

Studi Laju Kondensasi Dan Distribusi Kelembaban Udara *Dew Point Cooling System* Pada Solid Dry Pad Susunan In-Line Dengan Volume Pengisian Tube 100%

I Md Putra Sanjaya, Hendra Wijaksana dan IGK Sukadana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Dew point cooling adalah titik embun pada saat udara kondensasi dengan surface atau permukaan dimana udara yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan udara luar lingkungan. Cooling pad sebagai media penyaringan, perpindahan panas dan material pendinginan. Dry ice merupakan material pendingin pad yang digunakan. Dibuatkan sebuah pad berbentuk kotak yang disusun in-line dan tegak lurus arah aliran udara dengan ukuran panjang 40mm, lebar 40mm, tinggi 400mm dan berjumlah 20 balok pad. Pengujian dilakukan untuk mengetahui efektifitas pendinginan, kapasitas pendinginan dan ER. Variabel yang diukur adalah kecepatan aliran udara dengan $V10 = 4,8 \text{ m/s}$, $V30 = 9,5 \text{ m/s}$, $V50 = 11,3 \text{ m/s}$ dan pengisian dry ice 100%. Dari penelitian didapat; Kecepatan aliran udara yang lebih rendah, $V1(4,8\text{m/s})$ menghasilkan selisih penurunan temperatur bola kering udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi $V3(11,3\text{m/s})$ dikarenakan pada kecepatan aliran udara yang lebih rendah waktu tinggal udara lebih lama dibandingkan pada kecepatan aliran udara yang lebih tinggi. Kelembaban udara cenderung mengalami penurunan pada kecepatan aliran udara yang lebih tinggi, karena semakin banyak uap air udara yang mengalami kondensasi di permukaan luar pad. Laju kondensasi semakin meningkat dengan meningkatnya kecepatan aliran udara.

Kata kunci : Dew point cooling, dry ice, temperature, pad

Abstract

Dew point cooling is the dew point when air condensates with the surface or surface where the air produced is lower than the outside air environment. Cooling pad as filtering media, heat transfer and cooling material. Dry ice is a cooling pad material used. Made a box-shaped pad arranged in-line and perpendicular to the direction of the air flow with a length of 40mm, width 40mm, height 400mm and a total of 20 beam pad. Tests are carried out to determine the effectiveness of cooling, cooling capacity and ER. The measured variable is the velocity of air flow with $V10 = 4.8 \text{ m / s}$, $V30 = 9.5 \text{ m / s}$, $V50 = 11.3 \text{ m / s}$ and filling dry ice 100%. From the research obtained; Lower air flow velocity, $V1 (4.8\text{m / s})$ results in a decrease in the temperature of the air dry ball difference which is higher than the higher air flow velocity $V3 (11.3\text{m / s})$ due to lower airflow times air stays longer than at higher air flow speeds. Air humidity tends to decrease at a higher velocity of air flow, because the more moisture the air experiences condensation on the outside surface of the pad. The condensation rate increases with increasing air velocity.

Keywords: Dew point cooling, dry ice, temperature, pad

1. Pendahuluan

Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, refrigerasi sangat berperan penting dalam kehidupan sehari-hari. Refrigerasi dalam pengaplikasiannya sudah banyak diterapkan dalam bangunan dan pengawetan makanan. Peralatan ini memiliki berbagai jenis seperti *air conditioner* (AC), *chiller*, *cooling tower*, dan juga kulkas. Saat ini, umumnya di rumah-rumah, apartemen dan hotel menggunakan kulkas untuk kebutuhan penyimpanan bahan makanan dan minuman. Namun, penggunaan kulkas sebagai pendingin diiringi dengan penggunaan bahan kimia yang berbahaya. Hal ini disebabkan karena didalam kulkas terdapat komponen yang tidak ramah lingkungan yaitu Freon [1]. Secara umum

ada dua tipe pendingin evaporatif (*evaporative cooling*), yaitu pendingin evaporatif langsung dan pendingin evaporatif tidak langsung [2]. Fungsi utama dari *evaporative cooling* adalah menurunkan temperatur dan meningkatkan kelembaban relatif udara sekitar sebelum masuk ke dalam ruang simpan dengan melewatkannya pada media basah yang berfungsi sebagai media pendingin [3]. Pada studi sebelumnya menunjukkan COP tertinggi yaitu 2.973 terjadi pada arah dan kecepatan aliran udara yaitu 900 dan 3,4 m/s dengan temperatur ruangan tertutup 280°C-290°C dalam keadaan *steady state* menjadi kinerja *evaporative cooling* yang paling baik [4]. Sistem DPCS dalam penelitian ini adalah barisan pipa-pipa yang kedalamnya dimasukkan dry ice dalam

