

KAJI TEORITIK KEBUTUHAN ES BAGI KEBUTUHAN PENDINGINAN IKAN CAKALANG SEGAR SESUAI MASSA, SUHU DAN LAMA WAKTU PENYIMPANAN

Cendy S.E Tupamahu¹, Rikhard Ufie², Ajit Tuasikal³

- 1) Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pattimura
Email: tupamahucendy@gmail.com
- 2) Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pattimura
Email: rikhardufienew@gmail.com
- 3) Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pattimura
Email: jitroanker@gmail.com

Abstrak Salah satu cara menjaga kualitas ikan agar tetap segar, yakni melalui upaya pendinginan dengan menggunakan es. Untuk memahami lebih lanjut proses pendinginan ikan dengan es, masih perlu dilakukan kajian untuk mengetahui hubungan antara berbagai variabel pendinginan dalam skala yang lebih besar sesuai kebutuhan pendinginan dengan coolbox. Dalam penelitian ini dilakukan kajian teoritik terhadap proses pendinginan ikan dengan es dimaksud dengan berfokus pada pengaruh bertambahnya massa ikan pada berbagai variasi suhu akhir pendinginan dan waktu pendinginan variasi terhadap kalor total dan laju kalor peleburan, kebutuhan massa es, perbandingan massa ikan dan massa es serta laju peleburan es yang diperlukan. Massa ikan divariasikan 15, 25, dan 35 kg dan jenis ikan yang digunakan adalah ikan cakalang. Suhu awal ikan adalah 25°C sedangkan suhu akhir pendinginan ikan 2,5°C, 5°C dan 7,5°C. Waktu pendinginan 60 hingga 600 menit. Hasilnya Besar kalor total peleburan es untuk suhu akhir pendinginan ikan 2,5°C sebesar 1.073.250J, 1.788.750 J, dan 2.504.250 J. Untuk suhu akhir pendinginan ikan 5°C yaitu sebesar 954.000 J, 1,590.000 J, dan 2.226.000 J. untuk suhu 7,5°C yaitu sebesar 834.750 J, 1.391.250 J, dan 1.947.750 J. Besar laju kalor peleburan es massa ikan 13, 25, dan 35 kg untuk temperatur akhir 2,5°C adalah 298.13 W, 496.88W, 695.63W. Untuk temperatur akhir 5°C sebesar 265W, 441.67W, dan 618.33W. sedangkan untuk temperatur akhir 7,5°C adalah sebesar 231.88W, 386.46W, dan 541.04W.

Kata kunci : Variasi massa ikan, suhu akhir pendinginan, lama waktu pendinginan

Abstrak *One way to maintain the quality of fish to keep it fresh is by cooling it using ice blocks. To further comprehend the process of cooling fish with ice, it is still necessary to conduct a study to determine the relationship between various cooling variables on a larger scale according to the needs of cooling with a coolbox. In this research, a theoretical study of the fish cooling process with ice is carried out by focusing on the effect of increasing fish mass at various variations of the final cooling temperature and cooling time variations on the total heat and melting heat rate, ice mass requirements, the ratio of fish mass and ice mass and the required ice melting rate. The mass of fish was varied from 15, 25 and 35 kg and the type of fish used was skipjack. The initial temperature of the fish was 25°C while the final temperature of the fish cooling was 2.5°C, 5°C and 7.5°C. Cooling time is 60 to 600 minutes. The result The total heat rate of ice melting for the final temperature of 2.5°C is 1,073,250J, 1,788,750 J, and 2,504,250 J. For the final temperature of 5°C is 954,000 J, 1,590,000 J, and 2,226,000 J. for 7.5oC is 834,750 J, 1,391,250 J, and 1. 947,750 J. The heat rate of ice melting of fish masses of 13, 25, and 35 kg for the final temperature of 2.5°C is 298.13 W, 496.88W, 695.63W. For the final temperature of*

5°C it is 265W, 441.67W, and 618.33W. while for the final temperature of 7.5°C it is 231.88W, 386.46W, and 541.04W.

Keywords: Variation of fish mass, final cooling temperature, cooling time.

1. PENDAHULUAN

Ikan cakalang merupakan salah satu komoditas andalan di perairan Maluku [1], [2] dan menjadi komoditas ekspor yang tidak saja didalam negeri tetapi di pasar internasional [3]. Berbeda dengan ikan beku (*frozen fish*) [4] yang dibekukan dan disimpan pada suhu yang lebih rendah dari titik beku air, ikan segar (*fresh fish*) didinginkan dan dipertahankan suhunya di atas titik beku air sedemikian sehingga tetap terlihat segar [5][6].

Untuk menjaga kualitas ikan agar tetap segar pasca penangkapan, masyarakat pada umumnya melakukan pendinginan ikan dengan menggunakan es [6][7][9][10], kemudian di masukan kedalam *coolbox* bersamaan dengan ikan. Khusus untuk pengiriman dengan angkutan laut, ikan ditampung di dalam kotak pendingin yang terbuat dari bahan styrefoam dan didinginkan dengan es dalam kemasan plastik [11][12].

