

MODIFIKASI DESIGN *HEATSINK* DAN DUDUKAN *PELTIER* PADA ALAT TRANSPORTASI IKAN SEGAR

Design Modification of Heatsink and Peltier Base Plate for Refrigerated Fresh Fish Container

Tri Nugroho Widiyanto*, Luthfi Assadad, dan Ahmat Fauzi

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

*Korespondensi Penulis: trinugrohowidiyanto@yahoo.com

Diterima: 26 Mei 2020; Direvisi: 17 Juli 2020; Disetujui: 7 Agustus 2020

ABSTRAK

Alat transportasi ikan segar (ALTIS) adalah sarana pendingin yang dapat mempertahankan mutu ikan segar. ALTIS umumnya digunakan oleh pedagang keliling dalam transportasi dan distribusi produknya. Komponen yang menentukan kinerja pendingin adalah *heatsink* dan dudukan *peltier*. Kedua bagian ini berfungsi dalam transfer panas kotak penyimpanan ikan menuju udara. Namun, biaya produksi dan harga material kedua komponen tersebut cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk modifikasi spesifikasi *heatsink* dan dudukan *peltier*, agar mendapatkan efisiensi biaya pembuatannya. *Heatsink* dibuat dari 3 mm plat tembaga dengan 18 sirip aluminium yang memiliki ketinggian 10 mm dan ketebalan 1 mm. Sementara itu, dudukan *peltier* juga dibuat dari aluminium dengan ketebalan bervariasi (4, 5, 6, dan 10 mm). Performa kedua bagian ini diuji dengan variabel suhu *heatsink* dalam, *heatsink* luar, dan ruang penyimpanan ikan, setiap 5 menit selama 95 menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu ruang penyimpanan ikan menggunakan *heatsink* baru (17,8°C) lebih rendah dari *heatsink* sebelumnya (18,3°C). Desain *heatsink* yang baru ini dapat mengurangi biaya pembuatan sebesar Rp. 807.000,00. Dudukan elemen *peltier* dengan aluminium setebal 4 mm dapat mempercepat proses perpindahan panas dari ruang penyimpanan ikan menuju *peltier*. Modifikasi ini dapat diaplikasikan untuk menurunkan biaya dan meningkatkan performa ALTIS.

KATA KUNCI: alat transportasi ikan segar, dudukan *peltier*, *heatsink*, *peltier*, suhu

ABSTRACT

Refrigerated Fresh Fish Container (ALTIS) is a cooler equipment to maintain the quality of fresh fish. ALTIS is usually used by the itinerant fish traders to preserve their products in transportation and distribution. The components that determine the cooler performance are the heatsinks and the Peltier base plate. These components are responsible for transferring the heat from the fish container to the air. However, the production costs and material price for both components are expensive. This study aimed to reduce production costs by modifying the heatsink and Peltier base plate design specifications. The heatsink was made from 3 mm thickness copper and aluminum fins. The aluminum fins were 18 pieces in total, with 1.6 mm thickness and 10 mm height. Meanwhile, the Peltier base plate was also made from aluminum with varied thicknesses (4, 5, 6, and 10 mm). The performance of both parts was evaluated by temperature measurement in the inner heatsink, outer heatsink, and box container for every 5 minutes in 95 minutes. The results showed that the refrigerated container box temperature with the new heatsink (17.8°C) was lower than the existing heatsink (18.3°C). Moreover, the new heatsink design may reduce the production costs by Rp. 807,000.00. Furthermore, the Peltier base plate with a 4 mm thickness could accelerate the heat-dissipating of Peltier. Thus, the modification can be applied for ALTIS production with lower cost and better performance.

KEYWORDS: fish refrigerated container, heatsink, peltier, peltier base plate, temperature

PENDAHULUAN

Alat transportasi ikan segar (ALTIS) adalah sarana pedagang ikan keliling untuk membawa dan mendistribusikan produknya. Alat ini dilengkapi dengan pendingin, sehingga mampu mempertahankan

mutu ikan segar dan memudahkan penjualannya (Hakim, Siregar, Widiyanto & Purnomo, 2016; Widiyanto, Hermawan & Utomo, 2014). Penyimpanan ikan pada suhu rendah dapat memperlambat pertumbuhan dan aktivitas mikroba pembusuk, serta reaksi oksidasi dan enzimatis (Gelman, Glatman,

