

KINERJA SUSUNAN DAN JUMLAH ELEMEN *PELTIER* PADA TEC ALAT TRANSPORTASI IKAN SEGAR

Performance of Arrangement and Number the Peltier Elements on Refrigerated Fish Container TEC

Tri Nugroho Widiyanto* dan Caesar Mahendra

Loka Riset Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan, Jl. Imogiri Barat Km. 11,5, Yogyakarta, Indonesia

*Korespondensi Penulis: trinugrohowidiyanto@yahoo.com

Diterima: 21 November 2018; Direvisi: 12 Maret 2019; Disetujui: 12 Juni 2019

ABSTRAK

Kinerja cara penyusunan dan jumlah elemen *peltier* pada pendingin termoelektrik (TEC) alat transportasi ikan segar telah diuji. TEC alat transportasi ikan segar terdiri dari komponen utama yaitu elemen *peltier*, *heatsink*, kipas, *bracket* aluminium dan *heat pipe*. Uji kinerja dilakukan terhadap susunan dan jumlah elemen *peltier* TEC alat transportasi ikan segar dengan variasi dua buah TEC dengan elemen *peltier* tunggal, dua buah TEC dengan elemen *peltier* ganda dan empat buah TEC dengan elemen *peltier* tunggal. Parameter yang diamati meliputi suhu ruang penyimpanan ikan, suhu *heatsink* dan kebutuhan energi TEC. Pengukuran dilakukan selama 120 menit dengan interval pengukuran setiap 10 menit. Suhu ruang peti penyimpanan ikan dengan dua buah TEC *peltier* ganda adalah 18,8 °C, dua buah TEC *peltier* tunggal sebesar 13,5 °C dan empat buah TEC *peltier* tunggal sebesar 8,5 °C. Kebutuhan energi TEC dengan dua buah elemen ganda sebesar 46 Watt, TEC dengan 2 buah elemen *peltier* tunggal sebesar 83 Watt, sedangkan pada 4 elemen *peltier* tunggal 166 Watt.

KATA KUNCI: pendingin termoelektrik, elemen *peltier*, ikan segar, penyimpanan ikan

ABSTRACT

Performance of arrangement and number of peltier elements on the refrigerated fish container TEC (thermoelectric cooler) had been tested. The TEC of refrigerated fish container was composed of peltier elements, a heatsink, a fan, an aluminum bracket, and a heat pipe. The arrangement and number of peltier element variations in each refrigerated container box were two TEC composed of a single peltier element, two TEC composed of dual peltier element and four TEC composed of a single peltier element. Performance test was conducted by measuring temperature of box container, temperature of heatsink, and the energy consumption of TEC. Performance test carried out at every 10 minutes for 120 minutes. Temperature of refrigerated container box composed of two TEC with dual peltier element was 18.8 °C, two TEC with single peltier element was 13.5 °C and four TEC with single peltier element was 8.5 °C. The energy consumption of refrigerated container box of two TEC composed dual peltier element was 46 Watts, two TEC composed of single peltier element was 83 Watts and four TEC composed of single peltier element were 166 Watts.

KEYWORDS: thermoelectric cooler, peltier elements, fish container

PENDAHULUAN

Salah satu cara penanganan ikan segar selama penyimpanan dan transportasi yang dinilai baik adalah dengan pendinginan. Persyaratan BSN (2013) tentang penanganan ikan segar adalah menjaga suhu ikan tetap rendah di bawah 5 °C. Pada kondisi tersebut, mutu ikan dapat dipertahankan karena proses pembusukan ikan yang disebabkan oleh bakteri dan proses biokimia dapat diperlambat (Gelman, Glatman,

Drabkin, & Harpaz, 2001; Wibowo & Yunizal, 1998). Penyimpanan pada suhu tinggi dapat memacu pertumbuhan mikroba pembusuk, reaksi oksidasi dan aktivitas enzimatik (Kotta, Moeller, Orav-Kotta & Paernoja, 2014; Pack et al., 2014). Selain penyimpanan ikan pada suhu rendah, cara mematikan dan penyiangan ikan yang baik juga dapat memperlama proses kemunduran mutu ikan (Munandar, Nurjanah & Nurilmala, 2009).

Penanganan ikan segar menggunakan es dinilai mudah dan murah untuk mempertahankan mutu ikan (Jain & Ilyas, 2005). Selain es, metode pendinginan menggunakan sistem pendingin telah berkembang sejak dulu. Sistem pendingin umumnya menggunakan sistem kompresi uap (Aziz, 2009; Ginting, Aziz & Kurniawan, 2014; Sulaiman & Asriandi, 2016), namun untuk kapasitas pendinginan yang kecil yang cocok digunakan pedagang ikan keliling dapat menggunakan alternatif pendingin termoelektrik (TEC). Sistem pendingin TEC (Astrain, Martinez & Rodriguez, 2013; Chen, Liao & Hung, 2012; Meng, Wang & Zhang, 2013; Zhang, Mui & Tarin, 2010; Zhao & Tan, 2014) menggunakan elemen *peltier* dengan sumber arus listrik DC. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mendistribusikan ikan segar oleh pedagang ikan keliling adalah Altis-2, yaitu alat transportasi ikan segar untuk kendaraan bermotor roda dua (sepeda motor). Altis-2 berbentuk peti untuk menyimpan ikan yang dilengkapi dengan pendingin seperti telah dikembangkan oleh Widiyanto, Hermawan & Utomo (2014). Altis-2 dapat membantu dan memudahkan proses distribusi ikan segar oleh pedagang ikan dengan sepeda motor. Penggunaan Altis-2 tersebut dapat memudahkan transportasi dan mempertahankan suhu ikan tetap rendah. Hasil pengujian tingkat penerimaan pengguna terhadap Altis-2 menunjukkan bahwa salah satu faktor yang menentukan penerimaan pengguna adalah kemudahan pengoperasian alat, di mana salah satu yang perlu perbaikan adalah lebar atau ukuran Altis-2 (Hakim, Siregar, Widiyanto & Purnomo, 2016).

