

Pengaruh Temperatur Air dan Debit Air Terhadap Karakteristik Pendinginan Evaporatif

I GNP Tenaya^{1,*}, I Putu Lokantara² dan
I Gede Purwata³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran Badung – Bali 80361 Telp/Faks: 0361- 703321

*ngurah_tenaya@yahoo.com

Abstrak

Evaporative cooler merupakan alat yang bekerja dengan proses *evaporative cooling*. *Evaporative cooling* merupakan proses pendinginan yang terjadi karena penguapan pada permukaan bebas dimana terjadi kontak langsung antara udara dengan air. Cooling pads digunakan sebagai media perpindahan panas yang gunanya untuk meningkatkan bidang kontak antara udara dan air. Dalam penelitian ini digunakan spon sebagai pads. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik *evaporative cooler* yang meliputi penurunan bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan dan *energy efficiency ratio (EER)*. Variabel yang digunakan adalah temperatur air dengan suhu $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan debit air 14,76 L/menit, 22,96 L/menit, 32,8 L/menit. Pads dari spon dengan ukuran panjang 15 cm, 25 cm, 35 cm, 45 cm, 55 cm. Dari penelitian didapat semakin rendah temperatur air dan semakin besar debit air menghasilkan penurunan bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan dan *energy efficiency ratio* yang semakin tinggi.

Kata kunci : evaporasi, pendinginan, suhu, cooling pads.

Pendahuluan

Udara yang panas merupakan masalah ketidaknyamanan bagi setiap orang. Suhu udara yang tinggi akan membuat setiap orang akan merasa gerah. Umumnya kita mendapatkan udara dari *lingkungan* yang suhunya kadang-kadang cukup untuk memberikan kenyamanan dan sering juga merasakan udara dengan suhu yang tinggi.

Dengan kenyataan seperti diatas banyak solusi yang diterapkan oleh setiap orang untuk menghadapi hal tersebut, antara lain: menggunakan AC (*Air Conditioner*) dan menggunakan sistem pendingin evaporatif (*evaporative cooling*). Pendinginan evaporatif merupakan suatu proses penguapan air pada permukaan bebas dengan bantuan aliran udara dimana terjadi kontak langsung antara udara dengan air. Pada dasarnya sistem pendingin evaporatif lebih mudah dipasang sebab instalasinya

tidak rumit seperti AC. Selain itu sistem pendingin evaporatif lebih ekonomis karena tidak menggunakan refrigerant melainkan menggunakan fluida air dan dapat mengurangi pencemaran. Sensasi pendinginan yang dapat dirasakan manusia saat angin sepoi-sepoi bertiup dan menguapkan keringat di kulit sehingga terasa sejuk merupakan salah satu contoh fenomena tersebut.

Bagian utama dari peralatan *evaporative cooler* selain fan adalah pads (*evaporative cooling pads*) yang digunakan. *Evaporative cooling pads* merupakan bagian yang berfungsi sebagai filter dan media pendingin. *Evaporative cooling pads* ada yang berbahan spon, kayu, asbes. *Evaporative cooling pads* yang baik mempunyai pori-pori dan mampu menyerap air dengan baik. Sehingga

mampu menghasilkan karakteristik pendinginan yang baik.

Untuk mengetahui sejauh mana spon akan dapat memberikan pengaruh terhadap karakteristik pendinginan pada *evaporative cooler*, maka kami melakukan pengujian karakteristik pendingin evaporatif menggunakan cooling pads berbahan spon.

