

## PENGARUH DEBIT AIR SEMBURAN TERHADAP EFEKTIVITAS *DIRRECT* *EVAPORATIVE COOLING* POSISI HORIZONTAL

**Bambang Yunianto**

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059  
E-mail: b\_yunianto@undip.ac.id

### ABSTRAK

Pendinginan evaporasi kontak langsung adalah pendinginan udara dengan cara mengkontakkan langsung antara udara dan air, sehingga terjadi proses penguapan air kedalam arus udara. Proses penguapan air terjadi dikarenakan pengambilan panas dari udara, sehingga terjadilah pendinginan dan peningkatan kelembaban udara. Sistem pendingin ini banyak dioperasikan pada daerah yang bersuhu tinggi (hingga 45 °C) dan kelembaban rendah (hingga RH 35 %), seperti di Negara Timur Tengah. Di negara tersebut pengoperasian system pendingin evaporasi ini jauh lebih hemat dari pada system pendingin kompresi uap yang berbasis refrigeran CFC, yaitu mampu menghemat hingga 70 % energy yang digunakan. Karena energy yang digunakan hanya untuk menggerakkan pompa air dan Fan. Namun penggunaan di daerah yang bersuhu tinggi tetapi lembab seperti di Indonesia, system ini dapat dimanfaatkan terbatas hanya pada bulan kemarau saja, yaitu bulan yang mempunyai suhu tinggi dan kelembaban rendah. Prestasi system pendinginan ini ditandai dengan turunnya suhu udara dan peningkatan kelembaban. Prestasi maximum terjadi jika temperature udara mencapai temperature bola basah pada RH 100 %. Ada beberapa factor yang mempengaruhi prestasi system pendingin, salah satunya adalah debit semburan air kedalam arus udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh debit semburan air terhadap prestasi system pendingin evaporasi kontak langsung. Penelitian dilakukan pada saluran horizontal dengan ukuran panjang, lebar dan tinggi masing-masing 90 cm, 40 cm dan 40 cm. Semburan air dilakukan dengan menggunakan dua buah spayer lubang tunggal yang dipasang pada dinding atas saluran dan berjejer dengan jarak 10 cm. Semburan air diarahkan tegak lurus terhadap arah aliran udara yang mengalir secara horizontal. Semburan air dilakukan dengan tiga variasi debit yaitu 0,8 liter/menit, 1,2 liter/menit dan 1,45 liter/menit pada kecepatan udara tetap. Pengambilan data diambil pada jam 09.00 hingga jam 16.00, bulan oktober, bulan yang bertemperatur tinggi (30°C s.d 34°C) dan RH rendah (45 % s.d 55 %). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penurunan temperature maksimum yang dapat dicapai adalah 7°C dengan peningkatan RH 35 %. Sementara efektifitas alat tertinggi adalah 80 % pada debit 1,2 liter /menit.. Dari tiga macam debit semburan air, ternyata prestasi alat pendingin ini tidak menunjukkan perbedaan yang mencolok, yaitu sekitar 5 %.

**Kata kunci:** pendinginan evaporasi, kelembaban, debit aliran, efektifitas

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi pendingin evaporasi (*evaporative cooling*) merupakan salah satu pengkondisian udara dengan menggunakan prinsip tertua, dimana udara didinginkan oleh proses evaporasi air [1]. *Evaporative cooling* dapat disebut penjumlahan adiabatik yaitu alat pendinginan udara dengan cara mengkontakkan langsung antara udara dan air, sehingga terjadi proses penguapan air kedalam arus udara. Proses penguapan air terjadi dikarenakan pengambilan panas dari udara, sehingga terjadilah pendinginan dan peningkatan kelembaban.

