

PENGARUH PERUBAHAN TEMPERATUR MEDIA PENDINGIN PADA DIRECT EVAPORATIVE COOLER

Toni Dwi Putra¹⁾, Nurida Finahari²⁾

ABSTRAK

Teknologi *evaporative cooler* berawal dari konsep pendinginan udara dengan media air. Dimana *evaporative* merupakan komponen refrigerasi yang berfungsi untuk memindahkan panas dari udara, air atau obyek lainnya dengan cara menyerap kalor untuk proses penguapan refrigeran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur media pendingin pada *direct evaporative cooler*.

Penelitian dilakukan dengan eksperimen pada peralatan AC. Variabel penelitian adalah temperatur media pendingin sebesar 10, 20, 30, 40 dan 50°C. Kecepatan angin blower sebesar 2,95 m/dt. Data yang diambil meliputi data temperatur input bola kering dan bola basah serta temperatur output bola kering dan bola basah. Data-data tersebut digunakan untuk menentukan penurunan DB, kelembaban relatif, perbandingan kelembaban dan perubahan *enthalpi* menggunakan diagram psikometrik. Hasilnya digunakan untuk menghitung efisiensi *evaporative cooler*. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisa berdasarkan teori yang ada.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Temperatur media pendingin (air) berpengaruh terhadap perubahan debit air, kelembaban udara dan efisiensi evaporator. Pengaruh perubahan temperatur media pendingin terhadap perubahan debit air yaitu jika temperatur air semakin besar maka debit air yang dihasilkan akan semakin kecil dan sebaliknya jika temperatur air semakin kecil maka debit air yang dihasilkan akan lebih besar. Pengaruh perubahan temperatur media pendingin air terhadap kelembaban udara ialah jika temperatur media pendingin semakin besar maka kelembaban udara yang dihasilkan juga semakin besar pula disebabkan besarnya tekanan parsial uap air yang terjadi oleh temperatur air tersebut. Pengaruh perubahan temperatur media pendingin terhadap efisiensi evaporator ialah jika temperatur media pendingin semakin besar maka hasil temperatur output yang diperoleh akan semakin besar pula sehingga efisiensi pendinginan evaporator tersebut menjadi rendah.

Kata kunci : temperatur, media pendingin, kelembaban, *enthalpi*, *evaporative cooler*

PENDAHULUAN

Dasar pemikiran teknologi evaporative cooler berawal dari konsep pendinginan udara dengan media air. Dimana evaporative merupakan komponen refrigerasi yang berfungsi untuk memindahkan panas dari udara, air atau obyek lainnya dengan cara menyerap kalor untuk proses penguapan refrigeran (IKG Wirawan, 2007).

Beberapa tempat di USA seperti Texas, Arizona, dan Oregon, memanfaatkan proses evaporative cooling untuk menghemat penggunaan energi untuk proses pengkondisian udara. Selain USA, *evaporative cooler* juga digunakan di Australia, New Mexico, Inggris, Irlandia dan daratan Eropa.

Konduksi merupakan pemanasan secara kontak atau bersinggungan. Pemanasan ini terjadi karena molekul-molekul udara yang dekat dengan permukaan bumi akan menjadi panas karena bersinggungan dengan bumi yang menerima panas langsung dari matahari. Sedangkan konveksi merupakan pemanasan atau penyebaran panas yang terjadi akibat adanya gerakan udara secara vertikal, sehingga udara di atas yang belum panas menjadi panas karena pengaruh udara di bawahnya yang sudah panas.

Penelitian tentang perubahan temperatur media pendingin pada direct evaporative cooler pada sistem pendinginan bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur media pendingin terhadap

efektivitas pendinginan, perubahan debit air dan terhadap kelembaban udara. Hal ini akan mengarah pada pemahaman tentang pengaruh beban kerja pendingin terhadap temperatur ruang dan dapat mengetahui output pendinginan yang disebabkan oleh pengaruh perubahan temperatur media pendingin.

