

## Performansi Pendingin Termoelektrik Alat Transportasi Ikan Segar pada Berbagai Tegangan

Thermoelectric Performance of Refrigerated Fish Container at Various Voltages

Tri Nugroho Widiyanto, Arif Rahman Hakim

Loka Penelitian dan Pengembangan Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan,  
Jl. Imogiri Barat Km. 11,5, Yogyakarta 55781, Indonesia  
Email: [trinugrohowidiyanto@yahoo.com](mailto:trinugrohowidiyanto@yahoo.com)

Submisi: 8 Mei 2015; Penerimaan: 22 September 2015

### ABSTRAK

Uji performansi pendingin termoelektrik alat transportasi ikan segar pada berbagai tegangan telah dilakukan. Uji performansi dilakukan untuk mengetahui suhu *heat pipe*, *heat sink* serta ruang peti insulasi serta kebutuhan listrik sistem pendingin pada berbagai tegangan. Sistem pendingin termoelektrik tersusun dari dua buah elemen *peltier*, *bracket* aluminium, *fan*, *heat sink* dan *heat pipe*. Pendingin termoelektrik dipasang di bagian atas peti insulasi. Uji performansi dilakukan pada tegangan 8, 10 dan 12 V. Parameter yang diukur adalah jumlah arus listrik yang melalui sistem pendingin, suhu *heat sink*, *heat pipe* dan suhu ruang peti insulasi. Suhu ruang peti insulasi yang dicapai pada tegangan 12, 10 dan 8 V berturut-turut sebesar 14, 16 dan 17 °C. Suhu *heat sink* yang dicapai pada tegangan 12 V sebesar -0,1 °C, sedangkan pada tegangan 8 dan 10 V tidak jauh berbeda yaitu antara 3-4 °C. Suhu *heat pipe* yang dicapai pada tegangan 12 dan 10 V tidak jauh berbeda yaitu sekitar 30-31 °C, sedangkan pada 8 V sebesar 27 °C. Kebutuhan arus listrik sistem pendingin pada tegangan 12, 10 dan 8 V sebesar 6,3; 4,8 dan 3,8 A dengan kebutuhan energi berturut-turut 75, 48 dan 30 Watt. Nilai *cooling capacity* elemen *peltier* pada tegangan 12 V sebesar 12,5 W, sedangkan pada tegangan 10 dan 8 V sebesar 10,5 W.

**Kata kunci:** Alat transportasi ikan berpendingin; suhu; termoelektrik; tegangan

### ABSTRACT

Thermoelectric performance test of refrigerated fish container at various voltages was conducted. Performance test aims to determine temperature of heat pipe, heat sink, room container and electric current requirements of thermoelectric refrigerator at various voltages. Thermoelectric refrigerator composed of two pieces peltier elements, aluminiums bracket, fan, heat sink and heat pipe. Thermoelectric refrigerator was placed at the top of fish container. Various voltages used were 8 V, 10 V, and 12 V. Parameters measured were the amount of electric current through the thermoelectric, temperature of heat sink, heat pipe and room container. Room container temperature could be reached on 12, 10 and 8 V were 14, 16 and 17 °C respectively. Heat sink temperature on 12 V was -0.1 °C and temperature on 8 and 10 V were 3-4 °C. Heat pipe temperature on 12 and 10 V reached 30-31 °C, while temperature on 8 V was 27 °C. The electric current requirements on 12, 10 and 8 V were 6.3, 4.8 and 3.8 A with energy requirements of refrigerated fish container were 75, 48 and 30 watt respectively. The cooling capacity of peltier module on 12 V was 12.5 W, while the cooling capacity on 10 and 8 V were 10.5 W respectively.

**Keywords:** Fish refrigerated container; temperature; thermoelectric; voltages

## PENDAHULUAN

Penanganan ikan pada suhu rendah merupakan teknik penanganan yang paling banyak digunakan untuk mempertahankan mutu ikan (Putro dkk., 2008). Penanganan ikan selama kegiatan transportasi sampai pengolahan mensyaratkan dilakukan pada suhu rendah (BSN, 2013). Suhu merupakan faktor eksternal yang berperan penting pada proses kemunduran mutu ikan, karena bakteri-bakteri pembusuk berkembang lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi (Wibowo dan Yunizal, 1998). Proses pembusukan ikan dapat ditunda dengan menerapkan sistem rantai dingin yaitu mengkondisikan ikan pada suhu rendah. Pada suhu rendah aktivitas pembusukan secara kimiawi dan enzimatis dapat diperlambat.