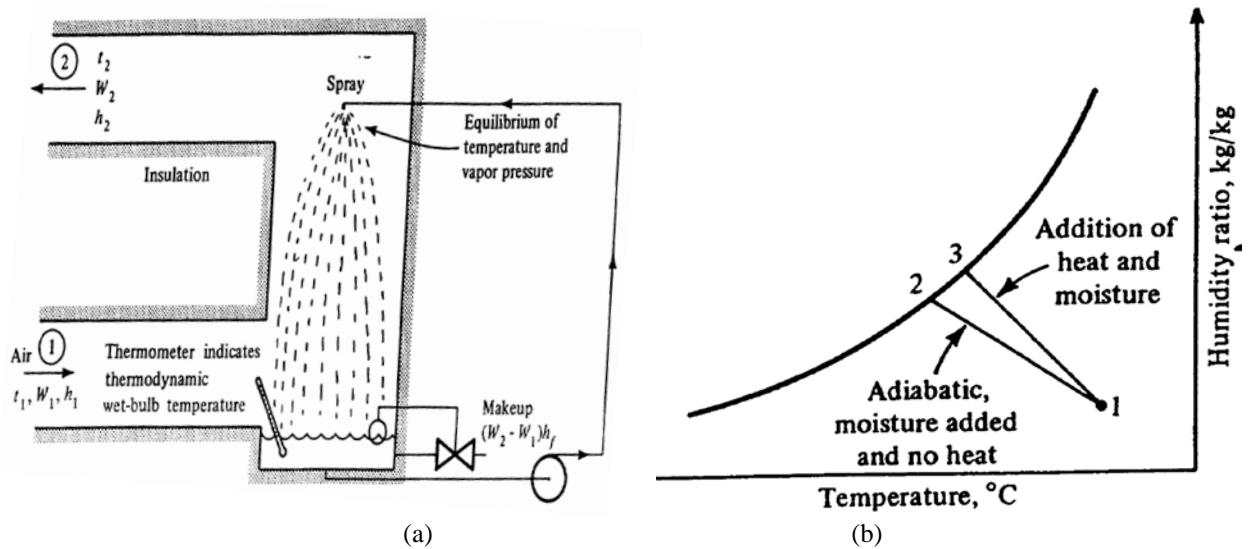
Karena proses pendinginan ini berlangsung secara adiabatik dan peningkatan kelembaban berlangsung pada temperature bola basah tetap, maka system ini disebut pula system penjumlahan adiabatik dengan cara kontak langsung. Prinsip kerja dan perubahan temperature ditunjukkan dengan Gambar 1(a-b). Disamping tipe kontak langsung, ada dua tipe lainnya yaitu tipe kontak tidak langsung (*indirect evaporative cooling*) dan tipe gabungan (*indirect-direct evaporative cooling*) yang ditunjukkan dengan Gambar 2(a-b).

Dari ketiga proses tersebut memiliki hasil keluaran yang berbeda. Semakin panjang proses pada sistem pendingin evaporasi maka energi yang digunakan akan semakin besar, sebab komponen alat yang digunakan semakin banyak. Namun temperatur, kelembaban serta kebersihan udara yang dihasilkan lebih sesuai dengan kenyamanan.

