

Sistem Pendingin Pada Kulkas Termoelektrik Dengan Variasi Pembebanan

Gustami Ramdan*, Mirmanto**, Nurpatricia**

*Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram

**Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram

Jln. Majapahit No.62 Mataram Nusa Tenggara Barat Kode Pos: 83125

Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087

Email : ghum055@gmail.com

ABSTRACT

Thermoelectric is a tool that converts electricity to thermal energy. Thermoelectric can be developed to be a refrigeration machine using a Peltier effect. The main advantage of the Peltier effect is the absence of moving parts or circulating fluid, environmental friendly and no ozone destruction. The objective of this study is to investigate the effect of cooling loads on the refrigerator room temperature and COP.

In this study, three identical Peltier modules model TEC1-12706 with an overall dimension of 40 mm x 40 mm x 3,74 mm were used. The modules were arranged in a parallel form and were operated using a DC current and voltage. A mini-refrigerator with a size of 39 cm x 32 cm x 53 cm was employed to perform experiments. Experimental data were collected using the NI DAQ 9714 interfaced using a LabView program to the PC. The cooling loads (drinking water) were varied 600 ml, 1500 ml, 3000 ml and 4500 ml and each experiment was run for approximately 210 minutes and the electrical power used was 189,59 W.

The results show that increasing the cooling load increases the cooler space temperature. The cooler space temperature without a cooling load was 14,07°C, while with a load of 600 ml it was 16,08°C, with a load of 1500 ml it was 17,07°C, with a load of 3000 ml it was 18,47°C and with a load of 4500 ml it was 20,83°C. As the cooling load increases, COP rises. In general, the cooling system using a Peltier effect can be used for cooling some goods especially for small cooling load.

Keywords : Peltier module, cooling load, COP

Pendahuluan

Kulkas yaitu sebuah alat pendingin yang dapat menjaga kesegaran makanan yang berada di dalamnya, pada proses kerjanya kulkas menghasilkan kondisi temperatur udara yang dingin, menjadikan mikroba yang berada di dalam kulkas sulit untuk berkembang biak sehingga makanan lebih bertahan lama dan tidak mengubah rasanya. Dengan adanya kulkas diharapkan sayur mayur, daging, telur, buah-buahan dapat bertahan lebih lama dan awet. Dengan adanya kulkas, orang juga dapat menikmati minuman yang dingin dan segar.

Dalam menunjang kinerjanya kulkas menggunakan refrigeran sebagai pendingin. Namun refrigeran yang mengandung CFC (*Cloro Fluoro Carbon*), dapat merusak struktur lapisan O₃ (Ozone) jika terurai di udara. Hal ini sangat memprihatinkan karena merupakan penyebab utama terjadinya pemanasan global. Perlu dipertimbangkan metode yang tetap bekerja sebagai pompa kalor, namun dalam

pengaplikasiannya, tidak lagi menggunakan siklus kompresi uap seperti yang digunakan kulkas saat ini. Salah satunya adalah termoelektrik.

Termoelektrik merupakan salah satu alternatif teknologi pendingin selain kompresi uap yang menggunakan refrigeran. Bila pada pendingin kompresi uap terjadi mekanisme aliran fluida dan perubahan siklus, lain halnya dengan pendingin termoelektrik yang langsung mengkonversi arus listrik menjadi perbedaan temperatur. Karena tidak menggunakan refrigeran dan aliran fluida, pendingin termoelektrik lebih ramah lingkungan, desainnya lebih sederhana dan perawatannya lebih mudah dengan umur pakai yang cukup lama.

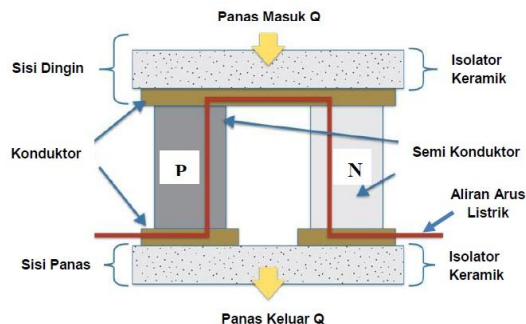
Tujuannya dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh beban pendingin terhadap penurunan temperatur ruangan kulkas termoelektrik. Untuk mengetahui kemampuan Peltier sebagai media pendingin kulkas termoelektrik.

