

ANALISA PERFORMA MENARA PENDINGIN PADA PT. GEO DIPA ENERGI UNIT DIENG

Danial Ahmad Fauzi¹⁾, Bayu Rudiyanto²⁾

¹⁾²⁾ Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember

Email : Danialahmad1010@gmail.com

Abstrak

Menara pendingin dewasa ini sangat diperlukan dalam rangka efisiensi dan konversi energi dimana digunakan suatu alat atau unit untuk sirkulasi air pendingin. Fungsi menara pendingin adalah memproses air panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali sebagai sprint pada *maen condensor* dan bisa diinjeksikan kembali. Selain itu menara pendingin juga berfungsi untuk unit pembuangan akhir yang berupa uap atau gas ke atmosfer. Menara pendingin memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke atmosfer. Kinerja menara pendingin dievaluasi untuk mengkaji tingkat *approach* dan *cooling range* saat ini, identifikasi area terjadinya pemborosan energi dan memberikan saran perbaikan. Pada Penelitian ini, akan diteliti hasil nilai *range*, *approach*, efektifitas, kapasitas pendingin, laju penguapan air ke udara, perbandingan cair/gas (L/G), perpindahan panas menara pendingin dan *integrasi stepwish*. Hasil penelitian analisa performa menara pendingin didapatkan nilai *range* 16,483°C – 18,424°C, nilai *approach* 5,017 °C – 5,728 °C dan nilai Efektifitas 76,688 %. Kapasitas pendingin 152,1507 m³.°C/jam – 170,0676 m³.°C/jam, Kehilangan penguapan sebesar 273,8712 m³/jam – 306,1216 m³/jam, nilai L/G saat ini 0,8139 – 1,0492. Harga $\frac{hcA}{Cpm}$ adalah 4513,5344 kW/ (kJ/kg beda entalphi) dan mampu melepas kalor pada menara pendingin (*Cooling Tower*) sebesar 26,853 MW.

Kata Kunci : Menara Pendingin, *Range*, *Approach*, Efektifitas.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang mempunyai sumber daya alam yang sangat besar dan melimpah, salah satunya adalah panas bumi yang diolah dan digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga panas bumi seperti yang dilakukan di Dieng, PT. Geo DIPA Energi merupakan salah satu perusahaan penghasil listrik dengan memanfaatkan panas bumi. Secara umum proses produksi uap (*Steam*) digunakan sebagai penggerak turbin dengan memanfaatkan panas yang ada didalam inti lapisan bumi. Menara pendingin dewasa ini sangat diperlukan dalam rangka efisiensi dan konversi energi dimana digunakan suatu alat atau unit untuk sirkulasi air pendingin. Fungsi menara pendingin adalah memproses air panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali sebagai sprint pada *maen condensor*, *after coler*, *intercondensor* dan bisa diinjeksikan kembali. Selain itu *cooling tower* juga berfungsi untuk unit pembuangan akhir yang berupa uap atau gas ke atmosfer. *Cooling tower* memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke atmosfer. Dengan adanya pendinginan air dari proses pendinginan tersebut maka akan diketahui berapa beban kalor yang terjadi di menara pendingin, sehingga diketahui apakah pendinginan air yang

berasal dari pendinginan mesin dapat berjalan dengan baik. Performansi dan Karakteristik menara pendingin dari data manual berupa kisaran (*Range*), pendekatan (*Approach*), dan efektifitas menara pendingin tentu tidak relevan dengan kondisi operasional pada saat ini, hal ini dibutuhkan analisa performa menara pendingin dan pengujian karakteristik untuk mengetahui kondisi operasional menara pendingin saat ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

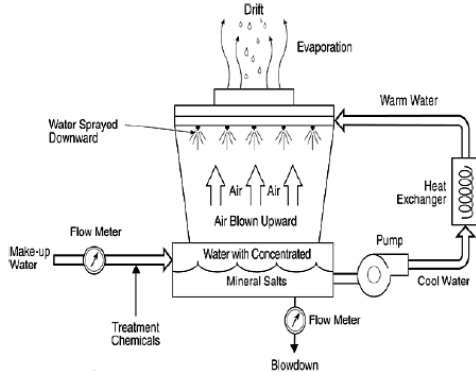
2.1 Pengertian Menara Pendingin

Menara pendingin didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang berfungsi mendinginkan air dengan mengontakannya ke udara sehingga menguapkan sebagian kecil dari air tersebut. Dalam kebanyakan menara pendingin yang melayani sistem refrigerasi dan penyamanan-udara, menggunakan satu atau lebih kipas propeler untuk menggerakkan udara secara vertikal keatas atau horisontalmelintasi menara. (Handoyo, 2015).