Drabkin, & Harpaz, 2001; Kotta, Moeller, Orav-Kotta & Paernoja, 2014; Pack et al., 2014; Wibowo & Yunizal, 1998). ALTIS menggunakan sistem pendingin termoelektrik/*thermoelectric coller* (TEC) dengan komponen utama elemen *peltier* yang dialiri oleh sumber arus DC (Astrain, Martinez, & Rodriquez, 2013; Chen, Liao & Hung, 2012; Meng, Wang & Zhang, 2013; Zhang, Mui, & Tarin, 2010; Zhao & Tan, 2014). Selain itu, komponen penyusun TEC yang penting adalah *heatsink* luar. Bagian ini merupakan dudukan untuk meletakkan elemen *peltier* dan berfungsi dalam mempercepat proses pelepasan kalor pada sisi panas *peltier* menuju lingkungan (Chu, Chang & Huang, 2015; Khurshid, Silaipillayarputhur & Mughanam, 2018; Srikanth & Ramesh, 2017; Widiyanto et al., 2014). *Heatsink* harus mampu melepas kalor dengan cepat pada sisi panas elemen *peltier*, agar didapatkan performa TEC yang optimal. Oleh karena itu, *Heatsink* biasanya terbuat dari tembaga dan aluminium, terkait dengan tingginya nilai konduktivitas panas kedua bahan tersebut. Laju perpindahan panas secara konduksi (q_k) melalui bahan berbanding lurus dengan nilai konduktivitas panas bahan, luas permukaan penampang bahan, dan perbedaan suhu antara fluida dengan bahan, serta berbanding terbalik dengan tebal material yang digunakan (Khamkar, et al., 2017). Sementara itu, luas permukaan penampang *heatsink* adalah hasil dua kali luas dengan panjang sirip (*fin*) yang dibagi dengan jarak antar sirip (Hamburgen, 1986). Faktor lain yang menentukan kinerja pelepasan panas adalah bentuk dan struktur material *heatsink* (Yahyaee, Bahman & Blaapjerg, 2020).

Heatsink ALTIS sebelumnya dirancang oleh Hakim et al. (2016), menggunakan bahan tembaga yang dibuat bersirip dengan ukuran panjang 85 mm, lebar 85 mm, dan tinggi sirip 5 mm. Pembuatan *heatsink* bersirip dari tembaga cukup sulit dan membutuhkan biaya (bahan dan konstruksi) sebesar Rp. 957.000,00 per unit, atau sebesar Rp. 3.800.000,00 untuk 4 unit *heatsink* per unit ALTIS. Biaya ini cukup tinggi bagi pedagang ikan keliling.

Hal inilah yang mendasari dilaksanakannya penelitian. Riset bertujuan untuk melakukan modifikasi pada spesifikasi *heatsink* dan dudukan *peltier*, agar mendapatkan efisiensi biaya pembuatannya. Modifikasi *heatsink* dilakukan dengan memadukan bahan tembaga dan sirip aluminium. Tembaga, sebagai bahan plat yang lebih umum tersedia di pasar, dapat dikombinasikan dengan aluminium untuk menurunkan harga bahan dan biaya konstruksi sirip pada *heatsink*. Desain bahan aluminium yang berbentuk sirip akan dapat meningkatkan luas permukaan dan laju perpindahan panas *heatsink*, walaupun nilai konduktivitasnya (205 W/m²K) lebih rendah dibandingkan tembaga (385 W/m²K). Sirip

aluminium mudah dikonstruksi, murah, serta telah tersedia dalam berbagai model di pasar. Pemilihan dimensi, bentuk, dan ketebalan *heatsink* disesuaikan dengan dudukan pendingin TEC pada ALTIS. Optimasi ketebalan dudukan *peltier* mengacu pada ketebalan dudukan pendingin TEC dan dinding tempat penyimpanan ikan. Dudukan *peltier* dapat dimodifikasi hingga ketebalan 4 mm, sesuai dengan dimensi pendingin TEC. Optimasi ketebalan diperlukan, karena dapat mempengaruhi proses pelepasan panas ke lingkungan. Sebagai contoh, walaupun dudukan *peltier* yang tipis akan mempercepat proses pemindahan panas, namun hal ini mengakibatkan posisi *heatsink* luar semakin ke dalam. Oleh karena itu, riset ini meliputi serangkaian pengujian ketebalan untuk mendapatkan performa pendingin TEC yang optimal.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah satu buah peti penyimpanan ikan ALTIS-2, plat tembaga dengan ketebalan 3 mm, *heatsink* aluminium bersirip yang memiliki lebar 8 cm dan ketebalan 1 cm, *thermal grease*, kipas ukuran 80 x 80 x 10 mm (panjang x lebar x tinggi), elemen *peltier*, plat aluminium, serta aksesoris kelistrikan lainnya.

Metode

Pembuatan *heatsink* luar

Heatsink dimodifikasi dari spesifikasi dudukan pendingin TEC yang telah dirancang oleh Hakim et al. (2016); Siregar, Zulfia, Wicaksono dan Handoyo (2016); dan Widiyanto et al. (2014), seperti pada Tabel 1. Dudukan pendingin TEC ini digunakan untuk meletakkan komponen pendingin lainnya, yaitu elemen *peltier*, dudukan elemen *peltier*, *heatsink*, kipas, dan aksesoris lainnya.

