

PENGARUH VARIASI ARAH PUTARAN *FAN* TERHADAP PENDINGINAN PADA PENDINGIN MINUMAN *PORTABLE* MENGUNAKAN TERMOELEKTRIK KAPASITAS 4,7 LITER

Rahmat Iman Mainil¹, Syafri¹, Azridjal Aziz¹, Renhard Niptro Gultom¹
dan Afdhal Kurniawan Mainil²

¹Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR. Subrantas km.12,5 Panam, Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu,
Jl. WR Supratman Kandang Limun, Bengkulu 38371A

E-mail : rahmat.iman@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Pendingin minuman *portable* dengan kapasitas 4,7 liter menggunakan modul termoelektrik (TEC) digunakan untuk mengetahui laju pendinginan minuman *portable*. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan jumlah elemen *peltier* yang aktif dan membandingkannya terhadap variasi arah putaran *fan* serta beban pendinginan. Setiap pengujian dilakukan hingga temperatur pendingin minuman *portable* mencapai temperatur terendah. Dengan menggunakan arah putaran fan dorong, data memperlihatkan bahwa dengan menggunakan tiga modul TEC temperatur ruangan pendingin yang dapat dicapai 14,6 °C dalam 95 menit (tanpa beban pendingin) dan 25,5 °C dalam 40 menit (beban pendingin maksimum, 6 buah minuman kaleng). Sedangkan dengan menggunakan tiga buah modul TEC dengan arah putaran fan tarik temperatur ruangan pendingin terendah 17,4 °C dalam 55 menit (tanpa beban pendingin), dan 25,6 °C dalam 35 menit (beban pendingin maksimum, 6 minuman kaleng).

Kata kunci : *pendingin, termoelektrik, fan*

ABSTRACT

Portable beverage cooler (PBC) capacity of 4.7 liters using thermoelectric cooler (TEC) module was used to determine the cooling rate of PBC. This study employed active peltier elements by comparing two variations of direction of fan rotation (induced draft fan and force draft fan) and cooling loads. Each experiments was conducted until the temperature of cooling room reach the lowest temperature. By using force draft fan the data showed that by using three TEC module the cooling room temperature can reach 14,6 °C in 95 minute (without cooling load) and 25,5 °C in 40 minutes (maximum cooling load, 6 beverage cans). Whereas, by employing three TEC and using induced draft fan the cooling room reach temperature 17,4 °C in 55 minutes (without cooling load), and 25,6 °C in 35 minutes (maximum cooling load, 6 beverage cans).

Keywords : *cooler, thermoelectric, fan*

PENDAHULUAN

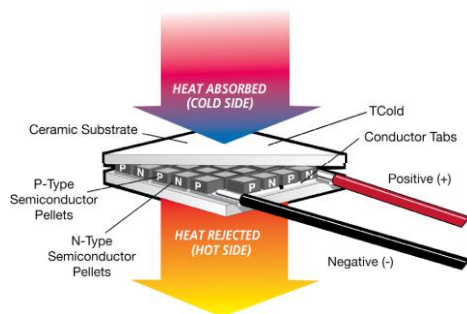
Termoelektrik adalah sebuah alat yang dapat digunakan sebagai pendingin minuman *portable* tanpa menggunakan komponen bergerak. Sistem pendingin beroperasi pada arus DC dan dapat digunakan untuk memanaskan atau mendinginkan dengan pembalikan arah arus. Proses pendinginan atau pemanasan ini dicapai dengan memindahkan

panas dari salah satu sisi modul pendingin ke sisi yang lain dengan adanya arus listrik yang mengalir dan memenuhi hukum termodinamika (Nandi dan Putra, 2010).

Modul termoelektrik terdiri dari dua pelat keramik dengan elemen-elemen dari bahan semikonduktor tipe P dan tipe N (Gambar 1)

diantara kedua pelat yang bekerja berdasarkan efek *peltier*.

