

PENGARUH DEBIT ALIRAN AIR TERHADAP EFEKTIFITAS *DIRECT EVAPORATIVE COOLING* DILENGKAPI *COOLING PAD* SERABUT KELAPA

*Moh. Dzikri Amri¹, Bambang Yunianto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: moh.dzikriamry@gmail.com

Abstrak

Evaporative cooling merupakan sistem pengkondisian udara yang menggunakan air untuk mendinginkan dan menambah kadar air atau kelembaban pada aliran udara, sehingga temperatur bola kering menjadi lebih dingin sebelum mengalami proses penguapan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh debit aliran air pada *sprayer* pada *direct evaporative cooler* dengan menggunakan metode eksperimen. *Cooling pad* serabut kelapa digunakan sebagai *filter* dan pendinginan awal. Variabel penelitian adalah debit air yang *dispray* dengan variasi 0,8 L/m, 1,2L/m dan 1,45L/m. 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 pengujian pendinginan *evaporative cooling* ini, dapat menurunkan temperatur hingga 25,4 °C dan menaikkan kelembaban relatif hingga 88%. Selain itu debit aliran pada *sprayer* mempunyai pengaruh terhadap efektifitas *direct evaporative cooler*. Pada penelitian ini debit aliran yang menghasilkan efektifitas paling baik yaitu berturut-turut 1,45, 1,2 dan 0,8 liter/menit.

Kata kunci: *direct evaporative cooling*, kelembaban relatif, *cooling pad*, DBT, WBT

Abstract

Evaporative cooling is an air conditioning system that uses water to cool and add moisture or humidity in the air flow, so that the dry bulb temperature becomes cooler before undergoing a process of evaporation. The purpose of this study is to determine the effect of water flow on the direct evaporative cooler *sprayer* using experimental methods. Coconut fiber cooling pad is used as a filter and initial cooling. The research variables are water flow rate with variations 0.8 L/m, 1.2 L/m and 1.45 L/m. 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 results are used to calculate the effectiveness of evaporative cooler. The result of the calculation is shown in tables and graphs and analyzed based on existing theories. The results showed that the cooling evaporative cooling test, can decrease temperature up to 25.4 °C and relative humidity increase up to 88%. water flow rate in *sprayer* have effect to the effectiveness of direct evaporative cooler. In this study the effectiveness of flow rates that produce the most good is a row of 1.45, 1.2 and 0.8 liters / min.

Keywords: *direct evaporative cooling*, relative humidity, *cooling pad*, DBT, WBT

1. Pendahuluan

Teknik pengkondisian udara sudah banyak digunakan, antara lain pada bidang industri, rumah tinggal, pertokoan, perkantoran, hotel, dan kendaraan. Pengkondisian udara diperlukan untuk memberikan kondisi lingkungan yang berudara nyaman, segar, dan bersih. Oleh karena itu perlu perlakuan proses terhadap udara untuk mengatur temperatur, kelembaban dan kebersihan, serta mendistribusikannya secara serentak guna memenuhi kenyamanan yang diinginkan.

Sekarang ini banyak alat pengkondisian udara yang kurang ramah lingkungan. Misalnya AC (*air conditioning*) baik untuk ruangan atau untuk kendaraan, lemari es, maupun yang lainnya. Penyebabnya yaitu penggunaan refrigeran yang tidak ramah lingkungan seperti refrigeran CFC (*Chlorofluorocarbons*). Padahal refrigeran tersebut dapat merusak lingkungan, yakni merusak lapisan ozon yang nantinya dapat menyebabkan pemanasan global. Oleh sebab itu, diperlukan suatu alat pengkondisian udara yang ramah lingkungan seperti *evaporative cooling*.

Evaporative cooling merupakan sistem pengkondisian udara yang menggunakan uap air untuk mendinginkan dan menambah kadar air atau kelembaban pada aliran udara, sehingga temperatur bola kering menjadi lebih dingin daripada sebelum mengalami proses penguapan.

Penggunaan *evaporative cooling* memiliki kelebihan dibandingkan dengan refrigerasi yaitu lebih murah pada biaya investasi awal dan biaya operasional. Oleh karena itu *evaporative cooling* banyak digunakan pada pabrik tekstil, pada ruangan, proses fermentasi, maupun untuk pertanian [1].

