

## PENGGUNAAN MATERIAL FASA BERUBAH UNTUK MENJAGA KESEGARAN IKAN

Muhammad Irsyad<sup>1\*</sup>, Choirul Anam<sup>2</sup>, Ahmad Yudi Eka Risano<sup>3</sup>, Amrul<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung,

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro, No.1, Bandar Lampung, Indonesia 35145

\*muhammad.irsyad@eng.unila.ac.id

Diterima: 17 Desember 2020

Direvisi: 11 Februari 2021

Disetujui: 10 Juni 2021

### ABSTRAK

Hasil tangkapan dan panen ikan perlu ditangani dengan baik agar kualitas ikan tetap terjaga. Proses pendinginan dan pembekuan merupakan salah satu cara untuk mempertahankan kesegaran ikan. Proses pendinginan yang umum dilakukan adalah dengan memberi es curah ke dalam box penyimpanan. Penyimpanan dalam kondisi terendam air dapat mengurangi kualitas ikan karena mendukung pertumbuhan bakteri. Penyimpanan dengan metode pendinginan ini perlu dikembangkan sehingga mampu mempertahankan kualitas ikan, seperti penggunaan phase change material (PCM) dalam kemasan. Penelitian ini membandingkan kemampuan pendinginan dan kualitas ikan secara fisik menggunakan es curah, es dalam kemasan dan parafin dalam kemasan sebagai PCM. Ikan yang digunakan dalam pengujian adalah ikan mas. Rasio massa ikan dan PCM adalah 0,5. Pengujian yang dilakukan ada dua bagian yakni pendinginan ikan dan mempertahankan temperatur ikan. Hasil pengujian menunjukkan penggunaan PCM dari air dapat menurunkan temperatur ikan mencapai 5°C, sedangkan penggunaan parafin hanya bisa mencapai 20°C. Waktu untuk mempertahankan temperatur ikan agar tidak melebihi 11°C dengan menggunakan PCM es dapat mencapai 11 jam. Penggunaan es dalam kemasan mampu mempertahankan kualitas ikan dibandingkan dengan es curah. Kualitas fisik ini ditandai dengan warna mata, dan warna insang masih cerah, serta tulang dan daging masih menyatu dengan baik.

**Kata kunci:** pendinginan; ikan; parafin; es; laju pendinginan, energi

### ABSTRACT

Fishes of catches and harvest need to be handled properly so that the quality of the fishes are maintained. The process of cooling and freezing are several way to maintain the freshness of fish. The general cooling process is done by giving ice cube into the storage room. Fishes storage under water in liquid phase can reduce the quality of fish because it support bacterial growth. The fish storage using the cooling method have been need to be developed so that it can maintain the quality of the fish, such as the use of phase change material (PCM) in packaging. This research compared the cooling ability and physical quality of fishes. The fishes used were goldfish. The PCMs used were of two types namely water and paraffin. The mass ratio of fishes and PCMs were 0.5. Tests carried out there were two parts, namely cooling the fishes and maintaining the temperature of the fishes. The test results showed the using of PCMs from water could reduce fish temperature to 5°C while the use of paraffin could only reach 20°C. The time to maintain fishes temperature not exceed 11°C with using ice cubes were 11 hours. The use of ice in packaging could maintain the quality of fishes compared with ice cubes. This physical quality was characterized by eye color, and the color of the gills were still bright, and the pouring and flesh were still well integrated.

**Keywords:** cooling; fish; ice; cooling rate; energy

## PENDAHULUAN

Tiga perempat dari wilayah Indonesia adalah laut dengan luas 5,9 juta km<sup>2</sup> dan panjang garis pantai mencapai 95.161 km (Lasabuda, 2013). Dengan kondisi ini, Indonesia menjadi negara penghasil ikan terbanyak kedua di dunia dengan produksi ikan 6,4 juta ton/tahunnya (Henriksson dkk, 2019). Ada empat provinsi yang potensial mengekspor produk lautnya yakni: Sulawesi Utara, Jawa Tengah, Lampung dan Sumatera Utara (Rachmawati dkk, 2017). Sektor kelautan ini berkontribusi terhadap pendapatan penduduk nasional sebesar 6,06% (Nurkholisa dkk, 2016). Selain ikan laut, Indonesia juga memiliki potensi memproduksi ikan air tawar, karena didukung oleh banyaknya sumber air yang berasal dari sungai dan danau.