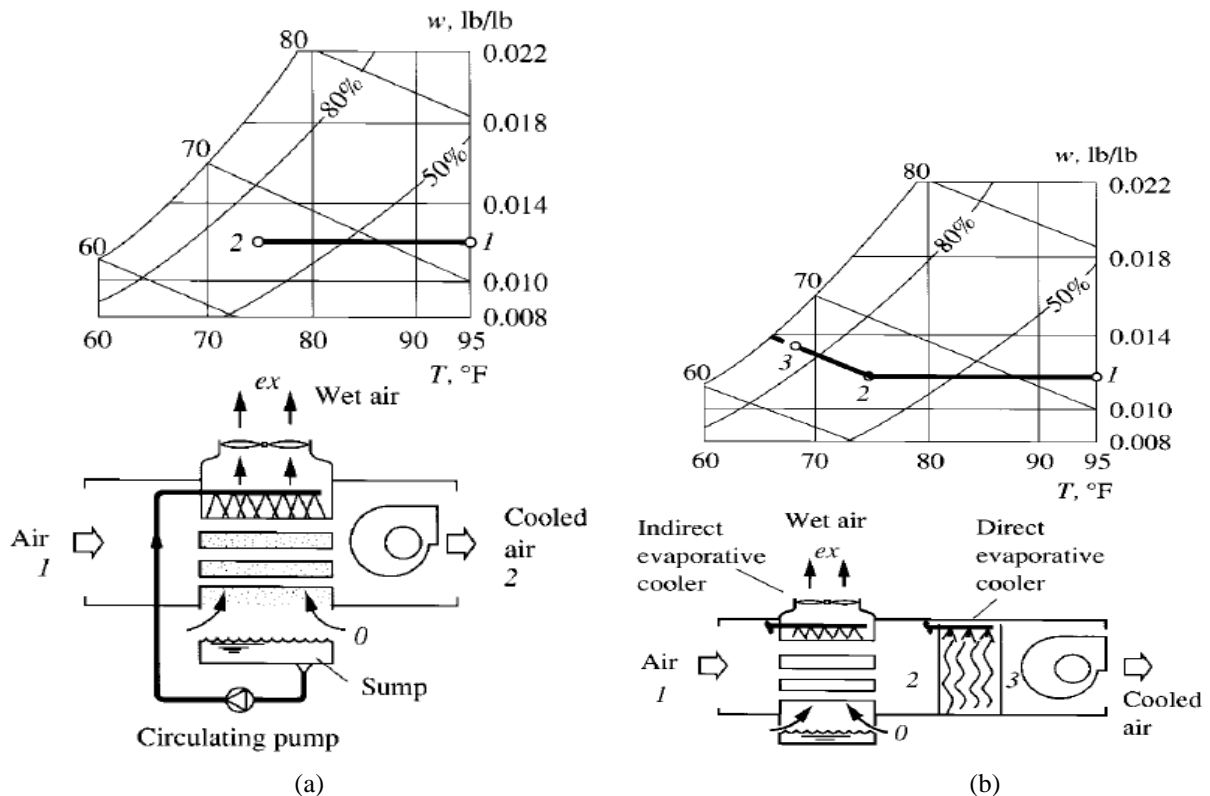
Pada penelitian ini, menggunakan tipe pendingin evaporasi kontak langsung dimana udara dialirkan dalam saluran, kemudian udara di kontakkan langsung dengan air yang disemurkan melalui nosel (*sprayer*). Dalam proses pencampuran udara dan butir-butir air, akan terjadi proses penguapan air dengan mengambil panas dari udara, sehingga terjadi penurunan temperatur dan peningkatan kelembaban udara keluar. Karena udara keluar dari pendingin evaporasi kontak langsung menghasilkan kelembaban yang tinggi, maka penerapannya banyak digunakan di daerah yang ber temperatur tinggi dan kelembaban rendah seperti di Negara Timur Tengah. Di negara tersebut pengoperasian system

pendingin evaporasi ini jauh lebih hemat dari pada system pendingin kompresi uap yang berbasis refregeran CFC, yaitu mampu menghemat hingga 70 % energy yang digunakan [4].

Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh debit semburan air terhadap prestasi pendingin evaporasi yang ditunjukkan pada penurunan temperature, peningkatan kelembaban dan efektivitas/efisiensi pendinginan.



Gambar 1. (a) Skema system pendingin evaporasi kontak langsung [2], (b) diagram phsycometri perubahan temperatur [2]



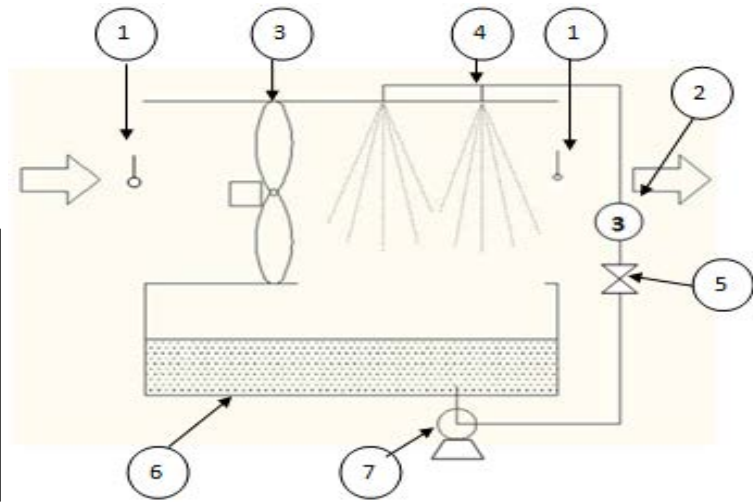
Gambar 2. (a) Pendingin evaporasi kontak, (b) Pendingin evaporasi gabungan [3] tidak langsung [3]

