

ANALISA EFISIENSI COOLING TOWER TIPE INDUCED DRAFT COUNTER FLOW SEBELUM DAN SESUDAH PENGGANTIAN FILLER PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI (PLTP) UNIT 1 DIENG PT GEO DIPA ENERGI (PERSERO)

Mohamad Imam Ghozali^{1*}, Fajar Dhani Wardhana², Arya Dwi Candra¹

¹Teknik Produksi Minyak dan Gas, PEM Akamigas Cepu, Jl. Gajah Mada no.58 Cepu, Blora, 58312

²PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng (Persero), Wonosobo 56354, Indonesia

*E-mail: bagusbagus188@gmail.com

ABSTRAK

Geothermal merupakan sumber tenaga yang berasal dari bawah permukaan bumi. Salah satu pemanfaatan sumber panas tersebut adalah sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). *Cooling tower* merupakan peralatan penting dalam sistem pendinginan PLTP yang berfungsi untuk menurunkan suhu air pendingin melalui proses penguapan. Penggantian filler merupakan langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi kinerja *cooling tower* dikarenakan filler pada PLTP Unit 1 Dieng telah mengalami kerusakan dan terjadi penyumbatan pada lubang-lubang filler akibat pertumbuhan alga atau lumut. Dalam penelitian ini, data diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan dan DCS selama 7 hari sebelum dan 7 hari sesudah penggantian filler. Parameter yang dianalisis meliputi suhu air masuk dan keluar, range, approach, serta efisiensi *cooling tower*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi *cooling tower* sebelum penggantian filler rata-rata 75.41%, sedangkan setelah penggantian filler meningkat menjadi rata-rata 80.38%. Perbedaan efisiensi ini menunjukkan bahwa penggantian filler cukup efektif dalam meningkatkan kinerja *cooling tower* dengan presentase 4.97%.

Kata kunci: *Geothermal, PLTP, Cooling tower, Filler, Efisiensi*

1. PENDAHULUAN

Geothermal adalah sumber tenaga panas yang terbentuk secara alami pada bagian bawah permukaan bumi[1]. Sumber panas berasal dari batuan magma yang kemudian panas akan berpindah di sekelilingnya secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi berasal dari batuan sedangkan konveksi terjadi karena terjadi kontak antara air dengan sumber panas. Fenomena Lokasi panas bumi ini biasanya terjadi pada (*ring of fire*) gunung berapi atau Lokasi bekas letusan gunung api[2]. Pemanfaatan panas bumi dapat dilakukan secara langsung sebagai contoh sebagai tempat wisata pemandian air panas, mengeringkan kopra dan kakao dll. Sedangkan yang tidak secara langsung yaitu pemanfaatan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) pada prinsipnya sama dengan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), hanya PLTU uap dibuat menggunakan boiler sedangkan PLTP uap berasal dari reservoir panas bumi [3]. Salah satu peralatan yang ada pada PLTP adalah *cooling tower* atau biasa yang disebut dengan menara pendingin dan didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang material kerjanya adalah air, dan udara digunakan sebagai pendingin air dengan kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Sederhananya, fungsi dari menara pendingin yaitu untuk memberikan atau menyediakan kondensat dengan temperatur yang relatif lebih sejuk (dingin)[4]. *Cooling tower* pada PLTP Geo Dipa Unit 1 Dieng menggunakan tipe *Induced draft counter flow* dengan jumlah *cooling tower* sebanyak 18 unit, dengan 16 unit running dan 2 unit yang *stand by*. Dimana kondensat akan dialirkan menggunakan *Hotwell pump* menuju *cooling tower* pada bagian atas dan

kondensat akan jatuh melewati filler dan akan terjadi kontak antara udara dan air dengan bantuan *fan blade* [5]. Udara panas akan dibuang bersama dengan *non condensable gas* (NCG), dan air akan jatuh rintik-rintik yang tertampung pada water basin. Terdapat beberapa komponen peralatan pada *Cooling tower* seperti fan, filler, *drift eliminator*, *raiser*, *fan stac* [6]