Penelitian yang menggunakan modul termoelektrik sebagai pendingin sebuah kabinet kecil telah dilakukan Zhao dan Tan, 2014, *review* mengenai potensi penggunaan modul termoelektrik, bahan dasar termoelektrik, pemodelan dan aplikasinya untuk kebutuhan pendinginan skala kecil. Filippeschi dkk, 2006, telah meneliti aplikasi modul termoelektrik untuk peralatan kecil, *refrigerator* mini, penggunaan *heatsink*, aplikasi *hotspot cooling* dan kinerja dari modul termoelektrik yang terintegrasi dengan penukar kalor.



Gambar 1. Skema perpindahan panas pada modul termoelektrik

(<https://thermal.ferrotec.com/technology/thermoelectric/thermalRef02> (8 Februari 2015))

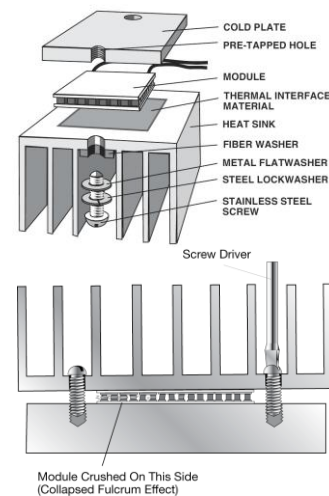
Shaikh dan Chopra, 2014, mempelajari penggunaan termoelektrik refrigerator yang telah dilakukan oleh berbagai peneliti untuk meningkatkan kinerja pendinginan (*Coefficient of Performance*) pada beberapa perangkat pendingin elektrik.

Selain itu aplikasi penggunaan modul termoelektrik telah dilakukan Marleni dkk., 2014 menggunakan dua elemen termoelektrik untuk menjaga temperatur vaksin yang disimpan dalam wadah berbahan PVC. Temperatur vaksin dapat dijaga pada temperatur 3-8 °C selama 45 menit. Temperatur wadah vaksin mampu mencapai temperatur 0° C setelah pengujian selama 150 menit. Bizzy dan Apriansyah, 2013 juga mengaplikasikan modul termoelektrik sebagai pendingin minuman kaleng 330 ml. Pada penelitian tersebut digunakan rangkaian seri dengan capaian temperatur 6°C dan 9°C dengan rangkaian paralel untuk pendinginan selama 120 menit.

Aziz dkk, 2015, mengaplikasikan modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman. Penggunaan modul termoelektrik

memberikan hasil yang lebih baik jika plat aluminium ditambahkan pada dinding bagian dalam kotak pendingin. Makin banyak modul termoelektrik yang diaplikasikan makin besar beban kalor yang dapat diserap, dan capaian temperatur ruang menjadi lebih rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju pendinginan minuman *portable* menggunakan *box* aluminium dengan memvariasikan jumlah elemen termoelektrik yang aktif serta variasi arah putaran *fan*. Pemasangan modul termoelektrik bertujuan untuk memenuhi capaian temperatur yang diinginkan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perakitan modul termoelektrik

(<http://www.hebeiltd.com.cn>)

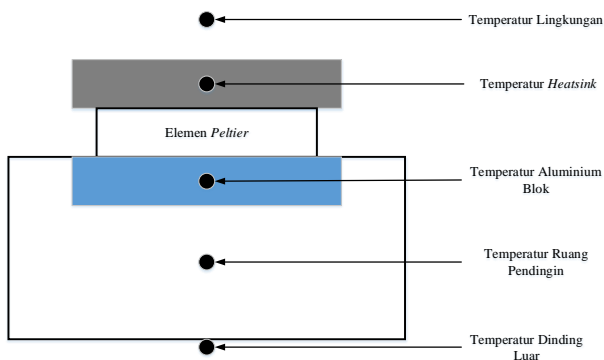
METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini modul termoelektrik yang digunakan adalah tiga buah modul TEC1-12706 dengan dimensi 40 mm x 40 mm x 3,9 mm. Arus (I_{max}) 6,4 A, voltase (V_{max}) 14,4 V, tahanan (R) = 1,98 ohm. Kotak pendingin dilengkapi dengan *fan* tipe B/E dengan ukuran 90 mm x 90 mm x 25 mm. Arus yang digunakan untuk menghasilkan efek pendinginan (*peltier effect*) adalah arus DC dengan kapasitas 12 volt, dan 0,15 Ampere. Kotak pendingin yang digunakan memiliki kapasitas 4,7 liter.

