

## PENGUJIAN *DIRECT EVAPORATIVE COOLING* POSISI VERTIKAL DENGAN ALIRAN SEARAH

\*Feliks Lou Meno Sitopu<sup>1</sup>, Bambang Yuniyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*E-mail: felikssitopu@gmail.com

### Abstrak

*Evaporative cooling* adalah pendingin yang ramah lingkungan dan hemat energi untuk pendinginan gedung di daerah yang memiliki iklim panas dan kering. Secara sederhana *Evaporative cooling* bekerja dengan menguapkan air ke udara, selama penguapan berlangsung sistem tersebut harus menyerap panas yang berasal dari udara masuk yang bersentuhan dengan air. Sebagian panas diserap oleh air dan udara menjadi lebih dingin. Air tidak mengalami kenaikan suhu selama proses ini, tetapi hanya berubah dari fase cairan menjadi uap. Pengujian ini menggunakan *Direct Evaporative Cooling*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur, kelembaban udara dan efektifitas yang dapat dicapai oleh mesin *direct evaporative cooling*. Adapun penelitian ini dilakukan dengan mengontrol suhu dan kelembaban udara masuk. *Direct evaporative cooling*, dapat menurunkan temperature sebesar 3-4°C, untuk Tin 30°C, untuk Tin 35°C dapat menurunkan temperatur sebesar 6-7°C, sedangkan untuk Tin 40°C dapat menurunkan temperatur sebesar 8-11°C. Efektifitas tertinggi terjadi ketika temperatur masuk 40°C, dimana efektifitasnya bisa mencapai 94 %, sehingga penggunaan *evaporative cooler* paling optimal pada temperatur masuk 40°C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi temperatur masukan dan variasi kelembaban relatif masuk mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi *direct evaporative cooling*.

**Kata Kunci :** *evaporative cooling*, efektifitas, kelembaban relatif

### Abstract

*Evaporative cooling is an environmentally friendly and energy efficient method for cooling buildings in hot and dry regions. In a simple evaporative cooling work with to evaporate water to the air, and during evaporating, the system must absorb heat from the air which contact with the water. Some heat is absorb by the water, so the air became cooler. The temperature's water isn't increase, but just change its phase. This experiment is about the air conditioning system that uses water to cool and add moisture or humidity in the air flow. The air conditioning system is called evaporative cooling. This eksperiment use temperature and relatife humidity controler. Direct evaporative cooling can reduce temperature amount of 3-4°C for Tin 30°C, for Tin 35°C can reduce temperature 6-7°C, and for Tin 40°C can reduce temperature amount of 8-11°C. The highest effectiveness occur when inlet temperature is 40C, where its effectiveness reach 94%, so that the most optimal use of the evaporative cooling in inlet temperature 40°C. The result of eksperiment showed that the variation of the intake temperature and relative humidity variations entrance has significant influence on the efficiency of direct evaporative cooling.*

