



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Studi eksperimental aplikasi inverter pada pompa untuk optimasi energi cooling tower

Sudirman^{1*}, I Made Sugina², Ida Bagus Gde Widian dara², I Made Rai Dipa Valentine³ dan
I Dewa Gede Liondi Eka Watara³

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas MEP, Politeknik Negeri Bali, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364

²Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bali, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364

³Mahasiswa Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bali, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364

*Email: dirmansdr@pnb.ac.id

Abstrak

Masih banyak peluang-peluang penghematan yang bisa dicari untuk mendapatkan penghematan pada sistem refrigerasi. Salah satu sub sistem yang ada pada sistem refrigerasi adalah sistem cooling tower. Dengan menemukan cara penghematan pada cooling tower, maka konsumsi energi oleh sistem refrigerasi pun akan berkurang. Penelitian ini mengaplikasikan inverter pada motor fan pada simulasi cooling tower. Simulasi cooling tower dibuat dengan menggunakan heater 2 x 2 kW sebagai pengganti sumber panas yang akan dibuang pada cooling tower. Dengan menggunakan inverter, perubahan debit air yang masuk ke cooling tower dibuat pada 3,2; 3,8; 4,8; 5,6 dan 6,8 m³/h.. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa, makin besar debit aliran air ke cooling tower, maka performance cooling tower akan meningkat juga. Tapi dengan meningkatnya debit air yang mengalir meningkat pula daya cooling tower yang terjadi.

Kata kunci: cooling tower, performa, inverter, debit aliran

Abstract: There are still many savings opportunities that can be sought to get savings on the refrigeration system. One of the sub-systems in the refrigeration system is the cooling tower system. By finding a way to save energy on the cooling tower, the energy consumption by the refrigeration system can also be reduced. This study applies an inverter to the fan motor in the cooling tower simulation. The cooling tower simulation is made using a 2 x 2 kW heater as a substitute for the heat source to be rejected from the cooling tower. By using an inverter, changes in the flow rate of water entering the cooling tower were investigated at 3.2; 3.8; 4.8; 5.6 and 6.8 m³/h. Experimental results show that, the greater the flow rate of water to the cooling tower, the cooling tower performance also increases. But with the increase in the flow rate of water, the cooling tower power also increases.

Keywords: cooling tower, performance, inverter, flow rate

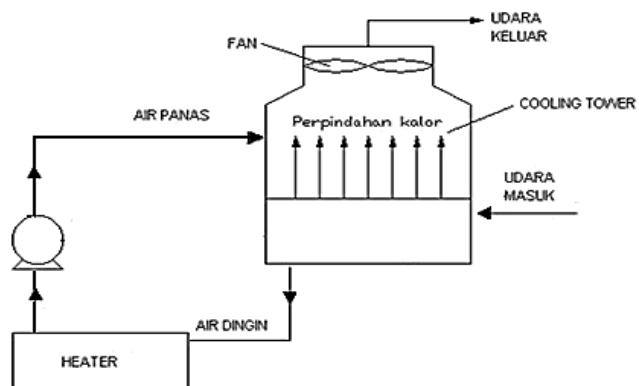
Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

1.1. Prinsip Kerja Cooling tower

Air mengambil kalor dari condensor dan mengalir ke cooling tower. Oleh cooling tower kalor yang berasal dari condensor akan dibuang ke udara lingkungan. Air tersebut disemprotkan ke filler cooling tower yang berfungsi memperluas permukaan perpindahan panas. Sehingga pembuangan panas bisa berjalan dengan efektif. [1].

Dari Gambar 1. Air yang telah didinginkan, turun menuju heater untuk dipanaskan, kemudian dipompa menuju cooling tower. Disana air disemprotkan ke filler cooling tower. Oleh kipas yang dipasang dibagian atas cooling tower akan menghisap udara yang akan mengambil panas yg dibawa air dan kalor tersebut dibuang ke udara bebas.