LANDASAN TEORI

Thermoelectric Cooler

Termoelektrik (*thermoelectric*) adalah suatu fenomena konversi dari perbedaan temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya. Fenomena ini telah dikembangkan menjadi menjadi suatu modul sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik atau perangkat pendingin/pemanas.

Termoelektrik menggunakan beberapa *thermocouple* yang disusun seri yang memudahkan perpindahan panas. Umumnya bagian bagian luar komponen ini dibungkus sejenis keramik tipis yang berisikan batang-batang Bismuth Telluride di dalamnya. Material tersebut adalah suatu semikonduktor yang di dalamnya ditambahkan suatu zat tambahan. Zat tambahan tersebut bertujuan untuk memberikan kelebihan elektron bebas (N-type semikonduktor) atau memberikan kekurangan elektron bebas (P-type semikonduktor). Ketika Peltier di alirkan arus listrik, elektron – elektron mengalir dari kutub negatif ke kutub positif dalam rangkaian. Elektron dari material yang kekurangan elektron (P-type semikonduktor) berpindah ke material yang kelebihan elektron (N-type semikonduktor) sehingga sisi ini akan bertemperatur dingin. Jika elektron berpindah dari (N-type semikonduktor) ke tipe (P-type semikonduktor), konektor akan melepaskan energi sehingga pada sisi ini akan bertemperatur panas.



Gambar 1 Aliran arus listrik yang menimbulkan temperatur dingin dan panas

1. Efek Seebeck

Fenomena termoelektrik awalnya ditemukan oleh fisikawan dari Jerman bernama Thomas Johan Seebeck pada tahun 1821. Seebeck mengamati bahwa jika ada dua bahan berbeda yang disambungkan di ujung-ujungnya, kemudian salah satu ujungnya dipanaskan, maka akan ada arus listrik yang mengalir. Fenomena ini disebut dengan efek Seebeck.

2. Efek Peltier

Pada 1834, seorang ilmuwan bernama Jean Charles Athanase Peltier menemukan suatu teori pembalikan efek Seebeck. Ketika arus listrik mengalir pada sambungan dua konduktor yang berbeda akan terjadi peristiwa penyerapan kalor (pendinginan) atau pembuangan kalor (pemanasan). Peristiwa ini dinamakan efek Peltier. Teori ini juga sering dikenal sebagai Thermo-Electric Cooler (TEC).

3. Faktor-faktor dalam elemen Peltier

a. Temperatur permukaan sisi panas (T_h)

Pada penggunaan elemen Peltier, salah satu sisinya akan menjadi sisi panas.

$$T_h = T_\infty + (\theta)(Q_h) \quad (2-1)$$

Dimana :

$$Q_h = Q_c + P_{in} \quad (2-2)$$

Perbedaan temperatur antara sisi dingin dan sisi panas disebut juga delta temperatur (ΔT) yang ditentukan dengan persamaan :

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (2-3)$$

Beban Pendingin

Di dalam pendinginan menggunakan termoelektrik terdapat tiga parameter yang perlu diperhatikan yaitu :

- o Beban kalor yang harus dipindahkan (W)
- o Temperatur sisi dingin Peltier ($^{\circ}\text{C}$)
- o Temperatur sisi panas Peltier ($^{\circ}\text{C}$)

Beban panas dari dalam ruangan merupakan beban panas yang harus dibuang dari ruangan tersebut untuk memperoleh temperatur yang diinginkan. Beban panas bahan dibagi menjadi 2, yaitu beban panas laten dan beban panas sensibel.