Fungsi menara pendingin adalah memproses air panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali sebagai sprint pada *maen condensor* dan bisa diinjeksikan kembali. Selain itu *cooling tower* juga berfungsi untuk unit pembuangan akhir yang

berupa uap atau gas ke atmosfer. *Cooling tower* memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke atmosfer. Didalam sistem menara pendingin terdapat beberapa konstruksi peralatan diantaranya adalah *fan*, *spray nozzle (Springkel)*, *fill (Packing)*, *basin dan pump*.

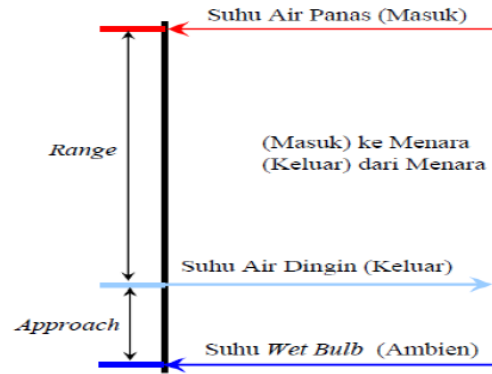
Menara pendingin mampu menurunkan suhu air lebih dari peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas, seperti radiator dalam mobil, dan oleh karena itu biayanya lebih efektif dan efisien energinya.



Gambar 1. Diagram Skematik Menara Pendingin

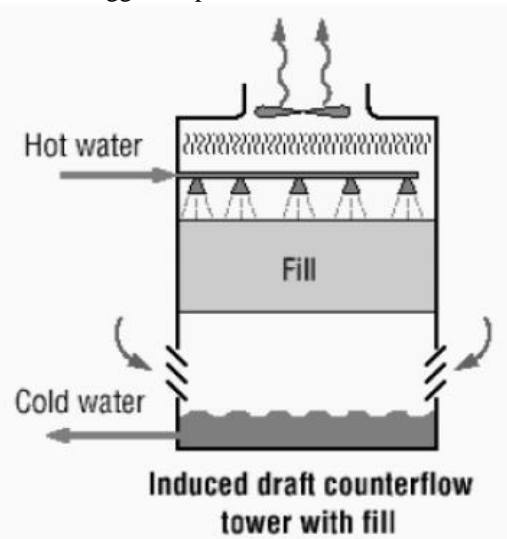
Kinerja menara pendingin dievaluasi untuk mengkaji tingkat *approach* dan *cooling range* saat ini, identifikasi area terjadinya pemborosan energi dan memberikan saran perbaikan. Walaupun, *range* dan *approach* harus dipantau, *approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin. Semakin rendah temperature bola basah udara yang masuk maka akan menjadi semakin efektif menara pendingin tersebut, karena temperature air yang keluar juga akan semakin rendah apabila temperature bola basah udara yang masuk semakin rendah. Menurut Ilvana, (2009) faktor-faktor yang mempengaruhi performansi dari *cooling tower* adalah sebagai berikut:

1. Jumlah permukaan air yang mengalami kontak dengan udara, dan lama waktu saat pengontakan air dengan udara.
2. Kecepatan udara yang melalui menara.
3. Arah aliran udara yang berhubungan dengan permukaan kontak air (Paralel, tegak lurus atau berlawanan).



Gambar 2. Range dan Approach Cooling Tower

Menara pendingin pada PT. Geo Dipa Energi menggunakan menara pendingin tipe aliran melintang *induced draft*. Menara pendingin tipe aliran melintang *induced draft* adalah menara pendingin dengan kerja air masuk pada puncak dan melewati bahan pengisi, udara masuk dari salah satu sisi (menara aliran tunggal) atau pada sisi yang berlawanan (menara aliran ganda), *fan* mengalirkan udara melintasi bahan pengisi menuju saluran keluar pada puncak menara. Keuntungan aliran melintang adalah lebih sedikit resirkulasi dari pada menara *forced draft* sebab kecepatan keluarnya 3 hingga 4 kali lebih tinggi dari pada udara masuk.