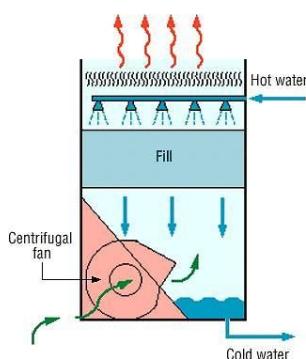
Gambar 1. Skema cooling tower

1.2. Cooling tower draft mekanik

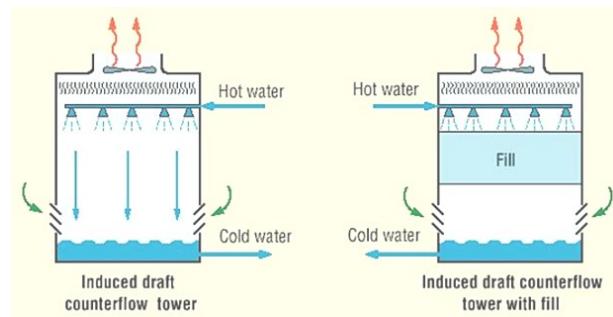
Cooling tower jenis ini mempunyai kipas besar yang akan menghisap udara luar kemudian mendorong udara tersebut melewati filling yang dilapisi air panas yang dialirkkan oleh sprinkler, menuju udara bebas. filler ini berfungsi untuk memperluas permukaan perpindahan panas antara air dengan udara yang dihembuskan oleh kipas besar tersebut. Cooling tower dengan jumlah sel-sel filler berupa, garis lurus, segi empat atau lingkaran tergantung bentuk individu sel dan tempat lorong udara masuk disisi bawah.[2]

Tabel 1. Ciri-ciri berbagai jenis cooling tower [2]

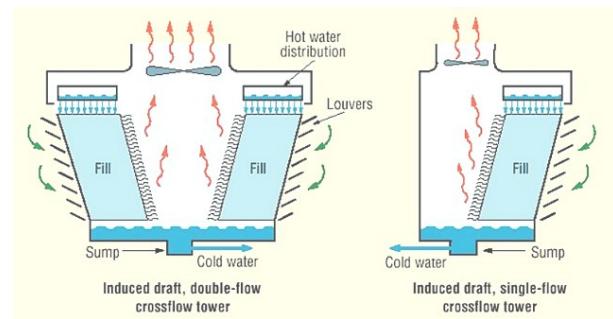
Jenis cooling tower	Keuntungan	Kerugian
<i>Cooling tower forced draft</i> (Gambar 2): Udara dihisap dan dihembuskan ke cooling tower oleh kipas yang ditempatkan di udara masuk.	Sangat baik pada tahanan udara yang besar. Karena kipas ini relatif lebih sunyi.	Kecepatan udara input yang tinggi dan kecepatan udara keluar yang rendah, menyebabkan Resirkulasi yang buruk. Ini bisa disiasati dengan cooling tower digabung penempatannya dengan saluran pembuangan.
<i>Cooling tower aliran melintang induced draft</i> (Gambar 3): 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)	Sedikit terjadi resirkulasi dari cooling tower force draft karena kecepatan out nya antara 3 sampai 4 kali kecepatan in.	Fan dan mekanisme penggerak motor dibutuhkan yang tahan cuaca terhadap embun dan korosi sebab mereka berada pada jalur udara keluar yang lembab
<i>Cooling tower aliran berlawanan induced draft</i> (Gambar 4): Air panas masuk pada puncak udara masuk dari bawah dan keluar pada puncak menggunakan fan forced dan induced draft		



Gambar 2. Cooling tower forced draft [2]



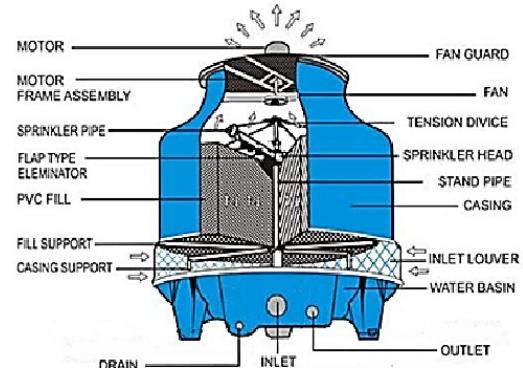
Gambar 3. Cooling tower induced draft counterflow [2]



Gambar 4. Cooling tower induced draft crossflow [2]

1.3. Konstruksi Cooling tower

Adapun konstruksi cooling tower jenis *(induced draft counterflow cooling tower)*.



