

## PERFORMA PELELEHAN ES PADA BENTUK ES YANG BERBEDA

### *Performance of Different Ice-Forms Melting Process*

Oleh:

Aprilia Putri Kusumah<sup>1\*</sup>, Yopi Novita<sup>2</sup>, Deni A. Soeboer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alumni Program Sarjana Departemen Pemanfaatan Sumber daya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

<sup>2</sup> Departemen Pemanfaatan Sumber daya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

\* Korespondensi: [yopi1516@gmail.com](mailto:yopi1516@gmail.com)

Diterima: 30 Januari 2015; Disetujui: 10 April 2015

### ABSTRACT

*Ice as a cooling medium in the handling of fresh fish is widely used. Information about the rate of temperature change and the rate of melting of ice in the fish storage box is not available. Therefore, this research needs to be conducted to determine the ability of different forms of ice to decrease the temperature of the ice box where they are placed. The objectives of this research are to calculate the rate of ice melting and the rate of temperature change in the box that contains the bulk ice and crushed ice, and compare the ability of bulk ice and crushed ice to cool temperature inside the storage box fish. Experimental method was applied in this research, which data collection consisted of a total volume of ice melted and the temperature in the box per unit time. The research results showed that the bulk ice has the ability to cool the space they occupy much faster when compared with crushed ice. In addition, bulk ice melt faster when compared with crushed ice.*

**Keywords:** *ice, the rate of melting of ice, the rate of temperature change*

### ABSTRAK

Penggunaan es sebagai media pendinginan dalam penanganan ikan segar merupakan yang paling umum digunakan. Informasi tentang laju perubahan suhu dan laju pelelehan es di dalam boks penyimpanan ikan belum tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan es dalam bentuk yang berbeda untuk menurunkan suhu boks dimana es tersebut ditempatkan. Tujuan penelitian ini adalah menghitung laju pelelehan es dan laju perubahan suhu di dalam boks yang berisi es curah dan es hancuran serta membandingkan kemampuan es curah dan es hancuran untuk mendinginkan suhu di dalam boks tempat penyimpanan ikan. Pengambilan data dilakukan terhadap jumlah volume lelehan es dan suhu di dalam boks per satuan waktu dengan menggunakan metode *experimental*. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa es curah memiliki kemampuan untuk mendinginkan ruang yang ditempatinya lebih cepat jika dibandingkan dengan es hancuran. Selain itu, es curah lebih cepat meleleh jika dibandingkan dengan es hancuran.

**Kata kunci:** es, laju pelelehan es, laju perubahan suhu

## PENDAHULUAN

Peningkatan permintaan akan ikan segar sangat perlu diiringi dengan peningkatan kualitas hasil tangkapan. Unit penangkapan yang paling berperan dalam menjaga kualitas hasil tangkapan adalah kapal. Pada kapal terdapat tempat penyimpanan ikan yang dilengkapi dengan pendingin untuk menurunkan suhu ikan sekaligus mempertahankan kualitasnya (Ilyas 1983). Akan tetapi umumnya nelayan Indonesia terutama nelayan skala kecil, hanya menggunakan boks yang terbuat dari bahan *fibreglass* sebagai tempat untuk menyimpan ikan hasil tangkapan. Ikan disimpan di dalam boks tersebut bersama es dengan tujuan agar daging ikan tetap terjaga kesegarannya. Keberhasilan sistem pendinginan ikan yang biasa digunakan oleh nelayan tradisional, sangat ditentukan oleh jumlah es yang dibawa dan jumlah ikan yang akan didinginkan. Sehingga perlu diketahui rasio jumlah es terhadap jumlah ikan yang efektif sehingga proses pendinginan ikan dapat terjadi secara maksimal. Oleh karena itu, pada tahap awal perlu diketahui laju pelelehan es dan suhu yang dihasilkan oleh es tersebut. Semakin tinggi suhu, semakin cepat bakteri berkembang biak pada daging ikan sebagai media sekaligus sebagai makanannya (Ilyas 1972).

Es yang digunakan oleh nelayan di Indonesia pada umumnya adalah dalam bentuk *bulk ice* dan *crushed ice*. Kedua es tersebut memiliki perbedaan dari segi ukuran, dimana *bulk ice* memiliki ukuran yang lebih kecil jika dibandingkan dengan *crushed ice*. Oleh karena itu, luas permukaan *bulk ice* lebih kecil jika dibandingkan dengan *crushed ice*. Perbedaan tersebut diduga akan menyebabkan kedua jenis es tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dalam kemampuannya untuk menurunkan suhu di dalam suatu ruang. Kemampuan es untuk menurunkan suhu suatu ruang sangat menentukan tingkat keberhasilan es tersebut untuk menjaga suhu dingin pada ikan yang disimpan di dalam tempat penyimpanan ikan. Kemampuan tersebut akan terlihat dari laju perubahan suhu ruang akibat keberadaan es di dalam ruangan tersebut serta laju pelelehan es tersebut. Informasi ini sangat berguna untuk memprediksi jumlah es yang optimal dibutuhkan untuk mendinginkan ikan di dalam suatu ruang.

Berdasarkan pemaparan di atas maka penelitian terhadap performa pelelehan es perlu dilakukan agar dapat diketahui jumlah es yang sesuai dengan kebutuhan untuk mendinginkan hasil tangkapan. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini untuk menghitung laju pelelehan es dan

laju perubahan suhu di dalam boks yang berisi es curah (es A); menghitung laju pelelehan es dan laju perubahan suhu di dalam boks yang berisi es hancuran (es B); dan membandingkan kemampuan es curah (es A) dan es hancuran (es B) dalam mendinginkan suhu di dalam boks *fiber*.

## METODE

Penelitian ini bersifat *eksperimental* dan dilaksanakan pada bulan Februari 2014 sampai dengan Maret 2014 di Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman, Muara Baru, Jakarta. Jenis data yang dikumpulkan terdiri dari: 1) Volume lelehan es; dan 2) Suhu di dalam boks penyimpanan ikan. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah es curai, yang terdiri dari dua jenis yaitu: 1) Es curah (*bulk ice*) berukuran 5 x 5 x 2 mm : jenis A (Gambar 1a); 2) Es hancuran (*crushed ice*) berukuran 4 x 4 x 2 cm: jenis B (Gambar 1b).

Eksperimen dilakukan dengan cara memasukkan es A dan B masing-masing ke dalam boks *fiberglass* berinsulasi berukuran 89.5 x 56 x 53 cm dengan tebal 2 cm yang berbeda (Gambar 2). Boks yang digunakan dalam eksperimen adalah boks yang biasa digunakan oleh nelayan tradisional. Pada saat eksperimen dilakukan, boks tertutup rapat sehingga tidak ada aliran udara yang masuk atau keluar boks. Eksperimen dilakukan di dalam sebuah ruangan dengan tujuan agar suhu di luar boks tidak berfluktuasi, sehingga apabila ada perubahan suhu di dalam boks dapat dipastikan tidak dipengaruhi oleh perubahan suhu di luar boks. Pemantauan suhu ruangan dilakukan dengan menggunakan thermometer ruang.