Ada tiga jenis proses *evaporative cooling*:

a) *Direct evaporative cooling*

Pada proses *direct evaporative cooling*, udara didinginkan langsung dengan dikontakkan dengan media basah atau dispray dengan air. Pelepasan kalor laten pada proses penguapan dari udara yang didinginkan secara langsung lebih rendah daripada temperatur udara sekitar, Kelembaban relatif dari udara meningkat disebabkan penambahan uap air [2].

b) *Indirect evaporative cooling*

Prinsip kerja dari sistem ini ditunjukkan yaitu *Supply fan* mengalirkan udara luar (*out door air*) hingga bersentuhan dengan satu sisi permukaan *heat exchanger* yang dingin, karena didalamnya mengalir udara (*secondary air*) yang suhunya relatif rendah [2].

c) *Indirect-direct evaporative cooling*

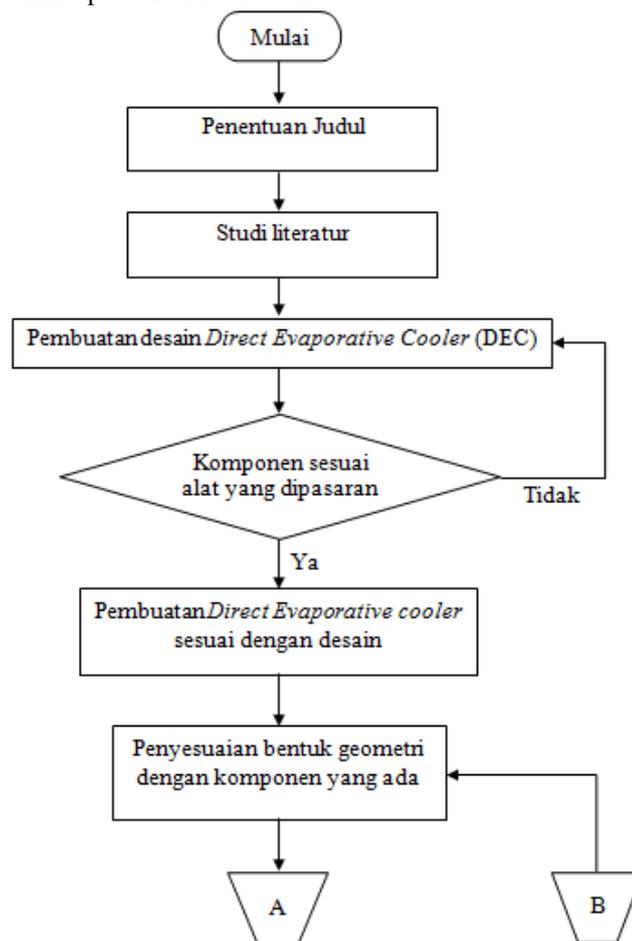
Ketika udara dingin keluar dari *indirect evaporative cooler* pada musim panas, udara keluaran tersebut mempunyai temperatur bola basah masih diatas 21,1 °C dengan kelembaban antara 60 dan 80 persen. Akan lebih baik ditambahkan *direct evaporative cooler* sehingga temperatur dari udara keluaran dapat berkurang dengan diikuti kenaikan kelembaban [2].

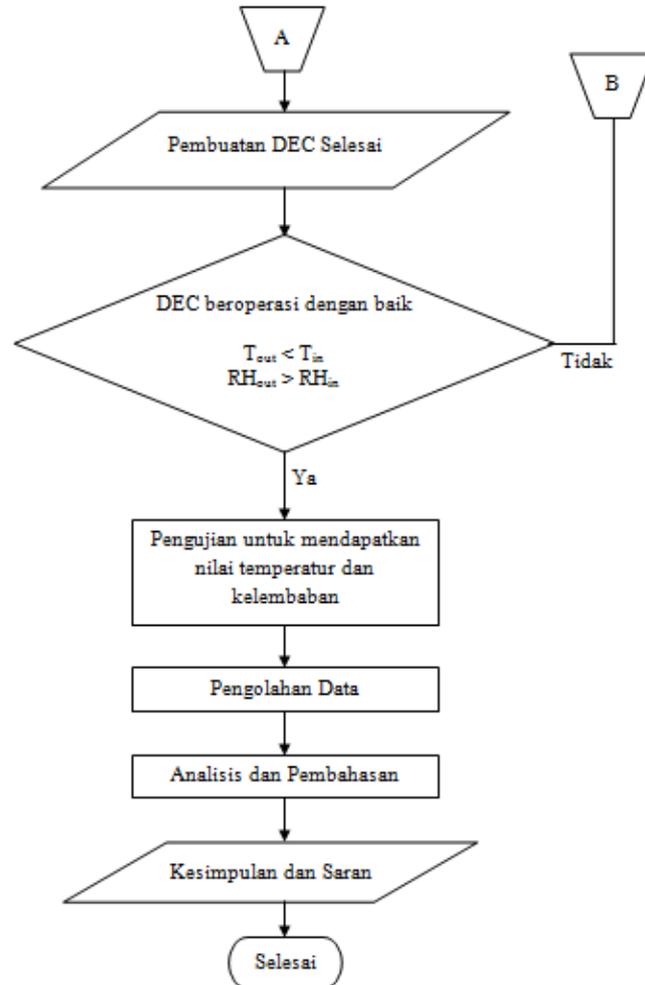
Secara teori udara yang masuk dan air di *evaporative cooler* dapat dikatakan sebagai sistem yang terisolasi. Karena tidak ada panas yang ditambahkan ataupun panas yang hilang dalam sistem, proses pertukaran panas sensibel dari udara menjadi panas laten dari penguapan air adalah adiabatik. Prestasi dari *evaporative cooler* dapat didasarkan pada konsep dari proses *adiabatic* [3].

Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh debit aliran air pada *sprayer* terhadap efektifitas *evaporative cooling* dan untuk mengetahui waktu pemakain yang terbaik dari efektifitas *evaporative cooling*.

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:





Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan metode eksperimen. Pada penelitian ini dicari pengaruh variasi debit air terhadap efektifitas *direct evaporative cooler*.

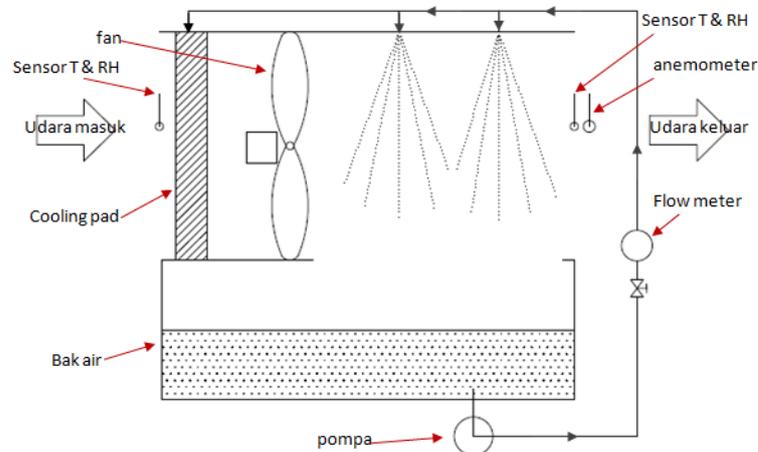
2.1 Variabel yang Diteliti

a) Variabel bebas

Dalam penelitian ini variable bebas yang digunakan adalah variasi debit aliran air pada *sprayer* yaitu 0,8, 1,2, dan 1,45 liter/menit.

b) Variabel terikat

Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah temperature dan kelembaban.



Gambar 2. Skema Pengujian

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor *hygrometer* dan temperature, *flowmeter*, dan *anemometer*.

2.2 Prosedur Pengambilan Data

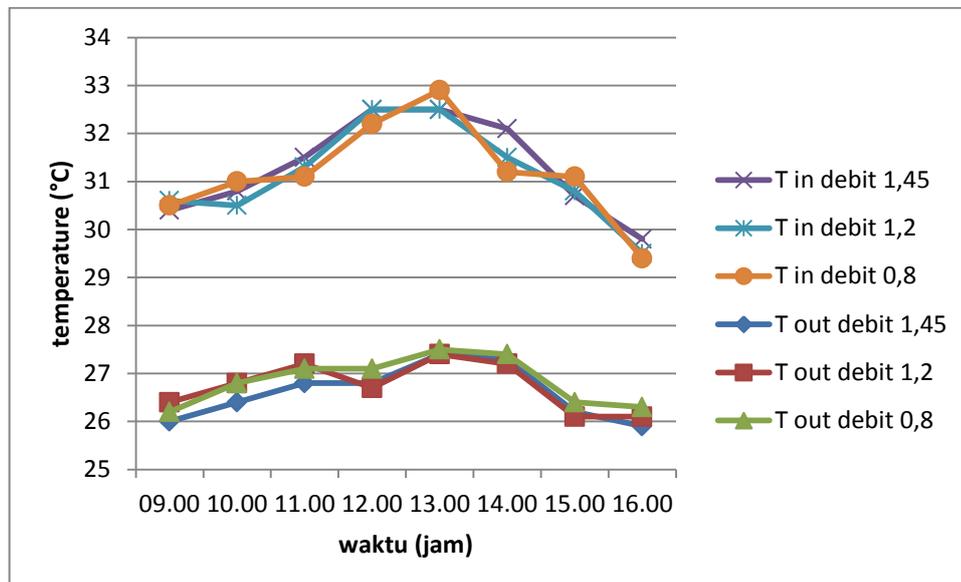
Langkah-langkah pengujian yaitu untuk mendapatkan nilai temperatur dan kelembaban udara keluaran dari *direct evaporative cooler* yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Persiapkan peralatan sesuai dengan instalasi yang telah dirancang.
- Isi bak penampung air
- Pasang *cooling pad* pada bagian belakang casing
- Pasang *sprayer* lubang lima
- Nyalakan saklar *fan* dan tunggu hingga sensor *steady*.
- Setelah *display* pada sensor menunjukkan suhu yang *steady* mulai hidupkan saklar pompa.
- Atur bukaan pada kran dan valve sehingga debit aliran 1,45 liter/menit
- Tunggu sampai mencapai keadaan *steady*, catat nilai temperatur dan RH udara lingkungan serta temperatur udara keluaran *direct evaporative cooling*. Pencatatan dilakukan setiap satu jam sekali mulai jam 09.00 – 16.00 WIB.
- Ulangi langkah di atas untuk debit 1,2 liter/menit dan 0,8 liter/menit
- Selesai