Konsep Penyegaran Udara

Penyegaran udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperature dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu. Selain itu, mengatur aliran udara dan kebersihannya.

Melihat kenyataan saat ini faktor pemanasan global yang terjadi dewasa ini, yang diakibatkan dari penggundulan hutan, gedung bertingkat atau rumah kaca, polusi industri dan yang semakin menipisnya lapisan ozon, dengan demikian penyegaran udara bukan lagi merupakan barang mewah, akan tetapi sudah menjadi suatu kebutuhan.

Instalasi pendingin yang pertama kali dibuat dan dipatenkan oleh seorang berkebangsaan Amerika yaitu Josep Mc. Creaty pada tahun 1987 yang dinamai mesin pencuci udara yaitu system pendinginan menggunakan air. Dan pada tahun 1906 Dr. Willis H Carrier kebangsaan Amerika Serikat merupakan orang pertama yang berhasil membuat alat pengatur temperature dan kelembaban udara

yang dapat mendinginkan dan menjenuhkan udara sampai mencapai titik embun.

Konsep Direct Evaporative Cooler

Direct Evaporative Cooler artinya pendinginan uap langsung, Dimana sejak dahulu, pendinginan uap telah digunakan sebagai suatu metoda yang sederhana dan murah dalam menyediakan □emperatur udara lebih dingin. Panas diserap ketika air diuapkan dan dikonversi ke uap air. Pendinginan uap mengikuti suatu garis bohlam/gelembung basah tetap, dengan tidak ada perubahan secara keseluruhan. Udara di sekitar permukaan dibasahi sehingga panas dipindahkan dari udara sekitar dalam penguapan air. Pada gilirannya, uap air yang ditambahkan meningkatkan kalor laten dan kelembaban relatif, tetapi mempertahankan kalor total pada suatu nilai tetap. Berlawanan dengan memampatkan suatu bahan pendingin, pendinginan uap beroperasi dengan lebih sedikit biaya dibanding pendinginan dengan media lain seperti freon. (Hastings HVAC, 2008).

METODE PENELITIAN

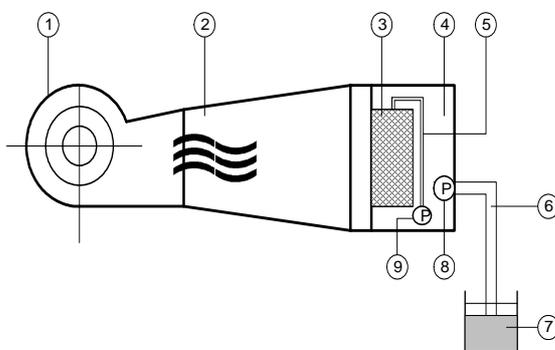
Variabel penelitian

- Variabel bebas: Perubahan temperatur media pendingin dengan variasi temperatur : 10, 20, 30, 40 dan 50 °C.
- Variabel terikat: Penurunan DB (°C), Kandungan uap air, Kelembaban relatif (%).

Alat Penelitian

Peralatan penelitian tampak pada gambar 1, dimana :

1. Blower.
2. Media evaporative (Evaporative pads)
3. Paket evaporative cooler
4. Saluran penyuplai air ke media evaporatif
5. Saluran penghubung antara bak pengkondisian air dengan tangki dari pada evaporative cooler.
6. Saluran dari bak ke pompa sirkulasi air
7. Bak untuk pengkondisian air (temperatur tinggi atau rendah).
8. Pompa sirkulasi air dari tangki evaporative cooler dengan media evaporative.
9. Pompa untuk pengkondisian air



Gambar 1. Skema peralatan penelitian.

Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pelaksanaan penelitian mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Periksa keadaan instalasi meliputi perpipaan, kekencangan V-belt, sambungan pipa dan air hingga batas yang telah ditentukan
2. Pasang dan periksa fuse untuk motor listrik
3. Hubungkan jack atau socket dan phase kesumber arus listrik
4. Nyalakan dengan menekan tombol on
5. Pengujian dilakukan pertama-tama pada bukaan katub rendah
6. Cek kecepatan udara dari fan dan udara pendingin dari evaporator.
7. Cek tekanan yang terjadi dari berbagai pengujian.
8. Pada setiap perubahan katub, catat data pengamatan yang terjadi pada skala alat ukur
9. Setelah pengujian dan pengambilan data selesai, matikan motor listrik dengan mene-kan tombol off
10. Putuskan hubungan jack tiga phase pada sumber listrik
11. Rapikan alat dan letakkan pada tempat semula

Metode Pengambilan Data

Proses pengambilan data mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Pengukuran temperatur udara masuk/input dan pembacaannya dapat dilihat pada tabung pitot atau manometer yang terpasang.
2. Pengukuran temperatur udara sebelum mengalami proses evaporative dan pembacaannya dapat dilihat pada tabung pitot atau manometer yang terpasang.
3. Pengukuran temperatur udara output dan terbaca pada skala manometer tabung pitot.
4. Pengukuran dilakukan ulang dengan cara yang sama dengan variasi perubahan temperatur media pendingin (air) yaitu: 10°C, 20°C, 30°C, 40°C dan 50°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan penurunan DB (°C).

Penurunan DB dihitung dengan rumus:

$$DB = T.\text{input} (T1) - T.\text{output} (T3)$$

Contoh :

Pada data dengan temperatur media pendingin 10°C pada pengujian 1 diketahui $T1 = 27^{\circ}\text{C}$ dan $T3 = 19^{\circ}\text{C}$. Jadi $DB = T1 - T3 = 27 - 19 = 8^{\circ}\text{C}$.

Maka didapat :

Tabel 1. Rata – rata penurunan DB.

Temperatur air (°C)	Penurunan DB (°C)
10	7,2
20	5,8
30	2,8
40	1,6
50	1,2

Perhitungan kelembaban relatif (ϕ).

Rumus yang digunakan adalah :

$$\phi = \left(\frac{f}{f'} \right) \times 100$$

Contoh perhitungan :

Pada data dengan temperatur media pendingin 10°C pengujian 1, diketahui tekanan parsial uap air $f = 11$ mmHg dan $f' = 16,7$ mmHg maka :

$$\begin{aligned} \phi &= \left(\frac{11}{16,7} \right) \times 100 \\ &= 0,6589 \times 100 = 65,89 \% \end{aligned}$$

Maka didapat :

Tabel 2 : Rata-rata kelembaban relatif.

Temperatur air (°C)	Kelembaban relatif (%)
10	71,45
20	71,70
30	87,85
40	90,17
50	90,16

Perhitungan perubahan entalpi (i)

Rumus yang digunakan :

$$i = 0,240 t + (597,3 + 0,441 t)x$$

Contoh perhitungan :

Pada data dengan temperatur media pendingin 10°C pengujian 1, diketahui $t = 19$ dan $x = 0,0091$, jadi:

$$\begin{aligned} i &= 0,240 \times 19 + (597,3 + 0,441 \times 19) \times 0,0091 \\ &= 4,56 + (605,679) \times 0,0091 = 4,56 + 5,5 = 10,09 \text{ kcal / kg} \end{aligned}$$

Maka didapat :

Tabel 3 : Rata-rata perubahan entalpi

Temperatur air (°C)	Perubahan entalpi (kcal/kg)
10	11,0778
20	11,9458
30	16,0198
40	17,6308
50	18,0057

Perhitungan efisiensi (E).

