

PENGARUH VARIASI UDARA MASUKAN TERHADAP UNJUK KERJA PORTABLE MINI DEHUMIDIFIER

Ozkar F. Homzah^{1*)}, Hermanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang

Jl. Kapten Marzuki No. 2446, Palembang 30129.

*)E-mail: ozkarhomzah@univ-tridinanti.ac.id

Abstrak

Sebuah hasil rancang-bangun dirancang-bangun untuk mendinginkan lalu sekaligus mengeringkan udara atau disebut dehumidifikasi. Hasil rancang-bangun ini menggunakan termoelektrik sebagai komponen utama dalam dehumidifikasi. Penelitian ini dilakukan dengan mengkaji kinerja sebuah portable mini dehumidifier menggunakan teknologi termoelektrik dengan variasi udara masukan terhadap nilai COP (*coefficient of performance*) atau unjuk kerja dari modul termoelektrik yaitu TEC1-12706. Penelitian ini dilakukan untuk empat waktu variasi udara masukan yaitu pada pagi hari (pukul 07.00-10.00 wib); siang hari (pukul 12.00-15.00 wib); malam hari (21.00-24.00 wib); dan set-point (set-temperatur 24 °C) untuk rerata setiap 15 menit pengambilan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa heat-sink untuk sisi dingin dapat mendinginkan temperatur udara masuk sebesar 5.40 °C pada kondisi rerata set-point, serta pendinginan terkecil hanya 2.23 °C pada kondisi rerata siang hari. Dari hasil penelitian juga didapat koefisien kinerja atau COP terbaik dari sisi panas heat-sink termoelektrik pada kondisi set-point yaitu 1.64 dengan menurunkan (dehumidifier) kelembaban udara masuk dari 59% menjadi 27.08%, sedangkan pada kondisi malam hari kinerja sisi panas heat-sink mengalami penurunan menjadi 1.48 dikarenakan kelembaban udara produk dihasilkan mencapai 43.23% dari kelembaban udara masuk yaitu 95.77%.

Kata kunci : termoelektrik TEC1-12706, temperatur dan kelembaban udara (%RH), kotak mini dehumidifikasi

Abstract

A prototype is designed to cool and then dry air or dehumidification. The prototype uses thermoelectric as the main component in dehumidification. This research is conducted by studying the performance of a portable mini dehumidifier using thermoelectric technology with variation of input air to COP (*coefficient of performance*) of thermoelectric module that is TEC1-12706. This research was conducted for four times variation of input air that is in the morning (at 07.00-10.00 am); daytime (at 00:00 to 03:00 pm); Night (09.00-12.00 pm); and set-point (set-temperature 24 °C) for the average every 15 minutes of data retrieval. The results show that heat-sinks for cold side can cool air temperature of 5.40 °C in set-point mean conditions, and the smallest cooling is only 2.23 °C in average daytime conditions. The results of the research also obtained the best coefficient of performance or COP from the hot side of the heat-sink in the set-point condition that is 1.64 by reducing (dehumidifier) of air humidity from 59% to 27.08%, while at night time the hot side of the heat-sink performance small decrease to 1.48 due to air humidity of product resulted reach 43.23% from incoming air humidity that is 95.77%.

Keywords: thermoelectric TEC1-12706, air temperature and relative humidity, COP, portable mini dehumidifier.

PENDAHULUAN

Kelembaban udara merupakan salah satu dari sekian banyak parameter yang berkaitan dengan kenyamanan ruangan. Saat ini, *dehumidifier* yang banyak digunakan yaitu menggunakan sistem pendingin kompresi uap sebagai pendingin yang diintegrasikan dengan pemanas elektrik maupun pemanfaatan gas panas yang dihasilkan oleh kompresor. Beberapa kelemahan *dehumidifier* jenis

ini adalah dimensi yang relatif besar, berisik, adanya vibrasi, dan kurang ramah lingkungan karena menggunakan refrigeran. Salah satu solusi yang ditawarkan untuk mengatasi kekurangan dari *dehumidifier* tersebut di atas dapat kita gunakan *dehumidifier* yang menggunakan teknologi termoelektrik.