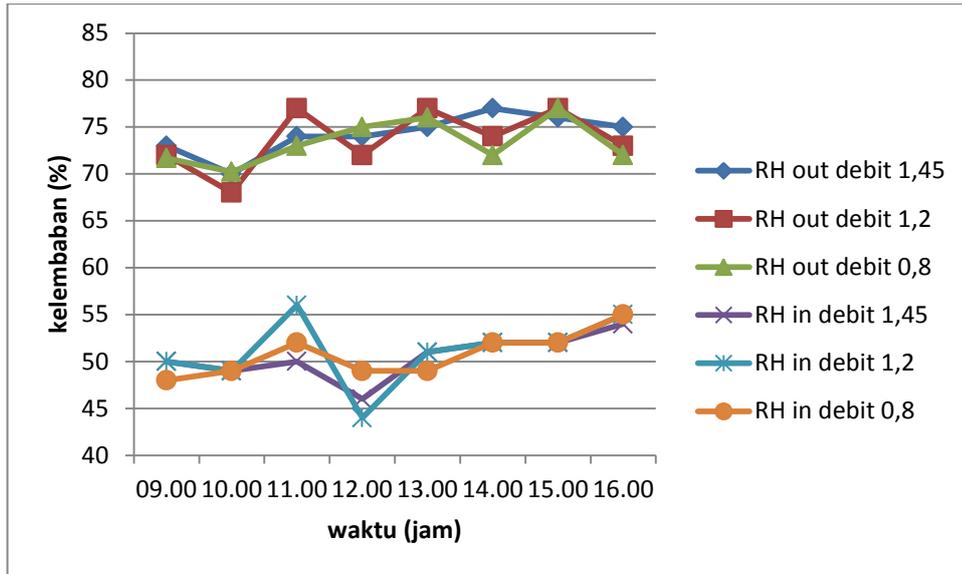
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Eksperimen Tanggal 1 November 2013

Pada eksperimen ini temperature dan kelembaban relatif udara lingkungan (T_{in} dan RH_{in}) tidak dikondisikan sehingga nilainya tergantung dari kondisi lingkungan pada saat itu. Temperature udara lingkungan tertinggi terjadi pada pukul 13.00 WIB sebesar 32,9 °C seperti terlihat pada Gambar 3 dibawah. Pada Gambar tersebut terlihat bahwa temperature udara lingkungan mengalami peningkatan sampai pukul 13.00 WIB kemudian terus menurun hingga pukul 16.00 WIB. Begitu pula dengan temperature udara keluaran yang mengalami peningkatan hingga pukul 13.00 WIB dan setelah itu turun sampai pukul 16.00 WIB. Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari temperature udara keluaran bergantung pada temperature udara lingkungan, dengan meningkatnya temperature udara lingkungan meningkat pula temperature udara keluaran.

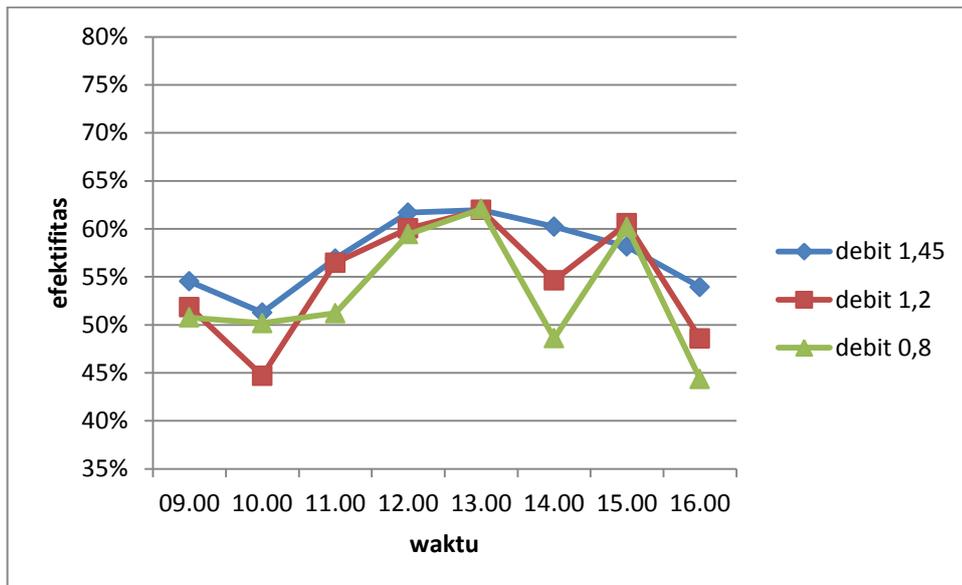


Gambar 3. Grafik T in vs T out tanggal 1 November 2013



Gambar 4. Grafik RH in vs RH out tanggal 1 November 2013

Sedangkan pada grafik kelembaban relatif terhadap waktu seperti pada Gambar 4 terlihat bahwa kelembaban relatif udara keluaran *evaporative cooler* fluktuatif. Untuk kelembaban relatif udara lingkungan berkisar antara 45 – 55 %.

