

PENGARUH DEFERENSIASI KOTAK PENDINGIN BAGI PENJUAL IKAN SISTEM DELIVERY PADA MASA PANDEMI COVID-19 DI KOTA AMBON

Leslie Loppies

Jurusan Teknik Mesin – Politeknik Negeri Ambon
leslieloppies@gmail.com

ABSTRACT

During the Covid-19 pandemic in Indonesia, especially in Ambon City, people are encouraged to follow health protocols, one of which is to stay away from crowds. The market is a busy place every day, therefore a delivery service is needed where everyone can buy fish from traveling traders directly from home without having to visit the market. Delivery system fish sellers usually only put fish in stereofoam boxes filled with ice cubes, this can cause the fish to spoil faster. To prevent this, this study aims to make a box Designing a delivery system fish cooler box based on the main function, namely loading fresh fish products that can withstand low temperatures, which are less than 5° C. The temperature of the storage room in the first trial without fish for 120 minutes reached 11.5 °C, in the second trial 12.1 °C and in the third trial 15.0 °C. The temperature difference is caused by the difference in ambient temperature during the trial run. The ambient temperature in the first test was 28 °C, the second test was 30 °C and the third test was 32 °C. The ambient temperature affects the amount of heat that enters from the environment to the fish storage room. The higher the ambient temperature causes the greater the amount of heat that enters so that the temperature of the storage space that can be achieved is also higher. This caused the temperature of the storage room in the third trial to be the highest. The results showed that the refrigerated fish crate could maintain the fish temperature below 3 °C at the time of retail sale of fish compared to the use of styrofoam without refrigeration. The temperature of the test box in an empty condition for 120 minutes reached 11.1 – 15.0 °C. The addition of a fan inside the insulation box and the use of a power supply can speed up and maximize the cooling process.

ABSTRAK

Pada masa pandemi *Covid-19* di Indonesia khususnya di Kota Ambon, masyarakat dihibau untuk menjalankan protokol kesehatan salah satunya adalah dengan menjauhi kerumunan. Pasar merupakan tempat yang ramai setiap harinya oleh karena itu dibutuhkan layanan delivery dimana setiap orang dapat membeli ikan dari pedagang keliling langsung dari rumah tanpa harus mengunjungi pasar. Para penjual ikan sistem delivery biasanya hanyamenaruh ikan pada kotak stereofoam yang diisi es batu, hal ini dapat menyebabkan proses pembusukan ikan lebih cepat terjadi. Untukmencegah hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk membuat kotak Mendesain kotak pendingin ikan sistem delivery berdasarkan fungsi utama yakni memuat produk ikan segar yang mampu bertahan pada suhu rendah yaitu lebih kecil dari 5° C. Suhu ruang penyimpanan pada uji coba pertama tanpa ikan selama 120 menit mencapai 11,5 °C, pada uji coba kedua 12,1 °C dan pada uji coba ketiga 15,0°C. Perbedaan suhu tersebut disebabkan oleh perbedaan suhu lingkungan selama pelaksanaan uji coba. Suhu lingkungan pada uji coba pertama adalah 28 °C, uji coba kedua 30 °C dan uji coba ketiga 32°C. Suhu lingkungan berpengaruh terhadap banyaknya panas yang masuk dari lingkungan menuju ruang penyimpanan ikan. Semakin tinggi suhu lingkungan menyebabkan semakin besar jumlah panas yang masuk sehingga suhu ruang penyimpanan yang dapat dicapai juga semakin tinggi. Hal ini yang menyebabkan suhu ruang penyimpanan pada uji coba ketiga paling tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peti ikan berpendingin dapat mempertahankan suhu ikan di bawah 3 °C pada saat dilakukan penjualan ikan secara eceran dibandingkan penggunaan sterofom tanpa alat pendingin. Suhu kotak pada uji coba dalam kondisi kosong selama 120 menit mencapai 11,1 – 15,0 °C. Penambahan kipas di bagian dalam kotak insulasi dan penggunaan power supply dapat mempercepat dan memaksimalkan proses pendinginan.