prosentase pengisian tertentu, selanjutnya disebut Solid Dry Pad (SDP), yang nantinya akan dapat menangani beban panas sensible dan laten udara tanpa memerlukan masukan energi listrik untuk kompresor. Jadi sistim DPCS akan bekerja dengan cara yang sama dengan kerja evaporator pada AC. Dimana udara akan diserap panas sensiblenya oleh pipa-pipa dengan suhu permukaan yang cukup rendah dan sekaligus mengkondensasikan kandungan uap air (beban panas laten) yang ada pada udara, sehingga udara produk yang dihasilkan akan berkurang temperaturnya (dingin) dan berkurang pula kelembaban relatifnya (kering). Berdasarkan hal tersebut diatas, maka akan diteliti laju kondensasi dan juga distribusi kelembaban udara yang terjadi pada SDP dengan judul : Studi Laju Kondensasi dan Distribusi Kelembaban Udara Dew Point Cooling System pada Solid Dry Pad susunan in-line dengan Volume Pengisian Tube 100%. Dalam penelitian ini, nantinya akan dipelajari pengaruh kecepatan aliran udara terhadap laju kondensasi dan distribusi kelembaban udara yang terjadi pada SDP dengan rasio pengisian tube 100%.

2. Teori

2.1 Performansi Pendinginan *Evaporative*

Pendinginan evaporatif merupakan proses pendinginan 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 [5].

2.2 Sifat Udara Basah

Dry Bulb temperature adalah Kondisi suhu campuran antara udara dan uap air yang diukur dan dibaca melalui skala termometer biasa, tidak tergantung kepada intensitas uap air yang terkandung dalam udara. Suhu bolakering dapat dibaca ibaca pada termometer dengan sensor kerin dan terbuka. Dalam proses kesetimbangan kalor, suhu bola kering berpengaruh terhadap intensitas kalor yang diproduksi melalui penguapan maupun konveksi.

Psychrometric chart studi yang mempelajari sifat-sifat yang saling terkait dari sistem uap udara. Dalam bagan ini, dimungkinkan untuk mengetahui hubungan antara berbagai parameter udara dengan cepat dan terus-menerus, apakah terkait dengan sifat fisik udara atau sifat termalnya.

3. Penelitian

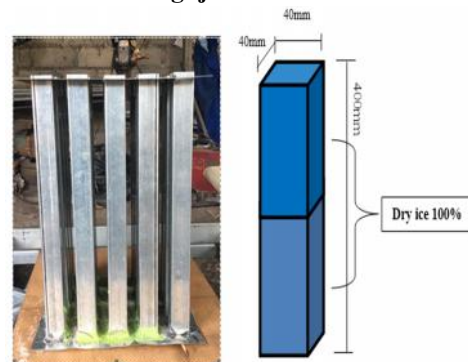
3.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu: fan, thermometer dan termokopel, stopwatch, manometer, dry ice, timbangan, anemometer dan kapas.

3.2 Cara kerja alat pengujian

Udara luar dengan suhu, kelembaban dan kecepatan tertentu akan mengalir memasuki solid dry tube dengan temperature permukaan pipa yang cukup dingin. Udara luar yang diketahui mengandung banyak uap air (moisture) kemudian bila bersentuhan dengan permukaan pipa dengan temperature yang lebih rendah dari temperature bola basah udara luar, maka akan terjadi kondensasi. Demikian pula panas sensible yang ada pada udara luar akan mengalami penurunan yang cukup tajam, karena permukaan pipa yang cukup dingin, akan menyerap panas sensible udara luar tersebut. Dengan demikian udara luar yang melewati solid dry pad, akan mengalami penurunan temperature dan kelembaban, sehingga menjadi udara yang kering dan dingin.

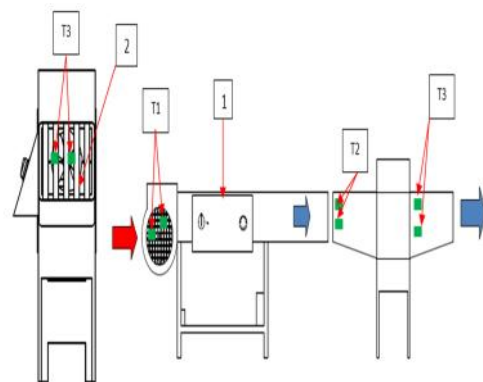
3.3 Pemodelan Pengujian.



