

## Pengaruh Jumlah TEC terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin Termoelektrik

Mega Nur Sasongko<sup>1,\*</sup>, Abdi Sultan Habibi<sup>1</sup> dan Fikrul Akbar Alamsyah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya - Malang

\*Korespondensi: megasasongko@ub.ac.id

**Abstrak.** Teknologi Mesin pendingin berkembang sangat pesat. Hal ini dapat dibuktikan dengan semakin banyaknya inovasi yang dilakukan dalam dunia pengkondisian udara. Salah satunya adalah pengkondisian udara menggunakan Termal Electric Cooler (TEC) yang ramah lingkungan, murah, dan hemat biaya. Termoelektrik adalah mesin pendingin yang menggunakan prinsip efek peltier yaitu efek termoelektrik karena aliran listrik pada 2 jenis material yang berbeda sehingga menghasilkan sisi dingin dan sisi panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah TEC terhadap unjuk kerja mesin pendingin termoelektrik yang meliputi Coefficient of Performace actual dan teoritis, kelembaban udara dan beda temperature antara sisi panas dan dingin. Penelitian ini menggunakan termoelektrik dengan tipe TEC1-12706 dengan bahan dasar Bismuth telluride (Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>) dan Antimony telluride (Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>). Sekumpulan TEC diletakkan diantara dua buah aliran streamline yang masing-masing aliran udara tersebut mewakili aliran untuk sisi panas dan sisi dingin. Jumlah TEC dalam penelitian ini divariasikan dalam 1, 2, 3, 4 dan 5 buah. Aliran udara panas dan dingin dijaga konstan pada masa alir 0.014 m<sup>3</sup>/dt dengan suhu udara masuk saluran sebesar 26 °C dan kelembaban 80%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa COP mesin pendingin termoelektrik yang terbesar terdapat pada jumlah TEC 3 buah yaitu dengan COP ideal sebesar 0,552 dan COP aktual sebesar 0,514. Selain itu penurunan temperatur dan kelembaban yang terbesar dapat dicapai pada jumlah TEC 5 buah, yaitu dengan penurunan temperatur dan kelembaban masing-masing sebesar 2,8 °C dan 85,56%.

**Kata kunci:** termoelektrik, thermal electric cooler, COP, penurunan temperatur

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Penggunaan mesin pengondisian udara tidak dapat dipungkiri adalah kebutuhan penting dan dapat di seajarkan dengan kebutuhan pokok utama seperti sandang, pangan, papan, mengingat negara Indonesia adalah negara yang memiliki musim tropis dan musim hujan didukung dengan banyaknya jumlah penduduk di Indonesia maka makin banyak pula permintaan kebutuhan tersebut ini menunjukkan kebutuhan teknologi sangat berperan aktif untuk kelangsungan perkembangan masyarakat dari tahun ketahun.

Dalam kehidupan sehari-hari pengondisian udara yang banyak ditemui adalah Air Conditioner (AC). AC adalah sistem pengondisian udara yang memanfaatkan zat pendingin untuk menghasilkan udara sejuk seperti yang kita inginkan [1]. Namun AC dianggap dapat merusak dan dapat membahayakan bumi dengan efek yang ditimbulkan berupa penipisan lapisan ozon. Ozon dirusak oleh molekul yang mengandung klorin dan brom yang dihasilkan chlorofluorocarbons (CFCs). Gas ini ditemukan pada banyak produk dari penyemprot rambut sampai kulkas dan alat pendingin ruangan. Alasan menipisnya ozon lebih banyak terjadi di Antartika karena suhu dingin yang ekstrem dan cahaya yang terang benderang. Kedua hal ini membantu tercipta-

nya awan kutub stratosfer, lapisan ozon akan rusak sekitar 3% per-dekadanya [2]. Zat pendingin AC yang lebih dikenal refrigeran berpotensi sangat besar dalam penipisan ozon untuk itu dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah tersebut yaitu dengan pendinginan dengan menggunakan termoelektrik.