Metode Pengambilan Data

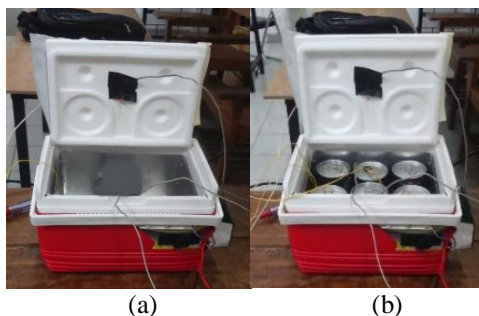
Pengujian bertujuan untuk mengetahui perbandingan laju pendinginan kotak minuman *portable* dengan memvariasikan arah putaran *fan* pada jumlah modul termoelektrik aktif yang berbeda. Pengambilan data temperatur dilakukan pada berbagai titik seperti terlihat pada Gambar 3.

Temperatur dicatat dengan interval 5 menit hingga temperatur ruang pendingin tidak berubah terhadap waktu.



Gambar 3. Skema pengujian data temperatur

Pengujian pertama menggunakan *fan* dorong (*force draft fan*) seperti yang terlihat pada Gambar 5a, dengan mengukur temperatur lingkungan, temperatur *heatsink*, temperatur plat aluminium, temperatur ruangan pendingin dan temperatur dinding luar pada kondisi tanpa beban pendingin (Gambar 4a). Pada pengujian ini jumlah modul termoelektrik aktif divariasikan.

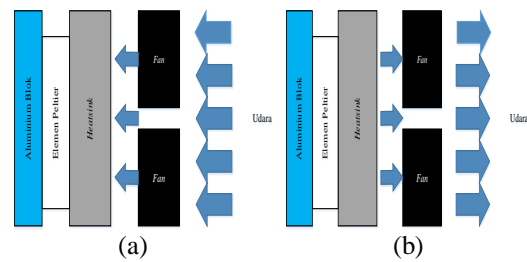


Gambar 4. Pengujian pada variasi beban pendingin (a) tanpa beban (b) dengan beban

Pengujian kedua dilakukan pada kondisi kotak minuman pendingin berisi 6 (enam) minuman kaleng (330 ml) (beban penuh) seperti yang terlihat pada Gambar 4b, dengan memvariasikan jumlah modul termoelektrik yang aktif. Dalam pengujian ini data temperatur lingkungan, temperatur *heatsink*, temperatur plat aluminium, temperatur ruangan pendingin dan temperatur dinding luar dicatat.

Untuk mengetahui kinerja alat pada arah putaran fan tarik (*induce draft fan*), variasi pada pengujian satu dan dua dilakukan kembali, seperti yang terlihat pada Gambar 5b. Data yang dihasilkan dari

pengujian kemudian disajikan dalam bentuk grafik.

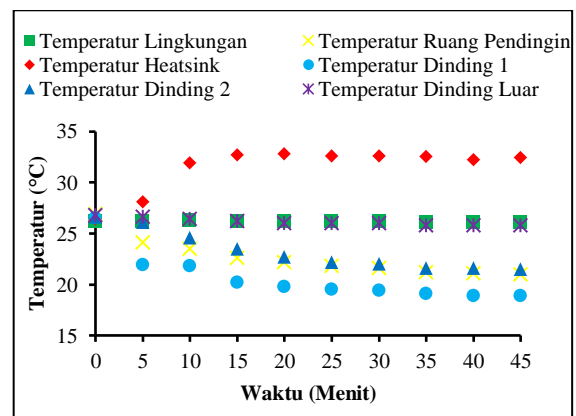


Gambar 5. Pengujian dengan variasi arah putaran fan (a) Arah fan dorong (b) arah fan tarik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dengan Arah Putaran Fan Dorong A. Pengujian Tanpa Beban Pendingin

