

UJI PRESTASI PENDINGINAN EVAPORASI KONTAK TIDAK LANGSUNG (INDIRECT EVAPORATIVE COOLING) DENGAN VARIASI DEBIT AIR DAN KECEPATAN UDARA FAN

*Edy Sofyan¹, Bambang Yunianto²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

² Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: edy_sofyan91@yahoo.com

Abstrak

Evaporative cooling merupakan sistem pengkondisian udara kuno yang menggunakan media air untuk mendinginkan dan menambah kadar air atau kelembaban pada aliran udara. Sistem kerjanya dimana udara lingkungan di dinginkan dengan cara kontak langsung antara air dan udara, sehingga terjadi perpindahan kalor dari udara ke air yang mengakibatkan proses penguapan, sehingga temperatur udara turun dan nilai kelembabannya konstan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh debit air dan kecepatan udara terhadap efektivitas *direct-indirect evaporative cooling*. Penelitian dilakukan dengan eksperimen. Variabel penelitian adalah debit air pada 0.125 L/detik dan 0.09 L/detik. Debit aliran udara pada *heat exchanger* dengan variasi kecepatan 2.2, 2.5 dan 2.8 m/s.. Data yang diambil meliputi data temperatur *input*, RH *input*, temperatur *output* dan RH *output*. Data-data tersebut digunakan untuk menentukan penurunan DBT (*Dry Bulb Temperature*), dan WBT (*Wet Bulb Temperature*). Hasilnya digunakan untuk menghitung efektifitas *evaporative cooler*. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisa berdasarkan teori yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air dan kecepatan udara *fan* berpengaruh terhadap penurunan temperatur dan tidak meningkatkan kelembaban udara keluaran *indirect evaporative cooler* yang mana berpengaruh terhadap efektifitasnya. Pada *indirect evaporative cooler* pada debit 0.125 L/detik mempunyai efektifitas sebesar 32% lebih tinggi dibandingkan debit 0.09 L/detik yang hanya mempunyai efektifitas 30%.

Kata kunci: DBT , *direct evaporative cooling*, *indirect evaporative cooling*, kelembaban relatif, efektifitas.

Abstract

Evaporative cooling is an ancient air conditioning system that uses water as media to cool and to add water content or humidity of air flow. The works of this system is by cooling down the air in the environment through making direct contact between water and air, which then causes the displacement of heat from air into water and there resulted into evaporation process, it then makes water temperature decline and humidity value becomes constant. This research aims to find out the influence of water discharge and speed toward the effectiveness of direct-indirect evaporative cooling. It was done trough experiment. The variable of this research is water flow on 0.125 l/s and 0.09 l/s. The speed of air flow discharge is vary from 2.2, 2.5 and 2.8 m/s. The data captured includes data input temperature , RH input , output temperature and RH output. These data are used to determine the decrease in DBT (Dry Bulb Temperature) , and WBT (Wet Bulb Temperature). The result is used to calculate the effectiveness of evaporative cooler. The result of the calculation is shown in tables and graphs and analyzed based on existing theory. The results of the study show that the flow water and air speed fan influence to the declining of temperature and do not raise up air humidity output of indirect evaporative cooler which had an influence on its effectiveness. In indirect evaporative cooler, the flow water on 0.125 l/s is effective 32% higher than flow water on 0.09 l/s which only have the effectiveness of 30%.

Keywords: DBT , *direct evaporative cooling*, *indirect evaporative cooling*, relative humidity

1. Pendahuluan

Penggunaan sistem pemanas, ventilasi dan udara pendingin (HVAC) secara umum memerlukan konsumsi energi listrik di sebuah bangunan gedung sekitar 55-70 %. Penggunaan *refrigeran* pada HVAC yang tidak ramah lingkungan seperti *refrigerant CFC (Chlorofluorocarbons)* dapat menyebabkan terjadinya penipisan

lapisan ozon [1]. Secara umum ada dua tipe evaporative cooling yang biasa digunakan, yaitu *direct evaporative cooling* dan *indirect evaporative cooling*. Perbedaan dasarnya adalah kelemahan pada kelembaban *direct evaporative cooling* (DEC) yang mampu dimanfaatkan pada *indirect evaporative cooling* (IEC) agar hasil kelembabannya konstan karena air pendinginnya tidak berkontak langsung dengan udara.