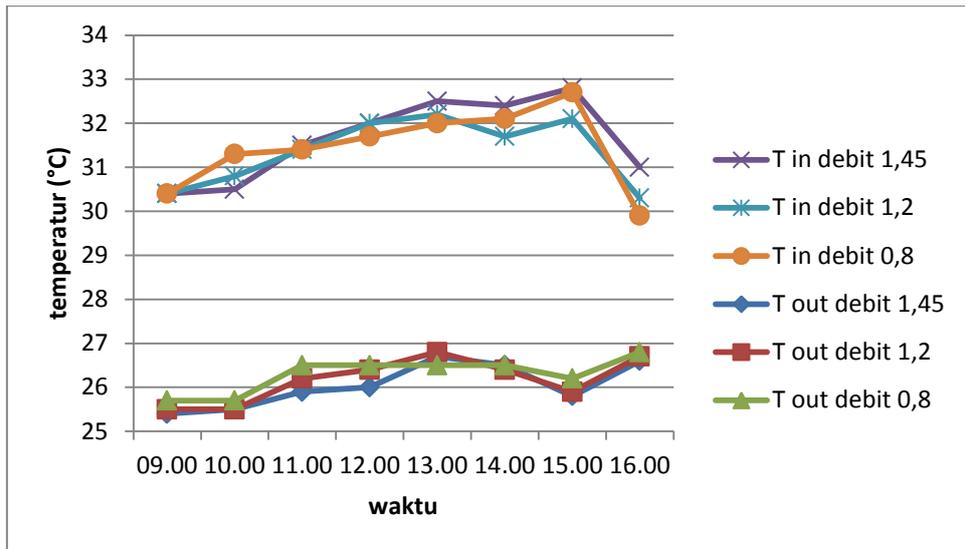


Gambar 5. Grafik efektifitas *evaporative cooling* tanggal 1 November 2013

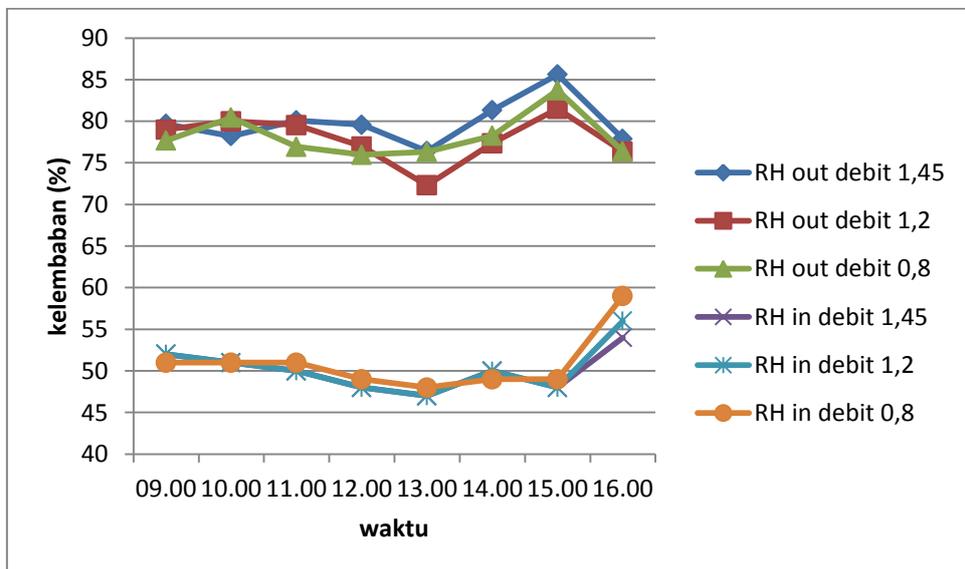
Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa efektifitas *evaporative cooling* tertinggi yaitu saat pukul 12.00 WIB pada debit 1,45 L/menit dan terendah saat pukul 16.00 WIB pada debit 0,8 L/menit. Sedangkan rata-rata efektifitas tertinggi dicapai pada debit 1,45 L/menit dan efektifitas terendah pada debit 0,8 L/menit. Dari grafik terlihat bahwa terdapat kecenderungan efektifitas meningkat dengan meningkatnya debit aliran air, walaupun terdapat pengecualian pada beberapa kasus. Hal ini disebabkan karena udara lingkungan yang tidak dikondisikan pada eksperimen. Perubahan temperature udara keluaran sangat dipengaruhi oleh udara lingkungan.