Gambar 1. Solid Dry Pad dengan pengisian tube dry ice 100%

Keterangan gambar :

1. Mechanical Fan
2. Solid Dry Pad terdapat 20 besi yang berbentuk balok



Gambar 2. Model Skematik Pengujian

Thermometer :

T_1 = Temperatur udara masuk fan (udara sekitar).

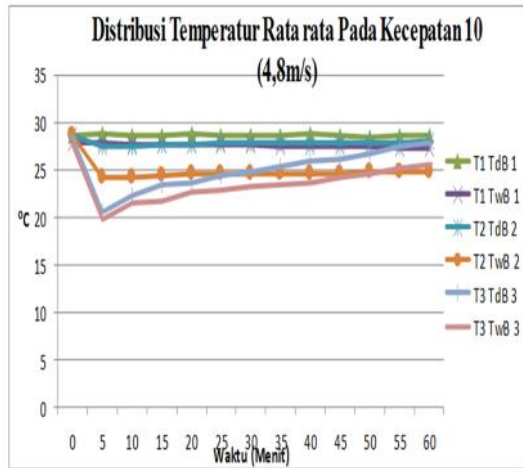
T_2 = Temperatur udara masuk pads (setelah fan)

T_3 = Temperatur udara keluar pads.

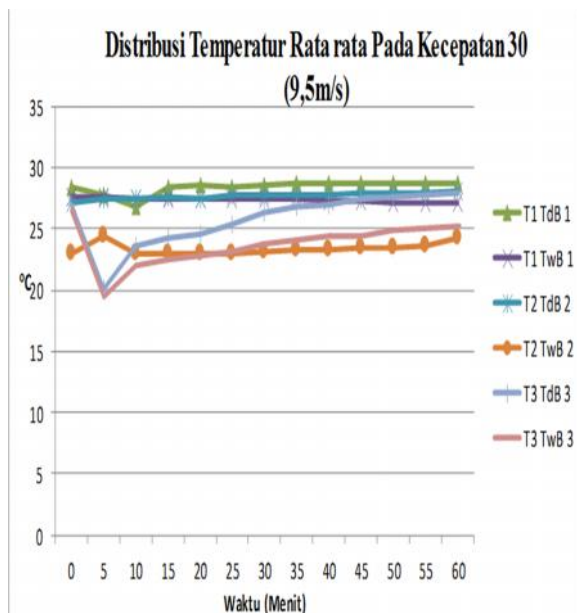
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

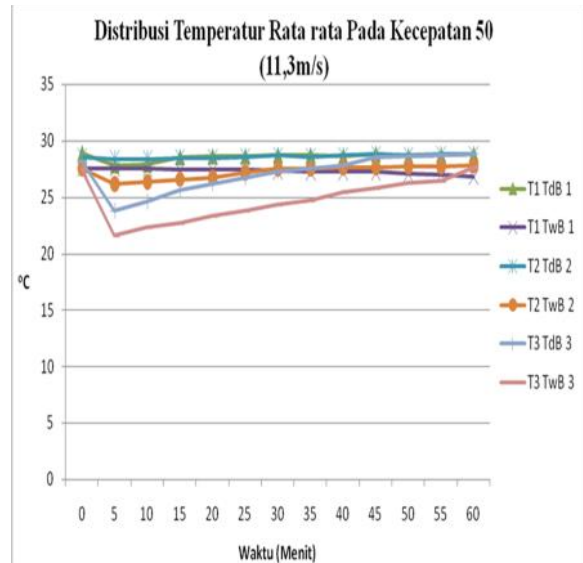
Dari hasil penelitian yang telah dijelaskan pada metode penelitian maka didapat suatu hasil penelitian yaitu Kecepatan aliran udara yang lebih rendah, $V_1(4,8\text{m/s})$ menghasilkan selisih penurunan temperatur bola kering udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi $V_3(11,3\text{m/s})$



Gambar 4. Grafik Distribusi Temperatur Pada Kecepatan $V_1(4,8\text{m/s})$



Gambar 5. Grafik Distribusi Temperatur Pada Kecepatan $V_2(9,5\text{m/s})$



Gambar 6. Grafik Distribusi Temperatur Pada Kecepatan $V_3(11,3\text{m/s})$

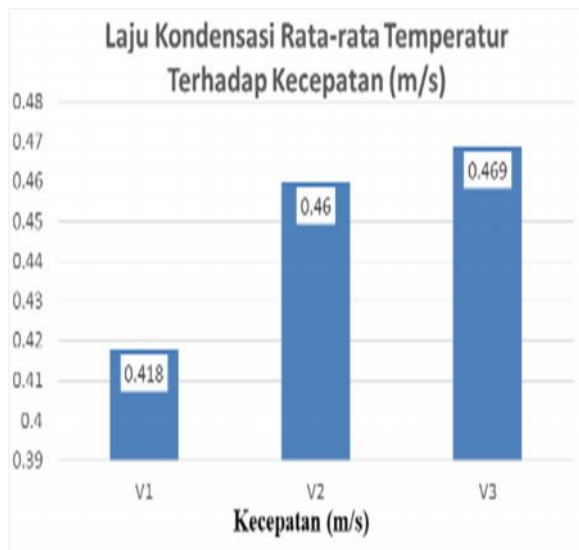
4.2 Pengaruh Kecepatan Aliran Udara terhadap Distribusi Temperatur Udara.