Seiring berjalannya waktu filler pada *cooling tower* dapat mengalami penurunan performa akibat beberapa masalah. Filler merupakan alat yang digunakan sebagai pemecah butiran air dan juga untuk memperlambat gerak jatuh air [7]. Penggantian filler ini merupakan langkah untuk memperbaiki efisiensi kinerja pada *cooling tower*. Performa *cooling tower* ini dapat dilihat dari temperature air yang keluar. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisa efisiensi dari *cooling tower* PLTP Geo Dipa Unit 1 Dieng agar dalam kinerjanya didapatkan hasil yang optimal untuk menurunkan suhu air, berdasarkan perbandingan antara sebelum dan sesudah pergantian filler dengan melihat parameter – parameter seperti temperature air yang masuk dan keluar, temperature *wet bulb* dan efisiensi *cooling tower*.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan yang diinginkan yaitu : studi literature, pengumpulan data, pengolahan data, analisis data, dan penyusunan laporan.

A. Studi Literatur

Pengumpulan data dengan mempelajari dari buku, jurnal, *papper*, dan lainnya guna untuk menambah wawasan serta pemahaman penulis untuk tercapainya tujuan yang akan dilakukan.

B. Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui beberapa metode, termasuk observasi secara langsung dilapangan, dan analisa pada control room. Parameter data yang dibutuhkan antara lain suhu masuk dan keluar pada *cooling tower* serta data suhu wet bulb yang diamati selama 7 hari baik sebelum dan setelah penggantian filler.

C. Pengolahan Data

Data dari hasil pengukuran baik lapangan maupun dari DCS selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dengan mencari beberapa parameter seperti nilai range, approach, untuk mengetahui nilai efisiensi *cooling tower* tersebut. Rumus yang digunakan untuk mengetahui performa *cooling tower* adalah sebagai berikut :

a. *Cooling tower* Range

Range merupakan perbedaan antara suhu air yang masuk dan keluar dari *cooling tower*. Range dengan nilai yang tinggi menandakan bahwa *cooling tower* dapat menurunkan suhu secara efektif, dan secara kinerja akan lebih baik.

$$\text{Range } (^{\circ}\text{C}) = \text{Inlet temperature } (^{\circ}\text{C}) - \text{Outlet temperature } (^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

b. *Cooling tower* Approach

Yaitu perbedaan temperature keluaran kondensat dari *cooling tower* dan temperature *wet-bulb ambient*. Apabila nilai approach semakin rendah maka kinerja *cooling tower* akan semakin baik.

$$\text{Approach } (^{\circ}\text{C}) = \text{Outlet cooling water } (^{\circ}\text{C}) - \text{Temperature wet bulb } (^{\circ}\text{C}) \quad (2)$$

c. Efisiensi *Cooling tower*

Perhitungan efisiensi membutuhkan data range dan approach pada *cooling tower*. Maksimum efisiensi *cooling tower* dibatasi oleh wet bulb temperature.

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_{wb}} \quad (3)$$

D. Analisis Data

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengevaluasi perubahan dalam efisiensi sistem pendinginan berdasarkan parameter-parameter yang telah diambil. Dengan analisis data sehingga bisa didapatkan kesimpulan dari perubahan dan perbedaan dari efisiensi *cooling tower* sebelum dan sesudah penggantian filler.

