TUGAS AKHIR– ME184834

ANALISIS PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN ARANG KAYU PADA KOTAK PENYIMPANAN SEBAGAI MEDIA PENDINGIN EVAPORATIF DALAM PROSES DISTRIBUSI BUAH DI KAPAL PELAYARAN RAKYAT

Alem Reyhan Savero Saputra
NRP 04211640000105

Dosen Pembimbing

Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.

NIP. 196801291992031001

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TUGAS AKHIR – ME 184834

ANALISIS PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN ARANG KAYU PADA KOTAK PENYIMPANAN SEBAGAI MEDIA PENDINGIN EVAPORATIF DALAM PROSES DISTRIBUSI BUAH DI KAPAL PELAYARAN RAKYAT

DISUSUN OLEH :
ALEM REYHAN SAVERO SAPUTRA
NRP. 04211640000105

DOSEN PEMBIMBING
Ir.Alam Baheramsyah,M.Sc.
NIP. 196801291992031001

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BACHELOR THESIS – ME 184834

ANALYSIS UTILIZATION OF COCONUT FIBER AND WOOD CHARCOAL ON STORAGE BOX AS EVAPORATIVE COOLING MEDIA IN FRUIT DISTRIBUTION PROCESSES PELAYARAN RAKYAT VESSEL

ALEM REYHAN SAVERO SAPUTRA
NRP. 04211640000105

SUPERVISOR
Ir.Alam Baheramsyah,M.Sc.
NIP. 196801291992031001

DEPARTEMEN OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN ARANG KAYU PADA KOTAK PENYIMPANAN SEBAGAI MEDIA PENDINGIN EVAPORATIF DALAM PROSES DISTRIBUSI BUAH DI KAPAL PELAYARAN RAKYAT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Fluid and Machinery System* (MMS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ALEM REYHAN SAVERO SAPUTRA

NRP. 04211640000105

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Alam Baheramsyah,M.Sc.

NIP. 196801291992031001

Surabaya, Agustus 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN ARANG KAYU PADA KOTAK PENYIMPANAN SEBAGAI MEDIA PENDINGIN EVAPORATIF DALAM PROSES DISTRIBUSI BUAH DI KAPAL PELAYARAN RAKYAT

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi *Marine Machinery Fluid and System (MMS)*
Program S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Alem Reyhan Savero Saputra
NRP 04211640000105

Disetujui Oleh,
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Beny Cahyono, ST, MT, Ph.D.
NIP 197903192008011008

SURABAYA
AGUSTUS 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN ARANG KAYU PADA KOTAK PENYIMPANAN SEBAGAI MEDIA PENDINGIN EVAPORATIF DALAM PROSES DISTRIBUSI BUAH DI KAPAL PELAYARAN RAKYAT

Nama mahasiswa : Alem Reyhan Savero Saputra
NRP : 04211640000105
Pembimbing : Ir.Alam Baheramsyah,M.Sc.

ABSTRAK

Peranan transportasi laut dalam distribusi barang antar pulau di Indonesia merupakan hal yang cukup penting agar stabilitas bahan pokok maupun ketahan pangan. Salah satunya menggunakan kapal pelayaran rakyat sebagai media transportasinya. Namun kapal pelayaran rakyat tidak memiliki fasilitas untuk mengatur pengkondisian udara serta media penyimpan komoditas yang mudah turun kualitasnya sebagai contoh adalah buah buahan dan sayuran. Hal itu dapat menyebabkan harga barang tersebut menjadi turun. Oleh karena itu, Tugas Akhir ini dilakukan dengan tujuan untuk mendesain suatu sistem media pendingin dengan memanfaatkan prinsip pendingin evaporatif untuk menjaga kualitas buah pisang dalam proses distribusi pada kapal pelayaran rakyat. Dari hasil percobaan didapatakan bahwa temperatur terendah yaitu 26,3°C dengan menggunakan laju aliran udara sebesar 4,2 m/s dalam durasi waktu 240 menit menggunakan bahan serabut kelapa, sedangkan menggunakan bahan campuran serabut kelapa dan arang kayu temperatur terendah sebesar 28,6°C dengan menggunakan laju aliran udara sebesar 4,2 m/s dalam durasi waktu 240 menit dan arang kayu temperatur terendahnya 29,1°C dengan menggunakan laju aliran udara sebesar 4,2m/s pada durasi waktu 60 menit. Saat diaplikasikan di kapal dapat mengangkut sebanyak 108 kotak dengan kebutuhan air sebesar 1.827 liter untuk seluruh kotak dengan bahan serabut kelapa, sedangkan jika menggunakan arang kayu memiliki kebutuhan ait sebanyak 2.326 liter untuk seluruh kotak penyimpanan buahnya.

Kata kunci : **Distribusi Buah Antar Pulau, Pendingin Evaporatif, Kapal Pelayaran Rakyat.**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS UTILIZATION OF COCONUT FIBER AND WOOD CHARCOAL ON STORAGE BOX AS EVAPORATIVE COOLING MEDIA IN FRUIT DISTRIBUTION PROCESSES PELAYARAN RAKYAT VESSEL

Student Name : Alem Reyhan Savero Saputra
NRP : 04211640000105
Advisor : Ir. Alam Baheramsyah.S.T, M.Sc

ABSTRACT

The role of sea transportation in the distribution of goods between islands in Indonesia is quite important so that the stability of staples and food security. One of them is using Pelayaran Rakyat Vessel as their transportation media. However, the Pelayaran Rakyat Vessel do not have facilities to regulate air conditioning and commodity storage media that are easily degraded in quality, for example fruits and vegetables. That can cause the price of the item to fall. Therefore, this Final Project is carried out with the aim to design a cooling media system by utilizing the principle of evaporatif cooling *to maintain the quality of goods in the distribution process on Pelayaran Rakyat Vessel. From the experimental results obtained that the lowest temperature is 26.3 ° C by using an air flow rate of 4.2 m / s in a duration of 240 minutes using coconut fiber material, while using a mixture of coconut fiber and wood charcoal the lowest temperature of 28.6 ° C using an air flow rate of 4.2 m / s in a duration of 240 minutes and the lowest charcoal temperature of 29.1 ° C using an air flow rate of 4.2m / s at a time duration of 60 minutes. When applied on the ship, it can transport 108 boxes with a water requirement of 1,827 liters for all boxes with coconut fiber material, whereas if using wood charcoal, it needs 2,326 liters of water for all fruit storage boxes.*

Keywords: Inter-Island Fruit Distribution , Evaporatif Cooling, Pelayaran Rakyat Vessel

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena Rahmat dan KaruniaNya-lah Penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul "**ANALISIS PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN ARANG KAYU PADA KOTAK PENYIMPANAN SEBAGAI MEDIA PENDINGIN EVAPORATIF DALAM PROSES DISTRIBUSI BUAH DI KAPAL PELAYARAN RAKYAT** " dengan tepat pada waktunya. Selama proses penulisan dan penyelesaian tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dan dorongan dari pihak lain rasanya sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang Tua, Kakak dan Adik yang selalu memberi dukungan, motivasi, dan saran membangun dalam melewati masa perkuliahan.
2. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.selaku dosen pembimbing dan kepala Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem yang selalu memberi bimbingan,nasihat, dan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc. selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan nasihat, saran, kritik dan arahan selama menempuh proses di masa perkuliahan ini.
5. Bapak Beny Cahyono, S.T.,M.T.,Ph.D. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
6. *ClassNK, American Bureau of Shipping (ABS),* yang telah memberikan bantuan beasiswa kepada penulis sebagai bantuan keuangan serta penghargaan selama penulis kuliah.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat di harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. akhirnya penulis berharap semoga apa yang telah penulis selesaikan ini bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN..... Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN..... Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....**x**
ABSTRACT .....**xii**
KATA PENGANTAR.....**xiv**
DAFTAR ISI.....**xv**
DAFTAR GAMBAR.....**xvii**
DAFTAR TABEL..... **xviii**
BAB 1 PENDAHULUAN.....**1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan.....2
1.4 Batasan Masalah.....2
1.5 Manfaat.....3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA **4**
2.1 Kapal Pelayaran Rakyat 4
2.2 Sistem Pengkondisian Udara.....5
2.3 Perpindahan Panas.....7
2.4 Evaporatif Cooling 8
2.5 Thermo-Hygrometer.....10
2.6 Penyimpanan Bahan Makanan 10
2.7 Karakteristik Bahan Pendingin *Evaporatif Pad* 13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN **14**
3.1 Metodologi Penelitian 14
3.2 Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah 15
3.3 Studi Literatur.....15
3.4 Perancangan Kotak Penyimpanan 15
3.5 Analisa Hasil Perancangan.....17
3.6 Pembuatan Model.....17
3.7 Pengujian dan Pengambilan Data.....19

3.8 Analisa Sistem Evaporatif Cooling 19
3.9 Kesimpulan dan Saran 20
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN 21
4.1 Hasil Pengujian Model 21
4.1.1 Percobaan Menggunakan Cooling Pad Serabut Kelapa 21
4.1.2 Percobaan Menggunakan *Cooling Pad* Campuran Antara Serabut Kelapa dan Arang Kayu 24
4.3.3 Percobaan Menggunakan Cooling Pad Campuran Antara Serabut Kelapa dan Arang Kayu 26
4.2 Analisa Penerapan Penggunaan Kotak Penyimpanan Buah pada Proses Distribusi Buah Pisang di Kapal Pelayaran Rakyat 29
4.3 Perhitungan 31
4.3.1 Perhitungan Tahanan Total Thermal 31
4.3.2 Menghitung Hambatan Total Pada Kotak Penyimpanan Berbahan Serabut Kelapa 32
4.3.3 Menghitung Hambatan Total Pada Kotak Penyimpanan Berbahan Arang Kayu 33
4.4 Perhitungan Jika Dimuat di Ruang Kargo Kapal Pelayaran Rakyat KLM Harapan Indah 36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 39
DAFTAR PUSTAKA 41
LAMPIRAN 1
BIODATA PENULIS 8