Teknologi termoelektrik adalah teknologi pendinginan dengan menggunakan efek peltier. Menurut teori Jean-Charles Peltier, efek peltier terjadi jika dua buah metal atau semi konduktor berbeda dialiri arus listrik akan menghasilkan perbedaan

temperatur. Perbedaan temperatur dihasilkan dengan cara menyerap panas disekitar atau dalam kotak pendingin dan dilepaskan sisi lain. Penelitian proses pendingin dengan termoelektrik dapat membuat temperatur di dalam kotak tanpa beban turun dari 23°C menjadi 9°C dan menurunkan temperatur 100 ml air dari 23°C menjadi 14°C dalam waktu 30 menit [2]. Adapun proses dehumidifikasi dengan menggunakan termoelektrik dilakukan dengan cara menurunkan temperatur udara pada sirip pendingin hingga mencapai temperatur saturasi yang mengakibatkan uap air yang terkandung pada udara dalam kabin lembab mengembun. Selanjutnya, udara yang telah berkurang kandungan uap airnya karena proses pengembunan pada pendingin tersebut dipanaskan untuk menurunkan kelembaban relatif (%RH), sehingga memungkinkan udara yang keluar dalam keadaan temperature tetap namun kelembaban relatif yang lebih rendah.

Proses pendinginan dengan termoelektrik dipengaruhi oleh banyaknya kalor yang dapat dilepas dari bagian sisi sisi panas. Semakin besar atau banyak kalor yang dilepas, maka temperatur sisi lainnya akan turun. Sebaliknya, jika kalor sisi panas tidak dipindahkan atau dibuang ke lingkungan, maka akan terjadi perpindahan panas secara konduksi yang mengakibatkan sisi dingin ikut menjadi panas. Penelitian untuk mengatasi lajunya perpindahan konduksi dari sisi panas ke sisi dingin dengan menambahkan kipas pada *heat sink* sisi panas sehingga temperatur sisi lainnya menjadi lebih rendah [3]. Hasil penelitian tentang pengaruh lama proses pendinginan dan daya listrik yang digunakan terhadap nilai COP. Dihasilkan nilai COP daya listrik 20 W mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu pendinginan serta daya listrik 20 W juga memiliki nilai COP yang lebih tinggi dibandingkan dengan daya listrik 30 W dan 40 W pada saat menit ke-5 sampai menit ke-60 [4].

Berdasarkan dari hasil penelitian serta cara pembuangan panas yang telah dilakukan sebelumnya, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang media perpindahan panas termoelektrik. Penelitian yang akan dilakukan yaitu kajian eksperimental *portable mini dehumidifier* menggunakan teknologi termoelektrik dengan variasi udara masukan yang diharapkan mendapatkan parameter pengukuran yang belum sesuai dengan apa yang diharapkan, yaitu perubahan hasil pengukuran nilai temperature pendinginan dan kelembaban udara produk dari sistem terhadap variasi udara masukan dari lingkungan pada kondisi pagi, siang dan malam hari serta temperatur *set-point* terhadap unjuk kerja dari termoelektrik.

Dalam penelitian ini, temperatur dingin dari hasil pergerakan elektron dapat di gunakan untuk meningkatkan nilai COP. Penggunaan pelat

aluminium di sisi dingin sangat diperlukan agar luasan yang dapat menyimpan temperatur rendah menjadi bertambah. Selain itu, Penambahan *heatsink* di sisi panas sangat diperlukan untuk mengurangi perpindahan panas konduksi dari sisi panas ke sisi dingin. Penambahan *thermal-pad* tembaga akan mempengaruhi temperatur di dalam kotak pendingin. Semakin rendah temperatur di sisi panas maka semakin rendah pula temperatur di dalam kotak pendingin sehingga nilai COP sistem semakin naik.

Efek termoelektrik adalah segala fenomena yang melibatkan suatu pertukaran panas dengan gaya gerak listrik (GGL). Bila pertukaran yang terjadi hanya dapat berlangsung satu arah saja, seperti dari GGL menjadi panas dan tidak dapat kembali dari panas menjadi listrik, maka proses tersebut disebut proses tak mampu balik. Jika arus dilewatkan melalui suatu termokopel maka akan terjadi efek termoelektrik yaitu: efek Joulean (Q_{joul}), efek Peltier (Q_{peltier}), dan efek konduksi panas (Q_k). Dimana kesemua efek tersebut akan timbul bersama-sama pada saat sistem termoelektrik berlangsung.