Termoelektrik merupakan solid state technology atau bisa dikatakan sebagai suatu komponen yang memanfaatkan efek Peltier dimana arus yang mengalir pada pertemuan dua kawat yang berbeda akan menghasilkan pendinginan pada titik pertemuannya ini digunakan sisi dinginnya sebagai cooler tambahan untuk mengurangi kelembaban udara dengan memberikan tambahan heat sink pada kedua sisi dingin dan panas untuk memaksimalkan perpindahan panas pada udara dan sebagai tempat air terkondensasi dari udara [3,4]. Termolektrik bisa menjadi alternatif teknologi pendingin selain pendingin dengan vapor compression yang masih memanfaatkan refrigeran. Dibandingkan dengan teknologi kompresi uap yang menggunakan refrigeran sebagai media penyerap kalor, teknologi pendingin termoelektrik relatif lebih ramah lingkungan, tahan lama dan bisa digunakan dalam skala besar dan kecil. Teknologi termoelektrik telah digunakan pada beberapa bidang aplikasi seperti, peralatan militer, peralatan ruang angkasa, produk –

produk industri yang memanfaatkan modul termoelektrik sebagai pendingin [5-7]

Berdasarkan latar belakang, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh variasi jumlah penggunaan termoelektrik cooler terhadap unjuk kerja mesin pendingin termoelektrik.

### Metode Penelitian

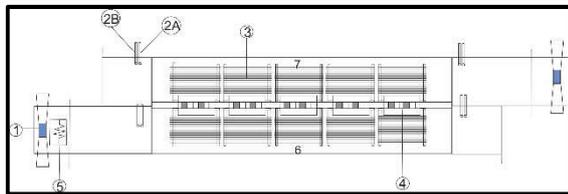
Skema penelitian dapat dilihat pada gambar 2. Lima buah termoelektrik diletakkan pada sebuah aliran udara counterflow. Aliran udara tersebut disuplai dari blower dan dapat diatur massa alir sesuai dengan variabel penelitian.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perbandingan jumlah penggunaan *thermoelectric cooler* sebagai alat pendingin udara.

Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah :

- Penurunan Temperatur ( $T$ )
- Relative Humadity/Kelembaban relatif ( $\phi$ )
- Coefficient of Peformance/Koefisien prestasi ( $COP$ )

Massa alir udara dijaga konstan sebesar  $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$  dan udara lingkungan sekitar memiliki kelembaban dan temperatur yang diasumsikan memiliki nilai yang konstan



**Gambar 1.** Instalasi Alat Penelitian

Keterangan:

1. Blower
2. a. Temperatur Bola Basah  
b. Temperatur Bola Kering
3. Heat Sink
4. TEC
5. Heater
6. Ducting sisi dingin
7. Ducting sisi panas

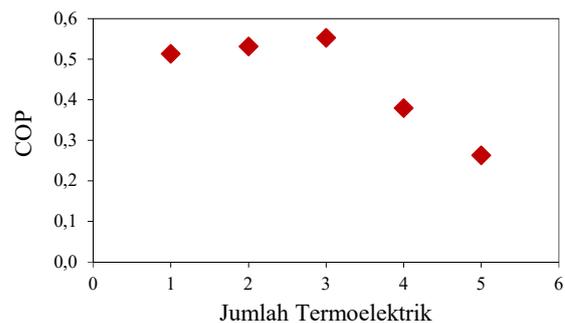
Instalasi alat ini menggunakan variasi 1, 2, 3, 4, dan 5 buah Thermoelectric Cooler dengan Tipe TEC1-12706 yang dipasang secara paralel. Dengan mendapatkan masukan aliran listrik DC yang telah dikonversi oleh power supply dengan tegangan sebesar 12 Volt. Besar arus listrik akan melewati ampere meter untuk di ukur jumlah arus yang masuk untuk tiap Thermoelectric Cooler. Selama proses berlangsung Thermoelectric Cooler akan mengalami efek peltier sehingga tiap sisi akan diukur dengan menggunakan termometer elektrik pada permukaan heatsink sehingga kita akan mendapatkan besar

unjuk kerja atau COP ideal dari mesin pendingin termoelektrik.

Pada instalasi pengkondisian udara, udara yang memiliki temperatur sebesar  $26^\circ\text{C}$  dan kelembaban sebesar 80% akan dihembuskan dan dialirkan dengan menggunakan bantuan blower yang menggunakan motor DC dengan tegangan maksimal 24 volt. Kemudian kecepatan putaran blower akan diatur dengan menggunakan potensio sesuai dengan mengatur voltase sebesar 12 volt. Setelah dihembuskan oleh blower, udara akan melewati ducting streamline. Yang difungsikan agar udara lebih optimum saat melakukan perpindahan panas saat melewati heatsink. Sebelum dan sesudah melewati heatsink udara akan diukur temperatur bola basah dan temperatur bola kering yang digunakan untuk mengetahui psikrometri udara tersebut. Kemudian udara akan melewati orifice dan anemometer untuk mengetahui massa aliran udara. Pada saat mesin dinyalakan, peneliti menunggu waktu lebih kurang 10 menit hingga setiap parameter pengukuran konstan dan menyalakan stopwatch selama 10 menit, kemudian mengambil data dari masing-masing alat penunjang tersebut. Setelah data diperoleh, peneliti melakukan pengolahan data yang akan mendapatkan hasil dan pembahasan dari data tersebut.

