

ESTIMASI PERUBAHAN BESAR MASSA IKAN DAN ES BERDASARKAN VARIASI WAKTU DAN SUHU AKHIR PENDINGINAN COOL BOX 35 Kg

Narana Suryana¹⁾, W. M. Rumaherang²⁾, Cendy S. E. Tupamahu³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: ranakun01@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: maxrumaherang72@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: tupamahucendy@gmail.com,

Abstrak: Nelayan sering kali menghadapi tantangan dalam mengatur jumlah es untuk menjaga kualitas ikan. Terlalu sedikit pemberian es dapat mengurangi kesegaran ikan, sementara terlalu banyak pemberian es dapat merusak ikan secara fisik. Sehingga kebutuhan yang tepat antara massa ikan dan massa es harus diperhatikan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan besar massa ikan dan massa es, perbandingan massa ikan terhadap massa es, besar beban kalor pendinginan total, laju kalor pendinginan total, serta laju peleburan es berdasarkan variasi lama waktu pendinginan, suhu akhir pendinginan ikan dan kapasitas maksimum *cool box* 35 kg. Hasil penelitian yang telah disesuaikan dengan kapasitas maksimum *cool box* 35 kg menunjukkan bahwa untuk variasi suhu akhir 2,5 °C dan waktu pendinginan ikan 60 menit mendapatkan massa ikan sebesar 28,90 kg dan massa es sebesar 6,10 kg, setelah melakukan pendinginan selama 600 menit, jumlah ikan yang dapat didinginkan berkurang yaitu 27,93 kg, sebaliknya massa es meningkat menjadi 7,07 kg. Perbandingan massa ikan terhadap massa es untuk variasi suhu akhir 2,5 °C dan waktu pendinginan ikan 60 menit mendapatkan hasil 4,74 kg, setelah melakukan pendinginan selama 600 menit, perbandingan massa ikan terhadap massa es mengecil menjadi 3,95 kg. Beban kalor pendinginan total atau kalor peleburan es untuk variasi suhu akhir 2,5 °C dan waktu pendinginan ikan 60 menit mendapatkan hasil 2.067.973,88 J, setelah melakukan pendinginan selama 600 menit, nilai dari beban kalor pendinginan total menurun menjadi 1.998.505,98 J. Laju kalor pendinginan total untuk variasi suhu akhir 2,5 °C dan waktu pendinginan ikan 60 menit mendapatkan hasil 587,31 W, setelah melakukan pendinginan selama 600 menit, nilai dari laju kalor pendinginan total menurun menjadi 68,38 W. Laju peleburan es untuk variasi suhu akhir 2,5 °C dan waktu pendinginan ikan 60 menit mendapatkan hasil 0,102 kg/s, setelah melakukan pendinginan selama 600 menit, nilai dari laju peleburan es menurun menjadi 0,012 kg/s.

Kata kunci: massa ikan dan es, suhu akhir pendinginan ikan

1. PENDAHULUAN

Ikan merupakan bahan pangan yang sangat rentan mengalami kerusakan dan pembusukan (Saputra & Baheramasyah, 2017), apabila dibiarkan pada suhu lingkungan tanpa proses pendinginan (Ufie, Lekatompessy, & Marlissa, 2019). Sehingga penanganan yang tepat diperlukan mulai dari proses penangkapan hingga pengolahan (Naiu, Koniyo, Nursinar, & Kasim, 2018).

Salah satu cara yang umumnya digunakan untuk mempertahankan mutu ikan segar (*fresh fish*) adalah dengan penyimpanan dalam *cool box* yang didinginkan dengan es (Irsyad, Anam, Risano, & Amrul, 2021). Es digunakan sebagai media pendingin yang bertujuan untuk

menurunkan suhu ikan hingga mencapai suhu penyimpanan (Kusumah N. R., 2014). Penanganan ikan segar diupayakan agar suhunya selalu rendah (mendekati 0 °C) dan dijaga agar suhu tidak naik akibat terkena sinar matahari atau kekurangan es (Litaay, Haluan, Harianto, & Wisudo, 2017).

