

Pengujian Eksperimental Tingkat Pendinginan Dan Dehumidifikasi Udara Pada Solid Dry Pad Sistim Indirect Evaporative Cooling

Pius Yulianto Daton Kedang, I Made Astika dan I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sistim pendingin evaporative merupakan sistim pendingin yang hemat energy dan ramah lingkungan yang menggunakan air dan udara sebagai sumber daya alami penggerak sistim. Sistim indirect evaporative cooling adalah salah satu jenis pendingin evaporative, yang mendinginkan udara tanpa menambah kandungan uap air udara, karena tidak ada kontak langsung antara udara dan air. Dalam penelitian ini akan dikembangkan sistim indirect evaporative cooling yang berbasis solid dry pad. Solid dry pad merupakan barisan pipa-pipa yang disusun sejajar dan berisikan es kering (dry ice) dengan variasi prosentase volume pengisian dry ice 50%, 75% dan 100%. Pengujian dilakukan dengan ketiga variasi volume solid dry pad tersebut pada kecepatan aliran udara konstan 9.5 m/s, dengan lama pengujian selama 60 menit, dengan rentang waktu pengambilan data setiap 5 menit. Dari hasil pengujian didapat bahwa sistim indirect evaporative cooling berbasis solid dry pad ini mampu secara signifikan memberikan efek pendinginan dan dehumidifikasi pada udara. Tingkat pendinginan dan dehumidifikasi yang dihasilkan bervariasi berdasarkan prosentase volume pengisian solid dry pad, dimana didapat selisih penurunan temperature bola kering sebesar masing-masing 2.6°C, 2.9°C dan 4.0°C serta selisih kelembaban relative udara masing-masing 8.1%, 8.6% dan 10.3% secara berurutan untuk variasi prosentase volume pengisian solid dry pad 50% (320 cm³), 75% (480 cm³) dan 100% (640 cm³). Dapat disimpulkan disini bahwa selisih penurunan temperature bola kering tertinggi sebesar 4°C dan selisih kelembaban relative tertinggi sebesar 10.3% dicapai pada prosentase volume pengisian solid dry pad 100%, sebagai akibat semakin rendahnya temperature dan meningkatnya luasan pendinginan pada permukaan pipa solid dry pad.

Kata kunci : Pendinginan dan dehumidifikasi, sistim indirect evaporative cooling, solid dry pad, hemat energy dan ramah lingkungan.

Abstract

An evaporative cooling system is an energy-saving and environmentally friendly cooling system that uses water and air as the natural resources driving the system. The indirect evaporative cooling system is one type of evaporative cooling, which cools the air without adding air moisture content, because there is no direct contact between air and water. In this study an indirect evaporative cooling system will be developed based on a solid dry pad. Solid dry pad is a line of pipes arranged in parallel and containing dry ice (dry ice) with variations in the percentage of dry ice filling volume of 50%, 75% and 100%. The test was carried out with the three variations of the volume of the solid dry pad at a constant air flow rate of 9.5 m / s, with a length of testing for 60 minutes, with a data collection time span every 5 minutes. From the test results it was found that the indirect evaporative cooling system based on solid dry pad was able to significantly provide a cooling and dehumidification effect on the air. The resulting cooling and dehumidification levels vary based on the percentage of the volume of the solid dry pad filling, where the difference in temperature of the dry ball is decreased by 2.6°C, 2.9°C and 4.0°C as well as the relative humidity difference of the air respectively 8.1%, 8.6% and 10.3% sequentially for variations in the volume of filling of solid dry pad 50% (320 cm³), 75% (480 cm³) and 100% (640 cm³). It can be concluded here that the difference in the highest dry ball temperature reduction by 4°C and the highest relative humidity difference of 10.3% is achieved at the percentage of the 100% solid dry pad filling volume, as a result of lower temperature and increased cooling area on the surface of the solid dry pad pipe.

Keywords: Cooling and dehumidification, indirect evaporative cooling system, solid dry pad, energy saving and environment friendly.

