

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/362224844>

# Pengembangan Kotak Pendingin berbasis Elemen Peltier menggunakan Teknologi Heat Pipe

Conference Paper · November 2017

CITATIONS

0

READS

4

5 authors, including:



Zuryati Djafar

Universitas Hasanuddin

47 PUBLICATIONS 130 CITATIONS

SEE PROFILE



Wahyu H. Piarah

Universitas Hasanuddin

49 PUBLICATIONS 222 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Biomass material of capasitor [View project](#)



Light energi [View project](#)

## PENGEMBANGAN KOTAK PENDINGIN BERBASIS ELEMEN PELTIER MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *HEATPIPE*

Zuryati Djafar<sup>\*1</sup>, Wahyu H Piarah<sup>1</sup>, Zulkifli Djafar<sup>1</sup>, M. Wawan Irfandi<sup>1</sup>, M. Rifaldi S<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*E\_mail: zuryatidjafar@unhas.ac.id; wahyupiarah@unhas.ac.id

### *Abstract*

*The purpose of this study were to determine the minimum temperature of the attainable cooling chamber for each circuit variation and determine the optimum power of the coolant in the best possible circuit. In this study, the thermoelectric modules used are combined to three cooling sides by varying the number of thermoelectric modules (single, double, triple, quartet, and pentuple modules) with a thermoelectric cooling system using heat pipe technology. The results show that variations of the type and voltage of the circuit are given to obtain the optimum conditions that the cooler can produce. Using four stacked thermoelectric modules obtained the optimum conditions achieved by cooler with a cold side temperature of 10°C and an ambient temperature of 18°C generated at a voltage of 11 Volts for series parallel circuit.*

*Keywords: thermoelectric cooler, elemen Peltier, cool box, heat pipe, minimum temperature*

### PENDAHULUAN

Penggunaan mesin pendingin telah menjadi kebutuhan primer, tidak hanya sebagai peningkatan kualitas dan kenyamanan hidup, namun juga sudah menyentuh hal-hal penting sebagai penunjang kehidupan manusia. Teknologi pendingin ini digunakan pada banyak bidang seperti dalam bidang kimia, kedokteran, perdagangan, serta kehidupan sehari-hari. Mesin pendingin yang sering kita jumpai sehari-hari yaitu kulkas atau *cold storage* digunakan untuk mendinginkan, menyimpan dan menjaga kesegaran dari makanan atau minuman.

Di zaman modern saat ini manusia menginginkan semuanya serba praktis, penciptaan mesin pendinginan mini (*mini cool box*) merupakan solusi tepat pemenuhan kebutuhan dan keinginan manusia akan mesin pendingin yang praktis dan bisa dibawa kemana saja. Teknologi pendingin yang cocok digunakan untuk sistem pendinginan skala kecil umumnya menggunakan teknologi Termoelektrik.

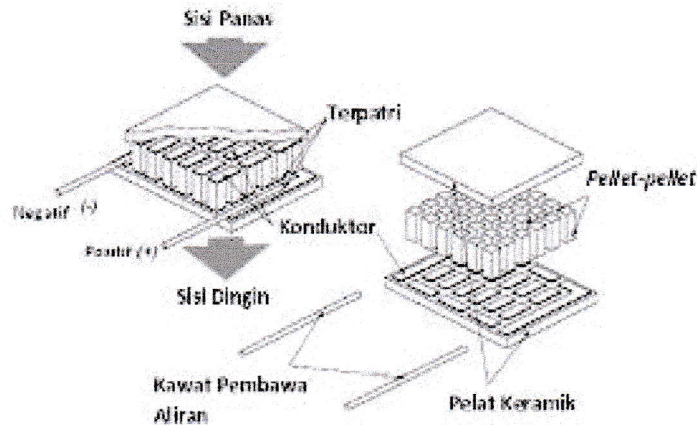
Termoelektrik pada umumnya hanya digunakan untuk proses-proses pendinginan dalam skala kecil. Salah satu contoh penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari adalah pada sebuah dispenser, dan dalam penelitian ini teknologi termoelektrik dianggap memiliki potensi besar dalam pengembangan teknologi *cool box* sebagai bagian dari sistem mesin pendingin.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah Seberapa besar temperatur ruangan minimal yang dicapai? Seberapa besar daya optimum yang dapat digunakan?

Pendingin termoelektrik atau *thermoelectric cooler* (TEC) merupakan salah satu alternatif teknologi pendingin selain sistem kompresi uap yang menggunakan refrigeran. Bila pada pendingin kompresi uap terjadi mekanisme aliran fluida dan perubahan siklus, lain halnya dengan pendinginan TEC. Pada pendinginan menggunakan TEC arus listrik bisa langsung dikonversi menjadi perbedaan temperatur. Karena tidak menggunakan refrigeran dan aliran fluida, pendinginan TEC lebih ramah lingkungan, desainnya lebih sederhana dan perawatannya lebih mudah dengan umur pakai yang cukup lama.

Prinsip kerja pendingin termoelektrik berdasarkan efek Peltier, ketika arus DC dialirkan ke elemen Peltier yang terdiri dari beberapa pasang sel semikonduktor tipe-p (semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah) dan tipe-n (semikonduktor dengan tingkat energi lebih tinggi), akan mengakibatkan salah satu sisi

elemen peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (kalor dilepaskan), seperti pada gambar 1 sisi elemen Peltier yang menjadi sisi panas maupun dingin tergantung dari arah aliran arus listrik.

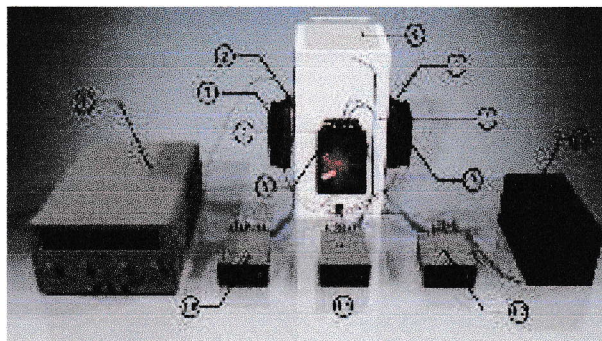


Gambar 1. Skema aliran Peltier

Hal yang menyebabkan sisi dingin elemen peltier menjadi dingin adalah mengalirnya elektron dari tingkat energi yang lebih rendah pada semi konduktor tipe-p, ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu semikonduktor tipe-n. Agar elektron tipe-p yang mempunyai tingkat energi lebih rendah dapat mengalir maka elektron menyerap kalor yang mengakibatkan sisi tersebut menjadi dingin. Sedangkan pelepasan kalor ke lingkungan terjadi pada sambungan sisi panas, dimana elektron mengalir dari tingkat energi yang lebih tinggi (semikonduktor tipe-n) ke tingkat energi yang lebih rendah (semikonduktor tipe-p), untuk dapat mengalir ke semi konduktor tipe-p, kelebihan energi pada tipe n dibuang ke lingkungan mengakibatkan sisi tersebut menjadi panas.

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan kotak pendingin dengan material aluminium yang berdimensi 15x15x30cm untuk ruangan dalam kotak, lalu diselimuti dengan gasket dan styrofoam sebagai isolator.



Gambar 2. Instalasi Penelitian

Ket. gambar: 1) power Supply; 2) Heatpipe-a; 3) Fan-a; 4) Heatpipe-b; 5) Fan-b; 6) Heatpipe-c; 7) Fan-c; 8) coolbox; 9) Coolbox cover; 10) Temperature display-a; 11) Temperature display-b; 12) Temperature Display-c; 13) Adaptor

Ketiga sisi kotak pendingin dipasang modul termoelektrik yang divariasikan jumlah susunan modul termoelektriknya, mulai dari tunggal, double, triple, kuartet, dan pentuple. Rangkaian yang diberikan pada modul dan setiap sisi kotak divariasikan untuk memperoleh titik optimum yang dapat dihasilkan, mulai dari

rangkaian seri, paralel dan seri-paralel. Pemasangan *heatpipe* pada ketiga sisi kotak pendingin sebagai penghantar panas yang dihasilkan TEC selama proses pendinginan. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan tegangan pada setiap jenis rangkaian dan jumlah susunan modul termoelektrik selama 60 menit waktu pendinginan.

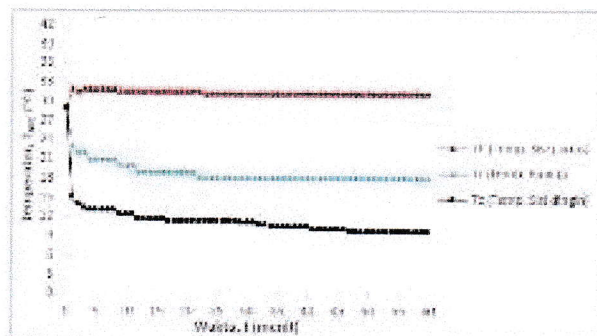
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengambilan data dengan variasi jumlah susunan modul termoelektrik, variasi rangkaian dan beberapa variasi tegangan, diperoleh temperatur sisi dingin, temperatur sisi panas, temperatur fin, temperatur dinding dalam kotak pendingin, dan temperatur ruangan kotak pendingin. Penyajian data ditampilkan dalam bentuk grafik yaitu grafik penurunan dan kenaikan temperatur terhadap waktu pendinginan yang dilakukan selama 60 menit untuk setiap variasi tegangan. Masing-masing susunan modul diberikan variasi tegangan berbeda-beda, dan pengujian dilakukan dengan kondisi tanpa beban dan pemberian beban hanya pada jenis rangkaian optimum.

Jumlah modul termoelektrik yang digunakan dalam penelitian ini jugadilakukan variasi, mulai dari modul *single* (tunggal), *double* (ganda), *triple* (3 bersusun), *kuartet* (4 bersusun), dan *pentuple* (5 bersusun). Berdasarkan hasil pengambilan data dengan mencoba berbagai jenis rangkaian, variasi jenis rangkaian yang ditampilkan pada penelitian ini menggunakan dua variasi rangkaian yaitu 3 sisi rangkaian seri dan 3 sisi rangkaian seri-paralel, karena kedua rangkaian ini menampilkan kondisi optimum yang dapat dihasilkan kotak pendingin. Data yang diperoleh merupakan data dari ketiga sisi dinding alat, kemudian nilai temperturnya dirata-ratakan.

Berikut ditampilkan grafik pada titik optimum kinerja modul dalam beberapa jenis rangkaian modul.

### RANGKAIAN SERI-SERI MODUL KUARTET (4 SUSUN) TERMOELEKTRIK



Gambar 3. Sejarah temperatur rata-rata ( $T_{avg}$ ) dari tiga sisi dinding kotak pendingin modul kuartet TEC vs waktu untuk  $V = 29$  Volt

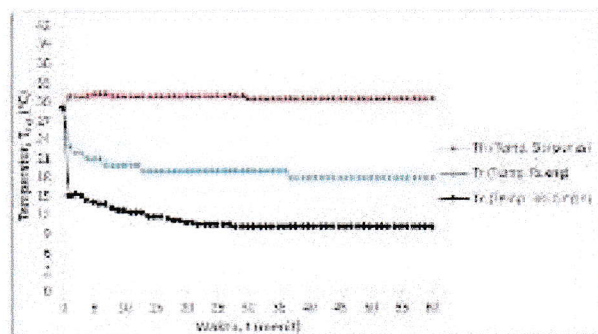
Dalam Gambar 3 dapat dilihat sejarah temperatur pada sisi panas dan sisi dingin modul termoelektrik serta temperatur udara ruangan dalam kotak pendingin terhadap waktu. Grafik tersebut menampilkan data nilai yang dihasilkan dalam waktu pendinginan selama 60 menit. Untuk rangkaian modul kuartet, 4 buah modul termoelektrik yang disusun kaskade (*cascade*) dengan memberikan variasi tegangan mulai dari 25 Volt sampai dengan 31 Volt. Dari hasil pengujian diperoleh titik optimum untuk modul rangkaian kuartet terjadi pada pemberian tegangan 29 Volt dengan besar arus 1,53 Ampere, tegangan ini lebih besar dibanding dengan nilai tegangan yang diberikan untuk titik optimum pada modul Single, Double, dan triple masing-masing 14 Volt, 17 Volt, dan 21 Volt.

Adapun besar temperatur minimum yang diperoleh pada kondisi optimum pada sisi panas modul di saat menit pertama terjadi kenaikan mencapai 32°C dan menjadi konstan setelah mencapai 31°C pada menit 23. Untuk sisi dingin, pada saat menit pertama terjadi penurunan temperatur mencapai 14°C kemudian terus turun menjadi 12°C pada menit ke 12 dan konstan pada menit 34 mencapai 10°C. Untuk suhu ruangan dalam kotak pendingin terjadi penurunan temperatur pada 1 menit awal mencapai 23°C, secara bertahap pada menit 12 kembali turun

menjadi 19°C dan mencapai temperatur minimalnya 18°C pada menit 22 dan konstan sampai 60 menit waktu pendinginan. Temperatur minimum yang dihasilkan untuk susunan modul kuartet ini merupakan temperatur minimum optimum dibandingkan dengan modul *Single*, *Double*, dan *triple* yang masing-masingnya adalah 26°C, 24°C dan 21°C.

#### RANGKAIAN SERI-PARALEL MODUL KUARTET (4 SUSUN) TERMoeLEKTRIK

Gambar 4 berikut menunjukkan sejarah temperatur hubungan antara temperatur sisi panas, temperatur sisi dingin, serta temperatur udara ruangan dalam kotak pendingin, terhadap waktu. Untuk modul kuartet dilakukan variasi tegangan mulai dari 9 Volt sampai dengan 15 Volt. Dari pengujian diperoleh titik optimum untuk modul kuartet terjadi pada pemberian tegangan 11 Volt dengan besar arus 3,62 Ampere, tegangan ini lebih besar dibanding dengan besar tegangan yang diberikan untuk titik optimum pada modul *Single*, *Double*, dan *triple* yang masing-masing 6 Volt, 9 Volt, dan 10 Volt.



Gambar 4. Sejarah temperatur rata-rata ( $T_{avg}$ ) dari tiga sisi dinding kotak pendingin modul kuartet TEC vs waktu untuk  $V = 11$  Volt

Adapun besar temperatur yang peroleh pada kondisi optimum untuk besar temperatur sisi panas pada menit awal terjadi kenaikan mencapai 31°C dan konstan hingga akhir. Untuk sisi dingin modul, pada menit awal terjadi penurunan temperatur mencapai 15°C kemudian terus turun menjadi 12°C pada menit ke 11 dan konstan pada menit 22 mencapai 10°C. Untuk suhu ruangan dalam kotak pendingin terjadi penurunan temperatur pada menit pertama mencapai 23°C, secara bertahap pada menit 7 kembali turun menjadi 20°C dan mencapai temperatur minimalnya 18°C pada menit 37 dan konstan sampai 60 menit waktu pendinginan. Besar temperatur yang dihasilkan untuk susunan modul kuartet lebih baik dibandingkan dengan modul *Single*, *Double*, dan *triple*.

#### SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian dan diskusi yang dilakukan dapat ditarik simpulan bahwa Temperatur minimal yang dicapai sistem kotak pendingin dengan menggunakan jenis rangkaian modul seri-seri pada modul kuartet (18°C) dan seri-paralel pada modul kuartet (18°C); Daya optimum yang dihasilkan untuk masing-masing rangkaian modul terbaik berdasarkan temperatur minimal yaitu: seri-seri (44,4 Watt) dan seri-paralel (39,8 Watt). Berdasarkan daya optimum diperoleh jenis rangkaian terbaik yaitu, rangkaian seri-paralel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Stoecker W.F, Jones J.W, Hara S, 1992. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara (terjemahan)*, edisi kedua. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Zuryati Djafar, Amrullah, Wahyu H. Piarah, Syukri Himran, 2014. *Experimental Test of the Thermoelectric Performance on the Dispenser Cooler*. Proceeding of the 1st International Symposium on Smart Material and Mechatronics. Page: 102-106. ISBN 978-602-71380-1-8. Graduate School Mechanical Engineering Engineering Faculty of Hasanuddin University. Gowa Indonesia.

**PROSIDING 2017® SEMINAR ILMIAH NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI KE-3**  
**Volume 3 : November 2017**

- Riffat. S.B, Ma .Xiaoli. 2003. *Thermoelectrics: A Review of Present and Potential Applications*. Applied Thermal Engineering 23 (2003) 913-935. Pergamon-Elsevier Science Ltd.
- Putra. Nandy, Siregar.Pattas P, Koestoer. RA. 2004. *Pengembangan "Vaccine Carrier" dengan Memanfaatkan Efek Peltier*. Prosiding Seminar Nasional tahunan III, 6-7 Desember 2004. ISBN 979-97158-0-6. Indonesia: Universitas Hasanuddin Makassar.
- Gromov, G. *Thermoelectric Cooling Modules*. 2008. Business Briefing: Global Photonics Applications & Technology, RMT Ltd. diakses dari [www.rmtltd.ru](http://www.rmtltd.ru) pada tanggal 14 Desember 2008.
- Y.J.Dai, R.Z.Wang, L.Ni. 2003. *Experimental Investigation and Analysis on a Thermoelectric Refrigerator Driven by Solar Cells*. Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 77. Issue 4. Pages 377-391