Masalah yang sering dihadapi oleh nelayan terkait dengan menjaga mutu ikan yaitu pemberian es yang sedikit untuk diberikan ke tempat penyimpanan hasil tangkapan yang lebih besar, sehingga kurang optimal dalam mempertahankan suhu penyimpanan ikan (Kusumah N. R., 2014). Begitupun sebaliknya, jika rasio es yang diberikan ke tempat penyimpanan hasil tangkap terlalu banyak akan dapat menyebabkan ikan rusak secara fisik karena himpitan dan tekanan oleh bongkahan atau pecahan es yang digunakan, sehingga penentuan perbandingan antara ikan dan es harus benar-benar diperhatikan agar dapat mempertahankan kesegaran ikan secara optimal (Deni, 2015).

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penentuan massa ikan dan massa es dalam upaya untuk mempertahankan kesegaran ikan telah dilakukan oleh (Ufie, Lekatompessy, & Marlissa, 2019) yang meneliti tentang uji kapasitas pendinginan ikan dengan menggunakan es dalam kemasan plastik, penelitian ini menggunakan *cool box* berbahan *styrofoam* dengan dimensi panjang 51 cm, lebar 42 cm, tinggi 31 cm dan tebal dinding 3 cm, serta menggunakan perbandingan ikan dan es 1:1 (3,8030 kg : 3,8028 kg), 2:1 (4,6010 kg : 2,3000 kg) dan 3:1 (4,4210 kg : 1,4690 kg). Hasil menunjukkan bahwa perbandingan ikan dan es yaitu 1:1, 2:1 dan 3:1 mendapatkan suhu akhir pendinginan ikan pada menit ke 930 berturut-turut yaitu: 6,7 °C, 13,4 °C dan 19,8 °C.

Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh (Saputra & Baheramsyah, 2017), yang bereksperimen dengan menggunakan campuran media pendingin berupa es basah dan *ice gel propylene glycol* sebagai media pendingin *cool box* pada kapal ikan tradisional., penelitian ini menggunakan *cool box* berbahan *styrofoam* dengan dimensi panjang 52 cm, lebar 37 cm, tinggi 34 cm, serta menggunakan perbandingan (ikan:es:*ice gel*) [kg] adalah (4:4:0), (4:3:1), (4:2:2), (4:1:3) dan (4:0:4). Hasil menunjukkan bahwa perbandingan (ikan:es:*ice gel*) yaitu (4:4:0), (4:3:1), (4:2:2), (4:1:3) dan (4:0:4) mendapatkan suhu akhir pendinginan ikan pada menit ke 2660 berturut-turut yaitu: 28,1 °C, 27,2 °C, 27,7 °C, 25,3 °C dan 25,5 °C.

Penelitian yang berkaitan juga telah dilakukan (Setyalina & Sari, 2018) yang meneliti tentang perancangan dan analisis *cool box* sebagai media penyimpanan ikan bagi nelayan di wilayah kelurahan lumpur kabupaten gresik, hasil menunjukkan bahwa desain dari *cool box* memiliki 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 *cool box* adalah 41.19 kg. Untuk menjaga kesegaran 20 kg ikan selama 540 menit penyimpanan menggunakan *cool box*, nelayan di Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik harus membawa minimal 16 kg es.

Berdasarkan permasalahan dan beberapa penelitian terdahulu diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “estimasi perubahan besar massa ikan dan es berdasarkan variasi waktu dan suhu akhir pendinginan *cool box* 35 kg“. Dalam penelitian ini akan dilakukan kajian teoritik terhadap proses pendinginan ikan dengan es dengan berfokus pada pengaruh suhu akhir pendinginan dan waktu pendinginan terhadap besar massa ikan yang dapat didinginkan dan massa es yang diperlukan sesuai ukuran dan kapasitas maksimum *cool box* dan kaitannya dengan perubahan berbagai variabel pendinginan lainnya.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah kajian teoritik. Penelitian dilakukan pada Laboratorium Pendingin dan Pengkondisian Udara Fakultas Teknik Universitas Pattimura dan berlangsung pada bulan September – November 2022.

Variabel penelitian yang digunakan adalah variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas yaitu suhu akhir pendinginan ikan dan waktu pendinginan. Variabel terikat yaitu massa ikan, massa es, perbandingan massa ikan terhadap massa es, beban kalor pendinginan, laju kalor pendinginan dan laju peleburan es. Variabel kontrol yaitu suhu awal ikan, suhu simpan beku es, suhu lingkungan dan kapasitas tampung maksimum *cool box*.

A. Beban Pendinginan

a. Beban Kalor Pendinginan Ikan

Kalor sensibel yang harus dipindahkan untuk mendinginkan ikan dari suhu awal ke suhu penyimpanan, dapat dihitung dengan persamaan (Ufie, Lekatompessy, & Marlissa, 2019):

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

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 akhir pendinginan ikan, °C.

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

$$q_f = \frac{Q_f}{3600 \times n_f}$$

Dimana:

q_f = Beban pendinginan ikan, kW

n_f = Selang waktu pendinginan ikan, jam.

b. Beban Kalor Transmisi dari Lingkungan

Beban transmisi kalor dari lingkungan sekitar yang dinyatakan dalam laju aliran kalor melalui dinding *cool box*, dapat dihitung dengan persamaan (Ufie, Lekatompessy, & Marlissa, 2019):

$$q_{trans} = U A \Delta T$$

Dimana:

q_{trans} = Laju transmisi kalor melalui dinding *cool box*, kW

A = Luas bidang perpindahan panas, m²

ΔT = Beda antara suhu udara luar dan suhu di dalam *cool box*, °C

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

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

Dimana:

f_0 = Konduktivitas film dinding luar, W/(m².K)

x_i = Tebal lapisan ke i, m

k_i = Konduktivitas lapisan ke i, W/(m.K)

h_i = Koefisien perpindahan panas konveksi dinding dalam, W/(m².K).

Total beban transmisi selanjutnya dapat diperoleh sesuai persamaan:

$$Q_{trans} = q_{trans} \cdot \Delta t$$

Dimana:

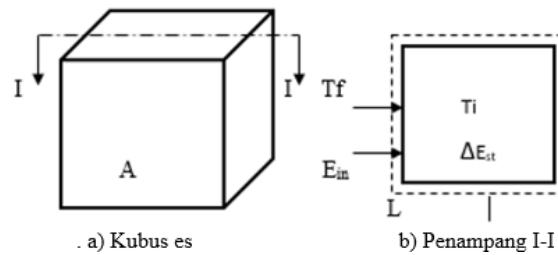
Q_{trans} = Kalor transmisi total, kJ

q_{trans} = Laju kalor transmisi, kW (=kJ/s)

Δt = Waktu pendinginan, s (detik).

B. Fenomena Peleburan Es

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 (Ufie, Titaley, & Nanlohy, 2011) sehingga dapat ditulis sebagai berikut:

$$E_{in} = \Delta E_{st}$$

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

Atau

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

Dimana:

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

m_{ice} = 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.

C. Perhitungan Massa Es dan Laju Peleburan Es

Kapasitas pendinginan pada *cool 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 (Ufie, Titaley, & Nanlohy, 2011):

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

Dimana:

Q_{ice} = Kalor total peleburan es, kJ

m_{ice} = Massa es yang melebur, kg

c_{ice} = Kalor spesifik es di bawah pembekuan, kJ/(kg. K)

c_w = Kalor spesifik cairan dari es yang melebur, kJ/(kg. K)

T_{ice} = Suhu awal es, °C; T_f = Suhu peleburan es, °C

T_w = Suhu akhir cairan dari es yang melebur, °C.

Massa es yang melebur dapat diperoleh dari:

$$m_{ice} = \frac{Q_{ice}}{[c_i(T_i - T_f) + h_{sf} + c_i(T_i - T_f)]}$$

dimana sesuai balans energi terkait proses peleburan es dalam *cool box* diperoleh:

$$Q_{ice} = Q_f + Q_{trans}$$

Dimana:

Q_f = Kalor sensibel ikan yang harus dipindahkan, kJ

Q_{trans} = Kalor transmisi total, kJ.

Selanjutnya laju peleburan es rata-rata diperoleh:

$$m_{ice} = \frac{m_{ice}}{\Delta t}$$

D. Prosedur Perhitungan

Kajian ini dilakukan sesuai prosedur perhitungan sebagai berikut:

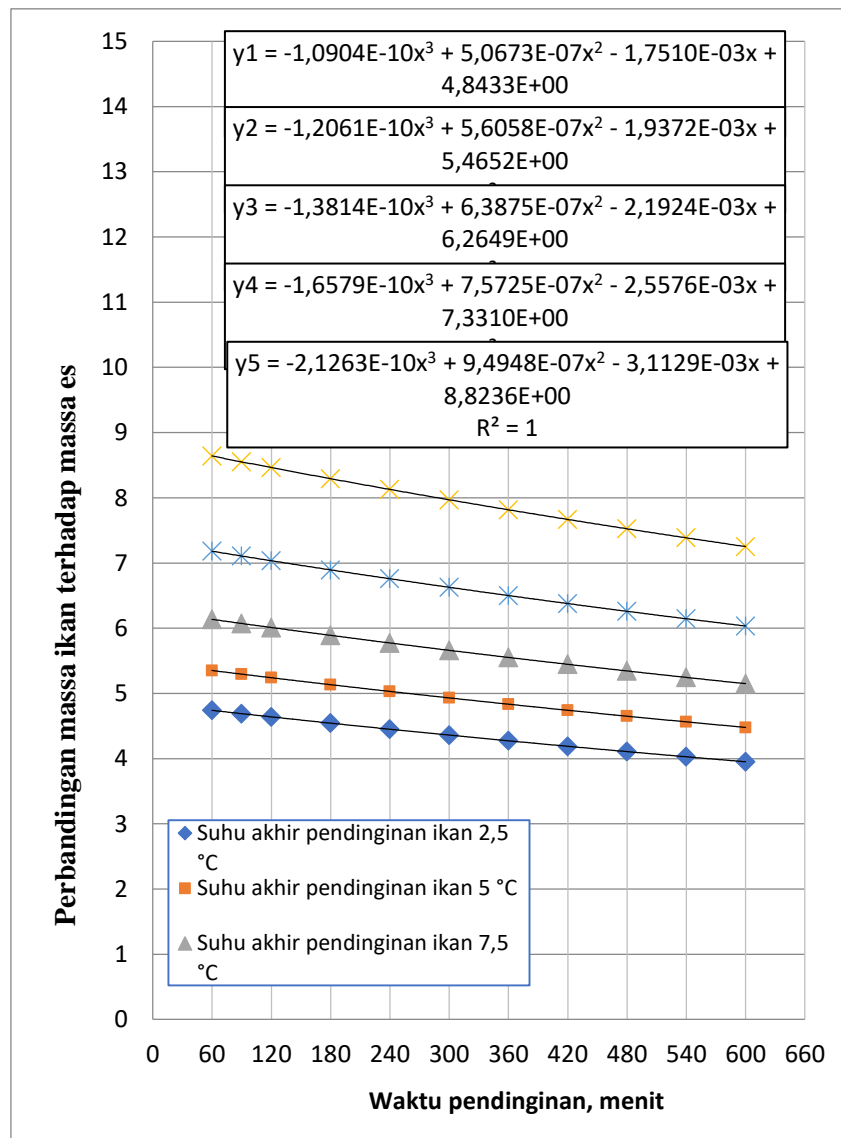
- 1) Menghitung beban kalor transmisi dan laju kalor transmisi serta massa es yang dibutuhkan untuk mengatasi beban kalor transmisi sesuai waktu pendinginan, suhu akhir pendinginan ikan dan kapasitas maksimum *cool box*.
- 2) Melakukan estimasi perubahan besar massa ikan sesuai waktu pendinginan, suhu akhir pendinginan ikan dan kapasitas maksimum *cool box*.
- 3) Menghitung beban kalor pendinginan ikan dan laju kalor pendinginan ikan serta massa es yang dibutuhkan untuk mengatasi beban kalor pendinginan ikan sesuai waktu pendinginan, suhu akhir pendinginan ikan dan kapasitas maksimum *cool box*.
- 4) Menghitung beban kalor pendinginan total dan laju kalor pendinginan total serta massa es total yang dibutuhkan untuk mengatasi beban kalor pendinginan total sesuai waktu pendinginan, suhu akhir pendinginan ikan dan kapasitas maksimum *cool box*.
- 5) Pengecekan total massa ikan dan massa es yang harus sesuai dengan kapasitas *cool box* 35 kg untuk berbagai variasi suhu akhir pendinginan ikan dan lama waktu pendinginan.
- 6) Menghitung perbandingan massa ikan terhadap massa es sesuai waktu pendinginan, suhu akhir pendinginan ikan dan kapasitas maksimum *cool box*.
- 7) Menghitung laju peleburan es sesuai waktu pendinginan, suhu akhir pendinginan ikan dan kapasitas maksimum *cool box*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik perbandingan massa ikan terhadap massa es sesuai waktu pendinginan untuk berbagai variasi suhu akhir pendinginan ikan serta sesuai dengan kapasitas maksimum *cool box* dapat ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2, terlihat bahwa untuk semua harga suhu akhir pendinginan ikan, semakin lama waktu pendinginan maka akan semakin mengecil angka perbandingan massa ikan yang dapat didinginkan terhadap massa es yang dibutuhkan.

Angka perbandingan yang semakin mengecil menunjukkan bahwa massa es yang diperlukan akan semakin besar dan sebaliknya angka perbandingan yang semakin membesar menunjukkan bahwa massa es yang diperlukan akan semakin kecil. Massa es yang semakin besar dengan semakin lamanya waktu pendinginan berhubungan dengan kebutuhan untuk

mengatasi beban pendingin yang semakin meningkat.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Massa Ikan Terhadap Massa Es Sesuai Waktu Pendinginan Untuk Berbagai Variasi Suhu Akhir Pendinginan Ikan

Pada Gambar 2 terlihat pula bahwa semakin besar suhu akhir pendinginan ikan, maka semakin besar angka perbandingan massa ikan terhadap massa es, yang mana menunjukkan semakin berkurangnya kebutuhan akan massa es.

Sesuai *trendline* yang terlihat pada Gambar 2, hubungan antara perbandingan massa ikan terhadap massa es dengan waktu pendinginan sesuai besar suhu akhir pendinginan ikan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= -1,0904E-10x^3 + 5,0673E-07x^2 - 1,7510E-03x + 4,8433 & R^2 &= 1 \\
 y_2 &= -1,2061E-10x^3 + 5,6058E-07x^2 - 1,9372E-03x + 5,4652 & R^2 &= 1 \\
 y_3 &= -1,3814E-10x^3 + 6,3875E-07x^2 - 2,1924E-03x + 6,2649 & R^2 &= 1 \\
 y_4 &= -1,6579E-10x^3 + 7,5725E-07x^2 - 2,5576E-03x + 7,3310 & R^2 &= 1 \\
 y_5 &= -2,1263E-10x^3 + 9,4948E-07x^2 - 3,1129E-03x + 8,8236 & R^2 &= 1
 \end{aligned}$$

Dimana y_1, y_2, y_3, y_4 dan y_5 , masing-masing adalah perbandingan massa ikan terhadap massa es untuk suhu akhir pendinginan ikan sebesar 2,5 °C, 5 °C, 7,5 °C, 10 °C dan 12,5 °C; sedangkan x adalah waktu pendinginan (menit).

4. SIMPULAN

Semakin lama waktu pendinginan maka akan semakin mengecil angka perbandingan massa ikan terhadap massa es. Sebaliknya, semakin besar suhu akhir pendinginan, maka semakin besar angka perbandingan massa ikan terhadap massa es. Hubungan antara perbandingan massa ikan terhadap massa es dengan waktu pendinginan sesuai besar suhu akhir pendinginan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y_1 = -1,0904E-10x^3 + 5,0673E-07x^2 - 1,7510E-03x + 4,8433 \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_2 = -1,2061E-10x^3 + 5,6058E-07x^2 - 1,9372E-03x + 5,4652 \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_3 = -1,3814E-10x^3 + 6,3875E-07x^2 - 2,1924E-03x + 6,2649 \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_4 = -1,6579E-10x^3 + 7,5725E-07x^2 - 2,5576E-03x + 7,3310 \quad (R^2 = 1,0000)$$

$$y_5 = -2,1263E-10x^3 + 9,4948E-07x^2 - 3,1129E-03x + 8,8236 \quad (R^2 = 1,0000)$$

Dimana y_1, y_2, y_3, y_4 dan y_5 , masing-masing adalah perbandingan massa ikan terhadap massa es untuk suhu akhir pendinginan ikan sebesar 2,5 °C, 5 °C, 7,5 °C, 10 °C dan 12,5 °C; sedangkan x adalah waktu pendinginan (menit).

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya di sertai penghargaan yang tak terhingga kepada:

- 1) Bapak Dr. Pieter Th. Berhиту, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pattimura.
- 2) Bapak B. G. Tentua, ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Pattimura.
- 3) Bapak A. Y. Leiwakabessy, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pattimura.
- 4) Bapak Bapak W. M. Rumaherang, ST., MS.Eng, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu serta kesempatan untuk menyelesaikan penulisan ini.
- 5) Ibu Cendy S. E. Tupamahu, ST., MT selaku selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk menyelesaikan penulisan ini.
- 6) Bapak Ir. R. Ufie, MT selaku Dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah membimbing dari awal hingga akhir penulisan ini.
- 7) Bapak J. Louhenapessy, ST., MT selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama menempuh masa studi ini.
- 8) Para dosen Fakultas Teknik khususnya dosen Teknik Mesin, serta karyawan dan karyawan Fakultas Teknik.
- 9) Kedua Orang Tua saya dan Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa demi tercapainya penulisan ini.
- 10) Teman-teman seperjuangan angkatan Teknik Mesin 2017 yang selalu memberikan dorongan kepada saya dalam penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Heating, & Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (1990). *1990 ASHRAE Handbook: Refrigeration Systems and Applications*. (B. Parsons, Ed.) Atlanta, United States: ASHRAE.
- Amirah, N. (2018). *Uji Keefektifan Penggunaan Campuran Ice Slurry Sebagai Sistem Pendingin Kapal Ikan Ditinjau Dari Titik Leleh, Tingkat Keracunan dan Faktor Ekonomi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Asiah, N., Cempaka, L., Ramadhan, K., & Matatula, S. H. (2020). *Prinsip Dasar Penyimpanan Pangan Pada Suhu Rendah*. Makassar: Nas Media Pustaka.
- Astawan, M. (2008). *Penanganan dan Pengolahan Hasil Perikanan di Atas Kapal*. Kota Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Deni, S. (2015). Karakteristik Mutu Ikan Selama Penanganan Pada Kapal Km. Cakalang . *Jurnal Ilmiah agribisnis dan Perikanan (agrikon UMMU-Ternate)*, 72-80.

- Halik, A. (2013). *Pengaruh Pemberian Es Terhadap Mutu Fisik Ikan Bandeng (Chanos-chanos)* . Pangkep: Politeknik Pertanian Negeri Pangkep.
- Hiola, S. K. (2018). Proses Penanganan Ikan Segar Pada Swalayan Di Kota Makassar. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 724-731.
- Hutapea, R. Y., Khikmawati, L. T., & Gusfirmansyah, W. (2019). Studi Penanganan Hasil Tangkapan Purse Seine Di Km Bina Maju Kota Sibolga. *Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 183-190.
- Ibrahim, R., & Dewi, E. N. (2008). Pendinginan Ikan Bandeng (Chanos Chanos Forsk.) Dengan Es Air Laut Serpihan (Sea Water Flake Ice) Dan Analisis Mutunya . *Saintek Perikanan*, 27-32.
- Irsyad, M., Anam, C., Risano, A. Y., & Amrul. (2021). Penggunaan Material Fasa Berubah Untuk Menjaga Kesegaran Ikan. *Jurnal Teknologi*, 153-160.