Altis-2 (Gambar 1) dioperasikan dengan menggunakan sumber energi dari aki sepeda motor atau baterai tambahan. Namun, mengingat aki sepeda

motor atau baterai tambahan mempunyai kapasitas sangat terbatas, maka optimasi pendingin TEC perlu dilakukan agar performansinya menjadi lebih baik dan kebutuhan energinya rendah. Optimasi yang telah dilakukan di antaranya adalah dengan pengaturan voltase yang berbeda untuk mengetahui kinerja pendingin TEC (Widiyanto & Hakim, 2016). Selain itu, optimasi penggunaan jumlah elemen *peltier* serta cara penyusunannya juga perlu dilakukan agar didapatkan suhu peti yang rendah serta penggunaan energi listrik yang kecil. Mansur (2010) dan Sugiyanto (2008) telah melakukan penelitian yang menunjukkan hasil berbeda pada penggunaan elemen *peltier* untuk pendingin TEC pada peti insulasi. Pendingin termoelektrik menggunakan elemen *peltier* sebagai komponen utama dan arus listrik searah sebagai sumber energi serta beberapa komponen pendukung lainnya (Chein & Chen, 2005; Karimi, Culham & Kazerouni, 2011; Yu & Wang, 2009; Zhou & Yu, 2011). Tujuan penelitian ini untuk mempelajari performansi pendingin TEC dengan variasi jumlah elemen *peltier* dan cara penyusunan sehingga didapatkan performansi pendingin TEC dengan penggunaan energi rendah dan dapat diaplikasikan pada sepeda motor.

BAHAN DAN METODE

Bahan Pengujian

Pengujian Altis-2 dilakukan pada pendingin TEC yang tersusun oleh beberapa komponen utama seperti elemen *peltier*, *heat pipe*, *heatsink*, kipas, dudukan TEC dan komponen kelistrikan lainnya. Pada pengukuran parameter pengujian digunakan multimeter, termometer digital dan sumber arus listrik



Gambar 1. Altis-2 untuk pedagang ikan keliling
Figure 1. Altis-2 for fish mobile retailer

searah dengan menggunakan *power supply* arus searah tipe KXN 30200. Elemen *peltier* sebagai komponen utama pada penelitian ini digunakan tipe TEC1-12706 dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Pembuatan Peti Penyimpanan Ikan

Peti penyimpanan ikan pada Altis-2 dibuat berbentuk kotak persegi panjang dengan volume 33 L. Dinding peti tersusun dari lapisan luar dan lapisan dalam yang ditambahkan insulator di antara kedua dinding tersebut. Lapisan luar dan dalam dinding menggunakan bahan alumunium tebal 1 mm. Sebagai insulator digunakan poliuretan tebal sekitar 33 mm. TEC disusun pada dudukan yang terbuat dari papan kayu dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 20 cm dan tebal 2 cm. TEC kemudian diletakkan pada bagian atas peti yang sebelumnya dilubangi dengan ukuran sesuai dudukan TEC. Gambar skema peti penyimpanan ikan beserta dudukan pendingin ditunjukkan pada Gambar 2.

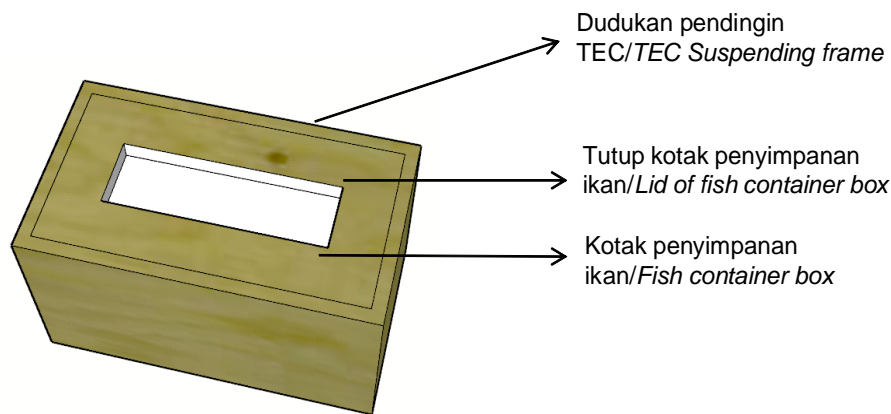
Susunan Pendingin TEC diadopsi dari penelitian Widiyanto & Hakim (2016) seperti ditunjukkan pada Gambar 3 terdiri dari beberapa komponen yaitu elemen *peltier*, *heatpipe*, *heatsink*, *bracket* alumunium dan kipas. Elemen *peltier* bekerja menggunakan arus listrik searah yang menyebabkan sisi elemen *peltier* menjadi dingin dan sisi lainya menjadi panas. Sisi dingin elemen *peltier* tersebut dimanfaatkan untuk memindahkan panas dari dalam ruang peti penyimpanan ikan sehingga ruang peti menjadi dingin. Sisi panas elemen *peltier* dipindahkan menuju lingkungan melalui *heatpipe* dengan penambahan kipas agar proses pelepasan panas menjadi lebih cepat. Proses penyerapan panas ruang peti menuju sisi dingin *peltier* dioptimalkan menggunakan *heatsink* dan kipas.

