

HUBUNGAN KONDISI UDARA MASUK DENGAN KONDISI UDARA KELUARAN AIR COOLER

Doddy Purwadianto^{1*}, Petrus Kanisius Purwadi²

¹Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma, Kampus III, Paingan,
Maguwoharjo, Depok, Sleman Yogyakarta, 55282

*e-mail : email_corresponding_author@email.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan kondisi udara masuk terhadap kondisi udara keluaran air cooler. Selain itu juga untuk mendapatkan nilai efektivitas rata-rata air cooler. Suhu udara masuk divariasikan, tetapi memiliki kelembapan spesifik w yang sama. Proses penurunan suhu udara, terjadi pada saat udara melewati beberapa cooling pad yang permukaannya dialiri air. Proses pendinginan udara diasumsikan berjalan secara evaporative cooling. Penelitian dilakukan secara eksperimen, dengan mempergunakan air cooler buatan sendiri. Untuk suhu udara masuk berturut-turut: 30°C, 35°C, 40°C dan 45°C, dihasilkan suhu udara keluaran berturut-turut sebesar 26,27°C, 27,66°C, 29,10°C, 30,9°C dengan efektivitas rata-rata air cooler 89,5%.

ABSTRACT

This study aims to see the relationship between the intake air conditions and the air cooler outlet air conditions. In addition, to get the value of the effectiveness of the air cooler. The intake air temperature is varied, but has the same specific humidity W . The process of decreasing the air temperature occurs when the air passes through several cooling pads whose surface is flooded with water. The air cooling process is assumed to run by evaporative cooling. The research was conducted experimentally, using a homemade air cooler. For the inlet air temperature in a row: 30°C, 35°C, 40°C and 45°C, the resulting output air temperature is 26,27°C, 27,66°C, 29,10°C, 30,9°C with the average effectiveness of the air cooler 89,5%.

Keywords: air cooler, effectiveness, cooling pad, evaporative cooling

I. Pendahuluan

Air cooler adalah mesin penyejuk udara yang mempergunakan fluida kerja air yang dipergunakan untuk menyejukkan udara. Untuk menyejukkan udara, *air cooler* bekerja dengan proses *evaporative cooling*. Proses *evaporative cooling* berlangsung pada *cooling pad* yang ada di *air cooler*. Hal ini berbeda dengan prinsip kerja mesin *air conditioner* (mesin AC) yang bekerja dengan siklus kompresi uap dan mempergunakan fluida freon. Pada saat ini, *air cooler* sudah banyak ditemui di pasaran, dengan harga yang relatif murah dan terjangkau. Penelitian sebelumnya yang terkait dengan *air cooler* telah dilakukan oleh beberapa peneliti [1-7]. Daya listrik yang rendah membuat *air cooler* banyak diminati masyarakat, meskipun lebih ribet penggunaannya. Karena harus selalu mengisinya dengan air. Tidak seperti mesin AC yang menyejukkan seluruh udara dalam ruangan, *air cooler* hanya menyejukkan udara yang dipergunakan untuk orang yang memerlukannya saja. Karenanya dalam penggunaan *air cooler* tidak perlu ventilasi

udara ruangan, jendela dan pintu ditutup. Selain kebutuhan oksigen bagi pemakai tercukupi, *air cooler* lebih ramah lingkungan, karena fluida kerjanya hanya air. Dengan demikian, penggunaan *air cooler* tidak harus di dalam ruangan.