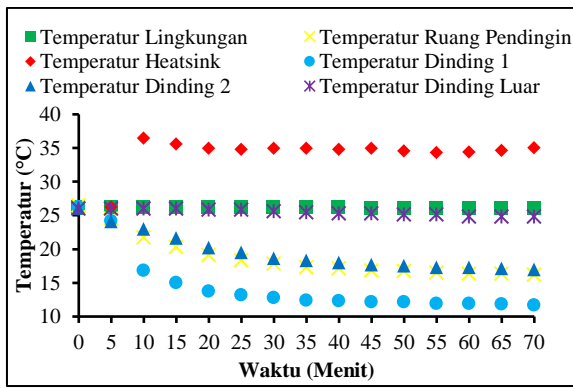
Gambar 6 menunjukkan temperatur PBC dengan 1 elemen *peltier* aktif tanpa beban pendingin.



Gambar 6. Temperatur PBC dengan 1 elemen aktif tanpa beban pendingin (Fan dorong)

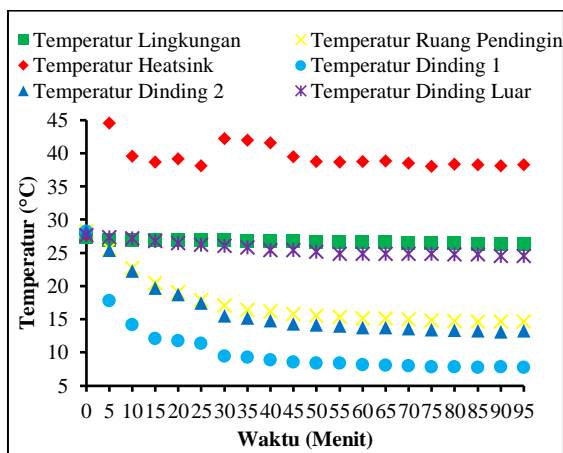
Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 21°C selama 45 menit. Temperatur pada *heatsink* $32,4^{\circ}\text{C}$, temperatur dinding 1 (aluminium blok) $18,9^{\circ}\text{C}$, temperatur dinding 2 (isolasi) $21,5^{\circ}\text{C}$, temperatur dinding luar $25,8^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata temperatur lingkungan $26,2^{\circ}\text{C}$.

Gambar 7 merupakan hasil pengujian menggunakan 2 elemen *peltier* aktif. Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah $16,2^{\circ}\text{C}$ selama 70 menit. Temperatur pada *heatsink* 35°C , temperatur dinding 1 (aluminium) $11,7^{\circ}\text{C}$, temperatur dinding 2 (isolasi) 17°C , temperatur dinding luar $24,8^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata temperatur lingkungan 26°C .



Gambar 7. Temperatur PBC dengan 2 elemen aktif tanpa beban pendingin (*Fan dorong*)

Gambar 8 merupakan hasil pengujian PBC dengan 3 elemen termoelektrik aktif.



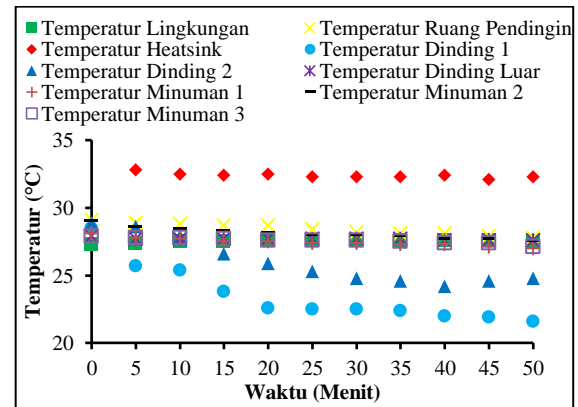
Gambar 8. Temperatur PBC dengan 3 elemen aktif tanpa beban pendingin (*Fan dorong*)

Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 14,6°C selama 95 menit. Temperatur pada *heatsink* 38,2°C, temperatur dinding 1 (aluminium blok) 7,7°C, temperatur dinding 2 (isolasi) 13,2°C, temperatur dinding luar 24,5°C dan rata-rata temperatur lingkungan 26,2°C.