Bagian bawah *heatsink* luar dibuat menggunakan bahan plat tembaga yang ditambahkan aluminium bersirip di atasnya. Plat tembaga dibuat persegi berdasarkan kebutuhan spesifikasi dudukan TEC. Plat tembaga dipotong sesuai ukuran, kemudian dihaluskan sampai rata menggunakan amplas. Spesifikasi *heatsink* dipilih berdasarkan kebutuhan ketebalan. Penambahan jumlah dan pengurangan ketebalan sirip akan menyebabkan peningkatan kalor yang dipindahkan oleh *heatsink*. Berdasarkan perhitungan, maka bagian atas menggunakan 18 sirip aluminium (85 x 85 x 10 mm) dengan ketebalan 1 mm. Hal ini didasari oleh ketersediaan *heatsink* aluminium di pasar dan kebutuhan ketebalan maksimal 13 mm. Tembaga dan aluminium kemudian

Tabel 1. Spesifikasi dudukan sistem pendingin termoelektrik (*Thermoelectric Cooler/TEC*), dimensi dudukan *peltier*, dan *heatsink* alat transportasi ikan segar (ALTIS) dari design (a) Hakim et al. (2016) dan (b) penelitian ini

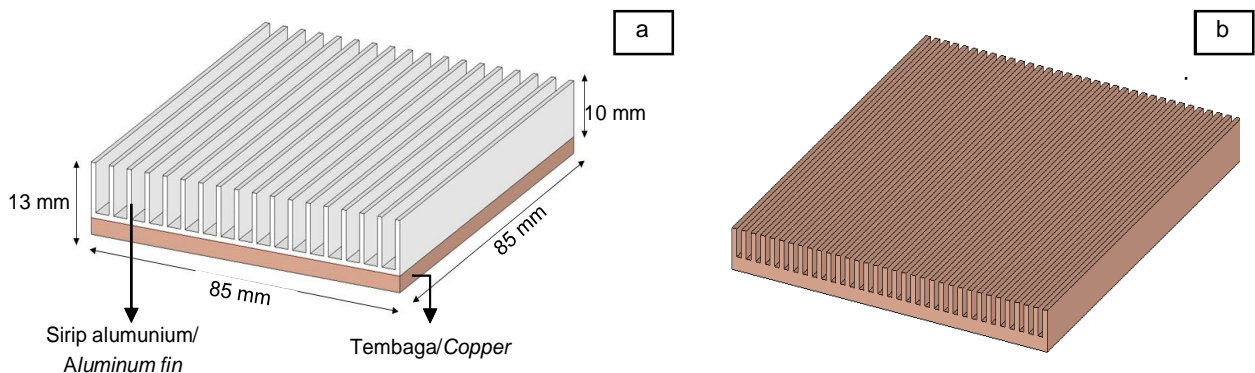
Table 1. Specification of thermoelectric cooler (TEC) suspending frame, peltier base plate, and heatsink of refrigerated fresh fish container (ALTIS) designed by (a) Hakim et al. (2016) and (b) current research

Spesifikasi/Specification	Umum/General	(a)	(b)
Panjang total dudukan TEC/TEC suspending frame lenght	200 mm	200 mm	200 mm
Lebar total dudukan TEC/TEC suspending frame widht	100 mm	100 mm	100 mm
Tebal total dudukan TEC/TEC suspending frame thick	75 mm	75 mm	75 mm
Panjang dudukan <i>peltier</i> /Peltier base plate lenght	40 mm	40 mm	40 mm
Lebar dudukan <i>peltier</i> /Peltier base plate width	40 mm	40 mm	40 mm
Tebal dudukan <i>peltier</i> /Peltier base plate thick	4-10 mm	10 mm	(4,5,6,10 mm)
Lebar <i>heatsink</i> /Heatsink width	80-85 mm	85 mm	85 mm
Panjang <i>heatsink</i> /Heatsink lenght	80-85 mm	85 mm	85 mm
Tebal <i>heatsink</i> /Heatsink thick	Maksimal 13 mm/ Maximum 13 mm	8 mm	13 mm
Material <i>heatsink</i> /Heatsinks materials	Metal/ Metal	Tembaga/ Copper	Tembaga-alumunium/ Copper-aluminum
Material dudukan <i>peltier</i> /Peltier base plate materials	Metal/ Metal	Alumunium/ Aluminum	Alumunium/ Aluminum

dijadikan satu dengan 4 buah baut yang telah ditambahkan *thermal greace* di antara kedua bidang. Perbandingan dalam pengujian adalah *heatsink* luar ALTIS yang menggunakan bahan tembaga bersirip. *Heatsink* luar ini memiliki 29 buah sirip, dengan ketebalan 1 mm dan dimensi 85 x 85 x 5 mm (Gambar 1).