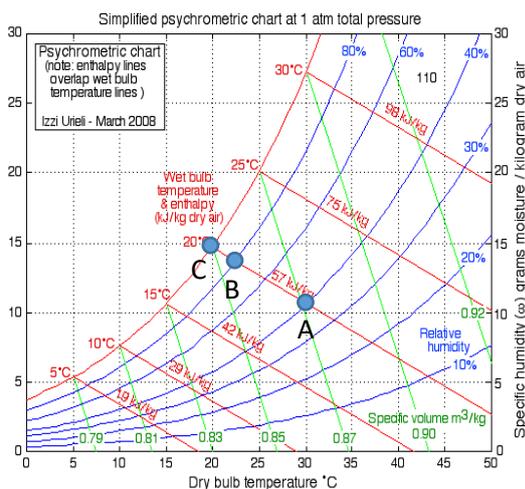
Tidak seperti mesin penyejuk *air conditioner* (AC), suhu udara yang dihasilkan oleh *air cooler* tidak dapat diatur sesuai dengan keinginan pengguna. Kemampuan *air cooler* dalam menurunkan suhu tergantung dari jenis *cooling pad* yang dipergunakan. Dengan kata lain tergantung dari efektivitas yang dimiliki *cooling pad* pada *air cooler*. Jika kondisi udara yang masuk ke dalam *air cooler* (udara yang akan dikondisikan oleh *cooling pad*) berbeda, suhu keluaran yang dihasilkan *air cooler* berbeda. Selain suhu keluaran yang berbeda, kelembapan spesifik yang dihasilkan juga berbeda. Kondisi udara yang masuk *air cooler* adalah suhu udara di lingkungan *air cooler* berada. Jika suhu dan kelembapan lingkungan diketahui, dengan bantuan *psychrometric chart*, suhu terendah yang dapat dicapai *air cooler*

dapat diketahui, atau dengan cara yang mudah, suhu terendah yang dapat dicapai adalah sama dengan besarnya suhu udara bola basah saat udara masuk *air cooler*. Bila efektivitas *air cooler* diketahui, maka besarnya suhu yang keluar dari *aircooler* dapat diketahui pula.

Berangkat dari persoalan ini, diperlukan penelitian tentang pengaruh kondisi udara yang masuk *air cooler* terhadap kondisi udara yang dihasilkan *air cooler*. Dengan kata lain, diperlukan penelitian untuk mengetahui efektivitas *air cooler*. Nilai efektivitas *air cooler* ini ditentukan oleh berapa besar kemampuan *cooling pad* dari *air cooler* mampu menguapkan air yang mengalir pada *cooling pad*. Semakin banyak air menguap, semakin besar penurunan suhu yang terjadi. Karena di dalam proses *evaporative cooling*, untuk kondisi yang ideal, kalor yang dipergunakan untuk menguapkan air diambil dari udara panas yang melintasi *cooling pad*.

II. Dasar Teori

Gambar 1, menyajikan proses *evaporative cooling* yang terjadi pada *air cooler* pada *psychrometric chart*. Titik A menyatakan kondisi udara panas masuk *air cooler* (kondisi udara sebelum melewati semua *cooling pad*) dan kondisi B menyatakan kondisi udara keluar *air cooler* (kondisi udara setelah melewati semua *cooling pad*). Proses *evaporative cooling* diasumsikan berlangsung pada suhu udara bola basah yang tetap. Titik C merupakan kondisi udara dengan suhu terendah yang dapat dicapai oleh *air cooler*. Pada titik C, suhu udara bola basah sama dengan suhu udara bola kering. Proses *evaporative cooling* berlangsung dari titik A ke titik B.



Gambar 1 Proses *evaporative cooling* pada *psychrometric chart* ^[9]

Pada Gambar 1, titik A dapat ditentukan dengan diketahuinya suhu udara bola basah dan suhu

udara bola kering. Demikian juga dengan titik B pada *psychrometric chart*. Kondisi udara pada titik C, memiliki kelembapan relative (RH) sebesar 100%. Efektivitas *cooling pad* merupakan perbandingan besarnya kalor sensibel yang dipergunakan untuk menguapkan air dengan besarnya kalor sensibel maksimum yang dapat dipergunakan untuk menguapkan air ketika udara panas melewati *cooling pad*. Efektivitas *cooling pad* pada *air cooler* (ϵ) dinyatakan dengan Persamaan (1)