Penelitian untuk mengetahui pengaruh perbandingan massa ikan terhadap massa es yang diperlukan untuk proses pendinginan telah dilakukan, antara lain : desain *coolbox* dengan dimensi panjang 48.7 cm, lebar = 30.5 cm, dan tinggi 39.4 cm. Insulasi menggunakan Polyurethane (PUR) dengan tebal 1.5 cm. Rangka luar dan dalam menggunakan High Density Polyethylene (HDPE) dan masing-masing sisi memiliki tebal 0.3 cm. Kapasitas penyimpanan maksimum *coolbox* adalah 41.19 kg. Untuk menjaga kesegaran 20 kg ikan selama 9 jam penyimpanan menggunakan *coolbox*, nelayan harus membawa minimal 16 kg es [13]

Penelitian lainnya, dengan menggunakan *coolbox* berupa kotak styrefoam berukuran (51 x 42 x 31) cm³ 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 ditampung dalam *Coolbox* dari bahan styrefoam. Dalam penelitian ini digunakan es dalam bentuk bongkahan dengan perbandingan 1:1; 1:2 dan 1: 3 terhadap massa ikan dan dengan massa total untuk ketiga perbandingan yakni, 7,605 kg; 6,901 kg dan 5,89 kg.[14] .

Namun dari penelitian yang dilakukan diatas masih dalam skala massa ikan yang terbatas, sehingga kajian lebih lanjut dipandang perlu dilakukan untuk memperjelas pemahaman terhadap proses pendinginan dimaksud untuk besar massa ikan yang lebih besar. Massa ikan divariasikan 15, 25, dan 35 kg dan jenis ikan yang digunakan adalah ikan cakalang. Suhu awal ikan adalah 25°C sedangkan suhu akhir pendinginan ikan 2,5°C, 5°C dan 7,5°C. Waktu pendinginan 60 hingga 600 menit, diasumsikan suhu lingkungan konstan sebesar 28°C dan kajian ini hanya berfokus pada beban pendinginan dari ikan, tanpa melibatkan kalor yang berasal dari lingkungan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Pendinginan Ikan dalam *Coolbox*

Hasil tangkapan dapat mengalami perubahan yang tidak diinginkan menyangkut rasa, bau, warna atau tampilan dan tekstur setelah ditangkap atau selama penyimpanan beku. Perubahan ini dapat diakibatkan oleh dehidrasi (kehilangan cairan) dari ikan, oksidasi dari minyak atau pigmen, dan aktivitas enzim dalam dagingnya. Faktor yang mempengaruhi laju perubahan kualitas produk terkait dengan upaya pendinginan yakni tingkat dan kekonstanan temperatur dan kelembaban ruang penyimpan, di samping pengepakan dan pelapisan yang baik.

Sesaat setelah penangkapan di laut, Ikan umumnya di-es-kan (*icing of fish*) pada temperatur sekitar titik beku (0°C) untuk mencegah pembusukan akibat aktivitas bakteri enzimatik. Proses *icing of fish* umumnya dilakukan dengan cara menyimpan ikan dalam

kotak pendingin (*cool box*) yang berisi bongkahan-bongkahan es, segera sesudah ikan ditangkap dan bersifat sementara sebelum ikan dipasarkan ataupun dipindahkan ke *cool box* untuk proses penyimpanan beku.

2.2 Beban Pendingin

2.2.1 Beban kalor pendinginan ikan

Jumlah panas yang berpindah dari ikan ke media pendingin (*coolbox*) dipengaruhi oleh massa produk yang didinginkan, panas spesifik dari produk, dan perubahan suhu penyimpanan ikan [15][16], hal ini dapat dinyatakan persamaan :

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

Dimana Q_f = kalor sensible yang harus dipindahkan, kJ. m_f = massa ikan, kg. C_p = kalor spesifik ikan diatas pembekuan, kJ/(kg.K). T_{f1} = Suhu awal ikan, °C. T_{f2} = Suhu penyimpanan ikan, °C.

Beban pendinginan ikan yang dinyatakan dalam laju perpindahan panas selanjutnya dinyatakan dalam persamaan 2, sebagai berikut:

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

Dimana : q_f = Beban pendinginan ikan, kW. Q_f = kalor sensible yang harus dipindahkan, kJ. t = Selang waktu pendinginan ikan, jam.

2.2.2 Beban kalor transmisi dari lingkungan

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

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

Dimana U = koefisien perpindahan panas dari dinding yang dihitung dengan persamaan :

$$U = \frac{1}{1/f_0 + \sum_{i=1}^n x_i/k_i + 1/h_i} \quad (4)$$

Dimana : f_0 merupakan konduktivitas films dinding luar, $W/m^2.K$, x_i adalah tebal lapisan dinding ke

i , m , k_i adalah konduktivitas lapisan ke i , $W/m.K$, h_i adalah Koefisien perpindahan panas konveksi dinding dalam, $W/m^2.K$.

