

ANALISIS PERFORMANSI (COP) *TERMOELECTRIC COOLER* DENGAN PERANGKAIAN SERI DAN PARALEL

Luh Putu Ike Midiani dan Ida Bagus Gd Widiantera

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali
Kampus Bukit Jimbaran Badung – Bali
email : ike_midiani2@yahoo.co.id

Abstrak : Teknologi *Thermoelectric cooler* merupakan sebuah sumber energi alternatif dalam menjawab kebutuhan pendingin yang hemat energi. Di samping hemat energi, teknologi ini juga relatif lebih ramah lingkungan, tahan lama dan tidak berisik. Ide dasar dari pengujian ini adalah menguji bagaimanakah performansi (COP) dari *Thermoelectric cooler* apabila dipasang secara seri atau paralel. Hal ini berangkat dari kebutuhan energi yang akan dipakai apabila *thermoelectric* ini dipasang secara seri atau paralel. Penerapan teknologi ini dimaksudkan untuk mendapatkan performansi yang optimal yang nantinya akan berbanding lurus dengan kemampuan pendinginan yang terpasang pada *cooler box*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan *thermoelectric* dengan perangkaian seri ataupun paralel masing-masing memiliki keuntungan dan kekurangannya. *Thermoelectric* dengan perangkaian seri lebih sesuai untuk minuman dan makanan siap konsumsi, dengan daya yang diperlukan lebih kecil yaitu 20-40 watt. *Thermoelectric* dengan perangkaian paralel sesuai untuk mendinginkan bahan makanan mentah seperti daging atau ikan namun daya yang diperlukan lebih besar yaitu antara 100-120 watt.

Kata kunci : *Thermoelectric*, seri, paralel, COP, daya.

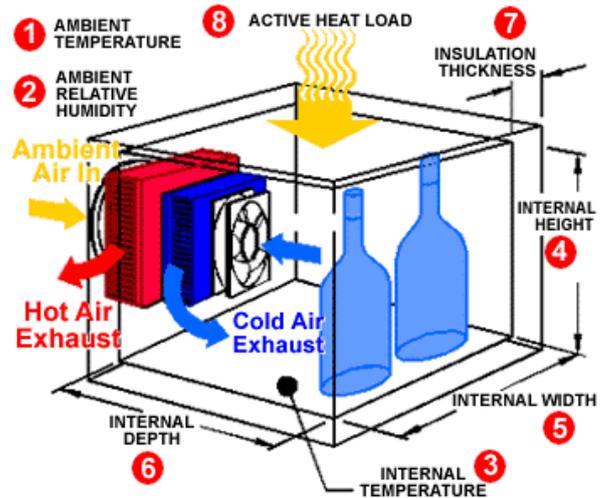
Abstract : *Alternative technologies that can meet the needs of energy-efficient cooling is thermoelectric cooler. This technology is also relatively more environmentally friendly, durable and not noisy. The basic idea of this test is to test how the performance (COP) of the thermoelectric cooler when installed in series or parallel. This set of energy needs to be used when the thermoelectric installed in series or parallel. The application of this technology is to obtain the optimum performance that will be directly proportional to the cooling capacity installed on the cooler box. The results showed that by use of thermoelectric coupling series or parallel with each having advantages and disadvantages. The thermoelectric coupling series more suitable for beverage and food ready for consumption, with less power required is 20-40 watts. Parallel with the corresponding thermoelectric coupling to cool raw food such as meat or fish, but larger power required is between 100-120 watts.*

