

Pemanfaatan *Evaporative Cooling* untuk Meningkatkan Kenyamanan Ruang

Bambang Yuniarto

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

E-mail: b_yuniarto@undip.ac.id

Abstrak

Sistem pendingin *Air Cooler* atau *evaporative cooling* (EC) mempunyai keunggulan hemat energy dan kontruksi sederhana. Namun kelemahannya adalah terjadi peningkatan kelembaban udara, sehingga hanya cocok digunakan pada daerah yang kelembaban rendah dan temperatur tinggi. Untuk wilayah Indonesia yang terdiri dua musin, hujan dan kemarau, penggunaan unit pendingin ini hanya cocok pada bulan kemarau, karena temperatur tinggi (hingga 34 C) dan kelembaban cukup rendah (RH 50 %). Mengingat kelemahan *Air Cooler* yaitu menghasilkan kelembaban tinggi, maka dalam pengoperasiannya tidak dianjurkan dalam ruang tertutup, karena berangsur-angsur akan meningkatkan kelembaban, sehingga perlu diberikan sirkulasi udara baru. Pada pengujian ini digunakan *Air Cooler* jenis semburan langsung yang dipasang pada ruang ukuran 3 x 3 x 3 m, sedang sirkulasi udara baru diberikan dengan melakukan bukaan jendela ruang, yaitu dengan membuka jendela setinggi 0 cm, 5 cm, dan 15 cm. Masing-masing data selama pengujian, yaitu temperatur dan kelembaban udara ruang, diambil selama 2 jam. Dari hasil pengujian diperoleh pada bukaan terkecil (jendela tertutup) terjadi penurunan temperature hingga 5 C (dari 31 C hingga 26 C) namun terjadi peningkatan kelembaban yang tinggi hingga RH 89 %. Sedang pada bukaan jendela 5 cm terjadi penurunan 4 C (dari 32 C hingga 28 C) dengan RH 75 % dan bukaan 15 cm terjadi sedikit penurunan temperatur 3,7 C (dari 32 hingga 28,3 C) dengan RH 72 %.

Kata kunci: *Evaporative cooling*, temperatur, kelembaban, konsumsi energi

1. Pendahuluan

Penyegaran udara (AC) adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu [1]. *Air cooler* merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan prinsip *evaporative cooling* (EC), yang merupakan proses pendinginan udara dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perpindahan panas dan perpindahan massa antara keduanya. Salah satu sistem pendingin evaporative (EC) adalah jenis kontak langsung (*direct evaporative cooling*= DEC), dimana kontak antara udara dan air terjadi melalui semburan air kedalam arus udara atau melewati medium basah (cooling pad).

Sistem pendingin DEC mampu menurunkan suhu dari 7°C hingga 9,5°C, tergantung dari jenis aliran udara terhadap aliran semburan air. Arah aliran dari dua jenis fluida ini bisa aliran searah ataupun lawan arah. Aliran lawan arah mampu menurunkan tempertur hingga 9,5°C sedangkan aliran searah hanya mampu menurunkan temperature hingga 7 °C [2]. Sistem pendingin ini banyak digunakan pada daerah yang bertemperatur tinggi dengan kelembaban rendah. Penggunaan system pendingin DEC di daerah bertemperatur tinggi dan kelembaban rendah dapat mereduksi 25 % hingga 60 % dari penggunaan energy tipe *refrigerant air conditioner* [3]. Karena energi yang digunakan sistem pendingin ini hanya untuk menggerakkan pompa air dan fan.

Penggunaan sistem pendingin DEC yang telah diterapkan di 500.000 bangunan di wilayah Mediterranean mampu mengurangi biaya setara dengan 1084 GWh/tahun dan mengurangi emisi 637.800 Ton CO₂ [4]. Untuk Indonesia, pemanfaatan sistem pendingin ini hanya terbatas pada musim kemarau saja, yaitu bulan yang memiliki suhu tinggi (31 - 34 °C) dan kelembaban rendah (RH 50 %). Walaupun sistem pendingin ini mampu menurunkan suhu, tetapi juga meningkatkan kelembaban. Jika udara ruang terlalu lembab diatas standard kenyamanan akan berakibat gangguan kesehatan maupun kerusakan bangunan.

