

Pengaruh Jenis Sprayer Terhadap Efektivitas Pendinginan Evaporasi Kontak Langsung

***Bambang Yunianto^a, Nugroho Epri Isnandi^b**

^aDosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^bMahasiswa Program Studi S-1, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: b_yunianto@undip.ac.id

Abstrak

Di Indonesia pada musim kemarau, temperatur udara pada beberapa kota dapat mencapai 30°C – 37°C dan RH 40% - 60%. Pada kondisi ini kebutuhan AC sangat diperlukan untuk mendapatkan kenyamanan. Namun unit AC yang beredar kebanyakan masih menggunakan refrigeran berbasis CFC yang merusak Ozon dan konsumsi listrik relative tinggi. Pendingin dengan cara penguapan (*evaporative cooling* = EC) merupakan system pendingin alternative yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kenyamanan ruang pada musim kemarau. Sistem ini hemat energy dan ramah lingkungan, walaupun kenyamanan yang dapat dicapai tidak dapat menyamai kenyamanan seperti ketika menggunakan unit AC, karena system pendingin EC menghasilkan kelembaban udara yang tinggi. Pendinginan evaporasi kontak langsung (DEC) 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 Indonesia system pendingin DEC cukup baik untuk diterapkan pada musim kemarau. Penelitian dilakukan untuk mengetahui prestasi pendingin EC kontak langsung dengan udara yang mengalir dalam saluran horizontal. Ukuran saluran adalah panjang 90 cm dan penampang 40 x 40 cm. Semburan air diarahkan tegak lurus dari aliran udara dengan variasi jenis *sprayer* (*sprayer* 1, 5 dan 7 lubang) dengan debit semburan air dan debit aliran udara dibuat konstan. Pengujian dilakukan dari jam 09.00 hingga jam 16.00 pada hari-hari panas di musim kemarau. Hasil penelitian menunjukkan, terjadi penurunan temperature maksimum 8°C (dari 34 - 26) dengan efektivitas 81 % . Perubahan jenis *sprayer* tidak berpengaruh secara nyata terhadap efektivitas yaitu 76 % (*sprayer* 5 lubang) dan 81 % (*sprayer* 1 dan 7 lubang).

Kata kunci: *efektifitas, kelembaban, pendinginan, sprayer*

1. Pendahuluan

Pengkondisian udara dalam prakteknya mempunyai beberapa fungsi, antara lain pengontrolan temperatur, pengontrolan kelembaban dan kualitas udara sehingga sesuai dengan kebutuhan pengguna.. Adapun definisi pengkondisian udara nyaman (*comfort air conditioning*) adalah proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur temperatur, kelembaban, kecepatan, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni di dalamnya [1]. Sistem yang banyak digunakan dalam pengkondisian udara ruang hingga kini masih didominasi sistem pendinginan kompresi uap yang berbasis refrigeran. Sistem ini kompak dan mempunyai kemudahan dalam operasinya. Namun sistem ini kebanyakan masih menggunakan refrigeran berbasis CFC, dimana menurut regulasi pemerintah harus berangsur-angsur ditinggalkan karena zat ini bersifat merusak OZON.

Sistem pendingin penguapan (*evaporative cooling* =EC) merupakan sistem pendingin tanpa menggunakan refrigeran yang relatif sederhana. Konstruksi dasarnya terdiri dari fan dan semburan air. Udara dingin diperoleh setelah melalui proses penyemprotan air atau melalui kontak didalam *cooling pad* . Fan mendorong udara luar masuk kedalam ruangan melalui lubang ventilasi dan mendorong udara panas dalam ruang keluar dari dalam bangunan. Karena adanya penyemprotan air, maka kelembaban udara menjadi meningkat, yang besarnya tergantung dari kesempurnaan terjadinya kontak antara air dan udara. Secara teoritis akan dapat dicapai kelembaban relatif 100 % dan terjadi penurunan temperatur udara terendah. Sistem pendingin ini banyak dioperasikan pada daerah yang bersuhu tinggi (hingga 45 °C) dan kelembaban rendah (hingga RH 35 %), seperti di Negara Timur Tengah. Penggunaan sistem pendingin EC ini yang telah diterapkan di 500.000 bangunan di wilayah Mediterranean (Timur tengah) mampu mengurangi biaya setara dengan 1084 GWh/tahun dan mengurangi emisi 637.800 Ton CO₂ [2].