I. PENDAHULUAN

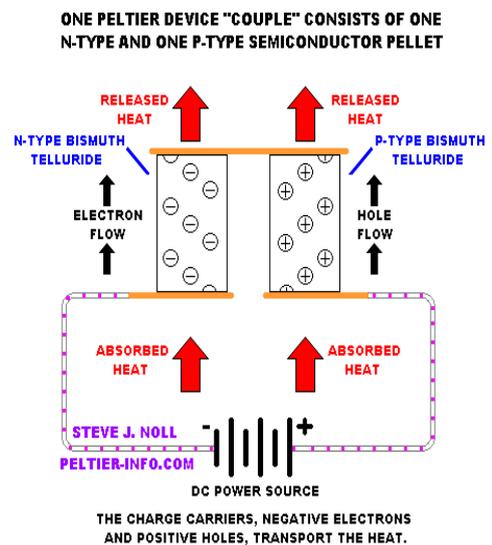
Prediksi kebutuhan energi diperkirakan sampai 20 tahun akan bertambah sekitar 40% dari kebutuhan saat ini. Untuk itu harus ada upaya untuk melakukan penghematan energi. Langkah nyata itu harus diawali dengan mencari teknologi alternatif yang dapat menghemat penggunaan energi. Teknologi *thermoelectric* merupakan sebuah sumber alternatif dalam mengurangi penggunaan energi dalam hal pendingin dan AC. Teknologi ini sangat efisien, tahan lama, dan juga mampu menghasilkan energi dalam skala besar maupun kecil walaupun juga mempunyai kelemahan yang menjadi celah yang besar untuk dilakukan penelitian. Fenomena *thermoelectric* pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh ilmuwan Jerman, Thomas Johan Seebeck. Ia menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Di antara kedua logam tersebut lalu diletakkan jarum kompas.

Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Belakangan diketahui, hal ini terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan "Efek Seebeck". Penemuan Seebeck ini memberikan inspirasi pada Jean Charles Peltier untuk melihat kebalikan dari fenomena tersebut. Dia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1934 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier. Efek Seebeck dan Peltier inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi *thermoelectric*. Teknologi *Thermoelectric cooler* merupakan sebuah sumber

energi alternatif dalam menjawab kebutuhan pendingin yang hemat energi. Di samping hemat energi, teknologi ini juga relatif lebih ramah lingkungan, tahan lama dan tidak berisik. Ide dasar dari pengujian ini adalah menguji bagaimanakah performansi (COP) dari *Thermoelectric cooler* apabila dipasang secara seri atau paralel. Hal ini berangkat dari kebutuhan akan energi yang akan dipakai apabila thermoelectric ini dipasang secara seri atau paralel. Penerapan teknologi ini dimaksudkan untuk mendapatkan performansi yang optimal yang nantinya akan berbanding lurus dengan kemampuan pendinginan yang terpasang pada *cooler box*. *Cooler box* yang dimaksud disini adalah sebuah *alat pendingin sementara* sederhana yang nantinya di terapkan pada para nelayan. Ketika para nelayan berangkat memancing ikan, dan memperoleh hasil tangkapan, tentunya diperlukan sebuah alat yang ringkas, ringan, dan tidak memerlukan energi yang banyak untuk menyimpan sementara hasil tangkapannya. Nantinya sumber energi dari thermoelectric ini adalah sebuah baterai 12 v yang mudah dibawa dan tahan kurang lebih 2 hari. Dengan suplai yang ada diharapkan nantinya thermoelectric tidak terlalu banyak menyerap energi. Struktur Thermoelectric yang terdiri dari suatu susunan elemen tipe-n (material dengan kelebihan elektron) dan tipe-p (material dengan kekurangan elektron). Panas masuk pada satu sisi dan dibuang dari sisi yang lainnya, menghasilkan suatu tegangan yang melewati sambungan thermoelectric. Besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan gradien temperature. Konstruksinya terdiri dari pasangan material semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang membentuk termokopel yang memiliki bentuk seperti sandwich antar dua wafer keramik tipis. Potensi pembangkitan daya dari modul thermoelectric tunggal akan berbeda-beda bergantung pada ukuran, konstruksi dan perbedaan temperaturnya. Perbedaan temperatur yang makin besar antara sisi panas dan sisi dingin modul akan menghasilkan tegangan dan arus yang lebih besar. Modul-modul thermoelectric dapat juga disambungkan bersama baik secara seri ataupun paralel seperti baterai untuk menghasilkan tegangan atau arus listrik. Tiap modul mampu menghasilkan tegangan rata-rata 1-2V DC dan bahkan sampai 5V DC bergantung pada variasi delta temperaturnya, tetapi umumnya satu modul thermoelectric menghasilkan 1,5-2V DC. Modul thermoelectric adalah sirkuit terintegrasi dalam bentuk solid yang menggunakan tiga prinsip termodinamika yang dikenal sebagai efek Seebeck, Peltier dan Thompson yang dapat digunakan untuk menghasilkan panas dan dingin di masing-masing sisinya jika arus listrik digunakan. Aplikasinya pada sistem pendingin, misalnya kotak pendingin vaksin atau minuman. Heat sink digunakan untuk membantu meningkatkan pelepasan kalor pada sisi dingin sehingga meningkatkan efisiensi dari modul tersebut. Aplikasi Thermoelectric cooler dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Thermoelectric cooler box



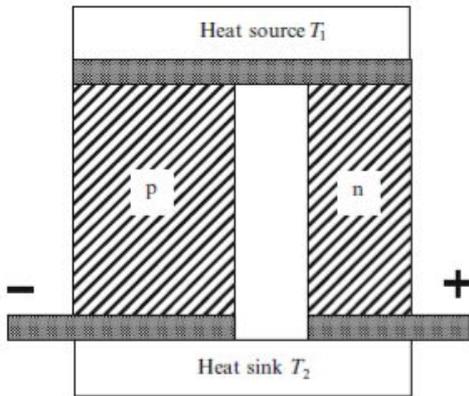
Gambar 2. Aliran listrik yang terjadi pada Thermoelectric

Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya seperti pada gambar 2.

II. METODE PENELITIAN

2.1. COP (Coefficient of Performance)

Menentukan performansi *Thermoelectric cooler* dan pompa kalor pada analisis biasanya digunakan modul perangkat tunggal *thermoelectric* seperti Gambar 3.



Gambar 3. *Single Thermoelectric*

Karakteristik modul termoelektrik adalah arus I(A), tegangan U (V), *electric power consumption* $W = I \cdot U$ (Wt), *cooling capacity* Q_c (Wt), dan *power thermal* yang dilepas pada modul permukaan panas $Q_h = Q_c + W$ (Wt).

Jika Arus listrik yang mengalir melalui *specimen of constant cross-sectional areal* (A) panjang

(L) dengan tegangan (V) yang dialirkan, maka besaran *thermal conductivity* (σ) di dapatkan dari persamaan :

$$I = \frac{\sigma VA}{L} \dots\dots\dots 3.1$$

Dimana q adalah laju aliran panas yang mengalir melalui *specimen* yang sama dimana terdapat beda temperatur ΔT diantara dua ujungnya.

$$q = -\frac{\lambda A \Delta T}{L} \dots\dots\dots 3.2$$

Cooling capacity dapat dihitung dengan persamaan ;

$$Q_c = (\alpha_p - \alpha_n) I T_1 - (T_2 - T_1)(K_p + K_n) - I^2(R_p + R_n) / 2 \dots\dots\dots 3.3$$

Konsumsi energi listrik ;

$$W = (\alpha_p - \alpha_n) I (T_2 - T_1) + I^2 (R_p + R_n) \dots\dots\dots 3.4$$

Dimana COP-nya ;

$$\phi = \frac{(\alpha_p - \alpha_n) I T_1 - (T_2 - T_1)(K_p + K_n) - I^2(R_p + R_n) / 2}{(\alpha_p - \alpha_n) I (T_2 - T_1) + I^2(R_p + R_n)} \dots\dots 3.5$$

Parameter penting dari *thermoelectric cooler* sistem adalah COP (coefisien of performance) yang didefinisikan sebagai rasio panas diambil dari sumber dengan pengeluaran energi listrik atau sama dengan *cooling capacity* pada konsumsi daya 1 watt.

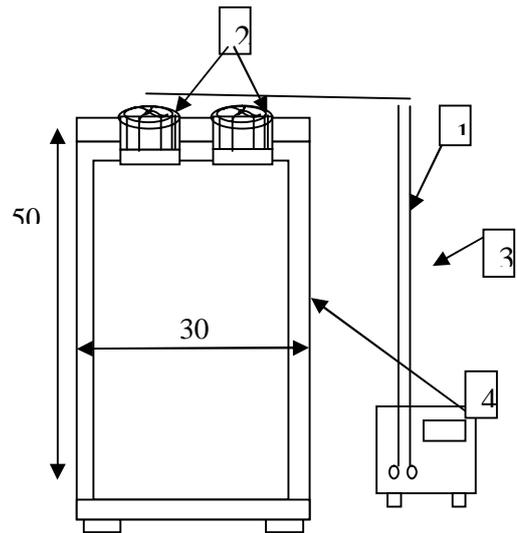
$$COP = Q_c / W \dots\dots 3.6$$

Dimana :

- Q_c = *cooling capacity* (W).
- W = *electric power consumption* (W)
= I x U
- Q_h = hot capacity (W)3.7
= $Q_c + W$

2.2. Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan melakukan pengujian pada perangkat *cooler box* di Laboratorium Refrigerasi dan Tata Udara Program Studi Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Adapun data yang diperoleh nantinya merupakan data primer yang menggunakan teknik pencatatan langsung terhadap variabel yang diujikan.



Gambar 4. Cooler Box (Kotak Pendingin)

Keterangan :

1. Kabel listrik
2. *Thermoelectric cooler*
3. Power supply
4. Kotak pengujian (stirofoam) yang diisolasi aluminium

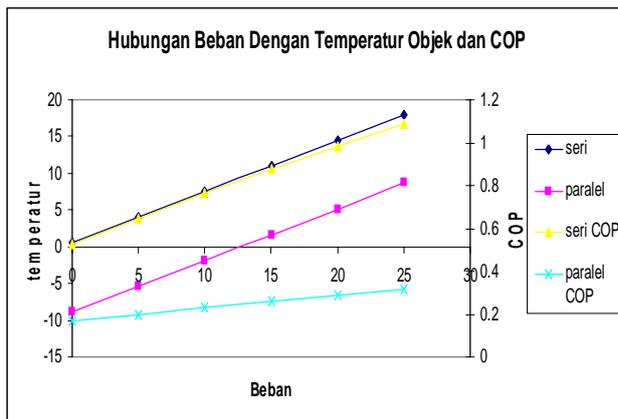
2.3. Alat-alat Yang Dipergunakan

Beberapa alat yang dipergunakan dalam pengujian performansi *thermoelectric* ini adalah sebagai berikut :

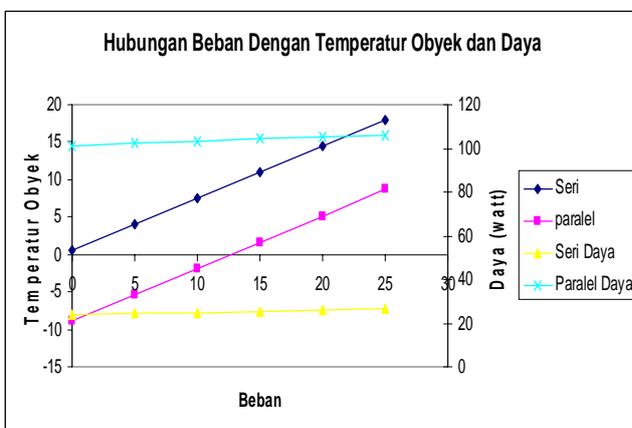
1. *Thermo Couple*
2. *Stopwatch digital*
3. *Non Contac Thermometer*
4. *Tang Ampere*
5. *Avometer*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian *COP (Coefficient of Performance) thermoelectric* bila dirangkai secara seri ditunjukkan dalam bentuk grafik dan data hasil pengujian *thermoelectric* yang dirangkai secara paralel ditunjukkan .Berikut data hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik



Gambar 5. Grafik Hubungan Beban Dengan Temperatur Obyek Dan COP.