1. Pendahuluan

Beberapa peneliti diantaranya melaporkan bahwa coolpass bird eye mesh fabric dan bamboo charcoal coolmax active fabric memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai material penukar panas dan massa pada sistim IEC [1]. Kemudian yang mempelajari sistim indirect evaporative cooling yang baru, menggunakan pipa keramik berpori (porous ceramic tube) sebagai material penukar panas dan massa [2]. Dari hasil penelitian tersebut didapat bahwa sistim indirect evaporative cooling

yang baru ini, dapat menghemat konsumsi energy pompa sebesar 95% dan menghasilkan COP tertinggi 34.9, pada kondisi udara yang panas dan kering, sistim ini mampu memberikan efisiensi bola basah (wet bulb efficiency) antara 40.3-42.2%. Peneliti yang mempelajari perbandingan sistim indirect evaporative cooling yang menggunakan plat aluminium sebagai material penukar panas dan massa dan sistim semi-indirect evaporative cooling dengan material solid porous ceramics [3]. Dari hasil penelitian tersebut didapat bahwa sistim semi –

indirect evaporative cooling menghasilkan performansi pendinginan yang lebih baik dari sistim indirect evaporative cooling, karena pada sistim IEC hanya terjadi perpindahan panas sensible udara luar ke saluran basah sistim, sedangkan pada sistim SIEC dimungkinkan terjadinya perpindahan panas laten dan panas sensible udara luar akibat penggunaan material keramik berpori. Kemudian peneliti yang melakukan penelitian sistim IEC berbasis I-SDP dengan variasi kecepatan aliran udara, yang menghasilkan penurunan temperatur dan kelembaban udara yang cukup signifikan [4]. Pada penelitian tersebut diatas, hanya dilakukan uji performansi pendinginannya saja, sedangkan proses termodinamika udara yang terjadi, tidak dibahas terlalu mendalam.

Adapun batasan masalah dari penelitian ini dapat dituliskan antara lain :

1. Temperatur lingkungan dianggap konstan.
2. Pengaruh susunan pad tidak diperhitungkan
3. Fan yang di gunakan adalah fan dengan variasi kecepatan aliran udara.
4. Pengujian dilakukan dalam ruangan.
5. Pengambilan data dilakukan setelah terjadinya kondensasi pada pipa *dry ice*.
6. Proses termodinamika udara yang dimaksud adalah perubahan temperature bola kering dan kandungan uap air udara.
7. Cooling pad terdiri dari 20 batang pipa berbentuk balok dengan dimensi masing-masing pipa, panjang x lebar x tinggi = 4 cm x 4 cm x 40 cm, yang disusun secara inline (sejajar) dan berjarak masing masing pad adalah 15 mm.
8. Kecepatan aliran udara ditetapkan = 9.5 m/s

2. Dasar Teori

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 [5].

$$\Delta T_{dB} = T_{dB,i} - T_{dB,o} \quad (1)$$

3. Metode Penelitian

Pengujian dew point cooling system ini dilakukan dengan memvariasikan kecepatan aliran udara masuk, prosentase volume pengisian pipa. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan peralatan dan perlengkapan yang akan digunakan, pasang thermometer bola kering dan thermometer bola basah di tempat yang telah ditentukan.
2. Atur putaran fan pada kecepatan $V_{ud} = 9.5$ m/s
3. Pasang solid dry pad dengan volume pengisian dry ice 100% (640 cm^3) susunan in-line

4. Setelah sistim siap, hidupkan fan, lakukan pencatatan temperature bola kering dan bola basah pada sisi masuk fan, sisi masuk pad dan sisi keluar pad setiap 5 menit dalam rentang waktu selama 60 menit
5. Lakukan pengulangan b - d untuk volume pengisian dry ice 75% (480 cm^3) dan 50% (320 cm^3)
6. Analisa hasil pengujian.

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, kecepatan aliran udara diatur pada kecepatan konstan $V_{30} = 9.5$ m/s dengan variasi prosentase volume pengisian dry ice pada solid dry pad (SDP)

50% (320 cm^3),

75% (480 cm^3), dan

100% (640 cm^3).

4.1. Data Temperatur bola basah dan bola kering pada volume SDP 50% (320 cm^3).

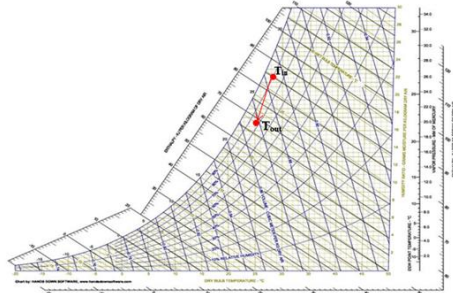
Pengujian yang dilakukan adalah dengan kecepatan aliran udara 9.5 m/s dan volume SDP 50%.