Kata Kunci : *Kotak pendingin; ikan; suhu; peltier*

1. PENDAHULUAN

Potensi perikanan Indonesia yang besar seyogyanya dimanfaatkan untuk meningkatkan konsumsi ikan bagi masyarakatnya sendiri. Tingkat konsumsi ikan per kapita di Indonesia masih rendah yakni hanya sebesar 33,14 kg per tahun per kapita, sementara itu Malaysia dan Singapura berturut 56,1 kg kapita/tahun dan 48,9 kapita/tahun. Ikan yang telah mati harus dijaga agar tetap segar hingga sampai ke tangan konsumen. Ikan yang telah mati sangat cepat mengalami penurunan mutu. Kerusakan daging ikan

setelah mati disebabkan oleh adanya enzim dalam tubuh ikan yang menyebabkan daging ikan menjadi busuk. Serangan dan penyebaran bakteri patogen pada tubuh ikan berlangsung dengan cepat dan apabila kondisi lingkungan semakin buruk maka penyerangan bakteri ini bisa menjadi semakin singkat. Penyebaran dan penularan bakteri patogen ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu melalui media air atau ikan, wadah pengangkut serta melalui manusia. Salah satu cara untuk mempertahankan mutu kesegaran ikan adalah dengan mengaplikasikan sistem rantai dingin,

yakni mempertahankan suhu ikan senantiasa 5°C disepanjang rantai distribusi dan penyimpanan. Selama ini cara pemasaran oleh pedagang ikan segar keliling masih bersifat terbatas, yakni penggunaan es sebagai media pendingin.

Pada penelitian ini dilakukan uji coba terhadap kotak ikan segar berpendingin untuk pedagang ikan sistem delivery atau keliling yang menggunakan sepeda motor, yang diharapkan mampu mempertahankan mutu ikan segar. Bertitik tolak dari latar belakang dan permasalahan tersebut penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain sistem delivery yang mampu mempertahankan mutu kesegaran ikan dalam rangka mendukung kegiatan pemasaran ikan segar berkeliling bagi pedagang kecil menggunakan sepeda motor pada masa pandemi Covid-19 sekarang ini agar supaya konsumen tidak perlu berkunjung kepasar tradisional untuk karena menerapkan protokol Covid-19 yaitu menjauhi keramaian atau mencegah kerumunan dan menjaga jarak antara satu individu dengan individu lainnya.

Sebelum ini Rorimpandey (2009) meneliti tentang alat pendingin sederhana dengan produk-produk hortikultura dengan objek penelitian bunga potong *gladiol*. Pada a lat tersebut, es diletakkan di bawah produk hortikultura dengan dibantu oleh kipas untuk pindah panas konveksi. Dengan pendingin sederhana ini umur bunga potong *galadiol* bisa diperpanjang.

Emi Y Sagas, et al (2015) juga sebelumnya meneliti tentang kajian penggunaan kotak pendingin dengan menggunakan hancuran es untuk distribusi sayur Pak Choi (*Brassica rapa*) Pada penelitian tersebut dihitung jumlah es yang dibutuhkan untuk mendinginkan air sampai 15 °C pada pra pendinginan dan jumlah panas lapang yang hilang selama pra pendinginan dan menjelaskan perubahan kualitas secara visual dan besarnya kerusakan ikan pada pendinginan dan tanpa pendinginan selama 5 hari.

Risa Setyalina, at al (2018) meneliti tentang perancangan dan analisis *cool box* sebagai media penyimpanan ikan bagi nelayan di wilayah Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik. Perancangan disesuaikan dengan kapasitas ikan hasil tangkapan dengan memperhitungkan total beban pendingin menggunakan metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)*.