B. Pengujian Menggunakan Beban Pendingin (1980 ml)

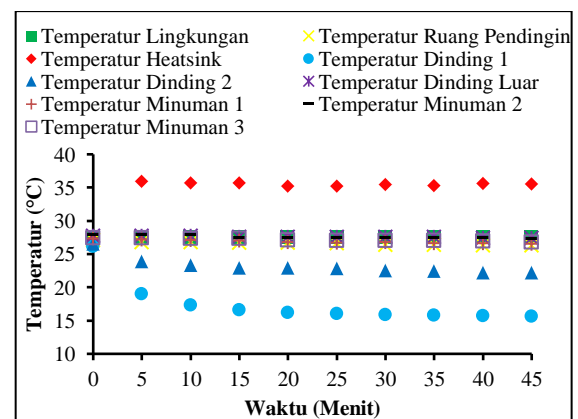
Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian PBC dengan 1 elemen *peltier* menggunakan beban pendingin 6 minuman kaleng (1980 ml). Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 27,8°C selama 50 menit. Temperatur pada *heatsink* 32,3°C, temperatur dinding 1 (aluminium blok) 21,6°C, temperatur dinding 2 (isolasi)

24,8°C, temperatur dinding luar 27,6°C dan rata-rata temperatur lingkungan 27,5°C sedangkan temperatur minuman 1 adalah 27°C, temperatur minuman 2 adalah 27,6°C dan temperatur minuman 3 adalah 27,1°C.



Gambar 9. Temperatur PBC dengan 1 elemen *peltier* aktif dengan beban 6 minuman kaleng (1980 ml) (*Fan dorong*)

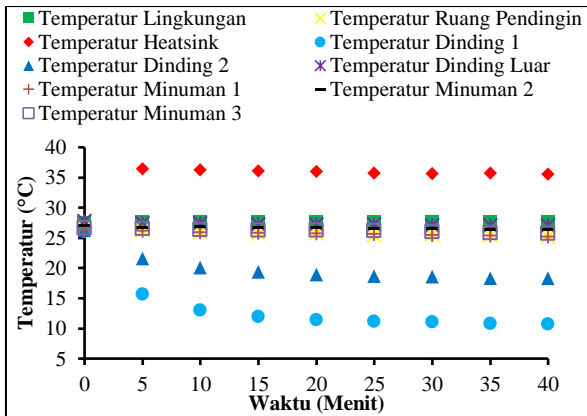
Gambar 10 menunjukkan hasil pengujian PBC dengan 2 elemen *peltier* menggunakan beban pendingin 6 minuman kaleng (1980 ml). Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 26,3°C selama 45 menit. Temperatur pada *heatsink* 35,5°C, temperatur dinding 1 (aluminium blok) 15,6°C, temperatur dinding 2 (isolasi) 22,2°C, temperatur dinding luar 27,4°C dan rata-rata temperatur lingkungan 27,5°C sedangkan temperatur minuman 1 adalah 26,5°C, temperatur minuman 2 adalah 27,3°C dan temperatur minuman 3 adalah 26,8°C.



Gambar 10. Temperatur 2 elemen *peltier* Aktif dengan beban 6 minuman kaleng (1980 ml) (*Fan dorong*)

Gambar 11 menunjukkan hasil pengujian PBC dengan 3 elemen *peltier* menggunakan beban

pendingin 6 minuman kaleng (1980 ml). Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 25,2°C selama 40 menit. Temperatur pada *heatsink* 35,5°C, temperatur dinding 1 (aluminium blok) 10,7°C, temperatur dinding 2 (isolasi) 18,3°C, temperatur dinding luar 27°C dan rata-rata temperatur lingkungan 27,5°C sedangkan temperatur minuman 1 adalah 25,2°C, temperatur minuman 2 adalah 26,2°C dan temperatur minuman 3 adalah 25,7°C.