Tabel 1. TwB dan TdB

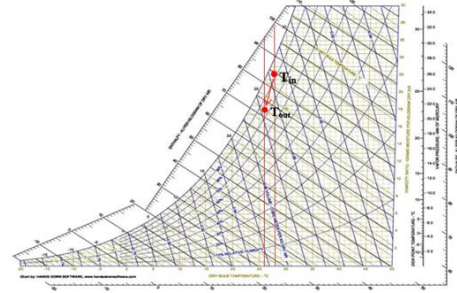
Kecepatan Udara (m/s)	Waktu (Menit)	T1 (°C)		T2 (°C)		T3 (°C)	
		TdB 1	TwB 1	TdB 2	TwB 2	TdB 3	TwB 3
(9,5)	0	28,5	27,6	27,2	23	27	26,5
	5	27,8	27,6	27,5	24,5	20,1	19,5
	10	26,8	27,5	27,5	23	23,6	22,1
	15	28,5	27,5	27,6	23	24,2	22,5
	20	28,6	27,5	27,5	23	24,6	22,8
	25	28,5	27,4	27,8	23	25,4	23,1
	30	28,6	27,4	27,8	23,2	26,4	23,8
	35	28,7	27,4	27,8	23,3	26,8	24,1
	40	28,7	27,3	27,8	23,3	27	24,4
	45	28,8	27,3	27,9	23,4	27,4	24,5
	50	28,8	27,2	27,9	23,5	27,6	24,9
	55	28,8	27,2	27,9	23,7	27,8	25
	60	28,7	27,2	28,1	24,2	28	25,3
Rata-Rata		28,44	27,39	27,71	23,39	25,83	23,73

Tabel 2. Kelembaban Relatif

Kecepatan Udara (m/s)	Waktu (Menit)	T1	T2	T3
		RH (%)	RH (%)	RH (%)
30 (9,5)	0	93,3	70,2	96,1
	5	98,4	78,4	94,6
	10	105,4	68,5	87,9
	15	92,6	67,9	86,5
	20	91,9	68,5	85,9
	25	91,9	66,7	82,4
	30	91,2	68,1	80,7
	35	90,5	68,8	80,2
	40	89,8	68,8	80,9
	45	89,1	68,7	79,1
	50	88,4	69,3	80,4
	55	88,4	70,6	79,8
60	89,1	72,7	80,6	
Rata - Rata		92,3	69,7	84,2



Gambar 1. Diagram psikrometrik proses termodinamika udara dengan volume SDP 50% (320 cm³)



Gambar 2. Diagram psikrometrik proses termodinamika udara dengan volume SDP 75% (480 cm³)

4.2. Data Temperatur bola basah dan bola kering pada volume SDP 75% (480 cm³).

Pengujian yang dilakukan adalah dengan kecepatan aliran udara 9.5 m/s dan volume SDP 75% (480 cm³)

Tabel 3. TwB dan TdB

Kecepatan (m/s)	Waktu (Menit)	T1 (°C)		T2 (°C)		T3 (°C)	
		TdB 1	TwB 1	TdB 2	TwB 2	TdB 3	TwB 3
9.5	0	28.7	28.8	27.5	27.6	27.6	28.5
	5	27.8	26.5	27.6	23.2	20.5	21
	10	27.7	26.6	27.7	23.3	21.9	21.5
	15	27.7	26.5	27.8	23.3	22.1	21.8
	20	27.4	26.5	27.9	23.2	23	22.8
	25	27.4	26.5	28	23.2	24.6	23.8
	30	27.9	26.6	28	23.3	25.5	24.1
	35	27.7	26.5	28.1	23.1	25.3	24.5
	40	27.2	26.1	28.1	23.1	25.6	24.6
	45	27.5	26.5	28.1	23	26.8	24.7
	50	27.3	26.2	28.2	22.9	26.1	24.7
	55	27.6	26.5	28.2	22.9	26.3	24.8
60	27.6	26.5	28.1	23	27.4	24.8	
Rata-Rata		27.6538	26.6385	27.9462	23.4692	24.8230	23.9692

Tabel 4. Kelembaban Relatif

Kecepatan (m/s)	Waktu (Menit)	T1	T2	T3
		RH (%)	RH (%)	RH (%)
9,5	0	100.7	100.7	100.7
	5	90.3	69.2	81.5
	10	91.8	69.2	81.6
	15	91	68.7	81.4
	20	93.2	67.5	81.1
	25	93.2	66.9	82.6
	30	90.4	67.5	83.2
	35	91.1	65.7	83.4
	40	91.7	65.7	84.1
	45	92.5	65.1	84.4
	50	91.7	63.9	82.4
	55	91.8	63.9	82.4
60	91.8	65.1	81.1	
Rata		92.4	69.2	83.8

4.3. Data Temperatur bola basah dan bola kering pada volume SDP 100% (640 cm³).

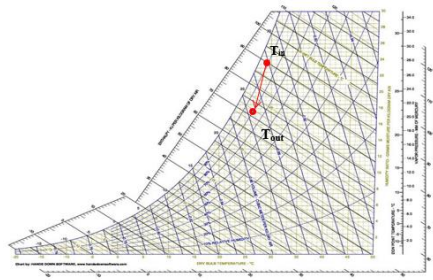
Pengujian yang dilakukan adalah dengan kecepatan aliran udara 9.5 m/s dan volume SDP 75% (480 cm³)