Penggunaan sistem DEC perlu diperhatikan sirkulasi udara dalam ruang, Perlu dihindari ruangan yang tertutup, karena akan meningkatkan kelembaban ruang, hal ini berbeda dengan sistem pendingin refrigerant, yang mampu menurunkan kelembaban ruang disamping mengatur suhu ruang. Penggunaan sistem pendingin DEC, pengaturan sirkulasi udara untuk pengontrolan kelembaban ruang bisa dilakukan dengan melakukan bukaan jendela.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bukaan jendela terhadap kenyamanan ruang. Dengan bukaan jendela maka udara luar bisa masuk ke dalam ruang yang didinginkan dan merubah kelembaban dan suhu ruang, Sehingga perlu dicari pada bukaan berapa didapat kenyamanan yang terbaik. Batasan terbaik disini adalah kondisi ruang yang memenuhi atau paling dekat dengan standart kenyamanan ruang yang ditetapkan oleh Standard Nasional Indonesia [5] yaitu 22 °C s.d 27 °C dan RH 40 % s.d 70 %.

Disamping pengujian terhadap prestasi DEC dalam ruang, juga diuji pendingin AC split dan gabungan AC split dan DEC pada seting suhu ruang 26°C. Hasil pengujian saling dibandingkan terhadap konsumsi energy yang dibutuhkan.

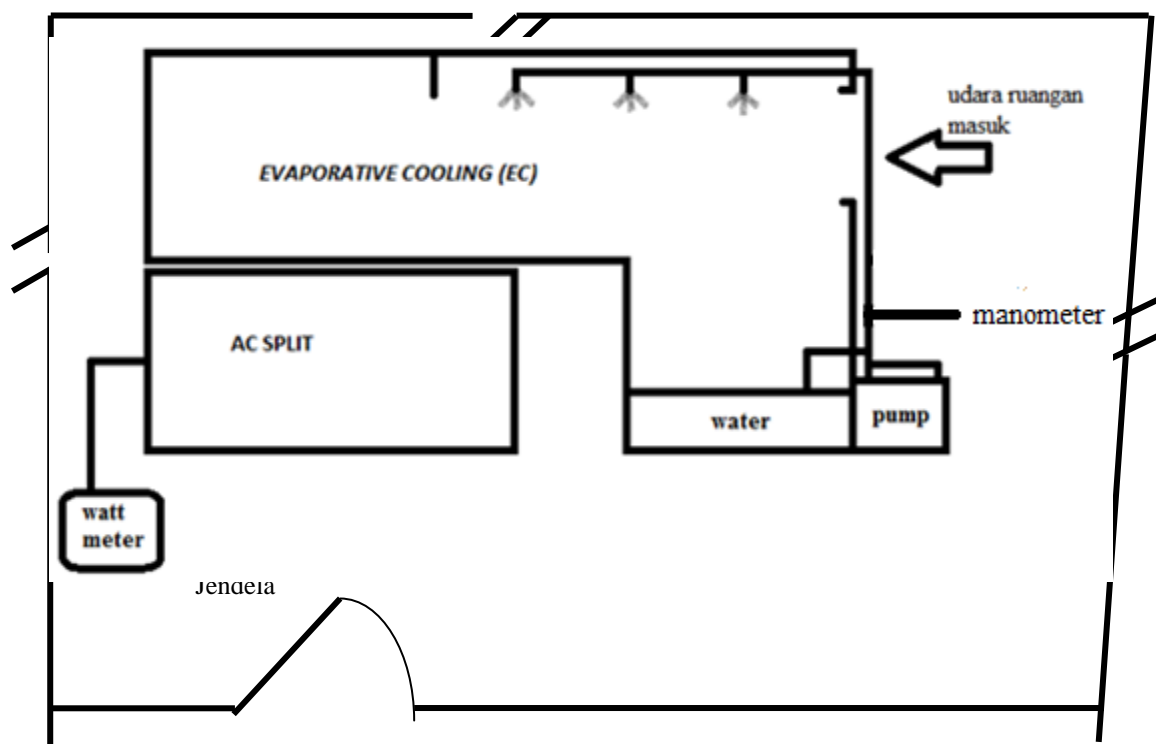
2. Metode penelitian

2.1 Seting alat uji *direct evaporating cooling* (DEC).

Gambar 1 menunjukkan Instalasi alat uji yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu Air Cooler (*direct evaporative cooling*= DEC) dan indoor unit dari AC split ½ PK. *Evaporative cooling* (=DEC) dibuat dari beberapa komponen yaitu saluran (*ducting*) dengan penampang persegi panjang lebar 20x 40 dan panjang 90 cm.

Pada saluran ini dipasang pompa untuk mensirkulasikan air melalui *Sprayer* ke dalam arus udara yang dihisap oleh Fan yang terdapat pada unit *Indoor* AC split. Unit indoor AC split disini hanya difungsikan sebagai penghisap udara yang telah didinginkan oleh DEC, sementara unit outdoor tidak difungsikan (posisi mati).

Air diambil dari dasar saluran yang berfungsi juga sekaligus sebagai tandon air yang terhubung dengan pompa. Udara dari luar (udara ruang) masuk ke dalam saluran DEC, sehingga terjadi kontak dengan air yang disemurkan melalui 3 *Sprayer*, sehingga terjadi proses pendinginan. *Sprayer* ini adalah tipe satu lubang yang mempunyai diameter lubang yang sama ($d= 0,2$ mm), yang dipasang pada bagian atas saluran. Semburan air dilakukan dengan debit konstan, sebesar 0.26 ml/sec. Pompa yang digunakan adalah pompa tekanan tinggi 125 Psia dan debit rendah 1,25 lt/menit.



Gambar 1. Instalasi alat uji

Untuk mengukur temperature dan kelembaban digunakan 4 sensor yang dipasang didalam saluran DEC, di udara keluar AC split, udara ruang dan di udara luar. Sedang untuk mengukur debit dan tekanan air semburan serta pengukur daya listrik digunakan gelas ukur dan manometer serta wattmeter. Instalasi alat uji dipasang dalam ruang dengan ukuran 3 x 3 x 3 m dengan jendela ukuran 0,7 x 1,0 m.

2.2 Prosedur dan Langkah-langkah pengujian

Pengujian dilaksanakan dengan menggunakan tiga sistem pendingin ruangan, yaitu *Air cooler* (DEC), AC split dan gabungan antara AC split dan DEC. Data diambil pada siang hari selama dua jam pada saat matahari terang tanpa mendung. Debit air semburan diatur tetap melewati tiga buah *sprayer*. Jendela ruang diatur dengan bukaan 0 cm (tertutup), 5 cm dan 15 cm. Data yang dicari adalah suhu, kelembaban dan konsumsi energy. Untuk mendapatkan data tersebut dilakukan langkah-langkah berikut:

- 1) Persiapkan dan pasang semua peralatan sesuai dengan instalasi yang telah dirancang. Pada pengujian dipasang tiga *sprayer* satu lubang yang dipasang sejajar pada jarak 10 cm. Arah semburan air tegak lurus terhadap arah aliran udara yang mengalir horisontal pada kecepatan tetap.
- 2) Jendela ruang di tutup (bukkaan 0 cm), kemudian temperature, RH udara masuk dan keluar dicatat selama dua jam pengujian berlangsung. Pencatatan dilakukan dengan akuisisi data dengan membaca 4 sensor.

- 3) Untuk pencatatan daya listrik dilakukan secara manual melalui bacaan Watt meter.
- 4) Ulangi langkah 2) dengan merubah bukaan jendela berturut-turut 5cm dan 15 cm.
- 5) Pada pengujian AC split dan gabungan AC split + DEC dilakukan pada ruangan dengan jendela tertutup dengan seting suhu 26°C.

3. Hasil dan bahasan

Dari hasil pengujian diperoleh data-data yang terdiri dari data penggunaan system pendingin *air cooler* (DEC), AC split dan gabungan AC split + DEC. Adapun data pengujian dinyatakan dalam tabel 3.1 s.d 3.3 berikut:

3.1 Pengaruh bukaan jendela terhadap suhu dan RH ruang

Dari Tabel 1 dan 2 diketahui bahwa penggunaan Air Cooler (DEC) mampu menurunkan suhu ruang 28,3 °C hingga 26 °C, tergantung posisi bukaan jendela ruang. Pada jendela ruang tertutup, maka diperoleh suhu terendah yaitu 26 °C, namun disertai kelembaban tinggi (89%). Sedang pada bukaan jendela 5 cm dan 15 cm, terjadi penurunan suhu ruangan menjadi 28°C dan 28,3°C. dengan peningkatan kelembaban 75 % dan 72,4 %. Kondisi tersebut dapat dijelaskan, udara masuk ruang adalah hasil humidifikasi sehingga suhu turun namun kelembaban naik. Dengan tertutupnya ruang, maka sirkulasi udara menjadi terbatas, dan berakibat tingginya kelembaban, walaupun dapat dicapai suhu terendah. Berbeda dengan adanya bukaan jendela, maka terjadi pergantian udara dalam ruangan, sehingga menurunkan kelembaban. Tetapi makin besar bukaan jendela suhu ruangan akan naik.

Tabel 1. Data suhu dan RH untuk pengujian *Air cooler* (DEC) dengan jendela bukaan 0cm (tertutup), 5cm dan 15 cm.

No.	Jendela (cm)	DEC		Ruang		Udara luar	
		Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
1	0	24	94	26	89	31	65
2	5	25	94	28	75	32	63.4
3	15	25	93	28,3	72.4	32	63.4

Tabel 2. Data suhu dan RH untuk pengujian AC Split dan (AC+DEC) pada *setting* suhu ruang 26°C

No	Sistem	AC/DEC		Ruang		Udara luar	
		Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
1	AC	23	73.4	26	67.4	32	63.4
2	AC+DEC	23	74.4	26	71.4	32	63.4

Dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kenyamanan ruang terjadi peningkatan yaitu terjadi penurunan suhu ruangan, walaupun belum mencapai standart SNI ataupun ASHRE. Suhu ruangan cukup sejuk, jika dibandingkan dengan suhu udara lingkungan 32°C

3.2 Total konsumsi energi pada pendinginan ruang.

Pada pengujian dengan menggunakan *Air cooler* (DEC), selain data suhu dan kelembaban ruang, juga didapat data energi yang dikonsumsi. Data ini dibandingkan dengan pengujian yang menggunakan system pendingin lain, yaitu AC split, dan gabungan AC split dan DEC. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Konsumsi energi terkecil (350 Kj), terjadi pada penggunaan DEC dengan jendela tertutup, sedang konsumsi terbesar terjadi pada penggunaan AC split yaitu 902 Kj. Hal ini dapat dipahami karena pada pendingin DEC, energi yang digunakan hanya untuk pompa dan fan saja, sedang pada unit AC split energy terbesar adalah untuk menggerakkan kompresor. Konsumsi energi yang rendah mendekati penggunaan DEC adalah penggunaan system gabungan yaitu AC split dan DEC. Dapat diketahui bahwa konsumsi energy yang dibutuhkan sebesar 389 Kj.

Tabel 3. Data konsumsi energi dari tiga sistem pendingin ruang AC, (AC+DEC) dan DEC dengan bukaan jendela

No.	Sistem	Ruang		Energi (Kj)
		Suhu 0C / % RH		
1	AC split	26 / 67.4		902
2	AC + DEC	26 / 71.4		389
DEC dengan bukaan jendela				
3	0 cm	26 / 89		350
4	5 cm	28 / 75		360
5	15 cm	28,3 / 72.4		379

Penurunan konsumsi energy yang besar dibandingkan dengan penggunaan AC split, dari 902 Kj menjadi 389 Kj dapat terjadi, karena pada saat udara masuk AC split, terlebih dahulu telah didinginkan oleh DEC, sehingga untuk pendinginan lebih lanjut tinggal membutuhkan waktu yang pendek. Waktu yang pendek untuk mencapai suhu setting ruang, mengakibatkan kebutuhan energy total selama periode tertentu menjadi kecil.

4. Kesimpulan

Penggunaan DEC untuk pendinginan ruang mampu menurunkan suhu lingkungan hingga 5°C, yaitu dari 32°C menjadi 26°C. Namun untuk standard kenyamanan ruang tidak bisa dicapai karena terjadinya peningkatan kelembaban dari RH 65 % menjadi RH 89 % RH. Pada bukaan jendela ruang 5 cm dan 15 cm didapat suhu ruang 28,3°C dan RH 75 sd 72.4 % yang relative dekat dengan standart ASHRAE tertnggi yaitu 26°C dan RH 70 %. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan DEC pada musim panas dapat meningkatkan kenyamanan ruang. Adapun konsumsi energi yang dibutuhkan system DEC (350 Kj sd 379 Kj) jauh lebih kecil dari pada AC split (902 Kj).

Referensi

1. Arismunandar. W., Heizo, S., 1991, *Penyegaran Udara*. Edisi ke 4, Pradnya Paramita. Jakarta.
2. Kachwaha, S., Dhar, P.L., Kale, S.R., 1998, *Experiment studies & numerical of evaporative cooling of air with a water spray.- Horizontal counter flow*”, *International Journal Heat Mass Transfer*.
3. Heidarinejad, G., Bozorgmehr, M., 2013, *Experimental investigation of two stages Indirect/direct evaporative cooling sytem in various climatic condition*, *Building & Invironment*.
4. Jaber, S., Ajib, S., 2011, *Evaporative cooling as an efficient system in Mediteranean region*, *Applied thermal engineering*.
5. *Standard Nasional Indonesia*. SNI 03-6197-2000, SNI 03-6572-2001: *Department Efisiensi Energi* , *Projek Seksi*, Jakarta, 2001.