Alat transportasi ikan yang digunakan oleh pedagang ikan keliling menggunakan sepeda motor. Pada umumnya menggunakan kotak *stirofom* yang diletakkan di atas sepeda motor (BBRP2BKP, 2011). Sistem rantai dingin dapat diterapkan dengan menambahkan es di dalam peti penyimpanan ikan atau menggunakan peti ikan berpendingin. Penggunaan es sebagai pendingin banyak diaplikasikan karena mudah dan mempunyai kapasitas pendinginan yang besar (Jain dkk., 2005). Kendala yang dihadapi dalam penggunaan es adalah penambahan es dapat mengurangi kapasitas angkut. Selain itu juga menambah bobot peti sehingga dapat mengganggu keseimbangan berkendara karena kapasitas angkut sepeda motor terbatas. Penggunaan bongkahan es yang besar, kasar serta tajam juga dapat menyebabkan kerusakan fisik ikan. Penggunaan bongkahan es di dalam tempat penyimpanan ikan dapat mengakibatkan kerusakan fisik ikan. Hal ini diakibatkan oleh goncangan alat yang terjadi selama transportasi menyebabkan gesekan antara es dan ikan sehingga dapat mengakibatkan memar dan luka pada permukaan ikan. Luka dan memar pada permukaan ikan tersebut dapat mempercepat proses pembusukan oleh bakteri (Wibowo dkk., 2007).

Sistem pendingin lain yang dapat digunakan dalam peti insulasi adalah sistem pendingin termoelektrik (Mansur, 2010). Aplikasikan sistem pendingin pada alat transportasi ikan menggunakan sepeda motor mempunyai keterbatasan ruang, massa dan daya. Dengan demikian penggunaan sistem pendingin konvensional kurang efektif untuk diaplikasikan. Sistem pendingin termoelektrik menggunakan *heat pipe* dapat digunakan untuk membuat peti insulasi yang diaplikasikan menggunakan sepeda motor (Sugiyanto, 2008). Pendingin termoelektrik menggunakan elemen *peltier* bekerja menggunakan arus listrik searah (Zhou dan Yu, 2011; Karimi dkk., 2011; Yu dan Wang, 2009; Chein dan Chen, 2005). Hasil penelitian Shen dkk. (2012) dan Jugsujinda dkk. (2010) menunjukkan bahwa jumlah tegangan yang diberikan

pada sebuah elemen termoelektrik berpengaruh terhadap capaian suhu ruang peti insulasi. Pada penelitian ini akan dilakukan uji performansi sistem pendingin termoelektrik pada alat transportasi ikan yang bertujuan untuk mengetahui capaian suhu *heat pipe*, *heat sink* dan ruang peti insulasi serta kebutuhan listrik sistem pendingin pada berbagai tegangan. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus optimal pada sistem pendingin sehingga dapat ditentukan spesifikasi sumber energi yang tepat, karena sumber energi pada sepeda motor sangat terbatas.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk pembuatan alat transportasi ikan berpendingin adalah poliuretan, plat alumunium tebal 1 mm, baut, *silicon sealer*, *heat sink*, *heat pipe*, *fan*, lem, elemen *peltier*, kabel, kayu pinus, paku dan isolator. Peralatan yang digunakan dalam proses rancang bangun alat adalah gerinda potong, palu, gergaji, *cutter*, pengaris, jangka sorong, obeng, gunting, mesin bor, alat potong, ember, gelas ukur, pengaduk dan alat penekuk. Peralatan yang digunakan untuk uji performansi alat adalah termometer digital TM-946 dengan tingkat ketelitian 0,1 °C dan DC *power supply* KXN 30200 yang dapat diatur tegangan dan kebutuhan arusnya, dengan tingkat ketelitian pengukuran tegangan dan arus masing-masing 0,1 V dan 0,1 A.