2.2.3 Fenomena Peleburan Es

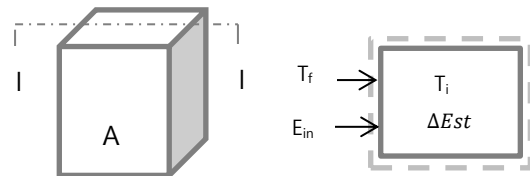
Fenomena peleburan es dapat didekati menurut skema pendekatan massa atur (*control mass*). Sesuai dengan Hukum I Termodinamika, bahwa jumlah energy masuk = jumlah energi yang tersimpan, sehingga dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_{in} = E_{out} \quad (5)$$

$$q_{in} \cdot dt = [cp(T_i - T_f) + h_{sf}] \cdot dm_{ice} \quad (6)$$

Atau

$$q_{in} = \frac{dm_{ice}}{dt_m} [cp(T_i - T_f) + h_{sf}] \quad (7)$$



Gambar 1. Skema massa atur proses peleburan es

Dimana: q_{in} merupakan laju perpindahan kalor memasuki volume atur, W . m_{ice} adalah Massa es, kg. t_m adalah waktu peleburan es, s. cp : kalor spesifik es dibawah titik beku, kJ/kg.K.

2.2.4 Kapasitas pendinginan es, massa dan laju peleburan es.

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

$$Q_{ice} = m_{ice} [c_{ice}(T_i - T_f) + h_{sf} + c_w(T_f - T_w)] \quad (8)$$

Massa es yang dapat melebur dapat diperoleh dengan persamaan :

$$m_{ice} = \frac{Q_{ice}}{[c_{ice}(T_i - T_f) + h_{sf} + c_w(T_f - T_w)]} \quad (9)$$

Sesuai balans energi terkait proses peleburan es didalam coolbox diperoleh :

$$Q_{ice} = Q_f + Q_{trans} \quad (10)$$

Laju peleburan es rata-rata diperoleh :

$$m_{ice} = \frac{m_{ice}}{\Delta t} \quad (11)$$

2. 3 Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan kajian teoritik terhadap proses pendinginan ikan dengan es dimaksud dengan berfokus pada pengaruh variasi massa ikan, suhu akhir pendinginan dan waktu pendinginan variasi terhadap kalor total dan laju kalor peleburan, kebutuhan massa es, perbandingan massa ikan dan massa es serta laju peleburan es yang diperlukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Besar kalor total peleburan es, sesuai waktu pendinginan untuk berbagai massa ikan dan temperatur akhir pendinginan ikan.

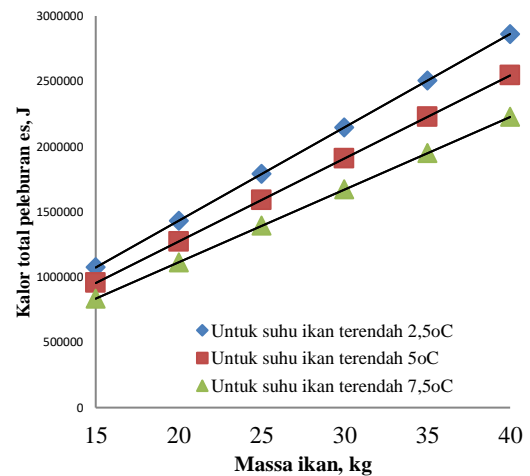
Sesuai batasan dalam kajian ini perhitungan dilakukan untuk massa ikan dari 15 kg, 25kg, dan 35 kg dengan waktu pendinginan dari 60, 120, 180, 240, 360, 420, 480, 540, dan 600 menit dan variasi temperatur terendah ikan sebesar 2,5°C, 5°C, 7,5°C, sedangkan temperatur awal ikan sebesar 25°C.

Kalor total peleburan es dihitung sesuai kalor total pendinginan ikan, yakni kalor sensibel yang harus dikeluarkan dari ikan agar suhunya dapat turun dari temperatur awal ikan hingga temperatur akhir pendinginan ikan, yakni sesuai Persamaan (1), sehingga semata-mata tergantung pada besar massa ikan yang didinginkan, nilai kalor spesifik dari ikan dan beda penurunan temperatur ikan.

Grafik kalor total peleburan es yang tergantung hanya pada massa dan suhu akhir pendinginan ikan atau suhu ikan terendah yang dapat dicapai, ditunjukkan pada Gambar 1. Terlihat bahwa semakin besar massa ikan yang perlu didinginkan dan semakin rendah suhu pendinginan ikan yang dikehendaki, akan semakin besar pula massa es yang diperlukan.

Sesuai Gambar 1, untuk suhu akhir pendinginan ikan terendah yakni sebesar 2,5oC, maka untuk massa ikan sebesar 15 kg, 25 kg, dan 35 kg, kalor total peleburan es masing-masing adalah sebesar 1.073.250 J, 1.788.750 J, dan 2.504.250 J. Untuk suhu akhir pendinginan ikan sebesar yakni 5°C, maka

untuk massa ikan sebesar 15 kg, 25 kg, dan 35 kg, kalor total peleburan es masing-masing adalah sebesar 954.000 J, 1,590.000 J, dan 2.226.000 J. Untuk suhu akhir pendinginan ikan sebesar yakni 7,5oC, maka untuk massa ikan sebesar 15 kg, 25 kg, dan 35 kg, kalor total peleburan es masing-masing adalah sebesar 834.750 J, 1.391.250 J, dan 1.947.750 J.