**Keyword :** *evaporative cooling, effectiveness, relatife humidity*

### 1. Pendahuluan

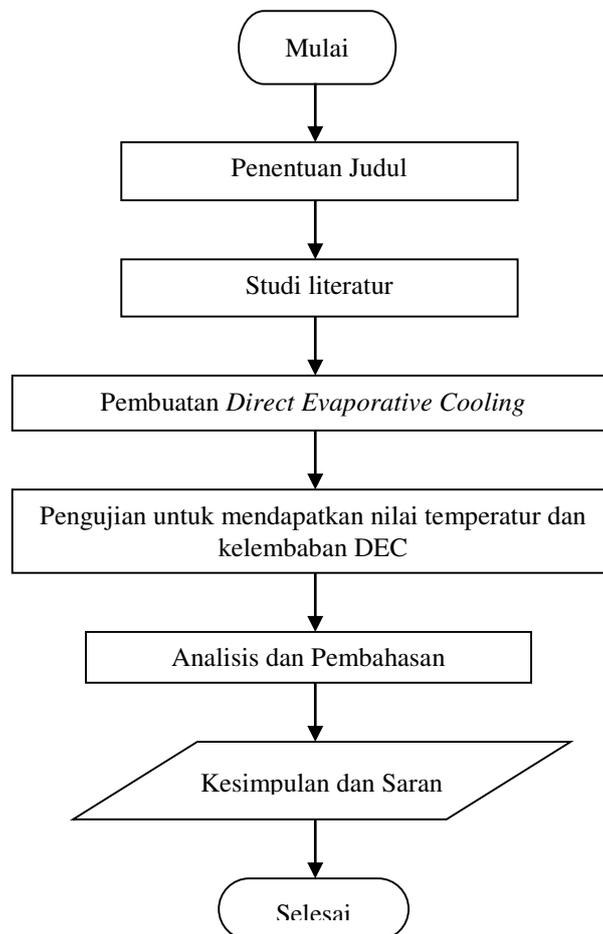
Krisis energi dan kerusakan lingkungan merupakan isu yang sedang melanda dunia beberapa dekade terakhir ini, dan berdampak dalam segala aspek kehidupan manusia. Sehingga penghematan energi menjadi perhatian utama. Dalam bidang pengkondisian udara bukan hanya kualitas udara jadi faktor penentu baik tidaknya suatu alat tersebut, namun efisiensi ataupun jumlah energi yang terpakai dan dampak lingkungan menjadi faktor yang sangat penting. Karena itu perlu dicari solusi yang tepat dalam mengatasi masalah energi dan lingkungan tersebut, salah satunya yaitu pendinginan dengan sistem *evaporative cooling*.

Secara sederhana *Evaporative cooling* bekerja dengan menguapkan air ke udara, selama penguapan berlangsung sistem tersebut harus menyerap panas yang berasal dari udara masuk yang bersentuhan dengan air, atau panas diperoleh

dengan kontak dengan pad. Sebagian panas diserap oleh air dan udara menjadi lebih dingin. Air tidak mengalami kenaikan suhu selama proses ini, tetapi hanya berubah dari fase cairan menjadi uap. [1]

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur, kelembaban udara dan efektifitas yang dapat dicapai oleh mesin *direct evaporative cooling*. Adapun penelitian ini dilakukan dengan mengontrol suhu dan kelembaban udara masuk. *evaporative cooling* menggunakan drum plastik dengan dibuat posisi vertikal dengan aliran semburan air dari *sprayer* searah dengan arah *fan*.