Dasar Teori

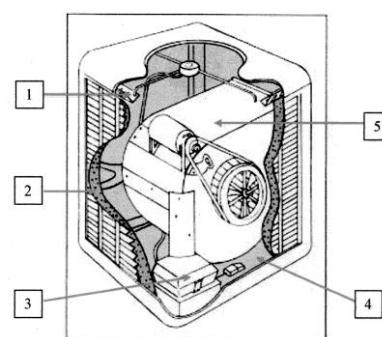
Evaporative Cooler

Evaporative Cooler merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan prinsip *evaporative cooling*. Pendinginan *evaporative* secara teknik disebut dengan pendinginan adiabatik yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan dari panas sensibel menjadi panas laten. Sedangkan pada menara pendingin (*cooling tower*) memiliki cara kerja yang sama tetapi berbeda fungsi karena menara pendingin tidak mendinginkan udara tetapi mendinginkan air. Dimana perpindahan panas sensibel terjadi karena perbedaan suhu dan panas latent terjadi dari perpindahan massa yang dihasilkan dari penguapan sebagian dari air yang bersirkulasi. Pada daerah yang beriklim panas dan kering seperti di Amerika Serikat dan beberapa negara lain, penggunaan *evaporative cooler* dapat dilihat pada sebagian atau seluruh bangunan yang ada pada daerah tersebut karena *evaporative cooler* dapat mereduksi seperempat dari penggunaan energi *refrigerant air conditioner*. (Turquist, Bracciano, & Althouse, 2005).

Rancangan *Evaporative Cooler*

Pada umumnya *evaporative cooler* bekerja dengan menghisap udara dari lingkungan, saat dihisap inilah udara bersinggungan dengan pads yang ditetesi air disisi belakang (sisi hisap) blower/fan. Air membasihi pads yang menyerupai jalajala di bagian atasnya dan sisa tetesan ini

akan jatuh di *water tank* yang ada di bawah. Air disirkulasikan dari *water tank* ke bagian atas pads dengan bantuan pompa. Udara dingin yang keluar dari pads akan dihisap dan dihembuskan oleh blower/fan kelingkungan dan proses pendinginan pun berlangsung. Adapun gambar rancangan *evaporative cooler* pada umumnya sebagai berikut:



Gambar 1. Rancangan *Evaporative Cooler*

Sumber : *Evaporative Air Cooler System*

Keterangan gambar :

1. *Water Distribution Line*.

Berfungsi untuk mendistribusikan air agar seluruh permukaan dari *evaporative cooling pads* dapat menerima aliran air.

2. *Evaporative Cooling pad*.

Merupakan bagian yang berfungsi sebagai *filter* dan media pendingin.

3. Pompa.

Berfungsi mensirkulasi air dari *water tank* ke bagian atas *evaporative cooling pad*.

4. *Water tank (reservoir)*.

Berfungsi sebagai tempat penampungan air.

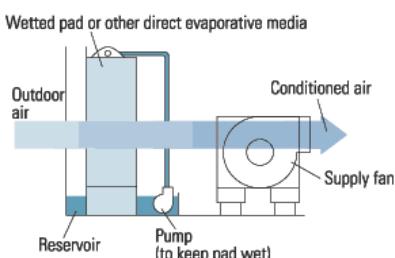
5. *Blower / fan*.

Berfungsi sebagai alat untuk mengalirkan udara.

Tipe *Evaporative Cooler*

- *Direct Evaporative Cooling*

Sistem ini menambahkan uap air langsung ke uap air yang sudah ada di udara sehingga meningkatkan kelembaban udara (*Ratio Humidity*). Prinsip kerja *direct evaporative cooling* dapat dilihat pada gambar 2, dimana udara dari luar (*outdoor air*) dialirkan secara paksa menggunakan *blower* atau *fan* melalui *evaporative cooling pads* yang dijaga tetap kelembaban dengan mengalirkan air dari bagian atas *evaporative cooling pads* sehingga sebagian panas sensibel dari udara dipindahkan ke air dan menjadi panas *latent* dan menyebabkan suhu udara menjadi dingin (E-Source,1995).

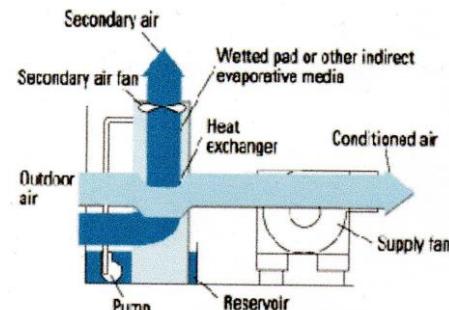


Gambar 2. Direct evaporative cooling
Sumber : *Evaporative Cooling Systems Types of Evaporative Cooling*.