Gambar 3. Cooling Tower aliran melintang *induced draft*

2.2 Pengukuran Temperatur

Temperatur yang akan diukur pada menara pendingin adalah *temperature wet bulb*, *temperature dry bulb*, temperature air masuk menara pendingin, temperature air keluar menara pendingin, laju aliran air masuk menara pendingin, laju aliran udara masuk menara pendingin, entalpi udara masuk, entalpi udara keluar dan faktor pendinginan. Pengukuran ini didapat dari control room/DCS (*Distributed Control System*).

2.3 Performa Menara Pendingin

Performa *cooling tower* dievaluasi untuk membahas nilai rancangan, identifikasi pemborosan energi, dan untuk sarana perbaikan pada *mesin cooling tower*. sehingga harapannya setelah dianalisa oleh penulis akan memberikan dampak yang lebih baik pada *cooling tower* tersebut. Parameter untuk mengukur performa *cooling tower* adalah sebagai berikut :

a. *Range*

Range adalah perbedaan atau jarak antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. Nilai *range* yang tinggi menunjukkan bahwa menara pendingin mampu menurunkan suhu air secara efektif dan cara kinerjanya baik. Akan tetapi *range* bukan ditentukan oleh menara pendingin, tetapi oleh proses yang dilayaninya. *Range* pada alat penukar kalor ditentukan seluruh beban panas dan laju sirkulasi air melalui penukar panas dan menuju ke air pendingin.

Range =

Suhu air masuk CT – Suhu air keluar CT

b. *Approach*

Approach adalah perbedaan antara suhu air dingin keluar *cooling tower* dan *temperature wet bulb*. Semakin rendah nilai *approach* maka semakin baik kinerja *cooling tower*. Semakin dekat *approach* terhadap *wet bulb* maka semakin mahal *cooling tower* karena akan meningkatkan ukuran *cooling tower* tersebut. *Approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin.

Approach =

Suhu air keluar CT – Suhu wet bulb CT

c. Efektifitas pendingin

Efektifitas pendingin adalah perbandingan antara *range* dan *range ideal*. Semakin tinggi nilai perbandingan maka semakin tinggi efektifitas perbandingan pada *cooling tower*.

Efektifitas pendingin =

$$100\% \times \left(\frac{\text{temperatur air masuk} - \text{temperatur air keluar}}{\text{Temperature air masuk} - \text{Temperature wet bulb}} \right)$$

d. Kapasitas pendingin (*cooling tower*)

Kapasitas pendingin (*cooling tower*) adalah kemampuan menara pendingin (*cooling tower*) dalam membuang panas ke lingkungan. Kapasitas pendingin dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas Pendingin (m}^3/\text{jam)} = 0,00085 \times \text{Laju sirkulasi} \times (T_1 - T_2)$$

e. Laju penguapan air ke udara

Laju penguapan air ke udara adalah proses penguapan pada *cooling tower* dalam mendinginkan air kondensor. Rumus perhitungan laju penguapan air ke udara adalah sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas penguapan (m}^3/\text{jam)} = 0,00085 \times 1,8 \text{ laju sirkulasi} \times (T_1 - T_2)$$

f. Perbandingan Cair/Gas (L/G)

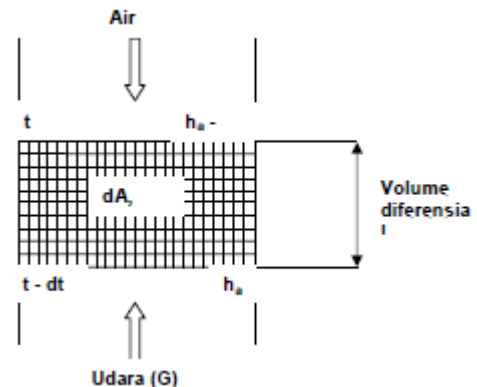
Perbandingan L/G menara pendingin merupakan perbandingan antara laju alir massa air dan udara. Menara pendingin memiliki nilai desain tertentu, pengaturan dapat dilakukan dengan perubahan beban kotak air atau pengaturan sudut siripnya. Aturan pada termodinamika mengatakan bahwa panas yang dibuang dari air harus sama dengan panas yang diserap oleh udara sekitarnya. Dalam perencanaan biasanya jumlah massa udara rata-rata per jam satuan luas penampang G atau rasio L/G tidak diketahui. Oleh karena itu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L(T_1 - T_2) = G(h_2 - h_1)$$