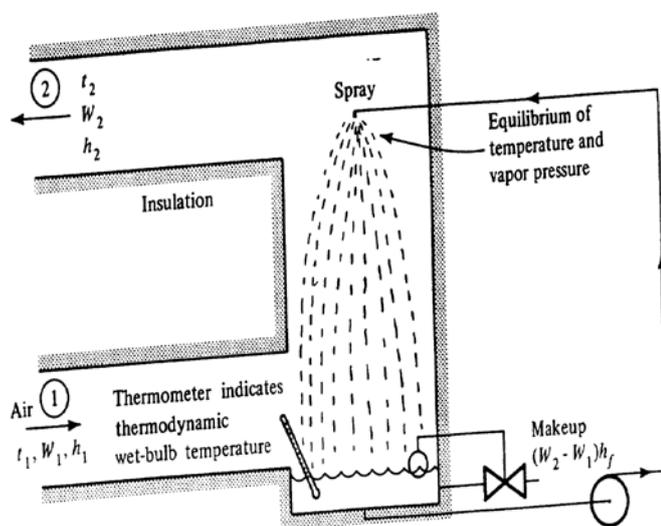
Kinerja sistem pendingin penguapan tergantung dari temperatur basah (*wet bulb*) udara luar. Makin rendah temperatur basah udara luar (RH rendah), maka efektivitas pendinginan makin meningkat. Prestasi alat menurut rujukan "*Cooling examples extracted from the June 25, 2000 University of Idaho publication, "Homewise"* [3], bisa bervariasi tergantung temperatur dan RH lingkungan, antara lain:

- a. Pada temperatur lingkungan 32°C dan RH 15 % bisa dicapai temperatur 16°C dan titik embun 2°C
- b. Pada temperatur 32 C dan RH 50 % bisa dicapai temperatur 24°C dan titik embun 20°C
- c. Pada temperatur 40 C dan RH 15 % bisa dicapai temperatur 21°C dan titik embun 8°C

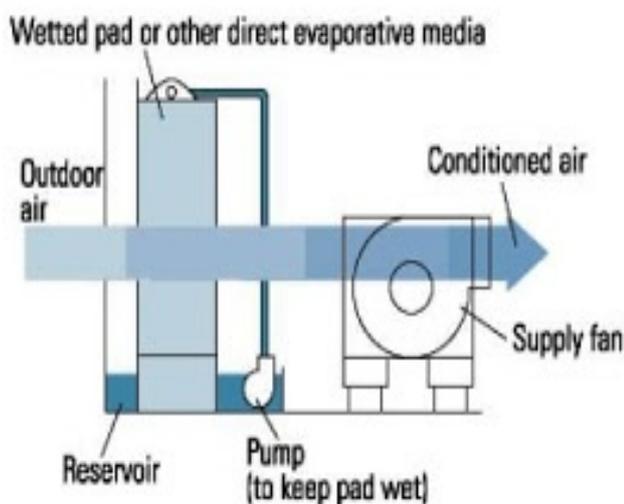
Sistem pendinginan penguapan (*evaporative cooling* =EC) ada tiga jenis proses yaitu:

- (1) *direct evaporative cooling* (DEC),
- (2) *indirect evaporative cooling* (IDEC) dan
- (3) *Indirect-Direct Evaporative Cooling* (IDDEC).

Diantara ketiga system tersebut, yang paling banyak ditemui dipasaran adalah jenis *direct evaporating cooling* (DEC), karena sederhana dan paling kompak. *Direct evaporative cooling* (DEC) merupakan proses pendinginan dengan memberikan semburan/butiran air langsung ke uap air yang sudah ada di udara sehingga terjadi pendinginan dan peningkatan kelembaban udara . Prinsip kerja DEC dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2, dimana udara luar (*outdoor air*) dialirkan secara paksa menggunakan *fan melewati semburan air* (Gambar 1) atau melalui *cooling pad* (Gambar 2) yang dijaga tetap lembab/basah dengan mengalirkan air dari bagian atas *cooling pad*.. Perubahan kondisi udara dalam alat ini ditunjukkan dengan diagram psikrometrik garis 1-2 (Gambar 3).