- *Indirect Evaporative Cooling*

Indirect evaporative cooling merupakan proses mendinginkan udara tanpa meningkatkan kelembaban. Menggunakan sistem *indirect* lebih mahal dan mengkonsumsi energi lebih banyak jika dibandingkan dengan menggunakan sistem *direct evaporative cooler*. Prinsip kerja dari sistem ini ditunjukkan seperti pada gambar 3. *Supply fan* mengalirkan udara luar (*outdoor air*) hingga bersentuhan dengan satu sisi permukaan *heat exchanger* yang dingin, karena didalamnya mengalir udara (*secondary air*) yang suhunya relatif rendah. Setelah terjadi perpindahan panas antara udara yang mengalir di luar *heat exchanger* dengan udara yang berada didalam melalui permukaan *heat exchanger*. Udara yang didalam suhunya

akan menjadi naik dan saat bersamaan pada sisi lain *heat exchanger* bersentuhan dengan *evaporative cooling pad* sehingga terjadi proses *direct evaporative cooling* (E-Source,1995).



Gambar 3. Indirect evaporative Cooler
Sumber : *Evaporative Cooling Systems Types of Evaporative Cooling*.

Pendinginan Evaporative

Proses pendinginan *evaporative* atau secara teknik disebut dengan proses pendinginan adiabatik adalah suatu proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan air, sehingga terjadi perpindahan panas dan perpindahan massa antara keduanya. Temperatur bola kering udara akan menurun dalam proses ini dan panas sensibel yang dilepaskan digunakan untuk menguapkan sebagian butiran air. Apabila selang waktu kontak air dan udara mencukupi, maka udara akan mencapai kondisi saturasi. Ketika kondisi equilibrium tercapai, temperatur air turun hingga sama dengan temperatur bola basah udara. Secara umum akan diperoleh bahwa temperatur bola basah udara sebelum dan sesudah proses adalah sama karena proses semacam ini terjadi di sepanjang garis bola basah (*wB*) yang konstan.

Syarat agar proses pendinginan *evaporative* dapat berlangsung dengan baik adalah dengan kondisi lingkungan yang panas dan kering, yaitu lingkungan yang memiliki suhu tinggi dan temperatur bola basah yang relatif rendah. Dibandingkan dengan sistem pendinginan refrigerasi,

pendingin *evaporative* jauh lebih murah. Biaya awal yang dikeluarkan untuk membuat sebuah sistem pendingin evaporative hanya sekitar satu per empat kali dari biaya awal sebuah system pendingin refrigerasi untuk ukuran yang sama dan energi listrik yang dibutuhkan untuk pengoperasian alat pendingin evaporative pada umumnya kurang dari satu perlama kali dari energi yang dibutuhkan untuk alat pendingin refrigerasi. Hal inilah yang membuat alat pendingin *evaporative* menjadi pilihan yang disukai di daerah dengan kondisi udara lingkungan yang mengijinkan.

Performansi Pendinginan Evaporative

Penurunan Temperatur Bola Kering Udara (ΔT_{dB}) dapat didefinisikan sebagai selisih antara temperatur bola kering udara memasuki sistem dengan temperatur bola kering udara keluar sistem. (Journal Toni Dwi Putra, Nurida Finahari)

$$\Delta T_{dB} = T_{dB,i} - T_{dB,o}$$

Efektivitas ini dapat didefinisikan sebagai penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan dibagi dengan selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem. (Harris, 1991).

$$\epsilon = \frac{T_{dB,i} - T_{dB,o}}{T_{dB,i} - T_{wB,i}}$$

Kapasitas Pendinginan sensibel dapat dihitung dengan persamaan berikut dalam satuan (kW). (IJTPE Journal, 2009)

$$q_s = Q\rho C_p (T_{dB,i} - T_{dB,o})$$

Energy Efficiency Ratio (EER) merupakan hasil bagi antara kapasitas pendinginan sensibel dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. (IJTPE Journal, 2009)

$$EER = \frac{Q \rho C_p (T_{dB,i} - T_{dB,o})}{P_t}$$

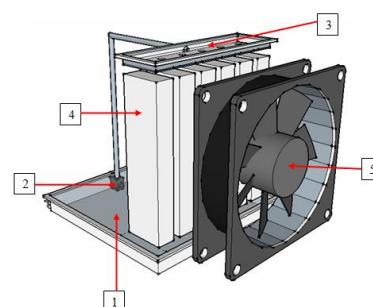
Penurunan temperatur bola kering yang mampu dicapai dengan proses pendinginan udara *evaporative* tidak dapat lebih rendah daripada temperatur bola basah aliran udara yang memasuki sistem. Pada daerah yang memiliki kelembaban tinggi, udara bebas telah membawa kandungan uap air yang cukup tinggi sehingga hal ini sangat membatasi jumlah pendinginan *sensibel* yang mampu dicapai dengan proses *evaporasi* (Harris, 1991).