3. PEMBAHASAN

A. Penggantian Filler

Cooling tower yang dimiliki oleh PT Geo Dipa Energi yaitu berjumlah 18, dengan 16 running dan 2 standby. Penggantian filler pada *cooling tower* ini dilakukan 2 tahap yaitu tahun 2023 pada tanggal 11 september 2023 sampai 9 November 2023 dan pada tahun 2024 dilaksanakan pada tanggal 4 Juli 2024 sampai 7 September 2024. Pada saat penggantian ditemukan masalah yaitu korosi dan terjadi penyumbatan pada lubang filler sehingga proses pemecahan air untuk menurunkan suhu yang terjadi pada *cooling tower* akan terganggu. Perbedaan jenis filler yang digunakan akan mempengaruhi pelepasan panas pada *cooling tower* [8]. Sedangkan yang terjadi pada PLTP unit 1 Dieng telah terjadi korosi dan terjadi penyumbatan. Berdasarkan studi sebelumnya, faktor yang memengaruhi efisiensi terutama adalah kinerja termal dari zona pengisian (*filling zone*) karena 70% dari kapasitas pelepasan panas tergantung pada *filling zone* tersebut[9]. Berdasarkan pengamatan pada filler yang mengalami kerusakan dan penyumbatan terjadi akibat pertumbuhan mikroorganisme jenis alga yang terkena sinar matahari sehingga dapat menyebabkan alga tumbuh dengan cepat dan dapat menyumbat peralatan [10] dalam hal ini adalah penyumbatan pada lubang filler *cooling tower*. Untuk mengurangi mikroorganisme pada basin *cooling tower* PT Geo Dipa sudah menggunakan beberapa chemical untuk menghilangkan pertumbuhan lumut dan mematikan lumut atau pengotor yang telah tumbuh pada basin *cooling tower* seperti penggunaan *biodepresant*, *slow biocide*, dan *fast biocide*. Mikroorganisme ini dapat berkembang biak dimana saja ketika mereka menemukan kondisi yang optimal untuk pertumbuhannya. Pertumbuhan mikroorganisme ini dapat dipengaruhi beberapa factor seperti nilai pH pada air *cooling tower*, sinar matahari, oksigen, dan beberapa komponen lain [11]. Apabila hal tersebut didapatkan oleh mikroorganisme maka ia akan cepat berkembang dan menutup lubang pada filler. Gambar filler yang telah terjadi kerusakan dan yang baru dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Filler Yang Rusak & Baru

Penggantian filler ini bertujuan untuk mengganti filler yang telah mengalami kerusakan, tentunya juga berpengaruh pada proses pendinginan air yang berasal dari kondensasi condenser. Diharapkan dari proses ini aliran udara dan air dalam cooling tower dapat berjalan lebih optimal dan bisa meningkatkan efisiensi operasional dalam jangka waktu yang panjang.

B. Efisiensi *Cooling tower* Sebelum Penggantian Filler

Data sebelum dilakukan penggantian filler di ambil pada tanggal 1 November sampai 7 November 2023 dalam kurun waktu antara jam 10.00 hingga jam 12.00 WIB, ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Temperature Sebelum Penggantian Filler

Tanggal	Tin (°C)	Tout (°C)	Twb (°C)
01 November 2023	40.19	22.44	16.3
02 November 2023	40.59	22.44	16.7
03 November 2023	39.56	21.46	15.9
04 November 2023	40.71	22.72	16.4
05 November 2023	40	22.17	16.9
06 November 2023	37.74	19.77	13.5
07 November 2023	38.34	20.2	14.4
Average	39.59	21.6	15.72857

Berdasarkan tabel 1 nilai temperature inlet pada *cooling tower* yaitu yang paling rendah 37.74 °C dan yang paling tinggi adalah 40.71 °C. Kemudian nilai outlet setelah mengalami penurunan yaitu antara 19.77 °C hingga 22.72 °C. Dengan rata-rata penurunan temperature sebelum dilakukan penggantian filler yaitu sekitar 23.8 °C. Dengan nilai temperature wet bulb rata-rata selama seminggu yaitu 15.7 °C. Kemudian nilai range dan approach didapatkan dengan melakukan perhitungan sesuai dengan rumus yang ada pada persamaan (1) dan (2) .