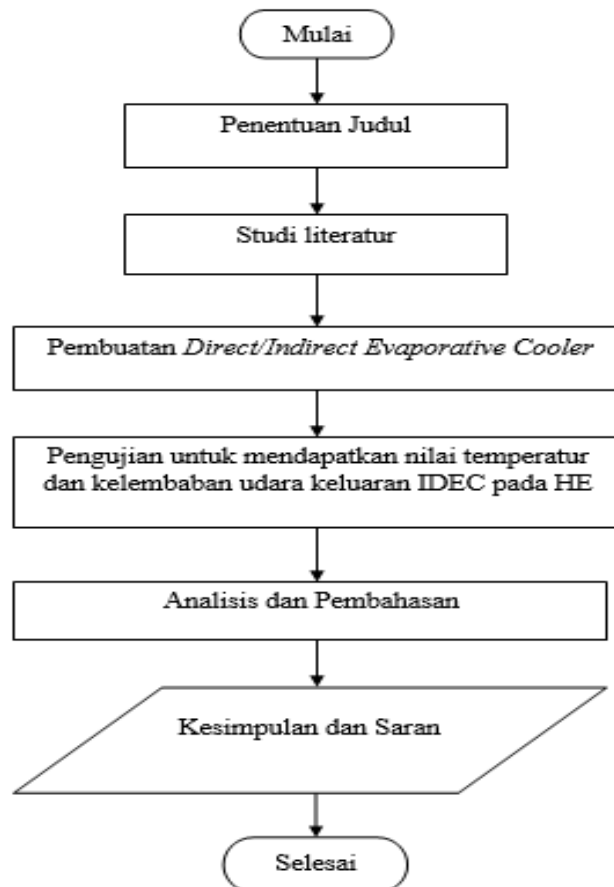
Pendinginan *evaporative* secara teknik disebut dengan pendinginan adiabatik yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan panas dari sensibel menjadi panas laten. Pada daerah yang beriklim panas dan kering, penggunaan *evaporative cooling* dapat dilihat pada sebagian atau seluruh bangunan yang ada pada daerah tersebut [2].

Prinsip kerja sistem *indirect evaporative cooling supply fan* mengalirkan udara luar (*out door air*) hingga bersentuhan dengan satu sisi permukaan *heat exchanger* yang dingin, karena didalamnya mengalir udara dari *direct evaporative cooling* yang temperaturnya relatif rendah. Proses terjadinya perpindahan panas di dalam *heat exchanger* antara udara panas yang mengalir dengan udara dingin yang dihasilkan DEC maka aliran udara yang keluar dari *heat exchanger* akan menjadi lebih sejuk dan nyaman.

Min-Hwi Kim dan Jae-Weon Jeong mengintegrasikan prestasi pendinginan dari sistem pendinginan udara yang menggunakan *indirect, direct, dan indirect-direct (two-stage) evaporative cooler*. Dari data yang telah didapatkan bahwa prestasi *indirect evaporative cooler* tidak lebih dari 30%, sementara itu *direct evaporative cooler* lebih tinggi dengan 67-84%. Sedangkan prestasi *indirect-direct (two-stage) evaporative cooler* bervariasi mencapai 84-98% [3].

Adapun tujuan yang ingin diperoleh penulis dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas dari *direct - indirect evaporative cooling* sebagai variasi debit air maupun kecepatan aliran udara pada *heat exchanger*. Serta mengetahui waktu terbaik dalam penggunaan *direct - indirect evaporative cooling* yang terbaik.