$$L/G = (h_2 - h_1) / (T_1 - T_2)$$

g. Perhitungan perpindahan kalor Menara Pendingin

Dalam menara pendingin, perpindahan kalor berlangsung dari air ke udara bak jenuh. Ada dua terjadinya perpindahan kalor yaitu dengan perbedaan suhu bola kering dan suhu bola basah udara dan perbedaan tekanan antar air dan udara. Sehingga terbentuk entalpi yaitu perbedaan antara udara jenuh yang bertemperatur sama dengan permukaan basah h_i dan entalpi udara didalam aliran bebas h_a .



Gambar 4. Pertukaran Energi dalam suatu Volume Diferensiasi

Pada gambar 4 menunjukkan volume diferensial menara pendingin aliran berlawanan dengan laju alir yang masuk dari bagian puncak sebesar L kg/detik dan laju udara yang masuk dari bagian dasar sebesar G kg/detik.

Air masuk pada bagian suhu t °C dan meninggalkan bagian tersebut pada suhu yang sedikit lebih rendah yaitu $t-dt$. Udara masuk bagian itu dengan entalpi h_a kJ/kg udara kering dan meninggalkan dengan entalpi $h_a + dh_a$. Total area permukaan basah mencakup luas permukaan tetes-tetes air termasuk kepingan-kepingan logam basah atau bahan pengisi lainnya.

Laju kalor yang dilepaskan dari air, dq , sama dengan laju kalor yang diterima udara :

$$Dq = G dh_a = L (4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}) \text{ det kW}$$

Dari prinsip-prinsip tentang entalphi, persamaan lain untuk dq yaitu :

$$Dq = \frac{hc dA}{C_{pm}} (h_i - h_a)$$

h. Integrasi Stepwise

Berfungsi untuk mencari besarnya laju kalor yang dipindahkan oleh seluruh bagaian menara pendingin, Persamaan $Dq = \frac{hc dA}{C_{pm}} (h_i - h_a)$ harus

diintegrasikan, sehingga didapat hasil sebagai berikut :

$$4,19 L \int_{t_{out}}^{t_{in}} \frac{dt}{h_i - h_a} = \int_0^A \frac{hc dA}{C_{pm}} = \frac{hc A}{C_{pm}}$$

Kemiringan garis kerja udara yaitu 4,19 L/G, sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{hc A}{C_{pm}} = 4,19 L \Delta t \sum \frac{1}{(h_1 - h_a)_m}$$

Dimana $h_1 - h_a$: Perbedaan harga tengah entalphi untuk suatu bagaian kecil dari volume.

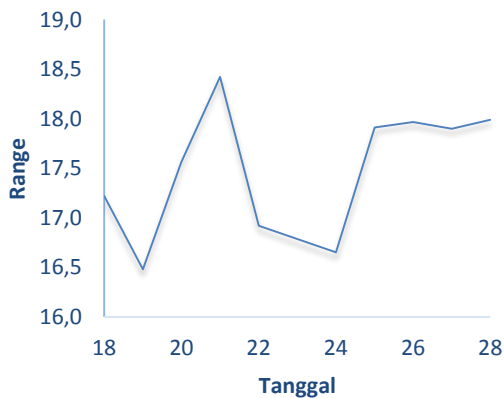
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengukuran Performa Menara Pendingin

Tabel 1. Suhu rata-rata menara pendingin PT. Geo Dipa Energi Dieng

Tanggal	Twin	Twout	Twb	Tdb	Range	Aproach	Effektifitas
18/02/2016	38,226	21,003	15,986	17,503	17,223	5,017	77,442
19/02/2016	38,186	21,703	16,481	18,09	16,483	5,222	75,941
20/02/2016	38,815	21,252	15,524	17,427	17,563	5,728	75,407
21/02/2016	38,574	20,15	15,017	17,246	18,424	5,133	78,210
22/02/2016	37,65	20,727	15,074	17,239	16,923	5,653	74,960
24/02/2016	39,342	22,688	17,186	19,212	16,653	5,503	75,165
25/02/2016	39,156	21,243	16,011	17,849	17,913	5,232	77,396
26/02/2016	39,023	21,053	15,893	17,794	17,969	5,161	77,688
27/02/2016	38,814	20,915	15,893	17,794	17,899	5,023	78,088
28/02/2016	39,183	21,191	15,688	17,383	17,992	5,503	76,579