3.2 Hasil Eksperimen Tanggal 4 November 2013

Tanggal 4 November 2013 cuaca cerah dengan temperature udara lingkungan berkisar antara 30 – 33 °C seperti terlihat pada Gambar 6 Temperatur udara lingkungan meningkat mulai pukul 09.00 WIB sampai pukul 13.00 WIB kemudian berangsur-angsur menurun hingga pukul 16.00 WIB. Begitu pula dengan temperature udara keluaran yang terus mengalami peningkatan hingga pukul 13.00 WIB kemudian turun sampai pukul 15.00 WIB dan naik lagi pada pukul 16.00 WIB. Kondisi ini sama dengan hari sebelumnya tanggal 1 November 2013, yaitu temperature udara keluaran sangat dipengaruhi oleh temperature udara lingkungan.

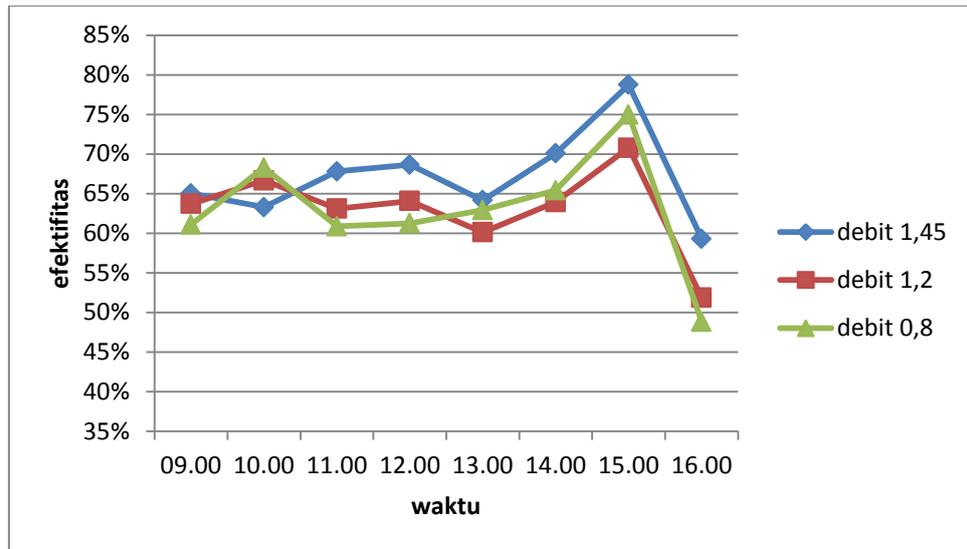


Gambar 6. Grafik T in vs T out tanggal 4 November 2013



Gambar 7. Grafik RH in vs RH out tanggal 4 November 2013

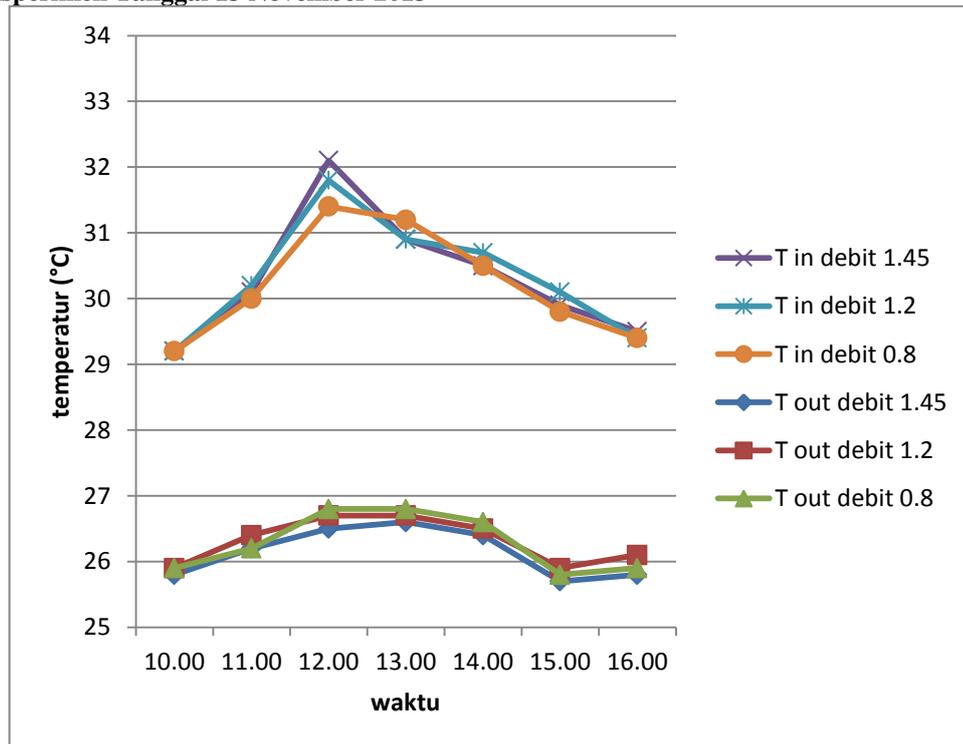
Sedangkan untuk kelembaban relatif udara lingkungan pada tanggal 4 November 2013 mulai pukul 09.00 WIB mengalami penurunan hingga pukul 13.00 WIB kemudian meningkat hingga pukul 16.00 WIB. Namun pada pukul 15.00 WIB kelembaban relatifnya menurun, dan temperature udara lingkungannya mengalami peningkatan seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Hal ini disebabkan karena kondisi lingkungan pada saat itu sangat cerah. Kelembaban relative udara lingkungan berkisar antara 48 – 60 %. Kelembaban relatif udara keluaran tertinggi terjadi pada pukul 15.00 WIB seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 8. Grafik efektifitas *evaporative cooling* tanggal 4 November 2013