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Seting instalasi alat uji pendingin evaporasi kontak langsung

Instalasi alat uji terdiri dari beberapa komponen yaitu saluran (*ducting*) dengan penampang persegi panjang lebar 40x 40 dan panjang 90 cm. Pada saluran ini dipasang pompa untuk mensirkulasikan air melalui Sprayer ke dalam arus udara yang dihembus oleh Fan yang terdapat juga dalam saluran. Air diambil dari dasar saluran yang berfungsi

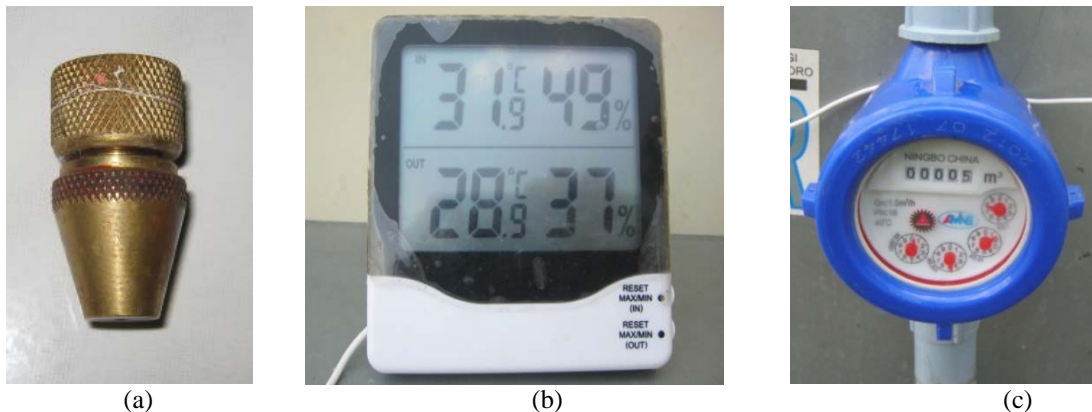
juga sekaligus sebagai tandon air yang terhubung dengan pompa . Udara dari luar masuk ke dalam saluran akan terjadi kontak dengan air yang disemurkan melalui Sprayer, sehingga terjadi proses pendinginan adiabatik. Pada bagian atas saluran dipasang dua buah Sprayer satu lubang yang mempunyai tipe dan diameter lubang yang sama. Instalasi alat uji ditunjukkan dengan skema seperti Gambar 3 di bawah ini.



- Keterangan :
1. Sensor temperatur dan kelembapan
  2. Flowmeter
  3. Fan
  4. Water sprayer
  5. Katup
  6. Air pendingin dan bak penampungan air
  7. Pompa

Gambar 3. Skema Alat Uji pendingin evaporasi kontak langsung

Untuk mengukur temperature dan kelembapan digunakan Hygrometer digital yang sekaligus dapat digunakan untuk membaca temperatur. Sedang untuk mengukur debit air semburan digunakan flow meter. Alat ukur dan peralatan lainnya di ditunjukkan dengan Gambar 4 berikut:



Gambar 4. (a) Sprayer satu lubang, (b) Digital Hygrometer dan temperatur, (C) Flow meter.

Dari data-data temperatur masuk dan keluar digunakan untuk menghitung Efisiensi/efektifitas dari alat pendingin evaporasi yang dinyatakan dengan persamaan

$$effisiensi, \epsilon_{sat} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_w}$$

dimana:

$T_1$  = temperatur udara masuk pendingin evaporasi, °C

$T_2$  = temperatur udara pendingin evaporasi , °C

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

## 2.2. Prosedur dan Langkah-langkah pengujian

Dalam pengujian akan diperoleh data-data yang terdiri temperature, kelembaban, dan debit air semburan. Pengujian dilaksanakan pada bulan Oktober pada siang hari dari jam 09.00 hingga 16.00 pada saat matahari terang tanpa mendung. Untuk mendapatkan data tersebut dilakukan langkah-langkah berikut:

- 1.) Persiapkan dan pasang semua peralatan sesuai dengan instalasi yang telah dirancang. Pada pengujian dipasang dua sprayer satu lubang yaang dipasang sejajar pada jarak 10 cm. Arah semburan air tegak lurus terhadap arah aliran udara yang mengalir horisontal pada kecepatan tetap..
- 2.) Temperature , RH udara masuk dan keluar serta debit semburan air dicatat setelah tercapai kondisi stedi. Debit aliran dimulai dari debit pada bukaan katub 100 % , yaitu pada debit maximum (=1,45 lt/mnt).
- 3.) Ulangi langkah 2) dengan merubah debit aliran dengan mengatur bukaan katub 60 % (=1,2 lt/mnt) dan 30 % (0,8 lt/mnt).
- 4.) Pengukuran selanjutnya dilakukan dengan selang waktu setiap jam dari jam 09.00 hingga jam 16.00.

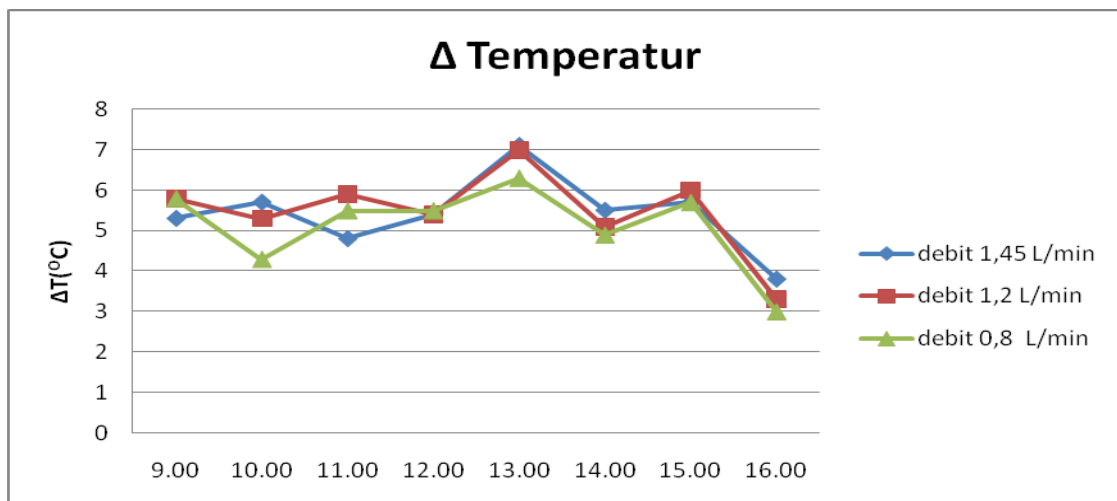
Data hasil pengujian dan perhitungan disusun dalam table dan digambarkan dalam grafik sebagai fungsi waktu pada setiap variasi debit air.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dimulai dari jam 09.00 hingga jam 16.00 selama kurun waktu 4 hari yaitu tanggal 26, 29, 31 Oktober 2013. Dari hasil pengujian selama empat hari tersebut, kami ambil salah satu data pada hari, dimana langit reaktif paling bersih dari mendung. Salah satu data pengujian untuk debit semburan 1,2 lt/mnt ditunjukkan Tabel 1. Sedang data pengujian untuk debit lainnya 0,8 dan 1,45 lt /mnt, ditampilkan dalam Gambar 5-7.