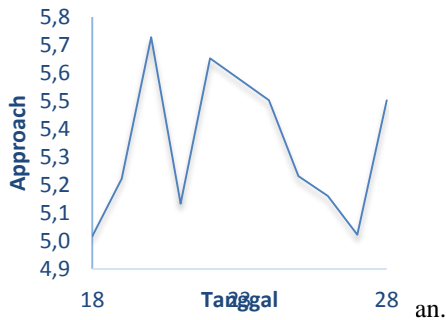
Pada Tabel 1. Menunjukkan bahwa nilai *range* pada menara pendingin PT Geo Dipa Energi adalah tinggi hal ini dikarenakan menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya bagus. Grafik 1 menunjukkan nilai *range* pada kinerja menara pendingin.



Grafik 1. Nilai Range

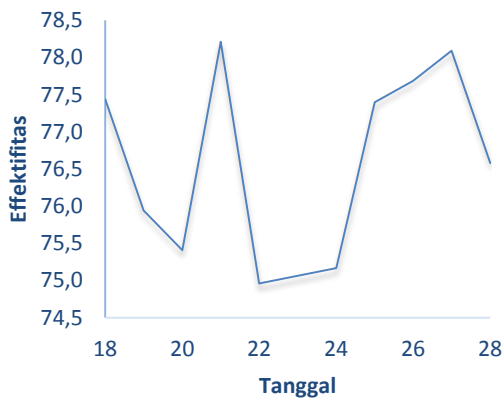
Pada Tabel 1 menunjukkan nilai *approach* rendah hal ini dipengaruhi oleh kinerja menara pendinginan suhu lingkungan yang sangat baik. Semakin rendah *approach* maka semakin baik kinerja menara pendingin. nilai *range* dan *approach* harus selalu dipantau terus dikarenakan *approach* merupakan indikator lebih baik untuk

menentukan kinerja menara pendingin. Suhu masuk menara pendingin yang tidak beraturan menyebabkan grafik pada *approach* juga mengalami nilai naik turun yang tidak beratur



Grafik 2. Nilai Approach

Efektifitas menara pendingin dapat diketahui setelah mengetahui perbandingan *range* dan *range ideal*, Semakin tinggi perbandingan ini maka semakin tinggi efektifitasnya. Seperti terlihat pada grafik 3 menunjukkan bahwa efektifitas pada menara pendingin sangat baik berkisar antara 75,96 – 78,21. Naik dan turunnya nilai efektifitas dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan kinerja menara pendingin.

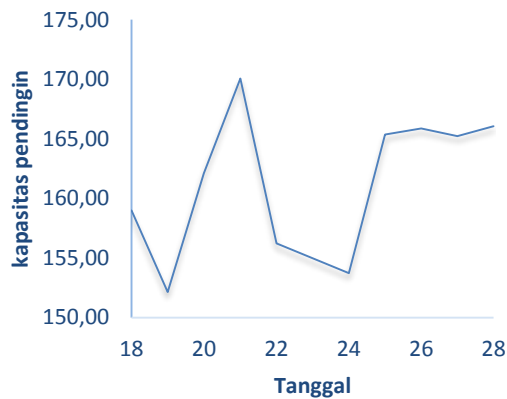


Grafik 3. Efektifitas Menara Pendingin

Kapasitas pendingin adalah panas yang dibuang dalam kKal/Jam, hasil dari kecepatan aliran massa air, panas spesifik dan perbedaan suhu. Diketahui konstanta penguapan adalah 0,00085 (85/10000), rumus yang digunakan adalah :