## 2. Metodologi Penelitian

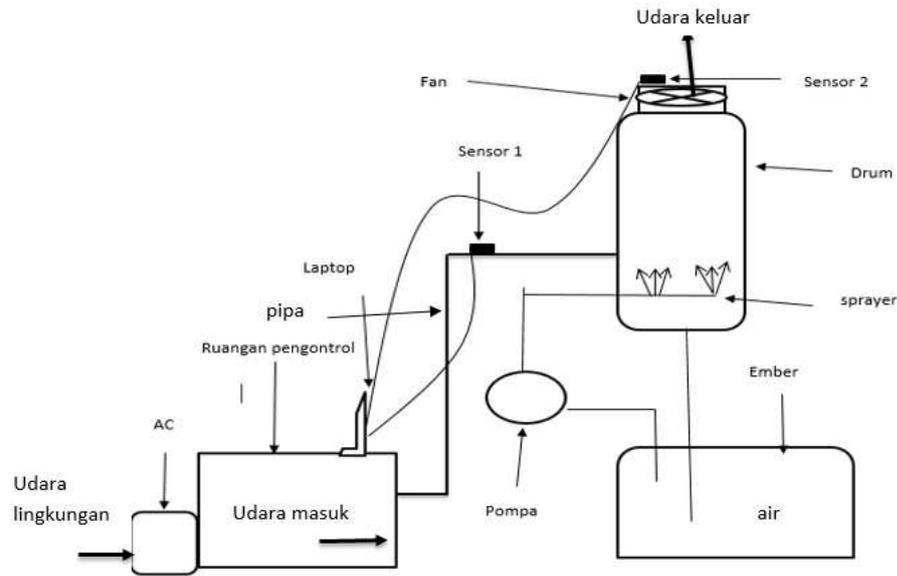


**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

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 2014 selesai dan alat dibuat dengan dimensi yang sama sesuai draft desain.
- 4) Pengujian untuk mendapatkan nilai temperatur dan kelembaban keluaran *direct evaporative cooling*: Pengujian dilakukan secara indoor dengan temperatur dan kelembaban relatif masuk dikontrol pada ruangan pengontrol.
- 5) Pengolahan data: secara teoritis dilakukan guna dapat mengetahui nilai prestasi dari *direct evaporative cooling*. Tahapan pengolahan data mengacu pada referensi. Data temperatur bola basah didapatkan dari diagram psycrometrik 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 pengujian

Setelah melakukan pengujian dan mendapatkan data berupa nilai temperature *dry-bulb* udara sebelum dan setelah keluar dari alat *direct evaporative cooling* dan temperatur *wet-bulb* udara maka dilakukan perhitungan nilai efisiensinya. Efisiensi dari alat pendingin evaporasi dinyatakan dengan:

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

dimana:

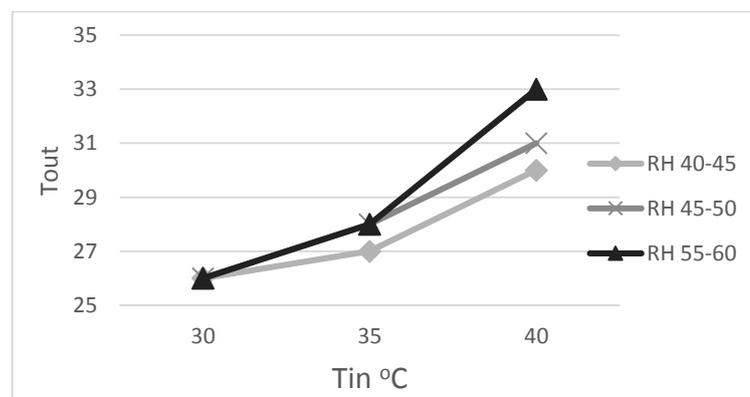
$T_1$  = temperatur udara masuk *direct evaporative cooling* °C

$T_2$  = temperatur udara keluar *direct evaporative cooling*, °C

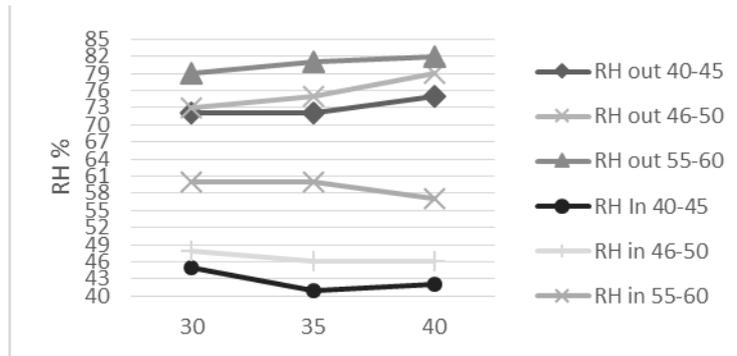
$T_w$  = temperatur bola basah udara masuk, °C

### 3. Hasil dan Pembahasan

Eksperimen dilakukan tanggal 28, 30, 31 Januari dan 5 Maret 2015 yang bertempat di ruang 302 Gedung B Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Eksperimen dilakukan di dalam ruangan tertutup dengan temperatur dan kelembaban masuk dikontrol. Selang waktu pengambilan data setiap variasi yaitu 10 menit.