Gambar 1. DEC dengan semburan air [1]



Gambar 2. DEC melalui *cooling pad* [4]

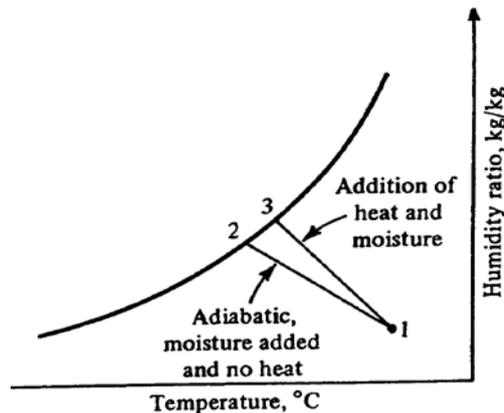
Performa pada *direct evaporative cooling* bergantung pada relatif humidity, efektifitas pendinginan dan kapasitas pendinginan. Efektifitas dari *evaporative cooling* yang disebut juga efisiensi saturasi dapat didefinisikan

sebagai penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan dibagi dengan selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang masuk sistem. Efektifitas dinyatakan dengan persamaan:

$$effisiensi (\%) = \frac{(T_{in}-T_{out})}{(T_{in}-T_{in,wbt})} \tag{1}$$

- T_{in} = Temperatur udara masuk (°C)
- T_{out} = Temperatur udara keluaran (°C)
- T_{in,wbt} = Temperatur bola basah masuk (°C)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui prestasi alat *direct evaporative cooler*. Adapun prestasi dari alat ini adalah temperature , RH akhir dan efektifitas alat.

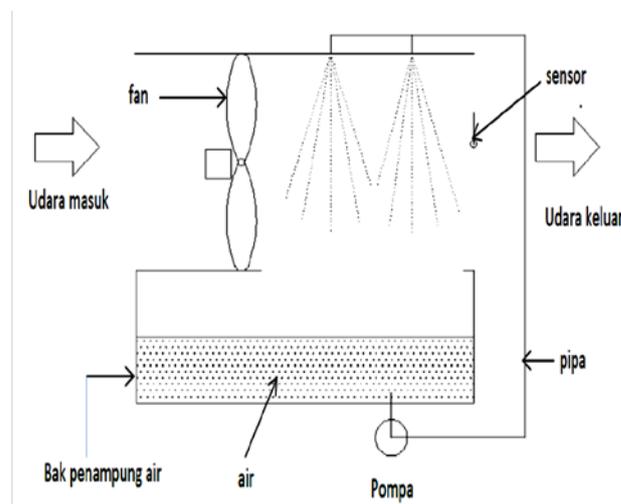


Gambar 3. Proses humidifikasi udara [5]

2. Metode penelitian

2.1. Seting instalasi alat uji *direct evaporative cooler* (DEC)

Instalasi alat uji DEC ditunjukkan dengan skema seperti Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Instalasi alat uji *Direct Evaporative Cooler* (DEC)

Instalasi alat uji terdiri dari beberapa komponen yaitu saluran (ducting) dengan penampang persegi panjang lebar 40x 50 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 yang masing .masing terdiri dari tiga jenis lubang *sprayer* yaitu *sprayer* dengan satu lubang, lima lubang dan tujuh lubang. Tiga jenis *sprayer* tersebut ditunjukkan dengan Gambar 5.



Gambar 5. Water sprayer satu lubang, lima lubang dan tujuh lubang.

Untuk mengukur temperature dan kelembaban digunakan Hygrometer digital yang sekaligus dapat digunakan untuk membaca temperatur. Sedang untuk mengukur debit air semburan digunakan flow meter. Alat ukur Hygrometer digital dan flow meter di ditunjukkan dengan Gambar 6.



a)

b)

Gambar 6. a). Digital Hygrometer dan temperatur, b). Flow meter.