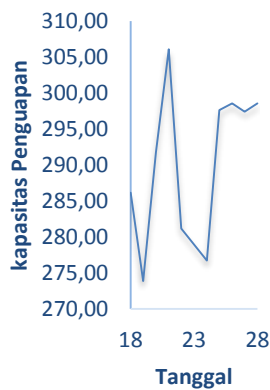
$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Pendingin (m}^3\text{/jam)} &= 0,00085 \times \text{Laju sirkulasi} \times (T_1 - T_2) \\ &= 0,00085 \times 10859,72 \text{ m}^3\text{/jam} \times (38,226 - 21,003) = 158,9814 \text{ m}^3\text{.}^0\text{C/jam} \end{aligned}$$

Pada tanggal 18,19,24 laju sirkulasi pendinginan turun hal ini dikarenakan pada tanggal tersebut mengalami trip dan untuk menghidupkan kembali memerlukan waktu yang lama dan tidak bisa langsung dioperasikan secara maksimal akan tetapi bertahap dari 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm. Setiap kenaikan rpm memerlukan waktu 2 jam untuk menstabilkan putaran generator dan voltase yang dihasilkan sehingga menyebabkan proses pendinginan pada menara pendingin mengalami penurunan. Kapsitas pendinginan dan kapasitas penguapan grafiknya sama hal ini karena berpengaruhnya jumlah air panas yang didinginkan dan kehilangan penguapan akibat proses pendinginan. Berikut nilai grafik 4 kapasitas pendinginan.



Grafik 4. Kapasitas pendingin

Kehilangan penguapan adalah jumlah air yang diuapkan keatmosfir untuk proses pendinginan. Selain penguapan juga mengeluarkan zat-zat kimia seperti NCG yang dialirkan pada menara pendingin. Secara teoritis jumlah penguapan mencapai 1,8 m³ setiap 10.000.000 kKal yang telah dibuang ke atmosfir. Kapasitas penguapan (m³/jam) = 0,00085 x 1,8 laju sirkulasi x (T1-T2)
 = 0,00085 x 1,8 x 10859,72 m³/jam x (38,226 – 21,003) = 286,167 m³/jam.



Grafik 5. Kapasitas Penguapan

Perbandingan Cair/Gas (L/G)

Debit air masuk menara pendingin (L)

Nilai debit yang masuk pada menara pendingin (*cold water return*) sebesar 39813,41 gpm. Jika massa jenis (ρ_{air}) untuk temperatur rata-rata air yang masuk menara pendingin adalah 40 °C = 0,993 kg/l maka didapat :

$$L = 39813,41 \text{ gpm} = 150710,15 \text{ L/menit}$$

$$= 150710,15 \text{ L/menit} \times 0,993 \text{ kg/L} \times (1/60 \text{ det}) = 2494,26 \text{ kg/det}$$

Debit udara masuk menara pendingin (G)

Dari tabel 4.1 udara basah diperoleh untuk mencari nilai entalphi udara masuk dan keluar. *Temperatur wet bulb* dari menara pendingin yaitu 15,986 °C sehingga entalphy udara masuk adalah $h_{a,in} = 44,9151 \text{ kJ/kg}$.

Temperatur udara keluar yaitu 21,003 °C sehingga entalphy udara keluar adalah : $h_{a,out} = 61,0319 \text{ kJ/kg}$. Sehingga diperoleh nilai rasio :

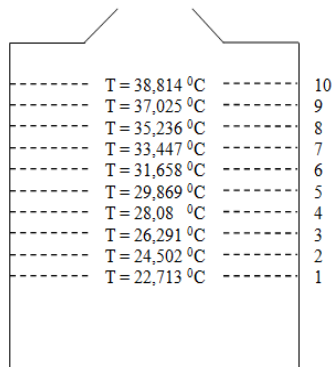
$$L/G = \frac{h_{a,in} - h_{a,out}}{C_p (T_{in} - T_{out})}$$

$$L/G = \frac{61,0319 - 44,9151}{1(38,226 - 21,003)} = 0,9358$$

$$G = \frac{L}{0,9358} = \frac{39813,41}{0,9358} = 42546,127 \text{ gpm}$$

Maka harga G sebesar 42546,127 gpm.