DAFTAR GAMBAR

Gambar2.1 Kapal Pelayaran Rakyat 4
Gambar 2.2 Sistem Pengkondisian Udara Sederhana.....6
Gambar 2.3 Ilustrasi Direct Evaporative Cooling.....9
Gambar 2.4 Proses Indirect Evaporative Cooling..... 10
Gambar 2.5 Thermo-Hygrometer 10
Gambar 3.1 Desain Kotak Penyimpanan Tampak Isometric..... 16
Gambar 3.2 Desain Kotak Tampak Atas dan Samping..... 16
Gambar 3.3 Kawat Strimin yang digunakan melapisi dinding kotak.....18
Gambar 3.4 hasil kotak yang telah dibuat.....19
Gambar 4.1 Kotak penyimpanan yang sudah diberi bahan serabut kelapa.....21
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Temperatur Bahan Serabut Kelapa Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara (m/s) 23
Gambar 4.3 Kotak penyimpanan yang sudah diberi bahan campuran 24
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Temperatur Bahan Campuran Serabut Kelapa dan Arang Kayu Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara (m/s) 26
Gambar 4.5 Kotak penyimpanan yang sudah diberi bahan arang kayu.....26
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Temperatur Bahan Serabut Kelapa Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara (m/s) 28
Gambar 4.7 Kondisi Pisang Hari 0 30
Gambar 4.8 Kondisi Pisang Hari 10..... 30
Gambar 4.9 KLM Harapan Indah..... 36
Gambar 4.10 *Layout* Kotak Buah Dalam Palet Tampak Samping.....37
Gambar 4.11 *Layout* Kotak Buah Dalam Palet Tampak Atas.....37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indeks Keadaan Buah Pisang..... 12
Tabel 4.1 Hasil Pengambilan Data Serabut Kelapa Dengan Variasi kecepatan 1m/s 22
Tabel 4.2 Hasil Pengambilan Data Serabut Kelapa Dengan Variasi kecepatan 2,1m/s 22
Tabel 4.3 Hasil Pengambilan Data Serabut Kelapa Dengan Variasi kecepatan 4,2m/s..... 22
Tabel 4.4 Hasil Pengambilan Data Campuran Serabut Kelapa dan Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 1m/s..... 24
Tabel 4.5 Hasil Pengambilan Data Campuran Serabut Kelapa dan Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 2,1m/s 25
Tabel 4.5 Hasil Pengambilan Data Campuran Serabut Kelapa dan Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 2,1m/s..... 25
Tabel 4.6 Hasil Pengambilan Data Campuran Serabut Kelapa dan Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 4,2m/s 25
Tabel 4.7 Hasil Pengambilan Data Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 1m/s 27
Tabel 4.8 Hasil Pengambilan Data Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 2,1m/s 27
Tabel 4.9 Hasil Pengambilan Data Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 2,1m/s.....28
Tabel 4.10 Perbandingan volume air yang dibutuhkan untuk satu kotak 35
Tabel 4.11 Perbandingan volume air yang dibutuhkan saat berlayar..... 38

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara kepulauan, transportasi laut memiliki peranan yang cukup penting untuk menjamin kelancaran mobilitas penduduk dan distribusi barang antar pulau di Indonesia. Pelabuhan laut menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam mendukung aktivitas perekonomian di suatu wilayah yang mengandalkan moda transportasi laut. Beberapa indikator terkait aktivitas di pelabuhan laut dapat memberikan gambaran perkembangan transportasi laut di Indonesia. Pada tahun 2017, tercatat jumlah kapal yang bersandar di pelabuhan seluruh Indonesia adalah sebanyak 1.678.060 kapal (Badan Pusat Statistik, 2018). Jumlah tersebut mencakup kapal niaga dan juga kapal penumpang, baik oleh perusahaan swasta maupun perusahaan milik negara.

Salah satu aktivitas perekonomian di pelabuhan adalah distribusi logistik berbagai barang ke daerah kepulauan demi terjaganya stabilitas bahan pokok hingga ketahanan pangan dengan menggunakan kapal pelayaran rakyat (Pelra). Muatan dari kapal pelayaran rakyat umumnya tidak hanya satu komoditas, namun bercampur antara lain beras, semen, pupuk, jagung, kedelai dan buah-buahan. Dalam mendistribusikan berbagai barang, durasi yang ditempuh kapal pelayaran beragam namun biasanya dalam satu kali perjalanan paling lama adalah lima hari. Sirkulasi udara dari ruang muat merupakan hal yang terpenting dalam kapal pelayaran rakyat, karena berguna untuk menjaga kualitas muatan dalam kondisi yang baik. Tapi pada faktanya, Sistem pengkondisian udara udara dan kotak penyimpanan beberapa barang seperti buah-buahan, maupun sembako masih kurang efektif, karena beberapa barang tersebut sangat bergantung pada kondisi udara sekitar di luar kapal, dan umumnya suhu udara di indonesia terbilang tinggi dan dapat merusak kualitas yang mengakibatkan penurunan harga jual dari barang tersebut ketika sudah sampai di pelabuhan tujuan.

Oleh karena itu, dengan adanya permasalahan tersebut maka timbulah ide menyediakan kotak penyimpanan dengan memanfaatkan konsep pendingin evaporatif untuk menjaga kualitas barang dari distribusi barang barang pada kapal pelayaran rakyat. Dapat diketahui bahwa saat ini dalam pendistribusian buah maupun beberapa komoditas menggunakan *refeer container* yang memerlukan energi besar karena *refeer container* menggunakan mesin pendingin. Sehingga dapat dikatakan bahwa media penyimpanan komoditas pendingin dapat digantikan dengan konsep pendingin evaporatif dengan memanfaatkan bahan bahan alam. Dengan pengaplikasian sistem ini, diharapkan akan dapat mengurangi beban operasional pada kapal khususnya pada biaya bahan bakar untuk sistem kelistrikan. Turunnya biaya operasional akan berdampak pada turunnya harga barang komersial.

Mengacu pada permasalahan yang dihadapi diatas maka skripsi ini akan membuat kajian mengenai pemanfaatan konsep pendingin evaporatif dalam menjaga kualitas komoditas dalam ruang muat kapal Pelayaran Rakyat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan sistem kotak penyimpanan buah sebagai solusi alternatif penggunaan refeer container pada ruang palka kapal pelayaran rakyat agar dapat optimal?
2. Bagaimana pengaruh serabut kelapa dan arang kayu sebagai bahan pendingin evaporatif terhadap proses pendinginan penyimpanan buah?
3. Apakah penggunaan sistem pendingin evaporatif dapat memenuhi temperatur yang dibutuhkan dalam menjaga kualitas buah pisang selama proses distribusi di kapal pelayaran rakyat?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui keefektifan sistem kotak penyimpanan buah dalam distribusi ke daerah-daerah kepulauan pada ruang muat kapal pelayaran rakyat
2. Mengetahui pengaruh bahan evaporatif cooling yang tepat untuk penggunaan kotak penyimpanan buah
3. Membuktikan sistem pendingin evaporatif dapat memenuhi temperatur yang dibutuhkan dalam menjaga kualitas buah pisang selama proses distribusi di kapal pelayaran rakyat.

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas maka diberikan batas-batas sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan sistem ventilasi udara dan kotak penyimpanan yang dibuat hanya digunakan di dalam ruang muat kapal pelayaran rakyat.
2. Suplai udara dari rotor dessicant yang sudah dikurangi kelembapannya digunakan untuk menguapkan air di kotak penyimpanan
3. Kotak pendingin berbasis pendingin evaporatif yang dibandingkan hanya menggunakan bahan serabut kelapa, arang kayu dan campuran serabut kelapa dengan arang kayu.
4. Dalam pengambilan data percobaan dibatasi setiap percobaan durasi waktu 240 menit.
5. Tidak membahas aspek ekonomis pada pengaplikasian kotak pendingin pada distribusi buah-buahan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Mampu menjaga kualitas dari barang yang akan di distribusikan ke daerah daerah dalam ruang muat kapal pelayaran yang umumnya tercampur dengan barang lainya dengan menggunakan konsep pendingin evaporatif.
2. Mengetahui hubungan variasi bahan evaporatif terhadap sistem pengkondisian udara secara optimal.
3. Mampu menjadi rujukan bagi swasta maupun pelaku usaha dalam mendistribusikan barang ke daerah-daerah dengan konsep hemat energi.

BAB 2
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kapal Pelayaran Rakyat

Wilayah Indonesia sendiri dua pertiga wilayahnya merupakan perairan, lebih tepatnya perairan laut. Tak salah juga apabila Indonesia sering disebut sebagai negara kepulauan, karena memang Indonesia sendiri memiliki sekitar belasan ribu yang tersebar di nusantara ini. Sehingga tak salah apabila indonesia memiliki potensi yang sangat besar. Data dari *United Nations Development Programme* (UNDP) pada tahun 2017 menyebutkan bahwa perairan Indonesia menjadi habitat bagi 76 persen terumbu karang dan 37 persen ikan karang dunia. Laut bahkan menjadi penopang ekonomi masyarakat Indonesia. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat sekitar 7,87 juta jiwa atau 25,14 persen dari total penduduk miskin nasional menggantungkan hidupnya dari laut. Mereka tersebar di 10.666 desa pesisir yang berada di 300 dari total 524 kabupaten dan kota se-Indonesia.

Laut Indonesia juga berperan penting bagi berbagai kegiatan ekonomi seperti bisnis perikanan, pelayaran, maupun pariwisata. Kelancaran roda perekonomian tersebut dapat terwujud salah satunya karena penyelenggaraan transportasi yang baik.Mendorong percepatan roda perekonomian, pemerintah menyelenggarakan tol laut. Pengangkutan logistik melalui laut secara terjadwal mampu menekan disparitas harga di wilayah Timur Indonesia. Tol laut akan lebih besar dampaknya jika didukung dengan kapal pelayaran rakyat (Pelra) yang dapat menjangkau wilayah terdalam.

Gambar 2.1 Kapal Pelayaran Rakyat

Kapal pelayaran rakyat sendiri merupakan salah satu jenis kapal yang melayani jasa angkutan barang dan penumpang yang umumnya di laksanakan dengan menngunakan perahu layar motor dengan trayek antar pulau dapat melalui laut atau sungai dengan kedalaman rendah dan alur yang sempit. Di Indonesia jenis pelayaran rakyat sendiri umumnya berukuran 70 GT-300 GT dengan panjang rata rata dibawah 30 meter. Produktivitas dari kapal Pelayaran Rakyat sendiri masih rendah karena kemampuan bongkar muat yang terbatas yaitu dengan kapasitas berkisar 2 ton dan masih menggunakan tenaga manusia, serta muatan barang yang diangkut umumnya masih bercampur antara satu sama lain (heterogen) biasanya dalam bentuk break bulk maupun muatan umum (general cargo) dan bentuk kemasan.

2.2 Sistem Pengkondisian Udara

Sistem Pengkondisian Udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara suatu ruangan tertentu, mengatur aliran udara dan kebersihannya.