Variasi Jumlah dan Penyusunan *Peltier*

Variasi jumlah dan penyusunan elemen *peltier* pendingin TEC pada peti penyimpanan ikan terdiri dari tiga variasi yaitu dua buah pendingin TEC dengan elemen *peltier* tunggal, dua buah pendingin TEC

Tabel 1. Spesifikasi elemen *peltier*
Table 1. *Peltier module specifications*

Spesifikasi/Specifications	Nilai/Value
Dimensi (p x l x t)/dimension (l x w x t)	(40 x 40 x 3.8) mm
Energi maksimal/Maximum cooling power	53 Watt
Arus maksimal/Maximum current	6.4 A
Perbedaan suhu maksimal/Maximum temperature difference	68 °C
Hambatan/Resistance, R	1.98 Ohm
Luas area/Surface area	1.6 x 10 ⁻⁶ m ²



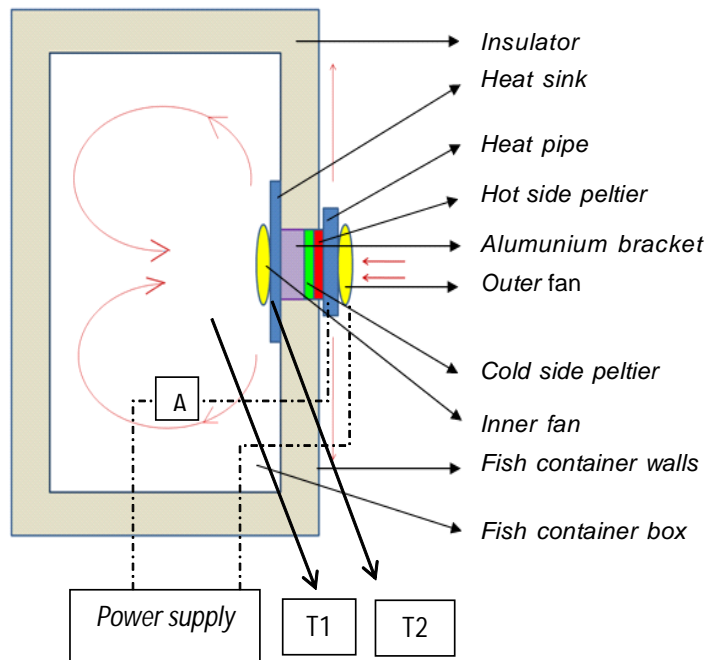
Gambar 2. Desain kotak penyimpanan ikan untuk pengujian performansi
Figure 2. Fish container box design for performance test

Tabel 2. Variasi jumlah dan penyusunan *peltier* pada TEC
 Table 2. Variety of numbers and arrangement *peltier* on TEC

Variasi/Variety	Jumlah TEC/ Numbers of TEC
Dua elemen <i>peltier</i> tunggal/Two single <i>peltier</i>	2
Dua elemen <i>peltier</i> ganda/Two double <i>peltier</i>	2
Empat elemen <i>peltier</i> tunggal/Four single <i>peltier</i>	4

dengan elemen *peltier* ganda dan empat buah pendingin TEC dengan elemen *peltier* tunggal. Komposisi tiap variasi pendingin TEC ditunjukkan pada Tabel 2. Setiap variasi pendingin TEC diletakkan di atas kotak penyimpanan ikan dengan posisi TEC ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Ilustrasi elemen tunggal dan ganda ditunjukkan pada Gambar 6. Masing-masing elemen *peltier* dirangkai dengan komponen lainnya berupa *heatsink*, *bracket alumunium* dan *heatpipe* sehingga membentuk unit pendingin TEC dengan penyusunan seperti pada Gambar 7.

Pengujian masing masing variasi pendingin TEC dilakukan tanpa beban menggunakan listrik searah (tegangan 12 V) dengan tiga kali ulangan. Pengujian dilakukan dengan mengukur suhu *heatsink* dan ruang peti penyimpanan ikan menggunakan termometer digital tiap 10 menit selama 120 menit pengujian. Titik-titik pengukuran ditunjukkan pada Gambar 3. Selain suhu juga dilakukan pengukuran arus listrik yang melewati elemen *peltier* menggunakan multimeter. Pengukuran arus listrik digunakan untuk menghitung kebutuhan energi TEC pada tegangan 12 V. Kebutuhan energi listrik TEC didapatkan dari hasil perkalian arus dengan tegangan yang melalui TEC.