### Pembuatan Alat

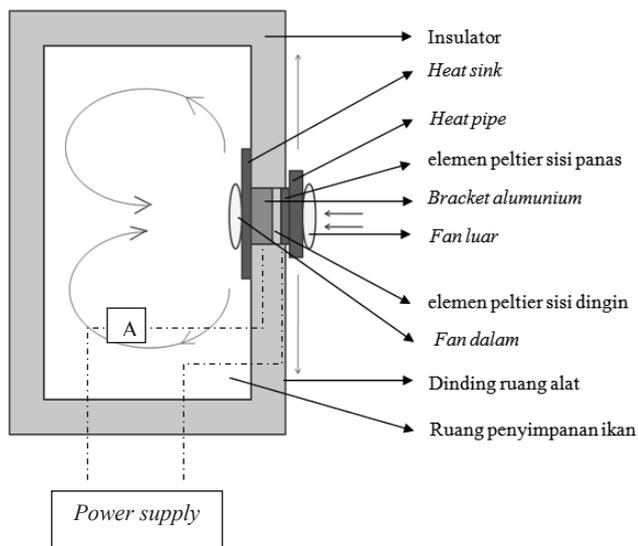
Alat transportasi ikan terdiri dari tempat penyimpanan ikan, sistem pendingin, tempat perlengkapan pedagang dan dudukan alat. Tempat penyimpanan ikan terdiri dari 2 buah kotak, masing-masing kotak mempunyai volume 33 L yang diletakkan di sebelah kiri dan kanan sepeda motor. Bagian ini tersusun dari dinding luar dan dalam yang terbuat dari alumunium tebal 1 mm. Insulator ditambahkan di antara kedua dinding yang terbuat dari poliuretan dengan tebal 3,3 cm. Poliuretan dibuat dengan mencampurkan poliuretan A dan poliuretan B dengan perbandingan massa poliuretan A dengan poliuretan B sebesar 2:1. Sistem pendingin termoelektrik tersusun dari elemen *peltier*, *heat sink*, *fan*, *bracket* alumunium dan *heat pipe* serta menggunakan sumber listrik dari aki. Tiap kotak penyimpanan ikan terdiri dari dua buah elemen *peltier*. Komponen sistem pendingin diletakkan di dinding tempat penyimpanan ikan dengan susunan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Prinsip kerja sistem pendingin adalah terjadinya perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin elemen *peltier* ( $\Delta T$ ) ketika dialiri arus listrik searah (DC). Bagian sisi dingin elemen *peltier* digunakan untuk menyerap

panas ruang penyimpanan ikan yang kemudian dilepas ke lingkungan melalui sisi panas elemen *peltier* sehingga suhu ruang penyimpanan ikan menjadi rendah. Suhu sisi dingin elemen *peltier* dapat dioptimalkan dengan menurunkan suhu sisi panas elemen *peltier* serendah-rendahnya dengan menambahkan *heat pipe* dan kipas untuk mempercepat proses pelepasan panas ke lingkungan. Bagian sisi dingin elemen *peltier* ditempelkan pada *bracket* alumunium dan *heat sink* untuk menyerap panas dari dalam peti penyimpanan ikan. Alat ini juga dilengkapi dengan wadah alat bantu untuk menyimpan timbangan, pisau dan perlengkapan pedagang. Sedangkan untuk meletakkan semua rangkaian alat transportasi di atas sepeda motor digunakan dudukan alat yang terbuat dari alumunium lebar dan tebal masing-masing 2,5 dan 0,5 cm.