Ada beberapa pertimbangan dalam mendesain sistem pengkondisian untuk aplikasi di kapal. Sama halnya seperti untuk penggunaan sistem pengkondisian udara dalam darat, Tetapi terdapat pertimbangan khusus sebegai tambahan dalam mendesain sistem ini, dikarenakan kapal mempunyai ruangan yang terbatas dan berat yang harus sesuai agar kapal tidak tenggelam:

1. Terbatasnya ruang muat, berbeda dengan bangunan di darat,penambahan ruangan untuk keperluan sistem permesinan di kapal termasuk sistem ventilasi ini sulit untuk dilakukan
2. Kapal merupakan bangunan yang dinamis berbeda dengan bangunan yang statis. seluruh instalasi pada sistem pengkondisian udara yang terpasang di kapal harus bisa tetap beroperasi dengan baik dalam keadaan gerak kapal yang dinamis
3. Sistem ventilasi yang terpasang memiliki tingkat keandalan yang tinggi karena kapal beroperasi di laut bebas.
4. Sistem pengkondisian udara pada kapal harus mampu menjaga muatan yang dibawa agar kualitasnya tetap baik.

Pengondisian Udara Secara Sederhana

Permasalahan dari pengkondisian udara secara esensi adalah untuk menghitung keadaan dan laju massa udara untuk disuplai kedalam ruangan,dimana beban pendinginan tersebut terdiri dari panas sensibel dan panas laten.

a) Sensibel Heat

Panas sensibel adalah panas yang diserap atau dibuang oleh suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berubah temperaturnya. Kata sensibel dipakai karena perubahan temperatur benda dapat dirasakan dengan menyentuhnya atau diukur menggunakan termometer. Bisa dirumuskan dalam persamaan berikut;

$$RSH = Q_S = \dot{m}_a C_p (t_i - t_s)$$

Dimana ;
$\dot{m}_a$ = Laju aliran massa udara
C_p = Konstanta kalor pada tekanan tetap
t_i = Dry bulb temperatur dalam ruangan
t_s = Dry bulb temperatur dalam lingkungan

b) Latent heat

Panas laten adalah panas yang diserap atau dibuang oleh suatu benda sehingga merubah wujud benda tersebut. Perubahan wujud benda ini tidak disertai dengan perubahan suhunya. Suatu benda akan mengalami dua perubahan wujud saat suhunya terus bertambah. Pertama perubahan bentuk padat menjadi cairan dan jika suhunya terus naik maka cairan akan berubah menjadi uap. Jika perubahan wujud benda antara padat dengan cair, panas yang mempengaruhinya disebut dengan panas laten pencairan. Jika perubahan wujud benda antara cair dengan uap, panas yang mempengaruhinya disebut dengan panas laten penguapan. Dapat dirumuskan dalam persamaan berikut ;

$$RLH = Q_S = \dot{m}_a h_{fg0} (\omega_i - \omega_s)$$

$$RLH = 2500G = 50 (cmm)_s (\omega_i - \omega_s)$$

Dimana;
$\dot{m}_a$ = Laju aliran massa udara
h_{fg0} = Enthalpy campuran dalam 0 derajat
ω_i = Rasio humidity dalam ruangan
ω_s = Rasio humidity lingkungan.

2.3 Perpindahan Panas

Kalor atau panas merupakan bentuk dari energi dapat dipindahkan dari satu sistem ke sistem yang lain sebagai hasil dari perbedaan temperatur. Perpindahan kalor sesuai dengan nilai dari perpindahan energi itu sendiri seperti variasi temperatur. Hukum perpindahan energi seperti kalor selalu bergerak dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Perpindahan panas berhenti ketika dua medium mencapai temperatur yang sama. Keseimbangan temperatur tersebut dikenal dengan istilah Thermal Equilibrium. (Holman, JP:1997)

Perpindahan kalor tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = \dot{m} \times c \times \Delta T$$

dimana:

q : laju perpindahan panas [W]

$\dot{m}$: laju aliran massa [kg/s]

c : *heat capacity* [kJ/kg oC]

ΔT : perubahan temperatur [oC]

Dalam suatu proses, panas dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu suatu zat dan atau perubahan tekanan, reaksi kimia dan kelistrikan. Proses terjadinya perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung, yaitu fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin tanpa adanya pemisah dan secara tidak langsung, yaitu bila diantara fluida panas dan fluida dingin tidak berhubungan langsung tetapi dipisahkan oleh sekat-sekat pemisah. (Kern,1983). Menurut Holman,1995 mekanisme perpindahan panas terdiri atas :

a. Perpindahan Panas Secara Konduksi, merupakan perpindahan panas antara molekul-molekul yang saling berdekatan antar yang satu dengan yang lainnya dan tidak diikuti oleh perpindahan molekul-molekul tersebut secara fisik.
b. Perpindahan Panas Secara Konveksi, merupakan perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain disertai dengan gerakan partikel atau zat tersebut secara fisik.
c. Perpindahan Panas Secara Radiasi, merupakan perpindahan panas tanpa melalui media (tanpa melalui molekul). Suatu energi dapat dihantarkan dari suatu tempat ke tempat lainnya (dari benda panas ke benda yang dingin) dengan pancaran gelombang elektromagnetik dimana tenaga elektromagnetik ini akan berubah menjadi panas jika terserap oleh benda yang lain.

Proses Konveksi dan Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor melalui zat penghantar tanpa disertai perpindahan bagian-bagian zat itu. Sedangkan konveksi adalah perpindahan kalor melalui zat penghantar yang disertai dengan perpindahan bagian-bagian zat itu. Berikut rumus yang digunakan dalam perhitungan konveksi:

$$qconv = hA\ (T2 - T1)$$

dimana:

qconv : laju perpindahan panas secara konveksi [W]

h : konveksi thermal [W/m oC]

A : luas permukaan [m2]

ΔT : perubahan suhu [oC]

Sedangkan perhitungan konduksi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$qcond = kA\ (T2 - T1)$$

dimana:

qcond : laju perpindahan panas secara konduksi [W]

k : konduktivitas thermal [W/m oC]

A : luas permukaan [m2]

ΔT : perubahan suhu [oC]

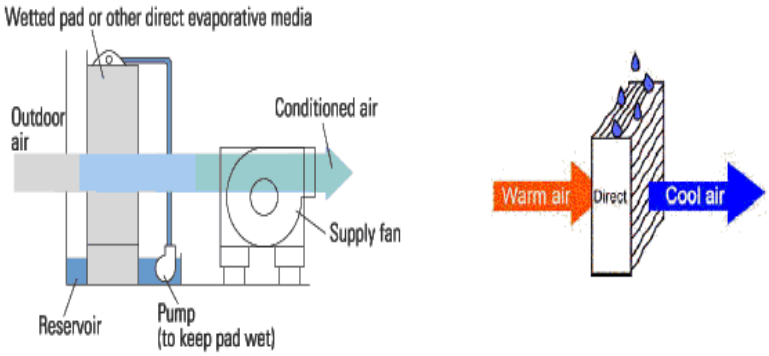
2.4 Evaporatif Cooling

Evaporative Cooler merupakan sistem pengondisian udara yang menggunakan penguapan air untuk mendinginkan dan menambah kadar air atau kelembapan pada aliran udara, sehingga temperatur pad menjadi lebih dingin daripada sebelum mengalami proses penguapan . Pendinginan evaporative secara teknik disebut dengan pendinginan adiabatik yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan dari panas sensible menjadi panas laten. (Althouse, Bracciano, and Turnquist, 2005)

Jenis Jenis Pendingin evaporatif

A. Pendinginan Langsung (Direct Pendingin evaporatif)

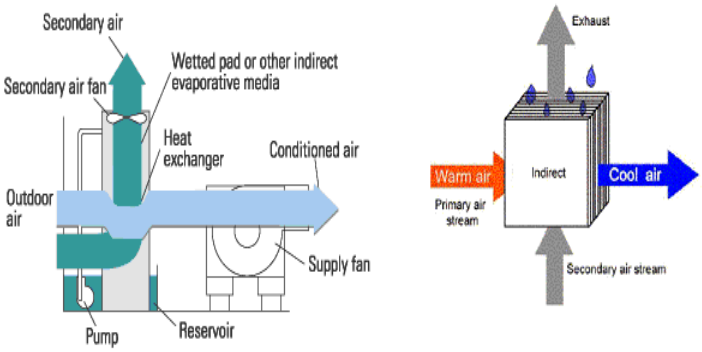
Memanfaatkan uap air untuk mendinginkan temperatur udara yang akan masuk ke dalam ruangan sehingga dapat meningkatkan kelembapan spesifik. Kelebihan dari sistem ini adalah hemat energi dan biaya, karena pendinginan langung menggunakan air.



Gambar 2.3 Ilustrasi Direct Pendingin evaporatif
(Sumber: www.pdhcenter.com)

B. Pendinginan Tidak Langsung (Indirect Evaporatif Cooling)

Indirect Pendingin evaporatif merupakan proses mendinginkan tanpa meningkatkan kelembapan spesifik udara. Kekurangan dari sistem ini adalah mengkonsumsi energi lebih banyak daripada sistem pendinginan langsung karena menggunakan heat exchanger untuk mendinginkan udara yang akan masuk ke ruang

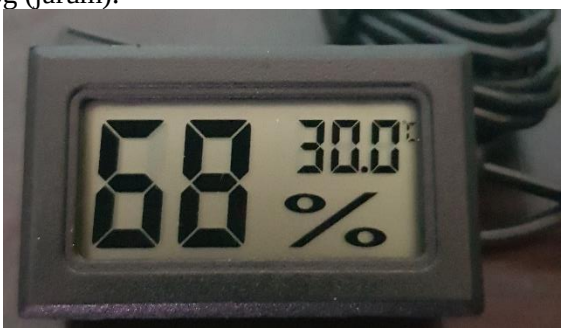


Gambar 2.4 Proses Indirect Pendingin evaporatif
(Sumber: www.pdhcenter.com)

2.5 Thermo-Hygrometer

Thermo-hygrometer merupakan perpaduan dengan dua indikator pengukuran, yaitu thermometer dan hygrometer, Thermometer berfungsi sebagai pengukur suhu dalam satu area / ruangan. Sedangkan hygrometer berfungsi untuk mengukur kelembaban (relative humidity –RH) dalam satu area / ruangan.

Fungsi dan kegunaan thermometer merupakan sesuatu yang umum dan banyak diketahui banyak rang, namun tidak demikian halnya dengan ygrometer. Mengacu dari fungsinya sebagai alat untuk mengetahui tingkat kelembaban, yang membedakan secara spesifik fungsi dan penggunaan dari thermo-hygrometer, baik untuk indoor maupun outdoor secara kasat mata, hanya terlihat dari bahan pelindung yang membungkusnya. Bahan plastik keras (resin) untuk indoor dan bahan logam tipis untuk outdoor. Display dari alat ini ada yang berupa digital (biasanya indoor) dan lainnya berupa analog (jarum).