**Tabel 1.** Data pengujian dengan debit 1,2 L/menit

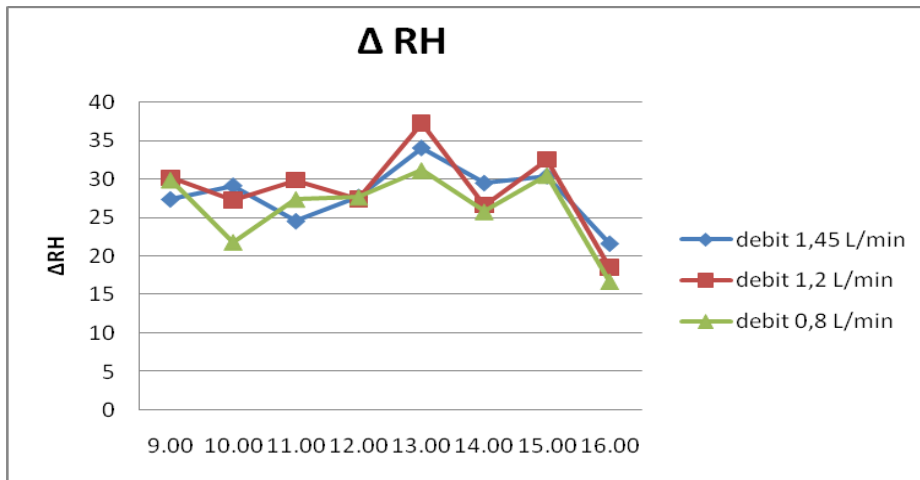
Jam	Lingkungan		Out		T <sub>wet</sub> (°C)	Efektifitas
	T (°C)	Rh (%)	T (°C)	Rh (%)		
9.00	31,6	47	25,8	77	22,73	65%
10.00	32,2	49	26,9	76	23,62	62%
11.00	32,7	47	26,8	77	23,62	65%
12.00	32,3	48	26,9	75	23,5	61%
13.00	34,1	50	27,1	87	25,39	80%
14.00	32,3	51	27,2	78	24,1	62%
15.00	32,3	51	26,3	84	24,1	73%
16.00	29,4	57	26,1	76	22,77	50%



**Gambar 5.** Hubungan penurunan temperature terhadap waktu pada variasi debit 0, 8 lt/mnt, 1,2 lt/mnt dan 1,45 lt/mnt

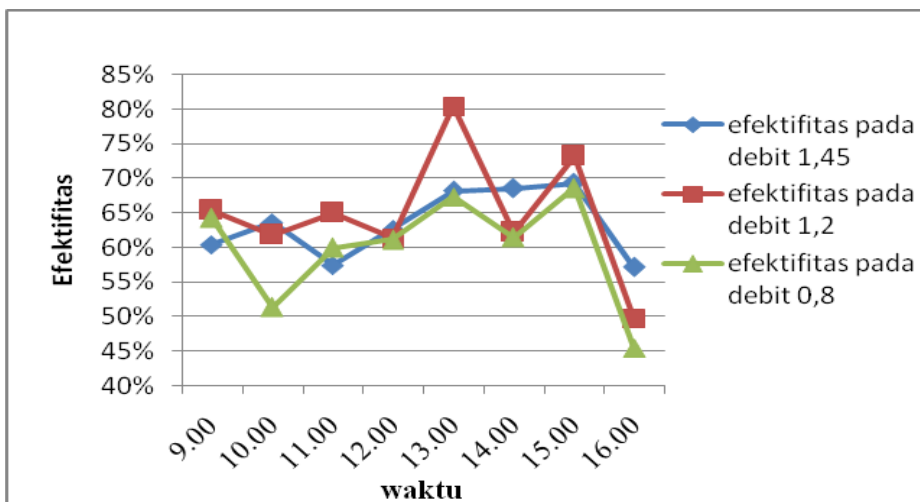
Pada Table 1 dan Gambar 5, temperatur lingkungan tertinggi terjadi pada pukul 13.00 dimana temperatur lingkungan mencapai 34,3°C dengan kelembaban relative (RH) sebesar 50%. Penurunan temperatur tertinggi terjadi pada jam 13.00 sebesar 7°C yaitu ketika semburan air 1,45 lt /mnt dan 1,2 lt/mnt. Sedangkan pada debit 0,8 lt/mnt terjadi penurunan temperature lebih rendah , yaitu 6°C. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah air semburan akan meningkatkan penurunan temperatur. Namun kondisi ini tidak berlaku untuk pngujian pada jam-jam lainnya. Terlihat bahwa untuk debit 1,45 lt/mnt dan 1,2 lt/mnt terjadi fluktuasi, bahkan secara rata-rata penurunan temperatur pada debit 1,2 lt/mnt menunjukkan prestasi lebih baik. Penurunan temperature udara keluaran mempunyai korelasi

terhadap peningkatan kelembaban. Peningkatan kelembaban (RH) tertinggi terjadi pada jam 13.00 pada debit 1, 2 lt/mnt sebesar 37 % seperti terlihat dalam gambar 6. Peningkatan kelembaban pada jam 13.00 dapat mencapai tertinggi disebabkan karena pada temperatur udara yang tinggi akan memperbesar penguapan butir-butir air semburan kedalam arus udara, sehingga kelembaban udara keluar dari alat pendingin akan meningkat. Adapun pada debit 1,45 lt/mnt secara rata-rata kelembabannya , justru lebih rendah walaupun dengan perbedaan yang kecil.