Beban panas sensibel dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Q = \dot{m} C_p \Delta T \quad (2-4)$$

Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor adalah salah satu dari disiplin ilmu teknik termal yang mempelajari cara menghasilkan panas, menggunakan panas, mengubah panas, dan menukarkan panas di antara sistem fisik.

1. Perpindahan kalor konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah perpindahan kalor melalui benda padat. Persamaan yang digunakan dalam perpindahan kalor secara konduksi dikenal dengan persamaan Fourier.

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2-5)$$

2. Perpindahan panas konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi merupakan perpindahan kalor yang melalui fluida bergerak baik bergerak secara paksa atau bergerak secara alami. Konveksi terbagi menjadi dua yaitu konveksi bebas dan konveksi paksa.

Pada perpindahan kalor konveksi berlaku hukum Newton tentang pendinginan yaitu :

$$q = h A (T_w - T_{\infty}) \quad (2-6)$$

3. Perpindahan panas radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah distribusi energi berupa panas yang terjadi melalui pancaran gelombang cahaya dari suatu zat ke zat yang lain tanpa zat perantara.

$$q = \epsilon \sigma A (T_A^4 - T_B^4) \quad (2-7)$$

Coefficient of Performance (COP)

COP merupakan perbandingan besarnya kalor yang diserap pada sisi dingin terhadap besarnya daya listrik yang masuk.

$$COP = \frac{q_c}{P_{in}} \quad (2-8)$$

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yaitu melakukan pengujian langsung terhadap alat uji agar memperoleh data-data yang diinginkan.

Alat dan Bahan

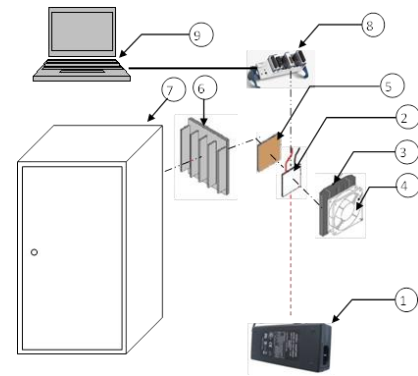
1. Peltier, tipe TEC1-12706,
2. Kulkas mini, berukuran 39 x 32 x 53 cm
3. Thermocouple.
4. Data logger DAQMX 9714 NI.
5. Adaptor.
6. Avometer.
7. Heatsink fan.
8. Thermal pasta.
9. Lem silicone.
10. Baut sekrup.
11. Air mineral.
12. Kipas Komputer (*fan*)

Variabel Penelitian

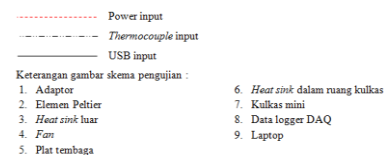
Variabel pada penelitian ini dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

1. Variabel terikat, yaitu variabel yang tidak dapat diatur yang dihasilkan pada penelitian. Yang menjadi variabel terikat dalam penelitian ini adalah penurunan suhu ruangan dan COP.
2. Variabel bebas, yaitu variabel yang dapat diatur atau ditetapkan. Adapun variabel bebas dalam penelitian ini adalah beban

pendingin. Dimana beban pendingin yang digunakan adalah air mineral sebesar 600 ml, 1500 ml, 3000 ml dan 4500 ml.