Gambar 2.5 Thermo-Hygrometer

Spesifikasi :
- Ukuran Kelembaban (RH): 10% - 99%, Resolusi: 1%, Akurasi: +/- 5%
- Ukuran Temperatur (C): -50 C - 70 C, Resolusi: 0.1 C, Akurasi: +/- 1 C
- Tegangan Operasi: 1.5 v, 2 bh Baterai Kancing LR44
- Dimensi: 48mm x 28.6 mm x 15.2 mm
- Dimensi Layar (LCD): 46 mm x 27 mm

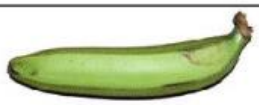
2.6 Penyimpanan Bahan Makanan

Penyimpanan bahan makanan ditujukan untuk memperpanjang *shelf life* dengan memperlambat laju pembusukan makanan tersebut. Pembusukan makanan dipengaruhi berbagai faktor yaitu suhu, kelembaban, kadar udara, cahaya, waktu, dan faktor dari luar seperti adanya mikroorganisme. Proses penyimpanan konvensional seperti penyimpanan pada lumbung, lemari, dan kulkas tidak memberikan pengaruh besar pada umur ketahanan makanan, bahkan menyebabkan timbulnya bau tak sedap. (Sari & Hadiyanto, 2013).

Terdapat banyak jenis kerusakan yang terdapat buah menurut Dr. Yusmarini, S.pt, M.P dan Rahmayuni, S.P., M.Sc diantaranya adalah:

- **Kerusakan mekanis**, yaitu kerusakan yang diakibatkan oleh adanya gesekan atau tekanan saat panen, penyimpanan atau distribusi (dengan alat maupun tekanan sesama produk saat penyimpanan)
- **Kerusakan fisik**, merupakan kerusakan yang diakibatkan oleh insekta/rodentia, kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas sinar matahari.
- **Kerusakan biologis**, kerusakan yang diakibatkan oleh respirasi bahan pangan
- **Kerusakan kimia**, merupakan kerusakan yang diakibatkan oleh reaksi kimia seperti reaksi oksidasi, hidrolisis, reaksi enzimatis
- **Kerusakan mikrobiologis**, merupakan kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganisme

Menurut dalam jurnal yang di keluarkan oleh Prabawati pada tahun 2009, Kualitas (mutu) buah pisang ditentukan dari derajat ketuaan, kebersihan, bentuk, ada tidaknya buah dempet atau buah yang lepas, serta terkena hama atau penyakit. Pisang umumnya dipanen apabila pada sisir pertama dari tandan sudahterdapat 1-2 buah yang menguning. Pada saat itu pertumbuhan buah sudah mencapai atau mendekati maksimum. Sisir buah masih berwarna hijau, namun proses pematangan (ripening process) masih akan berlanjut sesudah proses pemetikan karena pisang termasuk kelompok klimakterik. Tingkat kematangan buah pisang ditandai dari warnanya. Tabel 2.1 menyajikan deskripsi kematangan buah pisang berdasarkan warna kulit.

Indeks Warna	Keadaan Buah	Deskripsi
1		Seluruh permukaan buah bewarna hijau, buah masih keras
2		Permukaan buah bewarna hijau dengan semburat atau sedikit warna kuning
3		Warna hijau lebih dominan daripada warna kuning
4		Kulit buah dengan warna kuning lebih banyak dari pada warna hijau
5		Seluruh permukaan kulit bewarna kuning, bagian ujung masih hijau
6		Seluruh dari buah pisang bewarna kuning, matang penuh
7		Buah pisang bewarna kuning dengan sedikit bintik kecoklatan, matang penuh dengan aroma yang kuat
8		Bercak coklat, terlalu matang, daging buah lunak, aroma sangat kuat

Tabel 2.1 Indeks Keadaan Buah Pisang
Sumber : (Prabawati, 2009)

2.7 Karakteristik Bahan Pendingin *Evaporatif Pad*

Menurut Martin Karpiscak (2010) seorang peneliti di Arizona, sebuah pendingin evaporatif pad harus mempunyai Sifat penyerapan yang baik. Dalam hal ini bahan yang dapat menyerap air, bukan bahan yang kedap air, tidak reaktif terhadap bahan disekitarnya, lebih kaku pada keadaan lembab, poripori bahan pendingin evaporatif pad tidak terlalu kecil sehingga dapat mengakibatkan penurunan tekanan.

Baik arang kayu maupun serabut kelapa memiliki struktur berpori sehingga Ketika struktur arang kayu dan serabut kelapa yang berpori ini dibasahi oleh air, maka udara luar yang masuk ke dalam akan melewati arang kayu basah dan serabut kelapa ini terlebih dahulu sebelum mauk ke dalam ruang penyimpanan. Sehingga suhu menurun karena hilangnya panas melalui penguapan air.

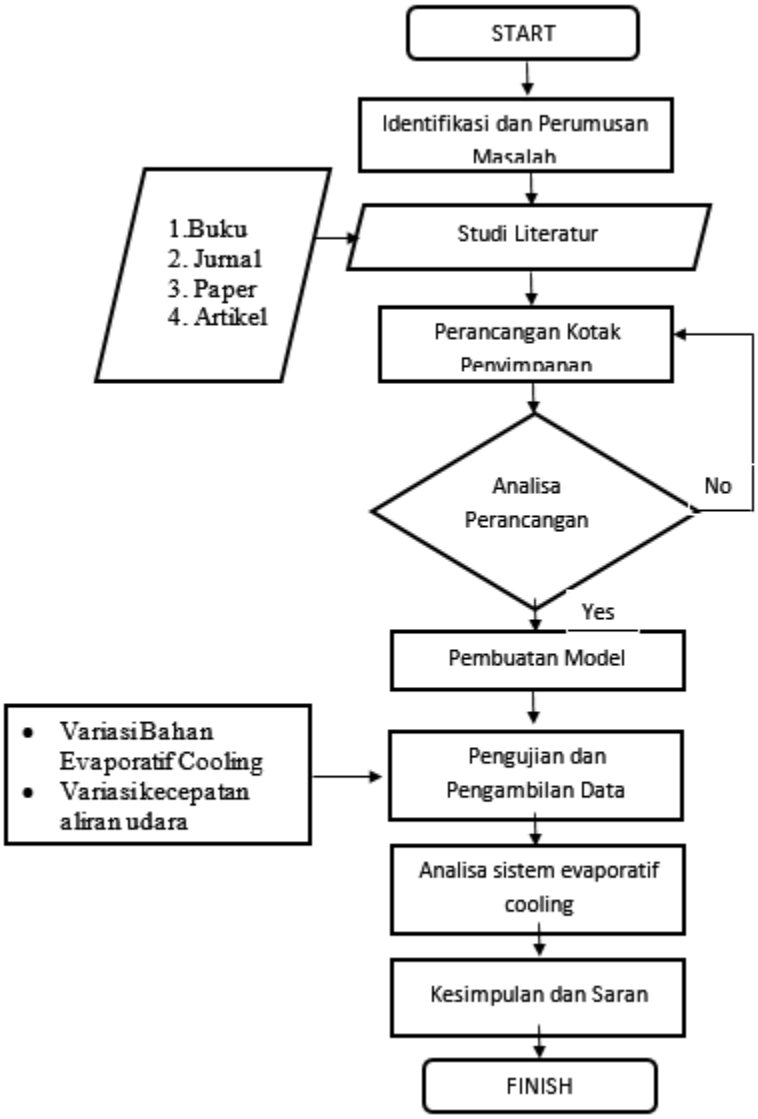
Keuntungan dari penggunaan arang dan serabut kelapa adalah mudah dalam aplikasi desain, mudah dalam modifikasi, ekonomis, dan mudah ditemukan. Namun kekurangan dari kedua media ini adalah jika air yang dikandung oleh arang dan serabut kelapa mulai hilang maka dingin yang dihasilkan juga berkurang dan kurang merata.

(Nenguwo,2000) telah melakukan penelitian pendingin evaporatif berjudul "*Appropriate Technology Cold Store Construction and Review of Post-harvest Transport and Handling Practices for Export of Fresh Produce from Rwanda"* mendapat kesimpulan bahwa pemanfaatan arang kayu sebagai pendingin evaporatif di Negara Rwanda dapat diturunkan sekitar 5ºC sampai dengan 10ºC tergantung kelembapan relatif udara.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan rangka dasar dalam membuat suatu penelitian, mencakup semua kegiatan yang akan dilakukan untuk memecahkan masalah atau untuk melakukan proses dalam menganalisa permasalahan yang ada pada tugas akhir.



3.2 Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah

Proses identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam melaksanakan penelitian tugas akhir. Tahap ini merupakan tahap yang paling penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan kajian tugas akhir. Permasalahan diperoleh dengan jalan melakukan pencarian informasi dan observasi terhadap permasalahan yang sedang terjadi. Permasalahan yang dikaji pada tugas akhir ini yakni perencanaan kotak penyimpanan buah yang baik sebagai solusi distribusi buah pada kapal pelayaran rakyat . Selain itu, permasalahan lain yang terjadi yakni pengaruh serabut kelapa dan arang kayu sebagai bahan dinding media pendingin untuk mempertahankan temperatur agar kualitas barang dibawa tetap terjaga.