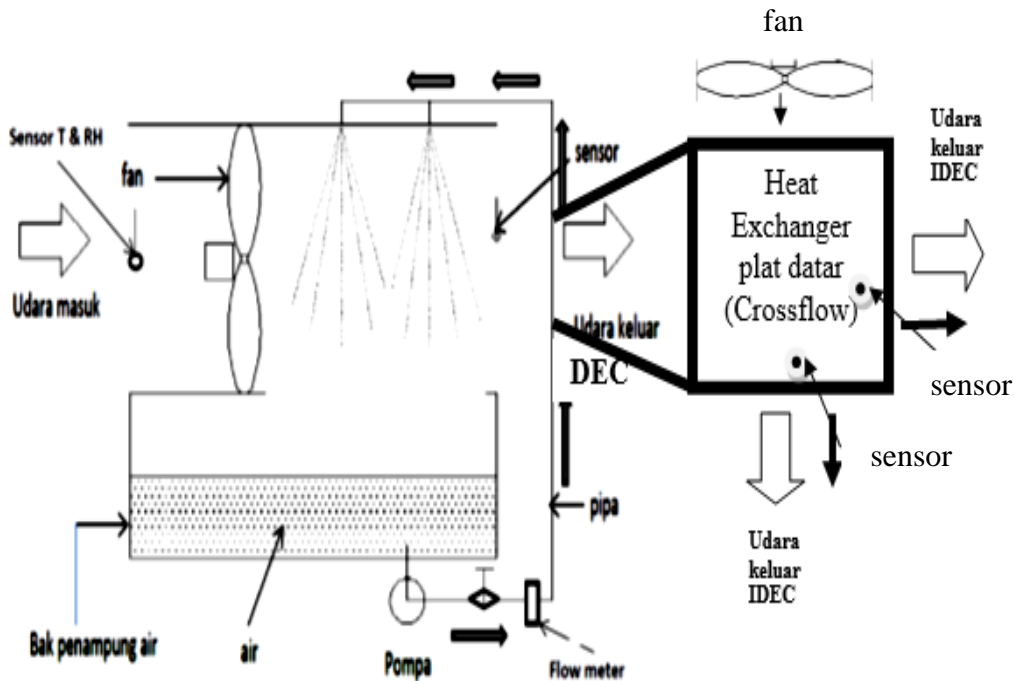
2. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Keterangan:

- 1) Penentuan judul: dilakukan untuk menentukan topik berdasarkan permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini.
- 2) Studi literatur: digunakan untuk mengumpulkan teori serta hasil-hasil penelitian sebelumnya untuk memudahkan proses dan menentukan variabel target dalam penelitian.
- 3) Pembuatan *direct/indirect evaporative cooling* sesuai dengan desain: Pembuatan alat dilakukan setelah proses menggambar dengan bantuan software CAD Solidwork 2011 selesai dan alat dibuat dengan dimensi yang sama sesuai draft desain.
- 4) Pengujian untuk mendapatkan nilai temperatur dan kelembaban keluaran *indirect evaporative cooling* pada *heat exchanger*: Pengujian dilakukan secara *outdoor* ditempat teduh mulai dari jam 11.00 sampai 16.00, ini dimaksudkan agar suhu dan kelembaban lingkungan (*ambient*) dapat berubah-ubah seiring waktu.
- 5) Pengolahan data: secara teoritis dilakukan guna dapat mengetahui nilai prestasi dari *indirect evaporative cooling*. Tahapan pengolahan data mengacu pada referensi. Data temperatur bola basah didapatkan dari diagram psikometrik yaitu dengan cara temperatur bola basah diplotkan sebagai garis miring ke bawah yang berawal dari garis saturasi yang terletak di bagian samping kanan chart.
- 6) Hasil dan Pembahasan: Menampilkan data hasil eksperimen berupa grafik dan gambar dalam bentuk laporan.
- 7) Kesimpulan dan Saran: mengambil kesimpulan berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa. Memberi saran untuk lanjutan penelitian selanjutnya.



Gambar 2. Skema Alat-Alat Uji Efektivitas *Evaporative cooler*

Setelah dilakukan pengujian dan mendapatkan data berupa nilai temperatur *dry bulb* udara sebelum dan setelah keluar dari alat *direct evaporative cooling* dan *indirect evaporative cooling* dan temperatur *wet bulb* udara maka dilakukan perhitungan nilai efektivitasnya. Efektivitas dari alat pendingin evaporasi dinyatakan dengan :

$$\epsilon_{sat} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_w} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