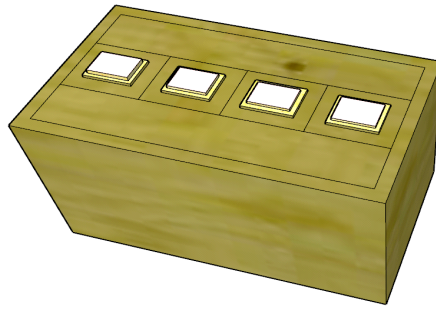
Keterangan/notes :

A = arus listrik/electric current

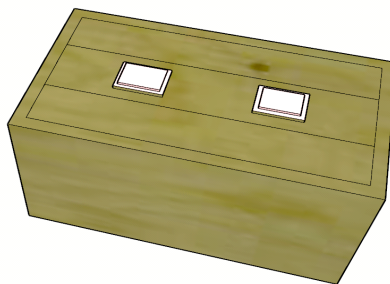
T1 = titik pengukuran suhu peti penyimpanan ikan/fish container temperature measurement point

T2 = titik pengukuran suhu heatsink/heatsink temperature measurement point

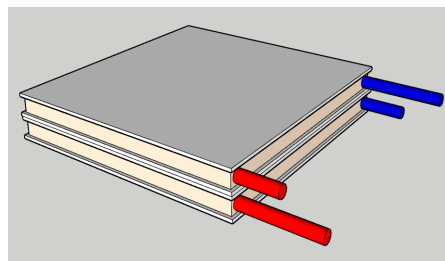
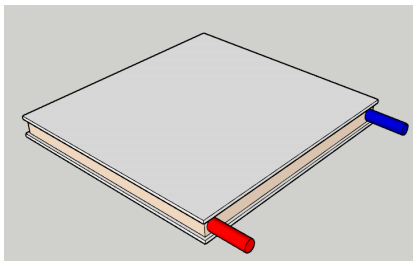
Gambar 3. Skema penyusunan pendingin TEC (Widianto & Hakim, 2016)
 Figure 3. TEC arrangement design (Widianto & Hakim, 2016)



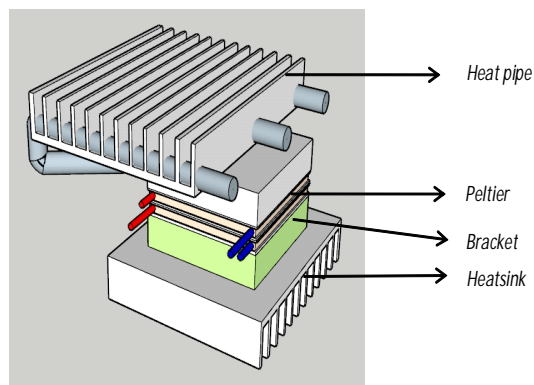
Gambar 4. Penyusunan empat buah pendingin TEC
Figure 4. Arrangement of four units TEC



Gambar 5. Penyusunan dua buah pendingin TEC
Figure 5. Arrangement of two units TEC



Gambar 6. Elemen *peltier* tunggal (a) dan ganda (b)
Figure 6. Single peltier (a) and double peltier (b)



Gambar 7. Penyusunan TEC
Figure 7. Arrangement of TEC

HASIL DAN PEMBAHASAN

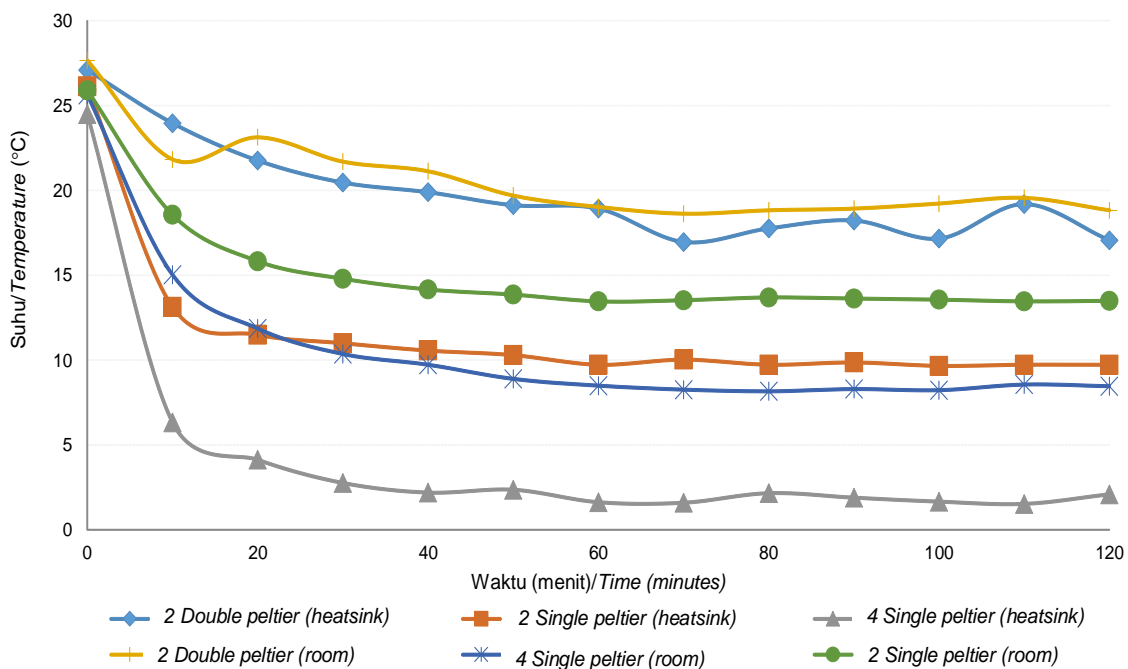
Hasil pengukuran suhu *heatsink* pada peti penyimpanan ikan ditunjukkan pada Gambar 8. Suhu *heatsink* turun cepat pada 10 menit pertama pada penggunaan 4 buah elemen *peltier* tunggal dan dua buah elemen *peltier* tunggal, sedangkan pada dua buah elemen *peltier* ganda penurunan suhu cenderung lambat sampai menit 70 kemudian konstan. Pada akhir pengujian capaian suhu *heatsink* pada penggunaan 2 elemen ganda, dua elemen tunggal dan 4 elemen tunggal berturut-turut 17 °C, 9,7 °C dan 2,1 °C.