Dan besarnya harga *cooling factor* : $L/G = 0,9358$
 Perhitungan perpindahan kalor menara pendingin



Gambar 5. Sketsa menara pendingin dengan membagi ruas-ruas volume keseimbangan energi pada bagaian paling bawah memberikan hasil :

$$dq = G dh_a L (4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}) \text{ det } \text{kW}$$

$$h_{a,1} - h_{a,0} = \frac{L}{G} 4,19 (1,789 \text{ K}) = 0,9358$$

$$= 0,9358 \times 4,19 \times 1,789 = 7,0145 \text{ kJ/kg}$$

Enthalphi udara yang meninggalkan bagaian bawah $h_{a,1}$ adalah :

$$H_{a,1} = 44,9151 + 7,0145 = 51,9296 \text{ kJ/kg}$$

Dan entalphi rata-ratanya adalah :

$$h_a = (h_{a,0} + h_{a,1})/2 = (44,9151 + 51,9296)/2 = 48,4223 \text{ kJ/kg}$$

Pada gambar 5. Suhu air mempunyai rata-rata dalam bagaian paling atas adalah $(38,814 + 37,025)/2 = 37,9195 \text{ }^\circ\text{C}$ dan entalphi udara pada suhu ini adalah $150,0626 \text{ kJ/kg}$

Harga $(h_1 - h_a)_m$ dalam bagaian paling atas ini adalah $150,0626 - 48,4223 = 101,6403 \text{ kJ/kg}$.

Tabel 4.4 Integrasi Stepwsh

bagai an	Suhu $^\circ\text{C}$	harga tengah h suhu $^\circ\text{C}$	h1 rata-rata kJ/kg	ha rata-rata kJ/kg	$(h_1 - h_a)_m$	$1/(h_1 - h_a)_m$
1	38,8	37,91	150,0	48,42	101,6	0,00
	14	95	626	23	403	98
2	37,0	36,13	137,0	50,24	86,83	0,01
	25	05	847	67	80	15
3	35,2	34,34	125,1	47,51	77,66	0,01
	36	15	785	13	72	29
4	33,4	32,55	114,0	45,39	68,67	0,01
	47	25	678	04	74	46
5	31,6	30,76	102,8	46,24	56,61	0,01
	58	35	585	83	02	77
6	29,8	28,97	99,72	51,54	48,18	0,02
	69	45	14	09	05	08
7	28,0	27,18	86,11	48,52	37,58	0,02
	8	55	08	57	51	66
8	26,2	25,39	78,18	47,99	30,18	0,03
	91	65	44	79	65	31
9	24,5	23,60	70,81	47,90	22,91	0,04
	02	75	92	91	01	36
10	22,7	22,71	67,34	47,66	19,67	0,05
	13	30	04	09	95	08

$$\sum \frac{1}{(h_1 - h_a)_m} \quad 0,241$$

407

Sehingga dapat dihitung :

$$\frac{hc A}{C_{pm}} = 4,19 L \Delta t \sum \frac{1}{(h_1 - h_a)_m}$$

$$\frac{hc A}{C_{pm}} = 4,19 \times 2494,26 \text{ kg/det} \times 1,789 \times 0,2414 = 4513,5344 \text{ kW} / (\text{kJ/kg beda entalphi}).$$

Harga $\frac{hc A}{C_{pm}}$ merupakan fungsi dari dinamika pola aliran udara dan dinamika tetesan air didalam menara pendingin. akan tetapi untuk harga tersebut pada dasarnya tetap konstan untuk sebuah menara pendingin tertentu. Asalkan laju aliran udara dan laju aliran lainnya tetap konstan. harga $\frac{hc A}{C_{pm}}$ menentukan karakteristik menara pendingin dan merupakan dasar untuk menganalisa unjuk kerja

performa menara pendingin pada suhu air masuk dan suhu bola basah udara masuk. Pada kondisi keadaan udara maksimum digunakan rumus :

$$Q_1 = 13031,58 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ dengan faktor koreksi } 20\%$$

sehingga didapat $Q_1 = 1,2 \times 0,172 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,62 \text{ m}^3/\text{detik}$. Laju kalor yang diserap air pendingin dihitung dengan persamaan :

$$Q = \dot{m} \times C_p \text{ air} \times \Delta T$$

Dimana diasumsikan

$$\rho_{\text{air } 40^\circ\text{C}} = 992,24 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = Q \times \rho = 3,62 \text{ m}^3/\text{detik} \times 992,24 \text{ kg/m}^3 = 3591,9088 \text{ kg/detik}$$

$$C_p \text{ air} = 4,179 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

Sehingga didapat laju kalor pada menara pendingin adalah :

$$Q = \dot{m} \times C_p \text{ air} \times \Delta T$$

$$= 3591,9088 \text{ kg/detik} \times 4,179 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \times 1,789 = 26853,94 \text{ kW} = 26,85394 \text{ MW}$$