Boks *fiberglass* yang digunakan dalam percobaan dimodifikasi yaitu di bagian bawah dibuat lubang kecil untuk mengalirkan air hasil lelehan es di dalam boks selama eksperimen berlangsung. Selain itu, di bagian dalam boks, dasar boks diberikan lapisan dasar tambahan yang diatur sedemikian rupa agar air lelehan es dapat langsung mengalir ke arah lubang yang terdapat di bawah boks.

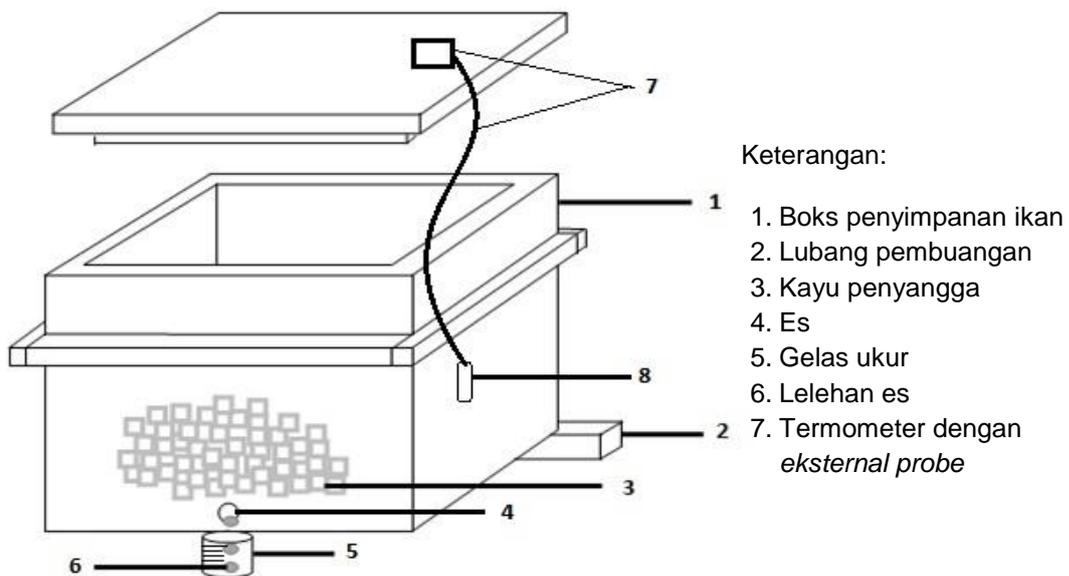
Selama eksperimen, suhu di dalam boks diukur menggunakan thermometer dengan eksternal *probe*. Untuk mengukur banyaknya lelehan es yang dihasilkan, di bawah lubang di bagian luar disiapkan gelas ukur dan waktu diukur dengan menggunakan *stopwatch*. Susunan alat yang digunakan selama eksperimen disajikan pada Gambar 3.



(Sumber : Dokumentasi pribadi)  
 Gambar 1 Jenis es: (a) Es curah; (b) Es hancuran



Gambar 2. Boks penyimpanan ikan



Gambar 3 Rancangan alat yang digunakan dalam penelitian

Selanjutnya pengambilan data dilakukan terhadap jumlah volume lelehan dan suhu di dalam boks per satuan waktu. Kedua data tersebut diambil dalam waktu yang bersamaan. Pengambilan data volume lelehan es dan suhu di dalam boks dilakukan setiap 30 menit selama 7 jam. Pelaksanaan eksperimen dilakukan pada pukul 10:00 sampai 17:00 WIB setiap harinya. Penetapan waktu ini berdasarkan pra eksperimen dimana suhu ruangan stabil pada rentang waktu tersebut.

Kedua es A dan B masing-masing ditimbang beratnya, sehingga diperoleh berat yang sama untuk masing-masing es tersebut yaitu 48,15 kg. Penentuan jumlah es yang digunakan adalah berdasarkan nilai *stowage factor* jika ikan disimpan dengan cara curah yaitu 0,5 ton/m<sup>3</sup>. Volume boks penyimpanan ikan yang digunakan dalam kajian adalah 0,1926 m<sup>3</sup>, sehingga dengan nilai *stowage factor* 0,5 ton/m<sup>3</sup> diperkirakan boks tersebut akan mampu menyimpan sekitar 0,0963 ton muatan (ikan dan es). Menurut Yunizal dan Wibowo (1998), perbandingan ideal antara jumlah es dan ikan untuk mempertahankan suhunya adalah 1:1, sehingga diestimasi jumlah es yang digunakan dalam sistem penyimpanan *bulk* di dalam boks tersebut adalah 48,15 kg. Pengambilan data dilakukan dalam tiga kali ulangan terhadap kedua jenis es dan dilakukan secara bersamaan.

Pengolahan data dilakukan dengan cara menghitung laju pelelehan es dan laju perubahan suhu setiap 30 menit pada fase pendinginan, fase stabil dan fase peningkatan suhu. Hasilnya kemudian disajikan kedalam grafik dengan urutan lamanya pengamatan sebagai sumbu x, volume pelelehan es dan suhu sebagai sumbu y. Perbedaan jenis es terhadap laju perubahan suhu dan laju pelelehan es dianalisis dengan menggunakan analisis statistik dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Es jenis A (es curah) dan B (es hancuran) memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda. Ditinjau dari bentuknya, es curah (es A) memiliki luas permukaan yang lebih kecil dan tidak memiliki bentuk siku yang tajam. Adapun es hancuran (es B) memiliki luas permukaan yang lebih besar dan memiliki bentuk siku yang tajam. Untuk mengkaji performa kedua es tersebut dalam proses pendinginan suhu di dalam boks, maka akan dilakukan pengamatan terhadap laju penurunan suhu dan laju pelelehan es dari kedua jenis es tersebut.

## Pengaruh Jenis Es terhadap Laju Penurunan Suhu di dalam Boks

Kajian terhadap pengaruh es terhadap laju penurunan suhu di dalam boks dilakukan dengan mengamati penurunan suhu yang terjadi setiap 30 menit. Sebagaimana disampaikan dalam metode, rasio antara volume es dengan volume boks yang diperoleh dalam eksperimen adalah 0,0812 m<sup>3</sup>:0,1926 m<sup>3</sup> atau 1:2,4. Artinya setiap 1 m<sup>3</sup> volume es menempati volume boks sebesar 2,4 m<sup>3</sup>. Penetapan volume es tersebut adalah berdasarkan perhitungan *stowage factor* es sebagaimana disampaikan dalam metode. Pada Gambar 4 disajikan hasil pengamatan terhadap perubahan suhu di dalam boks selama pengamatan. Selama pengamatan, suhu di luar boks (suhu ruang) cenderung stabil yaitu berkisar antara 30°C-31°C. Pada Tabel 1 disajikan rangkuman data waktu dan laju penurunan suhu yang terjadi pada kedua boks yang masing-masing berisi es A dan es B.