Hal yang sangat penting diperhatikan setelah panen biasanya adalah menjaga kesegaran ikan hingga sampai ditangan konsumen. Jarak yang jauh dari pasar atau terlalu lama terpajang di ruang terbuka mengakibatkan terjadi kerusakan pada ikan. Tingkat mutu ikan secara fisik dapat diperlihatkan oleh tingkat kesegaran ikan. Jika tingkat kesegaran ikan tinggi, itu menandakan bahwa kualitas ikan sangat baik atau kondisinya seperti ikan yang masih baru ditangkap dengan parameter bentuk fisik, bau, rasa, dan teksturnya (Bate dan Bendall, 2010). Jika tingkat kesegaran ikan itu rendah maka kualitasnya menjadi berkurang ditandai dengan adanya perubahan fisik atau pembusukan pada ikan. Salah satu faktor yang mempercepat pembusukan ikan adalah temperatur dan kadar air yang tinggi dalam penyimpanan (Abbas dkk, 2009).

Menjaga mutu ikan dilakukan dengan penyimpanan dengan metode pendinginan dan pembekuan (Das dan Ganguly, 2014). Efektifitas dan metode dalam pendinginan ikan telah diperlihatkan dari beberapa hasil penelitian berikut ini. Penambahan es pada penyimpanan ikan dapat mengurangi konsumsi energi sistem refrigerasi (Amiadji dkk, 2017). Penggunaan *blue fins* dalam box penyimpanan ikan untuk mempertahankan temperatur di bawah 0°C (Pudjiastuti dkk, 2015). Penggunaan sistem es kering dari CO<sub>2</sub> bertekanan untuk mendinginkan ruang penyimpanan ikan (Semin dkk, 2011). Pendinginan ruang penyimpanan ikan dengan menggunakan *ice slurry* dari air laut yang

dinginkan pada evaporator mesin pendingin ikan (Pamitran dkk, 2013). Penggunaan box sterofoam yang diisi es batu dapat mengurangi perkembangan populasi mikroba dalam ikan (Rahmanto dan Nurhayati, 2018).

Salah satu upaya untuk menjaga kesegaran ikan dengan pendinginan adalah dengan memberi es pada box penyimpanan ikan, sehingga temperatur ikan dapat terjaga pada temperatur rendah. Penggunaan es curah sebagai media pendingin masih memiliki kekurangan, yakni apabila mencairkan membasahi ikan sehingga mampu melarutkan mineral dan protein pada ikan serta mempercepat proses pembusukan (Kusumah, 2015).

Berdasarkan hal ini perlu ada upaya menjaga kesegaran ikan dengan menyimpan pada temperatur rendah tanpa mengurangi mutu ikan. Penggunaan material fasa berubah dalam wadah atau kemasan merupakan salah satu solusi untuk mengatasi kelemahan es curah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik perpindahan panas dalam box penyimpanan ikan dengan memanfaatkan PCM dalam kemasan sebagai media pendingin untuk menjaga kualitas ikan yang disimpan.

## METODE PENELITIAN

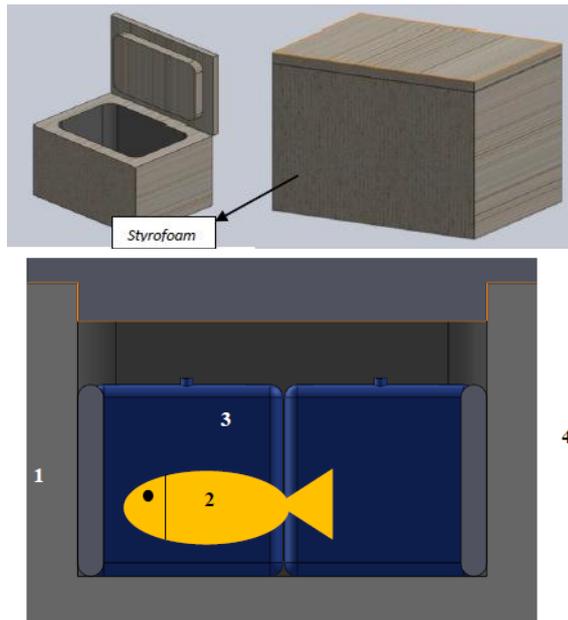
Penelitian ini merupakan kajian eksperimental pendinginan ikan mas menggunakan tiga jenis PCM yakni es curah, es dalam kemasan dan parafin dalam kemasan. Sifat-sifat material diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Sifat-sifat material