COP (*coefficient of performance*) merupakan nilai dari unjuk kerja dari termoelektrik. Nilai ini dapat menunjukan tingkat kualitas dari sistem pendinginan termoelektrik. Nilai COP yang tinggi menunjukan bahwa kualitas dari pendinginan sangat baik atau tinggi, sebaliknya COP yang rendah akan menunjukan kualitas yang kurang baik dalam sistem pendinginan. Menurut Rowe; Rawat^[1,2] COP dapat dihitung dengan persamaan 1 sampai dengan 5 sebagai berikut:

Panas yang terjadi pada sisi dingin

$$Q_{\text{dingin}} = Q_{\text{peltier}} - 0.5 Q_{\text{joul}} - Q_k \dots\dots\dots (1)$$

Panas yang terjadi pada sisi panas

$$Q_{\text{panas}} = Q_{\text{peltier}} + (I^2 \Theta / 2\ell) - Q_k \dots\dots\dots (2)$$

Daya listrik yang diperlukan berasal dari arus listrik searah.

$$W = V \cdot I \dots\dots\dots (3)$$

Unjuk kerja atau COP yang dihasilkan

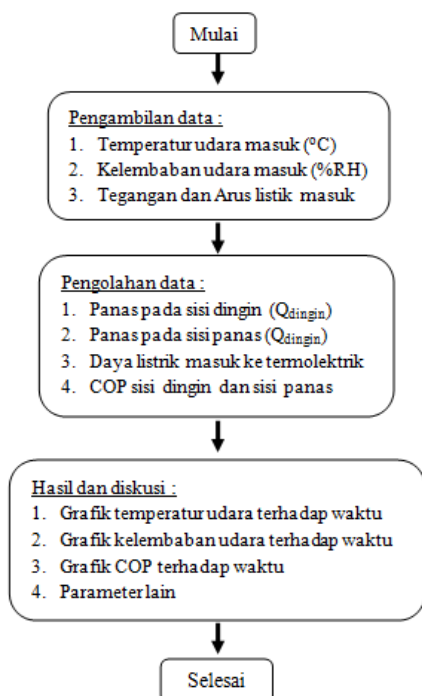
$$COP_{\text{dingin}} = \frac{Q_{\text{dingin}}}{W} \dots\dots\dots (4)$$

$$COP_{\text{panas}} = 1 + \frac{Q_{\text{panas}}}{W} \dots\dots\dots (5)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dengan melakukan pengujian dari hasil rancang-bangun sebuah portable mini dehumidifikasi berbasis termoelektrik TEC1-12706 serta dilakukan di dalam ruangan dengan volume ruangan 27m³ atau dimensi 3m x 3m x 3m dengan total beban pendinginan dari hasil perhitungan sebesar 1365 watt^[5]. Pengambilan data dilakukan di

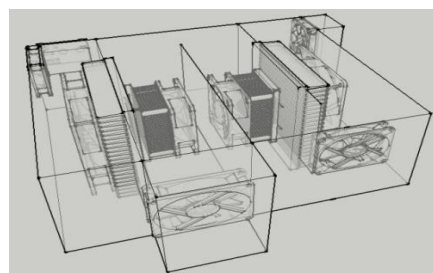
kota Palembang pada tanggal 18 Juni 2017 dengan variasi udara masuk yaitu pada pagi hari (pukul 07.00-10.00 wib); siang hari (pukul 12.00-15.00 wib); malam hari (21.00-24.00 wib); dan set-point. Dimana pada tiga variasi udara masukan yaitu pagi, siang dan malam hari tidak menggunakan bantuan sistem refrigerasi kompresi uap (AC-split) sedangkan untuk variasi udara masukan set-point menggunakan AC-Split dengan kapasitas $\frac{1}{2}$ PK serta di set-temperatur ruangan 24°C. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mempelajari parameter yang mempengaruhi perubahan unjuk kerja yang dihasilkan selama pengujian berlangsung. Hipotesa yang dipakai adalah nilai ujuk kerja atau COP dari elemen termoelektrik terjadi kenaikan seiring dengan penambahan temperature *heat-sink* pada sisi panas termoelektrik.