Tabel 2. Nilai Range & Approach

Range	Approach
17.75	6.14
18.15	5.74
18.1	5.56
17.99	6.32
17.83	5.27
17.97	6.27
18.14	5.8
17.99	5.871429

Nilai range merupakan perbedaan antara suhu inlet dan suhu outlet dari *cooling tower*. Setelah dilakukan perhitungan range dengan data yang didapatkan sebelum dilakukan penggantian filler pada tanggal 1 November 2023 hingga 7 November 2023 didapatkan untuk nilai range antara 17.75 – 18.15 dengan rata-rata nilai yaitu 17.99 seperti pada Tabel 2. Sedangkan approach adalah perbedaan nilai outlet air dengan wet bulb. Didapatkan nilai approach setelah dilakukan penghitungan antara 5.74 – 6.32 dan untuk rata-rata nilai approach sebesar 5.87

Tabel 3. Nilai Efisiensi

Tanggal	Tin (°C)	Tout (°C)	Twb (°C)	Range	Approach	Efisiensi
01 November 2023	40.19	22.44	16.3	17.75	6.14	74.30%
02 November 2023	40.59	22.44	16.7	18.15	5.74	75.97%
03 November 2023	39.56	21.46	15.9	18.1	5.56	76.50%
04 November 2023	40.71	22.72	16.4	17.99	6.32	74.00%
05 November 2023	40	22.17	16.9	17.83	5.27	77.19%
06 November 2023	37.74	19.77	13.5	17.97	6.27	74.13%
07 November 2023	38.34	20.2	14.4	18.14	5.8	75.77%
Average	39.59	21.6	15.72857	17.99	5.871429	75.41%

Setelah dilakukan perhitungan efisiensi *cooling tower* menggunakan rumus pada persamaan (3), saat sebelum dilakukan penggantian filler didapatkan nilai antara 74.13% - 77.19% dengan rata-rata efisiensi yaitu sebesar 75.41%.

C. Efisiensi Cooling Tower Setelah Penggantian Filler

Setelah dilakukan penggantian filler pada tahap 1 dan tahap 2 yang berakhir pada tanggal 7 September 2024, dilakukan pengambilan data pada inlet dan outlet pada *cooling tower* selama 7 hari dimulai tanggal 9 hingga 15 September 2024, pengambilan data juga sama dengan pada data sebelumnya yaitu antara pukul 10.00 – 12.00 WIB. Tabel 4 merupakan tabulasi nilai temperature setelah penggantian filler. Nilai temperature inlet *cooling tower* 38.06 °C – 41.06 °C, dengan nilai rata-rata yaitu 39.38 °C. Nilai outlet pada *cooling tower* tentunya mengalami penurunan dengan nilai temperature antara 18.32 °C – 21.74 °C dengan rata-rata penurunan suhu sebesar 23.9 °C.

Tabel 4. Nilai Temperature Setelah Penggantian Filler

Tanggal	Tin (°C)	Tout (°C)	Twb (°C)
9 September 2024	40.31	21.74	16.3
10 September 2024	41.06	21.66	16.7
11 September 2024	39.32	20.56	15.9
12 September 2024	39.32	20.28	16.4

13 September 2024	39.09	19.46	16.9
14 September 2024	38.53	19.1	13.5
15 September 2024	38.06	18.32	14.4
Average	39.38429	20.16	15.72857

Tabel 2. Nilai Range & Approach

Range	Approach
18.57	5.04
19.4	5.36
18.76	4.66
19.04	5.28
19.63	4.66
19.43	4.5
19.74	3.02
19.22429	4.702857