| Sifat material                                                                                       | Nilai         | Referensi        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|
| Konduktivitas termal ikan                                                                            | 0,45 (W/m.K)  | Kumbhar, 1981    |
| Temperatur pembekuan parafin (campuran parafin padat dan cair basis massa; dengan perbandingan 2:98) | 16 – 6°C      | Irsyad dkk, 2020 |
| Konduktivitas termal Styrofoam                                                                       | 0,313 (W/m.K) | Shi dkk. 2019    |

Penggunaan air adalah dalam bentuk es baik dalam bentuk curah maupun dalam kemasan. Sedangkan parafin merupakan campuran parafin padat dan cair. Ukuran kemasan adalah 150 mm × 150 mm, dengan

tebal 25 mm dan terbuat dari material plastik. Jumlah kemasan yang digunakan adalah 6 buah. Kemasan dipasang pada dinding box. Box penyimpanan ikan menggunakan material plastik dengan ukuran (p×l×t) adalah: 320 mm × 220 mm × 200 mm atau memiliki volume 14 Liter, seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Box ini juga dilapisi isolasi pada bagian luar yang berbahan styrofoam dengan ketebalan 40 mm.



**Gambar 1.** Box pengujian, serta penempatan kemasan PCM, ikan dan termokopel

Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi dua bagian yakni pengujian pendinginan ikan, dan pengujian mempertahankan temperatur ikan. Pada masing-masing bagian pengujian, PCM yang digunakan adalah es curah, es dalam kemasan dan parafin dalam kemasan. Data yang diambil adalah temperatur di empat titik menggunakan termokopel sebagai sensor dan disimpan pada *thermorecorder* merk Lutron tipe DM1202. Titik-titik penempatan sensor termokopel adalah sebagai berikut: titik pertama terletak pada PCM, titik kedua dalam tubuh ikan, titik ketiga di dalam ruangan cool box, dan titik keempat di luar box untuk mengukur temperatur lingkungan. Rasio massa ikan dan massa PCM adalah 0,5 seperti diperlihatkan pada Tabel 2. Untuk setiap pengujian jumlah ikan yang digunakan adalah satu ekor dengan massa berkisar antara 577 – 671 gram.

**Tabel 2.** Rasio massa PCM dan ikan

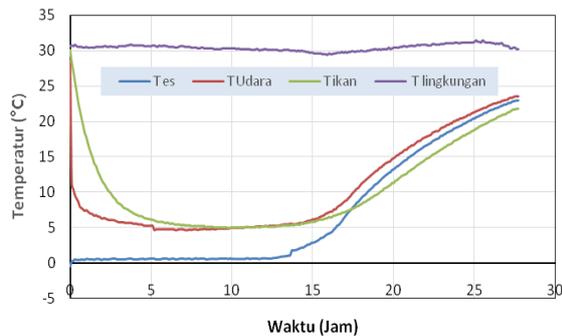
| Jenis PCM                                              | Massa (gram) |       | Rasio massa ikan dan PCM |
|--------------------------------------------------------|--------------|-------|--------------------------|
|                                                        | Ikan         | PCM   |                          |
| Pengujian pendinginan ikan dalam kemasan               |              |       |                          |
| Parafin                                                | 645          | 1.290 | 0,5                      |
| Air es dalam kemasan                                   | 577          | 1.154 | 0,5                      |
| Air es curah                                           | 628,5        | 1.258 | 0,5                      |
| Pengujian mempertahankan temperatur ikan dalam kemasan |              |       |                          |
| Parafin                                                | 612          | 1.224 | 0,5                      |
| Air es dalam kemasan                                   | 671          | 1.342 | 0,5                      |
| Air es curah                                           | 644          | 1.288 | 0,5                      |