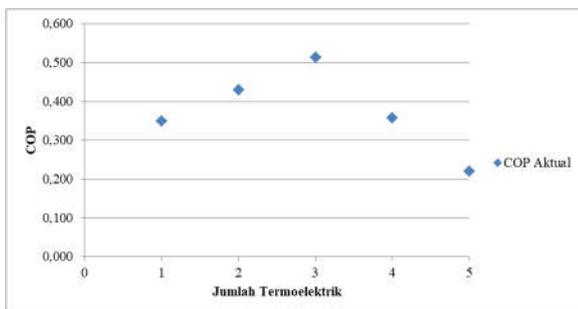
### Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 merupakan grafik hubungan antara waktu terhadap COP Ideal dari mesin pendingin termoelektrik. Pada grafik menjelaskan bahwa semakin bertambahnya termoelektrik yang digunakan maka semakin meningkat pula COP ideal dari mesin pendingin termoelektrik tersebut. Peningkatan ini dikarenakan dengan bertambahnya termoelektrik yang digunakan, maka akan banyak energi kalor yang dapat diserap. Sehingga dapat meningkatkan kapasistas pendinginan dari termoelektrik. Yang berakibat meningkatnya COP ideal dari mesin pendingin termoelektrik. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan pada penggunaan 1 termoelektrik sampai 3 termoelektrik yaitu secara berturut-turut adalah 0,514; 0,531; dan 0,552.



**Gambar 3.** Pengaruh termoelektrik terhadap COP ideal

Tetapi peningkatan hanya sampai batas pada jumlah tiga termoelektrik. Setelah itu, dengan penambahan termoelektrik maka COP akan menjadi menurun. Yaitu pada jumlah termoelektrik 4 dan 5 sebesar 0,379 dan 0,263. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya termoelektrik, maka akan mengakibatkan peningkatan temperatur sisi panas dan juga akan menurunkan temperatur pada sisi dingin. Sehingga beda temperatur antara sisi panas dan sisi dingin akan semakin meningkat. Dengan meningkatnya jumlah termoelektrik akan meningkatkan pula daya input yang dibutuhkan termoelektrik. Sehingga COP ideal pada mesin pendingin termoelektrik akan menurun.



**Gambar 3.** Hubungan antara jumlah termoelektrik terhadap COP actual

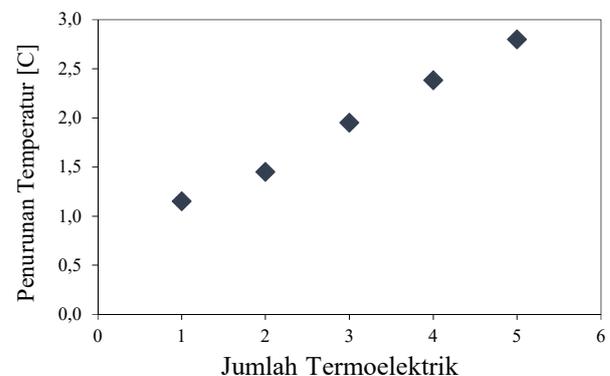
Gambar 3 adalah grafik hubungan antara waktu dengan COP actual dari mesin pendingin termoelektrik. Pada grafik dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya termoelektrik maka akan semakin meningkat COP actual dari mesin pendingin termoelektrik. Hal ini karena dengan bertambahnya termoelektrik yang digunakan, maka akan menambah besar luas bidang kontak untuk perpindahan panas secara konveksi. Kemudian akan meningkatkan nilai kapasitas pendinginan. Sehingga nilai COP actual akan meningkat. Hal ini dibuktikan dengan besar COP actual pada pemasangan 1 – 3 termoelektrik secara berturut-turut sebesar 0,349; 0,429; dan 0,514.