Gambar 1 Skema penelitian

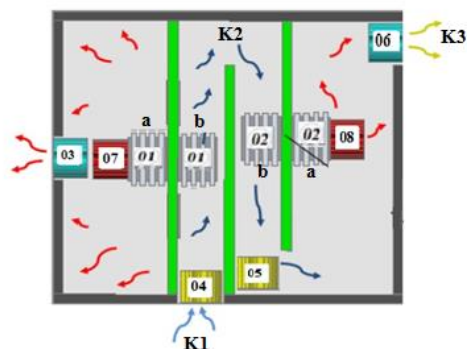
Langkah pengerjaan penelitian ini dapat dijabarkan pada Gambar 1. Dimana terdiri dari 3 proses yaitu analisis data yang dianalisa selama 1 hari pegujian prototipe portable mini dehumidifikasi, pengolahan data yaitu melakukan proses perhitungan matematis serta hasil yang diilustrasikan dalam bentuk grafik hasil terhadap waktu pegujian prototipe. Pada tahap pertama adalah analisis data, dicatat dan dianalisis parameter pegujian prototipe yang mencakup; temperatur udara masuk, kelembaban udara relatif masuk (%RH), dan tegangan maupun arus listrik elemen termoelektrik. Tahap kedua yaitu pengolahan data dilakukan

perhitungan panas pada sisi dingin dan sisi panas, menghitung daya listrik, lalu mendapatkan penurunan kelembaban udara untuk ke empat variasi udara masukan. Setelah itu melakukan perhitungan untuk nilai unjuk kerja atau COP (*coefficient of performance*). Dan tahap ketiga adalah mengilustrasikan hasil perhitungan kedalam grafik, yaitu nilai temperatur, kelembaban relatif udara dan COP terhadap waktu pengujian.



Gambar 2 Perspektif portable mini dehumidifikasi [5]

Gambar 2 menunjukkan perspektif dari portable mini dehumidifikasi penelitian yang akan dilakukan ialah pengujian prototipe yang memiliki dimensi (P = 350 mm, L = 300 mm, T = 110 mm) terbuat dari akrilik dengan menggunakan dua modul termoelektrik, 6 buah fan dengan putaran tetap dan 1 buah penyuplai daya 450 watt.



Keterangan gambar 3:

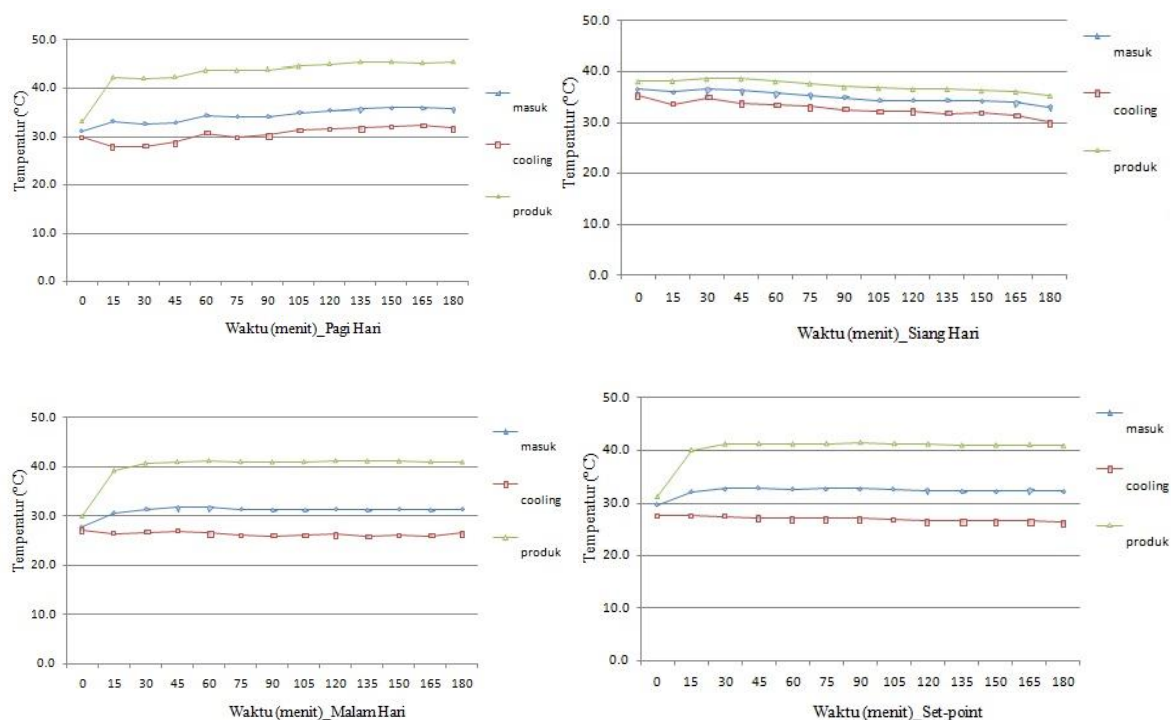
- 01a-02a : *heatsink* sisi panas
- 01b-02b : *heatsink* sisi dingin
- 07-08 : *fan cooler*
- 04 : *fan* masukan udara luar/lingkungan
- 05 : *fan* sirkulasi udara dalam kabin
- 06 : *fan* keluaran sistem (kondisi demuhidifikasi)
- 03 : *fan* keluaran sistem
- K1 : udara masuk
- K2 : kabin pendingin (cooling)
- K3 : udara keluar (produk)
- (red) : Udara Panas
- (blue) : Udara dingin lembab
- (green) : Udara luar/lingkungan
- (yellow) : Udara dingin Kering