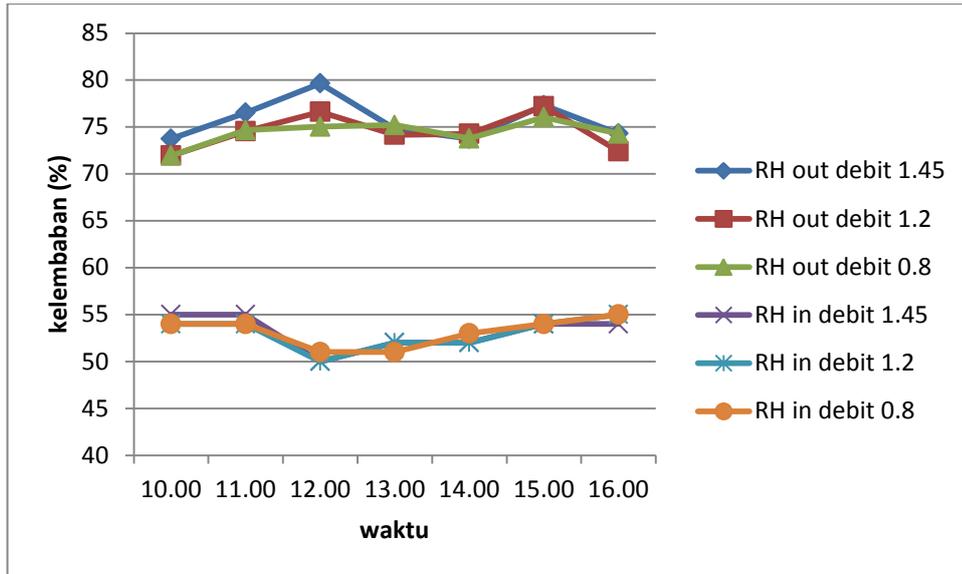
Gambar 8 merupakan grafik efektifitas terhadap waktu. Dari grafik menunjukkan bahwa efektifitas *evaporative cooling* tertinggi yaitu saat pukul 15.00 WIB pada debit 1,45 L/menit dan terendah saat pukul 16.00 WIB pada debit 0,8 L/menit. Sedangkan rata-rata efektifitas tertinggi dicapai pada debit 1,45 L/menit dan efektifitas terendah pada debit 0,8 L/menit.

3.3 Hasil Eksperimen Tanggal 13 November 2013



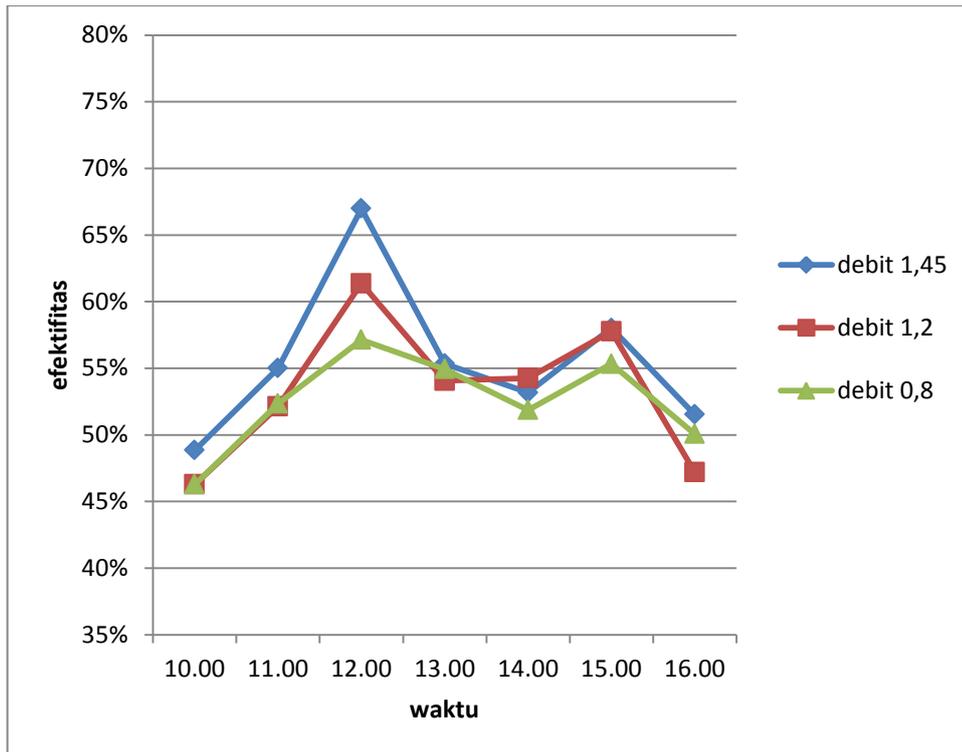
Gambar 9. Grafik T in vs T out tanggal 13 November 2013