Gambar 1. Grafik kalor total peleburan es sesuai massa dan suhu akhir pendinginan ikan

Hubungan antara kalor total peleburan es dengan massa ikan untuk berbagai suhu akhir pendinginan ikan, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y_1 = 71.500,00 x \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_2 = 63.600,00 x \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_3 = 55.650,00x \quad (R^2 = 1,0000)$$

3.2 Besar laju kalor peleburan es.

Laju kalor peleburan es yang besarnya sama dengan laju kalor pendinginan ikan diperoleh dari kalor total peleburan dibagi dengan waktu pendinginan, sesuai Persamaan (2).

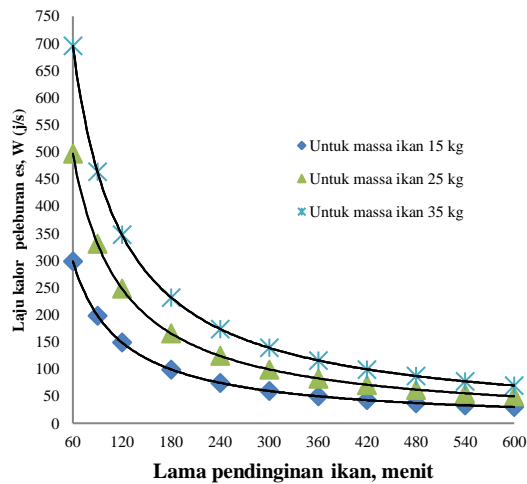
Gambar 2, menunjukkan hubungan antara laju peleburan es dengan waktu pendinginan. Untuk suhu akhir pendinginan sebesar 2,5°C, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y_1 = 47.700,0x-1,0000 \quad (R^2 = 1,0000)$$

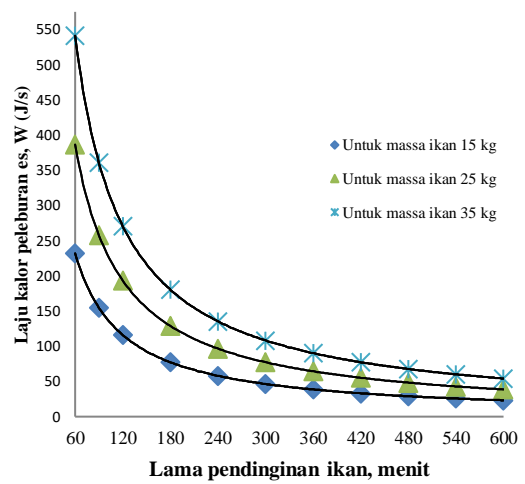
$$y_2 = 29,812.5000x-1.0000 \quad (R^2 = 1.0000);$$

$$y_3 = 41,737.5000x-1.0000 \quad (R^2 = 1.0000)$$

dimana y1, y2, dan y3, masing-masing adalah laju peleburan es dalam W (J/s), untuk massa ikan sebesar 15, 25, dan 35kg; sedangkan x adalah waktu pendinginan dalam menit.



Gambar 2. Grafik laju kalor peleburan es sesuai waktu pendinginan untuk suhu akhir ikan 2,5°C



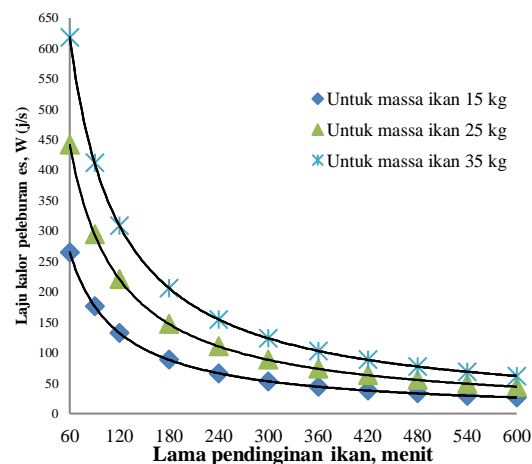
Gambar 4. Grafik laju kalor peleburan es sesuai waktu pendinginan untuk suhu akhir ikan 7, 5°C

Gambar 3, menunjukkan hubungan antara laju peleburan es dengan waktu pendinginan untuk suhu akhir pendinginan sebesar 5°C, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y_1 = 37.100,5x^{-1,0000} \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_2 = 26.500,5x^{-1,0000} \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_3 = 15.900,0x^{-1,0000} \quad (R^2 = 1,0000)$$



Gambar 3. Grafik laju kalor peleburan es sesuai waktu pendinginan untuk suhu akhir ikan 5°C

Gambar 4, menunjukkan hubungan antara laju peleburan es dengan waktu pendinginan untuk suhu akhir pendinginan sebesar 7,5°C, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y_1 = 32.462,5x^{-1,0000} \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_2 = 23.187,5x^{-1,0000} \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_3 = 13.912,5x^{-1,0000} \quad (R^2 = 1,0000)$$

Gambar 2, 3 dan 4, menunjukkan laju peleburan es yang menurun dengan semakin lama waktu pendinginan. Karena semakin cepat suatu produk didinginkan maka semakin besar kalor yang harus diambil dari produk yang dimaksud.