*diantara *heatsink* sisi panas dan dingin terdapat termoelektrik TEC1-12706

Gambar 3 Skema laluan aliran udara [5]

Pada Gambar 3, mengilustrasikan laluan aliran udara didalam *prototipe* portable mini dehumidifikasi yang akan dilakukan dalam penelitian. Dimana K1 adalah kondisi udara masuk, K2 (kabin atau *cooling*) adalah kondisi dalam kabin/kotak dari sisi dingin termoelektrik dan K3 (produk) adalah kondisi produk atau hasil dehumidifikasi dari sisi panas.

HASIL DAN DISKUSI



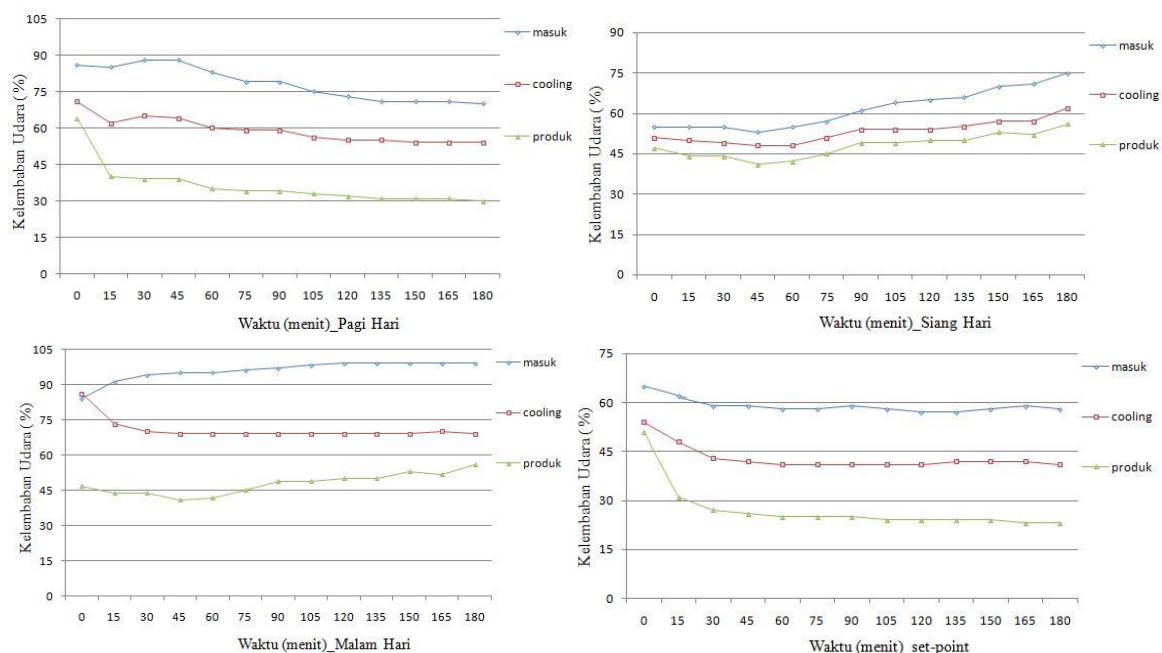
Gambar 4 Perbandingan nilai temperatur udara terhadap waktu