Tetapi peningkatan ini hanya sampai pada jumlah tiga termoelektrik terpasang. Setelah itu dengan bertambahnya termoelektrik yang dipasang maka akan menurunkan COP actual dari mesin pendingin termoelektrik. Yaitu pada 4 dan 5 pemasangan termoelektrik sebesar 0,358 dan 0,22. Hal ini seharusnya dengan bertambahnya termoelektrik maka akan meningkatkan kapasitas pendinginan dari mesin pendingin termoelektrik. Tetapi peningkatannya tidak terlalu signifikan. Sedangkan daya input mengalami peningkatan yang cukup tinggi. Sehingga COP actual mengalami penurunan pada penggunaan 4 dan 5 termoelektrik.

Hal yang mempengaruhi kenaikan kapasitas pendinginan tidak signifikan salah satunya adalah temperatur yang terlalu rendah. Karena dengan

bertambahnya termoelektrik, maka akan semakin menurunkan temperatur udara. Sedangkan dengan semakin turunnya temperatur maka akan semakin lambat juga besar laju perpindahan panas. Sehingga akan mempengaruhi kenaikan kapasitas yang tidak terlalu signifikan

Dan dari hasil dapat dilihat bahwa nilai COP actual dan COP ideal berbeda. Hal ini di karenakan pada COP ideal nilai dari tegangan untuk perhitungan daya input menggunakan tegangan dari efek seebeck dan efek joulean. Sedangkan pada COP actual nilai dari tegangan untuk perhitungan daya menggunakan tegangan yang telah ditentukan oleh power supply yang lebih tinggi. Kemudian mengakibatkan nilai daya input pada COP ideal lebih rendah daripada COP actual. Sehingga kita dapatkan pada nilai COP Ideal lebih tinggi daripada nilai COP actual.

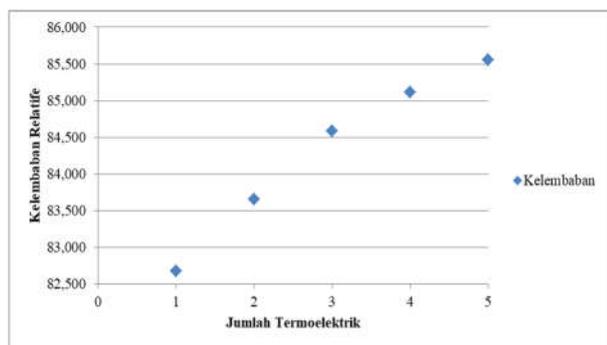


**Gambar 4.** Hubungan antara jumlah termoelektrik dengan penurunan temperatur

Gambar 4 adalah grafik hubungan antara waktu dengan penurunan suhu. Penurunan suhu didapat dengan mengurangi temperatur bola kering pada sisi masuk dan sisi keluar dingin. Dalam grafik dapat dilihat dengan jelas bahwa dengan bertambahnya termoelektrik maka semakin penurunan temperatur akan semakin tinggi. Hal ini sesuai hasil penurunan temperatur dari penggunaan 1 termoelektrik sampai 5 termoelektrik secara berurutan sebesar 1,15 °C; 1,45 °C; 1,95 °C; 2,383 °C dan 2,8 °C. Karena dengan bertambahnya termoelektrik yang digunakan, maka akan menambah luas bidang kontak untuk perpindahan panas. Yang berakibat semakin banyak energi kalor yang dapat diserap oleh termoelektrik. Kemudian akan meningkat pula nilai kapasitas pendinginan. Dengan meningkatnya nilai kapasitas pendinginan akan berakibat menurunkan temperatur bola kering dan temperatur bola basah di sisi keluar udara. Sehingga akan semakin besar pula nilai penurunan temperaturnya.

Grafik 5 merupakan grafik hubungan antara waktu dengan kelembaban relatif. Pada grafik telah dapat dilihat dengan jelas bahwa dengan bertambahnya termoelektrik maka kelembaban akan

semakin naik. Dapat dilihat pada hasil percobaan pada penggunaan 1 sampai 5 termoelektrik secara berturut-turut sebesar 82,68%; 83,65%; 84,59%; 85,11% dan 85,56%. Dengan bertambahnya termoelektrik yang digunakan, maka akan menambah luas bidang kontak perpindahan panas. Yang berakibat meningkatkan nilai dari kapasitas pendinginan. Dengan meningkatnya kapasitas pendinginan, maka akan menurunkan nilai temperatur bola kering pada sisi keluar udara. Hal ini menyebabkan selisih antara temperatur bola basah dan temperatur bola kering pada sisi keluar udara semakin kecil. Sehingga dapat meningkatkan nilai dari kelembaban relatifnya.