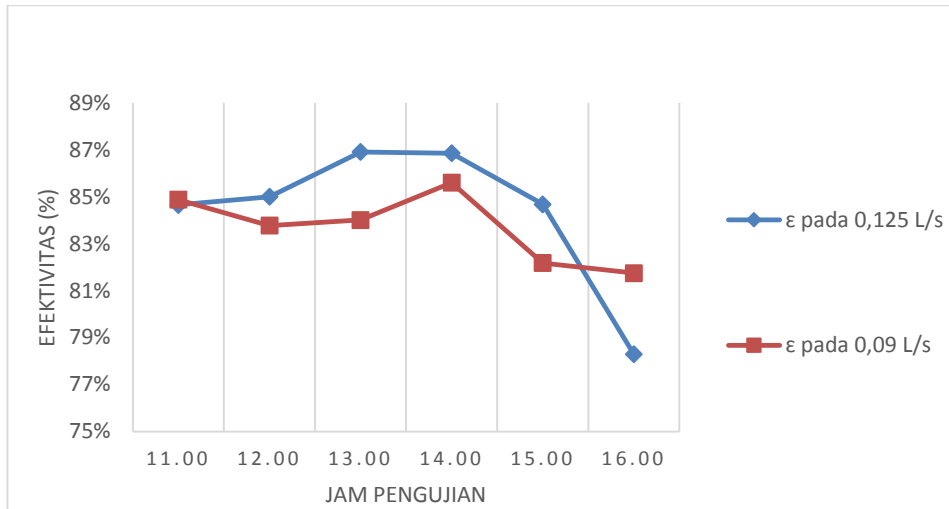
T₁ = temperatur udara masuk *direct evaporative cooling* atau *indirect evaporative cooling*, °C

T₂ = temperatur udara keluar *direct evaporative cooling* atau *indirect evaporative cooling*, °C

T_w = temperatur bola basah udara masuk, °C

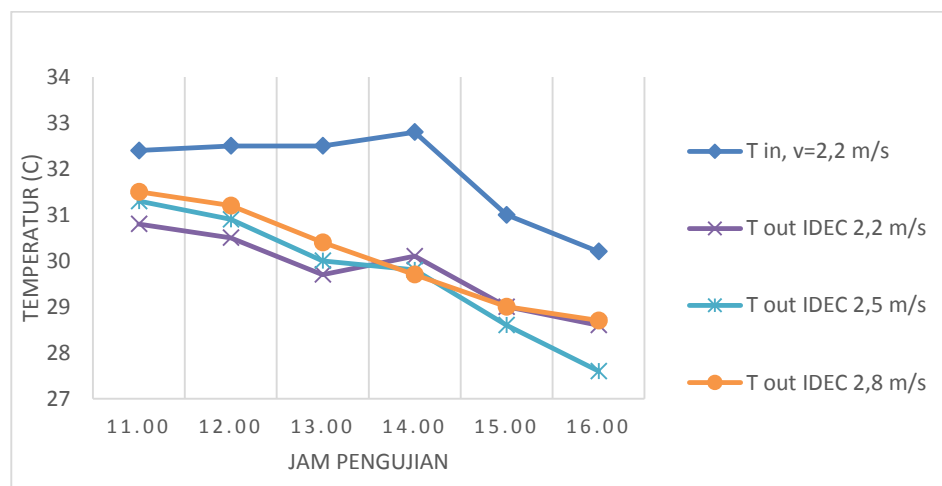
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan mulai jam 11.00 – 16.00 WIB selama tiga hari. Pengujian dilakukan untuk mengetahui efisiensi dari *direct evaporative cooling* dan *indirect evaporative cooling*. Data yang diperoleh dari pengujian yaitu temperatur dan kelembaban relatif udara masuk (udara lingkungan) *evaporative cooling* serta temperatur udara keluaran dari *direct evaporative cooling* dan *indirect evaporative cooling*. Pengambilan data dilakukan setiap satu jam sekali.



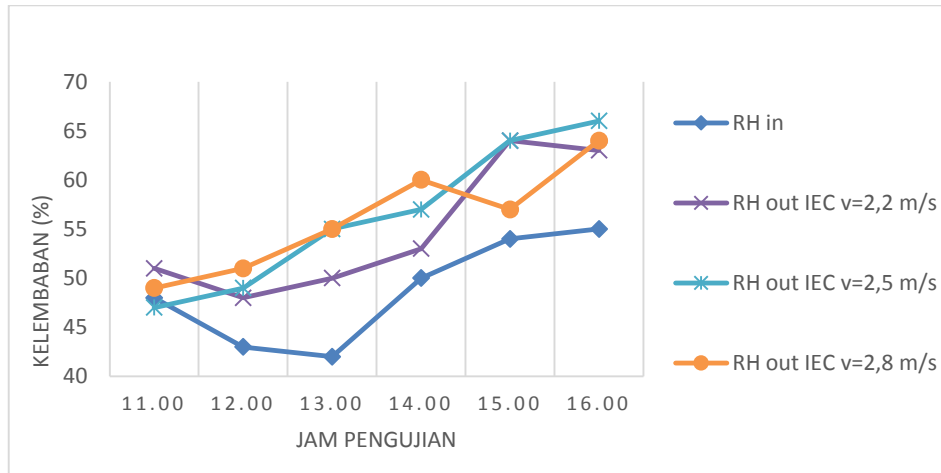
Gambar 3. Grafik Efektifitas *Direct Evaporative Cooling* hari pertama