Pembuatan dudukan *peltier*

Dudukan *peltier* dibuat dari alumunium dengan tingkat kemurnian sekitar 90% yang dibentuk persegi dengan sisi 40 mm. Sementara itu, pengujian terhadap dudukan *peltier* divariasikan dengan ketebalan 4, 5,



Gambar 1. Rancangan *heatsink* (a) pada penelitian ini dan (b) Hakim et al. (2016)
Figure 1. Design of heatsink from (a) current research and (b) Hakim et al. (2016)

6, dan 10 mm. Rancangan dudukan *peltier* dan cara penyusunan komponen pendingin TEC ditunjukkan pada Gambar 2.

Uji performa

Pengujian dilakukan dengan menyalakan pendingin TEC menggunakan sumber listrik DC KXN 30200 pada tegangan 12 V. Kipas *heatsink* luar adalah FFB0812EH dengan arus 0,8 A (12V), sedangkan *heatsink* dalam menggunakan tipe AD0712HS-D91 pada arus 0,2 A (12V). Termometer digital (Lutron TM 496) digunakan untuk mengukur capaian suhu *heatsink* dalam, *heatsink* luar, dan ruang penyimpanan ikan. Gambar 2 menunjukkan posisi pengukuran suhu pada pendingin TEC. Pengujian semua parameter dilakukan di dalam ruang yang suhunya dipertahankan konstan (24-26°C), dengan interval setiap 5 menit selama 95 menit (3 kali ulangan) dan kondisi tanpa beban (tanpa ikan). Suhu awal *heatsink* dan ruang penyimpanan ikan sama dengan suhu lingkungan pada saat awal pengujian. *Heatsink* luar dari tembaga murni digunakan sebagai pembanding dalam pengujian. Pengujian ketebalan dudukan *peltier* juga dilakukan dengan cara dan parameter yang sama.

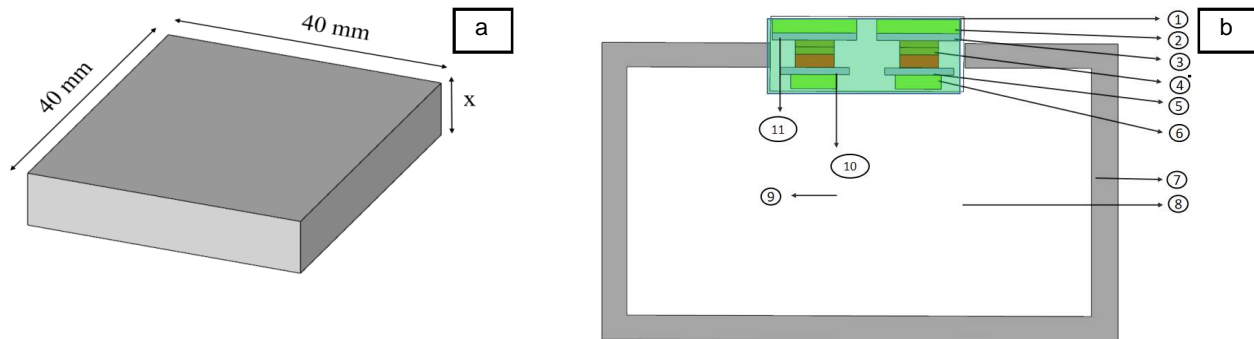
Pengolahan data

Analisis statistik dilakukan untuk menguji perbedaan suhu pada variasi ketebalan dudukan *peltier*. Pengujian beda nyata dilakukan dengan analisis ragam satu arah (one way ANOVA) dan uji lanjut duncan pada perangkat lunak SPSS Ver 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja *Heatsink*

Suhu ruang penyimpanan ikan selama pengujian turun dari 25°C menjadi 17,8°C dalam 95 menit (Gambar 3). Suhu tersebut lebih rendah daripada *heatsink* desain Hakim et al. (2016), yang sebesar 18,3°C. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi *heatsink* luar menggunakan plat tembaga dan sirip aluminium menghasilkan performa TEC yang lebih baik. Sementara itu, data pengukuran menunjukkan pola capaian suhu *heatsink* dingin yang sama antara kedua perlakuan. Suhu *heatsink* dingin selama pengukuran turun dan menjadi konstan di sekitar 14°C. Rata-rata capaian suhu *heatsink* luar dari



