

DESAIN SESPAN BERPENDINGIN UNTUK PEDAGANG IKAN KELILING

Refrigerated Sidecar Design for Fish Pitchman

Tri Nugroho Widiyanto^{1*} dan Bakti Berlyanto Sedayu¹

¹ Loka Penelitian dan Pengembangan Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan,
Jl. Imogiri Barat Km11,5. Bantul - DI.Yogyakarta, Indonesia

* Korespondensi Penulis: trinugrohowidiyanto@yahoo.com

Diterima: 9 April 2015.; Disetujui: 7 Juni 2015

ABSTRAK

Penelitian untuk mendapatkan desain sepsan berpendingin untuk pedagang ikan keliling telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan desain sepsan berpendingin untuk pedagang ikan keliling, yang diharapkan dapat mempertahankan mutu ikan segar selama transportasi. Tahapan desain dilakukan dengan menentukan kriteria desain, penentuan konsep desain, analisis desain, pembuatan alat dan uji kinerja. Sepsan berpendingin untuk pedagang ikan keliling terdiri dari peti insulasi, sistem pendingin dan penghubung peti ke sepeda motor. Uji kinerja dilakukan dengan mengamati suhu ruang peti dalam kondisi kosong, suhu ikan selama transportasi, penentuan nilai *Coefficient of Performance* (COP), serta pengamatan mutu ikan sebelum dan setelah transportasi. Hasil uji performansi alat dalam kondisi kosong selama 2,5 jam menunjukkan bahwa suhu ruang peti mencapai $-17,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sepsan berpendingin dapat mempertahankan suhu ikan antara $1,0\text{--}2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama transportasi. Nilai organoleptik ikan sebelum dan setelah transportasi adalah 7,13 dan 7,1. Sedangkan angka TPC ikan sebelum dan setelah transportasi adalah $1,6 \times 10^3$ dan $2,2 \times 10^3$ koloni/g. Nilai TPC dan organoleptik ikan setelah transportasi memenuhi standar mutu ikan segar, hal ini menunjukkan bahwa peti ikan segar berpendingin dapat mempertahankan mutu ikan segar selama proses penjualan ikan secara eceran. Nilai COP sepsan berpendingin sebesar 0,44.

KATA KUNCI: sepsan berpendingin, COP, mutu ikan segar, pedagang ikan keliling

ABSTRACT

Research on refrigerated sidecar design for fish pitchman was conducted. The research aimed to maintain the quality of fresh fish during transportation. This study was carried out through several stages, i.e. defining the design criteria, design analysis, assembling, and performance test. Designed apparatus consisted of insulated container, refrigeration system, and container frame connected to a motorcycle. Performance test was carried out by observing the room temperature of refrigerated container in an unloaded condition and the temperature of fish during transportation, determining the coefficient of performance (COP) values of the refrigeration system, as well as observing the fish quality during transportation. The results showed that the temperature of refrigerated container at unloaded condition could reach $-17.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ after 2.5 hour of operation. The refrigerated sidecar could maintain the fish temperature in the range of $1.0\text{ to }2.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ during transportation. Organoleptic values before and after the transportation were 7.13 and 7.10, while the total plate count (TPC) were 1.6×10^3 and 2.2×10^3 cfu/g, respectively. These values, organoleptic and TPC, met the requirements of fish quality standard. It was demonstrated that the refrigerated container could maintain the quality of fresh fish during the transportation (fish pitchman activity). The COP value of refrigerated sidecar was 0.44.

KEYWORDS: refrigerated sidecar, COP, fresh fish, fish pitchman

PENDAHULUAN

Pembusukan ikan adalah faktor utama penyebab terjadinya penurunan mutu ikan segar. Aktivitas pembusukan secara kimiawi dan enzimatik dapat diperlambat dengan menerapkan sistem rantai dingin. Pada penyimpanan suhu di bawah 10 °C juga dapat menghambat pertumbuhan mikroba (Buckle, 1978). SNI 01-2729.3-2013 (BSN, 2013) mensyaratkan agar penanganan ikan segar selama transportasi dan penyimpanan dilakukan pada suhu di bawah 5 °C.

Penggunaan es sebagai media pendingin banyak digunakan karena mudah dan memiliki kapasitas pendinginan yang besar (Jain *et al.*, 2005), namun penambahan es dapat mengurangi kapasitas peti serta menambah bobot sehingga dapat mengganggu keseimbangan berkendara. Model peti ikan berpendingin untuk pedagang ikan keliling menggunakan sepeda motor telah dikembangkan oleh Widiyanto *et al.* (2014). Peti ikan model ini dapat digunakan untuk kegiatan penjualan ikan keliling yang membawa ikan sampai 50 kg. Beberapa pedagang ikan keliling membutuhkan alat transportasi ikan dengan kapasitas sampai 90 kg yaitu saat kegiatan pembelian ikan dari pengumpul atau TPI. Hasil identifikasi dan survei di lapangan menunjukkan bahwa jumlah pedagang ikan keliling di Pacitan sekitar 201 pedagang yang terbagi dalam 10 kelompok. Selama ini pedagang tersebut menggunakan kotak styrofoam yang diletakkan di atas sepeda motor. Jumlah ikan yang didistribusikan oleh pedagang sebanyak 30–90 kg (1–3 kotak styrofoam tiap sepeda motor) dengan waktu transportasi sekitar 3 jam. Kotak styrofoam tersebut diletakkan di atas tempat duduk sepeda motor. Hal ini menyebabkan keseimbangan berkendara terganggu karena kotak styrofoam dapat berubah posisinya akibat guncangan, kondisi jalan yang berbelok-belok serta naik turun. Kondisi seperti itu dapat menyebabkan kotak styrofoam terjatuh.