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa efektivitas *direct evaporative cooling* tertinggi yaitu saat jam 13.00 dan 14.00 pada debit 0.125 L/detik. Sedangkan efektivitas terendah dicapai pada debit 0.09 L/detik. Namun, rata-rata efektivitas tertinggi dicapai pada debit 0.125 L/detik. Dari grafik terlihat bahwa kondisi siang hari menunjukkan kecenderungan efektivitas meningkat dengan meningkatnya debit aliran air, meskipun terdapat selisih 2-5%.



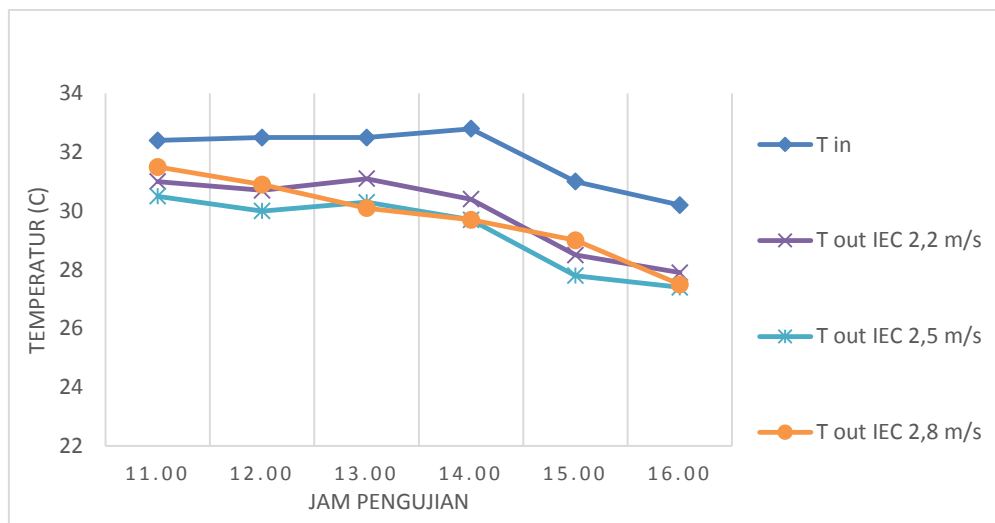
Gambar 4. Grafik hubungan temperatur IEC terhadap fungsi waktu pada variasi kecepatan *fan* dan debit 0,125 L/detik

Pada Gambar 4 terlihat bahwa temperatur udara lingkungan bergerak secara fluktuatif tiap jamnya, temperatur tertinggi terjadi pukul 14.00 sebesar 32.8 °C. Hasil temperatur udara IEC dengan debit 0.125 L/detik kecepatan 2.2, 2.5 dan 2.8 m/s mengalami peningkatan signifikan dari jam 11.00 sampai jam 14.00, kemudian terus menurun hingga jam 16.00. Namun, temperatur udara keluaran *indirect evaporative cooler* pada kecepatan 2.2, 2.5 dan 2.8 m/s mengalami penurunan yang signifikan dari jam 11.00 sampai jam 16.00 meskipun pada kecepatan 2.5 m/s menghasilkan temperatur udara keluaran yang rendah. Secara teori menunjukkan bahwa hasil temperatur udara keluaran bergantung pada pengaruh kecepatan *fan indirect evaporative cooler*. Semakin turun hasil temperatur, semakin besar pula pengaruh kecepatan *fan* [4].