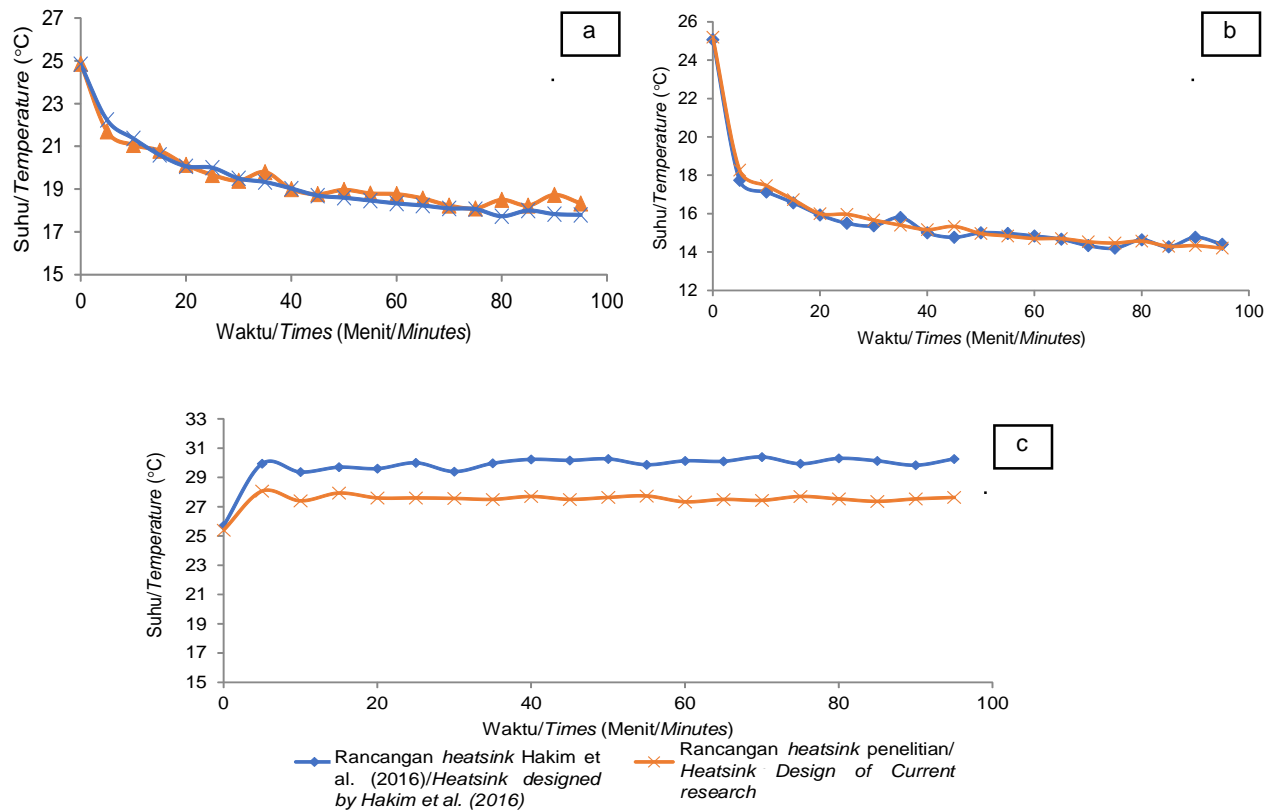
Keterangan/Note :

x = 4, 5, 6, 10 mm

1. Dudukan TEC/TEC suspending frame
2. Kipas/Fan
3. *Heatsink* luar/Outer *heatsink*
4. *Peltier*
5. Dudukan *peltier*/Peltier base plate
6. *Heatsink* dalam/Inner *heatsink*
7. Dinding peti penyimpanan ikan/Fish container wall
8. Ruang penyimpanan ikan/Fish container room
9. Posisi pengukuran ruang penyimpanan ikan/Fish container measurement point
10. Posisi pengukuran *heatsink* dalam/Inner *heatsink* temperature measurement point
11. Posisi pengukuran *heatsink* luar/Outer *heatsink* temperature measurement point

Gambar 2. Rancangan dari (a) dudukan *peltier* dan (b) penyusunan pendingin *Thermoelectric Cooler*/TEC dengan titik pengukuran suhu alat transportasi ikan segar/ALTIS

Figure 2. Design of (a) *peltier* base plate and (a) *thermoelectric cooler*/TEC arrangement with points of temperature measurement in the refrigerated fresh fish container/ALTIS



Gambar 3. Suhu dari (a) ruang penyimpanan ikan, (b) *heatsink* dalam, dan (c) *heatsink* luar dari rancangan Hakim et al. (2016) dan penelitian ini

Figure 3. Temperature of (a) fish container, (b) inner *heatsink*, and (c) outer *heatsink*, from Hakim et al. (2016) and current research design

modifikasi penelitian (27,6°C) ini lebih rendah dibandingkan *heatsink* rancangan Hakim et al. (2016), sebesar 30°C. Hal ini menunjukkan modifikasi juga menyebabkan proses pelepasan panas yang lebih baik. Selain itu, selisih capaian suhu antara ruang penyimpanan ikan dengan *heatsink* dingin tidak terlalu besar (3°C).