Gambar 5. Konstruksi cooling tower [1]

Konstruksi cooling tower secara umumnya seperti di bawah ini :

1. Kipas (fan)

Kipas adalah bagian yang paling substansial dari sebuah *cooling tower* karena berfungsi untuk menarik udara lingkungan sekitar *cooling tower* dan dialirkannya ke dalam *cooling tower* untuk menyerap kalor dan dibuang ke udara bebas. Jika tidak ada kipas, maka proses pembuangan kalor tidak akan berjalan sempurna..

2. Rangka penyanga Cooling tower (tower supporter)

Rangka penyanga tower berfungsi untuk menopang *cooling tower* agar kuat dan kokoh. Rangka penyanga umumnya dibuat dari bahan baja yang tahan terhadap karat.

3. Casing cooling tower.

Casing cooling tower harus tahan terhadap semua cuaca, karena dipasang diruang terbuka. Juga harus mempunyai umur pakai yang relatif panjang. Umumnya dibuat dari bahan seng.

4. Pipa sprinkler

Air panas yang akan didinginkan dilewatkan ke pipa *sprinkler*, berupa pipa berlubang-lubang kecil untuk memancarkan air ke *filler cooling tower*. Sehingga *filler* akan merata kena air panas dan menyebabkan proses pembuangan panas akan berjalan efektif dan efisien.

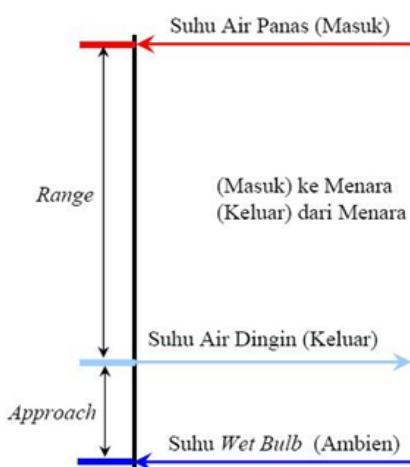
5. Bak air (water basin)

Bak air berfungsi sebagai penampungan air sementara yang jatuh dari bahan *Filling* sebelum dihisap balik ke kondensor. Bak air biasanya terbuat dari plastik tebal yang tahan terhadap karat.

6. Lubang udara (inlet louver)

Udara yang dihisap oleh kipas akan masuk melalui inlet louver, yaitu lubang udara pada cooling tower dan akan melewati *filler*, yang berfungsi mengambil kalor yang akan dibuang keluar

1.4. Kinerja Cooling Tower



Gambar 6. Range dan Approach cooling tower

Kinerja cooling tower dievaluasi untuk mempelajari nilai *Approach* dan *Range cooling tower* terhadap nilai desain, identifikasi area terjadinya pemborosan energi dan memberikan saran perbaikan. Elemen-elemen kinerja dari cooling tower adalah :

Suhu udara wet bulb, suhu udara dry bulb, suhu air masuk cooling tower, suhu air keluar cooling tower, suhu udara keluar, amper motor, laju alir air, laju alir udara. Parameter tersebut kemudian digunakan untuk menentukan kinerja cooling tower.

1.4.1. Range

Temperatur range adalah selisih dari temperatur air masuk *cooling tower* (T_{in}) dan keluar *cooling tower* (T_{out}). Makin besar selisih yang didapatkan, maka bisa dikatakan *cooling tower* tersebut kinerjanya sangat bagus dan *cooling tower* mampu bekerja secara efektif. Dirumuskan dengan :

$$\text{Range } (\text{°C}) = T_{in} (\text{°C}) - T_{out} (\text{°C}) \quad (1)$$

1.4.2. Approach

Temperatur approach adalah selisih temperatur air dingin yang keluar *cooling tower* (T_{out}) dengan temperatur bila basah (wet bulb) udara lingkungan (TWB_{amb}) sekitar *cooling tower*.