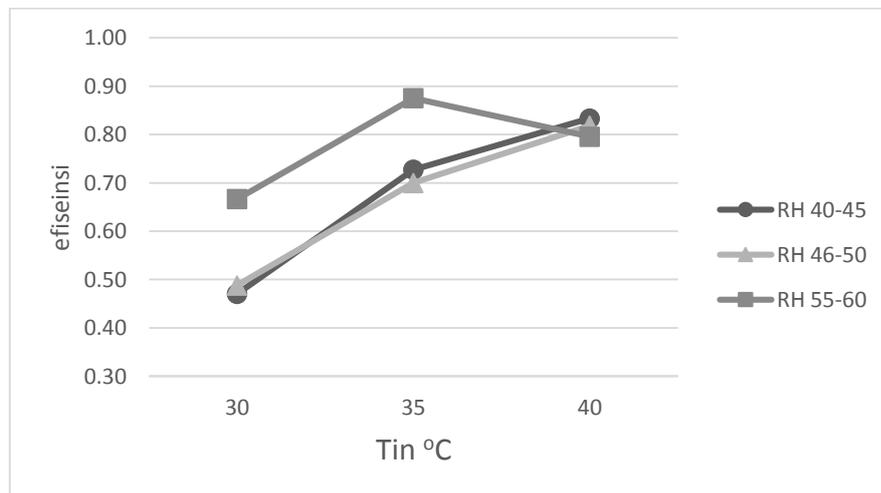


Gambar 3. Grafik hubungan temperatur masuk terhadap temperatur keluaran pada bukaan sepertiga.



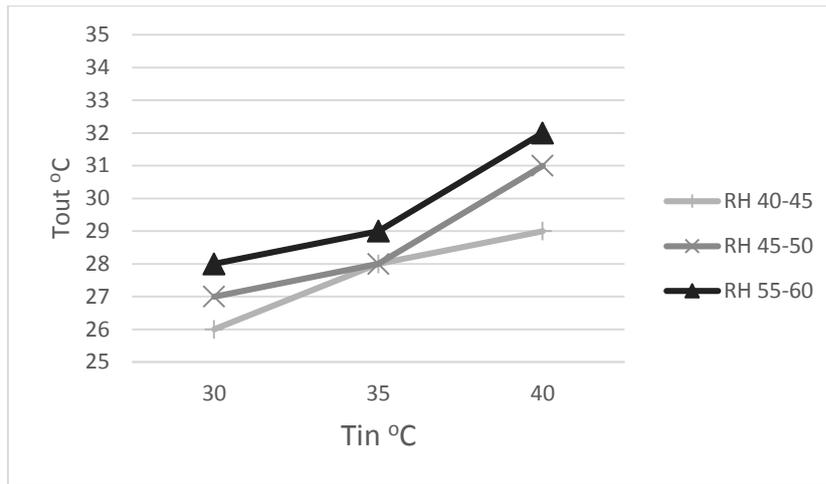
**Gambar 4.** Grafik hubungan temperatur masuk terhadap kelembaban relatif keluar