Gambar 2. Skema instalasi penelitian

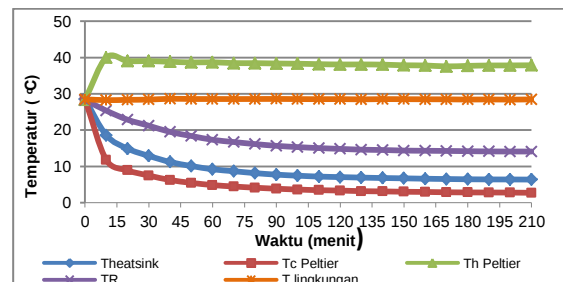


HASIL DAN PEMBAHASAN

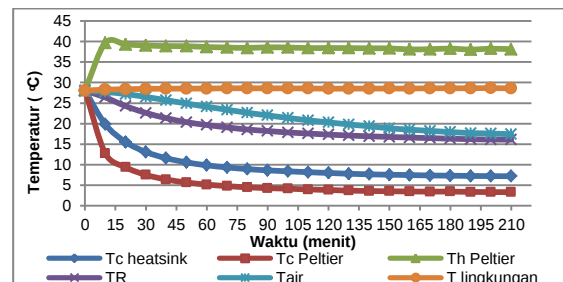
Pengujian pendingin pada kulkas termoelektrik telah dilakukan dengan beberapa variasi pembebanan. Dimana beban yang digunakan adalah air yaitu 600 ml, 1500 ml, 3000 ml dan 4500 ml. Pengujian dilakukan pada temperatur lingkungan $28 \pm 2^\circ\text{C}$.

Pengujian menggunakan 3 modul Peltier dengan tegangan total sebesar 11,49 V dengan arus DC 16,5 A selama 210 menit.

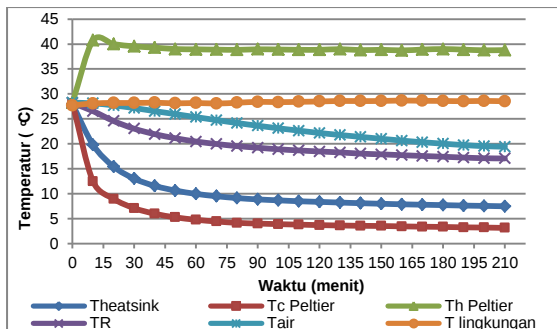
Distribusi temperatur dengan variasi beban



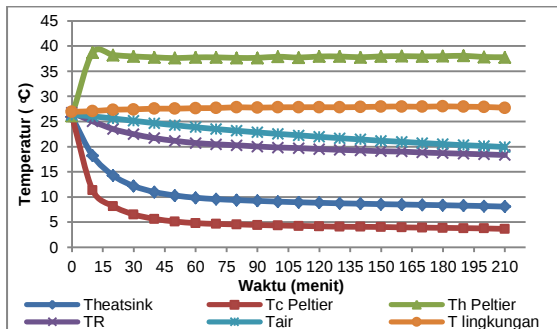
Gambar 3. Distribusi temperatur tanpa beban air



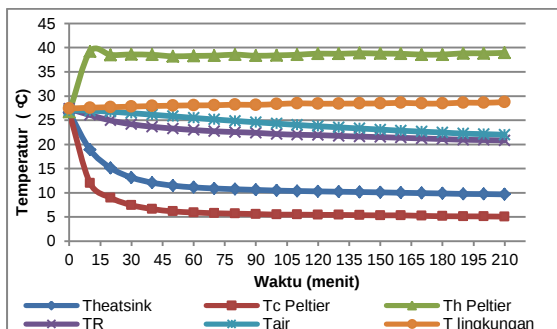
Gambar 4. Distribusi temperatur dengan beban 600 ml air



Gambar 5. Distribusi temperatur dengan beban 1500 ml air



Gambar 6. Distribusi temperatur dengan beban 3000 ml air

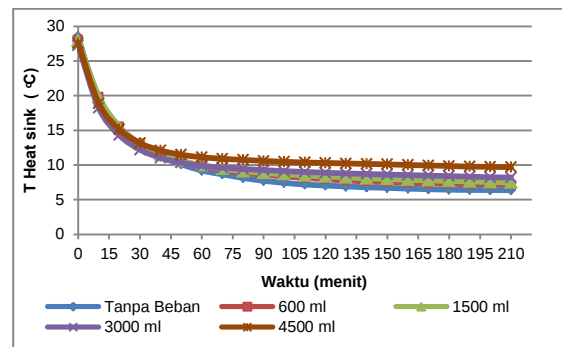


Gambar 7. Distribusi temperatur dengan beban 4500 ml air

Berdasarkan gambar distribusi temperatur dengan variasi beban di atas, terlihat bahwa untuk T_c Peltier dan T_{heatsink} mengalami penurunan temperatur yang relatif cepat untuk pengujian selama 60 menit, selanjutnya tidak terjadi penurunan yang signifikan dan cenderung konstan. Sedangkan untuk T_h Peltier hanya mengalami kenaikan temperatur untuk pengujian selama 10 menit selanjutnya mengalami penurunan dan cenderung konstan. Untuk T_h peltier lebih cepat konstan dibandingkan dengan T_c Peltier.

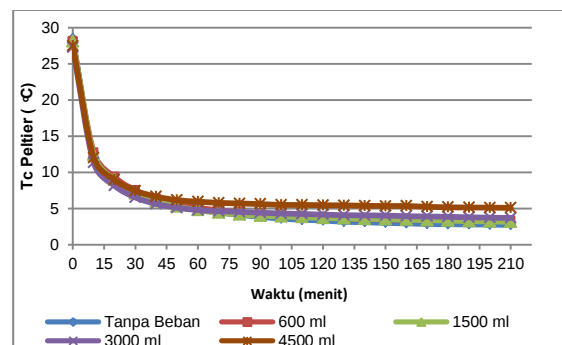
Untuk temperatur ruang kulkas (TR) dan Tair penurunan temperaturnya lebih lambat dibandingkan dengan T_c Peltier dan T_{heatsink} . Hal ini disebabkan karena laju perpindahan kalornya yang kecil sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai temperatur tertentu.

Pengaruh beban terhadap pendinginan



Gambar 8. Pengaruh beban pendingin terhadap temperatur *heat sink*

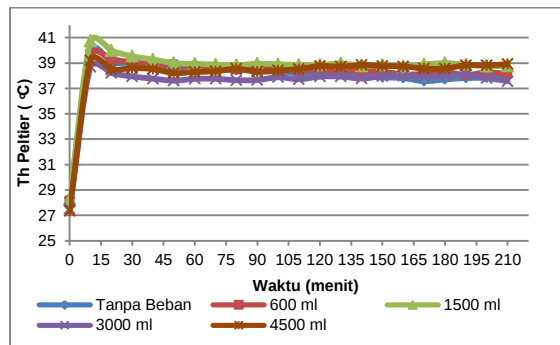
Gambar 8. adalah hubungan temperatur dingin *heat sink* dengan lama waktu pendinginan. Pada kondisi awal, temperatur *heat sink* berada pada temperatur lingkungan. Setelah pengujian selama 80 menit terlihat perbedaan untuk masing-masing pembebanan yang diberikan. Temperatur *heat sink* yang paling rendah ditunjukkan pada pengujian tanpa beban air dengan temperatur 6,28°C, selanjutnya dengan beban 600 ml air 7,07°C, dengan beban pendingin 1500 ml air 7,220°C, beban pendinginan 3000 ml air 8,03°C, dan beban pendinginan 4500 ml air yaitu 9,68°C. Dari hasil tersebut terlihat bahwa terjadi peningkatan temperatur sering dengan penambahan beban pendingin yang diberikan.



Gambar 9. Pengaruh beban pendingin terhadap temperatur sisi dingin Peltier (T_c)

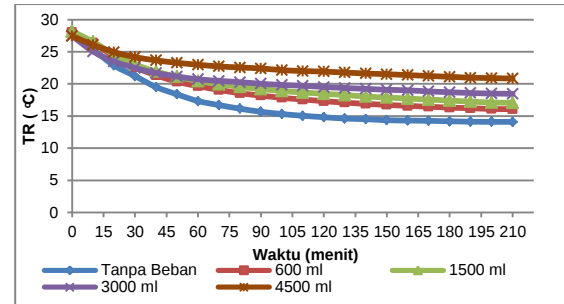
Gambar 9. merupakan hubungan antara temperatur sisi dingin Peltier dengan lamanya waktu pendinginan pada termoelektrik yang dirangkai secara paralel. Pada kondisi awal, temperatur sisi dingin berada pada temperatur ruangan. Setelah 210 menit, untuk tanpa beban air sisi dingin Peltier dapat mencapai 2,73°C, pada pembebanan sebesar 600 ml air diperoleh temperatur 3,27°C, untuk beban 1500 ml air temperatur yang dicapai 3,14°C, untuk beban 3000 ml air temperatur yang dicapai 3,70°C, dan untuk beban yang paling besar yaitu 4500 ml air temperatur yang dicapai 5,09°C. Jika dilihat dari peroleh

temperatur, dengan bertambahnya beban pendingin yang diberikan maka temperatur yang dicapainya semakin meningkat, akan tetapi untuk beban 1500 ml temperatur yang dicapai lebih rendah dari pada beban 600 ml. Hal ini disebabkan oleh temperatur lingkungan pada saat pengujian. Temperatur lingkungan juga berpengaruh besar terhadap temperatur yang dapat dicapai, semakin tinggi temperatur lingkungan, maka untuk mencapai temperatur tertentu diperlukan waktu yang lebih lama.



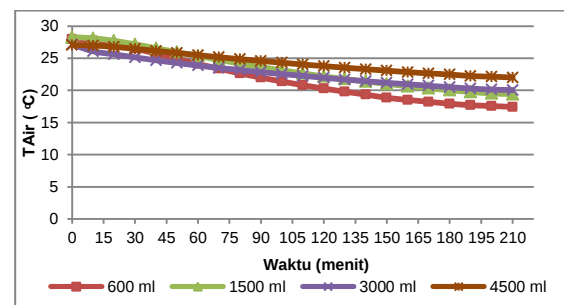
Gambar 10. Pengaruh beban pendingin terhadap temperatur sisi panas Peltier (Th)

Gambar 10. merupakan hubungan antara temperatur sisi panas Peltier terhadap variasi beban pendingin pada termoelektrik yang dirangkai secara paralel dengan lamanya waktu pendinginan 210 menit. Pada kondisi awal, temperatur sisi panas Peltier berada pada temperatur ruangan. Kemudian meningkat secara drastis untuk lama pengujian 10 menit dan selanjutnya mengalami penurunan dan konstan. Untuk tanpa beban air sisi panas Peltier setelah pengujian selama 210 menit, temperatur yang dapat mencapai 37,88°C, pada pembebanan sebesar 600 ml air diperoleh temperatur 38,15°C, untuk beban 1500 ml air temperatur yang dicapai 38,79°C, untuk beban 3000 ml air temperatur yang dicapai 37,57°C, sedangkan untuk beban yang paling besar yaitu 4500 ml air temperatur yang dicapai 38,92°C. Pada sisi panas peltier ini, juga mengalami peningkatan temperatur seiring bertambahnya beban pendingin yang diberikan. Akan tetapi untuk beban 3000 ml air justru temperatur yang dicapai paling rendah dibandingkan dengan pemberian beban lainnya. Ini disebabkan oleh temperatur lingkungan pada saat pengujian. Selain itu juga heat sink fan berperan penting untuk menyerap kalor pada sisi panas peltier, semakin bagus kualitas dari heat sink tersebut maka kemampuan untuk menyerap kalor juga semakin baik. Dengan demikian semakin rendah temperatur pada sisi panas Peltier maka sisi dingin pada Peltier juga akan semakin dingin.



Gambar 11. Pengaruh beban pendingin terhadap temperatur ruang kulkas

Gambar 11. adalah grafik pengaruh beban pendingin terhadap temperatur ruang kulkas termoelektrik. Untuk kondisi awal temperatur berada pada kondisi lingkungan. Setelah pengujian selama 210 menit diperoleh temperatur 14,10°C untuk temperatur ruang kulkas tanpa beban air, untuk beban pendingin 600 ml air sebesar 16,08°C, dengan beban pendingin 1500 ml air mencapai 17,07°C, 18,47°C untuk besar beban 3000 ml air sedangkan untuk beban air 4500 ml mencapai 20,82°C. Temperatur rata-rata ruang kulkas semakin meningkat sebesar $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ dengan bertambahnya beban pendingin yang diberikan. Hal ini disebabkan oleh semakin bertambahnya jumlah kalor yang harus dibuang ke lingkungan.