Eksperimen dimulai pada pukul 10.00 WIB sampai pukul 16.00 WIB. Cuaca saat itu kurang cerah, temperature udara lingkungan sepanjang hari tercatat berkisar antara 29 – 32 °C. Temperature udara lingkungan tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB yaitu sebesar 32 °C, kemudian berangsur-angsur turun hingga pukul 16.00 WIB. Begitu pula temperature udara keluaran tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB yaitu sebesar 26,8 °C. Temperatur udara keluaran yang dihasilkan evaporative cooling cukup rendah yaitu antara 25,8 – 26,8 °C seperti terlihat pada gambar 9.



Gambar 10. Grafik RH in vs RH out tanggal 13 November 2013

Kelembaban relatif udara keluaran yang dihasilkan evaporative cooling berkisar antara 72 – 85 % seperti terlihat pada gambar 10. Sedangkan kelembaban relatif udara lingkungan berkisar antara 50 – 55 %. Sama seperti hari-hari sebelumnya, kelembaban relatif udara lingkungan mengalami penurunan hingga pukul 12.00 WIB kemudian berangsur naik sampai pukul 16.00 WIB.



Gambar 11. Efektifitas evaporative cooling tanggal 13 November 2013

Gambar 11 merupakan grafik efektifitas terhadap waktu. Dari grafik terlihat bahwa efektifitas tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB pada variasi debit 1,45 L/menit, efektifitas terendah pada terjadi pada pukul 16.00 WIB pada debit 1,2 L/menit. Sedangkan rata-rata efektifitas tertinggi dicapai pada debit 1,45 L/menit dan efektifitas terendah pada debit 0,8 L/menit. Dari grafik terlihat bahwa terdapat kecenderungan efektifitas meningkat dengan meningkatnya debit aliran air, walaupun terdapat pengecualian pada beberapa kasus. Hal ini disebabkan karena udara lingkungan yang tidak dikondisikan pada eksperimen. Perubahan temperature udara keluaran sangat dipengaruhi oleh udara lingkungan.

Tabel 1. Perbandingan temperature dan RH udara keluaran dengan standar SNI dan ASHRAE

Parameter	SNI		ASHRAE	Udara keluaran	
	Nyaman	Hangat		Oktober	November
T (°C)	22,8 – 25,8	25,8 – 27,1	23 – 26	25,8 – 28,6	25,4 – 27,9
RH (%)	40 – 60	40 – 60	50 – 70	69 – 88	68 – 86

Tabel 1 merupakan perbandingan temperature dan kelembaban relative udara keluaran dengan standar SNI dan ASHRAE. Terlihat bahwa temperatur dan kelembaban relatif udara keluaran *direct evaporative cooler* ada yang memenuhi standar SNI dan ASHRAE. Tetapi yang dimaksud dalam standar SNI dan ASHRAE adalah kondisi ruangan, sedangkan nilai temperature dan kelembaban hasil pengujian ini merupakan kondisi pada tepat didepan keluaran *direct evaporative cooler*. Sehingga ketika memasuki ruangan maka temperaturnya akan naik dan kelembaban relatifnya akan turun. Oleh karena itu diperlukan tambahan alat lain seperti *indirect evaporative cooling* atau *desiccant cooling system*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisa yang telah dilakukan dalam pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa:

- Dengan *direct evaporative cooling* dapat menurunkan temperature sampai 25,4 °C dan menaikkan kelembaban relatif sampai 88 %.
- Debit aliran air pada *sprayer* mempunyai pengaruh terhadap efektifitas *direct evaporative cooler*. Pada penelitian ini debit aliran yang menghasilkan efektifitas paling baik yaitu berturut-turut 1,45 liter/menit ($\epsilon = 67\%$), 1,2 liter/menit ($\epsilon = 61\%$) dan 0,8 ($\epsilon = 57\%$) liter/menit.
- Efektifitas tertinggi terjadi pada jam 12.00 – 15.00 WIB, sehingga penggunaan *direct evaporative cooler* paling optimal pada jam-jam tersebut.

5. Daftar Pustaka

- [1] Sunarwo, 2011, “Pembuatan Dan Pengujian Evaporative Cooling”, Jurnal teknik energi Vol 7 No.1 Januari 2011; 31 – 34.
- [2] Wang, S. K., 2000, “Handbook of Air Conditioning and Refrigeration”, 2nd edition, McGraw-Hill Companies, Inc.
- [3] Johnson, R. S., 1988, *The Theory and Operation of Evaporative Coolers For Industrial Gas Turbine Installation*, ASME, 41