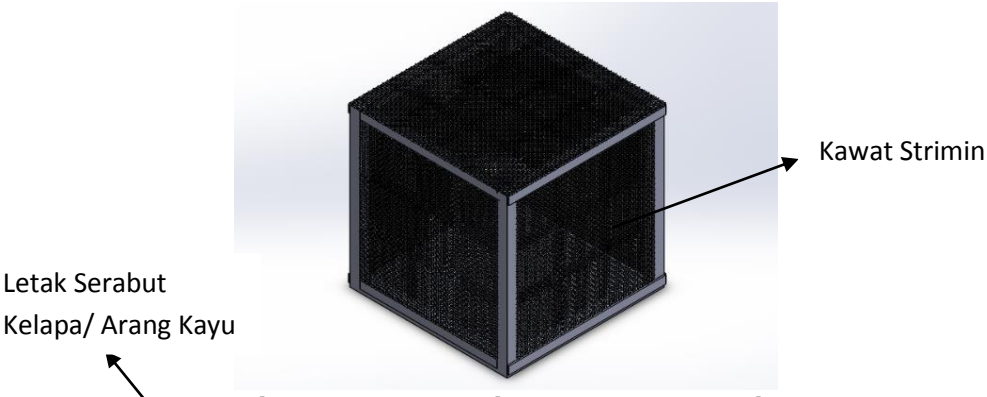
3.3 Studi Literatur

Setelah masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini telah diketahui, maka proses selanjutnya yakni melakukan studi literatur. Tahap studi literatur memiliki maksud dan tujuan untuk meningkatkan pengetahuan, informasi, konsep-konsep dasar, dan mempelajari semua hal yang berkaitan dengan permasalahan yang dikaji. Hal yang berkaitan dengan proses studi literatur ini dapat diperoleh dari beberapa referensi seperti paper, jurnal, buku, internet, ebook, penelitian tugas akhir, dan segala sumber referensi yang berhubungan dengan penelitian. Adapun literatur yang dipelajari dan berkaitan dengan permasalahan dalam tugas akhir ini diantaranya sebagai berikut:

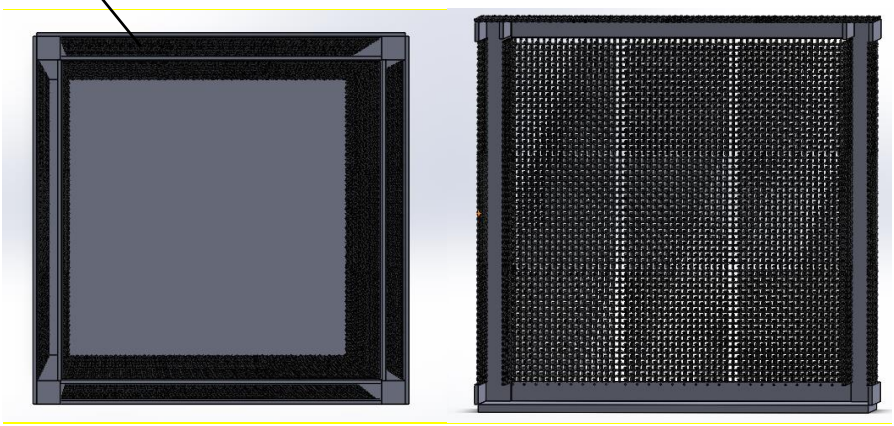
a. Literatur mengenai kotak penyimpanan atau *Storage Box*
b. Literatur mengenai konduktivitas termal material yang meliputi arang basah dan serabut kelapa.
c. Literatur mengenai hubungan perlakuan kecepatan aliran udara terhadap keefektifan sistem evaporatif cooling

3.4 Perancangan Kotak Penyimpanan

Setelah membaca berbagai studi literatur yang membahas mengenai topik yang akan diangkat, kemudian dilanjutkan dengan merancang desain dan konsep kotak penyimpanan yang memilik dimensi yang sesuai dan ergonomis serta melakukan perhitungan beban panas. Dalam proses desain penulis di bantu *Software AutoCAD* dan *Solidwork.* Desain yang dimaksud seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.1 Desain Kotak Penyimpanan tampak Isometric



Gambar 3.2 Desain Kotak tampak atas dan samping

Dari desain tersebut merupakan desain yang dibuat untuk mencegah udara panas dari luar masuk ke dalam kotak penyimpanan dan meredam panas yang timbul akibat respirasi dari buah di dalam kotak penyimpanan. Serta memperhatikan berbagai aspek seperti :

- **Menghindari kerusakan mekanis pada buah**

  Kerusakan yang diakibatkan adanya gesekan atau tekanan saat buah disimpan maupun didistribusikan. Cirinya adalah terdapat memar pada badan buah akibat tertindih atau tertekan, sobek hingga pecah. Jika terdapat itu dapat menurunkan kualitas buah sehingga harga jualnya pun lebih rendah.

- **Memperhatikan proses distribusi**

  Dalam proses distribusi seringkali terdapat kemasan primer (kemasan utama) biasanya berupa plastik atau lapisan pembungkus, kemasan sekunder, maupun

tersier. Hal ini perlu diperhatikan karena pada proses distribusi sering terjadi kerusakan dalam penanganan muatan dan transportasi yang tidak benar. Serta memperhatikan kemasan ini harus bisa ditransportasikan dari satu tempat ke tempat lain dengan mudah dengan berbagai kondisi (dalam truk, dalam kontainer). Bahaya yang mungkin timbul saat distribusi barang seperti berikut ini:

1. Tertusuk atau tergores
   Terjadi kontak yang tidak diinginkan antara barang dengan material handling equipment.
2. Terkena tekanan
   Terjadi ketika ada gaya luar dari sisi samping, atas, maupun sudut kemasan, misalnya pada saat stacking.
3. *Shipment handling*
   Misalnya terjatuh saat penanganan mengunakan forklift.
4. Goncangan atau getaran
   Terjadi selama distribusi baik menggunakan angkutan darat, angkutan udara, maupun angkutan laut, forklift atau conveyor belt.

Sehingga setelah memperhatikan semua aspek diatas, didapatkan ukuran utama kotak penyimpanan dengan memperhatikan penanganan muatan yang mudah dengan menggunakan palet dengan ukuran standar (120 cm x120 cm x 15cm).

Ukuran kotak penyimpanan:

Panjang: 0,4 m

Lebar: 0,4 m

Tinggi: 0,4 m

3.5 Analisa Hasil Perancangan

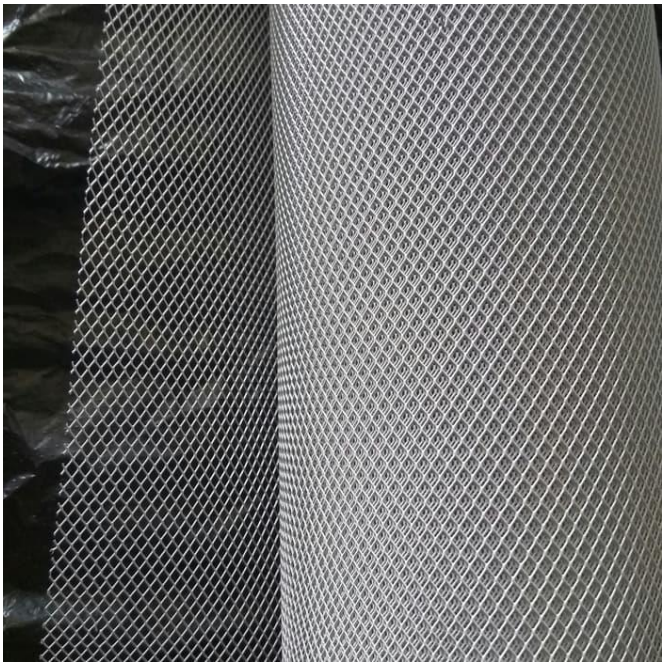
Analisa hasil perancangan yang telah dilakukan sebelumnya meliputi menilai desain sudah memiliki beberapa aspek yang perlu diperhatikan serta ergonomis dan memiliki sistem sirkulasi baik. Agar dipastikan sistem pendingin evaporatif dapat bekerja secara maksimal dan dapat menjaga kualitas dari barang yang akan dibawa.

3.6 Pembuatan Model

Setelah dipastikan melalui proses analisa komputer, model kotak penyimpanan dibuat sesuai dengan hasil rancangan desain sebelumnya yang akan dilakukan pengujian dalam skala laboratorium.

Pada dinding Storage Box, material dinding akan akan dilapisi dengan strimin kawat untuk menjaga bahan evaporatif cooling (arang basah dan serabut kelapa) tetap pada tempatnya serta menjaga sirkulasi udara agar tingkat keefektifan semakin tinggi, dengan rincian lapisan terluar menggunakan kayu wrang dengan ketebalan 2

cm, Strimin kawat, bahan evaporatif cooling (arang basah dan serabut kelapa), kemudian kembali dilapisi dengan strimin kawat dan kayu wrang.



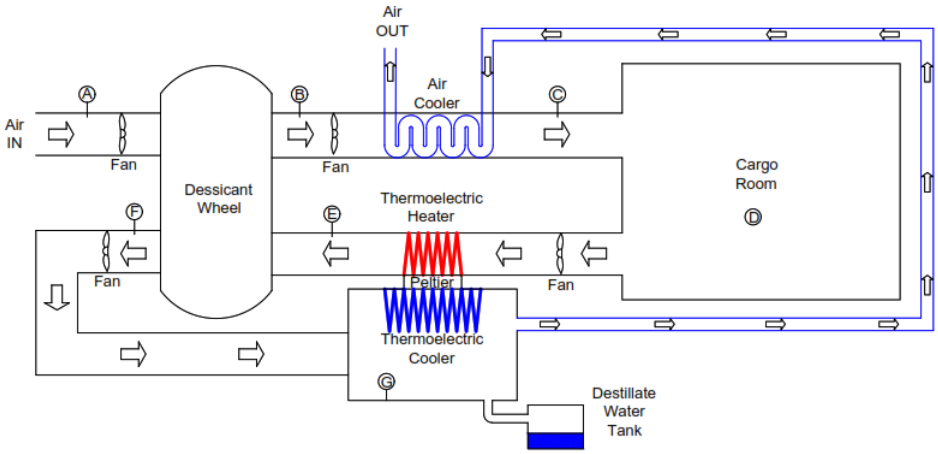
Gambar 3.3 Kawat Strimin yang digunakan untuk melapisi dinding Kotak Penyimpanan Buah

Gambar 3.4 hasil kotak yang telah dibuat

3.7 Pengujian dan Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan mengatur kondisi suhu dan kelembapan udara yang akan masuk ke dalam kotak penyimpanan. Pada percobaan yang dilakukan, diperlukan sensor thermo-hygrometer untuk mengetahui tingkat kelembapan pada bagian dalam *Storage Box* dan Thermohygrometer untuk mengetahui temperatur yang ada di dalam Box. Untuk membandingkan perfomansi *Storage Box* maka akan dilakukan percobaan dan observasi terhadap beberapa parameter, diantaranya :

a. Variasi Kecepatan Aliran Udara (0 m/s – 4,269 m/s (kecepatan kapal))
b. Temperatur terendah yang dicapai dengan perbedaan bahan Evaporatif Cooling (Arang Kayu, Serabut Kelapa dan Campuran Keduanya)
c. Pengambilan data ditetapkan setiap 1 jam tanpa ada penyiraman air selama 4 jam setiap variabel sesuai dengan desain kotak awal. Sehingga dalam durasi pelayaran terdapat 8 kali penyiraman (durasi pelayaran KLM Harapan Indah Surabaya-Banjarmasin 1 hari 9 jam)



Gambar 3.5 Skema Pengondisian Udara Rotor Dessicant

3.8 Analisa Sistem Evaporatif Cooling

Setelah percobaan telah selesai dan diperoleh data percobaan, maka tahap selanjutnya yakni tahap analisa sistem Evaporatif Cooling. Tujuan analisa data yakni untuk mengetahui hasil percobaan, kekurangan percobaan agar dapat terus dikembangkan dan memiliki manfaat yang besar. Analisa data didasarkan pada parameter percobaan yakni variasi kecepatan aliran udara, dan temperatur terendah yang dicapai selama proses pendingin evaporatif bekerja.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini adalah hasil dalam Tugas Akhir, kesimpulan merupakan gagasan atau ide yang telah dicapai pada Tugas Akhir ini adalah membuat kesimpulan dari keseluruhan proses yang telah dilakukan sebelumnya,serta memberikan jawaban atas permasalahan yang telah dirumuskan. Selanjutnya berdasarkan hasil analisa unuk dijadikan dasar pada penelitian selanjutnya,baik terkait secara langsung pada tugas akhir ini ataupun pada data data dan metodologi yang nantinya akan dijadikan referensi.