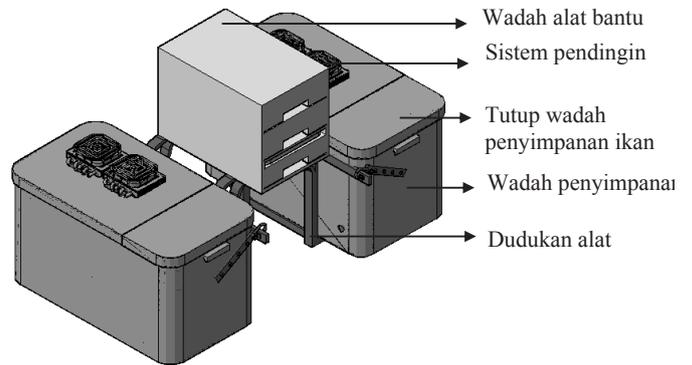
### Pengujian Alat

Pengujian sistem pendingin menggunakan sumber listrik DC *power supply* digital KXN 30200 yang dapat diatur tegangan dan diketahui kebutuhan arusnya. Pengujian dilakukan dengan pengukuran suhu *heat sink*, *heat pipe* dan ruang peti insulasi menggunakan termometer digital dengan tingkat ketelitian pengukuran 0,1 °C. Kebutuhan arus listrik yang melewati elemen *peltier* pada tegangan 8, 10 dan 12 V dapat terukur pada display DC *power supply* digital dengan tingkat ketelitian pengukuran sampai 0,1 A. Pengukuran semua parameter dilakukan tiap 5 menit selama 90 menit sebanyak tiga kali ulangan. Hasil pengukuran suhu, kebutuhan arus dan tegangan digunakan untuk menentukan karakteristik elemen *peltier* seperti *cooling capacity* dan *thermoelectric figure of merit* yang ditentukan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Huang dkk. (2000). Skema penyusunan komponen dan kegiatan uji performansi



Gambar 1. Skema alat transportasi dan pengujian

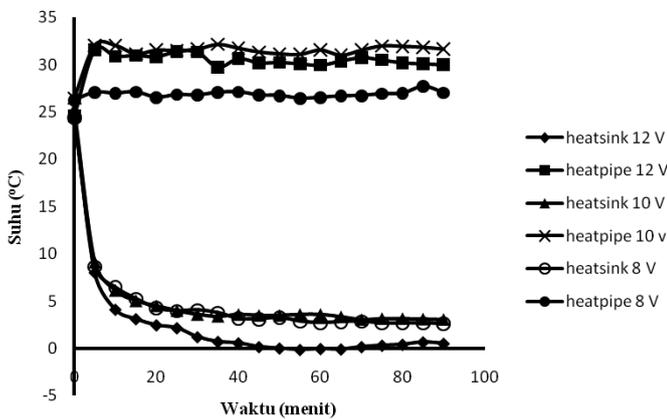
### HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Alat transportasi ikan segar berpendingin untuk pedagang ikan keliling

Gambar alat transportasi ikan segar berpendingin untuk pedagang ikan keliling yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2. Serangkaian uji kinerja dilakukan untuk mengetahui performansi sistem pendingin termoelektrik pada alat transportasi ikan tersebut. Hasil pengukuran suhu *heat sink* dan *heat pipe* pada berbagai tegangan ditunjukkan pada Gambar 3. Suhu *heat pipe* pada tegangan 10 dan 12 V naik dengan cepat dari 26 sampai 31 °C selama 10 menit pertama kemudian konstan pada menit berikutnya, sedangkan pada tegangan 8 V suhu naik sedikit dari 26 menjadi 27 °C. Capaian suhu *heat pipe* pada tegangan 10 dan 12 V lebih tinggi dibanding dengan tegangan 8 V. Hal ini menunjukkan bahwa pelepasan kalor melalui *heat pipe* pada tegangan 12 dan 10 V lebih besar jika dibandingkan pada tegangan 8 V. Kalor yang dilepas dari *heat pipe* berasal dari penyerapan kalor ruang peti insulasi oleh sisi dingin elemen *peltier*. Suhu *heat pipe* cenderung konstan setelah 10 menit pertama yang menunjukkan jumlah panas yang dilepas oleh *heat pipe* cenderung konstan. Suhu *heat pipe* yang dicapai pada tegangan 10 dan 12 V hampir sama dengan penelitian Sugiyanto (2010) yang mencapai suhu sekitar 30-32 °C. Penelitian Sugiyanto (2010) menggunakan dua buah elemen *peltier* yang dirangkaikan dengan *bracket* alumunium, *heat sink*, *heat pipe* dan konstruksi ruang pendingin menggunakan bahan akrilik dengan volume 7,7 L.

