65.72
jam 18.00	21.37	12.77	62.59
jam 19.00	21.24	13.44	61.24
jam 20.00	21.27	13.84	60.59
jam 21.00	21.3	14.22	59.97
jam 22.00	21.37	14.38	59.78
jam 23.00	21.37	14.15	60.16
jam 24.00	21.44	14.24	60.1

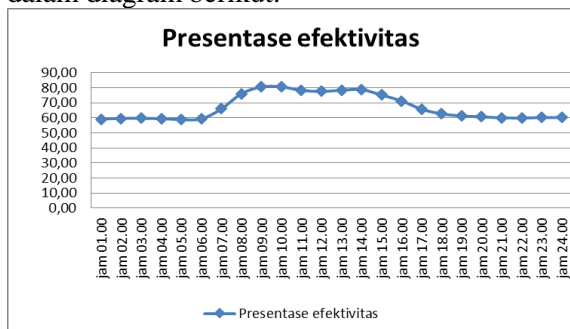
Perhitungan *Range* menggunakan rumus digambarkan dalam diagram berikut :



Gambar 4.1 Nilai *Range*

Nilai *Range* dalam satuan (°C) diperoleh dari temperatur air masuk (°C) – temperatur air keluar (°C)

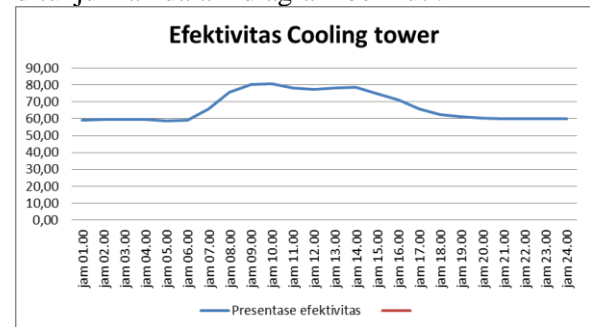
Perhitungan *Approach* ditunjukkan dalam diagram berikut:



Gambar 4.2 Nilai *Approach*

Nilai *Approach* dalam satuan (°C) diperoleh dari temperatur air keluar (°C) – temperatur wet bulb (°C)

Perhitungan efektivitas pendinginan ditunjukkan dalam diagram berikut :



Gambar 4.3 Nilai Efektivitas

Nilai efektivitas diperoleh dengan cara :  

$$Efektivitas\ pendinginan\% = \frac{Range}{(Range + Approach)} \times 100\%$$

Perhitungan *Performance Efficiency* untuk yaitu :

$$Performance\ Rate = \frac{actual\ output}{plan} \times 100\%$$

$$Performance\ Rate = \frac{327\ Ton}{339\ Ton} \times 100\%$$

$$= 96,46\%$$

Analisis produktivitas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa efektif mesin tersebut dapat beroperasi dan mendapat usulan perbaikan terhadap mesin dan kinerja operator. Menurut standar yang dikeluarkan oleh *Japanese Institute of Plant Maintenance*, meliputi:

1. *Availability Rate* = 90% atau lebih
2. *Performance Rate* = 95% atau lebih
3. *Rate of Quality* = 99% atau lebih
4. *Overall Equipment Effectiveness* = 85% atau lebih

Jika nilai tersebut sama atau lebih dari standar yang telah ditetapkan, maka mesin tersebut sudah dikatakan mampu bekerja dengan maksimal.

*Availability rate* merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin. Hasil perhitungan terhadap mesin diperoleh presentasi *availability rate* sebesar 90,13%. *Performance Rate* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang atau produk, sedangkan *Rate Of Quality* adalah rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk sesuai standar. Hasil perhitungan *Performance rate* sebesar 88,50%. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin diperoleh > 86%.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data analisa hasil penelitian disimpulkan yaitu :

1. *Performance Efficiency* sebesar 96,46% artinya mesin *Cooling Tower* masih efektif dan berkinerja baik.
2. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada periode penelitian sudah memenuhi standar *world class* yaitu >85%.
3. Hasil penelitian ini menjadi sumber informasi tentang kondisi mesin dan dapat dijadikan acuan untuk melakukan perawatan preventif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak PT Star Energy Wayang Windu Ltd yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

Ade, M. and Muhsin, A. (2017) 'ANALISIS BEBAN KERJA MEKANIK PADA

DEPARTEMEN PLANT DENGAN METODE WORK SAMPLING (STUDI KASUS PADA PT XYZ)', *Jurnal (OPSI) Optimasi Sistem Industri*, 10(1), pp. 35–42. Available at: <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi/article/view/2165>.