BAB 4
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Model

Dari hasil percobaan menggunakan bahan berupa bahan *cooling pad* dengan mengambil variabel yaitu jenis *cooling pad* yaitu serabut kelapa, arang kayu dan campuran antara serabut kelapa dan arang kayu serta variabel kedua yaitu kecepatan udara (v) dengan memberikan 3 kondisi : (1) Kecepatan udara rendah (2) Kecepatan udara standar (3) Kecepatan Udara maksimal (kondisi saat kapal pada kecepatan maksimal) . Data yang dicatat saat pengujian meliputi : Durasi selang waktu (T), kelembapan udara luar (RH in), temperatur udara luar (t), kelembapan udara dalam kotak (RH out) dan temperatur udara di dalam kotak (t).

4.1.1 Percobaan Menggunakan Cooling Pad Serabut Kelapa

Gambar 4.1 Kotak penyimpanan yang sudah diberi bahan evaporatif serabut kelapa

Pada percobaan ini, kotak penyimpan buah-buahan menggunakan serabut kelapa sebagai insulasi di dinding tiap sisi dari kotak, dengan memberikan perlakuan yaitu memvariasikan kecepatan aliran udara yang masuk.

Hasil Percobaan :

Dilakukan percobaan selama 240 menit dengan bahan pelapis dinding untuk melakukan proses pendingin evaporatif adalah **serabut kelapa** dan diberi variasi kecepatan aliran udara yang masuk. Didapatkan hasil percobaan sebagai berikut :

Variasi Pertama : Kecepatan 1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut Kelapa							
1	64	32,8	32,7	94	0	1 m/s	0,1
2	63	32,7	31,2	99	1	1 m/s	1,5
3	63	32,6	30,4	99	2	1 m/s	2,2
4	63	32,3	29,1	99	3	1 m/s	3,2
5	63	32,4	28,3	99	4	1 m/s	4,1

Tabel 4.1 Hasil Pengambilan Data Serabut Kelapa Dengan Variasi kecepatan 1m/s

Variasi Kedua : Kecepatan 2,1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut Kelapa							
1	66	32	32,3	92	0	2,1 m/s	-0,3
2	65	31,8	30,7	99	1	2,1 m/s	1,1
3	65	31,4	29,6	99	2	2,1 m/s	1,8
4	64	31,3	28,3	99	3	2,1 m/s	3
5	65	31,4	27,9	99	4	2,1 m/s	3,5

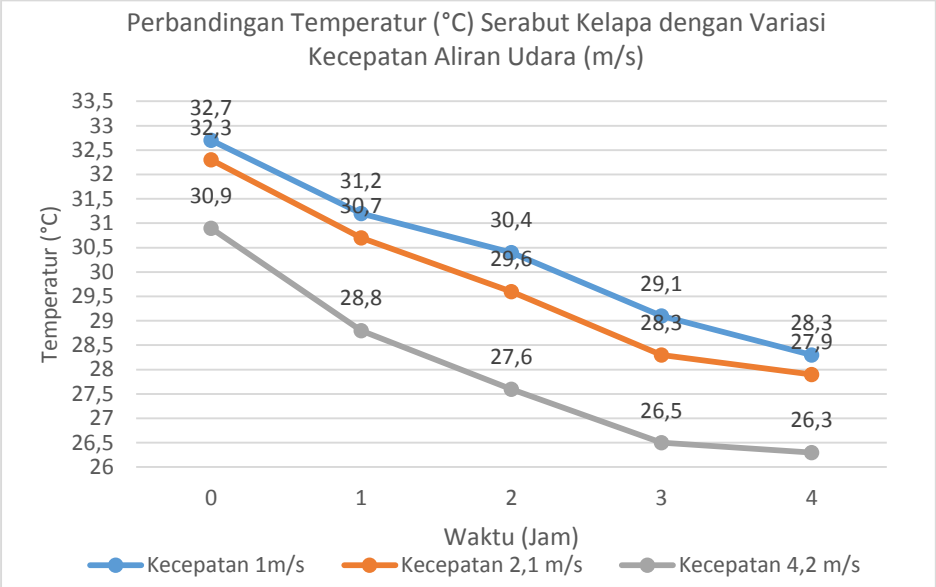
Tabel 4.2 Hasil Pengambilan Data Serabut Kelapa Dengan Variasi kecepatan 2,1 m/s

Variasi Kedua : Kecepatan 4,2m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut Kelapa							
1	67	31,1	30,9	89	0	4,2 m/s	0,2
2	67	30,6	28,8	99	1	4,2 m/s	1,8
3	67	30,4	27,6	99	2	4,2 m/s	2,8
4	66	30,4	26,5	99	3	4,2 m/s	3,9
5	65	30,4	26,3	99	4	4,2 m/s	4,1

Tabel 4.3 Hasil Pengambilan Data Serabut Kelapa Dengan Variasi kecepatan 4,2m/s

Analisa Data :

Berdasarkan data yang didapatkan saat melakukan percoabaan penggunakaan *cooling pad* berbahan serabut kelapa, maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan perbandingan penurunan temperatur yang dihasilkan dengan variasi kecepatan aliran udara, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Temperatur Bahan Serabut Kelapa Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara (m/s)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2, dapat dilihat bahwa dengan menggunakan serabut kelapa sebagai bahan dinding pendingin evaporatif terlihat ada selisih temperatur antara variabel menggunakan kecepatan 1m/s, 2,1 m/s dan 4,2 m/s. Secara keseluruhan temperatur dalam kotak penyimpanan berhasil turun dari suhu temperatur di luar kotak serta turun dari suhu awal di dalam kotak penyimpanan. Nilai temperatur terendah yang didapatkan sebesar 26,3°C setelah berjalan selama 4 jam dengan variasi kecepatan aliran udara sebesar 4,2 m/s sesuai dengan kecepatan utama KLM Harapan Indah. Sedangkan suhu tertinggi terdapat di suhu awal dengan variabel kecepatan 1m/s dengan nilai 32,7° C.

4.1.2 Percobaan Menggunakan *Cooling Pad* Campuran Antara Serabut Kelapa dan Arang Kayu

Pada model percobaan kedua ini, menggunakan campuran antara serabut kelapa dengan arang kelapa sebagai pelapis dinding kotak penyimpan buah-buahan dengan memberikan variasi ekcepatan aliran udara. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis *Cooling Pad* yang paling efektif dalam proses pendingin evaporatif.

Gambar 4.3 Kotak penyimpanan yang sudah diberi bahan evaporatif campuran

Hasil Percobaan :

Dilakukan percobaan selama 240 menit dengan bahan pelapis dinding untuk melakukan proses pendingin evaporatif adalah **Campuran serabut kelapa dengan arang kelapa** dan diberi variasi kecepatan aliran udara yang masuk. Didapatkan hasil percobaan sebagai berikut :

Variasi Pertama : Kecepatan 1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Campuran Serabut + Arang Kelapa							
1	69	32,1	32	86	0	1 m/s	0,1
2	63	32,4	31,4	99	1	1 m/s	1
3	64	32,5	30,8	99	2	1 m/s	1,7
4	64	32,5	30	99	3	1 m/s	2,5
5	65	32,6	29,1	99	4	1 m/s	3,5

Tabel 4.4 Hasil Pengambilan Data Campuran Serabut Kelapa dan Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 1m/s

Variasi Kedua : Kecepatan 2,1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut + Arang Kelapa							
1	67	31,6	31,4	86	0	2,1 m/s	0,2
2	65	31,8	30,9	99	1	2,1 m/s	0,9
3	64	32	30,1	99	2	2,1 m/s	1,9
4	64	32,1	29,4	99	3	2,1 m/s	2,7
5	65	32,1	28,9	99	4	2,1 m/s	3,2

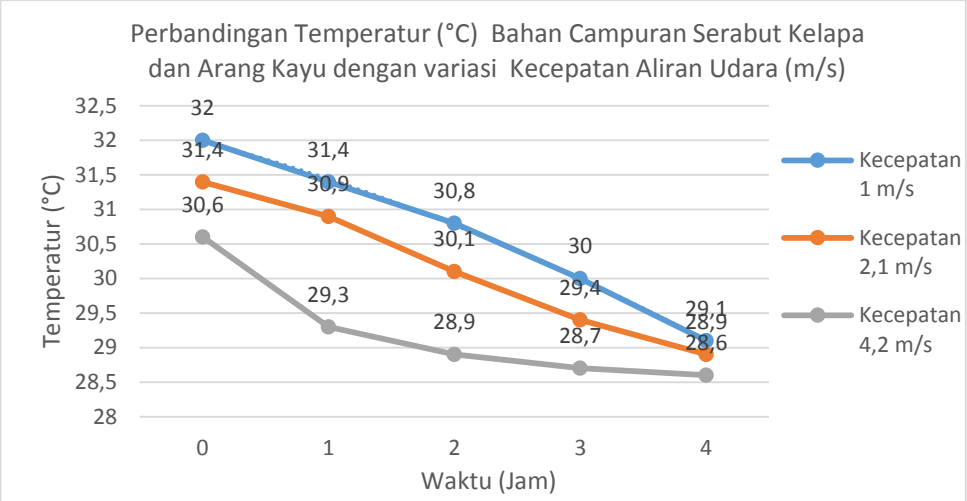
Tabel 4.5 Hasil Pengambilan Data Campuran Serabut Kelapa dan Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 2,1m/s