Dari grafik diatas, dilihat bahwa variasi kecepatan V_1, V_2, V_3 sangat mempengaruhi terjadinya proses pendinginan yang dilakukan oleh *Pad*. Hal ini karena secara empiris dengan semakin tingginya kecepatan aliran udara, maka semakin singkat waktu udara dapat bersentuhan dengan pad (residential time), sehingga kapasitas panas yang diserap oleh pad semakin kecil, dan temperature udara keluar pad menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan udara yang rendah. pada kecepatan rendah $V_1(4.8\text{m/s})$, didapat selisih penurunan temperature bola kering sebesar 8.9°C , yakni dengan penurunan temperatur bola kering (TdB) dari (TdB1) $28,5^\circ\text{C}$ dan (TdB3) $19,6^\circ\text{C}$. Sedangkan pada kecepatan aliran udara yang lebih tinggi $V_3(11,3\text{m/s})$ didapat selisih penurunan temperatur bola kering (TdB) yang lebih kecil yakni sebesar 5°C antara (TdB1) $28,5^\circ\text{C}$ dan (TdB3) $23,5^\circ\text{C}$. Maka dapat dikatakan bahwa variasi kecepatan aliran udara sangat mempengaruhi kinerja pendinginan SDP (*Solid Dry Pad*).

4.3 Pengaruh Kecepatan Aliran Udara terhadap Distibusi Kelembaban Udara.

Secara umum terlihat terjadi penurunan kelembaban udara yang lebih tinggi pada kecepatan aliran udara yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya uap air yang terkondensasi pada kecepatan aliran yang terkondensasi. Terjadinya kondensasi akibat temperature permukaan pad jauh lebih rendah dari temperature bola basah udara luar, dan dengan kecepatan aliran udara yang semakin

tinggi, semakin banyak uap air di udara yang terkondensasi udara yang lebih tinggi, sehingga udara yang keluar pad menjadi semakin kering dengan peningkatan kecepatan aliran udara.



Gambar 7. Grafik Laju Kondensasi Terhadap Kecepatan (V1,V2,V3)

Pada gambar 7 menunjukkan terjadinya peningkatan laju kondensasi dengan meningkatnya laju aliran massa udara, dimana pada kecepatan aliran udara yang lebih tinggi semakin banyak uap air udara.

5 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian yang diambil maka dapat ditarik suatu kesimpulan: Kecepatan aliran udara yang lebih rendah, V1 (4,8m/s) menghasilkan selisih penurunan temperatur bola kering udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi V3 (11,3m/s). Kelembaban udara cenderung mengalami penurunan pada kecepatan aliran udara yang lebih tinggi, karena semakin banyak uap air udara yang mengalami kondensasi di permukaan luar pad. Laju kondensasi semakin meningkat dengan meningkatnya kecepatan aliran udara.

Daftar Pustaka

- [1] Menteri Perindustrian, 2007, *Dampak Freon AC Terhadap Ozon*, Menteri Perindustrian, Jakarta.
- [2] Wang, S.K., 2000, *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*, 2nd edition, McGraw-Hill Companies, Inc.
- [3] Sunarwo, 2011, *Pembuatan dan*

Pengujian Evaporative Cooling, Jurnal Teknik Energi, Politeknik Negeri Semarang.

- [4] Ajiwiguna, Tri Ayodha, 2017, *Effect of Air Velocity and Direction for Indirect Evaporative Cooling in Tropical Area*, Jurnal of IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 211.
- [5] Watt,R., 1986, *Evaporative Cooling Handbook*, 2nd edition, New- York.



I Made Putra Sanjaya menyelesaikan pendidikan program (S1) di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali. Memulai pendidikan pada tahun 2011 hingga 2019. Bidang yang diminati adalah teknik mesin, konversi energi, dan material.

Topik skripsi "Studi laju kondensasi dan distribusi kelembaban udara *dew point cooling system* pada solid dry pad susunan in-line dengan volume pengisian tube 100%".