Dari Gambar 4, dapat di ilustrasikan bahwa terjadi kenaikan temperatur rerata produk hingga 9 ~12,31 °C terhadap temperatur udara rerata masukan yaitu 31,1 ~ 35 °C, dimana dari hasil pengujian terjadi proses pendinginan yang dilakukan oleh sisi dingin *heat-sink* termoelektrik berurut-urut untuk kondisi pagi, siang, malam dan set-point yaitu 2,4 °C; 2,7 °C; 0,5 °C; dan 0,6 °C. Hasil ini menunjukkan bahwa untuk variasi udara masuk pada siang hari memberikan nilai tertinggi dan terendah terjadi pada malam hari, hal tersebut membuktikan bahwa terjadi pelepasan panas pada sisi dingin termoelektrik.

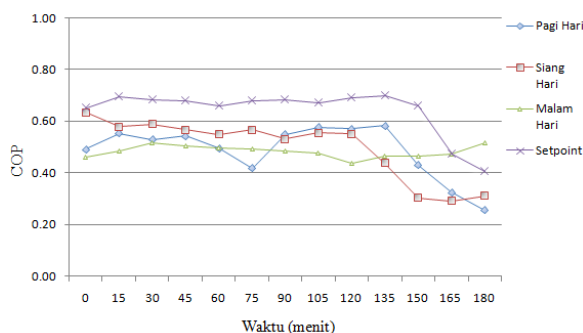
Pada Gambar 5 menunjukkan hasil penurunan kelembaban udara produk pada sisi panas *heat-sink*, dimana pada kondisi pagi hari di dapat penurunan kelembaban relatif udara (%RH) produk dari 64% menjadi 30%. Sedangkan pada kondisi siang hari terjadi kenaikan kelembaban udara relatif (%RH)

Setelah dilakukan pengambilan data, maka data yang didapatkan tersebut diolah untuk mengetahui hasil dari pengujian portable mini dehumidifikasi. Dalam pengambilan data menggunakan variasi udara masukan dengan menggunakan modul termoelektrik TEC1-12706. Pengukuran dilakukan selama tiga jam dengan rentang pengambilan data 15 menit dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya. Kondisi udara masuk terhadap temperatur serta kelembaban udara kabin pendingin dan produk.

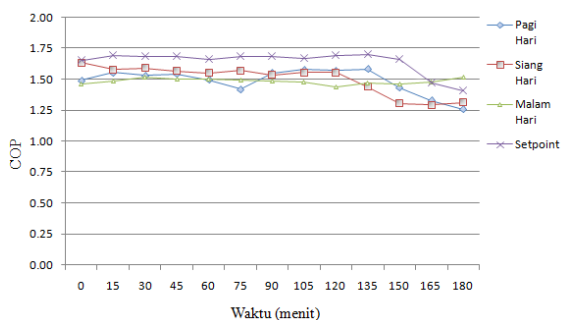
produk dari 47% menjadi 56%, hal ini disebabkan kondisi menit ke-0 untuk kelembaban relatif udara masuk sudah kering/dry (< 60 %RH). Pada kondisi malam hari di dapat penurunan kelembaban relatif udara (%RH) produk dari 79% menjadi 39% serta pada kondisi set-point di dapat penurunan kelembaban relatif udara (%RH) produk dari 51% menjadi 23%. Dari hasil pengujian ini didapatkan bahwa untuk kondisi pagi, malam dan set-point terjadi proses dehumidifikasi oleh termoelektrik yang dihasilkan oleh sisi panas/produk sedangkan untuk kondisi siang hari tidak terjadi proses dehumidifikasi dikarenakan kondisi menit ke-0 pada pengujian/pengambilan data di dapat nilai kelembaban udara relatif masuk sudah kering/dry (< 60 %).



