

## KAJI KAPASITAS PENDINGINAN IKAN DENGAN MENGGUNAKAN ES DALAM KEMASAN PLASTIK

**Rikhard Ufie<sup>1)</sup>, Roy R. Lekatompessy<sup>2)</sup>, Zico Marlissa<sup>3)</sup>**

e-mail: <sup>1)</sup>[rikhardufie@fatek.unpatti.co.id](mailto:rikhardufie@fatek.unpatti.co.id)

<sup>1, 3)</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Ambon

### ABSTRAK

Kaji eksperimental ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan massa es dan ikan terhadap karakteristik perubahan suhu penyimpanan ikan dalam coolbox.; kapasitas pendinginan ikan; besar massa es yang tersisa pada akhir proses penyimpanan. Sesuai hasil penelitian yang dilakukan diperoleh bahwa semakin meningkatnya massa es yaitu untuk perbandingan massa ikan dan es sebesar 3:1, 2:1, 1:1, maka akan semakin meningkat laju pendinginan yakni sebesar, 0,061; 0,062 dan 0,123 °C/menit, semakin rendah suhu pendinginan ikan yang dapat dicapai, yaitu untuk perbandingan 3:1, 2:1, 1:1 diperoleh sebesar, 6 °C, 4,5°C dan 0,4°C, dan semakin rendah pula suhu akhir penyimpanan yang dapat dipertahankan yakni sebesar, 19 °C, 14°C, dan 7°C. Diketahui pula bahwa terdapat perbedaan kapasitas pendinginan dengan semakin meningkatnya massa es, pada perbandingan massa ikan dan masing-masing sebesar 3:1, 2:1, dan 1:1 yakni sebesar 500.320 J; 590.300 J dan 517.851 J pada proses pendinginan dari suhu awal hingga suhu terendah dan sebesar 500,320 J; 590,300 J; dan 517,851 J, sedangkan massa es yang tersisa pada akhir proses penyimpanan untuk perbandingan massa ikan sebesar 3:1, 2:1, dan 1:1 adalah sebesar 0,04543 kg, 0,0505 kg, dan 0,8336 kg

**Kata kunci:** pendinginan ikan, coolbox, es dalam kemasan plastik,

### PENDAHULUAN

Ikan termasuk produk yang akan membusuk jika dibiarkan terus pada suhu lingkungan tanpa proses pendinginan. Pada penanganan ikan segar (*fresh fish*) ikan hasil tangkapan didinginkan di atas suhu beku, sedangkan pada penanganan ikan beku (*frozen fish*) ikan didinginkan hingga berada di bawah suhu beku.

Cara pendinginan sederhana yang umumnya ditempuh pada proses penanganan ikan segar yakni menggunakan bongkahan es. Selain sederhana, dengan cara ini suhu ikan dapat diturunkan tetapi tetap berada di atas suhu beku. Ikan yang diawetkan dengan demikian tidak akan mengalami proses pembekuan.

Pendinginan ikan segar selama proses pengiriman ikan dengan pesawat udara, juga dilakukan dengan penggunaan es. Ikan disimpan di dalam coolbox dan didinginkan dengan es dalam kemasan plastik dengan maksud agar air yang berasal dari pencairan es tetap tertampung dalam plastik sehingga tidak membasahi tubuh ikan maupun menggenangi coolbox.

Oleh karena coolbox yang digunakan berukuran tertentu, maka proses pendinginan akan tergantung pada perbandingan massa ikan dan es yang digunakan.

Melalui penelitian ini hendak diketahui: (1) pengaruh perbandingan massa es dan ikan terhadap

karakteristik perubahan suhu penyimpanan ikan dalam coolbox.; (2) pengaruh perbandingan massa es dan ikan terhadap kapasitas pendinginan ikan; (3) besar massa es yang tersisa pada akhir proses penyimpanan.

### KAJIAN TEORI DAN METODOLOGI

#### 1. Perhitungan Beban pendinginan ikan

Kalor sensibel yang harus dipindahkan untuk mendinginkan ikan dari suhu awal ke suhu penyimpanan, dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_f = m_f c_p (T_{f1} - T_{f2}) \quad (1)$$

dimana:

$Q_f$  = kalor sensibel ikan yang harus dipindahkan, kJ

$m_f$  = massa ikan, kg

$c_p$  = kalor spesifik ikan di atas pembekuan, kJ/(kg. K)

$T_{f1}$  = suhu awal ikan, °C

$T_{f2}$  = suhu penyimpanan ikan, 0°C

Beban pendinginan ikan yang dinyatakan dalam laju perpindahan panas selanjutnya dapat dihitung dengan persamaan:

$$q_f = \frac{Q_f}{3600 \times n_f} \quad (2)$$

dimana:

$q_f$  = beban pendinginan ikan, kW

$n_f$  = selang waktu pendinginan ikan, jam.