Metode Penelitian

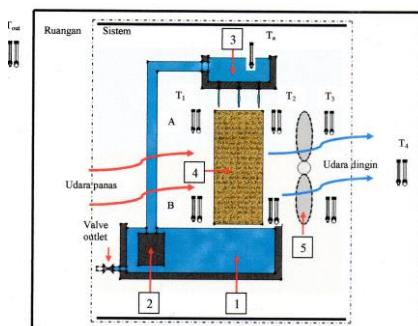
Deskripsi Alat

Penelitian ini menggunakan pads berbahan spon dengan panjang 15 cm, 25 cm, 35 cm, 45 cm dan 55 cm. Range temperatur air $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Debit air : 1 (14,76 L/menit), debit 2 (22,96 L/menit), debit 3 (32,8 L/menit) Performansi yang akan dicari diantaranya: temperatur bola kering udara (ΔT_{dB}), efektifitas pendinginan, kapasitas pendinginan dan *energy efficiency ratio* (EER).

Untuk mempermudah pengujian *evaporative cooling pads* maka dibuat pemodelan alat seperti gambar berikut ini:



Gambar 4. Desain 3D Evaporative Cooler



Gambar 5. Model Skematik Pengujian

Keterangan gambar:

1. Water Tank.
2. Pompa.
3. Water Distribution Line.
4. Pads.
5. Fan.

T_{out} = Temperatur udara diluar ruang uji.

T_a = Temperatur air saat pengujian.

T_1 = Temperatur udara masuk pads.

T_2 = Temperatur udara keluar pads.

T_3 = Temperatur udara keluar fan.

T_4 = Temperatur udara ruang uji setelah proses pendinginan.

Cara Kerja.

Adapun cara kerja sistem *evaporative cooler* ini adalah sebagai berikut:

Pada *water tank (reservoir)* dimasukkan air, kemudian pompa dihidupkan agar terjadi sirkulasi air dari *water tank* ke *evaporative cooling pads*. Kemudian fan dihidupkan, setelah fan dihidupkan maka udara panas dari lingkungan terhisap dan akan masuk kecelah-celehan *evaporative cooling pads* kemudian terjadi kontak antara udara panas dengan air dan terjadilah proses pendinginan.

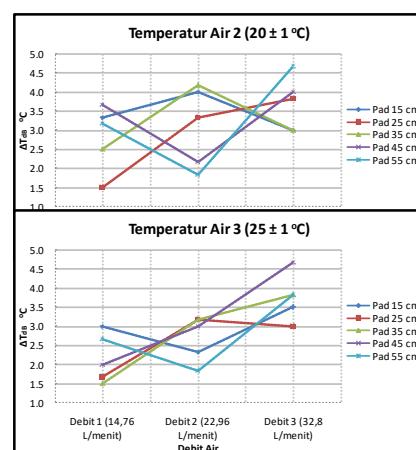
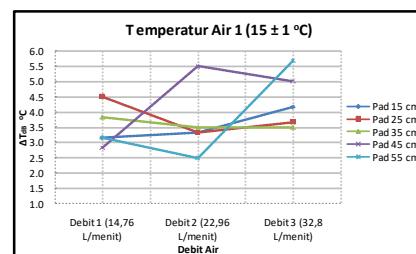
Hasil dan Pembahasan

Dari pengolahan data yang dilakukan dapat dianalisa melalui grafik dari hasil perhitungan yang dilakukan yaitu berupa besarnya: penurunan temperatur bola kering udara (ΔT_{dB}), efektifitas

pendinginan (ϵ), kapasitas pendinginan (q_s) dan *energy efficiency ratio (EER)* berdasarkan temperatur air, debit air dan panjang pads.

Penurunan Temperatur Bola Kering Udara (ΔT_{dB})

Penurunan temperatur bola kering udara merupakan selisih antara temperatur bola kering udara memasuki sistem dengan temperatur bola kering udara keluar sistem. Berikut plot grafik karakteristik penurunan temperatur bola kering udara yang dihasilkan



Gambar 6. Grafik Karakteristik Penurunan Temperatur Bola Kering Udara (ΔT_{dB}).