Konstruksi peti ikan berpendingin untuk pedagang ikan keliling kapasitas 50 kg dapat menggunakan dua buah peti yang dirangkaikan dengan dudukan kemudian diletakkan di sebelah kanan dan kiri sepeda motor (Widiyanto, 2014). Peti ikan ini menggunakan pendingin termoelektrik dengan sumber energi arus DC dari baterai. Penggunaan pendingin termoelektrik pada model tersebut dapat mempertahankan suhu dan mutu ikan selama kegiatan penjualan ikan, namun aplikasinya sangat terbatas pada kapasitas angkut yang relatif kecil, sedangkan untuk kapasitas angkut yang lebih besar, alternatif sistem pendingin dapat menggunakan pendingin kompresi uap. Alternatif alat transportasi ikan menggunakan sepeda motor adalah dengan sespan menggunakan peti berpendingin. Sespan adalah sepeda motor dengan gandengan

samping (beroda satu) yang biasanya digunakan untuk mengangkut penumpang. Sespan berpendingin untuk pedagang ikan keliling ini menggunakan sebuah peti berpendingin dilengkapi roda yang dirangkaikan di sebelah samping sepeda motor. Cara seperti ini dapat mengatasi kendala keseimbangan berkendara sehingga dapat membawa ikan dalam jumlah yang cukup banyak. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model sespan berpendingin yang dapat mempertahankan suhu rendah sehingga dapat digunakan oleh pedagang ikan keliling untuk membawa ikan sampai 90 kg menggunakan sepeda motor. Alat ini diharapkan dapat mempertahankan mutu ikan segar selama transportasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk pembuatan sespan berpendingin adalah *polyurethane*, plat aluminium setebal 1,2 mm, gabus setebal 1 mm, lem karet, *sealant* dan aksesoris kelistrikan seperti saklar, sekering dan isolator. Bahan yang digunakan untuk sistem pendingin adalah *cooling units* yang terdiri dari kompresor, evaporator, kondensor, termostat, katup ekspansi dan isolator. *Cooling units* menggunakan komponen *chest freezer* dengan spesifikasi kompresor 123 Watt. Selain itu digunakan baterai dan inverter sebagai sumber listrik. Bahan yang digunakan untuk uji kinerja alat adalah ikan *baby* tuna sirip kuning (*thunnus albacores*). Peralatan yang digunakan dalam proses rancang bangun adalah gerinda potong, palu, gergaji, *cutter*, penggaris, jangka sorong, obeng, gunting, mesin bor, alat potong, alat penekuk, alat las, ember, gelas ukur, pengaduk dan alat penekuk. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk uji kinerja alat adalah termometer digital, timbangan, multimeter dan sepeda motor. Pembuatan konsep desain, pembuatan alat dan uji kinerja alat dilakukan di Loka Penelitian Mekanisasi Pengolahan Produk Hasil Perikanan, Bantul, Yogyakarta.

Metode

Tahapan desain sespan berpendingin untuk pedagang ikan keliling meliputi penentuan kriteria desain, pembuatan rancangan fungsional, pembuatan rancangan struktural pembuatan alat, analisis desain, dan uji kinerja alat.

Penentuan kriteria desain

Sespan berpendingin dirancang untuk mempertahankan suhu rendah sehingga dapat digunakan untuk membawa dan mempertahankan

mutu ikan selama transportasi menggunakan sepeda motor oleh pedagang ikan keliling. Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan dan tujuan yang ingin dicapai, kriteria desain sespan berpendingin adalah harus dapat mempertahankan suhu ikan di bawah 5 °C (BSN, 2013), menggunakan sistem pendingin, dapat mempertahankan mutu ikan dan dapat mempermudah transportasi ikan untuk pedagang ikan keliling.

Pembuatan rancangan fungsional

Sespan berpendingin didesain berdasarkan fungsi utama untuk mempertahankan suhu ikan di bawah 5 °C, tempat meletakkan dan mengangkut ikan dari TPI sampai konsumen serta dapat dioperasikan menggunakan sepeda motor. Setiap fungsi tersebut dirancang bagian/fungsi seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Pembuatan rancangan struktural

Bahan, bentuk, tata letak dan ukuran komponen sespan berpendingin dirancang berdasarkan fungsi dan subfungsi komponen yang telah dibuat dalam tahap rancangan fungsional. Rancangan struktural terdiri dari rancangan peti insulasi, sistem pendingin

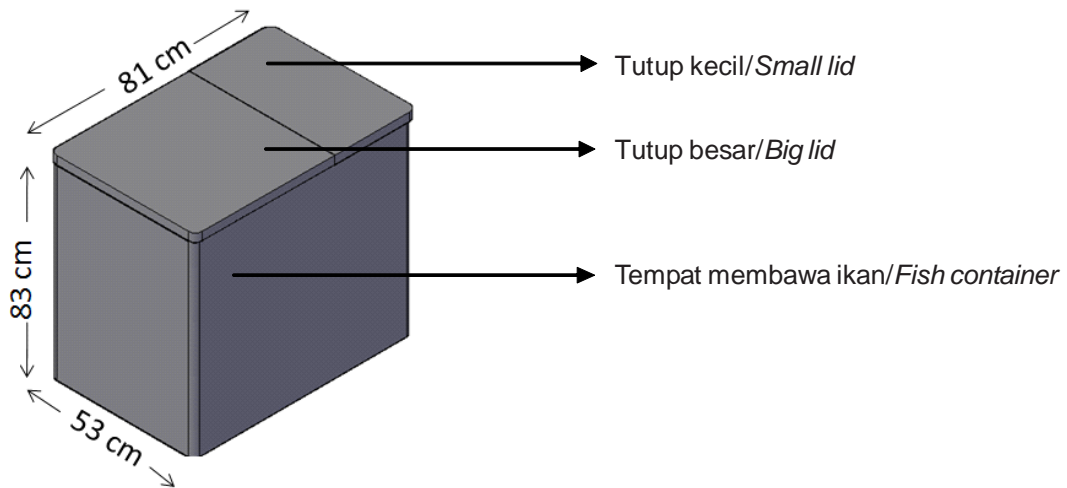
dan penghubung sespan berpendingin ke sepeda motor.

Pembuatan alat peti insulasi dan sistem pendingin

Peti insulasi tersusun dari dinding luar, dinding dalam dan insulator. Dinding luar dan dalam terbuat dari plat alumunium dengan ketebalan 1 mm. Bahan alumunium dipilih karena memiliki nilai konduktifitas besar sehingga dapat mempercepat proses penyerapan panas ruang. Selain itu alumunium tidak mudah berkarat, mudah dibentuk, ringan dan kedap air. Insulator diletakkan di antara dinding luar dan dalam peti. Insulator terbuat dari poliuretan dengan ketebalan 3,5 cm. Poliuretan dipilih karena mudah dibentuk dan mempunyai nilai konduktifitas yang rendah. Insulator dibuat dengan mencampurkan poliuretan A dan B yang diperoleh dari pasaran dengan perbandingan massa poliuretan A dengan poliuretan B sebesar 2:1. Ukuran peti insulasi bagian luar adalah 81 x 53 x 83 cm (PxLxT). Peti tersebut dihubungkan dengan bagian samping sebelah kiri sepeda motor. Gambar rancangan peti insulasi berpendingin ditunjukkan pada Gambar 1 dengan dimensi ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Rancangan fungsional *sidecar* berpendingin
Table 1. Functional design of refrigerated *sidecar*