Pada Gambar 3 dan 4 dapat memperlihatkan hubungan Temperatur masuk terhadap temperatur keluar dan hubungan antara temperatur udara masuk terhadap kelembaban relatif dari udara keluaran pada proses *direct evaporative cooling*. Pengujian ini menggunakan ruangan pengontrol untuk mengatur besarnya temperatur masuk serta kelembaban relatif masuk sehingga temperatur dan kelembaban relatifnya konstan dan tidak terpengaruh oleh keadaan lingkungan luar agar sesuai dengan variasi yang di inginkan. Dimana dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa besarnya temperatur masuk sangat mempengaruhi temperatur yang keluar dari DEC. Dari pengujian tersebut juga terlihat untuk temperatur masuk 30°C temperatur yang dapat dicapai yaitu sekitar 26°C untuk semua variasi RH, atau mengalami penurunan temperatur sekitar 4°C, sedangkan untuk temperatur masuk 35°C temperatur luaran yang dicapai yaitu antara 27-28°C atau mengalami penurunan suhu sekitar 7-8°C. Sedangkan pada temperatur masuk 40°C suhu luaran yang dicapai yaitu 30-33°C, atau penurunan temperatur sekitar 7-10°C, dari grafik tersebut menunjukkan pengaruh temperatur yang masuk, dimana semakin tinggi temperatur masuk maka penurunan temperatur juga akan semakin besar. Pada Gambar 4 memperlihatkan hubungan temperatur masukan terhadap kelembaban relatif yang dihasilkan, dimana peningkatan temperatur juga diikuti dengan peningkatan kelembaban relatif keluarannya pada kelembaban relatif masuk yang sama. Untuk RH in 40-45 % untuk setiap temperatur masukan mengalami penambahan RH hingga mencapai 72-75 %, sedangkan untuk RH in 46-50% untuk setiap temperatur masukan mengalami penambahan RH hingga mencapai 73-79 %, dan untuk RH in 55-60% untuk setiap temperatur masukan mengalami peningkatan RH hingga 79-82 %. dari grafik memperlihatkan pengaruh temperatur masuk terhadap kelembaban relatif tidak terlalu signifikan perbedaan terbesar hanya sekitar kurang dari 8%.

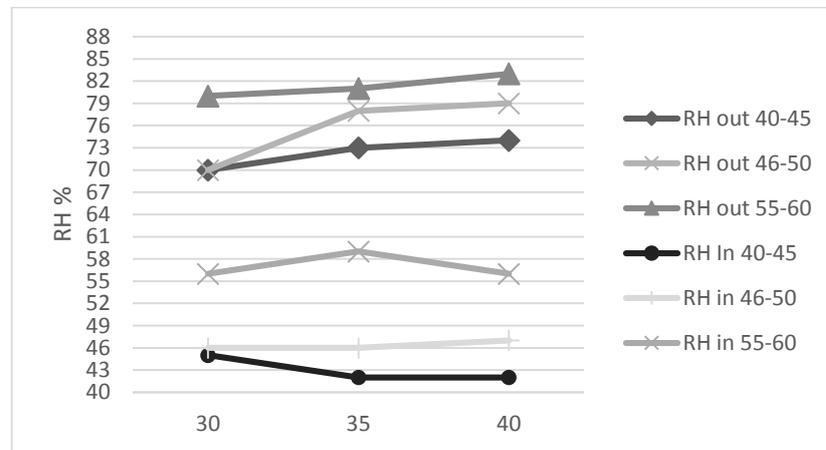


**Gambar 5.** Grafik hubungan Temperatur masuk terhadap efektifitas DEC

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa efektifitas tertinggi terjadi pada temperatur masuk 35°C dan RH in 55-60% dimana efisiensinya mencapai 88 %. Dan efisiensi terendah terjadi pada temperatur masuk 30 dan RH in 40-45 % yaitu sekitar 47 %. Rata-rata efisiensi tertinggi berada pada temperatur masuk 40°C. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar temperatur masukan maka efisiensinya juga akan meningkat, dimana peningkatannya sangat signifikan.

