

**PENGGUNAAN $\text{NaCl} \times \text{H}_2\text{O}$ SEBAGAI MEDIA PENDINGIN UDANG
VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*) DALAM COOL BOX**

(Skripsi)

Oleh

DIANDHANA TRISATRIA

1515021048



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2022

ABSTRACT

USING NaCl x H₂O AS A COOLING MEDIA FOR VANNAMEI SHRIMP (Litopenaeus vannamei) IN COOL BOX

BY

DIANDHANA TRISATRIA

Shrimp is Indonesia's mainstay export commodity based on fishery products, but shrimp is a perishable fishery product. Cooling technique is one type of method to prevent damage to fishery products. This study aims to maintain the quality of shrimp during processing and distribution. In this study using a cool box by utilizing a solution of NaCl x H₂O as a phase change material.

In this study using a temperature recorder and a thermocouple were used for 12 hours with a cooling media made of styrofoam material with dimensions of 30 cm long, 20.5 cm wide and 25 cm high with a thermal conductivity value of 0.095 W/m·°C.

The test results show that the rate of heat transfer that occurs in the cool box has the highest that is 44,94735 Watt with a total surface area of the cool box in this study of 0.3755 m². The calorific value absorbed by PCM using NaCl x H₂O solution to reduce the temperature of vannamei shrimp by 190.344 kJ and to maintain the temperature of vannamei shrimp by 7.568 kJ.

Key Words : cool box, phase change material, vannamei shrimp.

ABSTRAK

PENGUNAAN $\text{NaCl} \times \text{H}_2\text{O}$ SEBAGAI MEDIA PENDINGIN UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*) DALAM COOL BOX

Oleh

DIANDHANA TRISATRIA

Udang merupakan komoditas ekspor andalan Indonesia yang berbasis produk perikanan, tetapi udang termasuk produk perikanan yang mudah rusak (*perishable*). Teknik pendinginan adalah salah satu jenis metode untuk menghambat kerusakan pada produk perikanan. Penelitian ini bertujuan untuk mempertahankan mutu udang selama proses pengolahan maupun pendistribusian. Pada penelitian ini menggunakan *Cool Box* dengan memanfaatkan larutan $\text{NaCl} \times \text{H}_2\text{O}$ sebagai *Phase Change Material*.

Pada Penelitian ini menggunakan alat *temperature recorder* dan *termocouple* dilakukan selama 12 jam dengan media pendingin berbahan styrofoam berbentuk kotak berdimensi panjang 30 cm, lebar 20,5 cm dan tinggi 25 cm dengan nilai konduktivitas termal sebesar $0,095 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$.

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa laju perpindahan panas yang terjadi pada *cool box* memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 44,94735 Watt dengan total luas seluruh permukaan *cool box* dalam penelitian ini sebesar $0,3755 \text{ m}^2$. Adapun nilai kalor yang diserap oleh PCM menggunakan larutan $\text{NaCl} \times \text{H}_2\text{O}$ untuk menurunkan temperatur udang *vannamei* sebanyak 190,344 kJ dan untuk mempertahankan temperatur udang *vannamei* sebesar 7,568 kJ.

Kata Kunci : *Cool Box, Phase Change Material, udang vannamei.*

**PENGGUNAAN NaCl x H₂O SEBAGAI MEDIA PENDINGIN UDANG
VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*) DALAM COOL BOX**

Oleh

DIANDHANA TRISATRIA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **PENGUNAAN NaCl x H₂O SEBAGAI MEDIA PENDINGIN UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*) DALAM COOL BOX**

Nama Mahasiswa : **Diandhana Trisatria**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1515021048**

Jurusan : **Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**



Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.
NIP. 19711214 200012 1 001

Agus Sugiri, S.T., M.Eng.
NIP. 19700804 199803 1 003

MENGETAHUI

Ketua Jurusan
Teknik Mesin

Dr. Amrul, S.T., M.T.
NIP. 19710331 199903 1 003

Ketua Program Studi
S1 Teknik Mesin

Novri Tanti, S.T., M.T.
NIP. 19701104 199703 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.



Anggota Penguji : Agus Sugiri, S.T., M.Eng.



Penguji Utama : M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Juni 2022

LEMBAR PERNYATAAN

Penulis dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi dengan judul Penggunaan $\text{NaCl} \times \text{H}_2\text{O}$ Sebagai Media Pendingin Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Dalam *Cool Box* adalah bagian dari penelitian dan tidak menduplikasi karya orang lain, sebagaimana diatur pada Pasal 36 Peraturan Rektor Universitas Lampung No. 13 Tahun 2019 tentang Peraturan Akademik Universitas Lampung.
2. Hak intelektual atas Karya Ilmiah yang berkaitan dengan hal ini sepenuhnya diserahkan kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini apabila terjadi hal yang tidak dibenarkan, maka penulis bersedia menanggung sanksi yang berlaku.

Yang Membuat Pernyataan,



Diandhana Trisatria

NPM. 1515021048

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kedaton pada tanggal 06 Maret 1997, sebagai anak ketiga dari 5 bersaudara, dari pasangan Bapak Musa Mardiyanto dan Ibu Suyanti. Jenjang pendidikan yang telah dilalui yaitu Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Tunas Melati I Rejosari, Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 4 Natar, Pendidikan SMP Negeri 1 Natar, dan menyelesaikan Pendidikan di SMA Yayasan Abdi Karya (Yadika) Natar.

Pada tahun 2015, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa dalam Program Studi S1-Teknik Mesin Universitas Lampung (UNILA) melalui jalur SBMPTN. Selama kuliah penulis pernah melakukan Kerja Praktik di PT. B'right PLN Batam (Wilayah Tarahan, Lampung Selatan) pada tahun 2018 dengan judul subjek yang dikaji adalah Perhitungan Nilai *Heat Rate* Pada Unit Turbin Gas TM2500+ Berdasarkan Kondisi Aktual Di PLTG *Mobile Power Plant* 4 x 25 MW. Penulis juga pernah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sumber Rejeki, Kec. Negeri Agung, Kab. Way Kanan, Provinsi Lampung. Selama kuliah Penulis juga aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) Universitas Lampung sebagai anggota Bidang Diklat (2016-2017) dan pada tahun 2017 hingga 2018 diberikan amanah dengan memegang jabatan kepala divisi bidang Publikasi dan Media Sosial.

Skripsi ini aku persembahkan untuk Ayah dan Ibu tercinta :

Musa Mardiyanto

Suyanti

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dalam program studi S1-Teknik Mesin Universitas Lampung. Tugas akhir ini memiliki tujuan yaitu agar mahasiswa dapat secara nyata menerapkan ilmu yang didapatkan pada masa perkuliahan dan untuk mengukur tingkat kompetensi penguasaan mahasiswa yang dijadikan salah satu indikator kelulusan. Dalam laporan tugas akhir ini penulis mengkaji penelitian tentang Penggunaan $\text{NaCl} \times \text{H}_2\text{O}$ Sebagai Media Pendingin Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Dalam *Cool Box*. Penulis menyelesaikan penelitian ini pada tahun 2022.

Keberhasilan Penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, penulis sangat berterima kasih dan memberikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Pada kesempatan kali ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih dengan setulus hati kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama tugas akhir yang telah banyak membantu dalam memberikan petunjuk untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Agus Sugiri S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua atas kesediaannya memberikan bimbingan, arahan, kritik dan saran dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
6. Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M. Eng. selaku dosen pembahas tugas akhir yang telah memberikan saran dan masukan guna perbaikan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. selaku dosen pembimbing Akademik yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
8. Seluruh Dosen pengajar Jurusan teknik Mesin Universitas Lampung yang banyak memberikan ilmu yang berharga selama penulis melaksanakan studi, baik berupa materi ataupun motivasi selama duduk di bangku perkuliahan.
9. Seluruh Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah membantu menyiapkan berkas-berkas penunjang selama kuliah.
10. Kepada Ayahanda dan Ibundaku tercinta, Bapak Musa Mardiyanto dan Ibu Suyanti terimakasih atas segala doa dan kasih sayang serta dukungan mulai dari tenaga hingga finansial selama menempuh perkuliahan sampai dengan mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Teknik Mesin Universitas Lampung.
11. Kepada seluruh rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2015, yang selalu mensupport dari awal masuk kuliah hingga menyelesaikan studi di Teknik

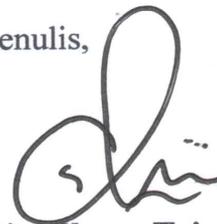
Mesin terkhususnya tongkrongan elite mulai dari Adam Wisnu Murti, Agus Eka Wijaya, Arif Kurnia Efendi, Arif Zulkarnaim, Bagas Ardi Sudiby, Dana Kurniawan, Dewa Anom Pasmadi, Hasanuddin, Muhammad Irvan, Muhammad Vidi Ibramsyah, Pradita Hadi Pratama, Rifqi Rhama Andrianto, Renaldi, Thomas Wisudarma.

12. Kepada Saudara-Saudariku Keluarga Somplak yaitu Ezra Herdani, Gidion Herdian, Lisa Rahma Putri, Minggu Hakta Riama Pasaribu, Nurma Isnaini, Tessya Monica Putri Jayanegara, yang selalu mendukung dan memberikan semangat hingga saat ini.

Penulis menyadari sepenuhnya dalam pembuatan skripsi ini masih banyak kekurangan. Menyadari hal tersebut dengan segala kerendahan hati penulis untuk menerima saran, pendapat serta kritik kemajuan skripsi ini. Penulis mengharapkan semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. Semoga Allah SWT membalas amal baik yang telah membantu di dalam pembuatan skripsi selama ini.

Bandar Lampung, 15 Juni 2022

Penulis,



Diandhana Trisatria

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
JUDUL SKRIPSI	iii
MENGESAHKAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
SANWACANA	viii
DAFTAR ISI	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Metode Pendinginan	6
2.2 Pengertian Udang	7
2.3 Kemunduran Mutu Udang	10
2.4 Perpindahan Panas	13
2.4.1 Perpindahan Panas konduksi	14
2.4.2 Perpindahan Panas konveksi	15
2.5 <i>Phase Change Material</i>	17
2.5.1 Sifat Termal.....	18
2.5.2 Sifat Fisis.....	18

2.5.3 Sifat Kinetik	18
2.5.4 Sifat Kimiawi	19
2.5.5 Sifat Ekonomis	19
2.6 Larutan Eutektik NaCl-H ₂ O	19
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	22
3.2 Diagram Alur Penelitian	23
3.3 Tahapan Penelitian.....	24
3.3.1 Studi Literatur.....	24
3.3.2 Persiapan	24
3.3.3 Pengujian	24
3.3.4 Analisa Data	25
3.3.5 Penulisan Laporan	25
3.4 Alat dan Bahan	25
3.4.1 <i>Cool Box</i>	25
3.4.2 <i>Refrigerator</i>	26
3.4.3 <i>Ice Pack</i>	27
3.4.4 <i>Thermocouple</i> dan <i>Temperature Recorder</i>	27
3.4.5 Timbangan Digital.....	28
3.4.6 Larutan Eutektik NaCl-H ₂ O	29
3.4.7 Air Es.....	29
3.4.8 Udang <i>Vannamei</i> (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	30
3.5 Metode Pengujian	30
3.5.1 Pengujian Tanpa Beban.....	30
3.5.2 Pengujian untuk menurunkan Temperatur	31
3.5.3 Pengujian untuk mempertahankan Temperatur	32

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Waktu dan Tempat Penelitian	34
4.2 Data Perhitungan Perpindahan Panas	34
4.2.1 Data Pendukung Penelitian	34
4.3 Hasil Pengambilan Data	35
4.4 Analisa Data dan Pembahasan	38
4.5 Perhitungan Perpindahan Panas	42
4.6 Menghitung Kalor	47
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Simpulan	50
5.2 Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udang merupakan komoditas ekspor andalan Indonesia yang berbasis produk perikanan. Potensi ekspor udang Indonesia saat ini kian membaik, nilai ekspor udang budidaya pada periode Januari - November 2021 telah membukukan senilai US\$36,75 juta, jumlah ini naik 48,68% jika dibandingkan dengan periode sama pada tahun lalu yakni sebesar US\$ 24,72 juta (BPS, 2021). Pada periode tersebut, volume udang budidaya yang diekspor meningkat sebesar 36,13% yakni 3,92 juta kg menjadi 5,33 juta kg.

Mengacu pada data National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Fisheries, negara-negara di kawasan Asia dan Amerika merupakan pasar terbesar ekspor produk udang Indonesia. Menurut laporan tersebut, Amerika Serikat (AS) telah mengimpor udang dari Indonesia baik dalam kondisi beku ataupun dalam bentuk olahan pada Januari-April 2021 yang nilainya mencapai US\$ 503,8 juta, dengan volume sebanyak 58.230 ton. Produk udang yang diekspor diantaranya *shrimp peeled frozen* (udang kupas beku), *shrimp breaded frozen* (udang tepung beku), dan *shrimp shell-on frozen* (udang utuh beku) mulai dari size 15 sampai size 60.

Berdasarkan data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan menjelaskan bahwa dari total keseluruhan ekspor udang Indonesia sebagian besar dalam kondisi udang beku, dari sisi volume yakni sebesar 61,1 ribu ton pada bulan April 2021 meningkat sebesar 18,2% dibandingkan dengan bulan yang sama tahun sebelumnya (KKP, 2021). Oleh karena itu salah satu mekanisme pengolahan hasil produk perikanan adalah dengan metode pendinginan, karena dengan menggunakan teknik pendinginan dapat memperlambat kecepatan reaksi metabolisme, dimana setiap penurunan suhu 8°C kecepatan reaksi akan berkurang menjadi setengahnya (Afrianto, 2005).

Penyimpanan pada suhu rendah dapat menghambat kerusakan makanan, diantaranya yakni kerusakan fisiologis, kerusakan enzimatik maupun kerusakan mikrobiologis. Pada pendinginan kisaran suhu yang digunakan biasanya antara -1°C sampai -4°C . Pendinginan pada umumnya akan mengawetkan bahan pangan selama beberapa hari atau beberapa minggu, tergantung kepada jenis bahan pangan yang ingin didinginkan dalam hal ini produk perikanan yaitu udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

Karena udang termasuk produk perikanan yang mudah rusak (*perishable*), Berdasarkan latar belakang tersebut maka pada penelitian ini berupaya dalam menerapkan metode pendinginan yang bertujuan untuk mempertahankan mutu udang selama proses pengolahan maupun pendistribusian. Pada penelitian ini menggunakan media pendingin (*cool box*) dengan memanfaatkan larutan $\text{NaCl} \times \text{H}_2\text{O}$ sebagai *Phase Change Material* untuk mempertahankan kondisi udang agar tetap baik dalam jangka waktu tertentu.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kemampuan larutan NaCl-H₂O sebagai media pendingin udang segar dalam menyerap panas dan menyimpan panas.
2. Menghitung perpindahan panas yang terjadi pada *cool box* selama proses pendinginan dalam mempertahankan atau menurunkan temperatur udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini memiliki batasan masalah yang bertujuan agar kegiatan eksperimen yang dilakukan dan topik penelitian tidak melebar, dimana batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian dari penggunaan larutan NaCl-H₂O sebagai media pendingin udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dalam *cool box* akan dilakukan di Laboratorium Termodinamika Teknik Mesin Universitas Lampung, dimana media ini berbentuk kotak berdimensi panjang 30 cm, lebar 20,5 cm, dan tinggi 25 cm.
2. Bahan *Phase Change Material* yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan NaCl-H₂O dengan perbandingan komposisi tertentu untuk menentukan titik beku yang diinginkan.
3. Udang yang digunakan adalah jenis udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) sebanyak 2 kg dalam kondisi segar dan sudah dibersihkan.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah yang digunakan dalam penelitian, tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian, batasan masalah untuk membatasi analisis yang dilakukan, dan sistematika penulisan yang dijelaskan secara lengkap.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi referensi dan juga landasan teori pendukung yang digunakan sebagai acuan atau pedoman dalam penelitian untuk memecahkan masalah dalam bentuk data kualitatif maupun model matematis. Referensi dan landasan teori ini berasal dari jurnal, literatur buku, *rules/code*, dan tugas akhir terdahulu yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir dengan tujuan untuk memecahkan masalah yang diangkat dalam bentuk diagram alir atau *flow chart*, dan informasi yang berkaitan tempat penelitian, waktu penelitian, alat bahan yang digunakan, serta cara dalam pengambilan data yang dilengkapi dengan penjelasan untuk setiap langkah pengerjaannya

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pengolahan data yang diperoleh dalam penelitian dan dilakukan pembahasan dari data yang sudah diolah sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan topik pembahasan.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang merupakan *feedback* dari tujuan penelitian yang dilakukan, dan juga diperoleh saran yang bermanfaat guna keberlanjutan penelitian terkait kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini berisikan refrensi dan literatur yang digunakan penulis sebagai acuan dalam penulisan penelitian ini.

LAMPIRAN

Pada bagian ini berisikan hal-hal yang penting dan perlu dilampirkan untuk memperjelas isi yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Pendinginan

Pendinginan adalah penyimpanan bahan pangan di atas suhu pembekuan bahan yaitu -2°C sampai 10°C . Pendinginan yang biasa dilakukan sehari-hari dalam lemari es adalah pada suhu $5-8^{\circ}\text{C}$ (Winarno, 1993). Pendinginan dan pembekuan juga akan berbeda pengaruhnya terhadap rasa, tekstur, nilai gizi dan sifat-sifat lain dari bahan pangan. Pendinginan merupakan cara yang sudah umum bagi pengawetan makanan yang sifatnya sementara. Beberapa faktor yang kritis dalam pendinginan adalah temperatur, kelembaban relatif, ventilasi atau sirkulasi udara. Penyimpanan pada suhu rendah dapat menghambat kerusakan makanan, antara lain kerusakan fisiologis, kerusakan enzimatik maupun kerusakan mikrobiologis. Pada pengawetan dengan suhu rendah dibedakan antara pendinginan dan pembekuan. Pendinginan biasanya akan mengawetkan bahan pangan selama beberapa hari atau beberapa minggu, tergantung kepada jenis bahan pangannya. Pendinginan atau refrigerasi adalah proses pengambilan panas dari suatu bahan sehingga suhunya akan menjadi lebih rendah dari sekelilingnya. Pendinginan yang biasa dilakukan di rumah tangga adalah dalam lemari es yang mempunyai suhu -2°C sampai 16°C (Rusendi, 2010).

Tujuan penyimpanan suhu dingin (*cold storage*) adalah untuk mencegah kerusakan tanpa mengakibatkan pematangan abnormal atau perubahan yang tak diinginkan sehingga mempertahankan komoditas dalam kondisi yang dapat diterima oleh konsumen selama mungkin (Tranggono, 1990). Dengan kata lain, Pendinginan ialah penyimpanan dengan suhu rata-rata yang digunakan masih di atas titik beku bahan. Kisaran suhu yang digunakan biasanya antara $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada suhu tersebut, pertumbuhan bakteri dan proses biokimia akan terhambat. Bila suatu medium pendingin kontak dengan benda lain misalnya bahan pangan, maka akan terjadi pemindahan panas dari bahan pangan tersebut ke medium pendingin sampai suhu keduanya sama atau hampir sama. Pendinginan telah lama digunakan sebagai salah satu upaya pengawetan bahan pangan, karena dengan pendinginan tidak hanya citarasa yang dapat dipertahankan, tetapi juga kerusakan-kerusakan kimia dan mikrobiologis dapat dihambat. Sebelum pendinginan dilakukan, biasanya ada perlakuan-perlakuan khusus yang diterapkan pada bahan pangan dan dapat mengakibatkan beberapa reaksi yang dapat mempengaruhi kualitas produk (Larousse, 1997).

2.2 Pengertian Udang

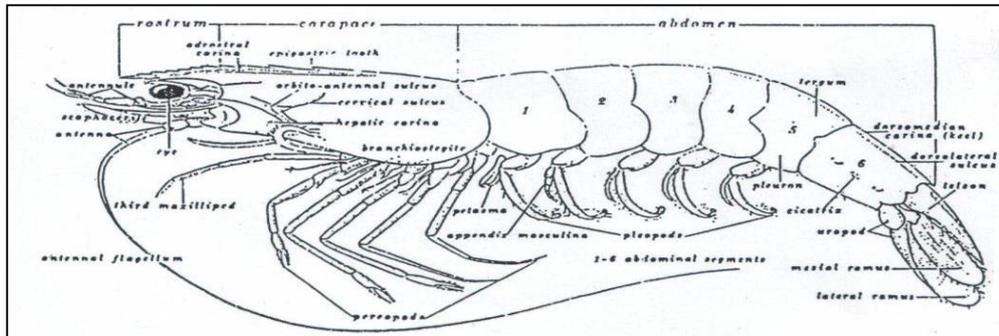
Udang merupakan salah satu biota laut yang mempunyai nilai ekonomis penting dan mempunyai nilai komersial yang tinggi dibandingkan dengan biota yang lainnya. Salah satu jenis udang yang dapat dibudidayakan di Indonesia, yaitu udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Udang vaname merupakan

spesies introduksi yang berasal dari Amerika Selatan, udang jenis yang dikenal dengan nama *pacific white shrimp*. (Amri dan Kanna, 2008)

Menurut Bertiantono (2011), tubuh udang *vannamei* dibentuk oleh dua cabang (*biramous*), yaitu *exopodite* dan *edopodite*. *Vannamei* memiliki tubuh berbuku-buku dan aktivitas berganti kulit luar atau *eksoskeleton* secara periodik (*moulting*). Adapun morfologi udang *vannamei* adalah sebagai berikut: Kepala terdiri dari 6 ruas, pada ruas kepala pertama terdapat mata majemuk bertangkai. Beberapa ahli berpendapat bahwa mata bertangkai ini bukan suatu anggota badan seperti pada ruas-ruas yang lain, sehingga ruas kepala dianggap berjumlah 5 buah pada ruas kedua terdapat antena I atau *antennule* yang mempunyai duah buah *flagella* pendek yang berfungsi sebagai alat peraba dan pencium. Bagian dada terdiri dari delapan ruas yang masing-masing ruas mempunyai sepasang anggota badan yang disebut *thoracopoda*. *Thoracopoda* pertama sampai dengan ketiga dinamakan *maxilliped* yang berfungsi sebagai pelengkap bagian mulut dalam memegang makanan.

Abdomen terdiri dari 6 ruas. Pada bagian abdomen terdapat lima pasang kaki renang dan sepasang *uropodus* (mirip ekor) yang membentuk kipas bersama-sama *telson*. Ruas yang pertama sampai dengan ruas yang kelima masing-masing memiliki sepasang anggota badan yang dinamakan *pleopoda* yang berfungsi sebagai alat untuk berenang oleh karena itu bentuknya pendek dan kedua ujungnya pipih dan berbulu (*setae*). Pada ruas yang keenam berubah

bentuk menjadi pipih dan melebar dinamakan *uropoda*, yang bersama-sama dengan *telson* berfungsi sebagai kemudi.



Gambar 2.1 Morfologi Udang *Vannamei* (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vaname digolongkan kedalam genus *penaeid* pada filum *arthropoda*. Ada ribuan spesies di filum ini. Namun, yang mendominasi perairan berasal dari subfilum *crustaceae*. Ciri- ciri *crustaceae* yaitu memiliki 3 pasang kaki yang berjalan. (Haliman. R.W dan Adijaya S, 2005).

Klasifikasi udang *vannamei* Menurut Haliman dan Adijaya (2005), dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi kimia rata-rata daging udang

Klasifikasi udang <i>vannamei</i> (<i>Litopenaeus vannamei</i>)		
Phylum	:	Arthropoda
Sub Phylum	:	Crustacea
Class	:	Malacostrata

Klasifikasi udang <i>vannamei</i> (<i>Litopenaeus vannamei</i>)		
Sub Class	:	Eumalacostraca
Super ordo	:	Eucarida
Ordo	:	Decapoda
Sub Ordo	:	Dendrobrachiata
Family	:	Penaeidae
Sub family	:	Penaeidae
Genus	:	<i>Litopenaeus</i>
Spesies	:	<i>Litopenaeus vannamei</i>

2.3 Kemunduran Mutu Udang

Daging udang mempunyai kelebihan dalam hal kandungan asam aminonya daripada daging hewan darat. Asam aminonya tirosin, triptofan dan sistein lebih tinggi terdapat pada daging udang. Tetapi daging udang mengandung asam amino histidin lebih rendah. Di samping itu daging udang mempunyai rasa lebih spesifik daripada daging hasil perikanan lainnya (Hadiwiyoto, 1993).

Adapun komposisi kimia udang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Komposisi kimia rata-rata daging udang

Kandungan	Komposisi
Air	78,2 %
Lemak	18,1 %
Protein	0,8 %
Karbohidrat	1,4 %
Garam mineral	145-320 mg/100gr
Garam magnesium	40-105 mg/gr
Phospor	1,6 mg/100gr
Zat besi	140 mg/100gr
Natrium	220 mg/100gr
Kalium	0,81 %

Sumber : Hadiwiyoto, 1993

Adapun proses kemunduran mutu udang dapat mengacu pada parameter-parameter yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Udang segar adalah udang yang baru ditangkap, menurut Purwaningsih (1995), udang segar mempunyai ciri-ciri :

Rupa dan warna	bening, spesifik jenis, cemerlang, sambungan antar ruas kokoh, kulit melekat kuat pada daging.
Bau	segar spesifik menurut jenisnya
Daging	bentuk daging kompak, elastis, dan rasanya manis.

Tabel 4. Udang yang rusak atau busuk ditandai dengan ciri-ciri :

Rupa dan warna	kemerahan atau kusam, sambungan antar ruas longgar, sudah mulai ditandai adanya bercak-bercak hitam
Bau	Bau amoniak dan bau busuk (H_2S)
Daging	lunak, kadang-kadang berlendir, rasa daging alkalis

Proses penurunan mutu udang disebabkan oleh faktor-faktor yang berasal dari badan udang itu sendiri dan faktor lingkungan. Penurunan mutu ini terjadi secara *autolysis*, bakteriologis, dan oksidasi. Kemunduran mutu udang segar sangat berhubungan dengan komposisi kimia dan susunan tubuhnya. Sebagai produk biologis, udang termasuk dalam bahan makanan yang mudah busuk biladibandingkan dengan ikan. Oleh karena itu, penanganan udang segar

diperlukan perhatian dan perlakuan cermat. Susunan tubuh udang mempunyai hubungan erat dengan masa simpannya. Bagian kepala merupakan bagian yang sangat berpengaruh terhadap daya simpan karena bagian ini mengandung enzim pencernaan dan bakteri pembusuk (Purwaningsih, 1995).

2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang berupaya memprediksi perpindahan energi yang terjadi antara badan material sebagai akibat dari perbedaan suhu dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Termodinamika telah mengajarkan bahwa transfer energi ini didefinisikan sebagai panas (*heat*). Ilmu perpindahan panas tidak hanya menjelaskan bagaimana energi panas dapat berpindah dari suatu benda ke benda lain, tetapi juga untuk memprediksi laju perpindahan yang akan berlangsung dalam kondisi tertentu. Pada kenyataannya bahwa yang menjadi sasaran analisis adalah laju perpindahan panas inilah yang menunjukkan perbedaan antara ilmu perpindahan panas (*heat transfer*) dengan ilmu termodinamika. Termodinamika berkaitan dengan sistem dalam kesetimbangan; itu dapat digunakan untuk memprediksi jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengubah suatu sistem dari satu keadaan setimbang ke lain; itu tidak dapat digunakan untuk memprediksi seberapa cepat perubahan akan terjadi sejak sistem tidak dalam keseimbangan selama proses. Perpindahan panas melengkapi yang pertama dan kedua prinsip-prinsip termodinamika dengan memberikan aturan eksperimental tambahan yang dapat digunakan untuk menetapkan tingkat transfer energi (Holman, 2010).

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan panas di antara material/benda karena adanya perbedaan suhu (panas dan dingin). Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada sistem yang memiliki temperatur sama. Perbedaan temperatur menjadi daya penggerak untuk terjadinya perpindahan kalor, sama dengan perbedaan tegangan sebagai penggerak arus listrik (Luqman Buchori,2011).

Panas merupakan salah satu bentuk energi. Energi panas dapat berpindah atau mengalir dari suatu tempat ke tempat lain. Perpindahan panas tersebut terjadi akibat adanya perbedaan temperatur pada benda dengan lingkungannya. Ilmu perpindahan panas mencoba menerangkan bagaimana energi panas dapat berpindah dari satu benda ke benda yang lain sehingga laju perpindahan panas dari suatu benda ke benda yang lain dapat diprediksi. Ilmu perpindahan panas melengkapi hukum pertama dan kedua Termodinamika yang berisi tentang kekekalan energi dan arah perpindahan panas yang berlangsung.

Terdapat beberapa jenis perpindahan panas yaitu sebagai berikut:

1. Perpindahan panas konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah proses perpindahan energi panas dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu rendah di dalam suatu media (cair, padat, atau gas) atau antara media-media lain yang bersinggungan langsung disebabkan karna adanya gradien suhu. Proses perpindahan panas konduksi, apabila diamati secara atomik merupakan pertukaran energi kinetik antara molekul (atom), dimana energi partikel

dapat meningkat ketika menumbuk partikel lain yang memiliki energi yang lebih tinggi (Shirleen, 2007). Persamaan perpindahan panas konduksi sesuai dengan Hukum Fourier dapat dilihat pada persamaan (3):

$$q = -k A \frac{\partial T}{\partial x} = -k A \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = k A \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} \quad (3)$$

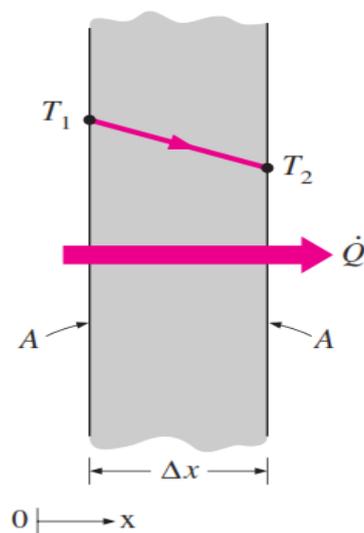
Keterangan:

q = Laju perpindahan panas (W)

k = Konduktivitas termal

A = Luas permukaan benda yang tegak lurus arah perpindahan panas

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = Gradien suhu ke arah perpindahan panas



Gambar 2.2 Perpindahan panas konduksi

2. Perpindahan panas konveksi

Perpindahan panas konveksi merupakan perpindahan energi panas dari suatu benda karena adanya fluida yang bergerak melewati permukaan benda tersebut. Perpindahan panas konveksi dapat dilihat seperti pada Gambar 2.2. persamaan perpindahan panas konveksi dapat dilihat pada persamaan (4), persamaan ini merupakan persamaan umum untuk setiap perpindahan panas konveksi.

$$q = h A (T_s - T_\infty) \quad (4)$$

Keterangan :

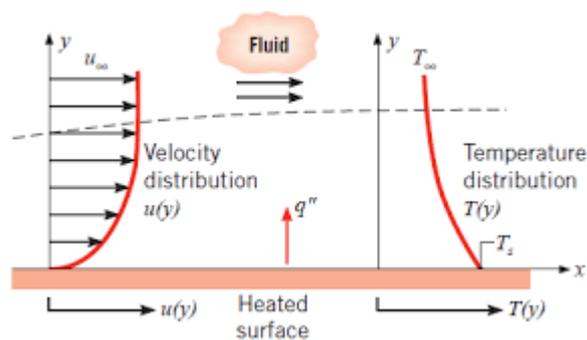
q = perpindahan panas konveksi (W)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/ m² K)

A = Luas permukaan benda yang bersentuhan dengan fluida (m²)

T_∞ = suhu fluida (K)

T_s = Suhu permukaan benda (K)



Gambar 2.3 Perpindahan panas konveksi

2.5 *Phase Change Material*

Phase Change Material (PCM) adalah salah satu jenis material penyimpanan energi yang menggunakan prinsip panas laten dari proses solidifikasi atau pelelehan. Material jenis ini akan menyimpan energi panas ketika berubah fasa dari padat ke cair, dari cair ke gas ataupun dari padat ke padat. Kemudian material ini akan melepaskan energi panas ketika fasa berubah sebaliknya. Tidak seperti material *Sensible Heat Storage* (SHS), PCM akan menyerap atau melepas energi panas pada temperature yang relatif konstan. Selain itu PCM juga menyimpan energi panas per unit volume 5-14 kali lipat lebih tinggi daripada material SHS seperti air, batu dan lainnya. PCM digunakan sebagai penyimpan energi karena memiliki beberapa sifat yang penting seperti dari segi sifat panasnya yaitu memiliki temperatur transisi yang tepat, transisi panas laten yang tinggi dan kemampuan mentransfer panas yang cukup baik. Dari segi sifat fisiknya, PCM memiliki fasa yang lebih ekuilibrium, densitas yang lebih tinggi, perubahan volume yang rendah dan tekanan uap air yang rendah. Dari segi sifat kinetik, PCM tidak bisa mengalami *supercooling* dan laju kristalisasi yang cukup. Kemudian dari segi sifat kimianya PCM termasuk material dengan stabilitas kimia yang cukup baik dalam jangka waktu yang lama, cocok untuk material bangunan, tidak beracun serta tidak menimbulkan kebakaran. Terakhir dari segi keekonomian, ketersediaan material jenis ini cukup melimpah dan lebih efektif dalam harga (Sarma dkk, 2007).

PCM memiliki beberapa sifat termofisik, kinetik, kimia dan lainnya sebagai berikut :

1. Sifat *Thermal*

PCM memiliki kelebihan berikut dari segi ketahanan *thermal* antara lain temperatur transisi fasa yang cocok digunakan untuk berbagai aplikasi, panas laten transisi yang tinggi dan perpindahan panas yang baik. Saat memilih PCM untuk aplikasi tertentu, temperatur operasi dari pemanasan atau pendinginan perlu disesuaikan dengan temperatur transisi PCM itu sendiri. Panas laten harus disesuaikan setinggi mungkin khususnya pada basis volumetrik untuk meminimalisasi ukuran fisis dari penyimpanan panas. Konduktivitas panas yang tinggi juga mempengaruhi proses pengisian dan pelepasan dari penyimpanan energi.

2. Sifat Fisis

Dari segi fisis, PCM memiliki sifat antara lain fasa ekulibrium yang baik, densitas yang tinggi, perubahan volume yang kecil dan memiliki tekanan uap air yang rendah. Kestabilan fasa selama proses pembekuan dan peleburan akan membantu pengaturan penyimpanan panas dan densitas yang tinggi bertujuan untuk memberikan ukuran yang kecil dari kontainer penyimpanan.

3. Sifat Kinetik

Dari sifat kinetik, PCM memiliki sifat antara lain tanpa *supercooling* dan laju kristalisasi yang cukup baik. *Supercooling* sendiri telah menjadi aspek permasalahan pada pengembangan PCM secara khusus untuk hidrat garam. *Supercooling* lebih dari beberapa derajat akan mengganggu dengan ekstraksi panas yang wajar dari media penyimpanan dan sekitar 5-10 °C dari *Supercooling* bisa mencegahnya masuk.

4. Sifat Kimiawi

Dari sifat kimiawi, PCM memiliki sifat antara lain memiliki kestabilan kimiawi yang lama, cocok untuk material konstruksi, tidak beracun dan tidak memiliki bahaya kebakaran. PCM dapat memberikan gejala degradasi dengan menghilangkan air dari hidrasi, dekomposisi kimia atau ketidakcocokan dengan material konstruksi. PCM harus tidak beracun, tidak mudah terbakar dan tidak mudah meledak untuk keamanannya.

5. Sifat Ekonomis

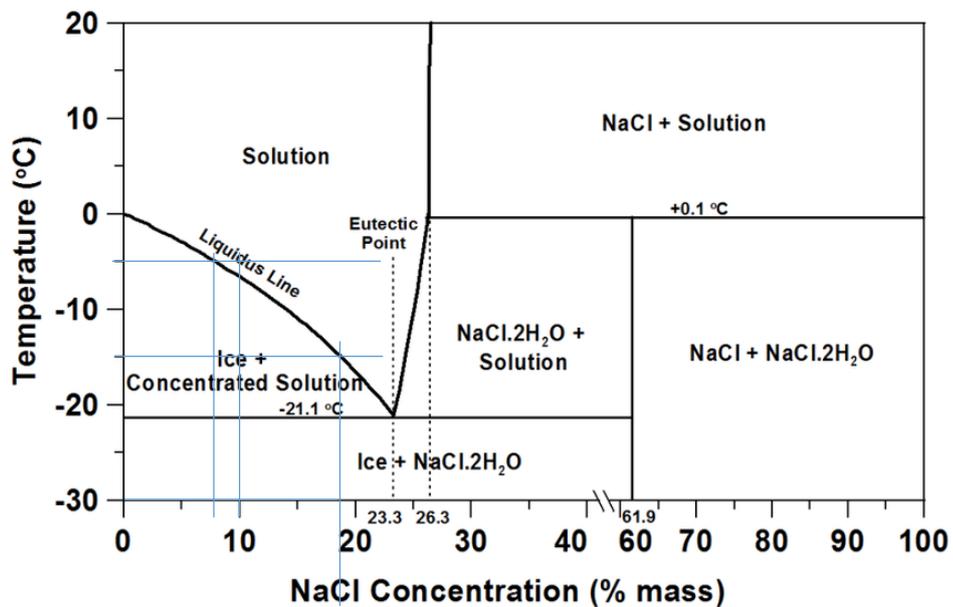
Dari sifat ekonomis, PCM memiliki sifat antara lain jumlahnya yang berlimpah, tersedia dan harga yang efektif. Harga yang murah dan ketersediaan dalam jumlah besar dari PCM adalah hal yang sangat penting dalam pengembangannya (Sarma dkk, 2007).

2.6 Larutan Eutektik NaCl-H₂O

Larutan eutektik yang terdiri dari komponen yang membentuk campuran titik leleh rendah, memberikan substansi yang unik untuk mengembangkan material. Contoh larutan eutektik adalah natrium klorida dan air. Larutan ini memiliki titik lebur eutektik pada $-21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ digunakan untuk membantu pencairan es atau menghasilkan es dengan temperatur rendah (Chen, dkk, 2005).

Larutan garam eutektik sering digunakan pada *Phase Change Material* karena memiliki panas laten yang besar dan rentan temperatur fasa yang baik. Sifat termal dari larutan eutektik garam dan air memiliki perbedaan temperatur dari

– 62 °C sampai -16 °C, Secara umum larutan eutektik garam-air pada tabel. PCMs mempunyai kelebihan panas dan massa jenis yang tinggi. Namun memiliki masalah pada pemisahan fasa pendinginan (Li dkk.2013). Berikut merupakan Gambar 2.5 tipe sistem diagram fasa biner padat-cair.



Gambar 2.5 Diagram Fasa Larutan NaCl-H₂O

Gambar 2.5 menjelaskan pada umumnya titik beku air turun saat ditambahkan garam. Semakin banyak garam yang ditambahkan maka titik beku semakin turun, tetapi eutektik air dan garam tidak dapat terbentuk dari larutan murni atau bentuk padat. Pada diagram fasa eutektik larutan air-garam, titik beku pada 0°C ketika komposisinya 100% air. Dengan tambahan beberapa garam titik beku dari air-garam menurun. Penambahan ini sampai ke titik eutektik. Pada titik ini baik garam dan air beku keluar dari larutan dan komposisi dari material beku dibuat sama dengan larutan. Dengan penambahan garam, temperatur beku larutan mulai naik dan garam *anhydrous* tumbuh keluar pembekuan. Dibawah

konsentrasi partikel garam larutan beku dan leleh komplit dari cairan/ padat ke padat/cairan pada temperatur tetap dengan melepaskan energi yang besar, PCM seperti ini disebut larutan eutektik NaCl-H₂O.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

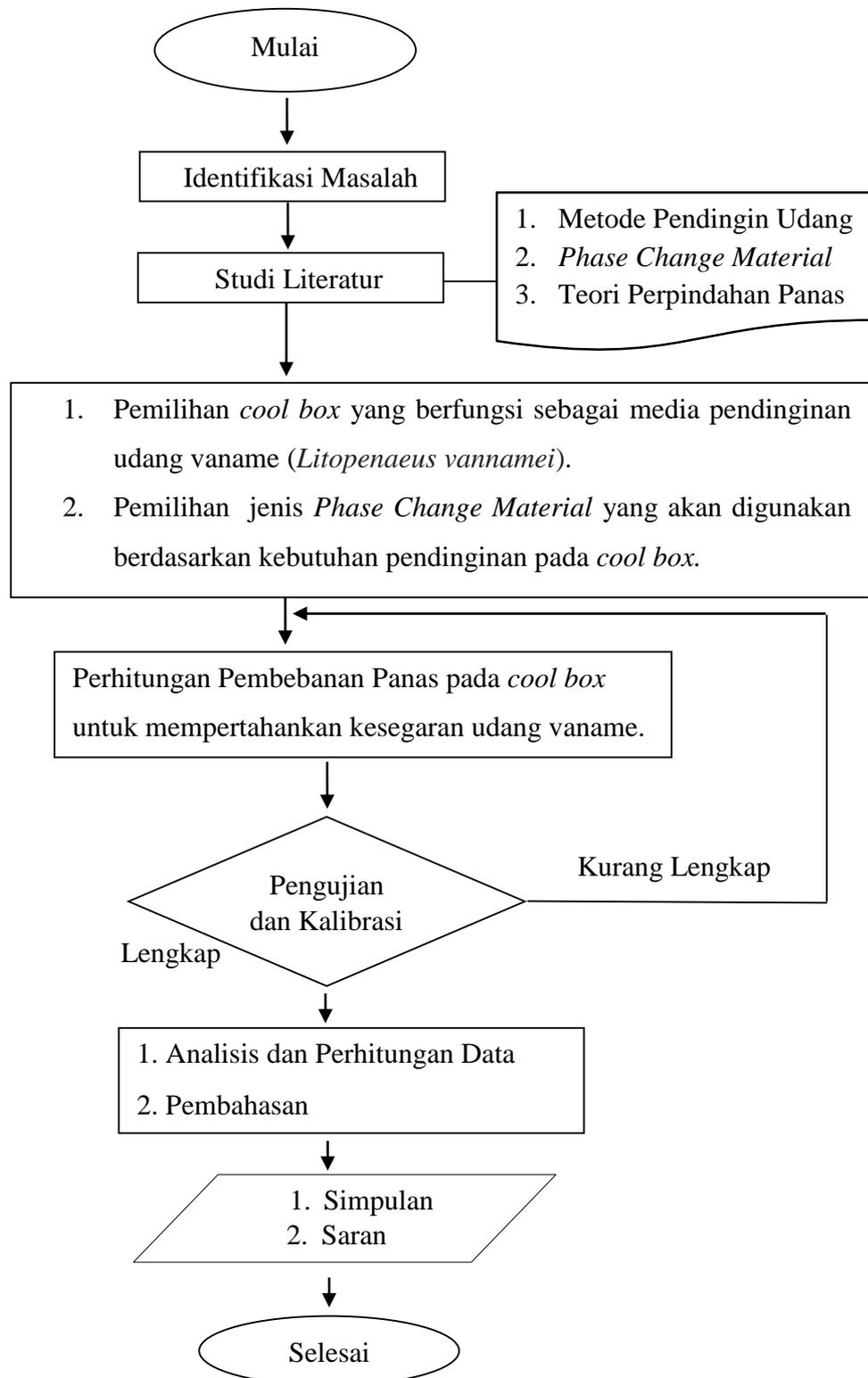
Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2021 sampai bulan Maret 2022 dan dilakukan di Laboratorium Termodinamika Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

Kegiatan	Desember				Januari				Februari				Maret			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 Studi literatur	■	■														
2 Perancangan		■	■													
3 Pembelian bahan				■	■											
4 Pembuatan alat						■	■									
5 Pengambilan Data									■	■	■					
6 Pembuatan laporan akhir														■	■	■

3.2 Diagram Alir

Adapun diagram alur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

1. Studi literatur

Pada tahapan ini dilakukan pencarian dan studi literatur tentang PCM jenis larutan NaCl-H₂O, serta upaya mempertahankan kesegaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan proses pendinginan menggunakan media *cool box*.

2. Persiapan

Pada tahapan ini dilakukan pemilihan *cool box* yang berfungsi sebagai tempat pendinginan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang sesuai. Selain itu, jenis larutan NaCl-H₂O yang akan digunakan juga dipilih berdasarkan kebutuhan pendinginan pada *cool box*.

3. Pengujian

Pada tahapan ini dilakukan pengujian menggunakan media pendinginan *cool box* untuk mengkondisikan suhu yang bertujuan mempertahankan kesegaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Udang yang akan dimasukkan kedalam *cool box* dengan media pendingin berbasis larutan NaCl-H₂O dengan konsentrasi NaCl sebesar 15% memiliki titik beku -15 °C dan titik leleh -10 °C. Kemudian udang vaname yang lain dibiarkan tanpa proses pendinginan agar dapat diketahui perbedaan kualitas kesegaran udang vaname dengan pendinginan dan tanpa pendinginan pada waktu yang bersamaan.

4. Analisis data

Pada tahap ini data yang diperoleh dari proses pengujian akan dianalisa untuk mengetahui kemampuan PCM jenis larutan NaCl-H₂O sebagai media pendinginan untuk mempertahankan kesegaran udang vaname. Data yang diperoleh akan dituangkan pada beberapa tabel pengujian. Data ini diperoleh dari hasil pembacaan dengan menggunakan *temperature recorder* sehingga didapatkan grafik perbandingan antara temperature dengan waktu.

5. Penulisan laporan

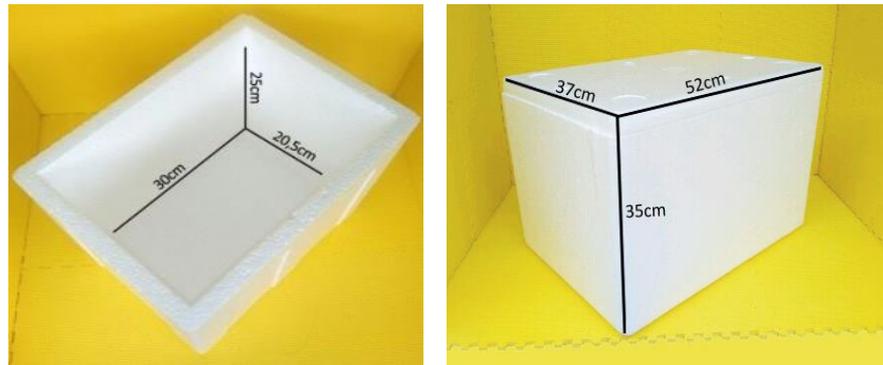
Tahapan akhir dari penelitian ini adalah penulisan laporan beserta data hasil dari pengujian yang sudah diolah dan ditampilkan dalam bentuk tabel atau grafik.

3.4 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

3.4.1 *Cool box*

Cool box merupakan wadah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan udang segar. *Cool box* berbahan *styrofoam* yang dapat mengisolasi panas sehingga panas dari luar tidak signifikan mempengaruhi temperatur di dalam cool box. Cool box memiliki kapasitas 15,75 liter dengan dimensi (30 x 20,5 x 25) cm dan ketebalan 2 cm.



Gambar 3.2 *Cool Box* berbahan *Styrofoam*

3.4.2 *Refrigerator*

Refrigerator (mesin pendingin) adalah suatu rangkaian mesin yang mampu bekerja untuk menghasilkan temperatur rendah atau berfungsi untuk mempertahankan temperatur udara maupun ruang dibawah temperatur sekitarnya, bisa juga alat ini berfungsi untuk mendinginkan suatu benda atau bahan makanan. Alat ini digunakan untuk menurunkan temperatur PCM jenis larutan NaCl-H₂O hingga mencapai temperatur dibawah -15 °C.



Gambar 3.3 *Refrigerator*

3.4.3 *Ice pack*

Ice pack merupakan wadah berbahan plastik yang umumnya digunakan sebagai tempat menyimpan es beku. *Ice pack* ini akan dipakai sebagai wadah penyimpanan larutan eutektik air-garam beku. *Ice pack* ini dapat digunakan berulang kali dengan masa pakai antara 2-3 tahun pemakaian.

ICE PACK UK. 30 x 22 x 3 cm



Gambar 3.4 Media *Ice Pack*

3.4.4 *Thermocouple* dan *temperature recorder*

Thermocouple merupakan sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (*voltase*). Sensor ini terhubung dengan *temperature recorder* dimana alat ini berfungsi untuk merekam data perubahan suhu yang terjadi. *Thermocouple* akan dipasang pada beberapa titik untuk mengukur suhu pada udang segar, ruang *cool box*, PCM, dan lingkungan sekitarnya.



Gambar 3.5 *Temperature Recorder*

3.4.5 Timbangan digital

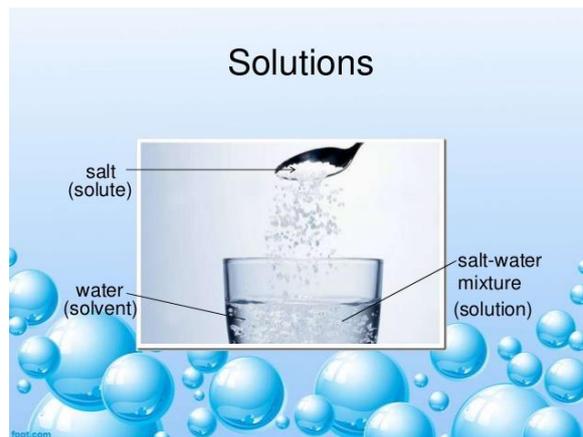
Timbangan digital merupakan alat untuk mengukur massa suatu benda. Pada penelitian ini, timbangan digital digunakan untuk mengukur massa dari PCM jenis larutan eutektik NaCl-H₂O dan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).



Gambar 3.6 Timbangan digital

3.4.6 Larutan eutektik NaCl-H₂O

Larutan eutektik NaCl-H₂O merupakan PCM yang digunakan sebagai media pendingin pada *cool box*. Larutan eutektik NaCl-H₂O yang digunakan memiliki *melting point* atau titik leleh -10 °C.



Gambar 3.7 Larutan eutektik NaCl-H₂O

3.4.7 Air es

Air es merupakan PCM yang akan digunakan sebagai media pendingin pada *cool box*. Air es yang digunakan dalam fasa padat bertemperatur 0°C.



Gambar 3.8 Air es

3.4.8 Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) adalah objek pada penelitian ini yang akan didinginkan di dalam *cool box*. Udang vaname yang dipilih merupakan udang segar hasil budidaya tambak.



Gambar 3.9 Udang vaname segar

3.5 Metode Pengujian

Adapun tahapan pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian tanpa beban

Pengujian ini dilakukan tanpa menyimpan udang segar pada *cool box* dan mengukur suhu PCM serta suhu ruangan *cool box*. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Menghitung kebutuhan massa media pendingin.
- c. Memasukkan PCM pada botol *ice pack*.
- d. Menurunkan temperatur PCM dengan menggunakan *refrigerator* hingga mencapai suhu -10°C .

- e. Memasukkan botol yang telah berisi PCM ke dalam *cool box*.
- f. Mengukur temperatur dalam waktu 12 jam.

Tabel 3.1 Data pengujian tanpa beban

Waktu (Jam)	Temperatur PCM (°C)		Temperatur cool box (°C)		Temperatur lingkungan (°C)	
	Larutan NaCl-H ₂ O	Air es	Larutan NaCl-H ₂ O	Air es	Larutan NaCl-H ₂ O	Air es
1 .						
2.						
3.						
4.						
5.						
Dst						

2. Pengujian menggunakan beban (menurunkan temperatur)

Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan udang segar bertemperatur lingkungan ke dalam cool box yang telah berisi PCM. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan
- b. Menghitung kebutuhan massa media pendingin
- c. Memasukkan PCM pada botol *ice pack*.
- d. Menurunkan temperatur PCM dengan menggunakan *refrigerator* hingga mencapai suhu -10°C
- e. Memasukkan botol *ice pack* ke dalam cool box.

- a. Memasukkan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) bertemperatur lingkungan ke dalam *cool box*
- f. Mengukur temperatur dalam waktu 12 jam

Tabel 3.2 Data pengujian menggunakan beban (menurunkan temperatur)

Waktu (Jam)	Temperatur PCM (°C)		Temperatur udang vaname (°C)		Temperatur <i>cool box</i> (°C)		Temperatur lingkungan (°C)	
	Larutan NaCl- H ₂ O	Air es						
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
Dst								

3. Pengujian menggunakan beban (mempertahankan temperatur)

Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan udang vaname segar yang telah didinginkan terlebih dahulu hingga mencapai temperatur -5°C ke dalam *cool box* yang telah berisi PCM. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan
- b. Menghitung kebutuhan massa media pendingin

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa simpulan :

1. Dalam penelitian ini hasil dari perhitungan laju perpindahan panas yang terjadi pada *Cool Box* memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 44.94735 Watt.
2. Adapun total luas seluruh permukaan *Cool Box* untuk menghitung laju perpindahan panas yang melalui dinding styrofoam dalam penelitian ini adalah 0,3755 m².
3. Nilai kalor yang dilepas dari Data Hasil Pengujian untuk menurunkan temperatur udang vaname menggunakan media pendingin Air Es yakni sejumlah 180,960 kJ sedangkan jika menggunakan media pendingin NaCl-H₂O yakni sebesar 190,344 kJ .
4. Nilai kalor yang dilepas dari Data Hasil Pengujian untuk mempertahankan temperatur udang vaname menggunakan media pendingin Air Es yakni sejumlah 19,616 kJ sedangkan jika menggunakan media pendingin NaCl-H₂O yakni sebanyak 7,568 kJ .

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini banyak memiliki keterbatasan dalam hal proses pengambilan datanya, mulai dari *refrigerator* yang kurang maksimal dalam mendinginkan temperatur media pendingin yakni Air Es maupun larutan NaCl-H₂O yang digunakan sebagai bahan *Phase Change Material*.
2. Penelitian ini jauh dari kata sempurna untuk itu besar harapan penulis, agar para peneliti lainnya ikut berkontribusi memvalidasi hasil penelitian ini dengan mensimulasikan menggunakan software ANSYS atau software engineering lainnya dalam menguji seberapa akurat penelitian yang telah dilakukan dengan menerapkan pemodelan yang serupa.
3. Implementasi dari penelitian ini masih perlu dikaji lagi untuk mengukur seberapa efektif dari penggunaan larutan NaCl-H₂O sebagai media pendingin udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dalam *coolbox*.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan. 2021. Ekspor Perikanan Lampung Tembus 1,7 Triliun hingga Agustus 2021. dapat diakses <https://kkp.go.id/bkipm/artikel/34840-ekspor-perikanan-lampung-tembus-1-7-triliun-hingga-agustus-2021>.

Badan Pusat Statistik. 2020. Buku Statistik Ekspor Hasil Perikanan Per Provinsi Tahun 2015 – 2019. Jakarta : Sekretariat Direktorat Jenderal Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan (Ditjen PDSPKP).

Bertiantono, Anugrah. 2011. Pengolahan Udang *Vannamei*. Jakarta : Kementerian Kelautan dan Perikanan, Badan Pengembangan dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Pusat Penyuluh Kelautan dan Perikanan (Badan PSDMKP).

Çengel, Yunus A., 2003. HEAT TRANSFER : A Practical Approach (2nd Edition). New York : McGraw-Hill Companies, Inc. All.

Fariadhie, Jeni. 2007. Analisa Beban Pendinginan Pada *Cold Storage Room* Pendingin Udang, Vol. 3 pages. 1 – 9. Demak : Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Fatah (UNISFAT).

Hadiwiyoto, Soewedo. 1993. Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan. Yogyakarta : Liberty

Haliman, R. Widodo dan Adijaya Dian S., 2005. Udang *Vannamei*. Jakarta : Penebar Swadaya

Holman, Jack Philip., 2010. HEAT TRANSFER (10th Edition). New York : McGraw-Hill Companies, Inc. All.

Incropera, Frank P., 1996. Fundamentals of Heat and Mass Tranfer (Sixth Edition). New York : John Wiley & Sons, Inc.

Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2020. Produksi Budidaya Udang Di Indonesia. Jakarta : Balai Besar Riset Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan.

Mardiah, Rosena. 2016. Pengaruh Komposisi garam dan Penambahan Agen Nukleasi Terhadap Derajat *Supercooling* Serta Kinerja Larutan Eutektik Garam/H₂O Untuk *Cold Storage* Berbasis *Phase Change Material* (PCM). Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Fisheries. 2021. "Importing and Exporting Seafood Commodities". Dapat diakses <https://www.fisheries.noaa.gov/national/international-affairs/importing-and-exporting-seafood-commodities>.

PCM Products, Ltd. 2013. "An Introduction to Phase Change Materials". United Kingdom : Cambridgeshire County Council – New Shire Hall.

Pielichowska, Kinga. 2014. "Phase Change Materials for Thermal Energy Storage" Progress in Materials Science, vol. 65, pages. 67–123 . Kracow : University of Science and Technology, Faculty of Materials Science and Ceramics, Department of Biomaterials.

The Engineering ToolBox. 2003. *Specific heat of Common Food and Foodstuff*. Dapat diakses https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-food-d_295.html.