## 2. Perhitungan Beban Transmisi

Beban transmisi kalor yang dinyatakan dalam laju aliran kalor melalui dinding *coolbox*, dapat dihitung dengan persamaan:

$$q_{trans} = U A U T \quad (3)$$

dimana:

$q_{trans}$  = laju transmisi kalor melalui dinding *coolbox* kW

$A$  = luas bidang perpindahan panas, m<sup>2</sup>

$UT$  = beda antara suhu udara luar dan suhu di Dalam *coolbox*, °C

$U$  = koefisien perpindahan kalor menyeluruh dari dinding komposit yang dihitung dengan persamaan :

$$U = \frac{1}{1/f_o + \sum_{i=1}^n x_i/k_i + 1/h_i} \quad (4)$$

di mana:

$f_o$  = konduktivitas film dinding luar, W/(m<sup>2</sup>K)

$x_i$  = tebal lapisan ke  $i$ , m

$k_i$  = konduktivitas lapisan ke  $i$ , W/(mK)

$h_i$  = koefisien perpindahan panas konveksi dinding dalam, W/(m<sup>2</sup>K)

## 3. Perhitungan Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan pada *cold box* tergantung pada jumlah kalor yang dibutuhkan untuk pemanasan dan peleburan es dari suhu awalnya hingga suhu air yang terbentuk, yang dapat dihitung dari persamaan:

$$Q_{ice} = m_{ice} [c_{il}(T_{il} - T_f) + h_{sf} + c_{i2}(T_f - T_{w2})] \quad (5)$$

dimana:

$Q_w$  = kalor sensibel air laut yang dipindahkan, kJ

$m_w$  = massa air laut, kg

$c_{il}$  = kalor spesifik es di bawah pembekuan, kJ/(kg.K)

$c_{i2}$  = kalor spesifik es di atas pembekuan, kJ/(kg.K)

$T_{il}$  = suhu awal es, °C

$T_f$  = suhu peleburan es, °C

$T_{if}$  = suhu akhir air yang terbentuk, °C

Kapasitas pendinginan oleh es yang dinyatakan dalam laju perpindahan kalor selanjutnya dapat dihitung dengan persamaan:

$$q_{ice} = \frac{Q_{ice}}{3600 \times t} \quad (6)$$

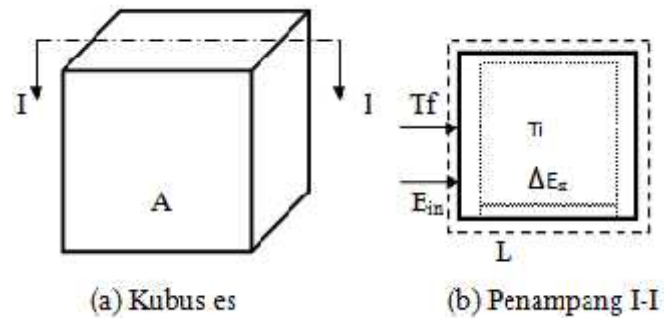
dimana:

$q_{ice}$  = laju perpindahan kalor pada es, kW

$t$  = waktu peleburan/pencairan es, jam.

## 4. Fenomena Peleburan Es (*ice melting*)

Fenomena peleburan es dapat didekati menurut skema pendekatan massa atur (*control massa*) sesuai Gambar 1.



Gambar 1. Skema Massa Atur proses Peleburan Es

Sesuai Hukum I Termodinamika, jumlah energi masuk = jumlah energi yang tersimpan, sehingga dapat diperoleh persamaan:

$$E_{in} = \Delta E_{st} \quad (7)$$

$$q_{in} \cdot dt = [cp(T_i - T_f) + h_{sf}] \cdot dm_{ice} \quad (8)$$

atau

$$q_{in} = \frac{dm_{ice}}{dt} [cp(T_i - T_f) + h_{sf}] \quad (9)$$

dimana

$q_{in}$  = laju perpindahan kalor memasuki volume atur, W

$m$  = massa es, kg

$t_m$  = waktu peleburan es, s

$cp$  = kalor spesifik es di bawah titik beku, kJ/(kgK)

$T_i$  = suhu dalam es, °C

$T_f$  = suhu peleburan es, °C

$h_{sf}$  = kalor laten peleburan es, kJ/kg

Ruas kanan Persamaan (9) menunjukkan besar laju perpindahan kalor dari lingkungan yang hendak didinginkan sedangkan ruas kiri Persamaan (9) menunjukkan laju peleburan es.