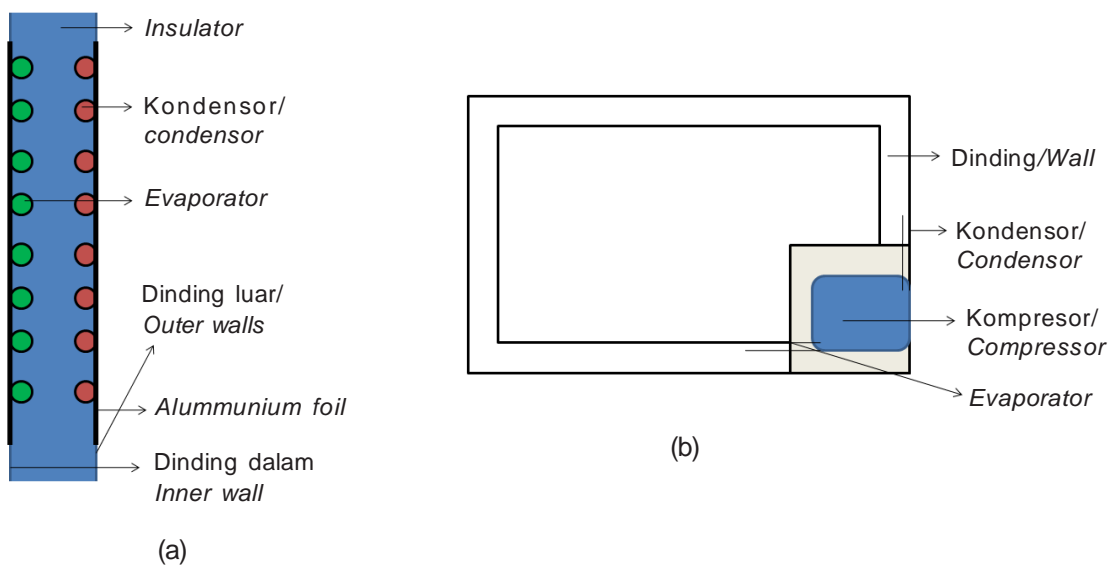
Fungsi/Function	Bagian alat/Part
Mengurangi pindah panas/ <i>Reducing heat transfer</i>	Insulator/ <i>Insulator</i>
Memasukkan dan mengeluarkan ikan/ <i>Loading and unloading of fish</i>	Tutup peti/ <i>Caps</i>
Mengeluarkan sisa air dalam peti/ <i>Removing residual water in the box</i>	Saluran pembuangan/ <i>Drain</i>
Menempelkan peti insulasi pada sepeda motor/ <i>Putting the fish container to motorcycles</i>	Dudukan/ <i>Suspending frame</i>
Menstabilkan arah gerak peti insulasi/ <i>Stabilizing the direction of fish container motion</i>	Roda/ <i>Wheels</i>
Menghubungkan peti dengan sepeda motor/ <i>Connecting fish container to motorcycles</i>	Penghubung/ <i>Connector</i>
Memindahkan panas/ <i>Transferring the heatt</i>	Refrigerant
Mengambil panas ruang/ <i>Taking the heat from fish container</i>	Evaporator
Melepas panas ke lingkungan/ <i>Releasing the heat</i>	Kondensor/ <i>Condensor</i>
Menaikkan tekanan refrigerant/ <i>Increasing the refrigerant pressure</i>	Kompresor/ <i>Compressor</i>
Mengatur jumlah aliran dan tekanan refrigerant/ <i>Adjusting refrigerant pressure</i>	Katup ekspansi/ <i>Expansion valve</i>
Pemasok sumber listrik/ <i>Suppling power source</i>	Aki/ <i>Accu</i>



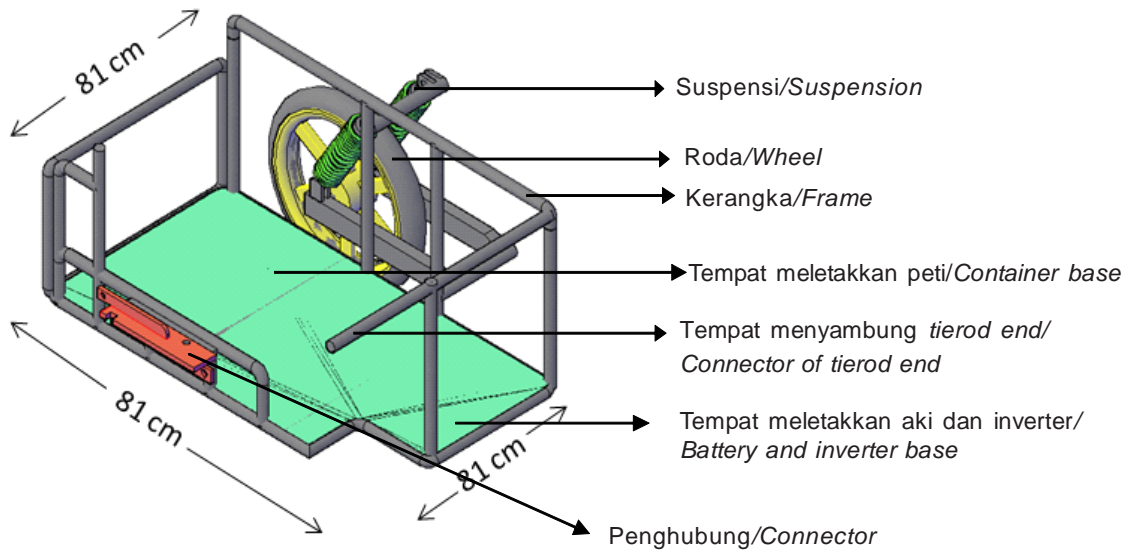
Gambar 1. Rancangan peti insulasi berpendingin.
 Figure 1. Design of refrigerated fish container.