Gambar 11. Temperatur PBC dengan 3 elemen Peltier aktif dengan beban 6 minuman kaleng (1980 ml) (Fan dorong)

Pengujian dengan Arah Putaran Fan Tarik

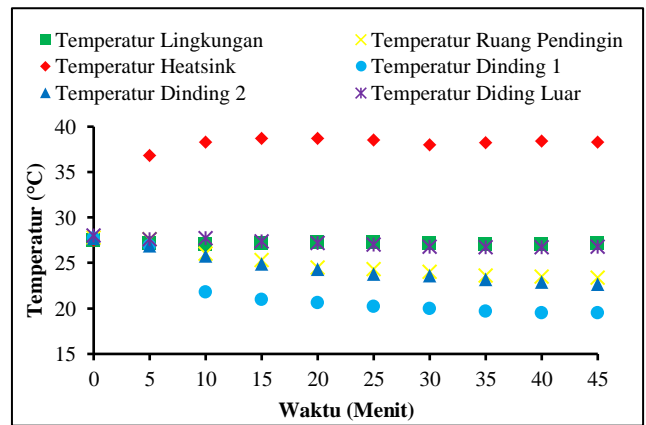
Pengujian dengan mengubah arah putaran *fan* dengan memvariasikan jumlah elemen *peltier* yang aktif.

A. Pengujian Tanpa Beban Pendingin

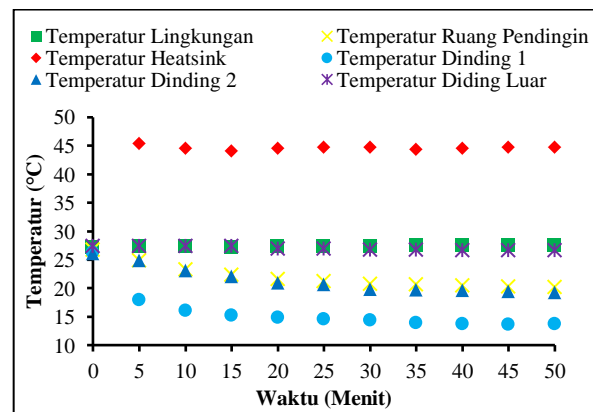
Gambar 12 menunjukkan hasil pengujian PBC dengan 1 elemen *peltier* aktif tanpa beban pendingin dengan arah putaran *fan* tarik. Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 23,4°C selama 45 menit.

Dimana temperatur pada *heatsink* 38,3°C, temperatur dinding 1 (aluminium) 19,5°C, temperatur dinding 2 (isolasi) 22,7°C, temperatur dinding luar 26,8°C dan rata-rata temperatur lingkungan 27,2°C.

Gambar 13 menunjukkan hasil pengujian PBC dengan 2 elemen *peltier* aktif tanpa beban pendingin menggunakan *box* aluminium dengan arah putaran *fan* tarik.



Gambar 12. Temperatur PBC dengan 1 elemen peltier aktif tanpa beban pendingin (Fan tarik)

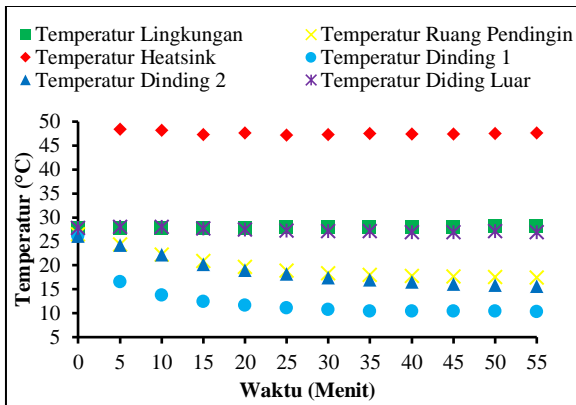


Gambar 13. Temperatur PBC dengan 2 elemen peltier aktif tanpa beban pendingin (Fan tarik)

Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 20,2°C selama 50 menit. Temperatur pada *heatsink* 44,7°C, temperatur dinding 1 (aluminium blok) 13,8°C, temperatur dinding 2 (isolasi) 19,3°C, temperatur dinding luar 26,7°C dan rata-rata temperatur lingkungan 27,4°C.

Gambar 14 menunjukkan hasil pengujian PBC dengan 3 elemen *peltier* aktif tanpa beban pendingin dengan arah putaran *fan* tarik. Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 17,4°C selama 55 menit.