$$\text{Approach } (\text{°C}) = T_{out} (\text{°C}) - TWB_{amb} (\text{°C}) \quad (2)$$

1.4.3. Efektivitas cooling tower

Efektivitas cooling tower adalah perbandingan antara *range* dengan *range + approach*, atau istilah lainnya adalah *range* dengan *range ideal*. Makin besar hasil perbandingan tersebut, maka makin tinggi nilai *efektivitas cooling tower* dalam mendinginkan air panas dari condensor.

$$\text{Efektivitas } (\%) = \frac{\text{Range}}{\text{Range+approach}} \times 100\% \quad (3)$$

1.4.4. Debit air spesifik

Debit air spesifik (\dot{m}_{sp}) dihitung dengan rumus :

$$\dot{m}_{sp} = \frac{\dot{m}}{A_{tower}} \quad (\text{l/min/m}^2) \quad (4)$$

dengan:

\dot{m} = debit air (l/menit)

A_{tower} = luas penampang *Cooling Tower* (m^2).

1.4.5. Kapasitas pendinginan (cooling load)

Kapasitas pendinginan suatu *Cooling Tower* adalah setara dengan kemampuan *Cooling Tower* tersebut dalam menyerap kemudian membuang kalor ke udara lingkungan sekitar. Sedangkan kapasitas pendinginan dari suatu cooling tower dirumuskan dengan :

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \Delta T \quad (5)$$

dimana:

Q = kapasitas pendinginan (kW)

\dot{m} = debit air (kg/s)

C_p = kalor jenis air ($\text{KJ/kg}^\circ\text{C}$)

ΔT = perbedaan suhu air masuk dan suhu air keluar ($^\circ\text{C}$)

Perpindahan panas pada cooling tower terjadi melalui dua mekanisme utama: transfer kalor sensible secara konvensi dari air menuju udara dan transfer kalor laten oleh penguapan air (*difusi*). Kedua mekanisme ini terjadi pada udara-air *boundary layer*. Transfer panas total adalah jumlah dari dua mekanisme *boundary layer* ini. Transfer panas total juga dapat dinyatakan dalam hal perubahan entalpi setiap *bulk phase*. Perpindahan panas di lapisan batas adalah sama dengan perpindahan panas dalam *bulk phase* [5].

Mulyono dan Baskoro [7] meneliti tentang karakteristik *cooling tower* dengan bahan *filling* plastik bergelombang. Jamilah [8] mempelajari tentang performance *cooling tower* dengan mendistribusikan aliran air menggunakan pelat aluminium. Sedangkan Ramli [9] meneliti tentang karakteristik *cooling tower* mendistribusikan cairan pendingin menggunakan pelat besi.

Penelitian-penelitian tentang cooling tower adalah untuk mencari cara yang paling efektif untuk membuang panas yang dihasilkan pada sistem Refrigerasi. Dengan menemukan cara tersebut, maka konsumsi energi oleh sistem refrigerasi pun akan berkurang, karena untuk bangunan komersial khususnya hotel, fasilitas yang lahap energi adalah sistem pengkondisian udara (*AC: air conditioning*) dan sistem produksi air panas. Kedua sistem ini bisa mencapai 70% dari total energi yang digunakan [10]. Karena itu dengan melakukan inovasi untuk mengurangi konsumsi energy pada salah satu bagian pada sistem refrigerasi, maka akan berkurang pula konsumsi energy secara keseluruhan.

2. Metode

Jenis penelitian ini merupakan kajian eksperimental, suatu konsep parameter operasi kritis dari sistem cooling tower pada AC sentral, tipe water chiller pada aplikasi gedung komersial seperti perkantoran, hotel, supermarket dan bandara.



Gambar 7: Simulasi cooling tower dan condensor

Kegiatan eksperimen pada tahap pertama adalah membuat bagian AC sentral yaitu *Cooling tower* dan kendensor, Gambar 7. adalah *cooling tower* yang dibuat.