Gambar 6. Hubungan peningkatan kelembaban terhadap waktu pada variasi debit 0,8 lt/mnt, 1,2 lt/mnt dan 1,45 lt/mnt

Prestasi sistem pendingin evaporasi secara umum dinyatakan dengan parameter efektifitas alat. Dari hasil data-data sebelumnya, dapat ditunjukkan bahwa pada temperatur udara yang tinggi dan debit air semburan yang meningkat akan menghasilkan perubahan temperatur dan kelembaban yang lebih baik dari pada temperature udara yang rendah dan debit air yang kecil. Demikian juga hal ini berlaku pada efektifitas.



Gambar 7. Hubungan efektifitas terhadap waktu pada variasi debit 0, 8 lt/mnt, 1,2 lt/mnt dan 1,45 lt/mnt

Dari Gambar 7 terlihat bahwa pada temperatur 34,1°C (jam 13.00), efektifitas alat tertinggi adalah 80 % yaitu pada debit 1, 2 lt/mnt, yang berturut-turut diikuti efektifitas yang lebih rendah pada debit 1,45 lt/mnt (RH = 70 %) dan debit 0,8 lt/mnt (RH = 65%). Namun dari data ini terlihat adanya ketidak sesuaian prestasi alat terhadap debit air semburan. Hal ini , dimungkinkan karena pada debit 1, 45 lt/mnt terjadi butir-butir air semburan yang lebih besar dari pada butir-butir air pada debit 1,2 lt/mnt, sehingga proses penguapan butir air kedalam arus udara justru kurang maksimal. Dengan alasan inilah, mengapa efektifitas alat pada debit 1,45 lt/mnt lebih rendah dari pada ketika alat bekerja pada debit 1,3 lt/mnt

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data hasil pengujian dan bahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa prestasi alat pendingin evaporasi mampu menurunkan temperature maksimum dari 34,1 C hingga 27,1 C dan meningkatkan kelembaban relative (RH) dari 47 % hingga 87 %. Efektifitas alat akan meningkat dengan meningkatnya debit air dari 0, 8 lt/mnt hingga 1,2 lt /mnt. Pada debit 1,45 lt/mnt efektifitas alat justru sedikit lebih rendah dari pada efektifitas alat pada debit 1,2 lt/mnt. Hal

ini, dimungkinkan karena pada debit 1, 45 lt/mnt terjadi butir-butir air semburan yang lebih, sehingga proses penguapan butir air kedalam arus udara justru kurang maksimal. Efektifitas alat masih dapat ditingkatkan hingga mendekati 100 %, yaitu dengan menaikkan debit dan tekanan air semburan, sehingga dapat terjadi kontak udara dengan butiran air yang lebih kecil dan jumlah yang lebih banyak.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daud Simon Anakottapary dan Putu Wijaya Sunu, 2011, “ Pengaruh Debit Aliran Air Dan Kecepatan Udara *Fan* Terhadap Temperature Dan Kelambaban Udara Keluaran *Air Cooler*”, Jurnal Logic Vol. 11 No. 1 Maret 2011
- [2] Stoecker, W.F., Jones, J.W., 1989, “Refrigerasi dan Pengkondisian Udara”, edisi ke-2. Alih bahasa Ir. Supratman Hara. Jakarta : Erlangga
- [3] Wang, S.K., 2000, “*Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*”, 2nd edition, McGraw-Hill Companies, Inc
- [4] G.Heidarinejad, M.Bozorgmehr,2013,” *Experimental invertigation of two stages Indirect /direct evaporative cooling sytem in various climatic condition*”, Building & Invironment- Elsevier