Berdasarkan pola grafik yang tertera pada Gambar 4, terlihat bahwa pola grafik laju perubahan suhu terbagi dalam tiga kecenderungan, baik pada boks berisi es A maupun es B. Ketiga kecenderungan tersebut adalah yaitu garis yang cenderung menurun curam, garis yang cenderung horizontal dan garis yang cenderung meningkat. Fenomena tersebut menggambarkan grafik laju perubahan suhu dibagi menjadi tiga fase, yaitu :

- 1) Fase pendinginan yang ditandai dengan bentuk garis yang cenderung menurun curam. Fase pendinginan yang dimaksud adalah fase dimana proses penurunan suhu terjadi secara drastis di dalam boks.
- 2) Fase stabil yang ditandai dengan bentuk garis yang cenderung horizontal. Fase stabil yang dimaksud adalah fase dimana suhu di dalam boks cenderung tidak mengalami perubahan yang signifikan.
- 3) Fase peningkatan suhu yang ditandai dengan garis yang cenderung mulai naik. Fase peningkatan suhu yang dimaksud adalah fase dimana suhu di dalam boks mulai secara perlahan meningkat setelah fase stabil. Kondisi ini diduga karena volume es pada fase ini mulai berkurang sehingga suhu di dalam boks kembali berubah naik.

Penurunan suhu yang drastis pada fase pendinginan ini diduga karena terdapat perbedaan yg besar antara suhu boks dengan suhu es di awal pengamatan. Es akan menyerap ka-

lor dari boks sehingga suhu boks akan sama atau mendekati suhu es sendiri. Proses penyerapan kalor ini berlangsung sangat cepat, mengingat salah satu kelebihan es yang dikemukakan oleh Ilyas (1972) yaitu es mempunyai kesanggupan pendinginan yang sangat besar, dimana 1 kg es dapat menyerap sejumlah besar panas yaitu sebesar 80 kkal. Oleh karena itu, pada menit-menit awal pengamatan terjadi penurunan suhu yang drastis. Pada akhir fase, penurunan suhu tidak drastis lagi bahkan cenderung mulai konstan, diduga karena suhu di dalam boks hampir setara dengan suhu es. Kondisi ini sesuai dengan fenomena proses pendinginan yang dikemukakan oleh Afrianto dan Liviawaty (1989), yaitu pendinginan adalah proses pengambilan panas dari suatu ruangan yang terbatas untuk menurunkan dan mempertahankan suhu di ruangan tersebut bersama isinya agar selalu lebih rendah dari pada suhu diluar ruangan.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa profil laju perubahan suhu di dalam masing-masing boks yang berisi es A dan es B memiliki pola yang sama. Perbedaannya hanyalah terletak pada lamanya waktu tiap fase serta laju penurunan suhu tiap fase. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa es A mengalami fase pendinginan dimulai dari menit ke-0 hingga menit ke-30 (selama 30 menit). Pada fase pendinginan, laju penurunan suhu di dalam boks berisi es A yaitu sebesar  $0,632^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ , artinya dalam setiap menit es A mampu menurunkan suhu di dalam boks sebesar  $0,632^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya fase stabil terjadi mulai pada menit ke-30 sampai dengan menit ke-180 (150 menit), dimana es A menghasilkan laju perubahan suhu di dalam boks sebesar  $0,001^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ . Kemudian mulai pada menit ke-180 hingga menit ke-420 (akhir pengamatan), mulai terjadi fase peningkatan suhu (selama 240 menit), dimana es A menghasilkan laju peningkatan suhu di dalam boks sebesar  $0,003^{\circ}\text{C}$  per menit.

Suhu di dalam boks yang berisi es A pada awal pengukuran, menit ke-0 yaitu sebesar  $25,7^{\circ}\text{C}$ . Es A hanya membutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk mendinginkan suhu di dalam boks hingga mencapai suhu  $6,8^{\circ}\text{C}$ . Penurunan suhu yang terjadi selama fase pendinginan adalah sebesar  $18,9^{\circ}\text{C}$ . Pada fase peningkatan suhu, suhu di dalam boks yang berisi es A mengalami peningkatan suhu mulai dari  $7^{\circ}\text{C}$  hingga  $7,8^{\circ}\text{C}$  (meningkat  $0,8^{\circ}\text{C}$ ) selama 240 menit. Akan tetapi, selama 7 jam pengamatan, diketahui bahwa laju penurunan suhu di dalam boks yang disebabkan oleh keberadaan es A adalah sebesar  $0,043^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ .

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa es B mengalami fase pendinginan dimulai dari menit ke-0 hingga menit ke-60 (selama 60 menit). Pada fase pendinginan, laju penurunan suhu di dalam boks berisi es B yaitu sebesar  $0,353^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ , artinya dalam setiap menit es B mampu menurunkan suhu di dalam boks sebesar  $0,353^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya fase stabil terjadi mulai pada menit ke-60 sampai dengan menit ke-210 (150 menit), dimana es B menghasilkan laju perubahan suhu di dalam boks sebesar  $0,0^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ . Kemudian mulai pada menit ke-210 hingga menit ke-420 (akhir pengamatan), mulai terjadi fase peningkatan suhu (selama 210 menit), dimana es B menghasilkan laju peningkatan suhu di dalam boks sebesar  $0,003^{\circ}\text{C}$  per menit.

Suhu di dalam boks yang berisi es B pada awal pengukuran, menit ke-0 yaitu sebesar  $26,4^{\circ}\text{C}$ . Es B hanya membutuhkan waktu sekitar 60 menit untuk mendinginkan suhu di dalam boks hingga mencapai suhu  $5,1^{\circ}\text{C}$ . Penurunan suhu yang terjadi selama fase pendinginan adalah sebesar  $21,4^{\circ}\text{C}$ . Pada fase peningkatan suhu, suhu di dalam boks yang berisi es B mengalami peningkatan suhu mulai dari  $5,1^{\circ}\text{C}$  hingga  $5,9^{\circ}\text{C}$  (meningkat  $0,8^{\circ}\text{C}$ ) selama 210 menit. Akan tetapi, selama 7 jam pengamatan, diketahui bahwa laju perubahan suhu di dalam boks yang disebabkan oleh keberadaan es B adalah sebesar  $0,049^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ .

Sebagaimana telah disampaikan sebelumnya, bahwa pola laju penurunan suhu di dalam boks yang disebabkan oleh keberadaan es A atau es B (Gambar 4) memiliki kesamaan. Perbedaan yang ada adalah terletak pada suhu dan lamanya waktu terjadinya tiap fase. Pada perlakuan es A, fase pendinginan terjadi lebih cepat jika dibandingkan pada perlakuan es B, yaitu lebih cepat 30 menit. Penurunan suhu selama fase pendinginan pada perlakuan es A mencapai suhu  $6,8^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada perlakuan es B pada menit ke-30 sudah mencapai suhu  $5,4^{\circ}\text{C}$ . Fase pendinginan pada perlakuan es B terjadi hingga suhu  $5,1^{\circ}\text{C}$ , dimana suhu tersebut lebih dingin  $1,7^{\circ}\text{C}$  jika dibandingkan dengan perlakuan es A.