Ketut Wiranata, at al (2017) membuat rancangan sarana pemasaran ikan segar berkeliling menggunakan sepeda motor untuk pedagang ikan di Provinsi Bali dengan menggunakan pendingin termoelektrik dan total beban pendinginan sebesar 97,83 Watt dan lama transportasi berkisar antara 3-4 jam/hari untuk memasarkan 90-100 kg ikan segar/hari.

Berdasarkan permasalahan diatas maka tujuan dari penelitian ini yaitu mendesain kotak pendingin ikan sistem *delivery* berdasarkan fungsi utama yakni memuat produk ikan segar yang mampu bertahan pada suhu rendah yaitu lebih kecil dari 5°C. manfaat dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh temperatur pada kotak pendingin ikan *delivery system*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beban Pendingin.

Perhitungan beban pendingin dimaksudkan untuk mendapatkan kapasitas refrigerasi yang dibutuhkan oleh suatu instalasi pendingin sehingga dapat direncanakan suatu sistem pendingin yang dapat mendinginkan produk dengan baik.

a. *Panas sensibel udara luar atau Out Air Sensible Heat (OASH)*.

Panas sensibel udara luar adalah panas sensibel yang dihasilkan akibat masuknya udara luar ke dalam ruangan. $OASH = Q_{is}$

b. *Panas laten udara luar atau Out Air Laten Heat (OALH)*.

Panas laten udara luar adalah panas laten yang dihasilkan akibat masuknya udara luar ke dalam ruangan.

c. *Kalor laten dan perubahan wujud zat.*

Besarnya kalor yang dibutuhkan oleh suatu zat bila terjadi perubahan wujud, memenuhi persamaan berikut ini :

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$Q = m \cdot L$$

Dimana :

Q = Energi panas (*Joule*)

M = Massa udara dalam ruang (*kg*)

L = Panas laten (*kcal/kg*)

cp = Spesifik heat (*J/kg. °C*)

ΔT = Beda temperatur es (*°C*)

V = Volume ruang penelitian (*m³*)

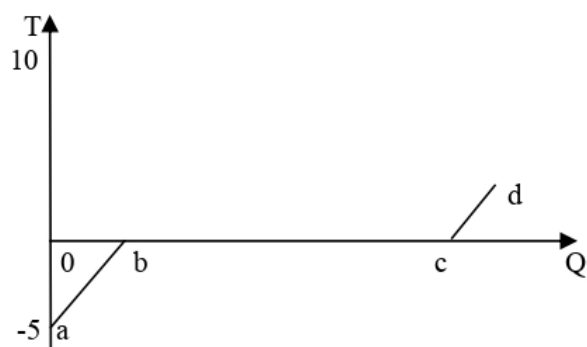
ρ = Density (*kg/m³*)

adapun grafik kalor perubahan es.

Dimana :

a → b : es suhunya naik dari -5°C menjadi 0°C

b → c : perubahan wujud dari es 0°C menjadi air 0°C



Sumber: Dossat, 1981

Gambar 1. Grafik Kalor Perubahan Es

3. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen nyata (*true experimental*). Dimana lokasi tempat pelaksanaan penelitian adalah di kota Ambon serta data yang didapat waktu pelaksanaan penelitian ini adalah Pengontrolan suhu dalam proses pengiriman sampai produk sampai di tangan konsumen harus dilakukan dengan baik untuk mencegah produk

tidak melebihi dari suhu 5°C (SNI 01-2729.2-2013). Selain pengontrolan dalam suhu, juga dilakukan pengecekan pada wadah yang digunakan selama proses pengiriman sehingga wadah yang digunakan sudah memenuhi syarat kemasan sesuai dengan *standart operating procedure* (SOP). Jenis pendinginan yang digunakan dalam penanganan produk harus didukung dengan wadah yang terisolasi sehingga produk di dalam wadah tidak terjadi kerusakan. Jika produk yang sudah dalam wadah pendinginan namun tidak dilakukan pengiriman, maka produk harus disimpan dalam ruangan penyimpanan dingin

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui suhu ruang penyimpanan ikan yang dapat dicapai saat sistem pendingin bekerja tanpa beban ikan. Pengukuran suhu dilakukan pada ruang kotak penyimpanan ikan dan suhu lingkungan di luar kotak ikan. Pengujian dilakukan tiga kali pada kondisi suhu lingkungan yang berbeda. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer digital yang dilakukan tiap 10 menit selama 2 jam.