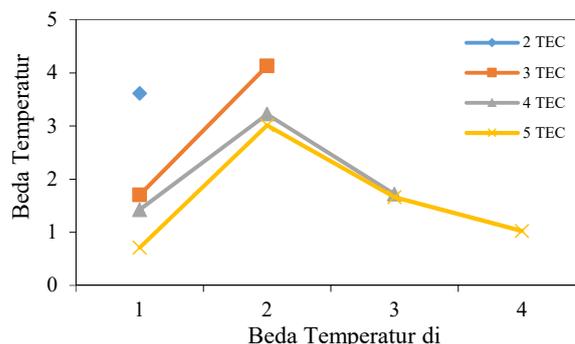


**Gambar 5.** Hubungan antara waktu dengan kelembaban relative

Grafik 6 adalah grafik hubungan antara waktu dengan beda temperatur antar tiap termoelektrik pada sisi dingin. Beda temperatur ini didapat dengan mengurangi temperatur pada termoelektrik pertama dengan temperatur pada termoelektrik kedua. Dan begitu seterusnya. Pada titik 1 adalah titik antara termoelektrik 1 dan 2. Untuk titik 2 adalah antara termoelektrik 2 dan 3. Kemudian untuk titik 3 berada antara termoelektrik 3 dan 4. Yang terakhir titik 4 yaitu titik antara termoelektrik 4 dan 5.

Pada grafik dapat dilihat dengan jelas bahwa semakin dengan bertambahnya termoelektrik yang digunakan akan menurunkan beda temperatur pada tiap-tiap bagian. Sesuai dengan data yaitu secara berurutan dari penggunaan 2 sampai 4 termoelektrik beda temperatur pertama sebesar 3,615°C; 1,704°C; 1,422°C dan 0,712°C. Karena pada penelitian, aliran udara menggugurkan counter flow (aliran berlawanan). Dapat digambarkan bahwa pada termoelektrik nomor 1 adalah termoelektrik yang melakukan penyerapan kalor dari udara lebih awal pada sisi dingin. Sedangkan pada sisi panas, termoelektrik nomor 1 adalah bagian akhir yang dapat melepas kalor ke udara. Dengan kata lain termoelektrik nomor satu akan mengalami pelepasan kalor yang cukup berat dengan semakin bertambahnya termoelektrik. Karena udara untuk pelepasan kalor telah mengalami kenaikan temperatur. Kemudian hal ini mengakibatkan temperatur

pada sisi dingin sedikit meningkat sehingga beda temperatur tiap titik akan menurun.



**Gambar 6.** Hubungan antara waktu dengan beda temperatur antar tiap termoelektrik pada sisi dingin

### Kesimpulan

Dari penelitian tentang pengaruh jumlah termoelektrik terhadap unjuk kerja mesin pendingin termoelektrik dapat disimpulkan bahwa

- Bertambahnya termoelektrik dapat meningkatkan COP ideal maupun COP aktual dari mesin pendingin termoelektrik sampai penggunaan dengan jumlah 3 termoelektrik yaitu COP ideal sebesar 0,552 dan COP aktual sebesar 0,514. Dan selanjutnya akan mengalami penurunan COP ideal maupun COP aktual.
- Dengan bertambahnya termoelektrik maka dapat meningkatkan penurunan temperatur udara sebesar 2,8°C dan kelembaban relatif mencapai 85,56%.
- Dengan bertambahnya termoelektrik maka akan menurunkan besar beda temperatur antara tiap termoelektrik.

### Referensi

- [1] Arismunandar, W. & Saito, H., 1981. *Penyegaran Udara*, Jakarta: Permas.
- [2] Savisakthivel, T., 2011. *Ozone Layer Depletion and It's Effects: A Review*, ISSN: 2010-0264.
- [3] Priyambada, S., 2012. Pendingin Kabin Mobil Berbasis Termoelektrik, *Skripsi*, Jakarta: Universitas Indonesia.
- [4] Oktorina, D. H., 2006. Kaji Karakteristik Modul Termoelektrik Untuk Sistem Penyimpanan Dingin. *Skripsi*, Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [5] Stoecker, W. F. & Jones, J. W., 1996. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Cetakan V, Terjemahan Supratman Hara, Jakarta: Erlangga.

- [6] Whitman, W., 2013. Refrigeration & Air Conditioning Technology, USA: Delmar, Cengage Learning.
- [7] Swapnil, S. K., 2015. *Review on Application of Thermoelectric Peltier Module in cooling and power generating Technology*, International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR), ISSN: 2321-0869.