Sistem pendingin menggunakan sistem kompresi uap yang terdiri dari kompresor, *refrigerant*, evaporator, katup ekspansi, aki, inverter dan kondensator. Secara umum *refrigerant* yang melewati pipa evaporator berfungsi untuk menyerap panas secara konveksi alami melalui udara dan secara konduksi melalui material yang didinginkan. Setiap fungsi komponen tersebut dijelaskan dalam rancangan fungsional seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Pemilihan sistem pendingin kompresi uap cocok untuk dikembangkan pada sespan berpendingin dengan kapasitas angkut yang besar, karena memiliki nilai COP yang tinggi. Sedangkan sistem pendingin pada alat transportasi ikan untuk pedagang ikan keliling dengan kapasitas kecil dapat menggunakan pendingin termoelektrik

(Chein & Chen, 2005; Jugsujinda *et al.*, 2010; Sutjahja, 2010; Zhou & Yu, 2011; dan Shen *et al.*, 2012). Evaporator terbuat dari pipa alumunium diameter 6 mm kemudian dililitkan di bagian dalam dinding peti insulasi sedangkan kondensator (dibuat dari bahan sama dengan evaporator) dililitkan pada bagian luar peti insulasi. Untuk membantu proses pelepasan dan penyerapan panas, kondensator dan evaporator dilapisi alumunium foil dan direkatkan pada dinding peti. Kompresor dan katup ekspansi diletakkan pada bagian depan bawah peti insulasi. Ilustrasi rangkaian sistem pendingin ditunjukkan pada Gambar 2. Sedangkan aki dan inverter diletakkan di atas dudukan peti seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Spesifikasi kompresor disesuaikan dengan kebutuhan daya 123 watt.



Gambar 2. Penampang dinding peti (a) dan posisi komponen sistem pendingin (b).
 Figure 2. Section of insulation wall (a) and location of refrigeration components (b).



Gambar 3. Gambar rancangan dudukan peti insulasi.
Figure 3. Design of refrigerated container carrier.

Pemilihan kompresor berdasarkan spesifikasi terendah yang ada di pasaran serta disesuaikan dengan kebutuhan beban pendinginan. Refrigerant yang dipakai untuk sistem ini adalah R 134 karena mempunyai efek refrigerasi yang cukup besar, tekanan evaporator dan kondensor yang cukup rendah serta nilai COP yang cukup tinggi. Selain itu, R134 juga aman dan bagus untuk digunakan dalam ruangan dengan volume yang tidak terlalu besar. Sumber listrik menggunakan baterai yang dihubungkan dengan inverter untuk mengubah arus listrik DC menjadi AC. Pemilihan baterai berdasarkan kebutuhan listrik kompresor dan efisiensi inverter serta lamanya transportasi yaitu sekitar 3,5 jam/hari.

Dudukan peti insulasi

Bagian ini terdiri dari kerangka tempat meletakkan peti, sistem roda dan penghubung. Kerangka tempat meletakkan peti terbuat dari pipa besi dengan ukuran $\frac{3}{4}$ inci dan tebal 2 mm. Bagian atasnya dilapisi plat aluminium setebal 1,2 mm. Sistem roda menggunakan lengan sepeda motor yang terbuat dari aluminium dan dilengkapi suspensi. Penghubung

berfungsi untuk menghubungkan dudukan dengan sepeda motor yang menggunakan dua buah tierod end mobil. Tierod end dihubungkan pada bagian belakang sepeda motor (handle sepeda motor) dan bagian depan sepeda motor (chasis depan sepeda motor). Kerangka didesain sesuai dengan bentuk dan dimensi peti insulasi sekaligus sebagai tempat meletakkan aki dan inverter. Gambar rancangan kerangka, sistem roda dan penghubung peti insulasi ditunjukkan pada Gambar 3.

Analisis Desain

Beban pendinginan

Beban pendinginan adalah energi yang dibutuhkan selama transportasi ikan yang terdiri dari beban ikan, transmisi panas melalui dinding peti dan infiltrasi udara saat pembukaan tutup peti. Beban pendinginan pada ruang pendingin komersial terdiri dari beban melalui dinding, beban karena aliran udara, beban ikan dan beban penggunaan peralatan lain (Dossat, 1981). Hasil perhitungan beban pendinginan ditunjukkan pada Tabel 2. Perhitungan dilakukan secara matematis

Tabel 2. Hasil perhitungan beban pendinginan
Table 2. Result of cooling load calculation

Beban Pendinginan/Cooling Load	Hasil/Results (Watt)
Transmisi panas melalui dinding peti/ Heat transfer through walls	28.41
Infiltrasi udara/Air infiltration	29.07
Beban ikan/Fish load	56.35
Total	113.83

Tabel 3. Parameter perhitungan dan kondisi awal
 Table 3. Parameters calculations and initial conditions

Parameters	Nilai/Values
Kalor jenis ikan/ <i>Specific heat of fish</i> (kJ/kg °C)	3.55 ^{*)}
Konduktifitas panas alumunium/ <i>Thermal conductivity of alumunium</i> (W/m °C)	237 ^{*)}
Konduktifitas panas poliuretan/ <i>Thermal conductivity of polyurethane</i> (W/m °C)	0.033 ^{*)}
Suhu awal ikan/ <i>Initial fish temperature</i> (°C)	7
Suhu akhir ikan/ <i>Fish temperature</i> (°C)	5
Suhu ruang peti/ <i>Container temperature</i> (°C)	5
Volume peti/ <i>Container volume</i> (m ³)	0.24
Suhu lingkungan/ <i>Ambient temperature</i> (°C)	30
Lama pengoperasian/ <i>Operation times</i> (jam/hours)	2.5–4.0
Jumlah pembukaan tutup/ <i>The amount of opening lid</i>	22
Massa jenis udara/ <i>Air density</i> (kg/m ³)	1.34 ^{*)}
Tebal alumunium/ <i>Alumunium thick</i> (m)	0.001
Tebal polyuretan/ <i>Polyurethane thick</i> (m)	0.033
Kapasitas peti/ <i>Container capacity</i> (kg)	90–100
Enthalpi udara suhu 30 °C/ <i>Air enthalpy at 30 °C</i> (kJ/kg)	85.54 ^{*)}
Enthalpi udara suhu 5 °C/ <i>Air enthalpy at 5 °C</i> (kJ/kg)	27.9 ^{*)}

Sumber/Source : Hasil pengukuran dan perhitungan;

^{*)} Widiyanto, 2013

dengan beberapa parameter dan kondisi awal berdasarkan pengukuran dan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 3. Beban pendinginan ikan adalah energi yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu awal sebesar 7 °C menjadi suhu ruang peti insulasi yang diinginkan (5 °C) (kriteria desain). Suhu awal didasarkan pada pengukuran suhu ikan tertinggi di lapangan yang menunjukkan bahwa suhu ikan sebelum dilakukan transportasi sebesar 1–7 °C. Transmisi panas melalui dinding peti adalah perpindahan panas dari lingkungan menuju ruang peti insulasi melalui seluruh permukaan dinding peti akibat adanya perbedaan suhu lingkungan dengan suhu di dalam peti. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi transfer panas melalui dinding adalah memilih material yang memiliki nilai konduktifitas termal rendah. Menurut Holman (1997) nilai konduktifitas termal dari suatu bahan menunjukkan kecepatan panas mengalir dalam bahan tersebut. Beban pendinginan melalui dinding peti terjadi secara konveksi antara udara dengan dinding peti dan secara konduksi melalui material dinding. Menurut Welty *et al.* (2004) perpindahan panas yang disebabkan konveksi melibatkan pertukaran energi antara suatu permukaan dengan fluida di dekatnya.