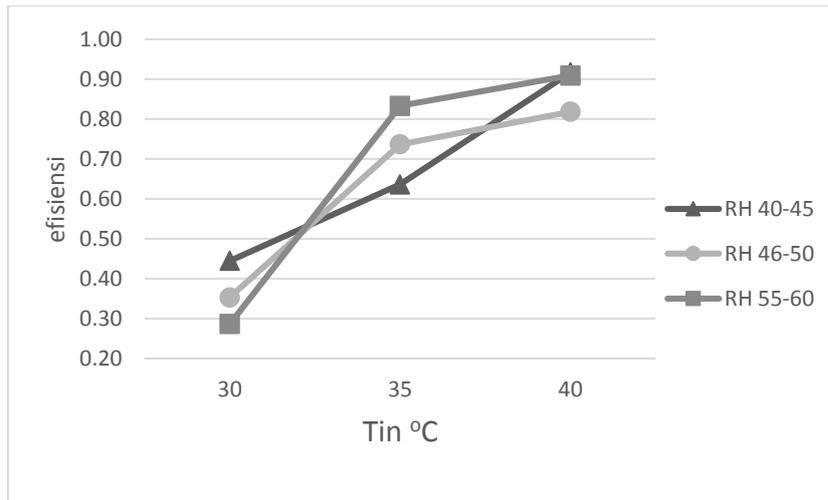


**Gambar 6.** Grafik hubungan temperatur masuk terhadap temperatur keluaran



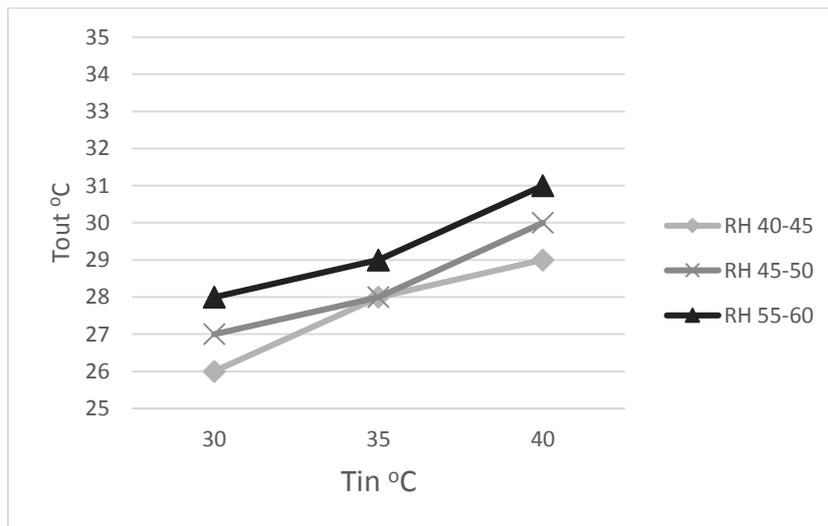
**Gambar 7.** Grafik hubungan temperatur masuk terhadap kelembaban relatif keluar

Pada Gambar 6 dan 7 dapat memperlihatkan hubungan Temperatur masuk terhadap temperatur keluar dan hubungan antara temperatur udara masuk terhadap kelembaban relatif dari udara keluaran pada proses *direct evaporative cooling*. pengujian ini menggunakan ruangan pengontrol untuk mengatur besarnya temperatur masuk serta kelembaban relatif masuk sehingga temperatur dan kelembaban relatifnya konstan dan tidak terpengaruh oleh keadaan lingkungan luar agar sesuai dengan variasi yang di inginkan. Dimana dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa besarnya temperatur masuk sangat mempengaruhi temperatur yang keluar dari DEC. Dari pengujian tersebut juga terlihat untuk temperatur masuk 30°C temperatur yang dapat dicapai yaitu sekitar 26-28°C untuk semua variasi RH, atau mengalami penurunan temperatur sekitar 2-4°C, sedangkan untuk temperatur masuk 35°C temperatur luaran yang dicapai yaitu antara 28-29°C atau mengalami penurunan suhu sekitar 6-7°C. Sedangkan pada temperatur masuk 40°C suhu luaran yang dicapai yaitu 29-32°C, atau penurunan temperatur sekitar 8-11°C, dari grafik tersebut menunjukkan pengaruh temperatur yang masuk, dimana semakin tinggi temperatur masuk maka penurunan termperatur juga akan semakin besar. Pada Gambar 7 memperlihatkan hubungan temperatur masukan terhadap kelembaban relatif yang dihasilkan, dimana peningkatan temperatur juga diikuti dengan peningkatan kelembaban relatif keluarannya pada kelembaban relatif masukan yang sama. Untuk RH in 40-45 % untuk setiap temperatur masukan mengalami penambahan RH hingga mencapai 70-74 %, sedangkan untuk RH in 46-50% untuk setiap temperatur masukan mengalami penambahan RH hingga mencapai 70-79 %, dan untuk RH in 55-60% untuk setiap temperatur masukan mengalami peningkatan RH hingga 80-83 %. dari grafik memperlihatkan pengaruh temperatur masuk terhadap kelembaban relatif tidak terlalu signifikan hanya sekitar kurang dari 10% itupun hanya terjadi pada RH 46-50% sedangkan untuk yang lainnya hanya sedikit pengaruhnya.