Rumus yang digunakan :

$$E = \left(\frac{T1 - T3}{T1} \right) \times 100$$

Contoh perhitungan :

Pada data dengan temperatur media pendingin 10°C pengujian 1, diketahui $T1 = 27^\circ\text{C}$ dan $T3 = 19^\circ\text{C}$, jadi:

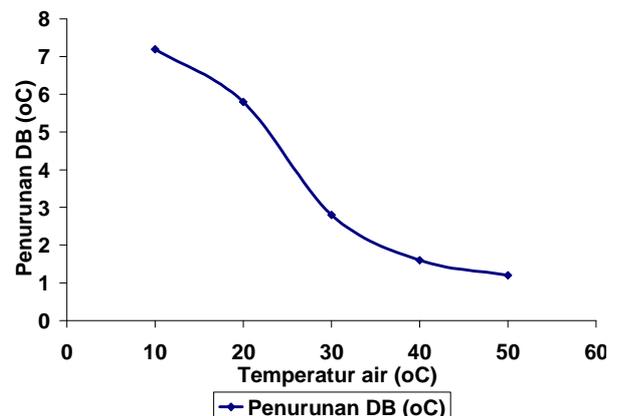
$$\begin{aligned} E &= \left(\frac{27 - 19}{27} \right) \times 100 \\ &= \frac{8}{27} \times 100 = 29,63 \% \end{aligned}$$

Maka didapat :

Tabel 4 : Rata-rata efisiensi

Temperatur air (°C)	Effisiensi (%)
10	26,67
20	21,48
30	10,37
40	5,88
50	4,41

Grafik Hasil Perhitungan

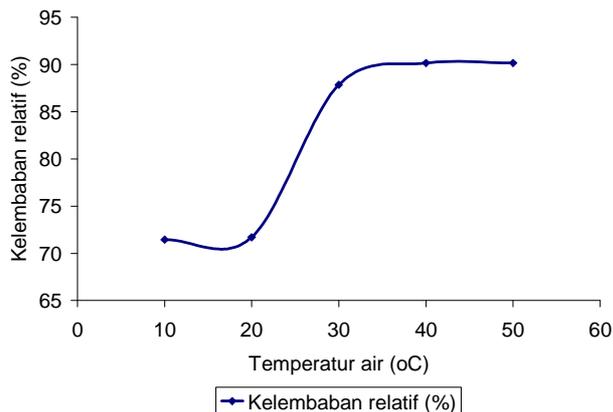


Gambar 2. Grafik hubungan penurunan DB terhadap temperatur media pendingin.

Grafik di atas menunjukkan bahwa penurunan DB cenderung semakin kecil jika temperatur media pendingin bertambah. Penurunan DB

maksimum terjadi pada variasi temperatur media pendingin (air) 10°C sebesar 7,2°C. Penurunan DB minimum terjadi pada variasi temperatur media pendingin (air) 50°C sebesar 1,2°C.

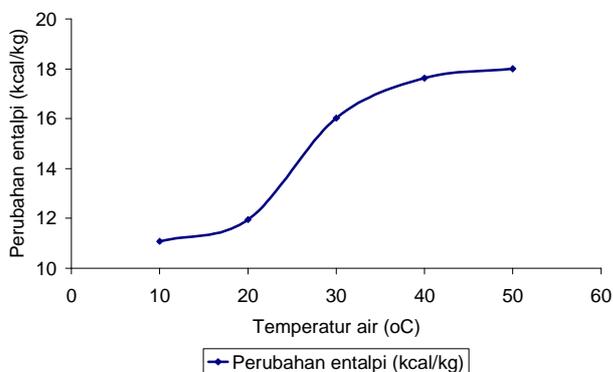
Penurunan DB cenderung semakin kecil jika temperatur media pendingin bertambah. Hal ini disebabkan karena temperatur media pendingin yang tinggi akan mempengaruhi proses pendinginan yang terjadi sehingga hasil temperatur output lebih besar. Sedangkan pada temperatur media pendingin yang rendah, penurunan DB akan semakin besar disebabkan proses pendingin yang terjadi lebih stabil.



Gambar 3. Grafik hubungan kelembaban relatif terhadap temperatur media pendingin.