Laju penurunan suhu yang terjadi di dalam boks yang berisi es A dan es B selama fase pendinginan terdapat perbedaan, laju penurunan suhu rata-rata es A lebih cepat dibandingkan dengan es B. Berdasarkan lamanya waktu, terlihat bahwa fase pendinginan yang terjadi di dalam boks yang berisi es A lebih singkat jika dibandingkan dengan fase pendinginan yang terjadi di dalam boks yang berisi es B. Kondisi ini menunjukkan bahwa ke-

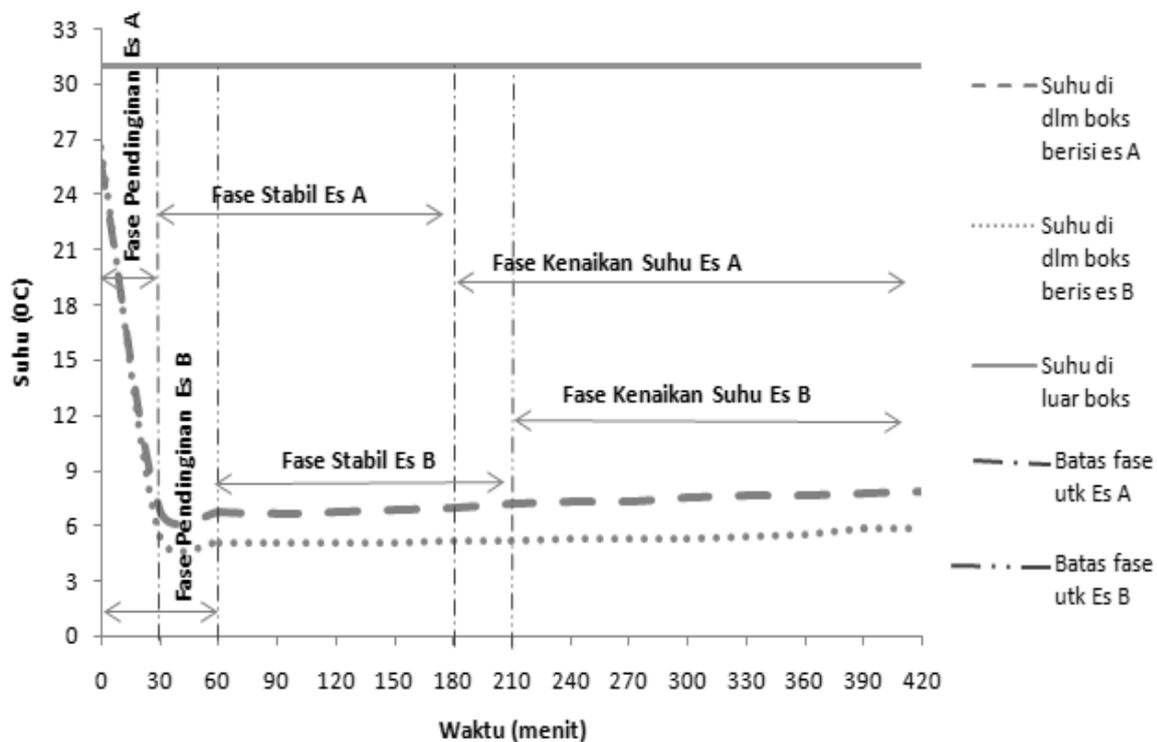
mampuan es A mendinginkan suhu di dalam boks lebih cepat dibandingkan es B. Hal ini menunjukkan bahwa es dengan ukuran lebih kecil (jenis A) memiliki kemampuan menurunkan suhu lebih cepat sehingga lebih efektif untuk mendinginkan boks. Fenomena ini seperti yang disebutkan oleh Irianto dan Giyatmi (2009) bahwa ukuran kepingan es yang semakin kecil dapat menyebabkan proses pendinginan menjadi lebih cepat.

Lamanya waktu yang terjadi selama fase stabil baik pada perlakuan es A maupun es B, relatif sama yaitu 150 menit. Hanya saja suhu yang terjadi selama fase stabil pada perlakuan es A rata-rata terjadi pada suhu 6,8 °C, sedangkan pada perlakuan es B rata-rata terjadi pada suhu 5,1°C. Kondisi ini menunjukkan bahwa es B mengakibatkan suhu pada fase stabil lebih dingin jika dibandingkan es A, yaitu sekitar 1,7°C lebih dingin.

Fase peningkatan suhu pada perlakuan es A terjadi lebih cepat jika dibandingkan pada perlakuan es B, yaitu lebih cepat 30 menit. Dimana fase peningkatan suhu pada perlakuan es A terjadi pada menit ke-180 sedangkan pada perlakuan es B terjadi pada menit ke-210. Akan tetapi peningkatan suhu yang terjadi baik pada perlakuan es A maupun es B memiliki nilai yang sama yaitu 0,003°C per menit. Berda-

sarkan nilai laju perubahan suhu secara keseluruhan baik pada perlakuan es A maupun es B menunjukkan bahwa laju perubahan es A maupun es B tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, dimana perbedaannya hanya sebesar 0,046°C per menit selama 420 menit (7 jam). Secara rinci, data tentang lamanya waktu tiap fase, suhu dan laju penurunan suhu tiap jenis es dalam setiap fase, disajikan pada Tabel 1.

Hasil uji statistik terhadap nilai perubahan suhu pada fase pendinginan, fase stabil, dan fase peningkatan suhu dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), menyatakan bahwa nilai  $F_{hit} > F_{tabel}$ . Nilai  $F_{hit}$  sebesar 36,125 dan  $F_{tabel}$  sebesar 7,7086 pada fase pendinginan. Nilai  $F_{hit}$  sebesar 97,95 dan  $F_{tabel}$  sebesar 7,7086 pada fase stabil. Nilai  $F_{hit}$  sebesar 115,69 dan  $F_{tabel}$  sebesar 7,7086 pada fase peningkatan suhu. Artinya jenis es A dan B memberikan perbedaan yang signifikan terhadap laju perubahan suhu. Selain itu, berdasarkan hasil uji statistik terhadap perbedaan suhu pada fase pendinginan, fase stabil, dan fase peningkatan suhu antar perlakuan (es A dan es B) berbeda nyata. Suhu lingkungan relatif konstan sepanjang penelitian berlangsung, sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan suhu yang terjadi di dalam boks disebabkan oleh keberadaan es itu sendiri.