$$\epsilon = \frac{T_{db,A} - T_{db,B}}{T_{db,A} - T_{wb,A}} \quad (1)$$

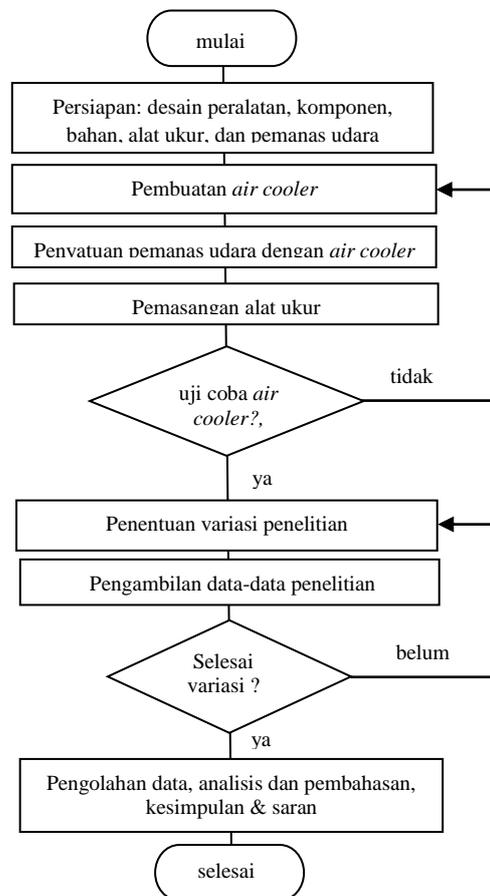
Pada Persamaan (1) :

- $T_{db,A}$: Suhu udara bola kering masuk *air-cooler*, °C
- $T_{wb,A}$: Suhu udara bola basah masuk *air cooler*, °C
- $T_{db,B}$: Suhu udara bola kering keluar *air cooler*, °C

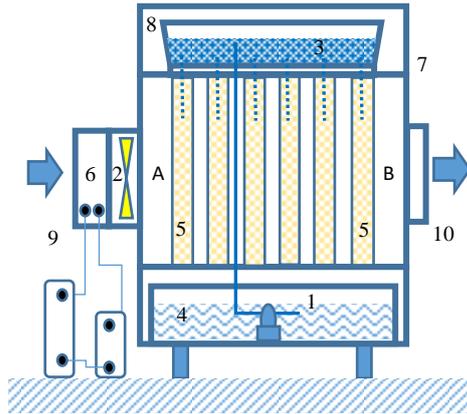
III. Metode Penelitian

3.1 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimen di laboratorium. Kondisi udara dalam ruang laboratorium terbuka dan tidak dikondisikan udaranya dengan mesin AC. Alur penelitian tersaji pada Gambar 1.

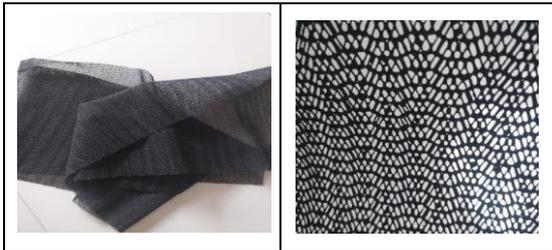


Gambar 1. Alur Penelitian



Gambar 2. Skema Air cooler

- 1 Pompa *submersible* (pompa celup)
- 2 Kipas udara masuk
- 3 Penampung air bagian atas
- 4 Penampung air bagian bawah
- 5 *Cooling pad* (dari jaring jaring)
- 6 Pemanas udara (penukar kalor)
- 7 Rangka mesin *air cooler*
- 8 Casing
- 9 Saluran udara masuk
- 10 Saluran udara keluar
- 11 Saluran air



Gambar 3. *Cooling pad* yang dipergunakan

3.2 Objek yang diteliti

Objek yang diteliti adalah *air cooler*. *Air cooler* yang dipergunakan, merupakan *air cooler* buatan sendiri. *Air cooler* memiliki beberapa *cooling pad*. *Cooling pad* merupakan tempat persentuhan antara udara panas dengan air yang mengalir ke arah bawah pada permukaan *cooling pad*. Pada penelitian ini dipergunakan 6 *cooling pad* yang terbuat dari jaring jaring (Gambar 3). Jarak antara *cooling pad* dibuat sama sebesar 1,5 cm. Skematik peralatan *air cooler* tersaji pada Gambar 2. Kecepatan aliran udara keluar *air cooler* sebesar 3,6 m/detik. Debit air sebesar 0,2 liter/detik.