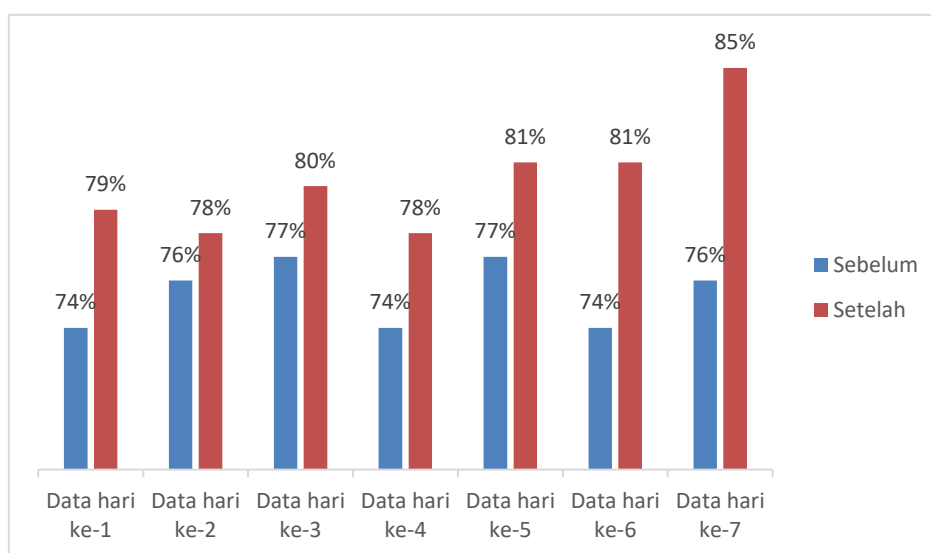
Nilai range setelah dilakukan perhitungan didapatkan 18.76 – 19.74 dengan rata-rata untuk nilai range setelah dilakukan penggantian filler yaitu 19.22. Sedangkan untuk nilai approach setelah penggantian filler didapatkan antara 3.02 – 5.36 dengan nilai rata-rata approach sebesar 4.7 seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Setelah didapatkan nilai range dan approach maka didapatkan nilai efisiensi dengan perhitungan pada persamaan (3). Nilai efisiensi yang didapatkan setelah dilakukan penggantian filler yaitu antara 78.29% - 85.23% dengan nilai rata-rata efisiensi yaitu 80.38%.

Tabel 3. Nilai Efisiensi

Tanggal	Tin (°C)	Tout (°C)	Twb (°C)	Range	Approach	Efisiensi
23 September 2024	40.31	21.74	16.7	18.57	5.04	78.65%
24 September 2024	41.06	21.66	16.3	19.4	5.36	78.35%
25 September 2024	39.32	20.56	15.9	18.76	4.66	80.10%
26 September 2024	39.32	20.28	15	19.04	5.28	78.29%
27 September 2024	39.09	19.46	14.8	19.63	4.66	80.82%
28 September 2024	38.53	19.1	14.6	19.43	4.5	81.20%
29 September 2024	38.06	18.32	14.9	19.74	3.42	85.23%
Average	39.38429	20.16	15.45714	19.22429	4.702857	80.38%

D. Perbedaan Nilai efisiensi sebelum dan sesudah penggantian Filler

Nilai efisiensi sebelum dan sesudah dilakukan penggantian filler dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini. Berdasarkan gambar 2 tampak perbandingan sebelum penggantian filler pada gambar grafik berwarna biru sedangkan untuk gambar berwarna merah menunjukkan grafik setelah penggantian filler pada *cooling tower*. Pengambilan data dilakukan selama 7 hari baik sebelum dan setelah penggantian filler. Nilai efisiensi sebelum penggantian filler terendah 74.13% dan tertinggi sebesar 77.19% dengan rata-rata efisiensi yaitu 75.41%. Setelah penggantian filler nilai efisiensi dinilai cukup besar peningkatannya yaitu nilai terendah efisiensi 78.29% dan untuk tertinggi sebesar 85.23%, dengan rata-rata efisiensi *cooling tower* 80.36%. Ini menunjukkan bahwa penggantian filler pada *cooling tower* cukup memberikan dampak yang signifikan yaitu 4.97%. Namun nilai efisiensi juga sangat berpengaruh pada temperature wet bulb, sehingga situasi dan kondisi sekitar pembangkit juga berpengaruh pada nilai efisiensi kinerja *cooling tower*.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Efisiensi Sebelum dan Setelah Penggantian Filler