## 2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *coolbox* berupa kotak *stereofoam* berukuran (51 x 42 x 31) cm<sup>3</sup> dengan tebal dinding 3 cm sebanyak 3 buah. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer digital yang dihubungkan dengan termokopel tipe K dan *switchchannel*, sedangkan bahan yang digunakan yaitu ikan jenis cakalang (*Katsuwonus pelamis*) sebanyak 12 ekor dan es batangan dalam kemasan plastik yang ditimbang dengan perbandingan massa ikan dan masaa es sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Massa Ikan dan Es

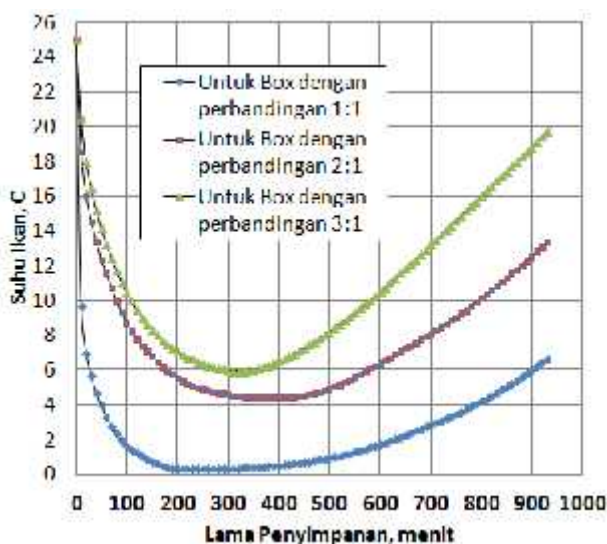
Perbandingan	ikan (kg)	es (kg)
(1:1)	3,8030	3,8028
(2:1)	4,6010	2,3000
(3:1)	4,4210	1,4690
Jumlah	12,8250	7,5718

Ikan yang telah dicuci ditimbang dan dimasukkan masing-masing ke dalam *coolbox* yang tersedia. Es batangan dalam kemasan plastik ditimbang dan dimasukkan ke dalam *coolbox* yang tersedia. Termokopel dipasang pada tubuh ikan, ruang dalam dan lingkungan *coolbox* dan dihubungkan dengan termometer digital melalui switchchannel. *Coolbox* yang telah terisi ikan dan es ditutup kedap dengan menggunakan "selotipe". Suhu tubuh ikan, ruang dalam dan lingkungan *coolbox* dicatat setiap selang waktu 10 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Karakteristik Perubahan Suhu Penyimpanan

Karakteristik perubahan suhu penyimpanan ikan dalam *coolbox* ditunjukkan pada Gambar 3. Pengukuran dilakukan untuk ketiga *coolbox* dengan perbandingan masa es dan massa ikan masing-masing sebesar 1:1; 2:1 dan 3:1 selama 930 menit (15,5 jam).