Pada gambar 6. menunjukkan grafik karakteristik dari penurunan temperatur bola kering udara sepanjang debit air yang diuji. Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan ΔT_{dB} seiring bertambahnya debit air yang diberikan. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang kontak dengan udara yang mengalir akan semakin banyak

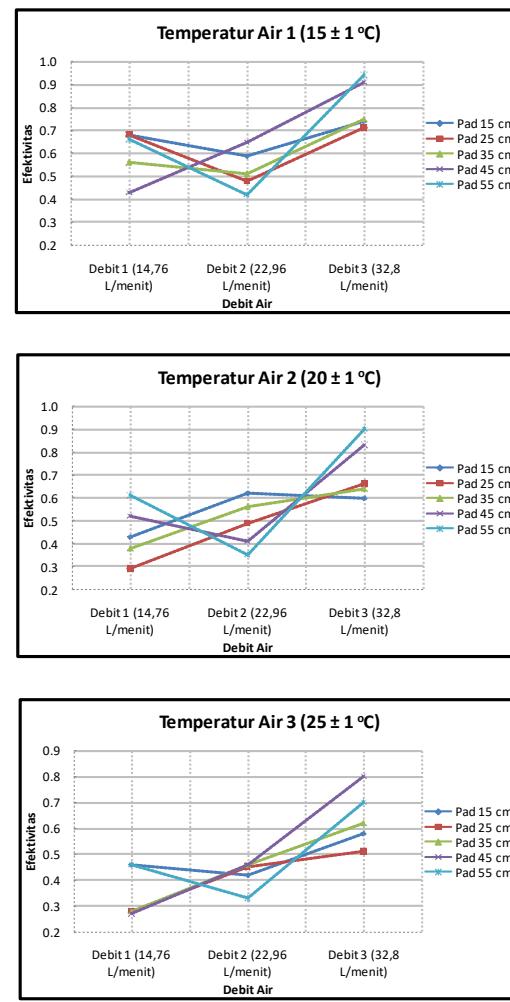
sehingga lebih banyak udara panas yang dipindahkan dari udara yang mengalir pada saat proses pendinginan terjadi. Dapat dilihat penurunan temperatur bola kering udara lebih besar terjadi pada pads dengan ukuran yang lebih panjang yaitu 45 cm dan 55 cm pada saat menggunakan debit air 3 (32,8 L/menit) hal ini disebabkan karena permukaan pads pada saat terjadinya proses pendinginan akan lebih luas sehingga waktu kontak udara dengan air yang mengalir akan lebih lama yang menyebabkan lebih banyak udara panas yang dipindahkan ke air.

Pada gambar 6. juga menunjukkan grafik terjadinya pengurangan penurunan temperatur bola kering udara seiring meningkatnya temperatur air yang diberikan. Hal ini disebabkan karena terjadi perbedaan temperatur antara udara yang mengalir dengan air sehingga sebagian panas dari udara akan dipindahkan ke air tersebut dimana temperatur air yang lebih dingin akan menyerap panas lebih banyak dan lebih cepat.

Namun pada keadaan tertentu terjadi penurunan temperatur bola kering udara yang lebih besar pada saat menggunakan temperatur air yang lebih besar, hal ini disebabkan karena temperatur udara yang memasuki sistem tidak terlalu tinggi dan udara yang keluar dari sistem tidak tercampur dengan udara panas yang berada diluar sistem selain itu juga dapat dipengaruhi oleh waktu pelaksanaan pengujian yang berbeda.

Efektivitas Pendinginan (ϵ)

Efektivitas pendinginan ini merupakan rasio penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan cooling pads terhadap selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem. Berikut plot grafik karakteristik efektivitas pendinginan yang dihasilkan.