Efektifitas perpindahan panas melalui *heatsink* ditentukan nilai resistensi termal *heatsink* dan dipengaruhi beberapa faktor, yaitu konduktifitas termal bahan, luas penampang *heatsink*, dan efisiensi sirip (Cengel & Ghajar, 2015; Holman, 2010; Khamkar et al., 2017). Penggunaan sirip aluminium dengan luas permukaan lebih besar dapat meningkatkan performa *heatsink*. Luas kontak permukaan pada rancangan penelitian ini adalah 0,03 m²; sedangkan Hakim et al. (2016) sebesar 0,024 m². Luas penampang yang lebih besar menyebabkan peningkatan proses pelepasan panas pada *heatsink* dan sisi panas *peltier*.

Rancangan pada penelitian ini mempunyai jarak antar sirip aluminium yang lebih renggang dibandingkan Hakim et al. (2016). Hal ini juga dapat

mempercepat proses pelepasan panas pada *heatsink*. Krishnamoorthy dan Jayakumar (2019) menerangkan bahwa perpindahan panas antara bahan tertentu dengan udara terjadi secara konveksi dan ditentukan oleh bentuk geometri permukaan serta model aliran fluida. Peningkatan jarak antar sirip menyebabkan aliran udara yang lebih optimal. Aliran fluida sangat mempengaruhi nilai koefisien perpindahan panas konveksi antara bahan dan fluida (Rahmani et al., 2014). Perpindahan panas secara konveksi terjadi antara *heatsink* dingin dan udara ruang penyimpanan ikan. Perpindahan secara konveksi ini terjadi akibat adanya perbedaan suhu antara keduanya (Jiji, 2006).

Data kinerja di atas menunjukkan bahwa modifikasi *heatsink* luar penelitian ini memiliki performa lebih baik, jika dibandingkan dengan rancangan sebelumnya. Selain itu, desain ini mempergunakan bahan dengan ketersediaan yang melimpah, murah, dan proses kontruksi sederhana. Biaya pembuatan *heatsink* ini adalah Rp. 150.000,00; sementara rancangan Hakim et al. (2016) mencapai Rp. 957.000,00 per unit.