3.3 Besar massa es sesuai waktu pendinginan untuk berbagai massa ikan dan temperatur akhir ikan pendinginan.

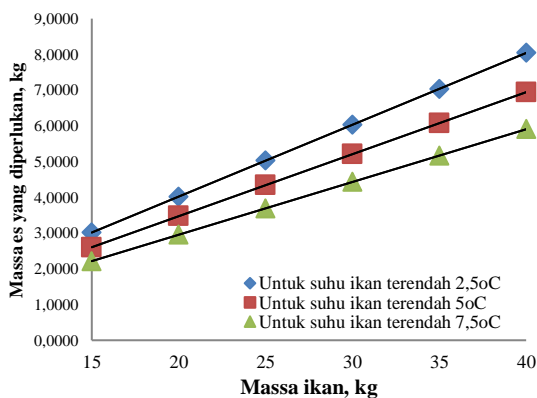
Pada kajian ini, massa es adalah massa yang harus melebur untuk mendinginkan ikan dari temperatur awal hingga temperatur akhir yang dikehendaki, yang besarnya dihitung sesuai persamaan 8. Besar massa es yang melebur dengan demikian sangat tergantung pada kalor peleburan yang adalah sama dengan kalor total pendinginan ikan.

Sesuai balans energi pada proses pendinginan ikan dan proses peleburan es, maka keseimbangan kalor terjadi ketika suhu akhir pendinginan ikan mencapai hanya yang sama dengan temperatur akhir kenaikan cairan dari es yang mencair akibat peleburan.

Grafik massa es yang secara teoritik diperlukan yang tergantung hanya pada massa dan suhu akhir pendinginan ikan atau suhu ikan terendah yang dapat dicapai, ditunjukkan pada Gambar 5. Terlihat bahwa semakin besar massa ikan yang perlu didinginkan dan semakin rendah suhu pendinginan ikan yang dikehendaki, akan semakin besar pula massa es yang diperlukan.

Untuk pendinginan ikan yang paling

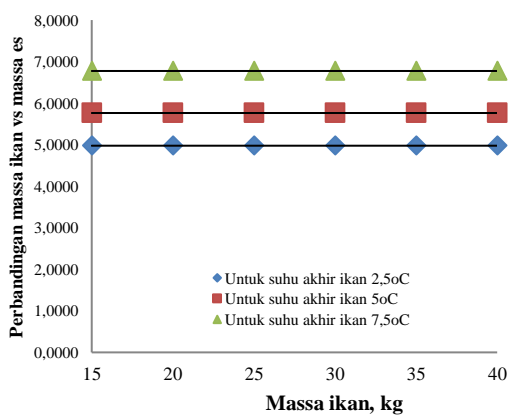
rendah yakni 2,5°C, maka untuk massa ikan sebesar 15 kg, 25 kg, 35 kg massa es yang harus melebur masing-masing adalah sebesar 3,01 kg, 5,02 kg 7,03 kg. Untuk pendinginan ikan sebesar 5°C, maka untuk massa ikan sebesar 15 kg, 25 kg, dan, 35 kg, massa es yang harus melebur masing-masing adalah sebesar 2,60 kg, 4,34kg, dan 6,07 kg. Selanjutnya untuk pendinginan ikan sebesar 7,5°C, maka untuk massa ikan sebesar 15 kg, 25 kg, dan 35 kg, massa es yang harus melebur masing-masing adalah sebesar 2,21 kg, 3,69 kg dan 5,17 kg.



Gambar 5. Grafik massa es yang diperlukan sesuai massa dan suhu akhir pendinginan ikan

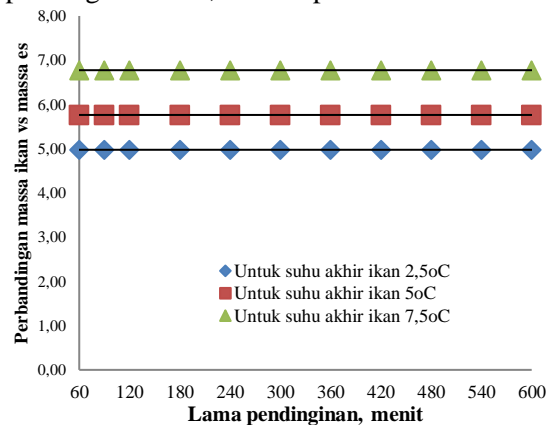
3.4 Besar perbandingan massa ikan terhadap massa es.