Dari ketiga perlakuan menunjukkan bahwa penggunaan 4 buah TEC dengan elemen *peltier* tunggal menghasilkan capaian suhu yang paling rendah. Capaian suhu *heatsink* tiap-tiap pendingin TEC tergantung pada jumlah arus yang digunakan. Pada penelitian Abdul-Wahab et al. (2008) menunjukkan bahwa pada arus listrik yang maksimal didapatkan suhu sisi dingin elemen *peltier* yang rendah. Capaian suhu *heatsink* pada tiap TEC juga dipengaruhi volume ruang pendinginan serta jumlah TEC dalam ruang pendingin. Makin kecil volume peti mengakibatkan jumlah panas yang berpindah ke *heatsink* juga makin sedikit sehingga menghasilkan suhu *heatsink* yang rendah, sedangkan semakin banyak jumlah pendingin TEC mengakibatkan kapasitas pendinginan semakin bertambah. Perpindahan panas secara konveksi dapat terjadi

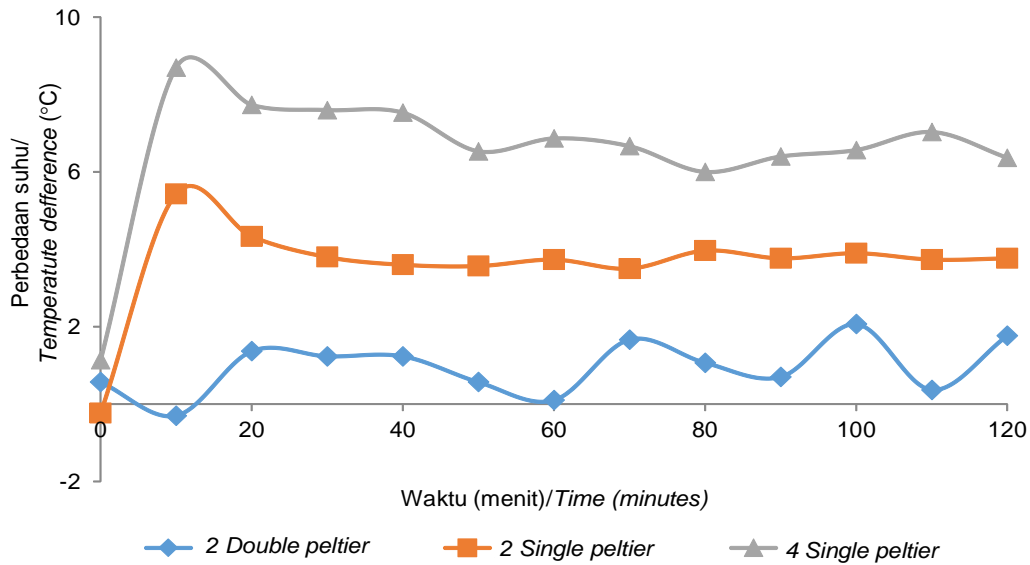
karena adanya perbedaan suhu antara permukaan benda dengan fluida (Jiji, 2006). Hal ini yang menyebabkan adanya perpindahan panas dari ruang peti menuju *heatsink* akibat perbedaan suhu keduanya.

Pada elemen *peltier* tunggal, semakin banyak jumlah pendingin TEC akan semakin rendah capaian suhu ruang dan *heatsink* seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Penggunaan 4 buah *peltier* tunggal menghasilkan kapasitas pendinginan yang lebih besar dibandingkan 2 buah *peltier* tunggal, sehingga panas ruang peti yang diserap oleh pendingin juga semakin besar akibatnya capaian suhu ruang menjadi lebih rendah. Adanya kipas yang membantu proses perpindahan panas secara konveksi paksa mengakibatkan capaian suhu *heatsink* tiap TEC mengikuti capaian suhu ruang sampai perbedaan suhu antara *heatsink* dan ruang menjadi konstan seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

Pola yang sama juga ditunjukkan pada hasil pengukuran suhu ruang peti penyimpanan ikan seperti pada Gambar 8. Penurunan suhu ruang peti penyimpanan ikan diakibatkan oleh terjadinya penyerapan/transfer panas ruang peti oleh *heatsink* secara konveksi. Pada penggunaan 2 buah elemen *peltier* ganda, suhu ruang peti insulasi turun sampai 18,8 °C. Penggunaan 2 elemen *peltier* tunggal capaian suhunya lebih rendah mencapai 13,5 °C, sedangkan pada penggunaan 4 buah elemen *peltier* tunggal