Suhu ruang penyimpanan pada uji coba pertama tanpa ikan selama 120 menit mencapai 11,5 °C, pada uji coba kedua 12,1 °C dan pada uji coba ketiga 15,0°C. Perbedaan suhu tersebut disebabkan oleh perbedaan suhu lingkungan selama pelaksanaan uji coba. Suhu lingkungan pada uji coba pertama adalah 28 °C, uji coba kedua 30 °C dan uji coba ketiga 32°C. Suhu lingkungan berpengaruh terhadap banyaknya panas yang masuk dari lingkungan menuju ruang penyimpanan ikan. Semakin tinggi suhu lingkungan menyebabkan semakin besar jumlah panas yang masuk sehingga suhu ruang penyimpanan yang dapat dicapai juga semakin tinggi. Hal ini yang menyebabkan suhu ruang penyimpanan pada uji coba ketiga paling tinggi.

Suhu ruang penyimpanan ikan yang dapat dicapai paling rendah adalah 12,1 °C pada 1 jam pertama kemudian turun menjadi 11,5 °C pada 1 jam berikutnya. Suhu tersebut dicapai pada kondisi suhu lingkungan 27 °C. Hal itu menunjukkan bahwa kotak ikan berpendingin hanya dapat digunakan untuk mempertahankan suhu ikan, bila ikan yang diangkat sudah dalam keadaan dingin. Hasil penelitian Jugsujinda *et al.* (2010) menunjukkan bahwa suhu ruang pendingin yang dapat dicapai dengan menggunakan termoelektrik adalah sebesar 20 °C selama 1 jam. Perbedaan tersebut disebabkan oleh volume ruang pendingin dan jumlah termoelektrik yang digunakan berbeda. Pada penelitian ini digunakan 1 buah elemen termoelektrik dengan volume ruang pendingin sebesar 40 L dengan penambahan kipas sebanyak 2 buah dan power supply agar supaya proses pendinginan semakin cepat dan maksimal. Sedangkan pada penelitian Jugsujinda *et al.* (2010) digunakan 1 buah elemen *termoelektrik* dengan volume 21,8 L. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan sistem pendingin *thermoelektrik* adalah mengatur

jumlah tegangan (voltase) arus listrik yang melalui elemen *peltier* seperti telah dilakukan oleh Shen *et al.* (2012). Namun demikian pada penelitian ini hanya dilakukan pada tegangan 12 V berdasarkan pertimbangan tegangan pada aki yang digunakan oleh sepeda motor.

Suhu ruang penyimpanan ikan turun dengan cepat dari sekitar 29 °C menjadi 23 °C pada 10 menit pertama kemudian diikuti penurunan yang lambat pada waktu berikutnya. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah arus yang mengalir ke sistem pendingin. Arus listrik yang melewati sistem pendingin pada 10 menit pertama relatif besar dibandingkan dengan menit berikutnya, sehingga penurunan suhu ruang penyimpanan pada 10 menit pertama juga relatif lebih cepat dibandingkan dengan menit berikutnya. Arus listrik yang melalui sistem pendingin berkisar antara 3,1 A–3,6 A, dengan nilai yang tidak jauh berbeda antara pengujian pertama dan pengujian kedua. Jumlah arus listrik yang melalui termoelektrik berpengaruh terhadap suhu ruang penyimpanan yang dapat dicapai. Menurut Huang *et al.* (2000), perbedaan suhu sisi panas dan sisi dingin elemen *peltier* yang dapat dicapai secara teoritis merupakan fungsi dari beberapa parameter di antaranya I (arus listrik yang mengalir pada *elemen peltier*). Selain itu juga tergantung dari karakteristik elemen *peltier* seperti koefisien *seebeck*, tahanan listrik dan konduktifitas panas bahan *termoelektrik* (Zhou & Yu, 2011). Suhu ruang penyimpanan ikan dapat diturunkan dengan memberikan arus listrik yang lebih besar serta menurunkan tahanan panas *heatsink* (Chein & Chen, 2005).