Grafik perbandingan massa ikan vs massa es yang diperlukan sesuai massa pada berbagai suhu akhir pendinginan ikan, terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik perbandingan massa ikan vs massa es yang diperlukan sesuai massa pada berbagai suhu akhir pendinginan ikan

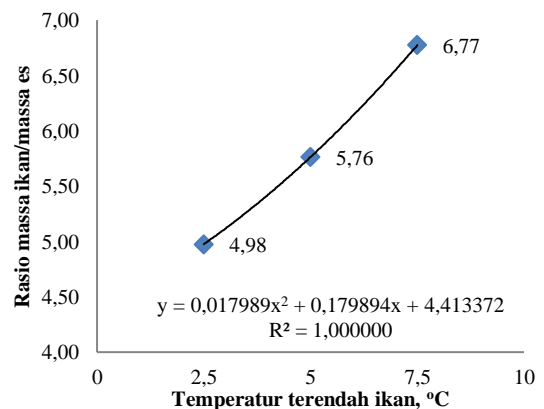
Grafik perbandingan massa ikan terhadap massa es sesuai besar massa ikan dan lama pendinginan pada berbagai suhu pendinginan ikan, terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik perbandingan massa ikan vs massa es yang diperlukan sesuai lama pendinginan ikan pada berbagai suhu akhir pendinginan ikan

Pada Gambar 6 dan 7. Terlihat bahwa perbandingan massa ikan terhadap massa es tidak tergantung pada masa ikan maupun lama pendinginan tetapi hanya pada suhu akhir pendinginan ikan.

Grafik perbandingan massa ikan terhadap massa es yang adalah hanya tergantung pada suhu akhir pendinginan ikan atau suhu ikan terendah yang dapat dicapai, ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan massa ikan vs massa es sesuai suhu akhir pendinginan ikan

Gambar 8, menunjukkan semakin besar suhu akhir pendinginan ikan, semakin besar perbandingan massa ikan terhadap massa es yang perlu melebur atau sebaliknya semakin rendah suhu akhir pendinginan ikan akan

semakin kecil perbandingan massa ikan terhadap massa es yang melebur.

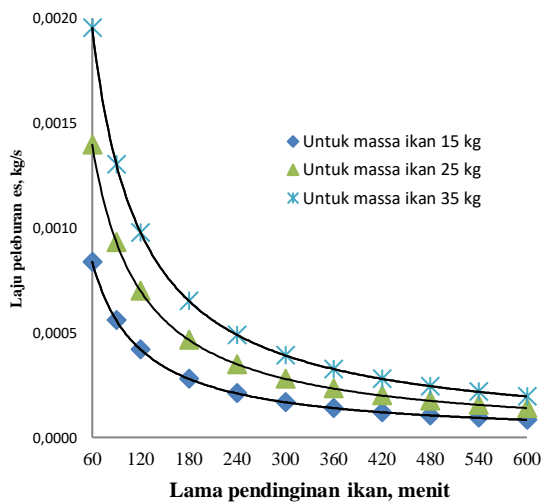
Untuk suhu akhir pendinginan ikan sebesar 2,5°C, 5°C, 7,5°C, perbandingan massa ikan terhadap massa es masing-masing adalah sebesar 4,98; 5,75 dan 6.77. Terlihat pula bahwa hubungan antara perbandingan massa ikan terhadap massa es sesuai variasi suhu akhir pendinginan ikan mengikuti persamaan:

$$y = 0,001679x^3 - 0,008738x^2 + 0,309461x + 4,228981$$

$$(R^2 = 0,999993)$$

3.5 Besar Laju peleburan es

Secara keseluruhan terlihat bahwa semakin lama waktu pendinginan maka semakin kecil waktu laju peleburan es yang dibutuhkan. Untuk waktu pendinginan yang sama, laju peleburan es yang dibutuhkan juga akan semakin meningkat dengan penambahan massa ikan yang akan didinginkan.



Gambar 9. Grafik laju peleburan es yang diperlukan sesuai lama pendinginan ikan untuk suhu akhir penyimpanan ikan sebesar 2,5°C

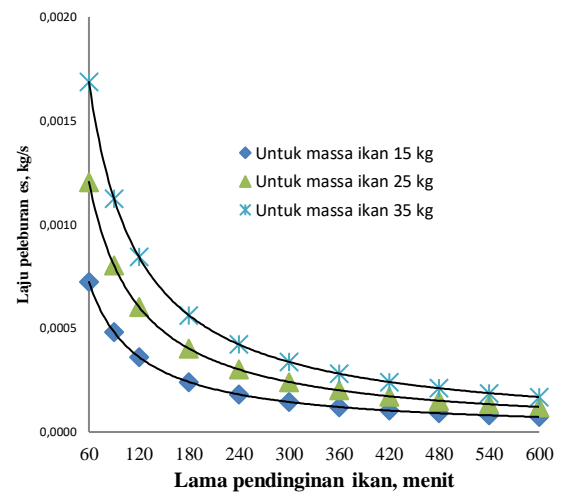
Hubungan antara laju peleburan es dengan waktu pendinginan untuk suhu akhir pendinginan sebesar 2,5°C, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y_1 = 0,117x - 1,000 R^2 = 1,0000$$

$$y_2 = 0,0837x - 1,0000 R^2 = 1,0000$$

$$y_3 = 0,0502x - 1,000 R^2 = 1,0000$$

dimana y_1 , y_2 dan y_3 masing-masing adalah laju peleburan es dalam kg/s, untuk massa ikan sebesar 15kg, 25kg dan 35kg; sedangkan x adalah waktu pendinginan dalam menit.