2.2. Prosedur dan Langkah-langkah pengujian

Dalam pengujian akan diperoleh data-data yang terdiri temperature, kelembaban, dan debit air semburan. Pengujian dilakukan 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 awal pengujian dipasang jenis sprayer satu lubang
- 2) Nyalakan saklar fan dan pompa untuk mengalirkan udara dan air semburan dalam saluran.
- 3) Pasang alat ukur hygrometer untuk mencatat kelembaban (RH) dan temperatur udara.
- 4) Catat temperature dan RH setelah tercapai kondisi stedi
- 5) Ulangi langkah 1) hingga 4) dengan mengganti jenis sprayer lima lubang.
- 6) Setelah langkah 5) selesai diulangi lagi langkah 1) hingga 4) dengan mengganti sprayer 7 lubang
- 7) Selesai

2.3. Analisa data

Karena pengujian ini dilaksanakan tanpa mengontrol temperature udara masuk, maka temperature masuk kedalam alat mengikuti perubahan waktu selama pengujian, Demikian juga RH udara masuk akan berubah sesuai perubahan waktu pengujian yaitu dari pagi (09.00) hingga sore (16.00), pada bulan-bulan di musim kemarau.

Data disusun dalam table dan digambarkan dalam grafik sebagai fungsi waktu pada setiap jenis sprayer yang digunakan. Adapun penghitungan efektifitas DEC digunakan persamaan 1) yaitu:

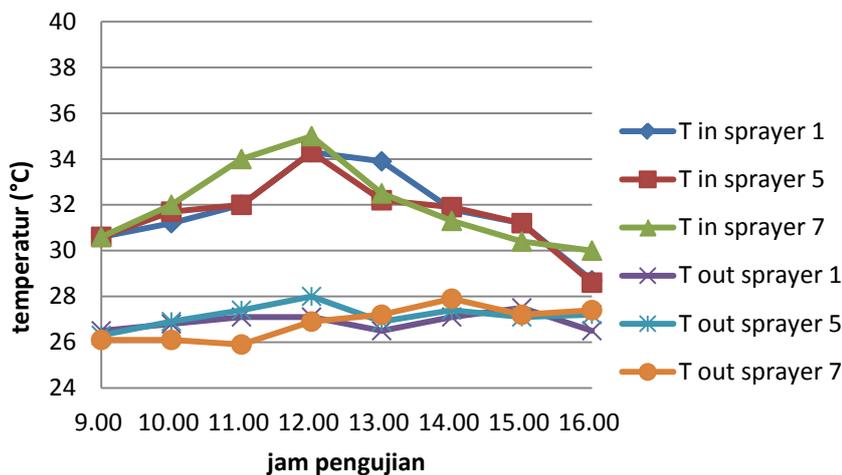
$$effisiensi (\%) = \frac{(T_{in} - T_{out})}{(T_{in} - T_{in,wbt})} \quad (2)$$

3. Hasil dan bahasan

Eksperimen dilakukan mulai dari jam 09.00 sampai dengan jam 16.00 pada hari-hari terpanas pada bulan kemarau. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui efektifitas dari *direct evaporative cooler*. Data yang diperoleh dari eksperimen yaitu temperatur dan kelembaban relatif udara masuk (temperatur lingkungan) *direct evaporative cooler* serta temperatur udara dan kelembaban keluaran dari *direct evaporative cooler*. Untuk mendapatkan sampel data, pengambilan data dilakukan setiap satu jam sekali. Hasil pengujian ditunjukkan dengan grafik –grafik berikut:

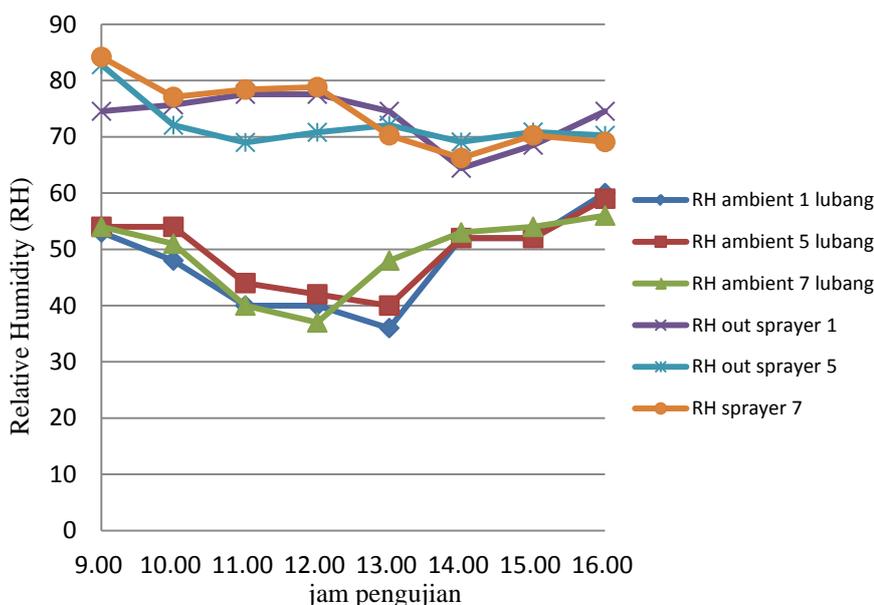
3.1. Analisa grafik, hubungan temperatur dan RH terhadap waktu