Kebutuhan listrik sistem pendingin

Pemilihan kompresor berdasarkan spesifikasi terendah yang ada di pasaran serta sesuai dengan

kebutuhan beban pendinginan sebesar 114 watt. Berdasarkan pertimbangan tersebut digunakan kompresor dengan kebutuhan listrik sebesar 123 Watt. Pemilihan sumber listrik didasarkan pada kemudahan aplikasi di lapangan, ketersediaan bahan di pasar, harga yang murah serta kebutuhan energi pendinginan. Sumber listrik menggunakan baterai 105 hA yang dihubungkan dengan inverter untuk mengubah arus listrik DC menjadi AC. Pemilihan baterai didasarkan pada kebutuhan listrik kompresor, efisiensi inverter serta lamanya transportasi yang berkisar 3,5 jam/hari.

Uji Kinerja Alat

Uji kinerja alat dalam kondisi kosong

Pengujian dilakukan untuk mengetahui suhu ruang peti insulasi yang dapat dicapai saat sistem pendingin bekerja tanpa beban ikan. Pengukuran suhu dilakukan pada ruang peti menggunakan termometer digital yang dilakukan tiap 15 menit selama 2,5 jam. Pengujian dilakukan tiga kali pada kondisi suhu lingkungan yang berbeda.

Penentuan *Coefficient of Performane* (COP) dan biaya produksi pembuatan alat

Pengujian dilakukan dengan mendinginkan air sebanyak 62 kg menggunakan peti ikan berpendingin

selama 3 jam yang dilakukan pada berbagai suhu awal air. Penggunaan air menggantikan ikan dikarenakan penurunan suhu air lebih homogen jika dibandingkan dengan ikan. Selain itu kalor jenis air sudah diketahui dengan pasti sedangkan kalor jenis ikan tuna sirip kuning belum diketahui. Parameter yang diukur dalam pengujian ini adalah suhu ruang penyimpanan ikan, suhu air, suhu dinding peti dan kebutuhan arus listrik. Parameter tersebut digunakan untuk menentukan besarnya kalor yang dapat dipindahkan oleh sistem pendingin serta kebutuhan energi sistem pendingin. Data tersebut digunakan untuk menentukan nilai COP menggunakan persamaan Mansur (2010) :

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}}$$

di mana :

COP : *coefficient of performance*,
 Q_c : kalor yang dipindahkan (Watt),
 P_{in} : kebutuhan daya listrik (Watt).

Biaya produksi alat adalah biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi sespan berpendingin untuk pedagang ikan keliling yang merupakan jumlah dari beberapa komponen yaitu sistem pendingin, peti insulasi, kerangka dan dudukan, sistem kelistrikan, aksesoris lainnya, jasa, keuntungan dan PPN. Biaya sistem pendingin meliputi pembelian komponen kompresor, evaporator, kondensor dan katup ekspansi. Biaya sistem kelistrikan meliputi pembelian baterai dan inverter. Biaya kerangka dan dudukan meliputi pembelian sistem roda, suspensi dan kerangka yang terbuat dari besi. Jasa dan keuntungan meliputi upah pembuatan alat dan keuntungan.

Uji kinerja dengan ikan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sespan berpendingin untuk mengangkut ikan sebanyak 48-50 kg (pada tahap ini dilakukan pengujian $\pm \frac{1}{2}$ kapasitas angkut). Sebelum dilakukan pengujian ikan didinginkan menggunakan es dengan perbandingan

massa ikan dengan es sebesar 2 : 1 selama semalam (6–8 jam). Perlakuan tersebut sesuai dengan yang biasa dilakukan oleh pedagang ikan keliling sebelum berjualan. Ikan dimasukkan ke dalam peti insulasi kemudian dilakukan transportasi (berkeliling menggunakan sepeda motor) selama 3,5 jam. Ikan yang digunakan adalah ikan baby tuna sirip kuning dengan karakteristik fisik yang ditunjukkan pada Tabel 4. Selama pengujian tutup peti dibuka tiap 10 menit selama 1–2 menit. Pemilihan ukuran ikan, lamanya transportasi dan lamanya pembukaan alat mengikuti yang dilakukan oleh pedagang ikan keliling. Parameter yang diukur adalah suhu ikan selama pengujian dan mutu ikan sebelum dan setelah transportasi. Pengukuran suhu ikan dilakukan setiap 10 menit menggunakan termometer digital terhadap ikan yang letaknya pada posisi atas dan bawah ruang peti. Pengujian mutu ikan meliputi pengujian organoleptik dan kandungan TPC. Pengujian TPC menggunakan metode SNI 01-2332.3-2006 (BSN, 2006), sedangkan uji organoleptik menggunakan metode SNI 2346-2011 (BSN, 2011). Pengujian dilakukan dengan tiga kali ulangan.

HASIL DAN BAHASAN

Hasil Pembuatan Alat dan Uji Kinerja dalam Kondisi Kosong

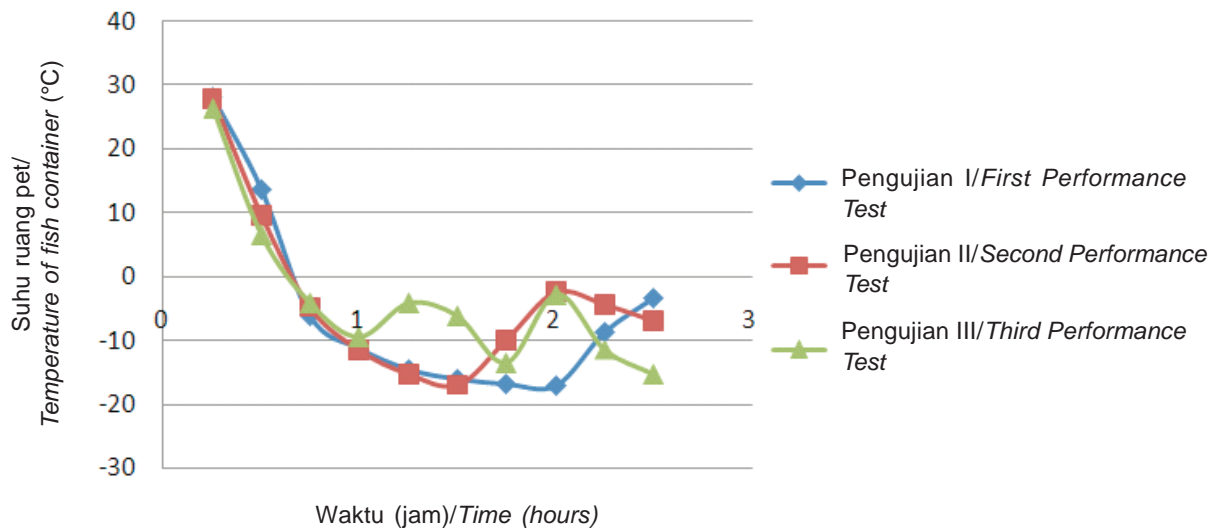
Hasil kegiatan pembuatan sespan berpendingin untuk pedagang ikan keliling ditunjukkan pada Gambar 4. Sedangkan hasil pengujian suhu peti dalam kondisi kosong ditunjukkan pada Gambar 5. Suhu lingkungan pada pengujian pertama, kedua dan ketiga berturut-turut 28,7–29,6 °C; 28,2–30,5 °C ; dan 28,3–30,3 °C. Hasil pengujian menunjukkan terjadi penurunan suhu drastis pada 1 jam pertama mencapai suhu -13 °C kemudian naik turun pada jam berikutnya antara 0 sampai -17 °C pada masing-masing pengujian. Terjadinya fluktuasi capaian suhu diakibatkan kompresor yang berhenti bekerja secara otomatis saat suhu ruang mencapai suhu -10 °C kemudian

Tabel 4. Karakteristik fisik ikan baby tuna sirip kuning yang digunakan dalam uji kinerja
 Table 4. *Physical properties of yellowfin tuna used in performance test*

Parameter/Parameters (unit)	Nilai/Values
Berat/Weight (g)	1200–1812
Panjang /Lenght (cm)	44.5–50.4
Tebal/Thickness (cm)	6.7–8.1
Lebar/Width (cm)	10.4–11.7



Gambar 4. Hasil pembuatan sespan berpendingin untuk transportasi ikan segar.
 Figure 4. Design of refrigerated sidecar for fish pitchman.



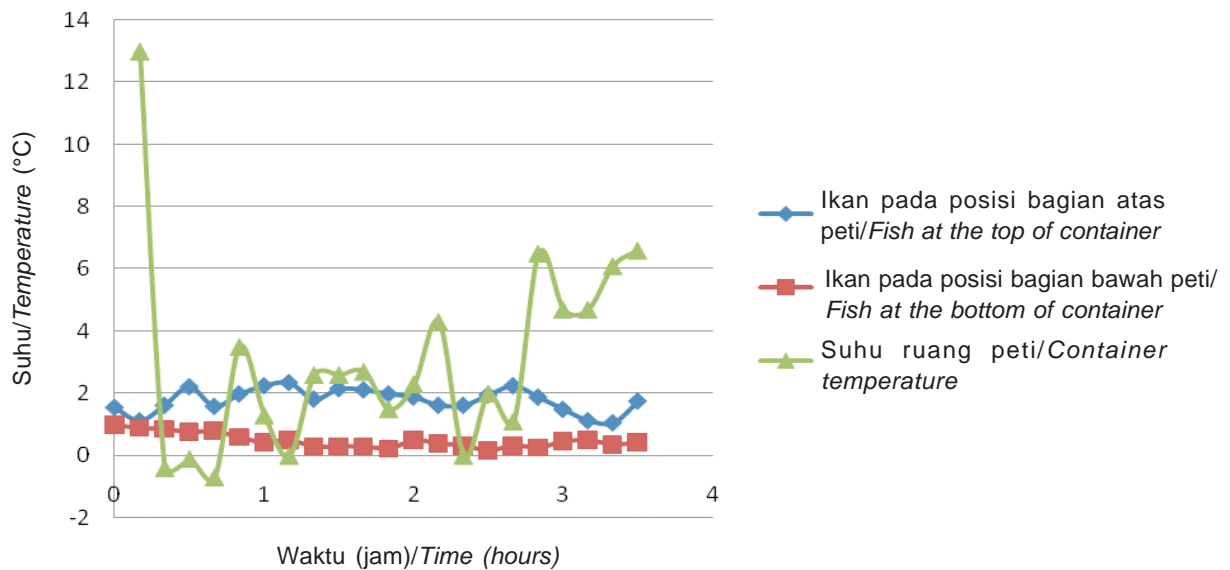
Gambar 5. Suhu ruang peti selama pengujian dalam kondisi kosong.
 Figure 5. Temperature of fish container in unloaded condition.

kompresor bekerja kembali saat suhu ruang naik. Dari ketiga pengujian menunjukkan bahwa capaian suhu ruang peti dalam kondisi kosong pada suhu lingkungan antara 28,2–30,5 °C sebesar -13 sampai -17 °C.

Uji Kinerja dengan Ikan

Hasil pengukuran suhu ikan selama pengujian ditunjukkan pada Gambar 6. Suhu ikan rata-rata yang terletak pada bagian atas ruang peti selama pengujian sebesar 1,0–2,2 °C, sedangkan ikan yang terletak pada bagian bawah sebesar 0,1–0,9 °C. Suhu ikan yang terletak pada bagian atas peti lebih tinggi dari pada yang terletak pada bagian bawah. Hal ini

disebabkan karena ikan yang terletak pada bagian atas selalu berkontak dengan udara luar ketika proses pembukaan peti. Suhu ruang peti insulasi cenderung naik turun antara -0,7 sampai 13 °C akibat proses buka tutup alat yang dilakukan tiap 10 menit. Suhu ikan selama pengujian cenderung konstan di bawah 2,2 °C. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pendingin dalam peti insulasi dapat mengatasi beban pendinginan yang merupakan perpindahan panas dari lingkungan menuju ruang peti saat terjadinya pembukaan peti dan transmisi melalui dinding peti. Capaian suhu ikan tersebut sesuai dengan kriteria desain yang ditentukan yaitu kurang dari 5 °C. Selama pengujian terjadi fluktuasi perubahan suhu ikan, hal ini disebabkan oleh pembukaan tutup peti setiap 10



Gambar 6. Suhu ikan dan ruang peti selama pengujian peti ikan berpendingin.
 Figure 6. Fish and rooms container temperature during performance test of refrigerated fish container.

Tabel 5. Hasil pengujian mutu ikan pada uji coba peti ikan berpendingin
 Table 5. Result of fish quality at performance test of refrigerated fish container

Karakteristik/ Characteristics	Hasil/Result		Standar Mutu/ Quality Standard
	Sebelum Transportasi/ Before Transportation	Sesudah Transportasi/ After Transportation	
Organoleptik/ Organoleptic	7.13 ± 0.2	7.1 ± 0.1	7
TPC (cfu/g)	(1.6 ± 0.5) x 10 ³	(2.2 ± 1.0) x 10 ³	5 x 10 ⁵

menit mengakibatkan terjadi perubahan suhu ruang peti yang mempengaruhi suhu ikan.

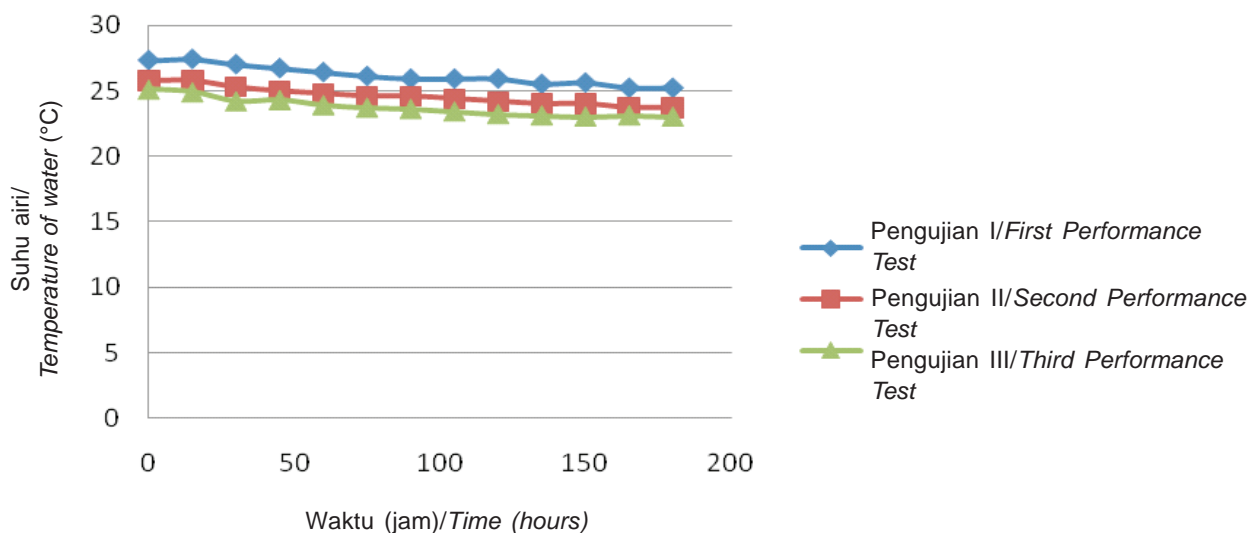
Mutu Ikan

Hasil pengujian rata-rata mutu ikan ditunjukkan pada Tabel 5. Semua parameter mutu ikan setelah transportasi memenuhi persyaratan mutu ikan segar, hal ini menunjukkan bahwa peti ikan berpendingin dapat mempertahankan mutu ikan. Mutu ikan dapat dilihat dari tingkat kesegaran yang ditunjukkan dari nilai organoleptik dan TPC. Jumlah mikroba ikan setelah transportasi masih berada di bawah standar jumlah mikroba ikan segar yang disyaratkan yaitu 5 x 10⁵ koloni/g. Hal ini menunjukkan bahwa sespan berpendingin dapat memperlambat pertumbuhan mikroba, sehingga kerusakan ikan yang diakibatkan oleh bakteri dapat diperlambat.

Nilai COP dan Perhitungan Biaya Produksi

Hasil pengukuran suhu air selama pengujian menunjukkan bahwa terjadi penurunan suhu sebesar

1,9–2,1 °C selama 3 jam pada berbagai pengujian (Gambar 7). Pengujian pertama dilakukan pada suhu awal air sebesar 27,3 °C, sedangkan pengujian kedua dan ketiga berturut-turut 25,8 dan 24,9 °C. Hasil pengukuran arus listrik, tegangan dan parameter pengujian ditunjukkan pada Tabel 6. Hasil perhitungan COP sistem pendingin diperoleh sebesar 0,44 seperti ditunjukkan pada Tabel 7. Nilai tersebut relatif kecil jika dibandingkan dengan COP sistem kompresi lainnya yang dapat mencapai nilai 2,8 (Mohanraj, 2013). COP sistem pendingin tergantung dari pemilihan komponen sistem pendingin, suhu lingkungan saat pengujian dan efisiensi pemakaian sumber energi. Efisiensi inverter yang digunakan pada sistem ini relatif rendah sekitar 68% dan pengujian dilakukan di luar ruangan pada suhu lingkungan yang relatif tinggi sekitar 29–32 °C. Hal inilah yang menyebabkan COP sistem pendingin relatif rendah. Efisiensi inverter diperoleh dari hasil percobaan pengukuran penggunaan baterai. Secara teoritis baterai dengan spesifikasi 105 hA dapat menjalankan kompresor 123 Watt selama 10,24 jam, namun dalam percobaan hanya mampu menjalankan kompresor selama 7 jam.



Gambar 7. Suhu air pada uji kinerja penentuan COP.
 Figure 7. Water temperature for determination of the COP.

Tabel 6. Parameter pengukuran penentuan nilai COP
 Table 6. Measurement parameters of the determination of the COP

Parameter/Parameters (unit)	Hasil/Results
Arus listrik aki/Current (A)	11.30
Tegangan/Voltage (V)	12.16
Rata-rata penurunan suhu air/ Cooling rate of water temperature (°C/jam)	0.70
Rata-rata penurunan suhu dinding/ Cooling rate of wall container temperature (°C)	1.10
Kalor jenis air/Specific heat of water (Kj/kg°C)	4.20
Kalor jenis alumunium/Specific heat of alumunium (Kj/kg°C)	0.90
Massa air/Weight of water (kg)	62.00
Rata-rata suhu lingkungan/Average environment temperature (°C)	28.02 ± 0.46
Rata-rata suhu ruang/Average ambient temperature (°C)	19.94 ± 1.35
Waktu pendinginan/Cooling times (jam/hours)	3.00

Tabel 7. Hasil penentuan beban pendinginan dan nilai COP
 Table 7. Determination of cooling load and the COP value

Parameter/Parameters	Nilai/Results	Unit/Units
Beban Pendinginan total/Total cooling load	60.99	Watt
Panas sensibel dinding/Sensible heat of container walls	0.27	Watt
Transmisi melalui dinding/Transmission through walls	10.09	Watt
Beban pendinginan air/Water cooling load	50.63	Watt
Kebutuhan energi/Energy input	137.44	Watt
COP	0.44	

Tabel 8. Perhitungan biaya produksi pembuatan sespan berpendingin
 Table 8. Production cost calculation of refrigerated sidecar

Komponen/Parts	Biaya Produksi/ Production Cost (Rp.)
Sistem pendingin/Cooling units	2,500,000.00
Peti insulasi/Insulated container	3,200,000.00
Dudukan/Suspending frame	2,100,000.00
Kelistrikan/Electrical	1,000,000.00
Jasa pembuatan/Manufacturing cost	3,000,000.00
PPN/Tax	1,180,000.00
Total biaya produksi/Total production cost	12,980,000.00

Tabel 9. Perkiraan biaya tetap penggunaan sespan berpendingin
 Table 9. Fixed cost estimation of refrigerated sidecar used

Komponen/Components	Biaya tetap (Rp./th)/fix cost (Rp./y)
Sespan berpendingin/Refrigerated motor tricycle	4,326,666.67
Biaya listrik/Electricity cost	491,400.00
Total biaya tetap/Total fixed cost	4,818,066.67

Tabel 10. Perkiraan biaya tetap penggunaan kotak styrofoam
 Table 10. Fixed cost estimation of styrofoam box

Komponen/Components	Biaya tetap (Rp./th)/fixed cost (Rp./y)
Kotak styrofoam/Styrofoam box	3,240,000.00
Es/Ice	2,400,000.00
Total biaya tetap/Total fixed cost	5,640,000.00

Biaya produksi pembuatan sespan berpendingin untuk pedagang ikan keliling ditunjukkan pada Tabel 8. Perhitungan biaya produksi tersebut dilakukan secara sederhana dan dengan mengabaikan suku bunga bank dan parameter lainnya. Biaya produksi sespan berpendingin untuk pedagang ikan keliling sekitar Rp. 12,9 juta rupiah. Perkiraan umur teknis alat selama tiga tahun, sehingga kebutuhan biaya pengadaan sespan berpendingin sekitar Rp. 4,3 juta /tahun. Jika dibandingkan dengan penggunaan kotak styrofoam, perkiraan biaya tetap untuk kegiatan penjualan ikan menggunakan sespan berpendingin masih relatif rendah seperti ditunjukkan pada Tabel 9 dan 10. Biaya listrik pada penggunaan sespan berpendingin berasal dari biaya pengecasan aki yang dibutuhkan sekitar 1,26 kWh/hari. Biaya pembelian kotak styrofoam berdasarkan hasil survei di lapang yang

menunjukkan bahwa dalam satu tahun pedagang menggunakan kotak styrofoam sekitar 6 buah untuk kapasitas 30 kg, sehingga untuk pedagang dengan kapasitas 90 kg diperkirakan membutuhkan sekitar 18 buah. Sedangkan biaya penggunaan es sekitar Rp. 8.000/hari.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sespan berpendingin dapat mempertahankan suhu ikan antara 0,7–3,1 °C selama 3 jam transportasi. Suhu peti pada uji coba dalam kondisi kosong selama 2,5 jam mencapai -17,6 °C. Nilai organoleptik ikan sebelum dan setelah transportasi adalah 7,13 ± 0,2 dan 7,1 ± 0,1. Sedangkan nilai TPC ikan sebelum dan setelah transportasi adalah (1,6 ± 0,5) × 10³ dan (2,2 ± 1) ×

10³ koloni/g. Nilai TPC dan organoleptik ikan setelah transportasi memenuhi standar mutu ikan segar, hal ini menunjukkan bahwa sespan berpendingin dapat mempertahankan mutu ikan segar selama proses penjualan ikan secara eceran. Nilai COP sistem pendingin sebesar 0,44 jika efisiensi inverter sekitar 68 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2013). *Ikan segar*. SNI 2729.2013. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). *Petunjuk pengujian organoleptik dan atau sensori pada produk perikanan*. SNI 2346.2011. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2006). *Cara uji kandungan TPC pada produk perikanan*. SNI 01-2332.3.2006. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Buckle, K.A., Edwards, R.A., Fleet, G.H., & Wooton, M. (1978). *Food Science*. Penerjemah : Purnomo, H. dan Adiono. 1988. Jakarta.
- Chein, R. & Chen, Y. (2005). Performance of thermoelectric cooler integrated with microchannel heat sinks. *International Journal of Refrigeration*, 28, 828–839.
- Dossat, R.J. (1981). *Principles of refrigeration*. New York.
- Holman, J.P. 1997. *Perpindahan kalor*. Terjemahan. Edisi keenam. Penerbit Erlangga.
- Jain, D., & Ilyas, S.M. (2005). Development of mathematical model for cooling. *Journal of food engineering*, 71, 324–329.
- Jugsujinda S. Vora-ud A dan Seetawan T. 2010. Analyzing of thermoelectric refrigerator performance. *Procedia Engineering*, 8, 154–159.
- Mansur. (2010). *Pengembangan peti insulasi tipe CB-02 multifungsi ramah lingkungan berbasis termoelektrik untuk kendaraan roda dua*. Skripsi. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Mohanraj, M. (2013). Energy performance assessment of R430A as possible alternative refrigerant to R134a in domestic refrigerators. *Energy for Sustainable Development*, 17, 471–476.
- Shen, L.M., Xiao, F., Chen, H.X., & 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.
- Sutjahja, I.M. (2010). Penelitian bahan termoelektrik bagi aplikasi konversi energi di masa mendatang. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 1(58).
- Widianto, T.N. (2013). *Desain alat transportasi ikan segar berpendingin untuk pedagang ikan keliling*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Welty, J.R., Wicks, C.E., & Rorrer, G.L. (2004). *Dasar-dasar fenomena transport*. Terjemahan. Penerbit Erlangga. Edisi keempat, Jakarta.
- Zhou, Y. & Yu, J. (2011). Design optimization of thermoelectric cooling systems for applications in electronic devices. *International Journal of Refrigeration*, 35, 1139–1144.