3.3 Variasi penelitian

Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi terhadap suhu udara panas masuk (suhu udara bola kering) *air cooler*, di titik A (lihat Gambar 2): (a) 30°C, (b) 35°C (c) 40°C dan

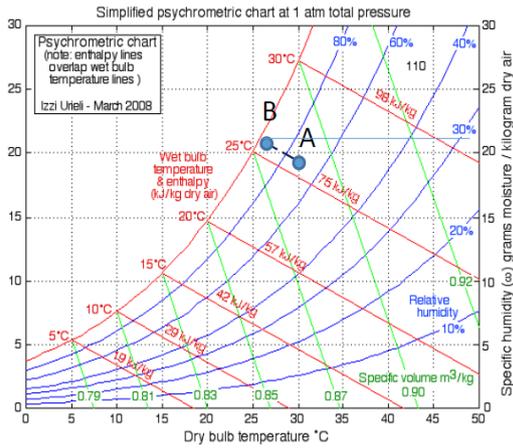
45°C. Untuk mendapatkan suhu udara panas yang lebih tinggi dari udara luar (seperti yang diinginkan saat masuk *air cooler*), udara luar dipanaskan terlebih dahulu dengan pemanas udara (penukar kalor). Kelembapan spesifik udara di titik A untuk semua variasi suhu, diasumsikan memiliki nilai yang sama (atau nilai w yang sama). Pengukuran suhu udara keluar dari *air cooler* dilakukan di titik B (lihat Gambar 2).

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

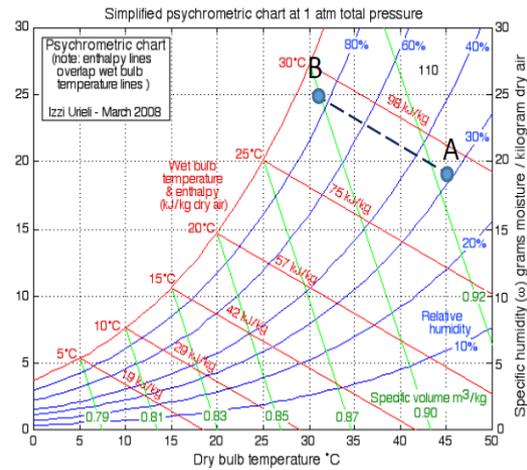
Tabel 1 menyajikan kondisi udara panas masuk (titik A pada Gambar 2), kondisi udara keluar (titik B pada Gambar 2), penurunan suhu udara bola kering dan nilai efektifitas dari *air cooler*. Kondisi udara lingkungan di luar *air cooler* sebelum dilewatkan penukar kalor sebesar 28°C, dengan kelembapan spesifik sebesar $w = 0,019 \text{ kg}_{\text{uap-air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$. Besarnya kelembapan spesifik di titik A, pada semua variasi suhu udara masuk sama sebesar 0,019 $\text{kg}_{\text{uap-air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$. Kondisi udara dinyatakan dengan suhu udara bola kering (T_{db}) dan suhu udara bola basah (T_{wb}). Untuk mendapatkan suhu udara panas di titik A sebesar 30°C, 35°C, 40°C dan 45°C, udara dipanaskan terlebih dahulu dengan pemanas udara (penukar-kalor). Udara panas, kemudian dialirkan dengan melewatkannya pada 6 *cooling pad*. Udara panas menyebabkan proses *evaporative cooling* berlangsung. Proses *evaporative cooling* adalah proses penguapan air pada *cooling pad* yang menyebabkan udara panas menurun suhunya. Proses *evaporative cooling* pada *cooling pad* ini digambarkan pada *psychrometric chart* Gambar 4 untuk suhu udara panas masuk sebesar 30°C, Gambar 5 untuk suhu panas masuk sebesar 35°C, Gambar 6 untuk suhu udara panas masuk sebesar 40°C dan Gambar 7 untuk suhu udara panas masuk sebesar 45°C. Proses pemanasan udara oleh penukar kalor yang berlangsung dengan nilai kelembapan spesifik tetap tidak digambarkan pada *psychrometric chart*.

Tabel 1 Kondisi udara keluar dan efektifitas

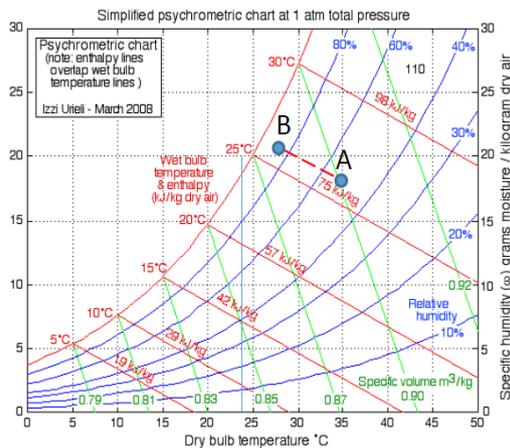
No	Kondisi udara masuk <i>air cooler</i>		Suhu udara keluar	Penu-runan suhu T_{db}	Efektivi-tas <i>air cooler</i>
	$T_{db,A}$	$T_{wb,A}$	$T_{db,B}$	ΔT_{db}	ϵ
1	30,00	25,90	26,27	3,73	0,91
2	35,00	26,85	27,66	7,44	0,90
3	40,00	27,75	29,10	10,90	0,89
4	45,00	29,00	30,92	14,08	0,88



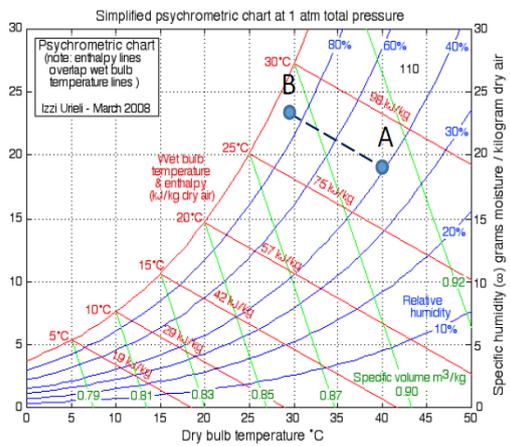
Gambar 4. Proses *evaporative cooling* untuk suhu udara masuk 30°C



Gambar 7. Proses *evaporative cooling* untuk suhu udara masuk 30°C



Gambar 5. Proses *evaporative cooling* untuk suhu udara masuk 30°C



Gambar 6. Proses *evaporative cooling* untuk suhu udara masuk 30°C

Pada saat proses *evaporative cooling*, selain mengalami penurunan suhu, udara juga mengalami kenaikan kelembapan spesifik atau menaikkan kandungan air di dalam udara. Kandungan air di dalam udara meningkat karena adanya proses penguapan air dari air yang mengalir dan kontak dengan udara panas di *cooling pad*. Proses penguapan air memerlukan kalor, dan kalor diambil dari udara yang melewati *cooling pad*. Hal ini menyebabkan suhu udara mengalami penurunan. Pada proses *evaporative cooling*, selain kelembapan spesifik meningkat, kelembapan relatif udara juga mengalami kenaikan. Secara ideal, proses *evaporative cooling* berjalan pada suhu udara bola basah yang tetap, dengan nilai entalpi yang tetap. Suhu udara bola kering terendah yang dapat dihasilkan *air cooler* sebesar suhu udara bola basah udara yang masuk *air cooler*.

Pada penelitian ini, suhu terendah yang mungkin dicapai *air cooler*, tidak terjangkau. Karena nilai efektivitas sirip hanya berkisar antara 88% s.d. 91%. Bila efektivitas *air cooler* 100%, maka suhu udara keluaran mencapai suhu terendah yang bisa dicapai. Pada suhu udara terendah ini, kelembapan relatif udara mencapai 100%. Suhu udara bola kering sama dengan suhu udara bola basah. Suhu udara bola kering terendah yang bisa dicapai *air cooler* sama dengan suhu udara bola basah saat akan melewati beberapa *cooling pad* (di titik A pada Gambar 2). Untuk meningkatkan efektivitas *air cooler*, perlu dipilih jenis atau bentuk *cooling pad* yang mampu menguapkan air sebanyak-banyaknya. Semakin banyak uap air yang

menguap, maka semakin rendah suhu yang dihasilkannya.

Pada penelitian ini, suhu udara bola kering yang akan melewati *cooling pad* berbeda-beda, tetapi kelembapan spesifik udara bernilai sama. Dari Tabel 1, dapat diketahui bahwa penurunan suhu udara bola kering yang paling tinggi dialami pada kondisi udara masuk bertemperatur tinggi, dan penurunan suhu udara yang paling rendah dialami pada kondisi udara masuk bertemperatur rendah. Besarnya penurunan suhu tergantung dari besarnya RH dari udara yang akan melewati *cooling pad*. Kondisi udara masuk dengan suhu udara paling tinggi memiliki RH yang paling rendah, dan kondisi udara masuk dengan suhu udara paling rendah memiliki RH yang paling tinggi. Semakin rendah nilai RH udara, semakin besar kemampuan udara untuk menguapkan air. Pada saat udara kontak dengan permukaan air yang mengalir pada *cooling pad*, udara menguapkan sebagian titik titik air dari air yang mengalir pada *cooling pad*. Efektivitas *air cooler* mengikuti nilai suhu udara yang dihasilkan oleh *air cooler*. Dari Tabel 1, diperoleh nilai efektivitas *air cooler* hasil penelitian. Dengan demikian *air cooler* dapat menurunkan suhu cukup besar bila dipergunakan pada kondisi lingkungan udara bersuhu tinggi dan dengan kelembapan relative yang rendah

V. Kesimpulan

Kondisi udara keluar *air cooler* menentukan besar efektivitas *air cooler*. Efektivitas yang dimiliki *air cooler* pada penelitian ini sekitar 89,5%. Kondisi udara luar yang dihasilkan *air cooler* tergantung dari kondisi udara masuk *air cooler*. Untuk kelembapan spesifik w yang sama dari udara yang masuk sebesar $0,019 \text{ kg}_{\text{uap-air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$, dengan suhu udara bola kering masuk berturut turut sebesar : 30°C , 30°C , 40°C , 45°C menghasilkan suhu udara bola kering keluar berturut turut sebesar : sebesar $26,27^{\circ}\text{C}$, $27,66^{\circ}\text{C}$, $29,10^{\circ}\text{C}$ dan $30,92^{\circ}\text{C}$. *Air cooler* cocok dipergunakan pada kondisi udara bersuhu tinggi dengan kelembapan relative rendah.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Universitas Sanata Dharma yang telah memberikan dukungan dana, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan

References

1. Jain, J.K., Hindoliya,D.A, 2011, “ Experimental performance of new evaporative cooling pad material “ Mechanical Engineering Department, Ujjain Polytechnic College, Ujjain (M.P.) 456010, India
2. Charles W. Albrecht, Evanston, Wyo, 1990, *Evaporative Air Cooler*, United State Patent, Patent Number 4,953,831, Date of Patent: Sep. 4, 1990
3. James A. Brock, Alexander, Ark.1993, *Portable Evaporative Air Cooler*, United State Patent, Patent Number Des. 337,817, Date of Patent: Jul. 27, 1993
4. Peter Sydney Wright, Blackwood, Australia, 2000, *Off-Road Evaporative Air Cooler*, United State Patent, Patent Number, Des. 433,111, Date of Patent: Oct. 31, 2000
5. William R. Calton, Scofield Dr., Cupertino, 1998, *Evaporative Cooling*, United State Patent, Patent Number 5,715,698, Date of Patent: Feb. 10, 1998
6. United State Patent, Patent Number 5,168,722, Date of Patent: Dec. 8, 1992
7. James A. Brock, Alexander, Ark.1993, *Portable Evaporative Air Cooler*, United State Patent, Patent Number Des. 337,817, Date of Patent: Jul. 27, 1993
8. https://www.ohio.edu/mechanical/thermo/Applied/Chapt.7_11/Chapter10b.html