Yang berfungsi sebagai sumber panas dari condenser adalah 2 buah *electric water heater* 4 kW, yang suhunya dijaga pada 34 °C oleh *thermocontrol*. Laju aliran air yang mendinginkan kondensor bisa diatur dengan merubah putaran motor pompa cooling tower melalui inverter. Dengan perubahan debit air melalui inverter pada 3,2; 3,8; 4,8; 5,6 dan 6,8 m³/h. Masing-masing dicari performansi dan konsumsi listrik cooling tower.

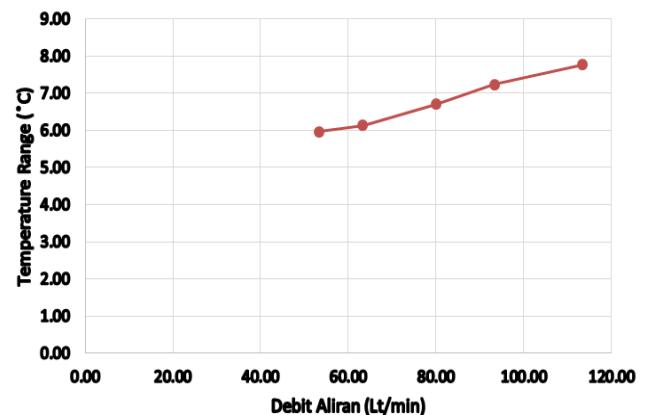
3. Hasil dan Pembahasan

Dengan variasi debit aliran menggunakan inverter dimotor pompa pada debit 3,2; 3,8; 4,8; 5,6 dan 6,8 m³/h, dan temperature air dibuat konstan pada temperature 34°C. hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :

3.3. Grafik Debit Aliran vs Temperature Range

Temperatur range yang makin tinggi menyatakan berarti bahwa cooling tower telah mampu menurunkan temperatur

air secara efektif dan kinerjanya baik [11]. Hasil penelitian yang telah dilakukan, menghasilkan, makin tinggi debit air yang dialirkan, makin tinggi angka *temperature range*-nya. Jadi dengan makin banyak debit air yang dialirkan, makin banyak kalor yang akan diserap oleh air, dan akan makin banyak kalor yang dibuang ke udara (Gambar 8)

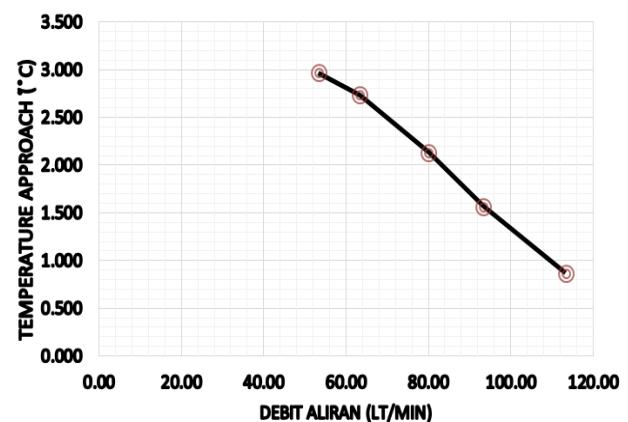


Gambar 8. Grafik debit aliran vs temperature range

3.2. Grafik Debit Aliran vs Temperature Approach

Gambar 9. menggambarkan makin besar debit yang dialirkan, maka makin rendah temperature approach yang dihasilkan. Semakin rendah temperatur approach yang dihasilkan, maka kinerja dari cooling tower tersebut makin baik [10].

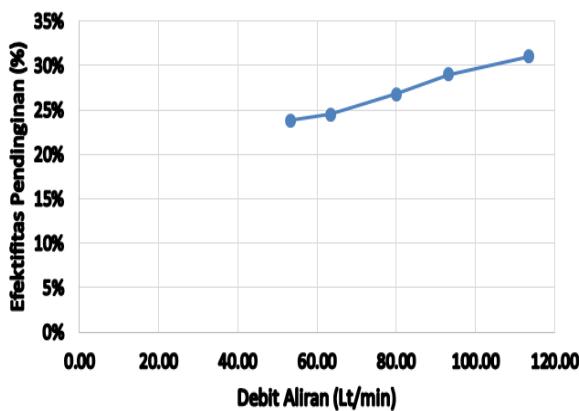
Jadi semakin temperature air keluar cooling tower mendekati temperature bola basah lingkungan sekitar cooling tower, maka semakin baik performa cooling tower tersebut.