Gambar 4 Laju perubahan suhu di dalam boks berisi es A dan es B

Tabel 1 Suhu dan laju perubahan suhu di dalam boks berisi es A dan es B

Fase	Es A				Es B			
	Menit ke-	Waktu (menit)	Suhu ( $^{\circ}$ C)	Laju Perubahan suhu ( $^{\circ}$ C/menit)	Menit ke-	Waktu (menit)	Suhu ( $^{\circ}$ C)	Laju perubahan suhu ( $^{\circ}$ C/menit)
Pendinginan	0 - 30	30	25.7-6.8	-0.632	0 - 60	60	26.4-5.1	-0.353
Stabil	30 - 180	150	6.8 (rata-rata)	0.001	60 - 210	150	5.1 (rata-rata)	0.000
Peningkatan suhu	180 -420	240	7-7.8	0.003	210 - 420	210	5.9	0.003

### Pengaruh Jenis Es terhadap Laju Pelelehan Es

Selanjutnya kajian dilakukan untuk melihat laju pelelehan es yang terjadi pada es A dan es B. Laju pelelehan es dilihat dari banyaknya volume air hasil lelehan es per satuan waktu yang tertampung di dalam gelas ukur yang terpasang di luar boks. Pelelehan es adalah proses perubahan bentuk air dari bentuk padat (es) menjadi air. Proses ini terjadi karena terdapat perbedaan suhu antara es dengan sekitarnya. Laju pelelehan es akan dibahas berdasarkan 3 fase laju penurunan suhu; yaitu fase pendinginan, fase stabil dan fase peningkatan suhu. Pada Gambar 5 disajikan grafik laju pelelehan es A yang diintegrasikan dengan grafik laju penurunan suhu.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa laju pelelehan es terus meningkat selama pengamatan. Pada fase pendinginan selama 30', dimana penurunan suhu mencapai 18,9  $^{\circ}$ C, terjadi pelelehan es sebanyak 590 ml dengan laju pelelehan es sebesar 19,678 ml/menit. Pada fase stabil selama 150', dimana suhu stabil pada 6,8 $^{\circ}$ C, terjadi pelelehan es sebanyak 2.142 ml dengan laju pelelehan es sebesar 7,882 ml/menit. Adapun pada fase peningkatan suhu selama 240', dimana terjadi peningkatan suhu sebesar 0,8 $^{\circ}$ C, terjadi pelelehan es sebanyak 4.781 ml dengan laju pelelehan es sebesar 9,713 ml/menit. Secara rinci, data volume dan laju pelelehan es A disajikan pada Tabel 2.

Selanjutnya fase stabil terjadi mulai pada menit ke-30 sampai dengan menit ke-180. Pada fase stabil, perubahan suhu yang terjadi tidak signifikan atau konstan. Volume lelehan es yang dihasilkan selama fase stabil yaitu sebesar 2.142 ml, dimana laju pelelehan es yang terjadi cenderung konstan yaitu sebesar 7.882 ml/menit, artinya dalam setiap menit es A menghasilkan lelehan es sebesar 7.882 ml pada fase stabil. Pada fase peningkatan suhu, suhu di dalam boks yang berisi es A mengalami peningkatan suhu sebesar 0,8 $^{\circ}$ C selama 240

menit. Hal ini diikuti dengan kenaikan volume lelehan es, yaitu sebesar 4781 ml. Kenaikan volume pelelehan es ini ditandai oleh kenaikan laju pelelehan es yaitu sebesar 9.713ml/menit, artinya dalam setiap menit es A menghasilkan lelehan es sebesar 9.713 ml pada fase peningkatan suhu. Akan tetapi, selama 7 jam pengamatan, diketahui bahwa laju pelelehan es A keseluruhan yaitu sebesar 9.979 ml/menit.

Suhu di dalam boks yang berisi es B pada awal pengukuran, menit ke-0 yaitu sebesar 26,5 $^{\circ}$ C. Penurunan suhu yang terjadi selama fase pendinginan (dimulai dari menit ke-0 hingga menit ke-60) adalah sebesar 21,4 $^{\circ}$ C. Hal ini diikuti oleh volume pelelehan es yang besar. Tabel 3 memperlihatkan bahwa volume lelehan es A yang dihasilkan selama fase pendinginan yaitu 851 ml, dengan laju pelelehan es sebesar 14.178 ml/menit, artinya dalam setiap menit es A menghasilkan lelehan es sebesar 14.178 ml pada fase pendinginan. Pada Tabel 3 disajikan rangkuman data waktu, volume lelehan es dan laju pelelehan es B.

Selanjutnya fase stabil terjadi mulai pada menit ke-30 sampai dengan menit ke-180. Pada fase stabil, perubahan suhu yang terjadi tidak signifikan atau konstan. Volume lelehan es yang dihasilkan selama fase stabil yaitu sebesar 2.102 ml, dimana laju pelelehan es yang terjadi cenderung konstan yaitu sebesar 6.602 ml/menit, artinya dalam setiap menit es A menghasilkan lelehan es sebesar 6.602 ml pada fase stabil. Pada fase peningkatan suhu, suhu di dalam boks yang berisi es A mengalami peningkatan suhu sebesar 0,8 $^{\circ}$ C selama 210 menit. Hal ini diikuti dengan kenaikan volume lelehan es, yaitu sebesar 3.939 ml. Kenaikan volume pelelehan es ini ditandai oleh kenaikan laju pelelehan es yaitu sebesar 7.521 ml/menit, artinya dalam setiap menit es A menghasilkan lelehan es sebesar 7.521ml pada fase peningkatan suhu. Akan tetapi, selama 7 jam pengamatan, diketahui bahwa laju pelelehan es A keseluruhan yaitu sebesar 8.236 ml/menit. Kedua kondisi perlakuan es yaitu jenis A dan

jenis B menunjukkan bahwa pada awal pengamatan atau pada fase pendinginan terjadi penurunan suhu yang drastis. Hal ini dikarenakan es menyerap kalor dari boks untuk mendinginkan suhu boks sampai keadaan stabil, kemudian suhu akan menurun dengan cepat sampai suhu boks (dingin) sama atau mendekati suhu es. Fenomena ini dikuti oleh laju pelelehan yang tinggi baik pada perlakuan es A maupun es B. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar perbedaan dan perubahan suhu, maka semakin besar laju pelelehan es.

Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Adawyah (2008) bahwa dalam proses pendinginan, terjadi perpindahan panas dari boks kepada es. Boks dengan suhu relatif lebih tinggi akan melepaskan sejumlah energi panas dan es menerima atau menyerap panas tersebut. Dengan demikian, suhu boks akan menurun dan sebaliknya es akan meleleh karena terjadi peningkatan suhu. Proses pemindahan panas ini akan terhenti apabila suhu di dalam boks telah mencapai atau mendekati dengan suhu es. Jika jumlah es yang digunakan dalam proses pendinginan masih cukup banyak, maka sisa es yang belum meleleh akan digunakan untuk mempertahankan suhu boks.

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju pelelehan es diantaranya adalah jenis material boks, rasio volume boks dan jumlah es, dan frekuensi membuka dan menutup penutup boks. Menurut Junianto (2003), faktor lain yang mempengaruhi perbedaan pada suhu di dalam boks penyimpanan yang berisi es dan ikan adalah jumlah es yang digunakan, teknik pendinginan ikan, ukuran ikan dan kondisi fisik ikan, lama pemberian es, ukuran dan jenis wadah yang digunakan. Selain itu, pendinginan ikan dengan es dipengaruhi juga oleh tempat, jenis ikan dan tujuan pendinginan (Adawyah 2008).