Dengan mengetahui kalor yang harus diserap oleh menara pendingin dapat disimpulkan bahwa kemampuan menara pendingin untuk menerima dan melepas kalor adalah sebesar $26,853 \text{ MW}$ kelingkungan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan pengamatan menara pendingin tipe induced draft aliran berlawanan arah selama 10 hari di Departement Power Plant PT. Geo Dipa Energi Dieng dapat ditarik kesimpulan berdasarkan perhitungan analisa performa menara pendingin dari Hamon Cooling Towers adalah sebagai berikut :Nilai range $16,483^\circ\text{C} - 18,424^\circ\text{C}$, nilai Approach $5,017 \text{ }^\circ\text{C} - 5,728 \text{ }^\circ\text{C}$ dan nilai Efektifitas $76,688 \%$. Kapasitas pendingin $152,1507 \text{ m}^3 \cdot \text{C}/\text{jam} - 170,0676 \text{ m}^3 \cdot \text{C}/\text{jam}$, Kehilangan penguapan sebesar $273,8712 \text{ m}^3/\text{jam} - 306,1216 \text{ m}^3/\text{jam}$, Nilai L/G saat ini $0,8139 - 1,0492$. Harga $\frac{hc A}{C_{pm}}$ adalah $4513,5344 \text{ kW}/(\text{kJ/kg beda entalphi})$, dan kalor yang diserap oleh menara pendingin di PT. Geo Dipa Energi Dieng adalah $26,853 \text{ MW}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Budihardjo, Nasruddin, Nugraha, H, M. 2015. *Experimental And Simulation Study On The Performance Of Counter Flow Closed Cooling Towers Systems*. Journal Of Technology, 3. Hlm 365-379.
- Firyanto, R.. 2005. *Distribusi Udara Dalam Water Cooling Tower*. Jurnal Teknik Kimia, 2. Hlm. 1-4.
- Fisenko, S., Petrushik, A., Solodukhin, A. 2002. *Evaporative Cooling Of Water In A Natural Draft Cooling Tower*. Journal Of Heat And Mass Transfer, 45. Hlm. 4683-4694.
- Handoyo, Y. 2015. *Analisa Performa Cooling Tower LCT 400 Pada PT. XYZ, Tambun Bekasi*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 3. Hlm. 38-52.
- Ilvana M, S. 2009. *Analisa Perhitungan Karakteristik dan Efektifitas Homon Cooling Towers*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Kiewit/Holt Indonesia L.L.C. 1996. *Dieng Geothermal Project Uni 1 Fo Himpunan California Energy Ltd. Data Book Volume IV*. Java. Indonesia.
- Kiewit/Holt Indonesia L.L.C. 1996. *Dieng Geothermal Project Uni 1 Fo Himpunan California Energy Ltd Data Book Volume V*. Java. Indonesia.
- Mulyono. 2012. *Analisa Beban Kalor Menara Pendingin Basah Induced-Draft Aliran Lawan Arah*. Jurnal Teknik, 5. Hlm. 145-151.
- Pratiwi, P, N., Nugroho, G., Hamidah. 2014. *Analisa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Tipe LBW W-300 Terhadap Pengaruh Temperatur Lingkungan*. Jurnal Teknik Pomits, 7. Hlm. 1-6.
- Santosa, P., Awwaluddin, M., Suwardiyono. 2012. *Perhitungan Kebutuhan Coling Tower Pada Rancang Bangun Untai Uji Sistem Kendali Reaktor Riset*. Jurnal Rekayasa Perangkat Nuklir, 1. Hlm 34-41.
- Shah, P., Tailor, N. 2015. *Merkel's Method For Design Induced Draft Cooling Tower*. Journal Impact Factor, 6. Hlm. 63-70.
- Sumedi, N., Simon, H., Djuwantoko. 2012. *Strategi Pengelolaan Pegunungan Jawa : Studi Kasus Pegunungan Dieng Jawa Tengah, Indonesia*. Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea, 1. Hlm 36-49.