Gambar 10. Grafik laju peleburan es yang diperlukan sesuai lama pendinginan ikan untuk suhu akhir penyimpanan ikan sebesar 5°C

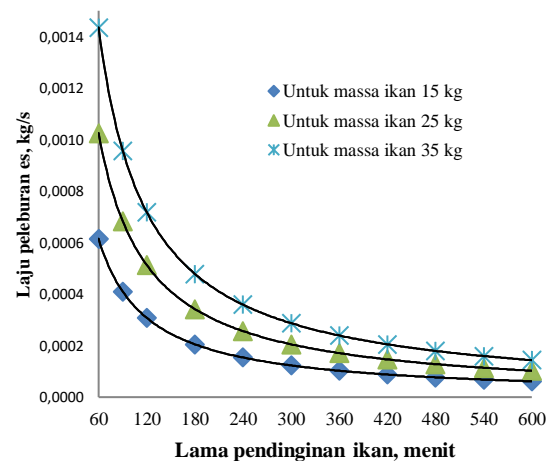
Hubungan antara laju peleburan es dengan waktu pendinginan untuk suhu akhir pendinginan sebesar 5°C, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y_1 = 0,1012x - 1,0000 R^2 = 1,0000$$

$$y_2 = 0,0723x - 1,0000 R^2 = 1,0000$$

$$y_3 = 0,0434x - 1,0000 R^2 = 1,0000$$

dimana y_1 , y_2 dan y_3 masing-masing adalah laju peleburan es dalam kg/s, untuk massa ikan sebesar 15kg, 25kg dan 35kg; sedangkan x adalah waktu pendinginan dalam menit.



Gambar 11. Grafik laju peleburan es yang diperlukan sesuai lama pendinginan ikan untuk suhu akhir penyimpanan ikan 7,5°C

Hubungan antara laju peleburan es dengan waktu pendinginan untuk suhu akhir pendinginan sebesar 7,5°C, dapat dinyatakan

sebagai berikut:

$$y_1 = 0.086107x - 1.000000 \quad R^2 = 1.000000$$

$$y_2 = 0.061505x^{-1.000000} \quad R^2 = 1.000000$$

$$y_3 = 0.036903x - 1.000000 \quad R^2 = 1.000000$$

dimana y_1 , y_2 dan y_3 masing-masing adalah laju peleburan es dalam kg/s, untuk massa ikan sebesar 15kg, 25kg dan 35kg; sedangkan x adalah waktu pendinginan dalam menit.

Gambar 9, 10 dan 11 menunjukkan bahwa laju peleburan es justru menurun dengan semakin lama waktu pendinginan, atau sebaliknya akan meningkat jika waktu pendinginan semakin singkat. Hal ini karena laju pengambilan kalor dari ikan yang didinginkan tergantung pada laju peleburan es. Laju penurunan suhu ikan dengan demikian sebanding dengan laju peleburan es, bukannya besar massa es yang tersedia.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Besar kalor total peleburan es tidak tergantung pada waktu pendinginan ikan, tetapi hanya pada massa dan suhu akhir pendinginan ikan, dan akan semakin meningkat dengan semakin besar massa ikan dan semakin rendah suhu akhir pendinginan ikan. Untuk suhu akhir pendinginan ikan terendah yakni sebesar 2,5°C, maka untuk massa ikan sebesar 15 kg, 25 kg, 35 kg, kalor total peleburan es masing-masing adalah sebesar 1.073.250 J, 1.788.750 J, dan 2.504.250 J. Untuk suhu akhir pendinginan ikan sebesar yakni 5°C, maka untuk massa ikan sebesar 15 kg, 25 kg, dan 35 kg, kalor total peleburan es masing-masing adalah sebesar 954.000 J, 1.590.000 J, dan 2.226.000 J. Untuk suhu akhir pendinginan ikan sebesar yakni 7,5°C, maka untuk massa ikan sebesar 15 kg, 25 kg, dan 35 kg, kalor total peleburan es masing-masing adalah sebesar 834.750 J, 1.391.250 J, dan 1.947.750 J.
2. Besar laju kalor peleburan es selain tergantung pada massa ikan dan suhu akhir pendinginan ikan, terutama dipengaruhi oleh waktu pendinginan, dan akan meningkat dengan semakin singkatnya waktu pendinginan.
3. Besar massa es yang perlu melebur tergantung hanya pada massa dan suhu akhir

pendinginan ikan dan tidak tergantung pada waktu pendinginan.