Gambar 2. Grafik karakteristik perubahan suhu penyimpanan ikan

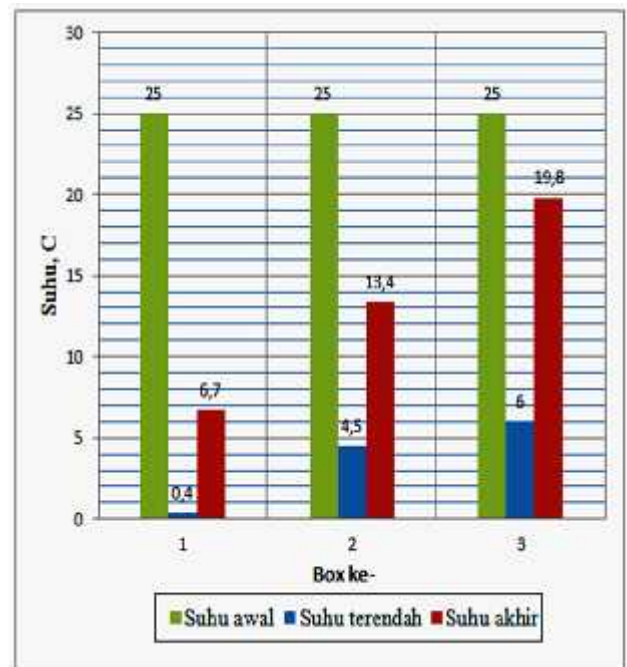
Terlihat bahwa pada proses pendinginan dengan perbandingan massa ikan dan es 1:1 terjadi penurunan suhu ikan yang lebih cepat dan juga dapat dicapai suhu akhir pendinginan yang lebih rendah dibanding proses pendinginan dengan perbandingan massa ikan dan es sebesar 2:1 maupun 3:1. Suhu penyimpanan terendah ini pun terlihat dapat dipertahankan lebih lama sebelum suhu ikan

kembali bergerak naik. Para proses pendinginan dengan perbandingan ikan dan es sebesar 1:1 ini, suhu akhir penyimpanan juga terlihat lebih rendah.

Besar laju penurunan suhu, temperatur terendah, laju peningkatan kembali suhu ikan, dan suhu akhir penyimpanan untuk ketiga perbandingan ditunjukkan pada Tabel 2. dan juga Gambar 2.

Tabel 2. Besar dan Laju Penurunan Suhu Ikan selama Penyimpanan

Besaran	Perbandingan masa ikan dan massa es			Satuan
	1:1	2:1	3:1	
Suhu awal ikan	25	25	25	C
Suhu terendah ikan	0,4	4,5	6	C
Lama penurunan suhu	190	330	310	menit
Laju penurunan suhu rata-rata	0,129	0,062	0,061	C/menit
Suhu akhir Penyimpanan	6,7	13,4	19,8	C
Lama kenaikan suhu	740	600	620	menit
Laju kenaikan suhu rata-rata	0,0085	0,0148	0,0223	C/menit



Gambar 2. Suhu awal, suhu terendah dan suhu akhir penyimpanan pada tiap *coolbox*.

Laju pendinginan, suhu penyimpanan terendah maupun suhu akhir penyimpanan dengan demikian sangat tergantung pada massa es yang tersedia. Semakin besar massa es yang digunakan dibanding massa ikan yang hendak didinginkan, semakin besar



laju pendinginan ikan, semakin rendah suhu penyimpanan yang dapat dicapai, semakin lama suhu terendah dapat dipertahankan, semakin lambat kenaikan kembali suhu ikan dan semakin rendah suhu akhir penyimpanan ikan.

## 2. Kapasitas Pendinginan

Hasil perhitungan kapasitas pendinginan pada proses pendinginan ikan dari suhu awal hingga suhu terendah ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan pada proses kenaikan kembali suhu ikan dari suhu terendah hingga suhu akhir penyimpanan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kapasitas Pendinginan pada proses pendinginan ikan dari suhu awal hingga suhu terendah

No.	Besaran	Perbandingan massa ikan: massa es			Satuan
		1:1	2:1	3:1	
1	Massa ikan, mf	3,8030	4,6010	4,4210	kg
2	Kalor spesifik ikan	3.180	3.180	3.180	J/(kg.C)
3	Suhu awal ikan	25	25	25	C
4	Suhu terendah ikan	0,4	4,5	6	C
5	Kalor total ikan, Qf	297.50	299.9	267.1	J
6	Suhu lingkungan	27,7	27,0	27,0	C
7	Suhu coolbox	13,02	14,94	15,92	C
8	Koefisien perpindahan panas total, U	1,156	1,156	1,156	W/m2.C
9	Luas permukaan perpindahan panas, A	1,0515	1,0515	1,0515	m2
10	Laju kalor transmisi, qtrans	17,791	14,665	13,480	W (=J/s)
11	Lama pendinginan, Δt	190	330	310	menit
12	Kalor transmisi total, Qtrans	202.82	290.36	250.73	J
13	Kalor spesifik air, cpair	4.190	4.190	4.190	J/(kg.C)
14	Kalor laten peleburan es, hsf	335.00	335.00	335.00	J/kg
15	Kalor spesifik es, cpes	2.100	2.100	2.100	J/(kg.C)
16	Suhu es di bawah titik beku	-6	-6	-6	C
17	Suhu lebur es @ 1 atm	0	0	0	C
18	Suhu terendah penyimpanan ikan,	0,4	4,5	6	C
19	Massa es yang melebur (cairan)	1,4324	1,6108	1,3893	kg
20	Massa es total	3,8280	2,3000	1,4690	kg
21	Massa es sisa yang belum melebur (padatan)	2,3956	0,6892	0,0797	kg
22	Kapasitas pendinginan oleh massa es yang mencair	500.320	590.300	517.851	J