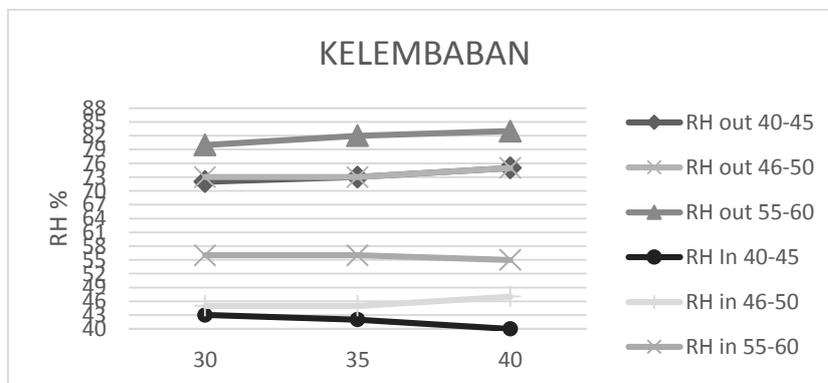


**Gambar 8.** Grafik hubungan Temperatur masuk terhadap efektifitas DEC

Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa efektifitas tertinggi terjadi pada temperatur masuk 40°C dan RH in 40-45% dimana efisiensinya mencapai 92 %. Dan efisiensi terendah terjadi pada temperatur masuk 30 dan Rhin 55-60 % yaitu sekitar 29 %. Rata-rata efisiensi tertinggi berada pada temperatur masuk 40 C yaitu antara 83-92%. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar temperatur masukan maka efisiensinya juga akan meningkat, dimana peningkatannya sangat signifikan.