Pada pengujian pertama ikan dalam keadaan segar atau baru dimatikan dimasukkan kedalam box yang sudah diberi es curah dengan temperatur awal  $-1^{\circ}\text{C}$ . Temperatur semua titik dicatat sampai temperatur ikan naik kembali menjadi  $20^{\circ}\text{C}$ . Cara yang sama juga dilakukan untuk pengujian menggunakan media pendingin air es dalam kemasan. Sedangkan pada pengujian kedua yakni mempertahankan temperatur ikan, ikan dinginkan terlebih dahulu pada temperatur  $0^{\circ}\text{C}$  kemudian dimasukkan ke dalam box yang sudah diberi es curah dengan temperatur  $-1^{\circ}\text{C}$ . Setiap setelah selesai pengujian, kondisi kesegaran ikan di amati dan difoto bagian ikan yakni: mata, insang dan tekstur dagingnya.

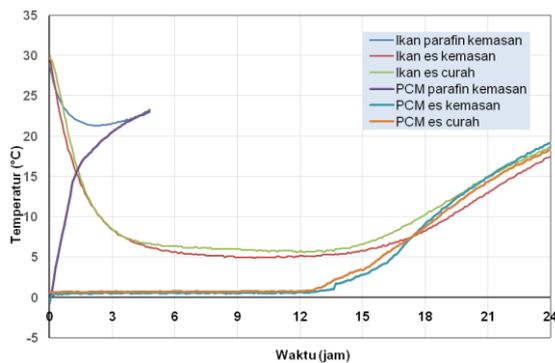
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pendinginan ikan dari kondisi segar sampai mencapai temperatur minimum, kemudian mempertahankan temperatur hingga naik kembali mencapai temperatur  $20^{\circ}\text{C}$  seperti diperlihatkan pada Gambar 2 untuk pengujian menggunakan media pendingin PCM air dalam kemasan. Kalor dilepaskan ikan ke udara ruangan dan dinding yang berasal dari luar ruangan melewati dinding box. Pada Gambar 2 ini terlihat PCM dapat menurunkan temperatur ikan mencapai  $5^{\circ}\text{C}$  dalam waktu 8 jam dan mampu mmperatahkan selama 6 jam. PCM menyerap kalor dengan menggunakan kalor sensibel padat, kalor laten dan kalor sensibel cair. Setelah terjadi perubahan fasa pada PCM

maka terjadi kenaikan temperatur pada PCM, ikan dan ruangan dalam box. Kenaikan ini disebabkan karena kalor tetap masuk dari luar box, sementara jumlah kalor yang dapat diserap oleh PCM mulai terbatas. PCM menggunakan kalor sensibel untuk menyerap kalor tersebut.



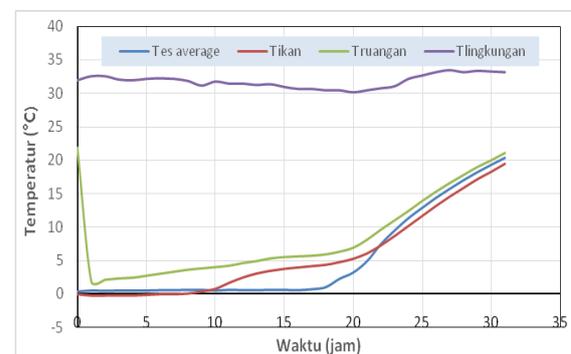
**Gambar 2.** Hasil pengujian pendinginan ikan menggunakan media pendingin es dalam kemasan.



**Gambar 3.** Perbandingan ikan pada proses pendinginan dengan menggunakan 3 jenis media pendingin

Penurunan temperatur ikan lebih cepat terjadi dengan menggunakan es baik dalam kemasan maupun curah dibandingkan dengan PCM dari parafin seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Parafin hanya mampu menurunkan temperatur ikan paling rendah 21,3°C, dengan waktu pendinginan selama 2,1 jam, dan temperatur parafin sudah meningkat dari -1°C menjadi 18,4°C. PCM dari es baik curah maupun dalam kemasan mampu menurunkan temperatur ikan mencapai 10°C dalam waktu 1,5 jam. Es dalam kemasan mampu menurunkan temperatur ikan hingga mencapai 4,9°C dalam waktu 9,8 jam dan temperatur es baru meningkat dari -1°C menjadi 0,55°C. Hal yang tidak jauh berbeda juga diperoleh pada saat penggunaan es curah, yakni: temperatur

ikan terendah diperoleh adalah 5,6°C dalam waktu 12,2 jam dengan temperatur es curah menjadi 0,8°C. Secara umum PCM dari es dapat mempertahankan temperature ikan kurang dari 11°C selama 16 jam, sebagai batasan temperatur penyimpanan ikan untuk penyimpanan selama 1 – 3 hari. PCM parafin hanya dapat digunakan untuk waktu yang lebih singkat yakni 2 – 4 jam. Hal ini disebabkan karena nilai panas latennya lebih kecil dibandingkan es dan range temperatur perubahan fasanya lebih lebar. Perubahan fasa terjadi beriringan dengan kenaikan temperatur parafinnya.

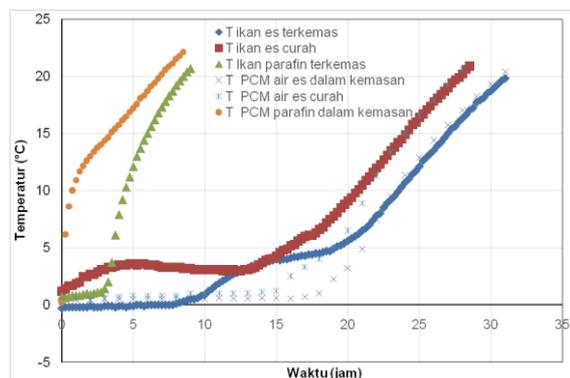


**Gambar 4.** Hasil pengujian mempertahankan temperatur ikan dengan menggunakan jenis media pendingin es dalam kemasan.

Penggunaan es dalam kemasan mampu mempertahankan temperatur ikan yang sudah didinginkan pada temperatur 0°C selama 9 jam dan pada jam ke 20 temperatur ikan baru melebihi 5°C, seperti diperlihatkan pada Gambar 4. PCM ini dapat bertahan pada temperatur perubahan fasanya selama 16 jam. Pada saat temperatur ikan dan PCM sama, PCM mengambil kalor yang ada dalam ruangan dan yang masuk dari luar box melewati dinding dengan menggunakan panas laten. Pada saat yang sama ikan juga ikut mengambil panas dari udara ruangan. Setelah PCM mengalami perubahan fasa maka temperatur ikan cenderung meningkat dengan cepat.

Perbandingan kemampuan PCM dalam mempertahankan temperatur ikan yang sudah didinginkan pada temperatur 0°C terlihat pada Gambar 5. Penggunaan parafin masih mampu mempertahankan temperatur ikan kurang dari 4°C selama 3 jam, dan setelah itu terjadi kenaikan temperatur yang relatif cepat. Untuk mencapai temperatur ikan 20°C dari

temperatur awal diperlukan waktu 9 jam. Sedangkan penggunaan air es baik curah maupun kemasan dapat mempertahankan ikan pada temperatur rendah lebih lama yakni 14,5 jam dengan temperatur ikan kurang atau sama dengan 4°C. Untuk mencapai temperatur ikan 20°C dari kondisi awal adalah 31 jam untuk es dalam kemasan dan 28 jam untuk es curah. PCM parafin lebih cepat naik temperaturnya dibandingkan dengan ikan karena temperatur leleh berada di atas 5°C. Pada ikan dengan temperatur 0°C, air dalam tubuh ikan juga ikut membeku sehingga proses penyerapan kalor melibatkan panas laten. Sedangkan pada PCM es baik curah maupun dalam kemasan temperatur PCM relatif lebih rendah dibandingkan dengan temperatur ikan khususnya ditemperatur rendah karena melibatkan kalor laten pada temperatur 0°C.



**Gambar 5.** Perbandingan kemampuan PCM mempertahankan temperatur ikan.

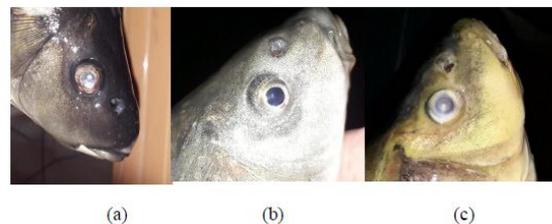
**Tabel 3.** Laju pendinginan ikan

| Media pendingin       | Ikan   |                     |                     |        |             |
|-----------------------|--------|---------------------|---------------------|--------|-------------|
|                       | m (gr) | T <sub>o</sub> (°C) | T <sub>i</sub> (°C) | Q (kJ) | Q̇ (kJ/jam) |
| Parafin dalam kemasan | 645    | 28,9                | 21,3                | 24,98  | 11,90       |
| Air es dalam kemasan  | 557    | 30,1                | 12,2                | 50,81  | 24,20       |
| Air es curah          | 628,5  | 29,7                | 11,3                | 58,93  | 28,06       |

Proses pendinginan ikan lebih cepat terjadi ketika menggunakan es curah seperti diperlihatkan pada Tabel 3. Hal ini disebabkan oleh proses pendinginan secara langsung antara air es dan ikan serta es dengan udara.

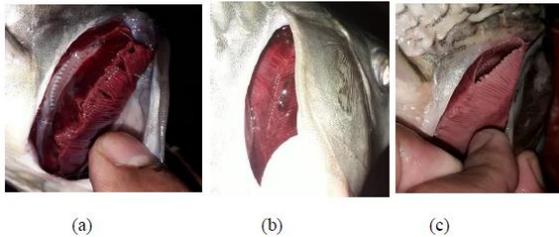
Penggunaan kemasan untuk es sedikit mengurangi laju pendinginan ikan karena perpindahan panas harus melewati material kemasan yakni dari plastik HDPE. Sedangkan penggunaan parafin menghasilkan laju pendinginan yang jauh lebih rendah. Hal ini disebabkan karena konduktivitas termal parafin yang lebih rendah dibandingkan air, dan range temperatur perubahan fasa yang besar yakni 5 – 15°C sehingga kenaikan temperatur parafin lebih cepat. Hal ini mengakibatkan perbedaan temperatur ikan dan parafin semakin berkurang.

Kualitas ikan secara fisik dari hasil pengujian oleh mata, insang dan dagingnya. Mata ikan hasil pendinginan menggunakan parafin masih kelihatan hitam namun waktu penyimpanannya tidak terlalu lama yakni 3 jam. Mata ikan yang didinginkan menggunakan air es dalam kemasan tidak mengalami perubahan setelah penyimpanan selama 26 jam. Sedangkan penggunaan air es curah mengakibatkan mata ikan memutih setelah didinginkan 25 jam. Bentuk fisik mata ikan setelah didinginkan terlihat pada Gambar 6.



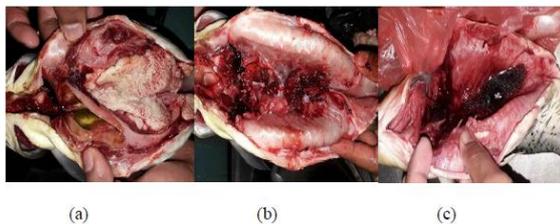
**Gambar 6.** Mata ikan setelah pendinginan dengan media pendingina (a) parfin dalam kemasan (b) es dalam kemasan (c) es curah

Tingkat kesegaran ikan hasil pendinginan yang diperlihatkan oleh insang menunjukkan penggunaan es dalam kemasan lebih baik dibandingkan dengan pendinginan es curah, seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Insang ikan masih merah segar dibandingkan didinginkan dengan es curah yang telah berubah menjadi pucat. Insang ikan pada pendinginan menggunakan parafin masih merah segar namun waktu pendinginan yang bisa dilakukan pendek yakni 3 jam, sehingga cocok untuk penyimpanan sementara.



**Gambar 7.** Kondisi insang ikan setelah pendinginan menggunakan media pendingin: (a) parfin dalam kemasan; (b) es dalam kemasan; (c) es curah.