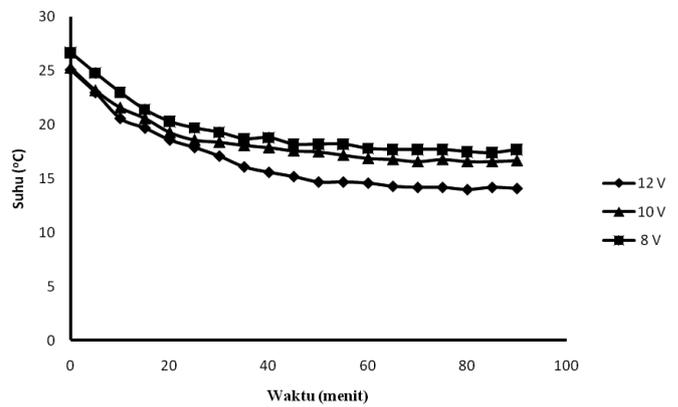
Selain perbedaan tegangan, suhu sisi panas yang dicapai juga tergantung dari komponen pembuang panas yang digunakan. Penelitian Mansur (2010) menggunakan *heat sink* pada sisi panas elemen *peltier* di mana suhu sisi panas yang dicapai sebesar 38 °C, sehingga jika dibandingkan dengan penelitian Mansur (2010), suhu sisi panas pada alat transportasi ikan ini lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *heat pipe* dapat membuang panas lebih cepat dibandingkan menggunakan *heat sink*. Sistem pembuangan



Gambar 3. Suhu *heat pipe* dan *heat sink* selama pengujian pada berbagai tegangan

panas *heat pipe* menggunakan fluida kerja yang mengalir pada pipa sehingga dapat membantu mempercepat proses pembuangan panas. Fluida kerja yang digunakan biasanya logam cair atau fluida nano yang menggunakan campuran partikel nano  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  dan  $ZnO$  dengan masing-masing fluida dasar air dan etilenglikol.

Suhu *heat sink* pada berbagai tegangan turun dengan cepat pada 5 menit pertama kemudian turun perlahan sampai konstan pada menit berikutnya. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah arus yang mengalir pada elemen *peltier*, di mana pada 5 menit pertama arus yang melewati elemen *peltier* lebih tinggi dibandingkan menit berikutnya seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Jumlah arus yang melalui elemen *peltier* pada 5 menit pertama lebih besar dibandingkan dengan waktu berikutnya sehingga penurunan suhu pada sisi dingin elemen *peltier* juga lebih cepat. Suhu *heat sink* pada tegangan 12 V mencapai  $-0,1\text{ }^\circ\text{C}$ , sedangkan pada tegangan 8 dan 10 V mencapai  $2\text{ }^\circ\text{C}$ . Hal ini menunjukkan bahwa elemen *peltier* yang bekerja pada tegangan 12 V mampu menyerap panas lebih besar sehingga capaian suhu *heat sink* lebih rendah. *Heat sink* digunakan untuk mendinginkan ruang peti insulasi dengan menyerap kalor secara konveksi dengan bantuan kipas dari dalam ruang peti, kemudian dipindahkan ke lingkungan melalui sisi panas elemen *peltier*. Semakin rendah suhu *heat sink* semakin baik untuk mendinginkan ruang peti insulasi. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran suhu ruang peti yang dicapai, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Suhu ruang peti insulasi paling rendah dicapai pada tegangan 12 V sebesar  $14\text{ }^\circ\text{C}$ , jika dibandingkan dengan tegangan 10 dan 8 V yang mencapai 16 dan  $17\text{ }^\circ\text{C}$ . Penurunan suhu ruang peti insulasi terjadi akibat penyerapan kalor oleh *heat sink* yang terjadi secara konveksi paksa dengan bantuan kipas. Suhu ruang peti insulasi yang dicapai pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Jugsujinda dkk. (2010) yang mencapai suhu  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Hal ini diakibatkan oleh penggunaan



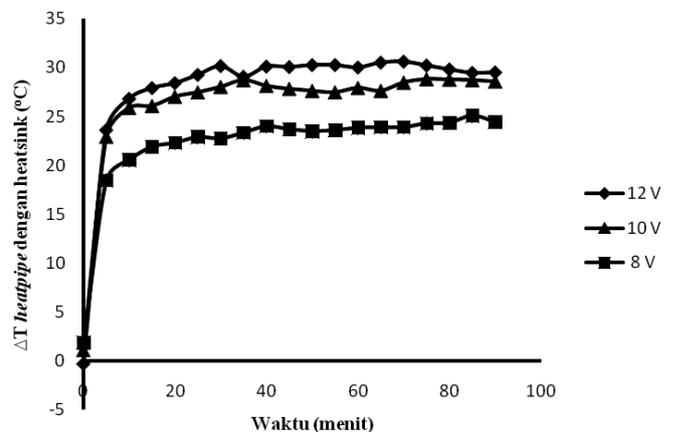
Gambar 4. Suhu ruang peti insulasi selama pengujian pada berbagai tegangan

jumlah elemen *peltier* yang berbeda. Alat transportasi ikan segar ini menggunakan dua buah elemen *peltier*, sedangkan pada penelitian Jugsujinda, dkk. (2010) menggunakan satu buah elemen *peltier*. Suhu ruang peti insulasi tidak sama dengan capaian suhu *heat sink*. Hal ini terjadi karena adanya transfer panas dari lingkungan melalui dinding peti insulasi yang terjadi akibat adanya perbedaan suhu lingkungan dengan suhu ruang peti insulasi (Holman, 1997).

Perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) antara *heat sink* dan *heat pipe* ditunjukkan pada Gambar 5. Perbedaan suhu paling besar terjadi pada tegangan 12 V yang mencapai  $30\text{ }^\circ\text{C}$ , sedangkan pada tegangan 10 dan 8 V mencapai 27 dan  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) sebanding dengan tegangan yang diberikan (Huang dkk., 2000) dengan persamaan:

$$V = \alpha(Th - Tc) + IR \tag{1}$$

di mana V adalah tegangan yang diberikan pada elemen *peltier*;  $(Th-Tc)$  adalah perbedaan suhu panas dan dingin elemen



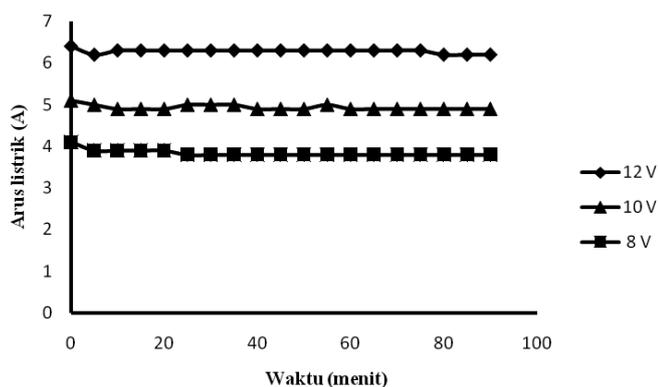
Gambar 5. Perbedaan suhu *heat pipe* dengan selama pengujian

*peltier*, I adalah arus listrik yang melalui elemen *peltier*, R adalah tahanan elemen *peltier* dan  $\alpha$  adalah koefisien *seeback*. Semakin besar tegangan yang diberikan akan menghasilkan perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) *heat sink* dan *heat pipe* yang semakin besar pula.

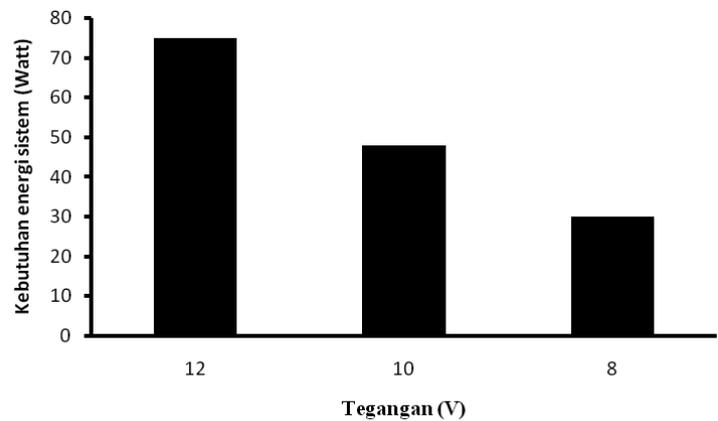
Pengaturan tegangan pada sistem pendingin alat transportasi ikan segar akan mempengaruhi jumlah arus listrik yang melalui elemen *peltier* seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Arus listrik rata-rata yang dibutuhkan sistem pendingin pada tegangan 12, 10 dan 8 V berturut-turut sebesar 6,3 ; 4,8 dan 3,8 A. Semakin tinggi tegangan semakin besar pula arus listrik yang melalui sistem pendingin. Hasil tersebut sesuai dengan uji kinerja *coolbox* sepeda motor berbasis termoelektrik oleh Sugiyanto (2008) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan pada elemen *peltier*, kebutuhan arus juga semakin tinggi. Jumlah arus listrik menunjukkan kebutuhan energi sistem pendingin alat transportasi. Hasil perhitungan kebutuhan energi listrik sistem pendingin ditunjukkan pada Gambar 6. Kebutuhan energi sistem pendingin sebanding dengan tegangan yang diberikan. Pada tegangan 12 V energi yang dibutuhkan sekitar 75 Watt, sedangkan pada 10 dan 8 V berturut-turut 48 dan 30 Watt seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