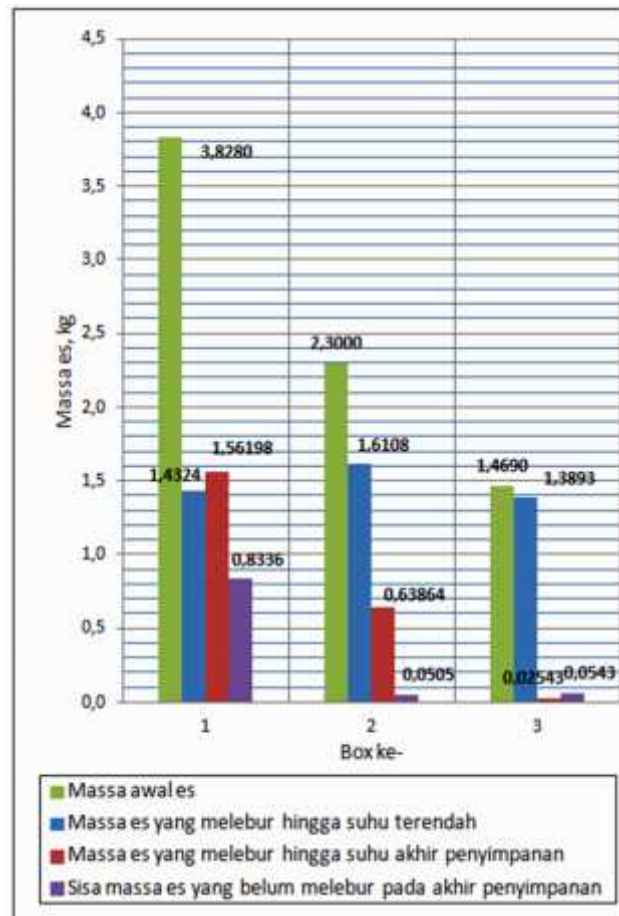
Terlihat bahwa pada proses pendinginan dengan perbandingan massa ikan dan es sebesar 1:1, kapasitas pendinginan oleh massa es yang melebur ini adalah 500.320 J yaitu untuk menurunkan suhu ikan dari suhu awal 25°C hingga suhu terendah 0,4°C. Pada pada proses pendinginan dengan perbandingan massa ikan dan es sebesar 2:1, kapasitas pendinginan oleh massa es yang melebur pada pendinginan dengan perbandingan massa ikan dan massa es sebesar 2:1 ini adalah 590.300 J yaitu untuk dapat menurunkan suhu ikan dari suhu awal 25°C hingga suhu terendah 4,5°C. Sedangkan pada proses pendinginan dengan perbandingan massa ikan

dan es sebesar 3:1, kapasitas pendinginan oleh massa es yang melebur adalah 517.851J yaitu untuk menurunkan suhu ikan dari suhu awal 25°C hingga suhu terendah 6°C.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kapasitas Pendinginan pada proses kenaikan kembali suhu ikan dari suhu terendah hingga suhu akhir penyimpanan