Gambar 7 memperlihatkan bahwa volume pelelehan baik pada es A maupun B memiliki kemiripan pola sehingga dibagi menjadi tiga fase. Fase pendinginan ditandai dengan bentuk garis yang mulai naik dengan curam, fase stabil ditandai dengan bentuk garis yang naik dengan cenderung landai, dan fase peningkatan suhu ditandai dengan garis yang cenderung mulai naik sedikit lebih curam dibandingkan dengan fase stabil. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa fase pendinginan pada es A berlangsung selama 30 menit (dimulai dari menit ke-0 hingga menit ke-30) yang menghasilkan volume pelelehan sebesar 590 ml. Selanjutnya fase stabil berlangsung selama 150 menit (dimulai dari menit ke-30 hingga menit ke-180) yang menghasilkan volume pelelehan sebesar 2142 ml. Kemudian mulai pada menit ke-180 hingga

menit ke-420 (akhir pengamatan), mulai terjadi fase peningkatan suhu (selama 240 menit), dimana menghasilkan volume pelelehan sebesar 4.781 ml.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa fase pendinginan pada es B berlangsung selama 30 menit (dimulai dari menit ke-0 hingga menit ke-60) yang menghasilkan volume pelelehan sebesar 851 ml. Selanjutnya fase stabil berlangsung selama 150 menit (dimulai dari menit ke-60 hingga menit ke-210) yang menghasilkan volume pelelehan sebesar 2.102 ml. Kemudian mulai pada menit ke-210 hingga menit ke-420 (akhir pengamatan), mulai terjadi fase peningkatan suhu (selama 210 menit), dimana menghasilkan volume pelelehan sebesar 3.939 ml.

Sebagaimana telah disampaikan sebelumnya, bahwa pola grafik pelelehan baik pada es A maupun es B memiliki kemiripan. Perbedaan yang ada adalah terletak pada jumlah volume lelehan es dan lamanya waktu terjadinya tiap fase. Pada perlakuan es A, fase pendinginan terjadi lebih cepat jika dibandingkan pada perlakuan es B, yaitu lebih cepat 30 menit. Jumlah volume pelelehan es selama fase pendinginan pada perlakuan es A sebesar 590 ml, sedangkan jumlah volume pelelehan yang dihasilkan pada perlakuan es B pada menit ke-30 sebesar 477 ml. Jumlah volume pelelehan es B yang dihasilkan pada fase pendinginan (selama 60 menit) sebesar 851 ml, dimana volume tersebut lebih besar 261 ml jika dibandingkan dengan perlakuan es A. Volume pelelehan es B lebih besar dibandingkan dengan es A pada fase pendinginan, hal ini dikarenakan terdapat perbedaan waktu dimana fase pendinginan yang terjadi pada es A lebih singkat dibandingkan dengan fase pendinginan yang terjadi pada es B. Namun, laju pelelehan rata-rata es A lebih besar dibandingkan dengan es B. Kondisi ini menunjukkan bahwa es A meleleh lebih cepat dibandingkan es B. Hal ini disebabkan karena es A memiliki ukuran yg lebih kecil dan menempati ruangan dengan luas permukaan yang lebih besar, sehingga kemampuan es A untuk menyerap kalor akan semakin besar. Menyerap kalor akan menyebabkan es mencair, karena kalor yang dapat diserap oleh es A tersebut besar sehingga pelelehan es A akan semakin besar pula.

Es yang ditempatkan dalam boks, sebagian es tersebut akan meleleh untuk mendinginkan boks dan sisanya akan meleleh untuk mempertahankan suhu boks tersebut agar tetap stabil. Pada fase stabil, grafik baik es A maupun B seperti terlihat pada Gambar 7 menunjukkan bahwa kenaikan volume lelehan es yang dihasilkan cenderung konstan ditandai

dengan garis grafik yang naik namun cenderung landai. Laju pelelehan es pada es A lebih besar namun tidak berbeda jauh dengan laju pelelehan es B, apabila dibandingkan dengan pada fase pendinginan. Laju pelelehan es A yaitu sebesar 7.882ml/menit dan laju pelelehan es B sebesar 6.602ml/menit.

Fase peningkatan suhu pada perlakuan es B berlangsung lebih cepat jika dibandingkan pada perlakuan es A, yaitu lebih cepat 30 menit. Dimana fase peningkatan suhu pada perlakuan es A terjadi selama 240 menit, sedangkan pada perlakuan es B terjadi selama 210 menit. Sehingga volume pelelehan es A lebih besar dibandingkan dengan volume pelelehan es B. Laju pelelehan es A pun lebih besar dibandingkan dengan laju pelelehan es B. Laju pelelehan es A yaitu sebesar 9.713ml/menit dan laju pelelehan es B sebesar 7.521ml/menit. Berdasarkan nilai laju pelelehan es secara keseluruhan baik pada perlakuan es A maupun es B menunjukkan bahwa laju pelelehan es A maupun es B tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, dimana perbedaannya hanya sebesar 1.743ml per menit selama 420 menit (7 jam).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Amiruddin (2012), jumlah volume lelehan es yang dihasilkan setelah 8 jam pengamatan adalah sebesar 73 ml. Adapun menurut penelitian yang dilakukan oleh Kurniawati (2004), jumlah volume es yang meleleh setiap jam adalah sebesar 7.069ml. Hal ini berbeda apabila dibandingkan dengan hasil kajian, dimana volume lelehan es yang dihasilkan selama 7 jam pengamatan pada es A sebesar 4.781ml dan es B sebesar 3.939ml. Terjadinya perbedaan ini diduga disebabkan karena pada penelitian

Amiruddin (2012) menggunakan boks berinsulasi *polyurethane* (densitas 30kg/m<sup>3</sup>) dengan kapasitas volume yang lebih kecil (20dm<sup>3</sup>), sehingga volume lelehan es yang dihasilkan lebih kecil. Sedangkan pada penelitian Kurniawati (2004) menggunakan palka yang berinsulasi *polyurethane*, dimana dipengaruhi oleh suhu lingkungan yang berfluktuasi.

Hasil uji statistik terhadap nilai laju pelelehan es pada fase pendinginan dengan menggunakan analisis rancangan acak lengkap (RAL), menyatakan bahwa nilai  $F_{hit} > F_{tabel}$ . Nilai  $F_{hit}$  sebesar 16,01 dan  $F_{tabel}$  sebesar 7,7086 pada fase pendinginan. Hipotesis ini menyatakan bahwa tolak  $H_0$  dan terima  $H_1$ , artinya terdapat pengaruh laju pelelehan es terhadap es A pada fase pendinginan. Adapun pada fase stabil dan pada fase peningkatan suhu didapatkan nilai  $F_{hit} < F_{tabel}$ , artinya tidak terdapat pengaruh laju pelelehan es terhadap es A pada fase stabil dan fase peningkatan suhu. Nilai  $F_{hit}$  sebesar 1,9515 dan  $F_{tabel}$  sebesar 7,7086 pada fase stabil. Nilai  $F_{hit}$  sebesar 0,9977 dan  $F_{tabel}$  sebesar 7,7086 pada fase peningkatan suhu.