Penggunaan bahan *termoelektrik* juga dapat berpengaruh terhadap performansi pendingin sistem ini. Teknik yang digunakan untuk meningkatkan performansi pendingin *termoelektrik* berupa manipulasi sifat fisis bahan dengan induksi elemen tertentu, manipulasi struktur kristal dengan struktur nano, dan investigasi bahan oksida *bulk* baru berbasis logam oksida kobalt (Sutjahja, 2010).

4.2. Pembahasan

Kegiatan penjualan ikan diawali dengan kegiatan persiapan yaitu merangkai dan meletakkan kotak ikan berpendingin di atas sepeda motor. Sebelum dimasukkan, ikan didinginkan dengan es pada perbandingan ikan: es sebanyak 2:1 (b/b) dalam wadah *styrofoam* sehingga suhu ikan mencapai 0–1°C. Sebanyak 35 kg ikan kemudian dimasukkan ke dalam ruang penyimpanan ikan, setelah itu alat pengangkut dirangkaikan dengan aki sepeda motor. Penjualan ikan dilakukan dengan berkeliling dari rumah ke rumah serta pasar. Saat ada pembeli, pembeli memilih ikan kemudian ikan terpilih dikemas. Kegiatan pemilihan dan pengemasan ikan dilakukan sekitar 4–5 menit tiap pembeli. Setelah kegiatan penjualan ikan selesai alat pengangkut dilepas dari sepeda motor kemudian dibersihkan.

Pengukuran suhu ikan selama percobaan uji coba peti ikan berpendingin untuk pengeceran ikan, suhu ikan setelah kegiatan transportasi pada uji coba pertama sebesar 3 °C dan uji coba kedua sebesar 2,8 °C. Hal ini menunjukkan bahwa peti ikan berpendingin mampu

mempertahankan suhu ikan lebih baik dibandingkan dengan kotak *styrofoam*. Selain adanya sistem pendingin, desain tutup petiberpendingin lebih kecil dibandingkan dengan kotak *styrofoam* sehingga mampu mengurangi perpindahan panas melalui tutup saat kegiatan pembukaan tutup. Suhu ikan akan naik selama transportasi. Kenaikan suhu disebabkan jumlah beban pendinginan nilainya lebih besar dari pada energi sistem pendingin. Beban pendinginan pada ruang pendingin komersial terdiri dari beban melalui dinding, beban karena aliran udara, beban ikan, dan beban penggunaan peralatan lain (Dossat, 1981).

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. Pada dinding insulasi, perpindahan panas secara konveksi terjadi antara permukaan dinding dengan udara yang mengalir di sekitar permukaan dinding. Hasil perhitungan menunjukkan energi yang melalui dinding ruang penyimpanan sebesar 8,22 Watt dan panas *infiltrasi* udara saat kegiatan pembukaan ruang penyimpanan sebesar 3,97 Watt sehingga panas keseluruhan adalah 12,19 Watt. Sedangkan jumlah panas yang dapat dipindahkan oleh alat pengangkut sebesar 9,67 Watt, sehingga selisih panas tersebut menyebabkan kenaikan suhu ikan, namun demikian suhu akhir ikan setelah transportasi sekitar 3 °C, suhu tersebut masih di bawah suhu ikan yang dipersyaratkan yaitu di bawah 5 °C.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meminimalkan beban pendinginan melalui dinding adalah menggunakan material dinding peti yang mempunyai nilai *konduktifitas termal* rendah seperti poliuretan, sehingga beban pendinginan yang melalui dinding tidak terlalu besar. Menurut Holman (1997) nilai konduktivitas termal dari suatu bahan menunjukkan kecepatan panas mengalir dalam bahan tersebut. Kenaikan suhu ikan pada uji coba pertama lebih cepat dibandingkan dengan uji coba kedua. Hal ini disebabkan suhu udara lingkungan pada uji coba pertama lebih tinggi dibanding dengan uji coba kedua. Suhu udara lingkungan pada uji coba pertama sebesar 32,5 °C, sedangkan kedua sebesar 30,9 °C, sehingga perpindahan panas lingkungan menuju ruang penyimpanan ikan pada uji coba pertama lebih besar dari pada uji coba kedua.