Effendi, A. and Wirza, R. (2013) 'PERENCANAAN SISTEM SCADA COOLING TOWER MENGGUNAKAN SIEMENS SIMATIC STEP 7 DAN WINCC Fakultas Teknologi Industri – Intitut Teknologi Padang', *TEKNOIF*, 1(1), pp. 6–14. doi: 10.1080/09637486.2017.1353954.

Handoyo, Y. (2015) 'Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi', *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1), pp. 38–52. Available at: <https://media.neliti.com/media/publications/97640-ID-analisis-performa-cooling-tower-lct-400.pdf>.

Hapsari, N., Amar, K. and Rahadian, Y. (2012) 'Pengukuran Efektivitas Mesin Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Pt. Setiaji Mandiri', *Spektrum Industri*, 10(2), pp. 108–199.

Muhsin, A. (2016) 'ANALISIS PERFORMANSI DEPARTEMEN MACHINING MENGGUNAKAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENES ( OEE ) ( Studi Kasus pada Perusahaan Pengecoran Logam XYZ )', *OPSI (Optimasi Sistem Industri)*, 9(1), pp. 16–23. Available at: <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi/article/view/2170>.

Muhsin, A. and Syarafi, I. (2018) 'ANALISIS KEHANDDALAN DAN LAJU KERUSAKAN PADA MESIN CONTINUES FRYING ( STUDI KASUS: PT XYZ ) Abstrak b . Data Waktu Kerusakan a . Data Komponen Kritis c . Data Waktu Perbaikan d . Pengolahan Data Menentukan distribusi yang paling sesuai dengan karakteristi', *Jurnal (OPSI) Optimasi Sistem Industri*, 11(1), pp. 28–34. Available at: <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi/article/viewFile/2200/1932>.

Ningrum, N. S. and Muhsin, A. (2016) 'LINE MACHINING PROPELLER SHAFT UNTUK PRODUK FLANGE

- MENGGUNAKAN METODE  
OVERALL EQUIPMENT  
EFFECTIVENESS ( OEE ) ( STUDI  
KASUS DI PT HINO MOTORS  
MANUFACTURING INDONESIA )',  
*Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 9(2),  
pp. 109–118. Available at:  
[http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi/  
article/view/2167](http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi/article/view/2167).
- Wahyuni, M. F. (2015) 'Analisis nilai', *Jurnal  
Ilmiah Universitas Bakrie*, 3(2).  
Available at:  
[http://journal.bakrie.ac.id/index.php/jurn  
al\\_ilmiah\\_ub/article/view/957](http://journal.bakrie.ac.id/index.php/jurnal_ilmiah_ub/article/view/957).
- Wibisono, Y. (2005) 'PENDINGIN TIPE  
INDUCED COUNTER FLOW  
Performance Comparison of Cooling T  
ower Filler Used in the Induced Counter  
Flow Type Cooling Tower System',  
*Jurnal Teknologi Pertanian*, 6(3), pp.  
152–162. Available at:  
[http://download.garuda.ristekdikti.go.id/  
article.php?article=309498&val=7353&  
title=Performance Comparison of  
Cooling Tower Filler Used in the  
Induced Counter Flow Type Cooling  
Tower System](http://download.garuda.ristekdikti.go.id/article.php?article=309498&val=7353&title=Performance%20Comparison%20of%20Cooling%20Tower%20Filler%20Used%20in%20the%20Induced%20Counter%20Flow%20Type%20Cooling%20Tower%20System).
- Yulianto, S. and Urbiantoro, A. (2013)  
'Perancangan cooling tower untuk alat  
penukar kalor shell and tube kapasitas  
skala laboratorium', *SINTEK*, 7(1), pp.  
1–11.