Gambar 8. Suhu *heatsink* dan ruang selama pengujian
 Figure 8. Heatsink and room temperatures during performance test

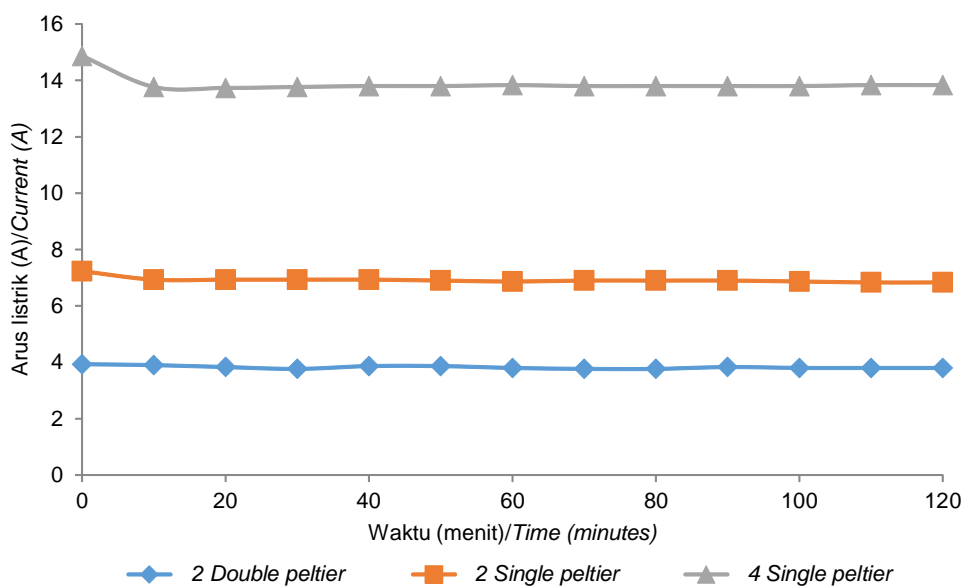


Gambar 9. Selisih suhu ruang penyimpanan ikan dengan heatsink
 Figure 9. Fish container and heatsink temperature difference

capaian suhunya paling rendah sebesar 8,4 °C. Semakin banyak jumlah pendingin TEC yang digunakan akan meningkatkan kapasitas pendinginan, sehingga panas ruang yang diserap oleh TEC semakin besar akibatnya suhu ruang akan semakin rendah. Hal ini yang menyebabkan capaian suhu ruang pada penggunaan 4 buah elemen *peltier* tunggal paling kecil. Pada jumlah TEC yang sama, penggunaan elemen *peltier* tunggal diperoleh capaian suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan elemen *peltier* ganda. Hal tersebut disebabkan oleh

banyaknya arus listrik yang melalui elemen *peltier*. Banyaknya arus listrik yang melalui elemen *peltier* ganda lebih sedikit dibandingkan pada elemen *peltier* tunggal, sehingga panas yang dipindahkan juga akan semakin kecil. Penyusunan kelistrikan pada elemen *peltier* ganda dilakukan secara seri agar diperoleh jumlah arus listrik yang melalui elemen *peltier* lebih optimal.

Selisih suhu *heatsink* dengan ruang tempat penyimpanan ikan pada berbagai perlakuan juga



Gambar 10. Kebutuhan arus listrik TEC selama pengujian
 Figure 10. TEC electric current consumption during performance test

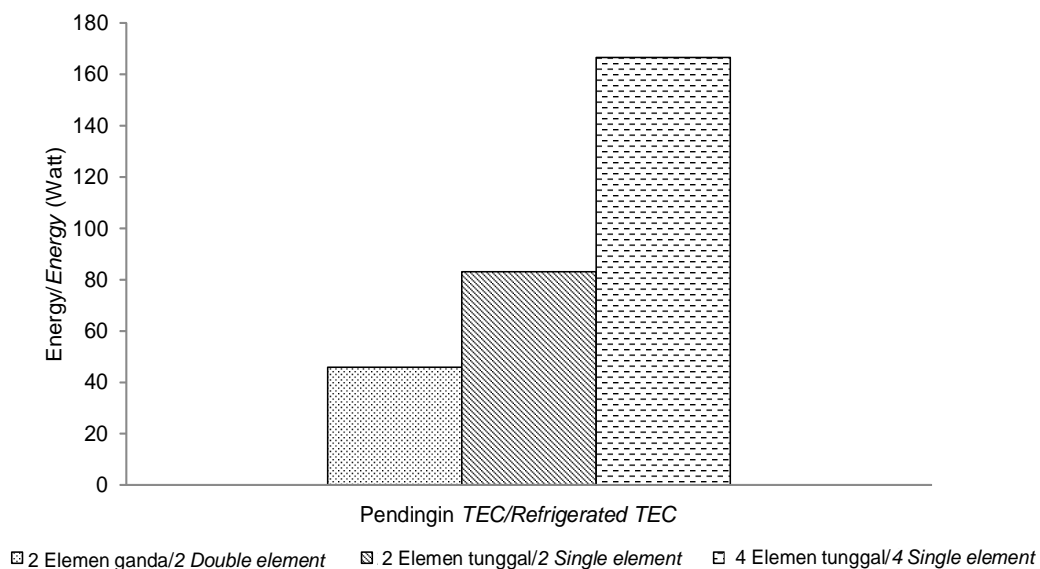
berbeda-beda (Gambar 9). Selisih capaian suhu ruang dengan *heatsink* pada penggunaan dua elemen ganda rata-rata sebesar 0,9 °C, sedangkan pada dua elemen tunggal sebesar 3,6 °C. Pada penggunaan 4 buah elemen *peltier* tunggal didapatkan selisih capaian suhu *heatsink* dengan ruang penyimpanan ikan paling besar yaitu 6,5 °C. Sehingga pada penggunaan 4 buah pendingin TEC, sebaiknya digunakan spesifikasi kipas dengan aliran udara yang lebih tinggi agar dapat membantu proses konveksi perpindahan panas dari udara menuju *heatsink*.