Gambar 5 Perbandingan nilai kelembaban relatif (%RH) udara terhadap waktu



Gambar 6 Perbandingan nilai COP terhadap waktu (sisi dingin)



Gambar 7 Perbandingan nilai COP terhadap waktu (sisi panas)

Gambar 6 dan 7 menunjukkan nilai COP merupakan nilai unjuk kerja yang dapat menentukan kualitas dari termoelektrik. Nilai COP ini diperoleh

dari hasil bagi antara kalor yang terdapat pada terminal dingin dengan daya yang masuk pada termoelektrik serta penambahan angka 1 dari hasil bagi antara kalor yang terdapat pada terminal panas dengan daya yang masuk pada termoelektrik. Pada Gambar 6. diatas menunjukkan grafik kinerja (COP) sisi dingin dari portable mini demudifier selama 3 jam tiap 15 menit pengambilan data yang cenderung menurun untuk ke semua kondisi variasi temperatur udara masuk. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa nilai rata-rata dari kinerja mesin pada kondisi set-point tertinggi sebesar 0,64, lalu kondisi siang sebesar 0,50, kondisi pagi sebesar 0,49 dan kondisi malam sebesar 0,48. Gambar 7. menunjukkan grafik kinerja (COP) sisi panas dari portable mini demudifier selama 3 jam tiap 15 menit mengalami data yang cenderung menurun untuk ke semua kondisi temperature udara masuk. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa nilai rata-rata dari kinerja mesin pada kondisi set-point tertinggi sebesar 1,64, lalu kondisi siang sebesar 1,50, kondisi pagi sebesar 1,49 dan terendah yaitu kondisi malam sebesar 1,48. Dari kedua grafik (6 dan 7) diketahui kondisi set-point mesin dehumidifikasi yaitu modul termoelektrik berkerja lebih maksimal untuk mendinginkan temperatur kabin/cooling pada sisi dingin lalu menurunkan kelembaban udara relatif (%RH) pada sisi panasnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kondisi siang memiliki temperatur kabin/pendingin tertinggi yaitu mencapai 35.4°C pada temperatur udara masuk 46.4°C dengan rata-rata temperatur kabin/pendingin 32.81°C pada temperatur rata-rata udara masuk 34.3°C, sedangkan kondisi set-point memiliki temperatur kabin/pendingin terendah yaitu mencapai 26.3°C pada temperatur udara masuk 32.3°C dengan rata-rata temperatur kabin/pendingin 26.92°C pada temperatur rata-rata udara masuk 32.32°C.
2. Kondisi siang memiliki kelembaban udara produk rata-rata terbesar yaitu mencapai 47.85% pada kelembaban udara masuk rata-rata 61.69%, sedangkan kondisi set-point memiliki kelembaban udara produk rata-rata terkecil mencapai 27.08% pada kelembaban udara masuk rata-rata 59%.
3. Koefisien kinerja (COP) elemen termoelektrik sisi panas dengan kondisi set-point mempunyai nilai tertinggi mencapai 1.64 pada kelembaban udara masuk rata-rata 59% dengan nilai penurunan kelembaban udara (*dehumidifier*) rata-rata menjadi 27.08%, sedangkan kondisi malam memiliki nilai COP terendah mencapai 1.48 pada kelembaban udara masuk rata-rata 95.77% dengan nilai penurunan kelembaban udara rata-rata menjadi 43.23%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rowe DM, 2006, “*Thermoelectrics handbook macro to nano. 1st ed*”. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [2] Rawat, M. K., Chattopadhyay, H., dan Neogi, S. 2013. *A Review On Development of Thermoelectric Refrigeration and Air Conditioning Systems: A Novel Potential Green Refrigeration and Air Conditioning Technology*. International Journal of Emerging Techonolgy and Advanced Engineering Vol. 3 Issue 3, Februari 2013 (362-367).
- [3] Chakib, Alaoui. 2011. *Peltier Thermoelectric Modules Modeling and Evaluation*. International Journal of Engineering Vol 5 Issue 1 (2011).
- [4] Jungsijinda, S., Vora-ud, A., dan Seetawan, T. 2010. *Analyzing of Thermoelectric Refrigerator Performance*. Procedia Engineering 8 (2011) 154–159.
- [5] Ozkar F.Homzah et al. Juni 2017. Desain dan perancangan portable mini demudifier berbasis termoelektrik dengan variasi temperatur udara masuk. Laporan hasil penelitian. LPPM Universitas Tridinanti Palembang (*unpublished*).