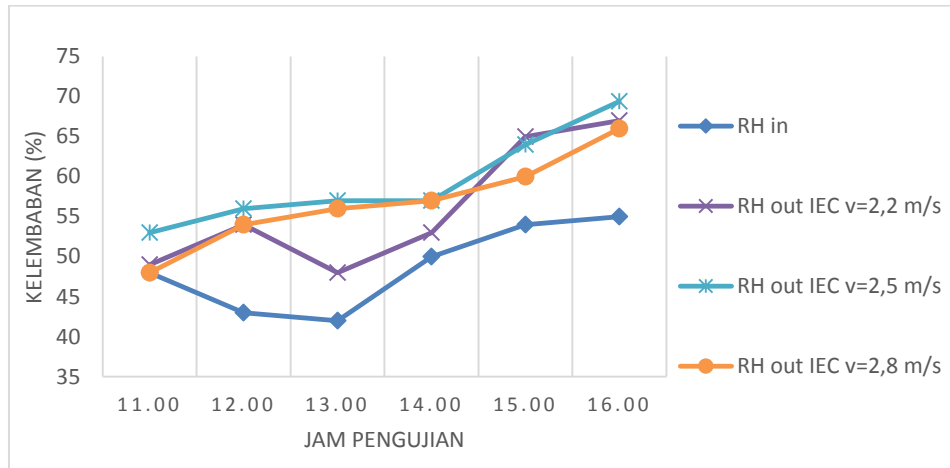
Gambar 5. Grafik hubungan kelembaban IEC terhadap fungsi waktu pada variasi kecepatan *fan* dan debit 0.125 L/detik

Pada Gambar 5 terlihat bahwa kelembaban relatif udara lingkungan *indirect evaporative cooler* berkisar antara 42-55% dengan berbagai variasi kecepatan udara fan. Namun, keluaran kelembaban relatif *indirect evaporative cooler* berkisar antara 47-66%. Secara teori menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan fan, temperatur udara keluaran semakin rendah dan menyebabkan kelembaban relatif *indirect evaporative cooler* akan meningkat [4].



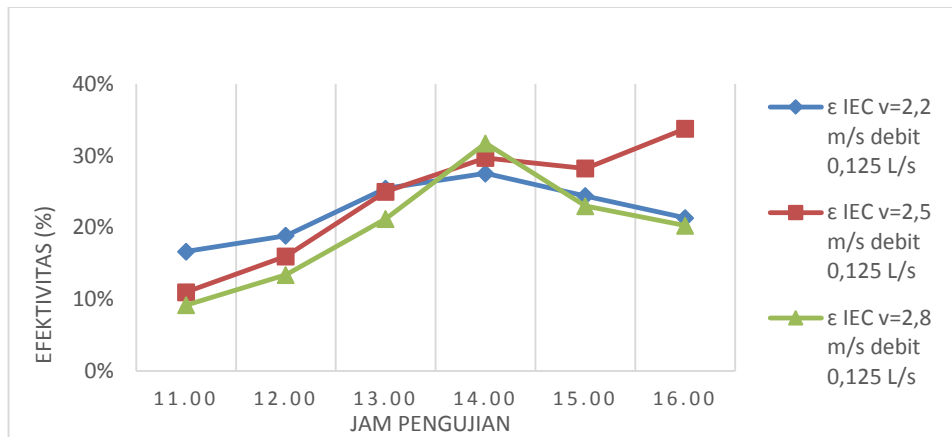
Gambar 6. Grafik hubungan temperatur IEC terhadap fungsi waktu pada variasi kecepatan *fan* dan debit 0.09 L/detik

Pada Gambar 6 terlihat bahwa temperatur udara lingkungan bergerak secara fluktuatif tiap jamnya, temperatur tertinggi terjadi pukul 14.00 sebesar 32.8 °C. Hasil temperatur udara keluaran *indirect evaporative cooler* pada kecepatan 2.2, 2.5 dan 2.8 m/s mengalami penurunan dari jam 11.00 sampai jam 16.00. Sedangkan pada pukul 13.00 dan 14.00, hanya pada kecepatan 2.8 m/s dimana temperatur lingkungan tinggi menghasilkan udara keluaran dengan temperatur rendah. Secara teori menunjukkan bahwa hasil temperatur udara keluaran bergantung pada pengaruh kecepatan *fan indirect evaporative cooler*. Semakin rendah hasil temperatur, semakin besar pula pengaruh kecepatan *fan* [4].