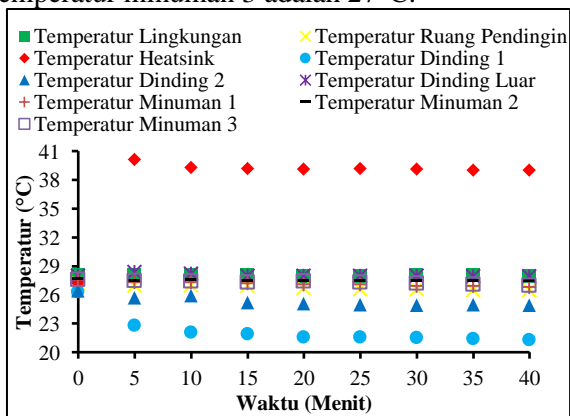
Temperatur pada *heatsink* 47,5°C, temperatur dinding 1 (aluminium blok) 10,2°C, temperatur dinding 2 (isolasi) 15,6°C, temperatur dinding luar 26,8°C dan rata-rata temperatur lingkungan 27,8°C.



Gambar 14. Temperatur PBC dengan 3 lemen *peltier* aktif tanpa beban pendingin (*Fan* tarik)

B. Pengujian Menggunakan Beban Maksimum (1980 ml)

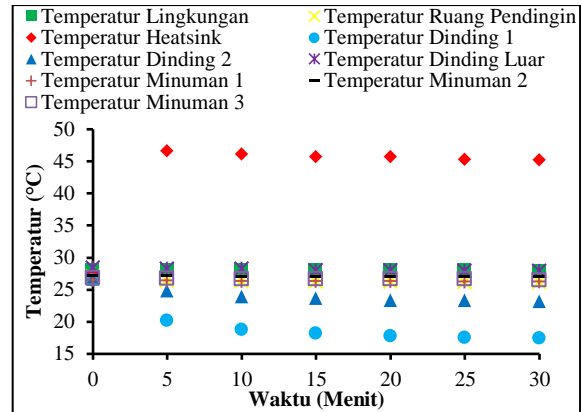
Gambar 15 menunjukkan hasil pengujian PBC dengan 1 elemen *peltier* aktif dengan beban maksimum 6 minuman kaleng (1980 ml) menggunakan *box* aluminium dengan arah putaran *fan* tarik. Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 26,5°C selama 40 menit. Temperatur pada *heatsink* 39°C, temperatur dinding 1 (aluminium blok) 21,3°C, temperatur dinding 2 (isolasi) 24,9°C, temperatur dinding luar 27,9°C dan rata-rata temperatur lingkungan 28°C sedangkan temperatur minuman 1 adalah 26,8°C, temperatur minuman 2 adalah 27,4°C dan temperatur minuman 3 adalah 27°C.



Gambar 15. Temperatur PBC dengan 1 elemen *peltier* aktif dengan beban (1980 ml) (*Fan* tarik)

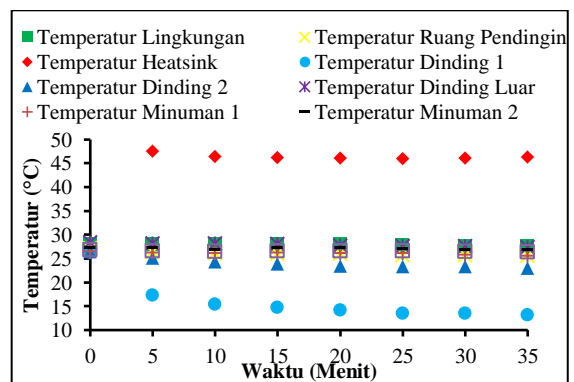
Gambar 16 menunjukkan hasil pengujian PBC dengan 2 elemen *peltier* aktif dengan beban maksimum 6 minuman kaleng (1980 ml) dengan arah putaran *fan* tarik. Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 26,1°C selama 30

menit. Temperatur pada *heatsink* 45,2°C, temperatur dinding 1 (aluminium blok) 17,4°C, temperatur dinding 2 (isolasi) 23,1°C, temperatur dinding luar 27,9°C dan rata-rata temperatur lingkungan 28°C sedangkan temperatur minuman 1 adalah 26,2°C, temperatur minuman 2 adalah 26,9°C dan temperatur minuman 3 adalah 26,5°C.