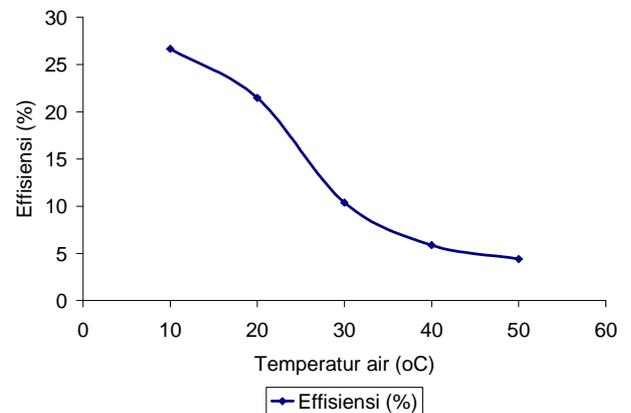
Grafik di atas menunjukkan bahwa kelembaban relatif cenderung meningkat berkisar antara temperatur air 20 - 50°C. Kelembaban relatif maksimum terjadi pada variasi temperatur media pendingin (air) 40°C sebesar 90,17%. Kelembaban relatif minimum terjadi pada variasi temperatur media pendingin (air) 10°C sebesar 71,45%.

Kelembaban relatif cenderung meningkat jika temperatur media pendingin bertambah. Hal ini disebabkan karena temperatur semakin besar maka penguapan yang terjadi semakin besar pula sehingga tekanan parsial uap air menjadi lebih besar. Sedangkan pada temperatur media pendingin yang rendah, kelembaban relatif semakin menurun disebabkan tekanan parsial uap air yang terjadi kecil.



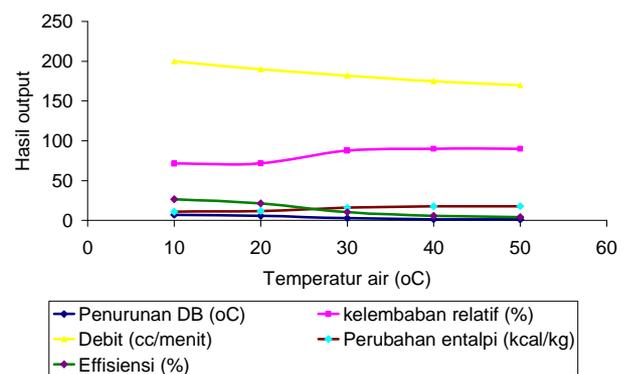
Gambar 4. Grafik hubungan perubahan entalpi terhadap temperatur media pendingin

Grafik di atas menunjukkan bahwa perubahan entalpi cenderung meningkat jika temperatur media pendingin bertambah. Perubahan entalpi maksimum terjadi pada variasi temperatur media pendingin (air) 50°C sebesar 18 kcal/kg. Perubahan entalpi minimum terjadi pada variasi temperatur media pendingin (air) 10°C sebesar 11,08 kcal/kg. Hal ini disebabkan perubahan entalpi bergantung pada hasil temperatur output.



Gambar 5. Grafik hubungan efisiensi terhadap temperatur media pendingin.

Grafik di atas menunjukkan bahwa efisiensi cenderung semakin kecil jika temperatur media pendingin bertambah. Efisiensi maksimum terjadi pada variasi temperatur media pendingin (air) 10°C sebesar 26,67%. Efisiensi minimum terjadi pada variasi temperatur media pendingin (air) 50°C sebesar 4,41%. Hal ini disebabkan karena jika temperatur semakin besar maka hasil temperatur output semakin besar pula.



Gambar 6. Grafik hubungan hasil output total terhadap temperatur media pendingin

Grafik di atas menunjukkan bahwa perbandingan antara penurunan DB, kelembaban relatif, debit, perubahan dan efisiensi yaitu debit, efisiensi dan penurunan DB cenderung semakin kecil jika temperatur media pendingin bertambah. Sedangkan kelembaban relatif dan perubahan entalpi cenderung meningkat jika temperatur media pendingin bertambah.