Variasi Kedua : Kecepatan 4,2m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut + Arang Kelapa							
1	68	30,6	30,6	87	0	4,2 m/s	0
2	67	30,9	29,3	99	1	4,2 m/s	1,6
3	67	31,2	28,9	99	2	4,2 m/s	2,3
4	66	31,2	28,7	98	3	4,2 m/s	2,5
5	66	31,3	28,6	96	4	4,2 m/s	2,7

Tabel 4.6 Hasil Pengambilan Data Campuran Serabut Kelapa dan Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 4,2m/s

Analisa Data :

Berdasarkan data yang didapatkan saat melakukan percoabaan penggunakaan *cooling pad* berbahan campuran serabut kelapa dengan arang kayu, maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan perbandingan penurunan temperatur yang dihasilkan dengan variasi kecepatan aliran udara, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Temperatur Bahan Campuran Serabut Kelapa Dengan Arang Kayu Dengan Variasi Kecepatan Udara

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4, dapat dilihat bahwa dengan menggunakan campuran serabut kelapa dengan arang kayu sebagai bahan dinding pendingin evaporatif terlihat ada selisih temperatur antara variabel menggunakan kecepatan 1m/s, 2,1 m/s dan 4,2 m/s. Secara keseluruhan temperatur dalam kotak penyimpanan berhasil turun dari suhu temperatur di luar kotak serta turun dari suhu awal di dalam kotak penyimpanan. Nilai temperatur terendah yang didapatkan sebesar 28,6°C setelah berjalan selama 4 jam dengan variasi kecepatan aliran udara sebesar 4,2 m/s sesuai dengan kecepatan utama KLM Harapan Indah. Sedangkan suhu tertinggi terdapat di suhu awal dengan variabel kecepatan 1m/s dengan nilai 32° C.

4.3.3 Percobaan Menggunakan Cooling Pad Campuran Antara Serabut Kelapa dan Arang Kayu

Pada model percobaan ketiga, menggunakan arang kayu sebagai bahan *cooling pad* kotak buah-buahan dengan memvariasikan kecepatan udara. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan jenis *cooling pad*, sehingga dapat di bandingkan hasilnya dengan percobaan pertama dan kedua.

Gambar 4.5 Kotak penyimpanan yang sudah diberi bahan evaporatif Arang Kayu

Hasil Percobaan :

Dilakukan percobaan selama 240 menit dengan bahan pelapis dinding untuk melakukan proses pendingin evaporatif adalah **arang kelapa** dan diberi variasi kecepatan aliran udara yang masuk. Didapatkan hasil percobaan sebagai berikut :

Variasi Pertama : Kecepatan 1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Arang Kelapa							
1	75	32	31,9	79	0	1 m/s	0,1
2	73	32,2	31,4	99	1	1 m/s	0,8
3	72	32,5	30,3	99	2	1 m/s	2,2
4	73	32,5	29,4	99	3	1 m/s	3,1
5	74	32,4	29,6	98	4	1 m/s	2,8

Tabel 4.7 Hasil Pengambilan Data Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 1m/s

Variasi Kedua : Kecepatan 2,1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Arang Kelapa							
1	79	31,5	31,6	81	0	2,1 m/s	-0,1
2	76	31,7	30,8	99	1	2,1 m/s	0,9
3	74	31,8	29,9	99	2	2,1 m/s	1,9
4	74	31,8	30,4	98	3	2,1 m/s	1,4
5	75	31,7	30,7	97	4	2,1 m/s	1

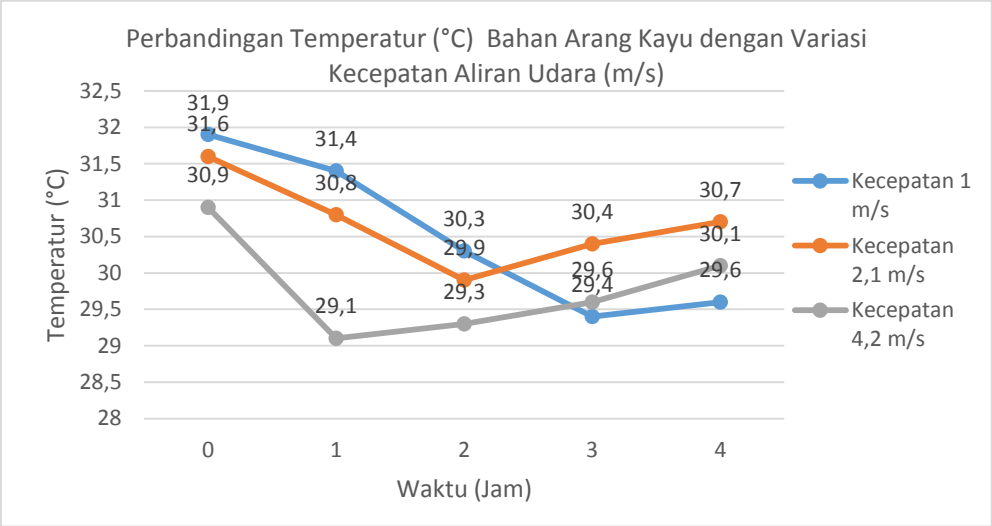
Tabel 4.8 Hasil Pengambilan Data Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 2,1m/s

Variasi Kedua : Kecepatan 4,2m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Arang Kelapa							
1	81	30,9	30,9	82	0	4,2 m/s	0
2	77	31,2	29,1	97	1	4,2 m/s	2,1
3	73	31,4	29,3	96	2	4,2 m/s	2,1
4	72	31,4	29,6	92	3	4,2 m/s	1,8
5	72	31,4	30,1	90	4	4,2 m/s	1,3

Tabel 4.9 Hasil Pengambilan Data Arang Kayu Dengan Variasi kecepatan 4,2m/s

Analisa Data :

Berdasarkan data yang didapatkan saat melakukan percoabaan penggunakaan *cooling pad* berbahan arang kayu, maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan perbandingan penurunan temperatur yang dihasilkan dengan variasi kecepatan aliran udara, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Temperatur Bahan Arang Kayu Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara (m/s)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa dengan menggunakan serabut kelapa sebagai bahan dinding pendingin evaporatif terlihat ada selisih temperatur antara variabel menggunakan kecepatan 1m/s, 2,1 m/s dan 4,2 m/s. Secara keseluruhan temperatur dalam kotak penyimpanan berhasil turun dari suhu temperatur di luar kotak serta turun dari suhu awal di dalam kotak penyimpanan. Nilai

temperatur terendah yang didapatkan sebesar 29,1°C setelah berjalan selama 1 jam dengan variasi kecepatan aliran udara sebesar 4,2 m/s sesuai dengan kecepatan utama KLM Harapan Indah. Sedangkan suhu tertinggi terdapat di suhu awal dengan variabel kecepatan 1m/s dengan nilai 31,9° C.

Jika dalam penggunaan serabut kelapa dan campuran serabut kelapa dengan arang kayu pada grafik sebelumnya tidak menunjukkan grafik yang naik setelah temperatur turun pada waktu tertentu, namun pada grafik perbandingan temperatur bahan arang kayu pada Gambar 4.6 terlihat kenaikan pada jangka waktu tertentu, hal itu terjadi karena air yang ada di dalam arang semakin lama semakin hilang karena menguap terbawa aliran udara. Hilangnya kandungan air tersebut akibat prinsip dari pendinginan pendingin evaporatif itu sendiri yakni dengan cara menguapkan kandungan air untuk diserap kedalam udara sehingga diperoleh kondisi udara yang lebih dingin.

4.2 Analisa Penerapan Penggunaan Kotak Penyimpanan Buah pada Proses Distribusi Buah Pisang di Kapal Pelayaran Rakyat

Dalam proses distribusi antar pulau melalui kapal tentunya diperlukan proses pengiriman dengan baik agar suatu produk tetap berkualitas sehingga harga jualnya tetap dapat tinggi. Salah satu caranya dengan menggunakan kemasan yang kokoh serta dapat menjaga mutu produk didalamnya sesuai dengan kebutuhan penyimpanan produknya. Pada percobaan kali ini, penulis merencanakan alternatif kemasan yang cocok untuk penyimpanan buah pisang dengan memanfaatkan prinsip pendingin evaporatif untuk menurunkan suhu dan menjaga kelembapan produk di dalamnya memanfaatkan bahan organik yang mudah ditemukan dan cukup terjangkau yaitu serabut kelapa dan arang kayu. Untuk menentukan apakah kotak penyimpanan buah dengan bahan serabut kelapa dan arang kayu sebagai dinding ini bisa diterapkan sebagai kemasan kotak penyimpanan buah, ada beberapa aspek yang penulis kaji diantaranya sebagai berikut :

- **Suhu dan kelembapan dalam penyimpanan buah pisang saat proses distribusi.**

  Dalam proses pengiriman buah, hal yang harus diperhatikan adalah menjamin mutu buah tetap dalam kondisi baik hingga sampai kepada penerimanya. Mutu buah bisa turun akibat laju respirasi dari buah pisang itu sendiri. Laju respirasi yang tinggi biasanya menyebabkan buah pisang matang terlebih dahulu selama proses pengiriman dan dapat menyebabkan busuk. Salah satu cara untuk menekan laju respirasi buah adalah dengan cara menjaga suhu optimum buah pisang.

  Suhu optimum selama proses pengiriman buah pisang adalah suhu yang dapat menekan laju respirasi dari buah. Suhu terlalu tinggi ataupun terlalu rendah juga dapat menyebabkan mutu buah menjadi jelek.

Menurut Pradhana, Aditya (2014) dalam jurnal berjudul Kajian Penyimpanan Buah Pisang yang di simpan pada suhu 28°C dengan penambahan plastik *white strecth film (WSF)* dan diberi bahan penyerap etilen sehingga dapat memperpanjang penyimpanan buah pisang hingga 10 hari. Semakin tinggi suhu maka akan semakin cepat proses pemasakan buah. Ilustrasi mengenai hal tersebut dapat dilihat pada gambar

Gambar 4.7 Pisang Hari 0
Sumber Jurnal Adhitya

Gambar 4.8 Pisang hari ke 10
Sumber Jurnal Adhitya

Hal itu diperkuat oleh jurnal lain yang menyatakan bahwa buah pisang yang disimpan pada suhu ruang (27-28°C) dengan kelembapan tinggi dapat bertahan hingga lebih dari 10 hari dengan nilai susut bobot bobot yang berkurang sebesar 7% dan memiliki kelunakan yang sedang. (Bambang,P. 1998)

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan penulis, suhu yang mampu dijaga oleh kotak penyimpanan buah dapat mencapai 26,3°C untuk kotak penyimpanan yang menggunakan dinding berbahan serabut kelapa dengan variasi kecepatan aliran udara 4,2 m/s serta 28,6°C untuk kotak penyimpanan yang menggunakan dinding berbahan campuran serabut kelapa dan arang kayu dengan variasi kecepatan aliran udara 4,2 m/s. Nilai tersebut dapat memenuhi kriteria dari beberapa jurnal yang terkait bahwa jika pisang disimpan dalam suhu ruang yaitu 28°C dapat bertahan hingga 10 hari dengan nilai susut bobot pisang sebesar 7% dan kelunakan sedang. Sedangkan berdasarkan durasi pengiriman kapal KLM Harapan Indah dengan Rute Surabaya-Banjarmasin dengan kecepatan 8 knot memiliki durasi pelayaran 1 hari 9 jam. (Shiptraffic.net), Sehingga kualitas dari buah pisang selama proses distribusi antar pulau menggunakan kapal pelayaran rakyat dapat terjaga dengan baik. Sehingga harga jual dari buah pisang tetap dapat tinggi.