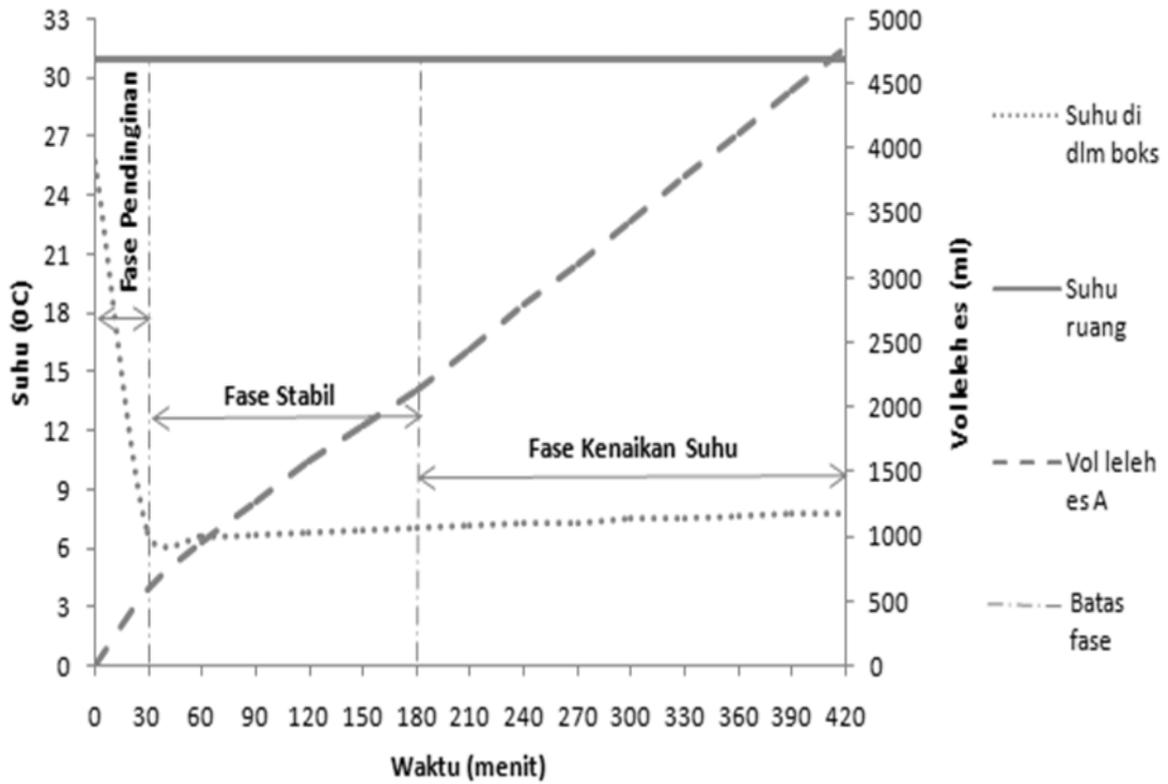
Analisis statistik menunjukkan bahwa nilai *P-value* pada fase pendinginan lebih kecil dari 0,05 ( $P-value < 0,05$ ), dimana nilai *P-value* sebesar 0,0159. Artinya adalah laju pelelehan es pada fase pendinginan antar perlakuan (es A dan es B) berbeda nyata. Adapun pada fase stabil dan fase peningkatan suhu nilai *P-value* lebih besar dari 0,05 ( $P-value > 0,05$ ), artinya laju pelelehan es pada fase stabil dan fase peningkatan suhu antar perlakuan (es A dan es B) tidak berbeda nyata. Nilai *P-value* sebesar 0,2349 pada fase stabil dan nilai *P-value* sebesar 0,3744 pada fase peningkatan suhu.

Tabel 2 Volume dan laju pelelehan es A

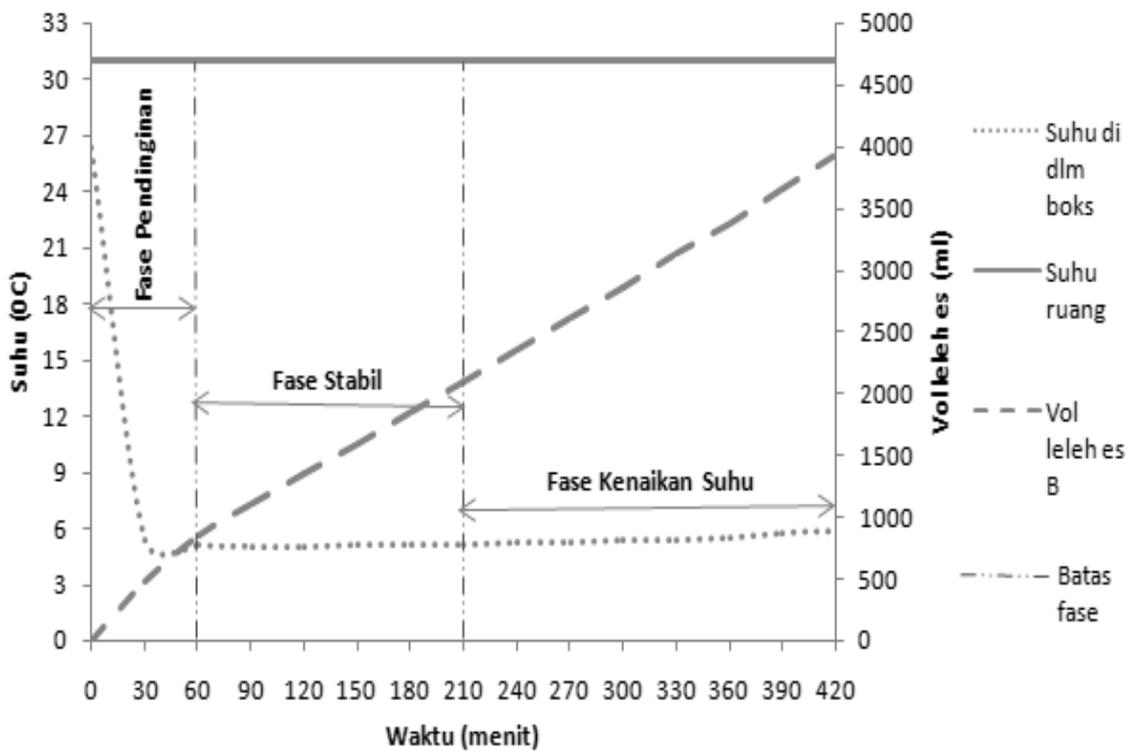
Es A			
Fase	Menit ke-	Volume lelehan es (ml)	Laju pelelehan es (ml/menit)
Pendinginan	0 – 30	590	19,678
Stabil	30 – 180	2.142	7,882
Peningkatan suhu	180- 420	4.781	9,713