Dari tekstur daging ikan, pendinginan menggunakan es dalam kemasan menunjukkan daging masih padat dan tulangnya masih melekat dalam daging. Sedangkan hasil pendinginan menggunakan es curah menunjukkan daging sudah mulai lembut dan tulang mudah terlepas dari dagingnya. Dari dua kondisi ini terlihat ikan dengan pendinginan menggunakan es kemasan lebih segar dibandingkan dengan es curah. Penggunaan parafin kemasan juga menghasilkan tingkat kesegaran ikan yang baik yang diperlihatkan oleh daging yang masih adas dan tulang tidak mudah lepas namun waktu pendinginannya pendek. Kondisi daging ikan setelah pendinginan diperlihatkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Tekstur daging ikan setelah didinginkan menggunakan media pendingin: a) parafin dalam kemasan (b) es dalam kemasan (c) es curah

## KESIMPULAN

Penggunaan parafin sebagai media pendingin cocok untuk waktu yang pendek yakni sampai 3 jam. Es dapat mendinginkan ikan sampai temperatur 5°C dan dapat mempertahankan temperatur di bawah 11°C selama 16 jam. Es dalam kemasan dapat mempertahankan kualitas ikan lebih bagus dibandingkan es curah dengan laju pendinginan 24,2 kJ/jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas K.A., Saleh A.M., Mohamed A., & Lasekan O. (2009). The relationship between water activity and fish spoilage during cold storage: A review. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(3&4) 86–90.
- Amiadji, Jadmiko E., & Prasetyo Y.N.A. (2017). Efficiency Analysis of Additions of Ice Flake in Cargo Hold Cooling System of Fishing Vessel. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 1(3) 196–203
- Bate, E.C and Bendall, J.R. (2010). Changes in fish muscle after death. *British Medical Bulletin*, (12): 2305.
- Das P.K., and Ganguly S. (2014). Chilling and freezing techniques for fish preservation and maintenance of quality parameters: A Review. *Ind. J. Sci. Res. and Tech.* 2(6) 3–5.
- Henriksson, P.J.G., Banks, L.K., Suri, S.K., Pratiwi, T.Y., Fatan, N.A., & Troell, M. (2019). Indonesian aquaculture futures—identifying interventions for reducing environmental impacts. *Environmental Research Letters*, 14, 124062.
- Irsyad M., Tobing N.A.H.L., Susila M.D. (2020). Pemanfaatan Material Fasa Berubah untuk Mempertahankan Kesegaran Sayuran. *Turbo*, Vol.9. No.2.
- Kusumah P.A. (2015). Performance of Different Ice-Forms Melting Process. *Journal of Marine Fisheries*, 6(1) 97–108.
- Lasubada, R. (2013). Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan Dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(2) 92–101.
- Nurkholisa, Nuryadin D., Syaifudin N., Handikae R., Setyobudi R.H., & Udjiyanto D.W. (2016). The Economic of Marine Sector in Indonesia, *Aquatic Procedia*. 7, 181–186
- Pamitran A.S., Ardiansyah H.D., & Novviali M. (2013). Characteristics of Sea-water Ice Slurry for Cooling of Fish. *Applied Mechanics and Materials*, 388 123–127.
- Pudjiastuti W., Listyarini A., & Riyanto A. (2015). Application of phase change materials (PCMs) to preserve the

- freshness of seafood products. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 37(1) 61–66.
- Rachmawati L., Mursinto D., & Istifadah L. (2017). Fishery's Potential in Indonesia. *International Journal of Humanities and Social Science Invention*, 6(2) 58–64.
- Rahmanto D.E. & Nurhayati N. (2018). Increasing of fish quality using ice-sterof foam container for paseban fisherman at Jember Regency East Java, Indonesia, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 207 012037
- Semin, Baheramsyah A., Amiadji & Ismail A.R. (2011). Effect of Dry Ice Application in Fish Hold of Fishing Boaton the Fish Quality and Fisherman Income. *American Journal of Applied Sciences*, 8(12) 1263 –1267.
- Shi J., Liu Y., Liu B., & Han D. (2019). Temperature Effect on the Thermal Conductivity of Expanded Polystyrene Foamed Concrete: Experimental Investigation and Model Correction. *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol. 2019.