Pembahasan

Berdasarkan referensi, kelembaban udara ruangan yang baik adalah sebesar 50-80 %. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kelembaban udara berkisar antara 71,45 – 90,17 %. Hal ini berarti variasi temperatur media pendingin yang paling baik adalah 10 - 20°C.

Berdasarkan referensi, efisiensi standar \pm 50%. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi mendekati standar yang diinginkan. Penurunan efisiensi yang didapat pada pengujian ini disebabkan adanya keterbatasan alat ukur yang akurat serta penggunaan alat pengujian yang masih berskala laboratorium, dimana skala proses pendinginannya kecil sehingga efisiensi yang diperoleh tidak terlalu besar.

Secara umum, temperatur media pendingin (air) berpengaruh terhadap perubahan debit air, kelembaban udara dan efisiensi evaporator. Dalam hal ini perubahan debit air akan lebih kecil jika temperatur semakin besar karena temperatur air yang lebih tinggi akan lebih mudah dalam proses penguapan dan sebaliknya temperatur air yang lebih rendah dalam proses penguapan akan lebih sulit sehingga debit yang dihasilkan lebih besar jumlahnya. Untuk kelembaban udara jika temperatur media pendingin air semakin besar akan sangat berpengaruh sebab dalam proses penguapan yang terjadi akan menimbulkan tekanan parsial uap air yang lebih besar pula. Sedangkan pengaruh temperatur media pendingin terhadap efisiensi pendinginan evaporator yaitu memerlukan beban yang lebih besar dalam proses pendinginan.

KESIMPULAN

Hasil analisa data dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Temperatur media pendingin (air) berpengaruh terhadap perubahan debit air, kelembaban udara dan efisiensi evaporator.
2. Pengaruh perubahan temperatur media pendingin terhadap perubahan debit air yaitu jika temperatur air semakin besar maka debit air yang dihasilkan akan semakin kecil dan sebaliknya jika temperatur air semakin kecil maka debit air yang dihasilkan akan lebih stabil.

3. Pengaruh perubahan temperatur media pendingin air terhadap kelembaban udara ialah jika temperatur media pendingin semakin besar maka kelembaban udara yang dihasilkan juga semakin besar pula disebabkan besarnya tekanan parsial uap air yang terjadi oleh temperatur air tersebut.
4. Pengaruh perubahan temperatur media pendingin terhadap efisiensi evaporator ialah jika temperatur media pendingin semakin besar maka hasil temperatur output yang diperoleh akan semakin besar pula sehingga efisiensi pendinginan evaporator tersebut menjadi rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Althouse, Andrew D. Dkk. 1982. *Modern Refrigeration and Airconditioning*. Illinois: The Goodherarth Wilcox, Inc.,
- IKG Wirawan, Ngurah Putra Wibawa, 2007. *Analisis Penggunaan Water Cooled Condenser pada Mesin Pengkondisian Udara*.
- Koestoer Artono Raldi, 2006. *Perpindahan Kalor Di Alam Plato*.
- Nasution Henry, Rivai Nasrul, *Prosedur Standar Estimasi Beban Pendingin Pada Sistem Pendingin Bangunan*, 2007.
- Ridwan, 1999. *Sistem Tata Udara*. Lecture Note. Universitas Gunadarma. Depok
- Sulis, 2007. *Teknik Pendingin*, ITB Bandung
- Sumanto, 2004. *Dasar-Dasar Mesin Pendingin*, ITS Surabaya
- Suprianto D. Fandi, Handoyo A. Ekadewi, 2003. *Peningkatan Unjuk Kerja Peralatan Air Washer*.
- Wiranto Arismunandar; Heizo Saito, 1981. *Penyegaran Udara*, Pradnya Paramita, Jakarta,