Hasil pengukuran kebutuhan arus listrik selama pengujian ditunjukkan pada Gambar 10. TEC dengan menggunakan elemen *peltier* tunggal, kebutuhan arus total sebanding dengan jumlah *peltier* yang dipergunakan. Penggunaan elemen *peltier* ganda pada jumlah TEC yang sama dapat mengurangi kebutuhan arus listrik jika dibandingkan dengan *peltier* tunggal. Kebutuhan arus listrik pada penggunaan *peltier* ganda membutuhkan arus sebesar 1,9 A tiap elemen *peltier* (3,8 A untuk 2 TEC), sedangkan pada *peltier* tunggal membutuhkan arus sebanyak 3,44 A tiap elemen *peltier* (6,9 A untuk 2 TEC). Dengan demikian salah satu cara untuk mengurangi kebutuhan arus pada TEC adalah dengan menggunakan elemen *peltier* ganda yang dirakit secara paralel dan perakitan kelistrikan secara seri seperti disampaikan oleh Sugiyanto (2008). Tujuan perakitan paralel elemen *peltier* agar diperoleh perbedaan suhu yang tinggi antara kedua sisi elemen *peltier*, sehingga kalor yang dilepas semakin besar. Penyusunan kelistrikan secara seri agar diperoleh jumlah arus listrik yang melalui elemen *peltier* lebih optimal (Widiyanto, 2013).

Hasil pengukuran dan perhitungan kebutuhan energi Altis-2 pada berbagai perlakuan ditunjukkan pada Gambar 11. Kebutuhan energi pada dua buah elemen ganda sebesar 46 Watt, dua buah elemen tunggal sebesar 83 Watt, sedangkan empat buah elemen tunggal sebesar 166 Watt. Pada penggunaan 4 buah elemen *peltier* tunggal membutuhkan energi 2 kali lipat dibanding dengan 2 buah elemen *peltier* tunggal. Sedangkan penggunaan 2 elemen ganda membutuhkan energi yang paling kecil. Pada prakteknya pemilihan jumlah elemen *peltier* sangat tergantung dari ketersediaan dan spesifikasi sumber energi serta kebutuhan beban pendinginan. Sumber energi pada sepeda motor yang digunakan oleh pedagang ikan keliling sangat terbatas, sehingga penggunaan jumlah dan susunan *peltier* dalam TEC perlu mempertimbangkan spesifikasi aki sepeda motor. Beban pendinginan dipengaruhi oleh lamanya proses penjualan ikan, jumlah ikan dan kondisi ikan sebelum dibawa. Sepeda motor yang digunakan oleh masyarakat umumnya menggunakan aki kapasitas 3,5- 6 hA, sehingga untuk aplikasi Altis-2, susunan dua buah elemen ganda lebih tepat karena membutuhkan energi yang paling rendah. Namun demikian penggunaan aki tambahan atau aki khusus untuk kebutuhan ALTis-2 lebih disarankan agar ketercukupan energi TEC lebih baik.

KESIMPULAN

Capaian suhu ruang peti penyimpanan ikan dengan dua buah elemen *peltier* ganda sebesar 18,8 °C, dua buah elemen *peltier* tunggal sebesar 13,5 °C



Gambar 11. Kebutuhan energi TEC selama pengujian
 Figure 11. TEC energy consumption during performance test