No	Besaran	Perbandingan massa ikan: massa es			Satuan
		1:1	2:1	3:1	
1	Suhu lingkungan	26,11	26,11	26,11	C
2	Suhu box rata2	13,18	16,15	19,82	C
3	Koefisien perpindahan panas total, U	1,1566	1,1566	1,1566	W/m2.C
4	Luas permukaan perpindahan panas, A	1,0515	1,0515	1,0515	m2
5	Laju kalor transmisi, qtrans	15,7247	12,1137	7,6519	W (=J/s)
6	Lama pendinginan, Δt	740	600	620	menit
7	Lama pendinginan, Δt	44.400	36.000	37.200	s (detik)
8	Kalor transmisi pada proses kenaikan suhu ikan, Qtrans	698.177,3	436.093,3	284.651,9	J
9	Massa ikan, mf	3,8030	4,6010	4,4210	kg
10	Kalor spesifik ikan, cpf	3.180	3.180	3.180	J/(kg.C)
11	Massa es yang telah melebur	1,4324	1,6108	1,3893	kg
12	Kalor spesifik air, cpw	4.190	4.190	4.190	J/(kg.C)
13	Suhu terendah penyimpanan ikan,	0,4	4,5	6	C
14	Suhu akhir penyimpanan ikan	6,7	13,4	19,8	C
15	Kalor kenaikan kembali suhu ikan	76.189,3	130.217,5	194.011,2	J
16	Kalor kenaikan suhu massa es yang telah melebur	37.812,6	60.069,796	80.332,6	J
17	Kalor total dari ikan dan massa es	114.001,6	190.287,3	274.343,7	J
18	Sisa Kalor transmisi yang harus ditangani massa es	584.176,2	245.806,1	10.308,2	J
19	Massa es yg melebur untuk menangani sisa Kalor transmisi	1,56198	0,63864	0,02543	kg
20	Sisa massa es yang belum melebur (padatan) pada akhir penyimpanan	0,8336	0,0505	0,0543	kg
22	Kapasitas pendinginan oleh massa es yang melebur	500.320	590.300	517.851	J

Selanjutnya dari hasil perhitungan pada Tabel 4 selama proses kenaikan kembali suhu ikan dari suhu terendah hingga suhu akhir penyimpanan, massa es yang melebur pada coolbox dengan perbandingan massa ikan dan massa es sebesar 1:1 adalah sebesar 1,56198 kg dengan kapasitas pendinginan 500,320 J; pada coolbox dengan perbandingan massa ikan dan massa es sebesar 2:1 adalah sebesar 0,63864 kg dengan kapasitas pendinginan 590,300 J; sedangkan pada coolbox dengan perbandingan massa ikan dan massa es sebesar 3:1 adalah sebesar 0,02543 kg dengan kapasitas pendinginan 517,851 J



Gambar 3. Grafik Perubahan massa es dari awal hingga akhir proses pendinginan pada tiap coolbox.

Jumlah massa es pada setiap tahapan pendinginan mulai dari awal hingga akhir penyimpanan selanjutnya ditunjukkan pada Gambar 3. Terlihat pula bahwa masa es yang masih berbentuk padatan pada akhir proses pendinginan yakni setelah 930 menit atau 15,5 jam, masing-masing adalah sebesar 0,8336 kg; 0,0505 kg; dan 0,04543 kg.

### KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dengan prototipe pendingin dan pengering terpadu yang digunakan dapatlah disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- (1) Semakin meningkatnya massa es yaitu untuk perbandingan massa ikan dan es sebesar 3:1, 2:1, 1:1, maka akan semakin meningkat laju pendinginan yakni sebesar, 0,061; 0,062 dan 0,123 °C/menit, semakin rendah suhu pendinginan ikan yang dapat dicapai, yaitu untuk perbandingan 3:1, 2:1, 1:1 diperoleh sebesar, 6 °C, 4,5°C dan 0,4°C, dan semakin rendah pula suhu akhir penyimpanan yang dapat dipertahankan yakni sebesar, 19 °C, 14°C, dan 7°C.
- (2) Terdapat perbedaan kapasitas pendinginan dengan semakin meningkatnya massa es, pada

perbandingan massa ikan dan masing-masing sebesar 3:1, 2:1, dan 1:1 yakni sebesar 500.320 J; 590.300 J dan 517.851 J pada proses pendinginan dari suhu awal hingga suhu terendah dan sebesar 500,320 J; 590,300 J; dan 517,851 J.

- (3) Massa es yang tersisa pada akhir proses penyimpanan untuk perbandingan massa ikan sebesar 3:1, 2:1, dan 1:1 adalah sebesar 0,04543 kg, 0,0505 kg, dan 0,8336 kg

### DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE, (1990): *Fundamentals Handbook*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Contioning Enggineer, Inc. Atlanta.
- Arora, (2001): *Refrigeration and Air Conditioning*. McGraw-Hill International Edition, Boston/Singapore.
- Incropera F.P., and De Witt, D.P., (1990): *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley&Sons. New York..
- Stoecker W.F, and J.W Jones, 1989, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Edisi kedua, Alih bahasa Suratman Hara, Penerbit Erlangga, Jakarta