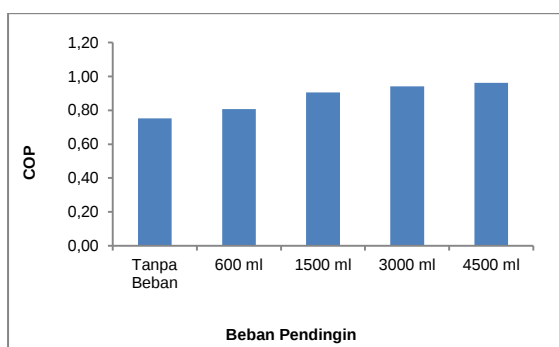


Gambar 12. Temperatur air yang dicapai selama 210 menit pengujian

Gambar 12. menunjukkan grafik penurunan temperatur air dengan lama pengujian 210 menit. Untuk pengujian dengan beban air 600 ml diperoleh temperatur 17,42°C, dengan beban 1500 ml air mencapai 19,42°C, untuk besar beban 3000 ml air sebesar 20,06°C sedangkan untuk beban air 4500 ml mencapai 22,01°C masih di atas 20°C. Besar kecilnya temperatur air yang dicapai dipengaruhi oleh kemampuan heat sink dalam menyerap kalor yang berada pada ruang pendingin tersebut. Disamping itu juga posisi air juga mempengaruhi kecepatan penurunan temperatur. Jika posisi air semakin dekat dengan heat sink maka temperatur air akan mengalami penurunan yang lebih cepat daripada posisi yang jauh dari heat sink. Table

Nilai beban pendingin (qc), daya listrik (Pin), dan COP untuk variasi beban pendingin

Variasi beban pendingin	Pin (Watt)	qc (Watt)	COP
Tanpa Beban air	189,59	142,72	0,75
600 ml air	189,59	153,01	0,81
1500 ml air	189,59	171,52	0,90
3000 ml air	189,59	178,27	0,94
4500 ml air	189,59	182,42	0,96



Gambar 13. Pengaruh variasi beban pendingin terhadap nilai COP

Gambar 13. adalah grafik hubungan antara COP terhadap beban pendingin yang diberikan dengan variasi rangkaian pada waktu 210 menit. Besarnya COP dipengaruhi dari besarnya nilai kalor yang diserap pada sisi dingin dan besarnya daya listrik yang digunakan. Berdasarkan grafik di atas semakin besar beban maka COP pun semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar beban maka kalor yang diserap (qc) semakin meningkat sehingga COP juga ikut bertambah.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pada pendingin termoelektrik ini, beban pendingin berpengaruh terhadap temperatur ruang kulkas yang bisa didapatkan, semakin besar beban pendingin maka temperatur ruang kulkas pun semakin besar atau tinggi.
2. Temperatur ruang kulkas tanpa beban air sebesar 14,07°C, dengan beban 600 ml air sebesar 16,08°C, beban air 1500 ml sebesar 17,07°C, beban air 3000 ml sebesar 18,47°C dan dengan beban air 4500 ml temperaturnya sebesar 20,83°C.
3. Sistem pendingin termoelektrik ini, nilai COP semakin tinggi dengan bertambahnya beban pendingin yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, 2013, *Uji Eksperimental Kinerja Termoelektrik Pada Pendingin Dispenser Air Minum*, Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar
- Anonim, 2010, *Thermoelectric Handbook*, Laird Technologies, <http://www.lairdtech.com> (18 Maret 2016).
- Aziz, A., Joko S., Villager S., 2014, *Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Riau.
- Banjarnahor, H.P., 2016, *Analisis Laju Pendinginan pada Kulkas Termoelektrik Super Cooler Dibandingkan Sistem Pendingin Konvensional Menggunakan Gas Freon*, USU Institutional Repository, Universitas Sumatera Utara.
- Çengel, Y.A., and Boles, M.A., 2006, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 5th ed, McGraw-Hill.
- Çengel, Y.A., 2002, *Heat Transfer : A Practical Approach*, 2nd Edition, McGraw-Hill.
- Fahruddin, A.R., 2011, *Kajian Simulasi dan Eksperimen Sistem Pendingin Lemari Radio Base System (RBS) Berbasis Termoelektrik*, Tesis Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok.
- Handoko, K., 1981, *Teknik Lemari Es*, Edisi ke Kedua, P.T. Ichtiar Baru, Jakarta.
- Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd, *Thermoelectric Cooler*, www.hebeiltd.com.cn
- Holman, J.P., terjemahan E. Jasjfi., 1995, *Perpindahan Kalor*, Edisi ke VI, Erlangga, Jakarta.
- <http://researchthetopic.wikispaces.com> (18 Maret 2016).
- Imaduddin., Kaisar M., 2008, *Desain Coolbox Dengan Pompa Kalor Elemen Peltier*. Skripsi program sarjana FTUI, Depok.
- Irwin, B., Rury, A., 2013, *Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Minuman Kaleng dengan Termoelektrik Bersumber dari*