Tabel 5. TwB dan TdB

Kecepatan (m/s)	Waktu (Menit)	T1 (°C)		T2 (°C)		T3 (°C)	
		TdB 1	TwB 1	TdB 2	TwB 2	TdB 3	TwB 3
9,5	0	28,5	27,9	27,5	27,8	28,2	27,5
	5	28,5	27,7	27,2	26,2	20,1	20,2
	10	28,3	27,7	27	26	20,1	21,2
	15	28,5	27,5	27,2	26,1	20,6	21,4
	20	28,5	27,5	27,2	26,1	21,9	22
	25	28,5	27,5	27,3	26,2	23,7	22,9
	30	28,4	27,5	27,2	26,2	25	23,8
	35	28,5	27,4	27,4	26,2	25,6	24,4
	40	28,5	27,4	27,5	26,2	26	24,7
	45	28,5	27,4	27,5	26,2	26,3	24,7
	50	28,4	26,2	27,5	26,3	26,5	24,9
	55	28,5	26,2	27,5	26,3	26,7	25
60	28,1	26,2	27,7	26,5	26,9	25,1	
Rata-Rata		28,438	27,1615	27,3615	26,3308	24,4308	23,6769

Tabel 6. Kelembaban Relatif

Kecepatan (m/s)	Waktu (Menit)	T1	T2	T3
		RH (%)	RH (%)	RH (%)
30 (9,5m/s)	0	94.8	102,2	95.5
	5	100.8	92,4	94.1
	10	110	92,4	95.5
	15	107.1	91,7	92.6
	20	100.8	91,7	92.6
	25	93.5	91,7	92.6
	30	90.5	92,4	93.3
	35	90.7	91	91.9
	40	90	90,3	91.9
	45	87.8	90,3	91.9
	50	87.9	91	84.2
	55	87.2	91	83.5
60	86.5	91	86.2	
Rata		94.4	92.2	84.1



Gambar 3. Diagram psikrometrik proses termodinamika udara dengan volume SDP 100% (640 cm³)

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian eksperimental sistem indirect evaporative cooling berbasis solid dry pad ini adalah sistem indirect evaporative cooling berbasis solid dry pad ini pada prosentase pengisian solid dry pad 100% (640 cm³) mampu menurunkan tingkat pendinginan dan dehumidifikasi udara hingga tingkat yang cukup signifikan, dimana dengan sistem indirect ini udara mampu didinginkan hingga mencapai temperature bola kering terendah 24.43°C dengan tingkat kelembaban relative rata-rata terendah sebesar 83.9%. Dalam pengujian ini didapat bahwa selisih penurunan temperature bola kering udara tertinggi sebesar 4°C dan selisih penurunan kelembaban relative tertinggi sebesar 10.3% terjadi pada prosentase volume pengisian solid dry pad 100% (640 cm³). Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa sistem indirect evaporative cooling berbasis solid dry pad dapat dikatakan mampu menghasilkan udara produk yang dingin dan kering melalui proses termodinamika pendinginan dan dehumidifikasi yang cukup signifikan.

Daftar Pustaka

- [1] Peng Xu et.al., 2016, *Numerical investigation of the energy performance of a guideless irregular heat and mass exchanger with corrugate heat transfer surface for dew point cooling*, Energy, 109, pp. 803-817. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.062>
- [2] Fenghao Wang et.al., 2017, *Experimental Research On A Novel Porous Ceramic Tube Type Indirect Evaporative Cooler*, Applied Thermal Engineering, 125, pp 1191-1199. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.07.111>.
- [3] F.J. Rey Martinez et.al., 2004, *Comparative Study Of Two Different Evaporative System: An Indirect Evaporative Cooler And A Semi-Indirect Ceramic*

Evaporative Cooler. Energy and Buildings, 36(7), pp 696-708.

- [4] I Nyoman Suryana, I Nengah Suarnadwipa, dan Hendra Wijaksana, 2014, *Studi Eksperimental Performansi Pendingin Evaporative Portable Dengan Pad Berbahan Spon Dengan Ketebalan Berbeda*, Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika, 1, 1-6.
- [5] Putra Toni Dwi, dan Finahari Nurida, 2011, *Pengaruh Perubahan Temperatur Media Pendingin Pada Direct Evaporative Cooler*, Journal Proton, Volume 3, Nomor 1.



Pius Yulianto Daton Kedang menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2020.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan perpindahan panas dan termodinamika.