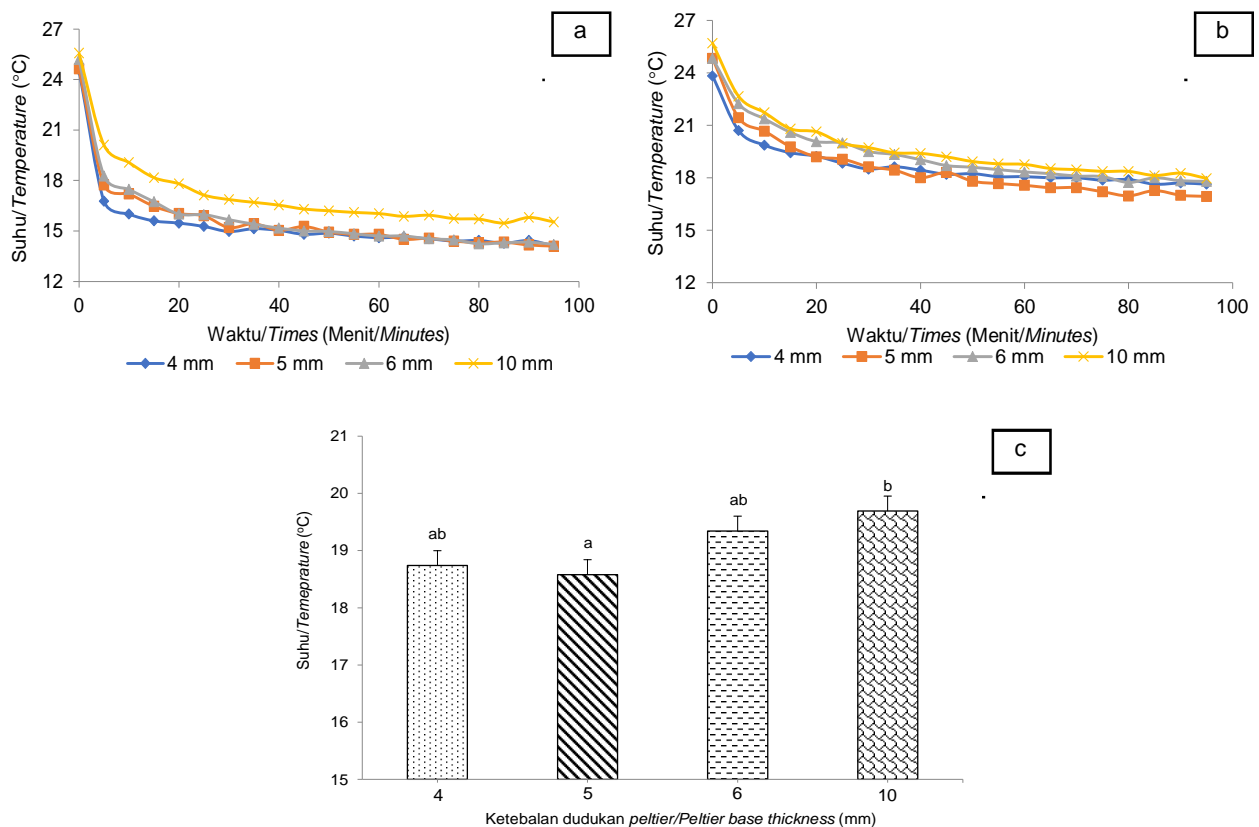
Kinerja Variasi Dudukan Peltier

Hasil pengukuran menunjukkan dudukan *peltier* dengan ketebalan 10 mm menghasilkan capaian suhu *heatsink* dalam yang paling tinggi, sedangkan dudukan 4, 5 dan 6 mm relatif sama (Gambar 4). Penggunaan tebal braket 5 mm menghasilkan suhu yang berbeda secara signifikan ($p < 0,05$), jika dibandingkan dengan 10 mm. Sementara itu, penggunaan ketebalan braket 4 mm dan 5 mm tidak menghasilkan perbedaan suhu yang signifikan ($p > 0,05$).

Dudukan aluminium berfungsi untuk memindahkan panas dari *heatsink* dingin menuju sisi dingin elemen *peltier* yang selanjutnya dilepas ke lingkungan melalui *heatsink* luar. Perpindahan panas secara konduksi ini dipengaruhi oleh nilai konduktifitas panas serta ketebalan bahan (Holman, 2010). Semakin tipis bahan dudukan yang digunakan akan menghasilkan perpindahan panas yang makin cepat.

Hal tersebut terlihat dari hasil capaian suhu *heatsink* dalam pada dudukan *peltier* dengan ketebalan 4 mm. Penurunan suhu pada 10 menit pertama paling cepat dibanding dengan perlakuan yang lain, sehingga proses perpindahan panas dari *heatsink* dalam menuju elemen *peltier* semakin baik. Pola yang sama juga ditunjukkan pada capaian suhu ruang penyimpanan ikan. Perpindahan panas dari ruang penyimpanan ikan menuju *heatsink* dalam terjadi secara konveksi, akibat perbedaan suhu di antara keduanya.

Faktor lain yang mempengaruhi capaian suhu ruang penyimpanan ikan adalah suhu lingkungan. Perbedaan suhu antara ruang penyimpanan ikan dan lingkungan menyebabkan terjadinya perpindahan panas dari dalam ruang penyimpanan ikan menuju lingkungan melalui dinding. Hasil pengukuran suhu lingkungan pada pengujian dudukan dengan ketebalan 5 mm memperoleh nilai yang paling rendah dibandingkan suhu lingkungan pengujian yang lain.



Keterangan/Notes :

Pada grafik (c) menunjukkan tingkat signifikansi ($p < 0,05$)/Notations at (c) express the significance level ($p < 0.05$)

Gambar 4. Suhu dari berbagai variasi ketebalan dudukan *peltier* pada (a) *heatsink* dalam, (b) ruang penyimpanan ikan, dan (c) hasil akhir ruang penyimpanan ikan

Figure 4. Temperature of various thickness of peltier mounts on (a) inner heatsinks, (b) fish storage rooms, and (c) final fish storage room

Rata-rata suhu lingkungan dalam pengujian dudukan ketebalan 5 mm adalah 26,9°C; sedangkan pada pengujian lainnya 27,6°C. Perbedaan suhu antara lingkungan dan ruang penyimpanan ikan yang relatif kecil menyebabkan suhu ruang penyimpanan ikan pada pengujian dudukan ketebalan 5 mm paling rendah.

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa ketebalan dudukan *peltier* yang terbaik adalah 4 mm, berdasarkan capaian suhu pada *heatsink* dingin, suhu ruang penyimpanan ikan, kecepatan proses pemindahan panas dari ruang penyimpanan ikan menuju *peltier*, dan penggunaan bahan yang lebih sedikit. Penggunaan kedua desain komponen pendingin TEC ini dapat dijadikan acuan dalam pembuatan ALTIS-2, sehingga didapatkan penurunan biaya produksi dan peningkatan performanya.

KESIMPULAN

Desain *heatsink* luar dengan menggunakan plat tembaga dengan ketebalan 3 mm dan sirip aluminium dapat mengurangi biaya produksi pembuatan ALTIS-2 sekaligus menghasilkan performa pendingin TEC yang optimal. Capaian suhu ruang penyimpanan ikan dengan *heatsink* ini lebih optimal dan menghemat biaya produksi sebesar Rp. 807.000,00 per unit. Dudukan elemen *peltier* dengan bahan aluminium yang memiliki ketebalan 4 mm juga dapat mempercepat proses perpindahan panas dari ruang penyimpanan ikan menuju *peltier*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan kontribusi dari kegiatan riset Penelitian Introduksi Penelitian Aplikasi Teknologi Alat Transportasi Ikan Segar T.A. 2019 di Loka Riset Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan, Bantul. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua peneliti yang terlibat dalam pelaksanaan kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Astrain, D., Martinez, A., & Rodriguez, A. (2013). Improvement of a thermoelectric and vapour compression hybrid refrigerator. *Applied Thermal Engineering*, 39, 140-150. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2012.01.054.

Cengel, Y. A. & Ghajar, A. J. (2015). Heat And Mass Transfer: *Fundamentals & Applications (Fifth Edition)*. McGraw-Hill Education, New York.

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. doi: 10.1016/j.apenergy.2011.08.022

Chu, L. M., Chang, W. C. & Huang, T. H. (2015). A Novel Heat Sink Design and Prototyping for LED Desk Lamps. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-8. doi: 10.1155/2015/765969

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. doi: 10.4315/0362-028X-64.10.1584

Hakim, A. R., Siregar, Z., Widiyanto, T. N., & Purnomo, A. H. (2016). Analisis penerimaan alat transportasi ikan segar berpendingin menggunakan pendekatan technology acceptance models. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 11(1), 13-24. doi: 10.15578/jpbkp.v11i1.260

Hamburggen, W. R. (1986). *Optimal finned heat sinks (Western Research Laboratory Research Report 86/4)*. Western Research Laboratory. California (US), 16 p.

Holman, J.P. (2010). Heat Transfer (Tenth Edition). McGraw-Hill, New York.

Holman, J. P. (2010). *Heat Transfer (Tenth Edition)*. McGraw-Hill, New York.

Jiji, L. M. (2006). *Heat convection*. Spriger, Newyork.

Khurshid, H., Silaipillayarputhur, K. & Mughanam, T.A. (2018). Design of a Heat Sink for an Electronic Component in ABB Drive using Different Types of Fins. *MATEC Web of Conferences 2018*. doi: 10.1051/mateconf/2018249030 *ICMMM 2018* 3009 09.

Kotta, J., Moeller, T., Orav-Kotta, H., & Paernoja, M. (2014). Realized niche width of brackish water submerged aquatic vegetation under current environmental conditions and projected influences of climate change. *Marine environmental research*, 102, 88-101. doi: 10.1016/j.marenvres.2014.05.002

Krishnamoorthy, T. & Jayakumar. (2019). Design and Development of Aluminum-based Heat Sink for Electronic Gadgets. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 7, 2277-3878.

Khamkar, N., Waghmode, A., Joshi, A., Supekar, P., Kumar, A., Londhe, K., & Kaushik, R. V. (2017). Heat Sink Design For Optimal Performance Of Compact Electronic Appliances - a Review. *Journal for Advanced Research in Applied Sciences*, 4, 13-21.

Meng, J. H., Wang, X. D., & Zhang, X. X. (2013). Transient modeling and dynamic characteristics of thermoelectric cooler. *Applied Energy*, 108, 340-348. doi: 10.1016/j.apenergy.2013.03.051.

Pack, E. C., Lee, S. H., Kim, C. H., Lim, C. H., Sung, D. G., Kim, M. H., & Kim, S. W. (2014). Effects of environmental temperature change og mercury absorption in aquatic organism with respect to climate warming. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part A-Current Issues*, 77(22-24), 1477-1490. doi: 10.1080/15287394.2014.955892

Rahmani, M. A., Fdhila, R. B., Gronqvist, A., Tysell, M., Persson, T. L., Benendo, M. & Uvgard, Z. (2014). Thermal management and design optimization of heatsink for cooling performance improvement during

- transient heat. *The 6th International Conference on Applied Energy Generation. Energy Procedia*, 61, 1665 – 1668. doi: 10.1016/j.egypro.2014.12.187
- Siregar, Z.A., Zulfia, N., Wicaksono, C.B. & Handoyo, W.T. (2016). *Laporan Teknis Rancang Bangun Pengembangan Alat Transportasi Ikan Segar - ALTIS-2 Type E100*. Loka Riset Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan.
- Srikanth, V. & Ramesh, C. G. (2017). Thermal Design of Heat Sink and Optimization of Fin Parameters. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6, 107-115
- Wibowo, S. & Yunizal. (1998). *Penanganan Ikan Segar*. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Widianto, 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. doi: 10.15578/jpbkp.v9i2.111
- Yahyaee, A., Bahman, A. S. & Blaabjerg, F. (2020). A Modification of Offset Strip Fin Heatsink with High-Performance Cooling for IGBT Modules. *Applied Science*, 10, 1112. doi: 10.3390/app1003 1112.
- 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. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2009.10.020.
- Zhao, D., & Tan, G. (2014). A review of thermoelectric cooling: Materials, modeling and applications. *Applied Thermal Engineering*. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2014.01.074.