Berikut adalah grafik temperatur lingkungan dan temperatur udara keluaran, kelembaban udara masuk dan keluar serta efektifitas dari *direct evaporative cooler* terhadap waktu pada bulan-bulan terpanas pada musim kemarau.



Gambar 7. Grafik temperatur udara masuk dan keluar.

Pada Gambar 7 dan 8 memperlihatkan hubungan antara temperatur udara lingkungan dan udara keluaran serta kelembaban udara masuk dan keluar pada *direct evaporative cooling* terhadap waktu. Pada pengujian ini temperatur dan kelembaban relatif udara lingkungan tidak dikondisikan, sehingga temperatur udara dan kelembaban udara lingkungan berfluktuasi berdasarkan waktu pengujian.



Gambar 8. Grafik kelembaban udara masuk dan keluar

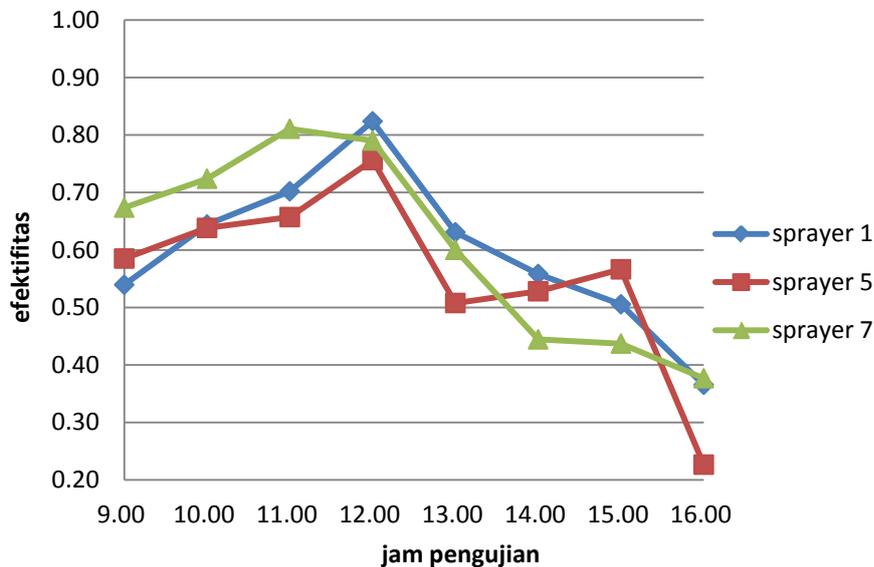
Dari hasil pengujian temperatur lingkungan tertinggi terjadi pada pukul 12.00 dimana temperatur lingkungan mencapai 34,3°C serta kelembaban terendah pada pukul 13.00 menunjukkan nilai sebesar 36%. Pada Gambar 7 dan 8

menunjukkan bahwa temperatur lingkungan (*ambient*) semakin meningkat dari awal pengujian hingga mencapai puncak pada pukul 12.00 yang disertai dengan penurunan kelembaban lingkungan (*ambient*) dan kemudian menurun lagi temperatur hingga pukul 16.00 yang disertai pula dengan kenaikan kelembaban. Begitu juga dengan temperatur udara keluaran dari *direct evaporative cooler*, temperatur meningkat dari pukul 09.00 hingga pukul 12.00 yang disertai pula dengan kenaikan kelembaban kemudian turun lagi hingga pukul 16.00 yang disertai juga dengan penurunan kelembaban.

Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari temperatur udara keluaran bergantung pada temperatur udara lingkungan, dengan meningkatnya temperatur udara lingkungan meningkat pula temperature udara keluaran. Selisih temperatur antara udara keluaran dengan udara lingkungan yaitu berkisar antara 3 – 10 °C. Pada grafik kelembaban relatif terhadap waktu seperti pada Gambar 8 terlihat bahwa kelembaban relatif udara keluaran *evaporative cooler* fluktuatif. Untuk kelembaban relatif udara lingkungan berkisar antara 35 – 60 %. Temperatur dan kelembaban relatif udara keluaran yang dihasilkan *direct evaporative cooler* mempunyai rentang nilai sebesar 25,9 – 28 °C dan 64,5 – 84,2 %.

3.2. Analisa grafik, hubungan Efektifitas terhadap waktu

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa efektifitas atau efisiensi tertinggi adalah pada pukul 12.00 pada variasi sprayer 1 lubang dan efisiensi terendah ada pada sprayer 7 lubang pada pukul 16.00. Rata-rata efisiensi tertinggi di capai pada sprayer 1 lubang karena pada sprayer 1 lubang butiran air yang keluar dari *water sprayer* lebih halus dan kontak langsung antara butiran air dengan temperatur udara yang akan dikondisikan lebih luas karena bentuk semburan yang keluar dari *water sprayer* lubang satu berbentuk kerucut.



Gambar 9. Grafik efektifitas *direct evaporative cooler*

3.3. Perbandingan temperature dan RH udara keluaran dengan standar SNI dan ASHRAE.

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

Parameter	SNI		ASHRAE	Udara keluaran dari DEC
	Nyaman	Hangat		
T (°C)	22,8 - 25,8	25,8 – 27,1	23 – 26	25,9 – 28
RH (%)	40 – 60	40 – 60	50 – 70	64 – 84

Tabel 1 menunjukkan perbandingan temperature dan kelembaban relative udara keluaran *direct evaporative cooler* dengan standar SNI dan ASHRAE. Untuk standar SNI kenyamanan sendiri dibagi menjadi tiga yaitu sejuk, nyaman dan hangat. Alat ini belum mampu untuk mencapai kondisi sejuk., tetapi temperature udara keluaran alat ini dapat mendekati standar SNI untuk kondisi hangat. sehingga untuk dapat mencapai standar kenyamanan SNI perlu adanya alat tambahan pada *direct evaporative cooler* yaitu *desiccant cooling system* yang berfungsi untuk menurunkan kelembaban tanpa menaikkan temperaturnya.

4. Kesimpulan dan saran

Dari hasil pengujian alat *direct evaporative cooler* dapat disimpulkan bahwa (1) *Direct Evaporative Cooler* mampu menurunkan udara luar hingga 8°C (dari 34 hingga 26°C), (2) Alat *direct evaporative cooler* memiliki kelembaban dan efektifitas tertinggi sebesar 84% dan 81%, (3) prestasi tertinggi pada perubahan jenis sprayer terjadi

pada jenis sprayer lubang tunggal, diikuti lubang 5 dan lubang 7, (4) perbedaan prestasi karena perubahan jenis spayer relative kecil, kurang dari 5 %. Prestasi alat masih belum maksimal, yaitu efektifitas baru mencapai tertinggi 81%, sehingga penelitian ini masih perlu perbaikan diantaranya (1) Perlu diadakan penelitian lanjutan guna melihat lebih jauh pengaruh variasi jenis *water sprayer* baik dari diameter lubang maupun jumlah lubang, (2) pemasangan/penempatan *water sprayer* perlu dioptimalkan lagi agar kontak antara butiran yang keluar dari *water sprayer* lebih merata.

Daftar pustaka

- [1] Stoecker, W.F and Jones, J.W. 1989. "*Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*", edisi ke-2. Alih bahasa Ir. Supratman Hara. Jakarta : Erlangga
- [2] Samar Jaber, Salman Ajib, 2011, "Evaporative cooling as an efficient system in Mediteranean region", *Applied thermal engineering*, Elsevier
- [3] Homewise, 2000, "*Cooling examples extracted from the June 25, University of Idaho publication*."
- [4] Wang, Sahn K., 2000, "*Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*", 2nd edition, McGraw-Hill Companies, Inc.
- [5] Wiranto.A, 1994 "Tata udara ruang", edisike- 4, Pradnya, Jakarta