Gambar 6. Grafik Hubungan Beban Dengan Temperatur Obyek Dan Daya

Berdasarkan data yang ditampilkan dalam tabel 3 dan gambar 5 temperatur obyek yang didinginkan yang mampu dicapai oleh rangkaian seri adalah masih diatas 0°C, sedangkan temperatur obyek yang didinginkan yang dapat dicapai oleh rangkaian paralel adalah mampu dibawah yang 0°C. COP yang dihasilkan oleh rangkaian seri adalah antara 0.5-1.2, untuk rangkaian paralel COP yang dihasilkan antara 0.2-0.4.

Dari tabel 3 dan gambar 6 dapat dijelaskan bahwa daya yang diperlukan oleh rangkaian seri berkisar antara 20-40 watt, untuk rangkaian paralel daya yang diperlukan berkisar antara 100-120 watt.

Pemanfaatan *thermoelectric* dengan perangkaian seri lebih sesuai untuk mendinginkan minuman atau makanan siap konsumsi, sedangkan *thermoelectric* dengan perangkaian paralel akan lebih cocok untuk menyimpan bahan makanan mentah seperti daging atau ikan.

IV. SIMPULAN

Pemanfaatan *thermoelectric* dengan perangkaian seri ataupun paralel masing-masing memiliki keuntungan dan kekurangannya. *Thermoelectric* dengan perangkaian seri lebih sesuai untuk minuman dan makanan siap konsumsi, dengan daya yang diperlukan lebih kecil yaitu 20-40 watt. *Thermoelectric* dengan perangkaian paralel sesuai untuk mendinginkan bahan makanan mentah seperti daging atau ikan namun daya yang diperlukan lebih besar yaitu antara 100-120 watt.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHRAE HANDBOOK. (2005). *Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*. SI Edition.
- [2] Bureau of Energy Efficiency, (2004), *HVAC and Refrigeration System*, In: Energy Efficiency in Electrical Utilities, Chapter 4
- [3] Culp, Archie. 1991. *Principles of Energy Conversion Second Edition*. McGraw-Hill, Inc. USA.
- [4] Febriana, Piesca. 2005. Rancang Bangun dan Uji Teknis Ruang Pendingin Sistem Termoelektrik untuk Pendinginan Jamur Merang (*Volvariella volvaceae*), Skripsi Departemen Teknik Pertanian, IPB. Bogor.
- [5] <http://www.micropelt.com/tech/technology.php/>, *TEC Characteristic* , Kamis, 8 Juli 2010.
- [6] <http://www.pcbheaven.com/wikipages/The Peltier Thermo-Element/>, *The Peltier Thermo-Element*, Sabtu, 23 Januari 2010.
- [7] Permana, Peri, (2006), *Rancang Bangun Dan Kajian Sistem Pembuangan Panas Dari Ruang Pendingin Sistem Termoelektrik Untuk Pendinginan Jamur Merang (Volvariella Volvaceae)*, Departemen Teknik

- Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- [8] Rachmawati, A., *Perancangan dan Pembuatan Pendingin Minuman Mini Portabel*, Tugas Sarjana, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung, 2010.
- [9] Riyanto, Hendi, Sigit Yoewono, *Kaji Penerapan Efek Peltier Untuk Alat Kecil-Ringan Pendingin Minuman*, Fakultas Teknik Mesin Dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung
- [10] Sukur, Edi. 2004. *Melirik Teknologi Termoelektrik Sebagai Energi Alternatif*. [www. Energi.lipi.go.id](http://www.Energi.lipi.go.id).