4. SIMPULAN

Penggantian filler yang rusak dan terjadi penyumbatan dengan yang baru cukup berpengaruh pada efisiensi *cooling tower* pada PLTP unit 1 Dieng. Efisiensi *cooling tower* sebelum dilakukan penggantian filler memiliki nilai rata-rata 75.41%. Dan setelah dilakukan penggantian filler meningkat menjadi 80.38 %. Ini menunjukkan telah terjadi peningkatan efisiensi *cooling tower* sebesar 4.97%. Dan efisiensi ini sangat berpengaruh dari nilai range dan approach, apabila semakin besar perbandingan maka semakin baik juga nilai efisiensi dari *cooling tower*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Bagus, P. Putra, T. Geologi, J. A. Rahman, and H. N. 100 Surabaya, "Pemetaan Geologi Dan Identifikasi Manifestasi Panas Bumi Di Daerah Songgoriti, Kota Batu Jawa Timur," no. 100, pp. 1–13.
- [2] S. A. Saputri, "Geologi dan Identifikasi Manifestasi Panas Bumi di Daerah Gunung Pandan

- dan Sekitarnya,” *J. Tek. Geol. ITATS*, vol. 2, no. 100, 2014, [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/34503637/jurnal_sella.pdf
- [3] F. A. Kulo, R. N. Palilingan, and C. A. N. Bujung, “Perbandingan Efisiensi Cooling Tower Unit 2 PLTP Lahendong Sebelum dan Sesudah Overhaul,” *J. FisTa Fis. dan Ter.*, vol. 4, no. 1, pp. 22–29, 2023, doi: 10.53682/fista.v4i1.239.
- [4] N. M. Saptadji, “Teknik Panas Bumi,” pp. 1–306, 2001.
- [5] H. Abdurohman, J. Mrihardjono, and S. Darmanto, “Analisis Performance Cooling Tower Tipe Induced Draft Counter Flow Pltp Kamojang Unit 5,” *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 8, no. 2, p. 324, 2022, doi: 10.35308/jmkn.v8i2.6526.
- [6] R. L. Webb, “Next generation devices for electronic cooling with heat rejection to air,” *J. Heat Transfer*, vol. 127, no. 1, pp. 2–10, 2005, doi: 10.1115/1.1800512.
- [7] M. I. Fikri, S. Wuryanti, and A. S. Kurniasetiawati, “Perancangan Variasi Bentuk Filler pada Menara Pendingin Tipe Induced Draft Counterflow di PT Indolakto – Jakarta,” *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 13, no. 01, pp. 837–842, 2022, doi: 10.35313/irwns.v13i01.4176.
- [8] N. Williamson, M. Behnia, and S. Armfield, “Comparison of a 2D axisymmetric CFD model of a natural draft wet cooling tower and a 1D model,” *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 51, no. 9–10, pp. 2227–2236, 2008, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2007.11.008.
- [9] E. Novianarenti, G. Setyono, and A. G. Safitra, “Experimental Study of the Performance Characteristic an Induced Draft Cooling Tower with Variates Fillings,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 462, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/462/1/012027.
- [10] R. Tewari, S. K. Mehta, and P. Vaishnav, “IRJET-Influence of Microbes in Cooling Tower: A Review IRJET Journal Influence of Microbes in Cooling Tower: A Review,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 8, pp. 376–383, 2019, [Online]. Available: www.irjet.net
- [11] D. E. Lestari and S. B. Utomo, “Pengaruh Bioksida Pengoksidasi Terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme Pada Air Pendingin Sekunder RSG-GAS,” *J. Forum Nukl.*, vol. 4, no. 2, p. 129, 2013, doi: 10.17146/jfn.2010.4.2.226.

Daftar Simbol

η	=	Efisiensi, %
T_1	=	Temperatur masuk, °C
T_2	=	Temperatur Keluar, °C