Prinsip kerja sistem pendingin ini adalah terjadinya perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin elemen peltier (ΔT) ketika dialiri arus listrik searah (DC). Bagian sisi dingin elemen *peltier* digunakan untuk menyerap panas ruang penyimpanan yang kemudian dilepas ke lingkungan melalui sisi panas elemen *peltier* sehingga suhu ruang penyimpanan ikan menjadi rendah. Untuk dapat mencapai suhu sisi dingin elemen peltier yang optimal, maka sisi panas elemen harus diturunkan serendah-rendahnya dengan menambahkan *heatpipe* untuk mempercepat proses pelepasan panas ke lingkungan.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Suhu lingkungan berpengaruh terhadap banyaknya panas yang masuk dari lingkungan menuju ruang penyimpanan ikan. Semakin tinggi suhu lingkungan menyebabkan semakin besar jumlah panas yang masuk sehingga suhu ruang penyimpanan yang dapat dicapai juga semakin tinggi. Hal ini yang menyebabkan suhu ruang penyimpanan pada uji coba ketiga paling tinggi.

Hal ini dapat dilihat pada perbandingan percobaan pertama dengan percobaan kedua dimana hasil yang didapat adalah pertama 32,5°C dan 30,9°C dimana perpindahan panas pada percobaan pertama lebih besar.

5.2. Saran

Dapat dibuat penelitian lanjutan dengan memperbesar kotak insulasi dan menambah peralatan pendingin dengan memperhatikan faktor keselamatan dari penjual ikan sistem delivery dalam hal berkendara di jalan raya agar tidak terjadi kecelakaan lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2013). *Ikan segar*. SNI 2729.2013. 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.
- Castiaux, E. (2010). An introduction to cold chain management. *Journal of GXP Compliance*, 14(4), 19-22. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1331940265/accountid=32506>
- 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.
- Emi Y Sagas, Frans Wenur, Lady C Ch E Lengkey (2015), *Kajian Penggunaan Kotak Pendingin menggunakan Hancuran Es untuk Distribusi Pak Choi (Brassica rapa)*. Cocos 6.
- Holman (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.
- Ketut Wiranata, I Wayan Widia, I Putu Gede Budi Sanjaya (2017), *Pengembangan Sistem Rantai Dingin Ikan Tongkol (Euthynnus Affini) Segar Untuk Pedagang Ikan Keliling*., Beta Volume 6, Nomor 1, Maret, 2017 <http://ojs.unud.ac.id/index.php/beta>
- 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.
- Risa Setyalina dan Shanti Kartika Sari (2018), *Perancangan Dan Analisis Cool Box Sebagai Media Penyimpanan Ikan Bagi Nelayan Di Wilayah Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik*, Prosiding Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2018
- Rorimpandey, (2009), *Uji Mutu Fisik Bunga Gladiol Selama Proses Menggunakan Prototipe Alat Pendingin Bunga Potong*. Skripsi. Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado
- 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).
- Wiranata, I Ketut, Widia, I Wayan dan Budisanjaya, I Putu Gede, 2016. Penegmbangan sistem rantai dingin ikan tongkol (*Euthynnus Affini*) segar untuk pedagang ikan keliling. Skripsi Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Bali.
- 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.