- Arus DC Kendaraan dalam Rangkaian Seri dan Paralel*, Seminar Nasional Tahunan Teknik XII, Bandar Lampung.
- Jaworski, C.M., 2007, *Opportunities for Thermoelectric Energy Conversion in Hybrid Vehicles*, The Ohio State University, Department of Mechanical Engineering.
- Jugsujinda, S., Athorn, V., Tosawat, S., 2010, *Analyzing of Thermoelectric Refrigerator Performance*, 2nd International Science, Social-Science, Engineering and Energy Conference 2010: Engineering Science and Management.
- Pramana, L., 2015, *Freezer Dengan Daya 1/6 PK dan Panjang Pipa Kapiler 150 cm*, Departemen Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Priyambada, S., 2012, *Pendingin Kabin Mobil Berbasis Termoelektrik*. Skripsi Departemen Teknik Mesin FTUI. Depok
- Poetro, J.E., Catur, R.H., 2013, *Analisis Kinerja Sistem Pendingin Arus Searah Yang Menggunakan Heatsink Jenis Extruded Dibandingkan Dengan Heatsink Jenis Slot*, Jurnal Teknik Mesin, ITS.
- Riyanto, H., Martowibowo, S.Y., 2010, *Modeling and Prototyping a Mini Portable Thermoelectric Beverage Cooling Device*, ICCHT2010 - 5th International Conference on Cooling and Heating Technologies.
- Riffat, S.B., Ma X., 2003, *Review: Thermoelectrics: a review of present and potential applications*, Applied Thermal Engineering 23 913-935, Pergamon-Elsevier Science Ltd.
- Sitorus, T.B., 2015, *Pengujian dan Perhitungan Beban Panas pada Kotak Pendingin yang Menggunakan Elemen Pendingin Termoelektrik dengan Sumber Energi Surya*, USU Institutional Repository, Universitas Sumatera Utara.
- Sugiyanto, 2008, *Pengembangan Cool box*, Jurnal Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Tellurex, 2010, *Introduction to Thermoelectric*, 1462 International Drive.Traverse Citi,MI. (<http://www.tellurex.com>).
- Umboh, R., Wuwung, J.O., Kendek A.E., Narasiang, B.S., 2012, *Perancangan Alat Pendingin Portable Menggunakan Elemen Peltier*, Ejournal Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado.
- Zudaskarios, 2011, *Pengertian Dan Fungsi Tentang Heatsink*, <http://zudaskarios4.blogspot.co.id/2011/05/tentang-heatsink.html>.