Gambar 9. Grafik debit aliran vs temperature approach

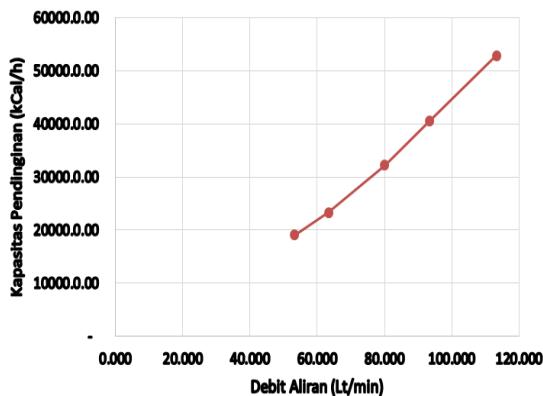
3.3. Grafik Debit Aliran vs Efektivitas Pendinginan

Hasil diatas memperlihatkan makin besar debit alirannya, maka makin tinggi efektivitas pendinginan cooling tower. Efektivitas pendinginan merupakan perbandingan antara range dan range ideal. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efektivitas pendinginan suatu menara pendingin.



Gambar 10. Grafik debit aliran vs efektifitas pendinginan

3.4. Grafik Debit Aliran vs Kapasitas Pendinginan



Gambar 11. Grafik Debit aliran vs kapasitas pendinginan

Kapasitas pendinginan suatu cooling tower adalah setara dengan kemampuan cooling tower tersebut dalam membuang kalor ke udara sekitar atau lingkungan cooling tower [11,12]. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa, makin besar debit aliran air ke cooling tower, maka kapasitas pendinginan dari cooling tower tersebut makin meningkat.

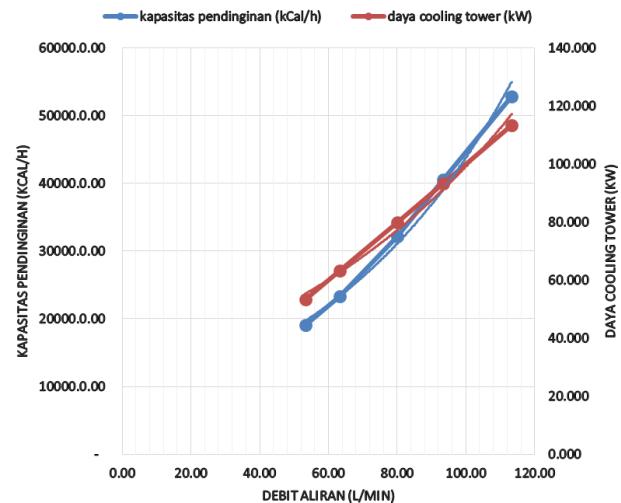
3.5. Grafik Debit Aliran vs Kapasitas Pendinginan dan Daya Cooling Tower

Meningkatnya frekuensi listrik yang disupplai ke motor pompa oleh inverter, mengakibatkan meningkatnya juga putaran poros motor. Putaran poros motor naik, naik juga putaran pompa, berakibat meningkatnya juga debit aliran air yang menuju cooling tower. Putaran poros motor meningkat, meningkat juga daya motor yang terjadi [13].

Debit aliran air ke cooling tower makin meningkat, performa cooling tower makin meningkat juga. Agar cooling tower tersebut bisa bekerja optimal dan efisien, kita harus memperhatikan sisi daya listrik yang timbul untuk mengurangi konsumsi energy listrik, juga tidak mengurangi kapasitas pendinginan dari cooling tower

Jika dilihat Grafik Gambar 6. Titik optimal cooling tower untuk pemakaian daya dan kapasitas pendinginannya adalah pada titik debit aliran 105 Liter/minute, daya yang

terjadi 13,120 kW dan menghasilkan kapasitas pendinginan sebesar 48.000 kCal/h.