Arus listrik yang melalui sistem pendingin pada tegangan 12 V berkisar antara 6,1-6,3 A. Arus listrik tersebut berbeda dengan penelitian Widiyanto dkk. (2014), pada tegangan yang sama membutuhkan arus sekitar 3,1 A. Hal ini dikarenakan penyusunan dan jumlah elemen *peltier* pada penelitian ini menggunakan dua buah elemen *peltier* tunggal, sedangkan penelitian Widiyanto dkk. (2014) menggunakan dua buah elemen *peltier* ganda yang disusun seri secara kelistrikan sehingga didapatkan arus listrik yang optimal.

Kebutuhan energi listrik menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan spesifikasi aki alat transportasi ikan. Hasil uji coba peti insulasi yang dilakukan oleh seorang pedagang ikan keliling menggunakan sepeda motor SupraX dengan spesifikasi aki 9 A dengan modifikasi sistem pengisian



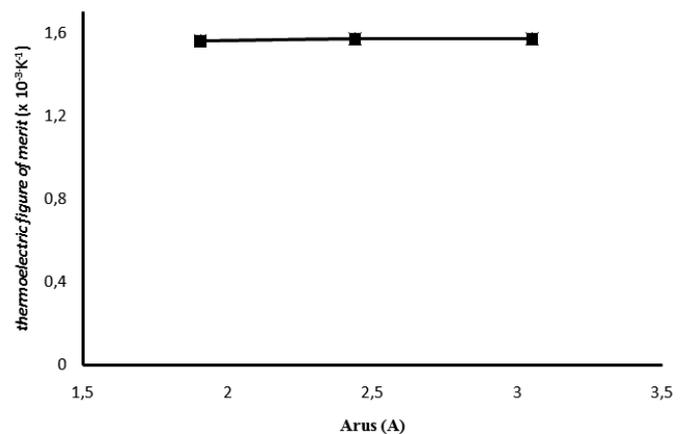
Gambar 6. Kebutuhan arus listrik alat transportasi ikan selama pengujian



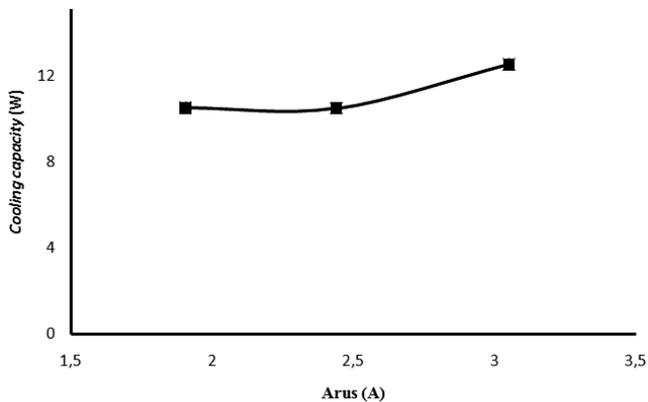
Gambar 7. Kebutuhan energi sistem pendingin alat transportasi pada berbagai tegangan

aki sepeda motor, menunjukkan bahwa selama dua kali pengujian, peti insulasi dapat mempertahankan suhu dan mutu ikan selama 3 jam. Namun performa aki sepeda motor mulai menurun setelah pemakaian 1,5 jam (Widiyanto dkk., 2014).

Nilai *thermoelectric figure of merit* tiap elemen *peltier* relatif sama pada berbagai arus listrik yaitu sekitar  $1,5 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$  seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Nilai tersebut hampir sama dengan hasil penelitian Huang dkk. (2000) yang diperoleh nilai antara  $1,56-1,67 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . Kebutuhan arus listrik tiap elemen *peltier* pada tegangan 12, 10 dan 8 V berturut turut 3, 2,5 dan 2 A. Nilai *cooling capacity* terbesar pada arus 3 A (tegangan 12 V) sebesar 12,5 W, sedangkan pada arus yang lebih kecil (2,5 dan 2 A) didapatkan nilai yang relatif sama sebesar 10,5 W seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil penelitian Jugsujinda dkk. (2010) juga menghasilkan nilai *cooling capacity* yang semakin besar pada arus yang semakin tinggi. Nilai *cooling capacity* pada penelitian tersebut berkisar antara 8-15 W pada arus 1-3 A.