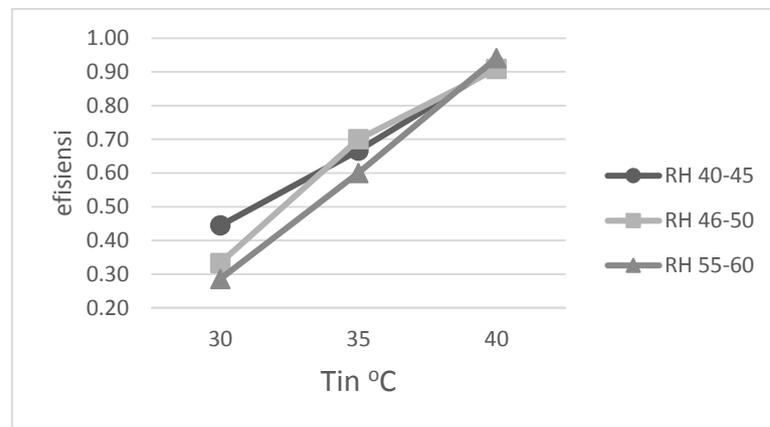


**Gambar 9.** Grafik hubungan temperatur masuk terhadap temperatur keluaran



**Gambar 10.** Grafik hubungan temperatur masuk terhadap kelembaban relatif keluar

Pada Gambar 9 dan 10 dapat memperlihatkan hubungan Temperatur masuk terhadap temperatur keluar dan hubungan antara temperatur udara masuk terhadap kelembaban relatif dari udara keluaran pada proses *direct evaporative cooling*. pengujian ini menggunakan ruangan pengontrol untuk mengatur besarnya temperatur masuk serta kelembaban relatif masuk sehingga temperatur dan kelembaban relatifnya konstan dan tidak terpengaruh oleh keadaan lingkungan luar agar sesuai dengan variasi yang di inginkan. Dimana dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa besarnya temperatur masuk sangat mempengaruhi temperatur yang keluar dari DEC. Dari pengujian tersebut juga terlihat untuk temperatur masuk 30°C temperatur yang dapat dicapai yaitu sekitar 26-28°C untuk semua variasi RH, atau mengalami penurunan temperatur sekitar 2-4°C, sedangkan untuk temperatur masuk 35°C temperatur luaran yang dicapai yaitu antara 28-29°C atau mengalami penurunan suhu sekitar 6-7°C. Sedangkan pada temperatur masuk 40°C suhu luaran yang dicapai yaitu 29-31°C, atau penurunan temperatur sekitar 9-11°C, dari grafik tersebut menunjukkan pengaruh temperatur yang masuk, dimana semakin tinggi temperatur masuk maka penurunan termpertatur juga akan semakin besar. Pada Gambar 10 memperlihatkan hubungan temperatur masukan terhadap kelembaban relatif yang dihasilkan, dimana peningkatan temperatur juga diikuti dengan peningkatan kelembaban relatif keluarannya pada kelembaban relatif masukan yang sama. Untuk RH in 40-45 % untuk setiap temperatur masukan mengalami penambahan RH hingga mencapai 72-75 %, sedangkan untuk RH in 46-50% untuk setiap temperatur masukan mengalami penambahan RH hingga mencapai 73-75 %, dan untuk RH in 55-60% untuk setiap temperatur masukan mengalami peningkatan RH hingga 80-83 %. dari grafik memperlihatkan pengaruh temperatur masuk terhadap kelembaban relatif tidak terlalu signifikan hanya sekitar kurang dari 3% untuk setiap variasi RH masukan.



**Gambar 11.** Grafik hubungan Temperatur masuk terhadap efektifitas DEC

Pada Gambar 11 menunjukkan bahwa efektifitas tertinggi terjadi pada temperatur masuk 40°C dan RH in 55-60% dimana efisiensinya mencapai 94 %. Dan efisiensi terendah terjadi pada temperatur masuk 30 dan Rhin 55-60 % yaitu sekitar 29 %. Rata- rata efisiensi tertinggi berada pada temperatur masuk 40°C yaitu antara 91-94%. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar temperatur masukan maka efisiensinya juga akan meningkat, dimana peningkatannya sangat signifikan

#### 4. Kesimpulan

Pengujian *direct evaporative cooling* dapat menurunkan temperatur sebesar 3-4°C untuk Tin 30 °C, untuk Tin 35°C dapat menurunkan temperatur sebesar 6-7°C, dan untuk Tin 40°C dapat menurunkan temperatur sebesar 8-11 C. Pengujian *direct evaporative cooling* dapat menaikkan kelembaban relatif dari 40-45 % menjadi 72-75 %, dari 46-50 % menjadi 73-75 %, dan dari 55-60 % menjadi 80-83%. Efektifitas tertinggi terjadi ketika temperatur masuk 40°C, dimana efektifitasnya bisa mencapai 94 %, sehingga penggunaan *evaporative cooler* paling optimal pada temperatur masuk 40°C. Semakin tinggi temperatur masuk maka penurunan temperatur dan efisiensinya juga semakin besar.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Stoecker, W.F., Jones, J.W., 1989, “*Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*”, edisi ke-2. Alih bahasa Ir. Supratman Hara. Jakarta : Erlangga.