dan empat buah elemen tunggal sebesar 8,5 °C. Kebutuhan energi terendah adalah TEC dengan dua buah elemen ganda sebesar 46 Watt dan tertinggi pada 4 buah elemen *peltier* tunggal sebesar 166 Watt, sedangkan pada 2 elemen *peltier* tunggal 83 Watt. Susunan dua buah elemen ganda lebih tepat digunakan pada Altis-2 karena membutuhkan energi yang paling rendah serta sesuai dengan spesifikasi aki sepeda motor.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tulisan ini merupakan hasil penelitian Pengembangan Prototipe Peti Insulasi untuk Produk Perikanan T.A. 2014 dan 2016, di Loka Riset Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan, Bantul. Kontributor utama pada penelitian ini adalah Tri Nugroho Widiyanto, sedangkan kontributor anggota adalah Caesar Mahendra. Diucapkan terima kasih kepada semua peneliti yang terlibat dalam pelaksanaan kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Wahab, S. A., Elkamel, A., Al-Damkhi, A. M., Al-Habsi, I. A., Al-Rubai'ey', H. S., Al-Battashi, A. K., Al-Tamimi, A. R., Al-Mamari, K. H., & Chutani, M. U. (2009). Design and experimental investigations of portable solar thermoelectric referigerator. *Renewable Energy*, 34, 30-34.
- Astrain, D., Martinez, A., & Rodriquez, A. (2013). Improvement of a thermoelectric and vapour compression hybrid referigerator. *Applied Thermal Engineering*, 39, 140-150
- Aziz, A. (2009). Studi eksperimental mesin refrigerasi siklus kompresi uap menggunakan refrigeran hidrokarbon substitusi R22 pada kondisi transient. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 75-78.
- BSN (2013). *Ikan Segar SNI 2729-2013*. Badan Standardisasi Nasional.
- Chein, R. & Chen, Y. (2005). Performances of thermoelectric cooler Integrated with microchannel heatsinks. *International Journal of Refrigeration*. 28, 828-839.
- Chen, W. H., Liao, C. Y., & Hung, C. I. (2012). A numerical study on the performance of miniature thermoelectric cooler effected by thomson effect. *Applied Energy*, 89, 464-473
- Gelman, A., Glatman, L., Drabkin, V., & Harpaz, S. (2001). Effect of storage temperature and preservative treatment on shelf life of the pond-raised freshwater fish, silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *Journal Food Protection*, 64, 1584-1591.
- Ginting, H., Aziz, A., & Kurniawan, I. (2014). Temperatur sistem pendingin siklus kompresi uap terhadap perubahan beban pendinginan dengan penambahan kondensor dummy Sebagai water heater. *Jom FTeknik*, 1(2), 1-6.
- Hakim, A. R., Siregar, Z., Widiyanto, T. N., & Purnomo, A. H. (2016). Analisis penerimaan alat transportasi ikan segar berpendingin menggunakan pendekatan technology appcetance models. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 11(1), 13-24.
- Jain, D. & Ilyas, S. M. (2005). Development of mathematical model for cooling. *Journal of Food Engineering*, 71 (25).
- Jiji, L. M. (2006). *Heat convection*. Newyork. Spriger
- Karimi, G., Culham, J. R., & Kazerouni, V. (2011). Performance analysis of multi stage thermoelectric coolers. *International Journal of Refrigeration*, 34, 2129-2135.
- Kotta, J., Moeller, T., Orav-Kotta, H., & Paernoja, M. (2014). Realized niche width of brackish water submerged aquatic vegetation under current enviromental conditions and projected influences of climate change. *Marine enviromental research*, 102, 88-101
- Mansur. (2010). *Pengembangan Peti Insulasi Tipe CB-02 Multifungsi Ramah Lingkungan Berbasis Termoelektrik untuk Kendaraan Roda Dua*. Universitas Indonesia.
- Meng, J. H., Wang, X. D., & Zhang, X. X. (2013). Transient modeling and dynamic characteristics of thermoelectric cooler. *Applied Energy*, 108, 340-348.
- Munandar, A., Nurjanah, & Nurilmala, M. (2009). Kemunduran mutu ikan nila (*oreochromis niloticus*) pada penyimpanan suhu rendah dengan perlakuan cara kematian dan penyiangan. *Jurnal Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 11(2), 88-101.
- Pack, E. C., Lee, S. H., Kim, C. H., Lim, C. H., Sung, D. G., Kim, M. H., & Kim, S. W. (2014). Effects of enviromental temperature change og mercury absopstions in aquatic organism with respect to climate warming. *Journal of Toxicology and Enviromental Health-Part A-Current Issues*, 77 (22-24), 1477-1490.
- Sulaiman & Asriandi, D. (2016). Pengembangan sistem pendingin ejector untuk pendinginan vakum produk sayuran-sayuran. *Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang*, 6(2), 92-97.
- Sugiyanto. (2008). *Pengembangan peti insulasi sepeda motor berbasis termoelektrik dan heat pipe*. Universitas Indonesia.
- Wibowo, S. & Yunizal. (1998). *Penanganan Ikan Segar*. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Widiyanto, T. N., Hermawan, W., & Utomo, B. S. B. (2014). Uji coba peti ikan segar berpendingin untuk pedagang ikan keliling. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 9(2), 185-191
- Widiyanto, T. N. & Hakim, A. R. (2016). Performansi pendingin termoelektrik alat transportasi ikan segar pada berbagai tegangan. *Agritech*, 36(4), 485-490.
- Widiyanto, T. N. (2013). *Desain alat transportasi ikan segar berpendingin untuk pedagang ikan keliling*. Institut Pertanian Bogor.
- Yu, J. & Wang, B. (2009). Enhancing the maximum coefficient of performance of themoelectric cooling modules using internally cascaded thermoelectric

- couples. *International Journal of Refrigeration*, 32, 32-39.
- Zhou, Y. & Yu, J. (2011). Design optimization of thermoelectric cooling systems for applications in electronic devices. *International Journal of Refrigeration*, 35, 1139-1144.
- Zhao, D. & Tan, G. (2014). A review of thermoelectric cooling : materials, modeling and applications. *Applied Thermal Engineering*, 66, 15-24.
- Zhang, H. Y., Mui, Y.C., & Tarin, M. (2010). Analysis of thermoelectric cooler performance for high power electronic packages. *Applied Thermal Engineering*, 30, 561-568.