Gambar 8. Nilai *thermoelectric figure of merit peltier* pada berbagai arus



Gambar 9. Nilai *cooling capacity* pada berbagai arus

## KESIMPULAN

Semakin besar tegangan yang diberikan pada sistem pendingin maka suhu ruang peti insulasi semakin rendah. Suhu ruang peti insulasi pada tegangan 12, 10 dan 8 V berturut-turut sebesar 14, 16 dan 17 °C, sedangkan suhu *heat sink* yang dicapai pada tegangan 12 V sebesar -0,1 °C dan pada tegangan 8 dan 10 V tidak jauh berbeda antara 3-4 °C. Suhu *heat pipe* yang dicapai pada tegangan 12 dan 10 V tidak jauh berbeda sekitar 30-31 °C, sedangkan pada 8 V sebesar 27 °C. Kebutuhan arus listrik sistem pendingin alat transportasi ikan segar pada tegangan 12, 10 dan 8 V sebesar 6,3; 4,8 dan 3,8 A dengan kebutuhan energi berturut-turut 75, 48 dan 30 Watt. Nilai *cooling capacity* elemen *peltier* pada tegangan 12 V sebesar 12,5 W, sedangkan pada tegangan 10 dan 8 V sebesar 10,5 W.

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional (2013). *Ikan Segar SNI 2729-2013*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. (2011). *Laporan Teknis Iptekmas 2011*. Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jakarta.

Chein, R. dan Chen, Y. (2005). Performances of thermoelectric cooler Integrated with microchannel heat sinks. *International Journal of Refrigeration* **28**: 828-839.

Huang, B.J., Chin, C.J. dan Duang, C.L. (2000). A design method of thermoelectric cooler. *International Journal of Refrigeration* **35**: 208-218.

Holman, J.P. (1997). *Perpindahan Kalor* (Penerjemah: Jasjfi, E.). Erlangga, Jakarta.

Jain, D. dan Ilyas, S.M. (2005). Development of mathematical model for cooling. *Journal of Food Engineering* **71**: 25.

Jugsujinda, S. Vora-ud, A. dan Seetawan T. (2010). Analyzing of thermoelectric refrigerator performance. *Procedia Engineering*. **8**: 154-159.

Karimi, G., Culham, J.R. dan Kazerouni, V. (2011). Performance analysis of multi stage thermoelectric coolers. *International Journal of Refrigeration* **34**: 2129-2135.

Mansur (2010). *Pengembangan Peti Insulasi Tipe CB-02 Multifungsi Ramah Lingkungan Berbasis Termoelektrik untuk Kendaraan Roda Dua*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia, Jakarta.

Putro, S., Dwiwitno, Hidayat, J.F. dan Pandjaitan, M. (2008). Aplikasi ekstrak bawang untuk memperpanjang daya simpan ikan kembung segar. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan* **2**: 193-200.

Shen, L.M., Xiao, F., Chen, H.X. dan Wang, S.W. (2012). Numerical and experimental analysis of transient supercooling effect of voltage pulse on thermoelectric element. *International Journal of Refrigeration* **35**: 1156-1165.

Sugiyanto (2008). *Pengembangan Peti insulasi Sepeda Motor Berbasis Termoelektrik dan Heat Pipe*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia, Jakarta.

Wibowo, S. dan Yunizal. (1998). *Penanganan Ikan Segar*. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.

Wibowo, S., Utomo, B.S.B., Suherman, M. dan Putro, S. (2007). *Penanganan Ikan Tuna Segar untuk Ekspor ke Uni Eropa*. Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jakarta.

Widianto, T.N., Utomo, B.S.B. dan Hermawan, W. (2014). Uji coba peti ikan segar berpendingin untuk pedagang ikan keliling. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan* **9**(2): 185-191.

Yu, J. dan 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. dan Yu, J. (2011). Design optimization of thermoelectric cooling systems for applications in electronic devices. *International Journal of Refrigeration* **35**:1139-1144.