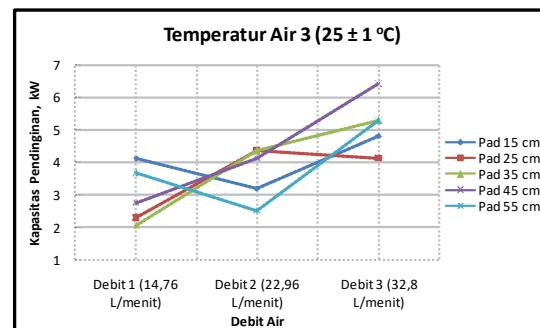
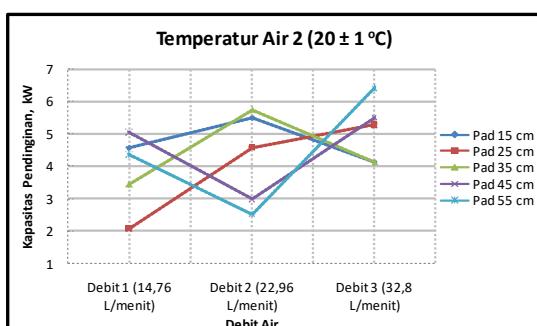
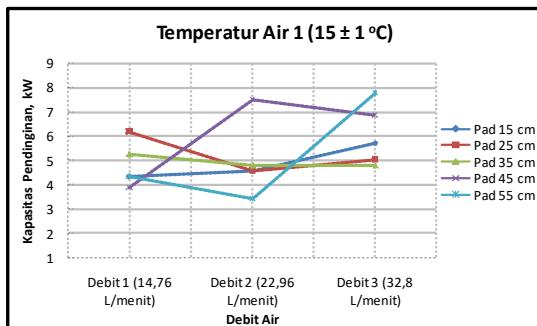
Gambar 7. Grafik Karakteristik Efektivitas Pendinginan (ϵ).

Pada gambar 7. menunjukkan grafik karakteristik dari efektivitas pendinginan (ϵ) sepanjang debit air yang diuji. Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan efektivitas seiring dengan bertambahnya debit air yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh penyerapan sebagian panas udara oleh debit air yang lebih besar menyebabkan terjadinya selisih yang cukup besar antara $T_{dB,1}$ dengan $T_{dB,3}$. Besaran $T_{WB,1}$ cenderung tidak mengalami perubahan yang cukup besar, karena $T_{WB,1}$ merupakan suhu bola basah udara luar yang memasuki sistem. Sehingga saat dimasukkan ke persamaan efektivitas maka akan menghasilkan efektivitas yang tinggi.

Namun pada keadaan tertentu terjadi penurunan efektivitas saat menggunakan

debit air yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena terlalu kecilnya selisih antara $T_{dB,1}$ dengan $T_{dB,3}$ yang dipengaruhi oleh temperatur udara pada $T_{dB,3}$ tercampur dengan udara panas yang berada diluar sistem.

Pada gambar 7. juga menunjukkan grafik karakteristik efektivitas pendinginan (ϵ) sepanjang temperatur air yang diuji, dimana dapat dilihat bahwa terjadi penurunan efektivitas pendinginan seiring bertambahnya temperatur air yang digunakan. Hal ini disebabkan karena penyerapan sebagian panas udara oleh temperatur air yang lebih besar menyebabkan terjadinya selisih yang cukup kecil antara $T_{dB,1}$ dengan $T_{dB,3}$ maka saat mengikuti persamaan efektivitas akan menghasilkan penurunan efektivitas yang ditunjukkan seperti gambar diatas.



Gambar 8. Grafik Karakteristik Kapasitas Pendinginan (q_s).

Namun pada keadaan tertentu terjadi peningkatan efektivitas pada saat temperatur yang lebih besar. Hal ini disebabkan karena terlalu besarnya selisih antara $T_{dB,1}$ dengan $T_{dB,3}$ yang dipengaruhi oleh temperatur pada $T_{dB,3}$ mengalami penurunan yang besar karena proses pendinginan yang lebih banyak menyerap panas.

Kapasitas Pendinginan (q_s)

Kapasitas pendinginan merupakan jumlah panas yang mampu diserap suatu media atau mesin pendingin dari medium yang didinginkan. Berikut plot grafik karakteristik kapasitas pendinginan yang dihasilkan.