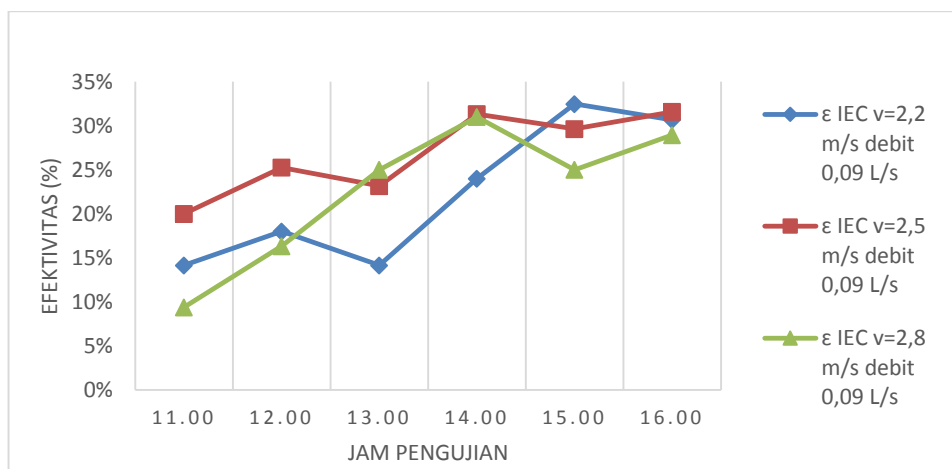


Gambar 7. Grafik hubungan kelembaban IEC terhadap fungsi waktu pada variasi kecepatan fan dan debit 0.125 L/detik

Pada Gambar 7 terlihat bahwa kelembaban relatif udara lingkungan *indirect evaporative cooler* berkisar antara 42-55% dengan berbagai variasi kecepatan udara fan. Namun, keluaran kelembaban relatif *indirect evaporative cooler* berkisar antara 48-69%. Secara teori menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan fan, temperatur udara keluaran semakin rendah dan menyebabkan kelembaban relatif *indirect evaporative cooler* akan meningkat [4].



Gambar 8. Grafik efektivitas *Indirect Evaporative Cooler* pada debit 0.125 L/detik



Gambar 9. Grafik efektivitas *Indirect Evaporative Cooler* pada debit 0.09 L/detik

Pada Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa efektivitas *indirect evaporative cooling* tertinggi yaitu saat jam 14.00 pada debit 0.125 L/detik dan debit 0.09 L/detik. Namun, rata-rata efektivitas tertinggi dicapai debit 0.125 L/detik dan debit 0.09 L/detik pada kecepatan 2.5 dan 2.8 m/s walaupun terdapat selisih efektifitas yang kecil berkisar 2%. Secara teori menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan efektivitas meningkat dengan meningkatnya debit aliran air dan kecepatan udara *fan* [4].

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian alat *direct-indirect evaporative cooling* didapat kesimpulan bahwa *direct evaporative cooling* dapat menurunkan temperatur sampai 24.83 °C dan menaikkan kelembaban relatif sampai 90 %. Variasi debit air mempunyai pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap efektivitas *direct evaporative cooling*. Pada pengujian ini debit air yang menghasilkan efektivitas paling baik yaitu berturut-turut 0.125 L/detik ($\epsilon = 87\%$) dan 0.09 L/detik ($\epsilon = 86\%$). Selain itu, variasi kecepatan udara *indirect evaporative cooling* mempunyai pengaruh terhadap efektivitas *indirect evaporative cooling*. Pada pengujian ini kecepatan udara tersebut menghasilkan efektivitas paling baik yaitu berturut-turut 0.125 L/detik ($\epsilon = 32\%$) dan 0.09 L/detik ($\epsilon = 30\%$). Efektivitas tertinggi terjadi pada jam 13.00-14.00, sehingga penggunaan *evaporative cooler* paling optimal pada rentang waktu tersebut.

5. Daftar Pustaka

- [1]. Santos, J.C., Gurgel J.M., 2012, “*Energy and exergy analysis applied to the evaporative cooling process in air washers*”, Departement of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Republic of Korea.
- [2]. Wang, S.K., 2000, “*Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*”, 2nd edition, McGraw-Hill Companies, Inc.
- [3]. Kim, M.H., Jeong, J.W., 2013, “*Cooling Performance of a 100% outdoor air system integrated with indirect and direct evaporative coolers*”, Departement of Architectural Engineering, hanyang University, Seoul 133-791, Republic of Korea.
- [4]. Anakottapary, D.S., Sunu, P.W., 2011, “*Pengaruh Debit Aliran Air dan Kecepatan Udara Fan terhadap Temperatur dan Kelembaban Udara Keluaran Air Cooler*”. Jurnal Logic Vol 11 No.1 Maret 2011.