Gambar 16. Temperatur PBC dengan 2 elemen *peltier* aktif dengan Beban Maksimum (1980 ml) (*Fan* tarik)

Gambar 17 menunjukkan hasil pengujian PBC dengan 3 elemen *peltier* aktif dengan beban maksimum 6 minuman kaleng (1980 ml) dengan arah putaran *fan* tarik. Temperatur ruang pendingin yang mampu dicapai hingga temperatur ruang pendingin *steady* adalah 25,6°C selama 35 menit. Temperatur pada *heatsink* 46,3°C, temperatur dinding 1 (aluminium blok) 13,2°C, temperatur dinding 2 (isolasi) 23°C, temperatur dinding luar 27,4°C dan rata-rata temperatur lingkungan 27,9°C sedangkan temperatur minuman 1 adalah 25,6°C, temperatur minuman 2 adalah 26,8°C dan temperatur minuman 3 adalah 26,3°C.



Gambar 17. Temperatur PBC dengan 3 elemen *peltier* aktif dengan beban (1980 ml) (*Fan* tarik)

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM Universitas Riau yang telah membiayai penelitian ini melalui dana Penelitian DIPA UR.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan 3 elemen termoelektrik tanpa beban pendingin dengan arah putaran *fan* dorong memberikan pendinginan yang lebih baik dengan capaian temperatur *steady* 14,6°C selama 95 menit dan temperatur *steady* 25,2°C selama 40 menit dengan beban maksimum 6 minuman kaleng (1980 ml).
2. Lama waktu capaian temperatur *steady* dipengaruhi oleh banyaknya elemen peltier yang aktif, beban pendingin, arah putaran *fan* dan temperatur lingkungan. Semakin besar beban kalor yang dapat diserap, dan capaian temperatur ruang menjadi lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

Aziz. Azridjal., Subroto, Joko., dan Silpana, Villager., 2015. *Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman*. Jurnal Rekayasa Mesin, pp. 32-38.

Dongliang Zhao dan Gang Tan, 2014, *A Review of Thermoelectric Cooling : Material, Modeling and Applications*, Applied Thermal Engineering, Vol. 66, pp 14-24.

Irwin Bizzy dan Rury Apriansyah, 2013, *Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Minuman Kaleng dengan Termoelektrik Bersumber dari Arus DC Kendaraan dalam Rangkaian Seri dan Paralel*, *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII)*, Bandar Lampung, 23 - 24 Oktober.

Marleni Margreth Nino, Ishak Sartana Limbong dan Ben Vasco Tarigan, 2014, *Pengaruh Penambahan Elemen Peltier terhadap Kemampuan Menjaga Temperatur Penyimpanan Vaksin dengan Berbahan Dasar Polivinil Klorida (PVC)*, Lontar Jurnal Teknik Mesin Undara, Vol. 1 no.2 2014, pp 40-46.

Moin Ahmad S. Shaikh dan M.K. Chopra, 2014, *An Extensive Review on Thermoelectric Refrigerator*, *International Journal of Scientific Progress and Research*, Vol. 6 no. 1, pp 7-11.

Putra, Nandi SD., 2010. *Aplikasi Riset Termoelektrik Pada Pencapaian Tujuan Pembangunan Milenium di Indonesia*. Jakarta, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

S. Filippeschi, E. Latrofa dan G. Salvadori, 2006, *Periodic TwoPhase Heat Transfer Coefficient in Thermoelectric Cooling Mini Evaporator*, *International Journal of Low Carbon Technologies*, Vol. 1 no.4, pp 298-314.

Tellurex Corporation. 2010. *Frequently Asked Questions About Our Cooling And Heating Technology*. Tellurex Corporation : Traverse City.

<https://thermal.ferrotec.com/technology/thermoelectric/thermalRef02> (8 Februari 2015).

<http://www.hebeiltd.com.cn> (Diakses).