Gambar 12. Grafik Debit aliran vs kapasitas pendinginan dan daya cooling tower

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan maka dapat diambil beberapa kesimpulan : (i) Makin besar debit aliran air ke cooling tower, maka performance cooling tower akan meningkat juga; (ii) Dengan meningkatnya debit air yang mengalir meningkat pula daya cooling tower yang terjadi; (iii) Ada titik dimana bertemunya titik performansi cooling tower dan daya cooling tower yang merupakan titik optimal untuk operasionalnya suatu cooling tower.

Supaya ada penurunan konsumsi energi listrik lagi dari sebuah sistem chiller, langkah ini bisa menjadi alternatif yang bisa diambil

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami haturkan kepada Politeknik Negeri Bali, sebagai penyandang dana dalam penelitian ini, melalui P3M (Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat).

Daftar Pustaka

- [1] F. Sembiring, “*Pengaruh Penggunaan Media Bahan Pengisi (Filler) PVC Dengan Tinggi 22,5 Cm Dan Diameter 70 Cm Terhadap Kinerja Menara Pendingin Jenis Induced Draft Counterflow*” Universitas Sumatera Utara, Medan, 2018.
- [2] United Nations Environment Programme (UNEP), “*Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*”, 2006.
- [3] S. P. Murugaveni, P. M. Shameer, 2015., “*Analysis Of Forced Draft Cooling Tower Performance Using Ansys Fluent Software*”, International Journal Of Research In Engineering And Technology, 4, 2015, pp.217-229.
- [4] J. Qian, L. Li, Y. Tan, and D. Zheng.”*Research And Application Of Closed Cooling Tower*”, 2nd International Conference On Electronic & Mechanical Engineering And Information Technology ,2012, pp1-3.

- [5] Mulyono dan Baskoro, "Karakteristik Pendingin dengan Bahan Isian Plastik Bergelombang", Media Teknik, No. 1 tahun XXII, Edisi Februari, 2000
- [6] S. Jamilah, "Unjuk Kerja Cooling tower dengan Plat Aluminium sebagai Pendistribusi Aliran", Laporan Penelitian Laboratorium Teknologi Kimia Umum, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta, 1999.
- [7] Prayitno, "Karakteristik Susunan Bilah Pengisi yang Menggunakan Permukaan Bergelombang pada Cooling tower dengan Aliran Lawan Arah", Laporan Penelitian Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta, 1993.
- [8] J.A. Suryabrata, "Pendekatan Konsep Hemat Energi pada Proses Pelaksanaan Desain Gedung Baru", EECCHI Conference: Sustainable Design Practices and Energi Conservation, JW Marriot Hotel, Jakarta, 2011.
- [9] R. Ramkumar, A. Ragupathy, "Thermal Performance Of Forced Draft Counter Flow Wet Cooling Tower With Expanded Wire Mesh Packing", International Journal On "Technical And Physical Problems Of Engineering", 3, 2011, pp.19-24.
- [10] R. Ramakrishnan, R. Arumugam, "Experimental Study and Performance Analysis Of Ceramic Packing Cooling Tower Using Taguchi Method", Int. J. Of Thermal & Environmental Engineering, vol.8, 2014, pp.45-53,
- [11]. X. Qi, Y. Liu, Z. Liu, "Exergy Based Performance Analysis Of A Shower Cooling Tower", Strojniški Vestnik - Journal Of Mechanical Engineering, 59, 4, 2013, pp.251-259,
- [12] I. N. Suamir, I. N. Ardita, and I. M. Rasta, "Effects of Cooling Tower Performance to Water Cooled Chiller Energy Use: a Case Study toward Energy Conservation of Office Building," in 2018 International Conference on Applied Science and Technology (iCAST), 2018, pp. 712-717.
- [13] P.R. Chhaya, N.M. Mistry, A.K. Chandi-wala, "A Review On Effect of Wind Loading On Natural Draught Hyperbolic Cooling Tower", International Journal Of Advance Engineering And Research Development, 1, 2014, pp.47-50.