4. Untuk suhu akhir pendinginan ikan sebesar 2,5°C, 5°C, 7,5°C, perbandingan massa ikan terhadap massa es masing-masing adalah sebesar 4,98; 5,75 dan 6,77. Hubungan antara perbandingan massa ikan terhadap massa es sesuai variasi suhu akhir pendinginan ikan mengikuti persamaan:

$$y = 0,001679x^3 - 0,008738x^2 + 0,309461x + 4,228981 \quad (R^2 = 0,999993)$$

5. Besar laju peleburan es tergantung terutama pada waktu pendinginan ikan di samping massa es untuk setiap suhu akhir pendinginan ikan yang dikehendaki. Semakin lama waktu pendinginan semakin kecil laju peleburan es yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. J. Camerling, S. J. E. Sarwuna, and C. S. E. Tupamahu, "Pemilihan Model Dan Optimasi Kapal Ikan Untuk Jenis Tangkapan Di Perairan Pulau Ambon," 2022, pp. 12–17.
- [2] C. Litaay, A. Indriati, N. K. I. Mayasti, C. E. W. Anggara, and H. M. Astro, "Pengaruh Perendaman Natrium Bikarbonat terhadap Karakteristik Tepung Ikan Teri sebagai Sumber Fosfor dan Kalsium," *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, vol. 24, no. 2, pp. 148–159, 2021, doi: 10.17844/jphpi.v24i2.33756.
- [3] D. I. Pasar, A. Serikat, U. Sulawesi, and T. Tomini, "Daya Saing Ekspor Ikan Tuna-Cakalang-Tongkol Indonesia Export Competitiveness of Indonesian Tunas-Skipjack Tunas-Eastern Little's Market Bahan dan Alat," vol. 24, pp. 227–235, 2024.
- [4] A. T. Gusdi and Y. H. Sipahutar, "Pengolahan Fillet Ekor Kuning (Caseo Cuning) Beku di PT Duta Pasific Buana, Bangka Belitung," *Pros. Simp. Nas. VIII, Fak. Ilmu Kelaut. dan Perikanan, Univ. Hasanuddin, Makassar, 5 Juni 2021*, no. November 2020, pp. 37–44, 2021.
- [5] A. Riset, "Proses Pembekuan Ikan Cakalang pelamis) di CV . Novira

- Abadi,” vol. 3, no. April, pp. 1–10, 2023.
- [6] D. I. Pelabuhan, P. Samudera, and L. Banda, “No Title,” 2018, pp. 117–124.
- [7] C. Litaay, S. H. Wisudo, J. H. Haluan, and B. Harianto, “the Effects of Different Chilling Method and Storage Time on the Organoleptic Quality of Fresh Skipjack Tuna,” *J. Ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.*, vol. 9, no. 2, pp. 717–726, 2018, doi: 10.29244/jitkt.v9i2.19304.
- [8] C. Litaay, S. Hari Wisudo, and H. Arfah, “Penanganan Ikan Cakalang oleh Nelayan Pole and Line,” *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, vol. 23, no. 1, pp. 112–121, 2020, doi: 10.17844/jphpi.v23i1.30924.
- [9] T. A. Nugroho, Kiryanto, and B. A. Adietya, “Kajian Eksperimen Penggunaan Media Pendingin Ikan Berupa Es Basah Dan Ice Pack Sebagai Upaya Peningkatan Performance Tempat Penyimpanan Ikan Hasil Tangkapan Nelayan,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 4, pp. 889–898, 2016.
- [10] R. E. Lubis, N. L. Yulianti, and I. W. Widia, “Studi Beban Pendinginan Ikan Menggunakan Brine Dengan Jenis Garam Berbeda,” *J. BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, vol. 8, no. 1, p. 71, 2019, doi: 10.24843/jbeta.2020.v08.i01.p09.
- [11] P. N. Jember, “Digital Repository Universitas Jember Increasing of fish quality using ice-sterofom container for paseban fisherman at Jember Regency East Java , Indonesia Digital Repository Universitas Jember,” vol. 207, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/207/1/012037.
- [12] A. Mustakim *et al.*, “Pembuatan Cool Box Portable dengan Sistem Pendingin Air Guna Mendukung Cold Chain pada Distribusi Ikan dan Menjaga Kualitas Ikan Tangkapan Nelayan,” *Sewagati*, vol. 7, no. 1, 2022, doi: 10.12962/j26139960.v7i1.166.
- [13] S. Risa and S. K. Sari, “Perancangan Dan Analisis Cool Box Sebagai Media Penyimpanan Ikan Bagi Nelayan Di Wilayah Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, vol. VI, pp. 193–198, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/400>
- [14] D. K. Plastik, “Kaji kapasitas pendinginan ikan dengan menggunakan es dalam kemasan plastik,” no. April, pp. 243–247, 2019.
- [15] U. K. Pengerinan, “Kaji eksperimental pemanfaatan kalor buangan kondensor untuk kebutuhan pengerinan,” no. April, pp. 102–107, 2018.
- [16] Boni Junita, A. Itang, and A. Sucipto, “Pengaruh Kapasitas dan Waktu Pemanasan Terhadap Analisa Perhitungan Kalor Peleburan Es,” *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 13, no. 2, pp. 74–79, 2023, doi: 10.35814/teknobiz.v13i2.5283.