Tabel 3 Volume dan laju pelelehan es B

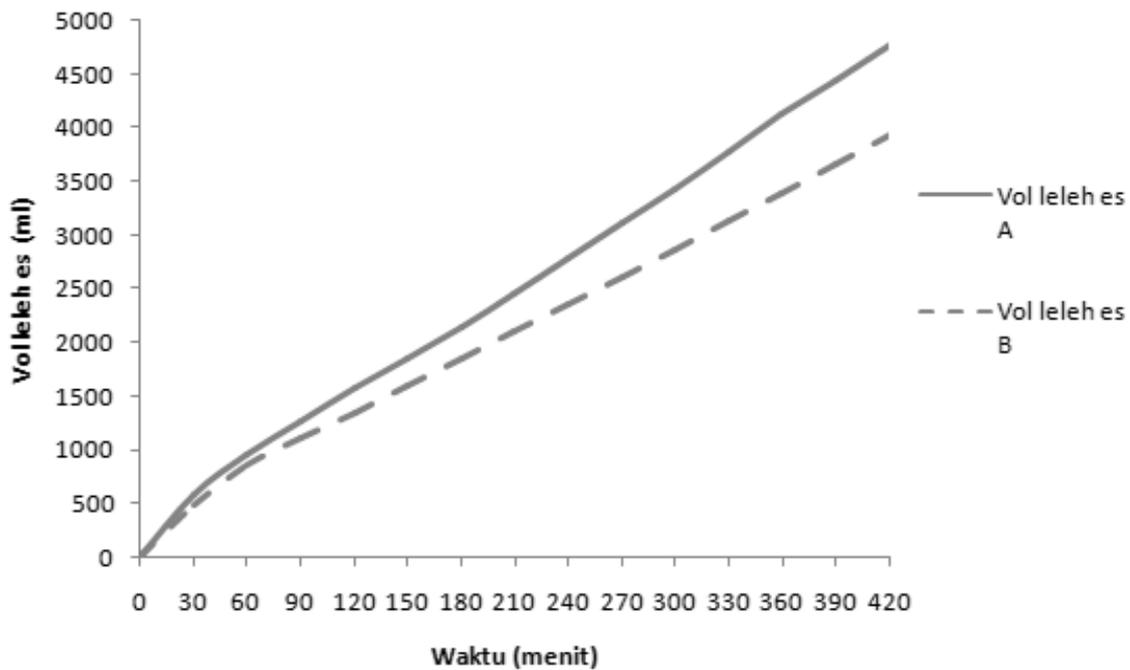
Es B			
Fase	Menit ke-	Volume lelehan es (ml)	Laju pelelehan es (ml/menit)
Pendinginan	0-60	851	14.178
Stabil	60-210	2102	6.602
Peningkatan suhu	210-420	3939	7.521



Gambar 5 Hubungan perubahan suhu terhadap laju pelelehan es A



Gambar 6 Hubungan penurunan suhu terhadap laju pelelehan es B



Gambar 7 Volume pelelehan es A dan es B

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Es jenis curah (es A) memiliki laju perubahan suhu dan laju pelelehan es masing-masing sebesar  $-0,632^{\circ}\text{C}/\text{menit}$  dan  $19,7 \text{ ml}/\text{menit}$  pada fase pendinginan, pada fase stabil sebesar  $0,001^{\circ}\text{C}/\text{menit}$  dan  $7,9 \text{ ml}/\text{menit}$ , dan pada fase kenaikan suhu sebesar  $0,003^{\circ}\text{C}/\text{menit}$  dan  $9,7 \text{ ml}/\text{menit}$ .

Es jenis hancuran (es B) memiliki laju perubahan suhu dan laju pelelehan es masing-masing sebesar  $-0,353^{\circ}\text{C}/\text{menit}$  dan  $14,2 \text{ ml}/\text{menit}$  pada fase pendinginan, pada fase stabil sebesar  $0^{\circ}\text{C}/\text{menit}$  dan  $6,6 \text{ ml}/\text{menit}$ , dan pada fase kenaikan suhu sebesar  $0,003^{\circ}\text{C}/\text{menit}$  dan  $7,5 \text{ ml}/\text{menit}$ .

Es jenis curah (es A) memiliki kemampuan untuk mendinginkan ruang yang ditempatinya lebih cepat jika dibandingkan dengan es jenis hancuran (es B). Selain itu, es jenis curah (es A) lebih cepat meleleh jika dibandingkan dengan es jenis hancuran (es B).

### Saran

Es perlu ditambahkan ke dalam boks setelah 3 jam untuk penggunaan *bulk ice* dan setelah 3,5 jam untuk penggunaan *crushed ice*. Sehingga nelayan tidak perlu menggunakan

semua es yang dibawanya secara bersamaan untuk mendinginkan hasil tangkapan.

Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang laju pelelehan es dan laju perubahan suhu dengan perlakuan pemaparan boks dibawah sinar matahari langsung (pada kondisi sebenarnya diatas kapal) dan pada boks yang berisi ikan dan es.

Perlu kajian tentang aplikasi jenis-jenis es di lapangan dari aspek sosial dan ekonomi, karena masih ada permasalahan tentang persepsi penggunaan jenis-jenis es.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adawyah R. 2008. *Pengolahan dan Pengawetan Ikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Afrianto E, Liviawaty E. 1989. *Pengawetan dan Pengolahan Ikan*. Yogyakarta: Kansius.
- Amiruddin W. 2012. Efisiensi Teknis Penggunaan Bahan *Polyurethane* sebagai Insulasi Palka Kapal Ikan. [Disertasi]. Bogor: Program Studi Pemanfaatan Sumber daya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan. 1997. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.

- Ilyas S. 1972. Peranan Es dalam Industri Perikanan. Jakarta: Direktorat Jendral Perikanan
- Ilyas S. 1983. *Teknologi Refrigasi Hasil Perikanan*. Jakarta: CV. Paripurna.
- Irianto HE, Giyatmi S. 2009. *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan Edisi 2*. Jakarta: Universitas Terbuka
- Junianto. 2003. *Teknik Penanganan Ikan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Moeljanto. 1992. *Pengawetan dan Pengolahan Hasil Perikanan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kurniawati VR. 2004. Konstruksi dan Perhitungan Beban Panas pada Palka Kapal Purse Seine di Pekalongan (Contoh pada KM. Duta Mulia) [skripsi]. Bogor: Program Studi Pemanfaatan Sumber daya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Sinaga GV, Rosyid A, Wibowo BA. 2013. Optimalisasi Tingkat Pemanfaatan Fasilitas Dasar dan Fungsional di pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta dalam Menunjang Kegiatan Penangkapan Ikan. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*. 2(1): 43-55.
- Yunizal, Wibowo S. 1998. *Penanganan Ikan Segar*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan.