

**EFEKTIVITAS *PHASE CHANGE MATERIAL* (PCM) LEMAK IKAN
TENGGERI (*Scomberomorus commerson*) UNTUK MEMPERTAHANKAN
KESEGARAN MUTU UDANG PADA PENANGANAN UDANG DI ATAS
KAPAL SONDONG (*SCOOP NET*) DI PERAIRAN BANYUASIN,
SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya*



Oleh:

Shabilah Asmarani

08051182126006

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

**EFEKTIVITAS *PHASE CHANGE MATERIAL* (PCM) LEMAK IKAN
TENGGERI (*Scomberomorus commerson*) UNTUK MEMPERTAHANKAN
KESEGERAN MUTU UDANG PADA PENANGANAN UDANG DI ATAS
KAPAL SONDONG (*SCOOP NET*) DI PERAIRAN BANYUASIN,
SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya*

Oleh:

Shabilah Asmarani

08051182126006

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS *PHASE CHANGE MATERIAL* (PCM) LEMAK IKAN
TENGGERI (*Scomberomorus Commerson*) UNTUK MEMPERTAHANKAN
KESEKARAN MUTU UDANG PADA PENANGANAN UDANG DI ATAS
KAPAL SONDONG (*SCOOP NET*) DI PERAIRAN BANYUASIN,
SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI

***Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Bidang Ilmu Kelautan***

Oleh :

Shabilah Asmarani

08051182126006

Inderalaya, Juli 2025

Pembimbing II



Dr. Nabila Aprianti, S.T

NIP. 199704112024032001

Pembimbing I

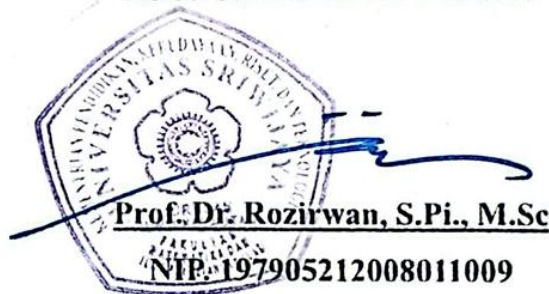


Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi

NIP. 197512312001122003

Mengetahui

Ketua Jurusan Ilmu Kelautan



Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc
NIP. 197905212008011009

Tanggal Pengesahan:

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Shabilah Asmarani
Nim : 08051182126006
Program Studi : Ilmu Kelautan
Judul Skripsi : Efektivitas *Phase Change Material* (PCM) Lemak Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commerson*) Untuk Mempertahankan Kesegaran Mutu Udang Pada Penanganan Udang di atas Kapal Sondong (*Scoop Net*) Di Perairan Banyuasin, Sumatera Selatan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

DEWAN PENGUJI

Ketua : Dr. Fitri Agustriani, S.Pi., M.Si
NIP. 197808312001122003


(.....)

Anggota : Ellis Nurjuliasti Ningsih, S.Kel., M.Si
NIP. 198607102022032001


(.....)

Anggota : Prof. Dr. Fauziyah, S.Pi
NIP. 197512312001122003


(.....)

Anggota : Dr. Nabila Aprianti, S.T
NIP. 199704112024032001


(.....)

Ditetapkan di : Indralaya
Tanggal :

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya **Shabilah Asmarani, NIM 08051182126006** menyatakan bahwa Karya Ilmiah/Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam karya ilmiah/ skripsi ini yang berasal dari penulis lainnya, baik dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua Karya Ilmiah/Skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Indralaya, 15 Juli 2025



Shabilah Asmarani
NIM. 08051182126006

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shabilah Asmarani
Nim : 08051182126006
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya berjudul:

“Efektivitas *Phase Change Material* (PCM) Lemak Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commerson*) Untuk Mempertahankan Kesegaran Mutu Udang Pada Penanganan Udang di atas Kapal Sondong (*Scoop Net*) Di Perairan Banyuasin, Sumatera Selatan”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya. **Skripsi ini dibiayai dan didukung dari penelitian skema RIIM BRIN a.n Prof. Dr. Fauziah, S.Pi tahun pertama 2024.** Segala sesuatu terkait penggunaan data dan publikasi skripsi ini, harus seizin **Prof. Dr. Fauziah, S. Pi.**

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 15 Juli 2025
Yang Menyatakan,



Shabilah Asmarani
NIM. 08051182126006

ABSTRAK

Shabilah Asmarani, 08051182126006. Efektivitas *Phase Change Material* (PCM) Lemak Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commerson*) Untuk Mempertahankan Kesegaran Mutu Udang Pada Penanganan Udang di atas Kapal Sondong (*Scoop Net*) Di Perairan Banyuasin, Sumatera Selatan (Pembimbing: Prof. Dr. Fauziah, S.Pi. & Dr. Nabila Aprianti, S.T.)

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *Phase Change Material* (PCM) yang berasal dari lemak ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) dalam mempertahankan mutu kesegaran udang hasil tangkapan kapal sondong di perairan Banyuasin, Sumatera Selatan. Tiga perlakuan sistem pendinginan diuji, yaitu es curah (kontrol), PCM, dan kombinasi PCM dengan es curah (*mix*), dengan rancangan acak lengkap (RAL) menggunakan 3 *coolbox* berkapasitas 10 liter. PCM dikemas dalam wadah alumunium *sachet* dan ditambahkan *carbon black* sebanyak 2,5 %. Temperatur udang dan sistem pendingin dalam *coolbox* serta udara di luar *coolbox* dimonitor secara *real-time* dan otomatis menggunakan sistem sensor termokopel tipe K. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *mix* mampu mempertahankan kestabilan temperatur yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya dengan rata-rata nilai efektivitas sebesar $-0,056^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. PCM menunjukkan kestabilan termal yang meningkat dari minyak tenggiri murni dengan energi laten sebesar 15,57 J/g saat meleleh dan -29,92 J/g saat membeku. Uji organoleptik menunjukkan mutu udang terbaik pada perlakuan *mix*, melebihi standar SNI. Secara ekonomi sederhana, perlakuan *mix* juga terbukti efisien dan ekonomis untuk penggunaan jangka panjang. Uji ANOVA dan Tukey mengonfirmasi perbedaan signifikan antar perlakuan.

Kata kunci: es curah, karbon hitam, lemak ikan tenggiri, organoleptik, PCM

Pembimbing II

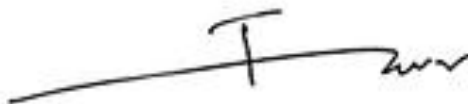


Dr. Nabila Aprianti, S.T

NIP. 199704112024032001

Inderalaya, Juli 2025

Pembimbing I



Prof. Dr. Fauziah, S. Pi

NIP. 197512312001122003

Mengetahui
Ketua Jurusan Ilmu Kelautan



Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc
NIP. 197905212008011009

Tanggal Pengesahan:

ABSTRACT

Shabilah Asmarani. 08051182126006. *Effectiveness of Phase Change Material (PCM) from Mackerel (*Scomberomorus commerson*) Fat in Maintaining the Freshness Quality of Shrimp During Onboard Handling Using Scoop Net Vessels in the Waters of Banyuasin, South Sumatra*
(Pembimbing: Prof. Dr. Fauziyah, S.Pi. & Dr. Nabila Aprianti, S.T.)

*This study aims to evaluate the effectiveness of Phase Change Material (PCM) derived from mackerel (*Scomberomorus commerson*) fat in maintaining the freshness quality of shrimp caught by scoop net vessels in the Banyuasin waters, South Sumatra. Three cooling system treatments were tested: crushed ice (control), PCM, and a combination of PCM with crushed ice (mix), using a completely randomized design (CRD) with three 10-liter coolboxes. The PCM was packaged in aluminum sachets and mixed with 2.5% carbon black. The temperature of the shrimp, the cooling system inside the coolbox, and the ambient air outside were monitored in real time and automatically using a type K thermocouple sensor system. The results showed that the mix treatment maintained temperature stability better than the other treatments, with an average effectiveness value of $-0.056^{\circ}\text{C}/\text{min}$. PCM showed enhanced thermal stability compared to the pure mackerel oil, with latent heat values of 15.57 J/g during melting and -29.92 J/g during freezing. Organoleptic tests indicated that the best shrimp quality was achieved in the mix treatment, exceeding the Indonesian National Standard (SNI). In a simple economic analysis, the mix treatment is also proven to be efficient and economical for long-term use. ANOVA and Tukey tests confirmed significant differences among treatments.*

Keywords: carbon black, crushed ice, mackerel oil, organoleptic, PCM

Supervisor II

Dr. Nabila Aprianti, S.T

NIP. 199704112024032001

Inderalaya, July 2025

Supervisor I

Prof. Dr. Fauziyah, S. Pi

NIP. 197512312001122003

Acknowledge,
Head of Marine Science Major

Prof. Dr. Rozirwan, S.PI., M.Sc
NIP. 197905212008011009

RINGKASAN

Shabilah Asmarani. 08051182126006. *Effectiveness of Phase Change Material (PCM) from Mackerel (*Scomberomorus commerson*) Fat in Maintaining the Freshness Quality of Shrimp During Onboard Handling Using Scoop Net Vessels in the Waters of Banyuasin, South Sumatra*
(Pembimbing: Prof. Dr. Fauziyah, S.Pi. dan Dr. Nabila Aprianti, S.T.)

Sektor perikanan di Sumatera Selatan, khususnya di Kabupaten Banyuasin, memiliki potensi besar dengan udang sebagai salah satu komoditas utama yang ditangkap menggunakan alat sondong. Namun, proses penanganan udang selama di kapal yang memakan waktu 10–12 jam seringkali mengalami penurunan mutu akibat sistem pendinginan konvensional menggunakan es curah yang memiliki kelemahan, seperti mempercepat pembusukan karena pencairan es. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan inovasi sistem pendinginan yang lebih efektif, salah satunya dengan pemanfaatan *Phase Change Material* (PCM) lemak ikan tenggiri yang mampu menyerap dan melepaskan energi termal secara efisien.

Penelitian ini dimulai pada Oktober 2024 di Laboratorium Eksplorasi Sumberdaya dan Akustik Kelautan FMIPA UNSRI, dilanjutkan survei PCM di perairan Banyuasin pada November 2024, dan analisis data di BRIN KST BJ Habibie pada Januari 2025. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan: 1) es curah, 2) PCM, dan 3) kombinasi PCM dan es curah (*mix*). Udang hasil tangkapan disimpan dalam *coolbox* berisi bahan pendingin sesuai perlakuan, dengan sensor suhu yang mencatat setiap 5 menit selama satu kali ulangan (1 *trip*), dan dilakukan tiga kali ulangan. Analisis data mencakup karakterisasi lemak ikan dan PCM, efektivitas pendinginan, organoleptik, ekonomi sederhana, serta uji *one way* ANOVA dan Tukey.

Hasil karakteristik lemak ikan tenggiri dan PCM menunjukkan potensi yang baik berdasarkan analisis DSC, FTIR, SEM-EDS, dan konduktivitas termal. Hasil DSC menunjukkan titik leleh PCM pada 2,9–3°C, lebih tinggi dari minyak tenggiri pada 2,1°C, dan titik beku PCM pada -1,4°C lebih rendah dibandingkan minyak tenggiri pada -0,1°C. PCM memiliki kestabilan termal yang lebih baik dibandingkan minyak tenggiri murni, dengan kapasitas energi laten sebesar 15,57 J/g saat proses

pelelehan dan $-29,92 \text{ J/g}$ saat pembekuan. Analisis FTIR mengungkapkan gugus fungsi utama seperti $\text{C}_{\text{sp}}^3\text{-H}$, C=O (ester), C=H (CH_2), C-H (CH_3), C-O , CH=CH (cis) tetap terdeteksi setelah modifikasi. SEM-EDS menunjukkan karbon hitam memiliki morfologi berpori dengan kandungan karbon 93,3%. Konduktivitas termal PCM ($0,150 \text{ W/mK}$) sedikit lebih rendah dari minyak tenggiri ($0,160 \text{ W/mK}$), namun masih cocok sebagai bahan penyimpan panas.

Efektivitas ketiga sistem pendingin dalam menurunkan temperatur dan menjaga mutu kesegaran udang menunjukkan bahwa *mix* merupakan metode yang paling unggul. *Mix* mampu menurunkan temperatur lebih cepat dibandingkan metode lainnya, dengan rata-rata penurunan temperatur mencapai $-0,056^\circ\text{C}/\text{menit}$. Selain itu, dari sisi kualitas organoleptik udang yang meliputi tekstur, warna, dan bau, sistem *mix* juga memberikan hasil terbaik dengan nilai efektivitas tertinggi sebesar 8,42, disusul oleh PCM murni sebesar 7,11, dan es curah sebesar 5,69.

Pada analisis ekonomi sederhana untuk skala *scale up* nelayan kapal sondong selama 1 tahun operasional, PCM memiliki biaya paling rendah namun kurang efektif menjaga kesegaran udang. Sementara itu, es curah justru memerlukan biaya paling tinggi, tetapi tidak memberikan hasil terbaik dalam menjaga kualitas kesegaran udang. Kemudian, *mix* memiliki biaya di kisaran tengah sehingga dinilai sebagai pilihan paling efisien dan ekonomis untuk penggunaan jangka panjang. Uji *One Way ANOVA* dan Tukey menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan pendinginan.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadiran **Allah SWT** yang senantiasa memberikan kemudahan, kelancaran, dan keberkahan bagi penulis dalam setiap langkahnya menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Dengan segenap rasa cinta dan kasih, penulis mempersembahkan tulisan ini untuk:

- ❖ Orang tua ter-paling hebat di muka bumi, **Bapak Budianto dan Ibu Krisna Herawati** yang telah mengorbankan banyak hal tak ternilai untuk membuka jalan penulis menuju pendidikan yang layak. Mungkin tidak pantas bagi penulis untuk hanya menyampaikan rasa terima kasih yang sungguh-sungguh melalui tulisan di halaman ini, penulis sangat amat sadar bahwa paragraf kecil ini tidak seberapa pantas jika disandingkan dengan banyaknya mimpi dari Bapak dan Ibu yang harus gugur demi menghantarkan penulis sampai pada titik ini. Tidak akan ada lelah bagi penulis untuk senantiasa mendoakan Bapak dan Ibu agar selalu sehat dan diberi waktu yang cukup hingga penulis dapat membalas budi dan kasih yang telah diberi selama ini.
- ❖ Anak-Anak Bulu Kesayanganku, Orel dan Cia. **Teruntuk cinta pertamaku, Orel** yang sudah lama berpulang... terima kasih sudah hadir dan memberi warna pada rumah yang waktu itu putih-abu, rest in peace and love. **Teruntuk si bungsu yang super cantik, Cia** yang telah memberikan banyak energi positif kepada penulis selama menyusun tulisan ini dan yang telah merekatkan keluarga pada banyaknya kebersamaan, hidup lebih lama ya adik.
- ❖ **Ibu Prof. Dr. Fauziah, S.Pi. dan Ibu Dr. Nabila Aprianti, S.T.** Dosen pembimbing yang saya kagumi dan hormati, terima kasih atas pengalaman baru yang penulis dapatkan melalui penelitian yang luar biasa yang telah Ibu percayakan kepada penulis. Segala proses bimbingan yang telah penulis jalankan bersama Ibu telah membuka jalan-jalan buntu yang penulis hadapi selama proses penulisan, dan penulis mengucapkan rasa terima kasih yang besar untuk dedikasi itu. Semoga kesehatan dan keberkahan selalu membersamai Ibu-Ibu sekalian.
- ❖ **Ibu Dr. Fitri Agustriani, S.Pi., M.Si. dan Ibu Ellis Nurjuliasti Ningsih, S.Kel., M.Si.** Dosen penguji yang saya kagumi dan hormati, terima kasih atas

arahan serta saran yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Semoga kesehatan dan keberkahan selalu membersamai Ibu-Ibu sekalian.

❖ **Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Ilmu Kelautan, serta Staf Tata Usaha Jurusan Ilmu Kelautan (Babe Marsai dan Pak Yudi)** yang saya hormati dan hargai, terima kasih atas segala ilmu dan bantuannya selama saya berproses di Jurusan Ilmu Kelautan.

❖ **Keluarga Besar Laboratorium ESAK**

1) **Ibu Dr. Fitri Agustriani, S.Pi., M.Si., Ibu Prof. Dr. Fauziyah, S.Pi., Ibu Ellis Nurjuliasti Ningsih, S.Kel., M.Si., dan Ibu Amanda Astri Pratiwi Febrianti, S.Kel., M.Si.,** selaku dosen laboratorium yang sudah memberikan saya kesempatan untuk menjadi bagian dari keluarga Lab. ESAK, terima kasih banyak karena dengan kesempatan tersebut saya banyak mendapatkan pengalaman juga ilmu yang bisa menjadikan saya seperti saat ini.

2) **Asisten Laboratorium ESAK Angkatan 2019, 2020, dan 2022,** terima kasih karena telah banyak menyumbang tawa sekaligus kebersamaan di hari-hari saya selama berada di esak. Semoga abang, kakak, juga adik-adik dapat menjalani hari-hari selanjutnya dengan penuh kebahagiaan seperti yang biasa kita bagikan bersama di ruangan *letter L* itu.

3) **Asisten Laboratorium ESAK Angkatan 2021,** sebagai teman seperjuangan menghadapi seluruh gebrakan Lab. ESAK sedari awal. Terima kasih sudah memberi banyak hari-hari menyenangkan, juga pelajaran yang berarti. Senang bisa menjalankan tanggung jawab ini bersama kalian.

❖ **Vemmy Suci Rahmadhani S.Kel. aka Pemi,** sahabat terdekatku. Dari 4 tahun menjalani hari menjadi penghuni ilmu kelautan tercinta, mungkin terhitung hanya 10 hari dimana aku tidak bercerita atau mendengar ceritamu, begitulah kira-kira gambaran “terdekat” yang aku sematkan bersamaan dengan namamu di awal tadi. Terima kasih sudah menjadi satu-satunya orang yang menerima apapun keadaan juga pikiranku. Banyak hal yang rasanya

tidak pernah bisa aku bagi ke siapapun, pada akhirnya keluar untuk aku ceritakan. Mungkin, tidak begitu banyak emosi yang kita bagi secara terang-terangan selama ini, namun ketahuilah bahwa menjadi temanmu sampai sekarang adalah satu hal terbaik yang pernah dihadirkan di hidupku. *I know it must be really weird to be this open about my feelings towards you, but deep down in my heart, I will always have u in number one list to be my friend again, even in my 20th lifes.*

- ❖ **Sonia Kim, S.Kel.**, sebagai sahabat menerjang badai lintas, juga teman bertahan hidup di kos 10 kamar itu. Terima kasih sudah membagi banyak sekali kebahagiaan dari hal-hal super kecil. Menjadi teman baik denganmu adalah salah satu hal yang paling disyukuri oleh penulis selama menjadi asisten Lab. Esak. Semoga sonia, gala, miok, kitty, dan keluarga selalu sehat.
- ❖ **Aulia Annies Qur'anum, S.Pd.**, sebagai temanku dari SMP yang juga menemaniku menghadapi banyak cobaan selama maba di kost tingkat 3 itu. Terima kasih telah banyak meluangkan waktu juga tenaga mendengarkan keluh kesah juga ikut membantu penulis tetap waras. *#Jimin_loves_us*
- ❖ Untuk temanku sedari cimit-cimit, **Wacana (Vemmy, Jeje, Nana, Destri)**, yang telah menemaniku melalui banyak sekali hal dari yang menyenangkan, tekanan menjadi adik adik maba, terhimpit banyaknya laporan juga uas praktikum, sampai sekarang. Terima kasih sudah mau menghabiskan 4 tahun bersama-sama, walaupun dengan banyaknya lelah, marah, dan sedih yang mendatangi masing-masing kita, aku masih dan akan tetap bersyukur punya kalian sampai sekarang. Semoga hari-hari baik menanti kalian, dan mimpi yang sedang atau akan diperjuangkan bisa menjadi milik kita.
- ❖ **Brot Brot Family (Athyah, Hilma, Ega)**, yang telah mengisi banyak hari-hari penulis dengan pengalaman yang luar biasa di luar nalar dan sudah pasti membekas untuk waktu yang tidak sebentar. Terima kasih sudah hadir dan menguatkan penulis di masa “kritis” waktu itu (*#ytta*). Semoga perjalanan kalian menjemput mimpi masing-masing dipenuhi bunga-bunga. *What a blessing to have shared all those memories with you, ones I'll treasure for a lifetime.*

- ❖ **Tim Sondong (Jeje, Athyah)** beserta **Kapten (Ridho & Kak Oka)** dan **ABK (Iwan, Assyura)**. Terima kasih sudah banyak membantu selama proses penelitian penulis, terkhusus saat di lapangan. 15 hari bertahan hidup di sungsang saat itu menjadi sedikit lebih ringan dengan banyaknya kelakar dan spam main song tiap malam. Untuk **Athyah**, sebagai *partner* berjuang dari ide brilian mamah (PCM), senang untuk bisa menjalani hari-hari penuh gebrakan bersama-sama, semoga semua kebaikan dan bantuan yang selama ini penulis dapatkan bisa dihadihkan kembali buatmu.
- ❖ **Thalassa'21**, terima kasih untuk semua kebersamaan dan pelajaran yang sudah dibagi bersama-sama. Semoga mimpi dari masing-masing kalian diberikan kelancaran untuk bisa tercapai, *It's been a joy sharing the same journey with all of you, cheers to the brighter paths ahead!*
- ❖ Terakhir, karya ini aku rayakan untuk **diriku sendiri, Shabilah Asmarani**. Selamat. Selamat atas gelar yang sudah tersematkan di namamu. Semoga apapun yang menantimu di depan bisa kamu tahan, persis seperti sebelum-sebelumnya. Hidup lebih lama lagi ya, nanti kita asah lagi perisainya sama-sama, agar tahannya bisa sampai kita jemput bahagia. Gapapa kalau sekarang semuanya belum kamu genggam, gapapa kalau hidup kamu warnanya gasama kaya film-film *Barbie* yang sering kita tonton waktu kecil, tapi kamu punya aku. Kita bisa usahain mimpinya sama-sama, karena aku masih mau punya rumah yang harum dan hangat, yang kalau kita pulang, kita tenang.

“But perhaps you hate a thing and it is good for you, and perhaps you love a thing and it is bad for you. And Allah knows, while you don't”

Surah Al-Baqarah (2:216)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan ridho-Nya penulis dapat diberikan kemudahan dan kelancaran sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Efektivitas *Phase Change Material* (PCM) Lemak Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commerson*) untuk Mempertahankan Kesegaran Mutu Udang pada Penanganan Udang di atas Kapal Sondong (*Scoop Net*) Di Perairan Banyuasin, Sumatera Selatan” tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu Prof. Dr. Fauziah, S.Pi. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dr. Nabila Aprianti, S.T. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktunya untuk membimbing penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi sehingga dapat berjalan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dr. Fitri Agustriani, S.Pi., M.Si. selaku dosen penguji I dan Ibu Ellis Nurjuliasti Ningsih, S.Kel., M.Si selaku dosen penguji II yang telah banyak memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun sehingga skripsi ini menjadi lebih baik. Semoga dengan adanya skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Indralaya, 15 Juli 2025



Shabilah Asmarani

NIM.08051182126006

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
RINGKASAN	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Phase Change Material</i> (PCM).....	7
2.2 Ikan Tenggiri (<i>Scomberomorus commerson</i>).....	8
2.3 <i>Cold Chain</i> dalam Perikanan.....	9
2.4 Penanganan Udang di Atas Kapal	10
2.5 Kesegaran Mutu Udang.....	10
III METODOLOGI	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Metode Penelitian.....	13
3.3.1 Pembuatan PCM Lemak Ikan Tenggiri.....	13
3.3.2 Perancangan <i>Set Up Coolbox</i> dengan Sensor Suhu	14
3.3.3 Rancangan Percobaan	14
3.3.4 Pengukuran Temperatur	15
3.4 Analisis Data.....	16
3.4.1 Karakterisasi Lemak Ikan dan PCM.....	16
3.4.3 Efektivitas PCM, Es Curah, dan <i>Mix</i> Sebagai Sistem Pendingin Udang	17
3.4.4 Organoleptik Udang Skala Laboratorium.....	18
3.4.5 Perhitungan Ekonomi Sederhana.....	19
3.4.6 Hubungan Perlakuan Pendinginan Terhadap Temperatur Udang dan Sistem Pendingin di dalam <i>Coolbox</i>	19

IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Rancangan PCM, <i>Coolbox</i> , dan Percobaan di Lapangan	20
4.1.1 Desain PCM dan <i>Set Up Coolbox</i> Skala Penelitian	20
4.1.2 Desain PCM dan <i>Set Up Coolbox Scale Up</i> Untuk Nelayan Kapal Sondong	22
4.1.3 Rancangan <i>Coolbox</i> dan Sensor Suhu di atas Kapal Sondong	24
4.2 Karakterisasi Lemak Ikan dan PCM	25
4.2.1 DSC	25
4.2.2 FTIR	29
4.2.3 SEM-EDS	31
4.2.4 <i>Thermal Conductivity</i>	33
4.3 Efektivitas Sistem Pendingin Terhadap Laju Temperatur Udang	34
4.3.1 Laju Temperatur Pada Udang dan Sistem Pendingin di Dalam <i>Coolbox</i>	34
4.3.2 Laju Temperatur Pada Udara di Luar <i>Coolbox</i>	44
4.3.3 Analisis Efektivitas Bahan Pendingin	45
4.4 Analisis Kesegaran Mutu Udang dengan Uji Organoleptik Udang	47
4.5 Efisiensi Ekonomi Sederhana	49
4.6 Uji ANOVA <i>One Way</i> dan Uji Lanjut Tukey	52
4.6.1 Uji ANOVA <i>One Way</i>	52
4.6.2 Uji Lanjut Tukey	53
V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal.
1. Alat dan Bahan Penelitian di Lapangan	11
2. Alat dan Bahan Penelitian di Laboratorium	12
3. Pengukuran Temperatur	16
4. Scoresheet Organoleptik Udang Segar.....	18
5. Gugus Fungsi Puncak Absorbandi dalam Spektrum FTIR Minyak Tenggiri dan PCM Minyak Tenggiri.....	30
6. Distribusi Atomik Unsur pada Carbon black Berdasarkan Spektrum EDS	32
7. Rata-Rata Nilai Konduktivitas Termal dan Temperatur Lingkungan Carbon black, Minyak Ikan Tenggiri, dan PCM Tenggiri.....	33
8. Nilai Efektivitas Bahan Pendingin	45
9. Rata-Rata Nilai Hasil Uji Organoleptik Udang dengan Tiga Metode Pendinginan.....	47
10. Rancangan Anggaran Biaya Skala Penelitian 1 Kali Operasional	50
11. Rancangan Anggaran Biaya Scale Up Untuk Nelayan Kapal Sondong 1 Kali Operasional	50
12. Rancangan Anggaran Biaya Penelitian dan Scale up Nelayan Sondong Selama 1 Tahun (192 Kali Operasional)	51
13. Hasil Uji ANOVA Temperatur Udang.....	52
14. Hasil Uji ANOVA Temperatur Bahan Pendingin	52
15. Hasil Uji ANOVA Temperatur Udara dalam Coolbox	53
16. Hasil Uji Lanjut Tukey Temperatur Udang.....	53
17. Hasil Uji Lanjut Tukey Temperatur Bahan Pendingin.....	54
18. Hasil Uji Lanjut Tukey Temperatur Udara dalam Coolbox	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal.
1. Kerangka Pikir	5
2. Peta Lokasi Penelitian	11
3. Bagan Alur Prosedur Penelitian	13
4. Set up cool box.....	14
5. Rancangan Percobaan	15
6. Desain dan Prototipe PCM Lemak Ikan Tenggiri	20
7. Desain Set Up Coolbox Skala Penelitian	21
8. Desain Kemasan PCM Lemak Ikan Tenggiri Scale Up Nelayan Kapal Sondong.....	22
9. Desain Set Up Coolbox Kapal Sondong	23
10. Desain Rancangan Coolbox dan Sensor Suhu di atas Kapal Sondong	24
11. Dokumentasi Asli Peletakkan Coolbox dan Sensor Suhu di dalam Rumah Kapal.....	25
12. Hasil Pemanasan (Heating) Minyak Ikan Tenggiri dengan DSC.....	26
13. Hasil Pemanasan (Heating) PCM Lemak Ikan Tenggiri dengan DSC.....	26
14. Hasil Pendinginan (Cooling) Minyak Ikan Tenggiri dengan DSC	28
15. Hasil Pendinginan (Cooling) PCM Lemak Ikan Tenggiri dengan DSC	28
16. Hasil Spektrum Minyak Ikan Tenggiri.....	30
17. Hasil Spektrum PCM Ikan Tenggiri.....	30
18. Morfologi Permukaan Carbon black dengan Mikroskop SEM pada Perbesaran (a) 5.000x, (b) 20.000×, (c) 35.000×, dan (d) 80.000×	31
19. Perbandingan Perubahan Temperatur Udang dengan 3 Perlakuan Pendinginan yang Berbeda Ulangan 1	34
20. Perbandingan Perubahan Temperatur Udang dengan 3 Perlakuan Pendinginan yang Berbeda Ulangan 2	35
21. Perbandingan Perubahan Temperatur Udang dengan 3 Perlakuan Pendinginan yang Berbeda Ulangan 3	36
22. Perbandingan Rata-Rata Temperatur Udang dengan 3 Perlakuan Pendinginan yang Berbeda Ulangan 1, 2, dan 3	36
23. Perbandingan Perubahan Temperatur Bahan Pendingin Ulangan 1.....	38
24. Perbandingan Perubahan Temperatur Bahan Pendingin Ulangan 2.....	38
25. Perbandingan Perubahan Temperatur Bahan Pendingin Ulangan 3.....	39
26. Perbandingan Rata-Rata Temperatur Bahan Pendingin Ulangan 1, 2, dan 3.....	40
27. Perbandingan Perubahan Temperatur Udara Coolbox dengan 3 Perlakuan Pendinginan yang Berbeda Ulangan 1	41
28. Perbandingan Perubahan Temperatur Udara Coolbox dengan 3 Perlakuan Pendinginan yang Berbeda Ulangan 2	41
29. Perbandingan Perubahan Temperatur Udara Coolbox dengan 3 Perlakuan Pendinginan yang Berbeda Ulangan 3	42
30. Perbandingan Perubahan Temperatur Udara <i>Coolbox</i> dengan 3 Perlakuan Pendinginan yang Berbeda <i>Ulangan</i> 1, 2, dan 3.....	43
31. Perubahan Temperatur Udara Luar Coolbox Ulangan 1, 2, dan 3	44

32. Tampak Seluruh dari Udang Setelah Pendinginan dengan Bahan Pendingin (a) Kontrol (Es) (b) PCM (c) Mix	48
33. Bagian Kepala dari Udang Setelah Pendinginan dengan Bahan Pendingin (a) Kontrol (Es) (b) PCM (c) Mix	48
34. Bagian Badan-Ekor dari Udang Setelah Pendinginan dengan Bahan Pendingin (a) Kontrol (Es) (b) PCM (c) Mix.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal.
1. Pengukuran Temperatur Udang, Bahan Pendingin, Udara <i>Coolbox</i> , dan Udara Luar	64
2. Scoresheet Organoleptik Udang Segar dengan Es curah, PCM, dan Mix (PCM & Es curah).....	67
3. Dokumentasi Kegiatan	72

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor perikanan di Provinsi Sumatera Selatan merupakan sektor unggulan yang berperan penting dalam kehidupan sebagian besar masyarakat sekitar (Heirina dan Ayub, 2023). Banyuasin yang merupakan salah satu kabupaten yang berada di Sumatera Selatan memiliki potensi sebagai sentra perikanan tangkap (Ridho dan Patriono, 2017). Produksi perikanan tangkap di Banyuasin pada tahun 2020 adalah sebesar 53.344 ton dan meningkat 3,8% di tahun 2021 menjadi 55.373 ton (BPS Sumatera Selatan, 2023). Udang menjadi salah satu di antara komoditas perikanan di Banyuasin dengan nilai produksi 4.613 ton pada tahun 2023 (Dinas Perikanan Banyuasin, 2024).

Salah satu alat tangkap yang umum digunakan oleh nelayan di Banyuasin, khususnya di Desa Sungsang, adalah sondong (*scoop net*), yang berperan penting dalam meningkatkan jumlah produksi perikanan tangkap di wilayah tersebut (Aidil, 2023). KEPMEN KP No 6 (2010) mengklasifikasikan sondong ke dalam pukat hela (*trawls*). Kelompok jenis pukat hela terbuat dari jaring berkantong yang dilengkapi dengan atau tanpa alat pembuka mulut jaring. Menurut Pramesthy dan Hutapea (2020), alat tangkap sondong merupakan alat tangkap yang memiliki target utama tangkapan jenis udang.

Waktu yang diperlukan kapal sondong dari dilakukannya proses penangkapan hingga tiba di daratan adalah sekitar 10-12 jam. Selama periode tersebut, mutu kesegaran hasil tangkapan harus tetap dijaga. *Cold chain* merupakan sistem rantai pendinginan berkelanjutan yang berfungsi untuk menjaga kualitas hasil tangkapan mulai dari penangkapan, penyimpanan di atas kapal, hingga distribusi ke pasar atau konsumen akhir (Mustakim *et al.* 2023). Penerapan *cold chain* yang baik dapat membuat risiko kerusakan selama perjalanan dapat diminimalkan, sehingga kualitas udang yang merupakan target utama tangkapan sondong tetap terjaga. Dengan demikian, penanganan hasil tangkapan di atas kapal menjadi penting untuk diperhatikan.

Tavares *et al.* (2021) menyatakan udang merupakan salah satu produk kelautan dan perikanan yang sangat mudah rusak (*perishable goods*). Menurut

Suranaya *et al.* (2012) beberapa faktor yang membuat udang cepat mengalami pembusukan antara lain tingginya kandungan protein yang menjadi sumber nutrisi bagi bakteri pembusuk, serta kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri, seperti temperatur, pH, kelembapan, tingkat kebersihan, dan kadar air yang tinggi dalam penyimpanan. Fikri *et al.* (2022) menyatakan teknik penanganan udang segar turut berpengaruh terhadap kualitas mikrobiologis udang.

Mutu hasil perikanan tangkap seperti udang dapat dijaga melalui penyimpanan dengan metode pendinginan atau sistem refrigerasi (Das dan Ganguly, 2014). Penanganan udang segar yang umum dilakukan adalah dengan memberikan es untuk menurunkan temperatur udang secara cepat hingga mencapai temperatur pendinginan atau mendekati 0°C (Saputra, 2017). Kapal sondong termasuk ke dalam kapal yang menggunakan metode es curah sebagai pendingin untuk penanganan di atas kapal. Namun, Kusumah (2015) menyatakan bahwa sistem pendinginan atau refrigerasi konvensional berbasis es curah sebagai media pendingin masih memiliki kelemahan, yaitu saat es mencair, airnya membasahi udang, melarutkan protein di dalamnya, dan mempercepat pembusukan.

Berdasarkan hal ini, diperlukan upaya untuk mempertahankan kesegaran mutu udang dengan menyimpannya pada temperatur rendah tanpa mengurangi kualitasnya. Salah satu metode yang bisa digunakan dalam mempertahankan kesegaran mutu udang hasil tangkapan ini adalah dengan menggunakan *Phase Change Material* (PCM), yang memanfaatkan perubahan fase untuk menyerap atau melepaskan energi termal secara efisien (Sutterlin, 2014). Teknologi ini digunakan dalam sistem pendinginan karena dapat menyimpan energi termal dalam bentuk kalor laten (Veva *et al.* 2023).

PCM dikategorikan menjadi organik, anorganik, dan eutektik (Boussaba *et al.* 2019). PCM organik berbasis asam lemak memiliki kemampuan menyimpan energi panas laten secara efisien (Yuan *et al.* 2018), dan dapat berasal dari minyak nabati maupun hewani, termasuk minyak ikan tenggiri. Suamir dan Rasta (2019) menunjukkan bahwa bio-PCM berbasis ester minyak jagung mampu menurunkan siklus kerja kompresor *chest freezer* dan menjaga temperatur produk di dalam *freezer* tetap di bawah -15°C tanpa peningkatan konsumsi energi. Temuan ini

menunjukkan potensi PCM asam lemak untuk penanganan produk perikanan seperti udang.

Ikan tenggiri merupakan salah satu komoditas utama dengan nilai produksi tertinggi di Banyuasin, mencapai 635 ton pada 2022 dan melonjak menjadi 3.041 ton pada 2023 (Dinas Perikanan Banyuasin, 2024). Tingginya minat masyarakat terhadap produk makanan berbahan dasar ikan tenggiri terlihat dari banyaknya olahan berbahan ikan ini yang dijual. Namun, proses produksinya sering menghasilkan limbah berupa minyak ikan tenggiri yang belum dimanfaatkan secara optimal. Kandungan lemaknya yang tinggi berpotensi menjadikannya bahan baku PCM. Penelitian Sudiariastuti (2011) menunjukkan bahwa dalam 100 gr daging segar ikan tenggiri terdapat lemak sebesar 6,3 %.

Sepanjang penelusuran peneliti, penelitian mengenai laju *Phase Change Material* (PCM) yang memanfaatkan lemak ikan tenggiri sebagai bahan pengganti es curah untuk menjaga kesegaran udang dalam sistem penanganan di atas kapal sondong, belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk memberikan informasi yang relevan bagi pengembangan teknologi pendinginan di industri perikanan, khususnya pada kapal dengan alat tangkap sondong. Secara garis besar, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas limbah lemak ikan tenggiri sebagai PCM dalam mempertahankan mutu kesegaran udang selama penanganan di atas kapal, sekaligus menawarkan solusi ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah ikan.

1.2 Rumusan Masalah

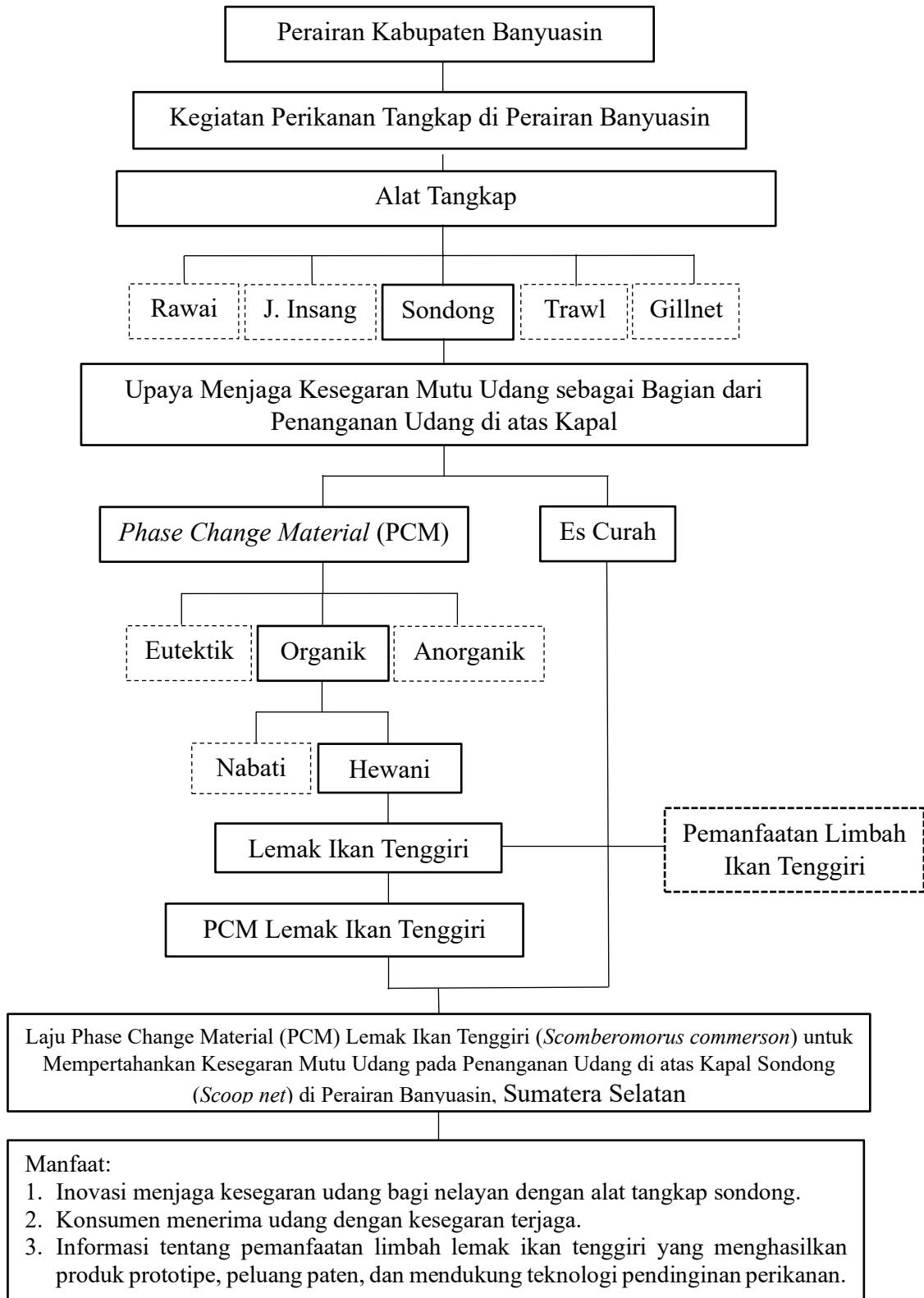
Menjaga kesegaran udang merupakan tantangan besar dalam industri perikanan, terutama terkait fluktuasi temperatur selama proses penanganan dan distribusi yang dapat menyebabkan penurunan kualitas, pertumbuhan bakteri, dan hilangnya nilai nutrisi. Metode pendinginan konvensional menggunakan es curah, meskipun umum digunakan, memiliki sejumlah keterbatasan. Es curah cenderung memberikan laju pendinginan yang tidak merata, membutuhkan ruang penyimpanan yang besar, serta berisiko menyebabkan kontaminasi mikroba jika tidak dikelola dengan baik.

Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian ini berfokus pada penggunaan *Phase Change Material* (PCM) sebagai pengganti es curah, dengan memanfaatkan limbah lemak ikan tenggiri. PCM dapat menyerap dan melepaskan kalor laten pada temperatur tertentu, menjaga temperatur produk tetap stabil lebih lama dibandingkan es curah. Dengan memanfaatkan limbah lemak ikan tenggiri, yang kaya akan lemak dan tersedia sebagai bahan sisa dari industri perikanan, PCM ini diharapkan menjadi solusi yang lebih efektif dan ramah lingkungan dalam menjaga kesegaran udang. Substitusi es curah dengan PCM berbasis limbah ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pendinginan, tetapi juga memanfaatkan limbah yang selama ini kurang dimanfaatkan.

Dengan permasalahan tersebut, maka ada beberapa rumusan masalah yang dapat dikaji sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik lemak ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) sebagai bahan baku *Phase Change Material* (PCM) dan karakteristik setelah menjadi PCM?
2. Bagaimana efektivitas penggunaan PCM lemak ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) sebagai sistem pendingin pada penanganan udang di atas kapal sondong?
3. Bagaimana kualitas organoleptik udang berdasarkan penanganan udang di atas kapal sondong menggunakan sistem pendingin es curah dan PCM lemak ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*)?
4. Bagaimana efisiensi ekonomi sederhana dari perbedaan perlakuan pendinginan udang di atas kapal?
5. Bagaimana perbedaan temperatur udang dan sistem pendingin di dalam *coolbox* berdasarkan perbedaan perlakuan pendinginan?

Kerangka pikir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Kerangka Pikir

Keterangan:

———— : Kajian Penelitian
 - - - - - : Di Luar Kajian Penelitian

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik lemak ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) sebagai bahan baku *Phase Change Material* (PCM) dan karakteristik setelah menjadi PCM.
2. Menganalisis efektivitas penggunaan PCM lemak ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) sebagai sistem pendingin pada penanganan udang di atas kapal sondong.
3. Mengidentifikasi kualitas organoleptik udang berdasarkan penanganan udang di atas kapal sondong menggunakan es curah dan PCM lemak ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*).
4. Mengkaji efisiensi ekonomi sederhana antara perlakuan pendinginan udang yang berbeda.
5. Menganalisis perbedaan dalam temperatur udang dan sistem pendingin di dalam *coolbox* berdasarkan perbedaan perlakuan pendinginan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, meliputi:

1. Sebagai inovasi untuk menjaga kesegaran mutu udang hasil tangkapan bagi nelayan dengan alat tangkap sondong
2. Konsumen mendapatkan udang dalam kondisi kesegaran mutu terjaga
3. Informasi tentang pemanfaatan limbah lemak ikan tenggiri yang menghasilkan produk prototipe, peluang paten, dan mendukung teknologi pendinginan perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcock B, Peters T, Tiwari A. 2020. The effect of hot air exposure on the mechanical properties and carbon dioxide permeability of hydrogenated nitrile butadiene rubber (HNBR) with varying *carbon black* content. *Polymer Testing* Vol. 82
- Aidil MH. 2023. Persepsi Nelayan Terhadap Peraturan Penempatan Alat Tangkap Pukat Hela (*Trawl*) di Desa Pesisir Banyuasin, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. [Skripsi]. Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya
- Alief I, Usna SRA, Astuti, Oktamuliani A. 2024. Efektivitas perubahan fase material KCL/H₂O sebagai sistem pendingin ikan laut. *Jurnal Fisika Unand* Vol. 13(1): 8-14
- Aminatuzzuhra R, Purwaningsih, Susanto N. 2016. Simulasi *cold chain system* pada rantai distribusi ikan untuk mengukur peningkatan mutu ikan di Kota Semarang. *Industrial Engineering Online Journal* Vol. 5(4): 1-12
- Anwar, A. (2009). *Statistika untuk penelitian pendidikan dan aplikasinya dengan SPSS dan excel*. Kediri: IAIT Press
- Arslan FN, Çağlar F. 2019. Attenuated total reflectance–Fourier transform infrared (ATR–FTIR) spectroscopy combined with chemometrics for rapid determination of cold-pressed wheat germ oil adulteration. *Food Analytical Methods* Vol. 12(2): 355-370
- Asriani, Yuniarti T, Indratama A. 2023. Karakteristik mutu, kelayakan dasar, dan penerapan *hazard analysis critical control point* (HACCP) pada pengolahan udang masak beku di PT. XYZ. *Bulletin Jalanidhitah Sarva Jivitam* Vol. 5(2): 149-165
- Astawan M. 2019. *Penanganan dan pengolahan hasil perikanan*. Universitas Terbuka
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Selatan. 2023. *Produksi Perikanan Tangkap Kabupaten Banyuasin 2020-2021*
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. *Arang Aktif Teknis*. SNI 06-3730-1995. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. *Udang Segar – Bagian 1: Spesifikasi*. SNI 2728:2006. Jakarta
- Bemis R, Nelson, Ngatijo, Nurjanah S, Maghviroh NA. 2019. Sintesis dan karakterisasi fotokatalis ZnO/karbon aktif (ka) dan aplikasinya pada degradasi rhodamin B. *Chempublish Journal* Vol. 4(2): 101-113

- Boussaba L, Makhoulf S, Foufa A, Lefebvre G, Royon L. 2019. Vegetable fat: a low-cost bio-based phase change material for thermal energy storage in buildings. *Journal of Building Engineering* Vol. 21(1): 222-229
- Collette BB, Nauen CE. 1983. *FAO species catalogue Vol. 2. (scombrids of the world: an annotated and illustrated catalogue of tunas, mackarels, bonitos and related species known to date*. Food and Agriculture (FAO)
- Cunha DSRL, Aguiar DJLB. 2020. phase change materials and energy efficiency of buildings: a review of knowledge. *Journal of Energy Storage* Vol. 27
- Das PK, Ganguly S. 2014. Chilling and freezing techniques for fish preservation and maintenance of quality parameters: a review. *Ind. J. Sci. Res. and Tech* Vol. 2(6): 3-5
- Efendi R, Darwin, Badia BA, Tando A, Herlina, Padang WL. 2023. Rancang bangun *data logger* termokopel berbasis Arduino mega 2560 skala laboratorium. *Machine: Jurnal Teknik Mesin* Vol. 9(2): 15-19
- El-Rahman EA, Mahmoud N, Badawy AEK, Younis S. 2018. Extraction of fish oil from viscera. *Egyptian Journal of Chemistry* Vol. 61(2): 225-235
- Erdiwansyah, Gani A, Desvita H, Mahidin, Viena V, Mamat R, Sardjono RE. 2024. Analysis study and experiments SEM-EDS of particles and porosity of empty fruit bunches. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* Vol. 9
- Fauzan I, Korawan AD. 2019. Penggunaan pcm sebagai material penyimpan kalor pada lemari pendingin. *SIMETRIS* Vol. 13(1): 6-8
- Fikri B, Barokah, Wasum, Dharma D, Ramadhani A. 2022. Studi eksperimen penggunaan *phase change material* sebagai media pendingin pada *cool box*. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Kelautan dan Perikanan*: 119-123
- Furuvik NC, Wang L, Jaiswal R, Thapa R, Eikeland MS, Moldestad BM. 2022. Experimental study and sem-eds analysis of agglomerates from gasification of biomass in fluidized beds. *Energy* Vol. 252: 1-11
- Gazda W, Koziol J. 2013. The estimation of energy efficiency for hybrid refrigeration system. *Applied Energy* Vol. 101(2): 49-57
- Gill P, Moghadam TT, Ranjbar B. 2010. Differential scanning calorimetry techniques: applications in biology and nanoscience. *Journal of Biomolecular Techniques* Vol. 21: 167-193
- Gomez KA, Gomez AA. 1984. *Statistical procedures for agrivultures research*. John Wiley & Sons, Inc.: United States of America

- Guillen MD, Cabo N. 1997. Infrared spectroscopy in the study of edible oils and fats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* Vol. 75(1): 1-11
- Hadisoebroto G, Dewi L, Hanifah HN. 2023. Efektivitas adsorpsi karbon aktif kulit nangka sebagai bioadsorben logam Pb dari limbah industri farmasi. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan* Vol. 14(1): 8-16
- Haris A, Nurhilal O, Aningsih SS. 2019. Pengaruh konsentration aktivator terhadap daya serap iodine arang aktif dari limbah daun ki sabun (*Filicium decipiens*) dan daun mahoni (*Swietenia mahogani*). *Jurnal Material dan Energi Indonesia* Vol. 9(1): 1-7
- Haryowidagdo H. 2017. Kajian teknis dan ekonomis perancangan *reefer container* berbasis teknologi *phase change material* untuk aplikasi di kapal. *Tugas Akhir. Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya*
- Heirina A, Ayub A. 2023. Inklusifitas sektor perikanan dalam pembangunan berkelanjutan di Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Perikanan Unram* Vol. 13(2): 613-620
- Hidayat N, Rachmawani D, Saputra F, Putra AAE, Safitri L, Marsanda, Asyirah N, Sukmawati SK. 2024. Program pemberdayaan ibu rumah tangga di Kelurahan Juata Kerikil, Kota Tarakan: meningkatkan pendapatan dan gizi masyarakat melalui pengolahan daging ikan tenggigi menjadi olahan pempek. *Jurnal Pengabdian Masyarakat* Vol. 2(2): 1-8
- Irnawati, Riyanto S, Martono S, Rohman A. 2020. The employment of fir spectroscopy and chemometrics for authentication pumpkin seed oil from sesame oil. *Food Research* Vol. 4(1): 42-48
- Irsyad M, Anam C, Risano AYE, Amrul. 2021. Penggunaan material fasa berubah untuk menjaga kesegaran ikan. *Jurnal Teknologi* Vol. 13(2): 153-160
- Jiao K, Lu L, Zhao L, Wang G. 2024. Towards Passive Building Thermal Regulation: A State-of-the-Art Review on Recent Progress of PCM-Integrated Building Envelopes. *Sustainability* Vol. 16(6482): 1-27
- Kaisersberger E. 1989. DSC investigations of the thermal characterization of edible fats and oils. *Thermochimica acta* Vol. 151: 83-90.
- Kebblinski P, Eastman JA, Cahill DG. 2005. Nanofluids for thermal transport. *Materials Today* Vol. 8(6): 36-44
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. 2010. *Alat Penangkapan Ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia*. Kep.06/MEN/2010. Jakarta

- Kim MI, Cho JH, Bai BC, Im JS. 2020. The control of volume expansion and porosity in carbon block by *carbon black* (CB) addition for increasing thermal conductivity. *Applied Sciences* Vol. 10(17): 60681-10
- Kusumah PA. 2015. Performance of difference ice-forms melting process. *Journal of Marine Fisheries* Vol. 6(1): 97-108
- Lin Y, Jia Y, Alva G, Fang G. 2018. Review on thermal conductivity enhancement, thermal properties and applications of phase change materials in thermal energy storage. *Renewable and sustainable energy reviews* Vol. 82(3):2730-2742.
- Malhotra NK, Birks DF. 2009. *Marketing Research: An Applied Approach* Vol. 3
- Maniam GP, Hindryawati N, Nurfitri I, Manaf ISA, Ramachandran N, Rahim MHA. 2014. Utilization of waste fat from catfish (*Pangius*) in methyl esters preparation using CaO derived from wasate marine barnacle and bivalve clam as solid catalysts. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* Vol. 1(1): 1-9
- Megawati DS, Fauziyah B, Maimunah S, Wafi A. 2020. Profil FTIR Minyak Ikan dan Lemak Babi serta Perbandingannya sebagai Dasar Penentuan Autentifikasi Halal. *ALCHEMY: Journal of Chemistry* Vol. 8(1): 9-17
- Mishra AK, Lahiri BB, Philip J. 2019. Superior thermal conductivity and photo-thermal conversion efficiency of *carbon black* loaded organic phase change material. *Journal of Molecular Liquids* 285: 640-657
- Montgomery D. 2017. *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons, Inc.: United States of America
- Musaiger ao, D'Souza R. 2008. The effect of different methods of cooking on proximate, mineral and heavy metal composition of fish and shrimps consumed in the Arabian Gulf. *Archivos Latinoamericanos De Nutricion* Vol. 58(1): 103-109
- Mustakim A, Mashuri, Hadi F, Nur HI, Wuryaningrum P, Turbaningsih O, Khaqiqi AS. 2023. Pembuatan *cool box portable* dengan sistem pendingin air guna mendukung *cold chain* pada distribusi ikan dan menjaga kualitas ikan tangkapan nelayan. *Sewagati* Vol. 7(1): 56-66
- Negara VSI, Astuti. 2015. Pengaruh temperatur *sintering* karbon aktif berbasis tempurung kemiri terhadap sifat listrik anoda baterai litium. *Jurnal Fisika Unand* Vol. 4(2): 178-184
- Niamnuy C, Devahastin S, Sopon-ronnarit S. 2008. Changes in Protein Compositions and Their Effects on Physical Changes of Shrimp During Boiling in Salt Solution. *Food Chemistry* Vol. 108(1): 165-175

- Nurwahidah AT, Mardianah F, Setiyabudi L. 2020. Karakterisasi Dan Analisis Minyak Bulus Dalam Minyak Kelapa Menggunakan Spektroskopi FTIR. *Pharmaqueous: Jurnal Ilmiah Kefarmasian* Vol. 2(1): 55-63
- Nusaibah SA, Akmar ASN, Idris AS, Sariah M, Pauzi ZM. 2016. Involvement of metabolites in early defense mechanism of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) against Ganoderma disease. *Plant Physiology and Biochemistry* Vol. 109(4): 156-165
- Prabarini N, Okayadnya D. 2014. Penyisihan Logam Besi (Fe) pada Air Sumur dengan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol. 5(2): 33-41
- Pramesthy TD, Hutapea RYF. 2020. Komposisi hasil tangkapan alat tangkap sondong yang didaratkan di pangkalan pendaratan ikan (PPI) Kota Dumai, Riau. *Aurelia Jurnal* Vol. 1(2): 87-91
- Pratama N, Rosyadi I, Wahyudi H. 2022. Pengaruh material berubah fasa (pcm) sebagai media penyimpan panas terhadap karakteristik *cooling box pelitier*. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 6(1): 1-12
- Pratama RL, Awaluddin MY, Ishmayana S. 2011. Komposisi asam lemak ikan tonkgol, layur, dan tenggiri dari Pameungpeuk, Garut. *Jurnal Akuatika* Vol. 2(2): 107-115
- Putri AR, Rohman A, Riyanto S, Setyaningsih W. 2021. Autentikasi minyak ikan patin (*Pangasius micronemus*) menggunakan metode spektroskopi ftir yang dikombinasikan dengan kemometrika. *Indonesian Journal of Chemometrics and Pharamaceutical Analysis* Vol. 1(1): 24-28
- Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono. 2014. Analisis struktur mikro dan struktur kristal karbon tempurung kelapa dan polivinil alkohol (pva) pada temperatur tinggi. *Chem. Prog.* Vol. 7(2): 74-80
- Rasta IM. 2016. Peran campuran minyak nabati dalam air sebagai *phase change materials* (pcm) temperatur rendah. [Disertasi]. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya
- Ridho MR, Patriono E. 2017. Keanekaragaman jenis ikan di estuaria sungai musi pesisir kabupaten Banyuasin, provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains* Vol. 19(1): 1-6
- Saputra, Cahya A. 2017. Studi eksperimen penggunaan *ice gel propylene glycol* sebagai media pendingin *coolbox* kapal ikan tradisional. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Sari DR, Yuliani S. 2022. Analisis kandungan gizi dan daya terima nugget ikan tenggiri dengan penambahan tepung tempe. *Indonesian Journal of Public Health Nutrition* Vol. 3(1): 1-10

- Sharma A, Tyagi VV, Chen CR, Buddhi D. 2009. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 13(2): 318-345
- Shende K, Sonage S, Dange P, Tandale M. 2018. Optimization of biodiesel production process from waste cooking oil using homogeneous and heterogeneous catalysts through transesterification process. *Techno-Societal* Vol. 1: 531-542
- Silverstein RM, Webster FX, Kiemle DJ. 2014. *Spectrometric identification of organic compounds (8th ed.)*. John Wiley and Sons: New York.
- Simatupang TM. 2016. Struktur dan sistem rantai pendingin ikan dalam rangka pengembangan sistem logistik ikan nasional (SLIN)
- Song JP, Tian KY, Ma LX, Li W, Yao SC. 2019. The effect of *carbon black* morphology to the thermal conductivity of natural rubber composites. *International Journal of Heat and Mass Transfer* Vol. 137: 184-191
- Suamir IN, Rasta IM. 2019. Studi eksperimental kinerja temperatur dan energi integrasi bio-PCM pada *chest freezer*. *Jurnal Matrix* Vol. 9(1): 7-12
- Sudiariastuti E. 2011. *Pengolahan Ikan Tenggiri*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan
- Sufiah WO, Sarini Y, Lawelle SA. 2017. Sistem rantai dingin rajungan (*Portunus pelagicus*) Studi Kasus UD. Irfandi di Desa Lakara, Kecamatan Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan. *Sosial Ekonomi Perikanan FPIK UHO* Vol. 2(3): 143-150
- Sumartini, Hasibuan NF, Gurusmatika S. 2021. Karakteristik *thermal shortening* minyak biji karet, minyak ikan, dan stearin sawit menggunakan *differential scanning calorimetry* (DSC). *Jurnal Teknologi Pertanian* Vol. 14(1):26-35
- Suranaya PIG, Suryadhi NT, Arka IB, Adiputra N. 2012. Pengaruh penyiangan dan suhu penyimpanan terhadap mutu kimiawi, mikrobiologis dan organoleptik ikan tongkol (*Auxis thazard*, Lac). *Indonesian Journal of Biomedical Science* Vol. 1(3).
- Sutterlin WR. 2014. A brief comparison of ice packs, salts, paraffins and vegetable-derived phase change materials
- Tavares, Jessica, Martins, Ana, Fidalgo, Liliana G, Lima, Vasco, Amaral, Renata A, Pinto, Carlos A, Saraiva, Jorge A. 2021. Fresh fish degradation and advances in preservation using physical emerging technologies. *Foods* Vol. 10(4): 780

- Usrah. 2018. Analisa pengaruh penambahan *phase change material* (pcm) terhadap pendinginan ruang muat kapal ikan. [Skripsi]. Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Veva MRQ, Fitri SP, Wardhana EM. 2023. Analisis karakteristik dan sifat termofisika *phase change material* (pcm) berbasis *salt hydrate* kalsium klorida dengan zat aditif untuk aplikasi sistem refrigerasi *hybrid* pada *reefer container*. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 12(3): 151-157
- X. Jin, Xu X, Zhang Z, Yin Y. 2014. Determination of the PCM melting temperature range using DSC. *Thermochimica Acta* 595: 17-21
- Yuan Y, Zhang N, Tao W, Cao X, He Y. 2014. Fatty acids as phase change materials: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 29(1): 482-498
- Zappiello CD, Nanicuacua DM, Santos WND, Silva DLD, Dall'Antônia LH, Oliveira FMD, Tarley CR. 2016. Solid phase extraction to on-line preconcentrate trace cadmium using chemically modified nano-carbon black with 3-mercaptopropyltrimethoxysilane. *Journal of the Brazilian Chemical Society* Vol. 27 (10): 1715-1726
- Zhang X, Gu H, Fujii M. 2007. Effective thermal conductivity and thermal diffusivity of nanofluids containing spherical and cylindrical nanoparticles. *Experimental Thermal and Fluid Science* Vol. 31(6): 593-599
- Zhu X, Zhang R, Chu F, He Z, Li J. 2014. A flexsim-based optimization for the operation process of cold-chain logistics distribution centre. *Journal of Applied Research and Technology* Vol. 12(2): 270-288
- Zulfikar R. 2016. Cara penanganan yang baik pengolahan produk hasil perikanan berupa udang. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* Vol. 5(2): 29-30