Pada gambar 8. menunjukkan grafik karakteristik dari kapasitas pendinginan (q_s) sepanjang debit air yang diuji, dimana dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kapasitas pendinginan seiring bertambahnya debit air yang digunakan. Hal ini disebabkan karena debit air yang tinggi akan memperbesar selisih antara $T_{dB,1}$ dengan $T_{dB,3}$ dimana penurunan temperatur bola kering udara akan lebih besar sebab lebih banyak udara panas yang mampu dipindahkan ke air. Dengan demikian bila dimasukkan kedalam persamaan kapasitas pendinginan akan menghasilkan grafik seperti gambar diatas.

Namun pada keadaan tertentu terjadi penurunan kapasitas pendinginan pada debit air yang lebih besar. Hal ini bisa saja terjadi karena disebabkan oleh $T_{dB,3}$ yang

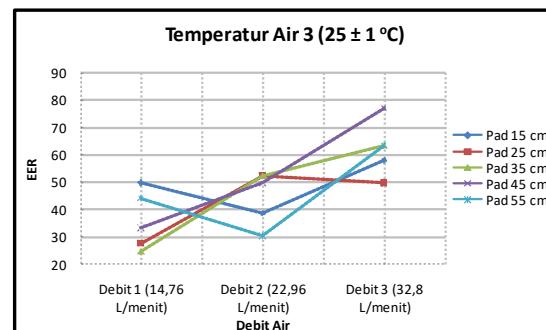
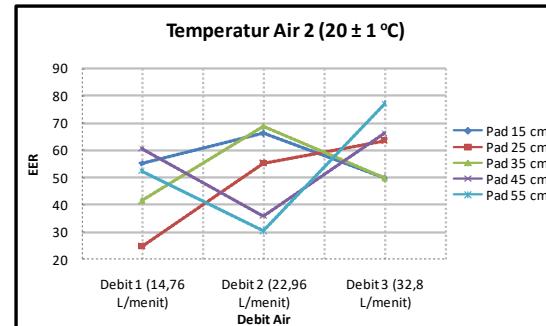
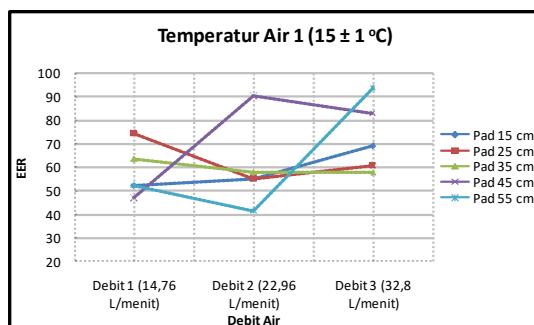
temperaturnya meningkat karena tercampur dengan temperatur udara luar yang lebih panas. Sehingga selisih $T_{dB,1}$ dengan $T_{dB,3}$ menjadi lebih kecil.

Pada gambar 8. juga menunjukkan grafik karakteristik kapasitas pendinginan (q_s) sepanjang temperatur air yang diuji dimana dapat dilihat bahwa terjadi penurunan efektivitas pendinginan seiring bertambahnya temperatur air yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh selisih antara $T_{dB,1}$ dengan $T_{dB,3}$ menunjukkan angka yang kecil, dimana di akibatkan oleh temperatur air yang besar hanya sedikit mampu untuk menyerap panas dari udara sehingga $T_{dB,3}$ menunjukkan angka yang besar.

Namun pada keadaan tertentu terjadi peningkatan kapasitas pendinginan saat menggunakan temperatur yang besar. Hal ini disebabkan oleh $T_{dB,3}$ menunjukkan angka yang rendah karena pada proses pendinginan lebih banyak menyerap panas, sehingga selisih antara $T_{dB,1}$ dengan $T_{dB,3}$ menjadi lebih besar.

Energy Efficiency Ratio (EER)

Energy efficiency ratio (EER) merupakan rasio antara kapasitas pendinginan dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. Berikut plot grafik karakteristik EER yang dihasilkan.



Gambar 9. Grafik Karakteristik EER.

Pada gambar 9. menunjukkan grafik karakteristik EER sepanjang debit air yang diuji. Dapat dilihat bahwa grafik yang dihasilkan memiliki bentuk yang sama dengan grafik pada kapasitas pendinginan hanya saja angka yang ditunjukkan oleh grafik EER berbeda. Dimana pada grafik EER merupakan hasil bagi antara kapasitas pendinginan dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. Dengan besar energi pendinginan yaitu daya pompa dijumlahkan dengan daya fan memperoleh hasil sebesar 0,083 kW. Untuk pengaruh yang ditimbulkan dari penggunaan debit air terhadap EER yang dihasilkan akan sama penjelasannya dengan kapasitas pendinginan seperti gambar 8. diatas.

Pada gambar 9. juga menunjukkan grafik karakteristik EER sepanjang temperatur air yang diuji dimana dapat dilihat bahwa grafik yang dihasilkan juga memiliki bentuk yang sama dengan grafik kapasitas pendinginan pada gambar 8. dimana pengaruh temperatur air masih sama dengan penjelasan sebelumnya hanya saja EER ini memiliki hasil angka yang berbeda karena dengan mengikuti persamaan kapasitas pendinginan dibagi

dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. Yaitu dengan energi pendinginan sebesar 0,083 kW yang di peroleh dari penjumlahan daya pompa dengan daya fan.

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Semakin kecil temperatur air yang diberikan maka : Penurunan temperatur bola kering udara (ΔT_{dB}), Efektivitas pendinginan (ϵ), Kapasitas pendinginan (q_s), dan EER akan cenderung semakin tinggi. Walaupun kadang – kadang terjadi penurunan saat menggunakan temperatur air yang kecil.
2. Semakin besar debit air yang diberikan maka : Penurunan temperatur bola kering udara (ΔT_{dB}), Efektivitas pendinginan (ϵ), Kapasitas pendinginan (q_s), EER akan semakin tinggi. Dimana dapat dilihat pada grafik dimasing – masing parameter yang cenderung menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya debit air yang diberikan. Walaupun kadang – kadang terjadi penurunan saat menggunakan debit air yang besar.
3. Pengaruh panjang pads pada setiap pengujian menghasilkan performa yang bervariasi dan tidak kondusif, dimana masing - masing pads yang lebih panjang tidak selalu menghasilkan performa yang lebih baik karena terjadi juga penurunan performa yang drastis yang ditunjukkan saat menggunakan variasi debit dan temperatur air.

Referensi

- [1] Althouse, Andrew D. Dkk. (1982). *Modern Refrigeration and Air conditioning.* Illinois: The Goodherarth Wilcox, Inc.
- [2] Effatnejad R, Salehian A. B, (2009), "Standard Of Energy Consumption And Energy Labeling In Evaporative Air Cooler In Iran" Jurnal IJTPE, Volume 1, Nomor 1.
- [3] Handoyo, Ekadewi A.; Julianingsih; Suprianto,Fandi D.; Tanrian,Albert; Wibowo, Wirawan. (2005). *Peningkatan Unjuk Kerja Dan Studi Kelayakan Peralatan Evaporative Cooling.* Seminar Nasional Research and Studies V. Yogyakarta. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi – Dept. Pendidikan Nasional.
- [4] Harris, Norman C. (1991). "Modern Air Conditioning Practice". McGraw-Hill, inc.
- [5] Karpiscak, Martin; G.W. France, T.M. Babcock, and H. Johnson. (1994). *Evaporative Cooler Water Use. Within the City of Phoenix.* Arizona Department of Water Resources, The University of Arizona , Tucson – Arizona USA
- [6] Shepard, M., J. Gregerson, D.J. Houghton P.E., L. Fryer, J. Elleson, B. Pattinson, W. Hawthorne, L. Wester, J. Stein, D. Davia, and S. Parson. June (1995). *Commercial Space Cooling and Air Handling Technology Atlas.* E-Source, Inc., Boulder, CO.
- [7] Sunarwo, (2011), "Pembuatan dan Pengujian Evaporative Cooling", Jurnal Teknik Energi, Volume 7, Nomor 1, Politeknik Negeri Semarang.
- [8] Suprianto D. Fandi, Handoyo A. Ekadewi, (2004). *Peningkatan Unjuk Kerja Peralatan Air Washer.* Jurnal Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- [9] Suprianto D. Fandi, Handoyo A. Ekadewi, dkk. (2008). "Penggunaan Serabut Kelapa Sebagai Bantalan Pada Evaporative Cooler". Jurnal Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- [10] Turnquist, C.H., Bracciano, A.F., Althouse, A.D. (2005). *Modern Refrigeration and Air Conditioning.* 18th Edition. The Goodheart-Willcox

Company, Inc., Tinley Park, Illinois.
USA.