4.3 Perhitungan

Prinsip pendingin evaporatif, selalu membutuhkan air dalam prosesnya untuk menurunkan suhu, sehingga diperlukan perhitungan mengenai kebutuhan air yang diperlukan selama pelayaran kapal dari surabaya ke banjarmasin (1 hari 9 jam). Dalam perencaan awal, kotak evaporatif cooling disiram setiap 4 jam sekali. Sehingga terdapat 8 kali penyiraman selama durasi pelayaran denggan menggunakan sistem sprinkle sehingga dapat menyeluruh dan merata.

4.3.1 Perhitungan Tahanan Total Thermal

Ukuran kotak penyimpanan:

Panjang: 0,4 m

Lebar: 0,4 m

Tinggi: 0,4 m

Luas 1 sisi dinding

Area 1 = Panjang x Lebar

= (0,4x0,4)

= 0,16 m^2

Total Area = 6 x Luas sisi

= (6 x 0,16)

= 0,96 m^2

Menghitung nilai tahanan total thermal:

R_{total} = $1/ho_1 + x1/k1 + x2/k2 + ... + 1/ho_2$

ho1 = Koefisien konveksi udara

= 0,0262 W/mK

ho2 = Koefisien konveksi R744

= 0,0138 W/mK

Berdasarkan desain kotak penyimpanan terdapat 2 jenis dinding yang berbeda dimana 4 sisi terdiri dari bahan organik yaitu serabut kelapa, serta arang kayu dan 2 sisi lainya dari bahan kayu . Sehingga perhitungannya perlu dipisah antara 2 jenis dinding tersebut karena konduktivitas thermalnya berbeda.

Hambatan Dinding Berbahan Kayu

Konduktivitas Termal kayu senilai 0,16 W/mK

Dengan tebal 0,02 m

R1 = 2 x1/(k1.A)

= 2 x 0,02/0,16x0,96

= 0,24

4.3.2 Menghitung Hambatan Total Pada Kotak Penyimpanan Berbahan Serabut Kelapa

Hambatan Dinding Berbahan Serabut Kelapa

Konduktivitas Termal arang senilai 0,56 W/mK

Dengan tebal 0,04 m

R2 = 4 x1/(k1.A)

= 4 x 0,04/0,56x0,96

= 0,274285

Hambatan Total

Rtotal = 1/(ho1.A)+R1+R2+1/(ho2.A)

= 1/0,026x0,96+0,24+0,274286+1/0,0138x0,96

= 116,06148

Langkah selanjutnya kita mencari nilai koefisien panas menyeluruh.

U = $1/(R_{total} . A)$

= 1/(116,06 . 0,96)

= 0,008976

Maka nilai beban panas transmisi sebesar.

Q_{tr} = A.U.DT

= 0,96 . 0,008976 . (30,9-26,3)

= 0,0353295 W

Bebas Panas Produk

Buah ketika didiamkan akan mengalami proses respirasi yang menghasilkan salah satunya panas. Oleh karena itu beban panas produk dapat dihitung seperti berikut:

Q buah = M buah . C buah . (Ta-Tb) + (M buah . q buah . T)

Mbuah =	15	kg	q buah =	4642246	J/Ton.D	
C buah =	3,35	kJ/kg°K		T =	2	day
Ta =	32,3	°C =		305,95	K	
Tb =	26,3	°C =		299,15	K	

Q produk = M buah . C buah . (Ta-Tb) + (M buah . q buah . T)

= 341,7 kJ + 139267,38 J

= 480,9674 KJ

Q produk = 480,9674/(24x2x3600)

= 0,002783 kW

= 2,783376 W

Total Beban Panas

Total beban panas adalah beban panas total yang ditimbulkan oleh sistem. Nilai dari total beban panas sebagai berikut:

Qtotal = Q produk + Qtransmisi
= 2,783376 W
= 480,96738 kJ dalam 2 hari

Besar Beban Pendingin

Beban pendingin yang dibutuhkan untuk mengatasi beban panas yang ditimbulkan oleh sistem adalah sebagai berikut:

Qserap = Qlepas
m . Cp CO2 . ΔT = 480,9674 kJ
m . (4,180 . (32,3-26,3))= 480,9674 kJ
m = 480,9674/28,424
m = 16,921172 kg

Kebutuhan Volume air untuk mendinginkan beban panas adalah sebesar :

Vair = m/density
= 164,21/1000
= 0,0169212 m^3
= 16,921172 liter

4.3.3 Menghitung Hambatan Total Pada Kotak Penyimpanan Berbahan Arang Kayu

Hambatan Dinding Berbahan Arang Basah

Konduktivitas Termal arang senilai 0,2 W/mK

Dengan tebal 0,04 m

R2 = 4 x1/(k1.A)
= 4 x 0,04/0,2x0,96
= 0,768

Hambatan Total

Rtotal = 1/(ho1.A)+R1+R2+1/(ho2.A)
= 1/0,026x0,96+0,24+0,768+1/0,0138x0,96
= 116,5551944

Langkah selanjutnya kita mencari nilai koefisien panas menyeluruh.

U = $1/(R_{total} . A)$
= 1/(116,5 . 0,96)
= 0,008941345

Maka nilai beban panas transmisi sebesar.

Q_{tr} = A.U.DT

= 0,96 . 0,008941 . (30,9-29,6)

= 0,03004176 W

Bebas Panas Produk

Buah ketika didiamkan akan mengalami proses respirasi yang menghasilkan salah satunya panas. Oleh karena itu beban panas produk dapat dihitung seperti berikut:

Q buah = M buah . C buah . (Ta-Tb) + (M buah . q buah . T)

Mbuah =	15	kg	q buah =	4642246	J/Ton.D	
C buah =	3,35	kJ/kg°K	T =	2	day	
Ta =	31,9	°C =	305,05	K		
Tb =	29,6	°C =	302,55	K		

Q produk = M buah . C buah . (Ta-Tb) + (M buah . q buah . T)

= 175,875 kJ + 139267,38 J

= 315,14238 KJ

Q produk = 315,142/(24x2x3600)

= 0,001823741 kW

= 1,823740625 W

Total Beban Panas

Total beban panas adalah beban panas total yang ditimbulkan oleh sistem. Nilai dari total beban panas sebagai berikut:

Qtotal = Q produk + Qtransmisi

= 1,823740625 W

= 315,14238 kJ dalam 2 hari

Besar Beban Pendingin

Beban pendingin yang dibutuhkan untuk mengatasi beban panas yang ditimbulkan oleh sistem adalah sebagai berikut:

Qserap = Qlepas

m . Cp CO2 . ΔT = 315,14238 kJ

m . (4,180 . (31,9-29,6))= 315,14238 kJ

m = 315,14238/14,63

m = 21,54083254 kg

Kebutuhan Volume air untuk mendinginkan beban panas adalah sebesar :

Vair = m/density
= 21,54/1000
= 0,0215408 m^3
= 21,540833 liter

Perbandingan volume air yang di butuhkan satu kotak penyimpanan

Bahan	Volume air yang diperlukan selama pelayaran (Surabaya-Banjarmasin)
Serabut Kelapa	16,92117 liter
Arang Kayu	21,54083 liter

Tabel 4.10 Perbandingan volume air yang dibutuhkan untuk satu kotak

Berdasarkan perhitungan volume air yang di butuhkan untuk satu kotak penyimpanan buah, didapatkan volume air untuk dinding berbahan serabut kelapa membutuhkan 16,92117 liter dalam satu kali perjalanan. Sedangkan volume air untuk dinding berbahan arang kayu membutuhkan volume sebesar 21,54083 liter dalam satu kali perjalanan. Perbedaan kebutuhan volume air yang digunakan dikarena nilai konduktivitas termal yang berbeda dimana nilai konduktivitas termal serabut kelapa adalah 0,56 W/mK sedangkan nilai konduktivitas thermal arang kayu sebesar 0,2 W/mK serta temperatur rendah yang dapat dicapai oleh kedua bahan tersebut terlampau berbeda. Sehingga kebutuhan volume air untuk menyiram satu kotak selama pelayaran berbeda.

4.4 Perhitungan Jika Dimuat di Ruang Kargo Kapal Pelayaran Rakyat KLM Harapan Indah

4.4.1 Dimensi Utama KLM Harapan Indah

Gambar 4.9 KLM Harapan Indah

Data utama kapal :

- Loa (*Length overall*) : 25,96 m
- Lpp (*Length between perpendiculars* : 23,60 m
- B (*Breadth moulded*) : 6,00 m
- T (*Draught design*) : 3,10 m
- Vs (*Service Speed*) : 8,3 knot
- DWT (*Deadweight tonnage*) : 171 ton
- GT(*Gross Tonnage*) : 102 ton

4.4.2 Ruang Muat Kapal

Berdasarkan *Gross Tonnage* KLM Harapan Indah adalah 102 ton sehingga dapat dihitung dengan ketentuan dalam Keputusan Dirjen PELRA No. PY.67/1/16-02.

GT = 0,25 x V
102 = 0,25 x V
V = 102 / 0,25
= 408 m^3

Muatan yang diangkut oleh armada kapal pelayaran rakyat biasanya terdiri dari berbagai jenis, mulai dari makanan, semen, pupuk, beras, dan lain sebagainya. Jumlah persentase barang yang diangkut di kapal pelayaran rakyat sendiri tidak menentu, tergantung dengan pengirimnya disini penulis mengasumsi persentase

buah yang dikirim ke banjarmasin menggunakan kapal KLM Harapan Indah sebesar 5% sehingga volume ruang muat yang digunakan untuk mengangkut kotak penyimpanan buah dapat dihitung :

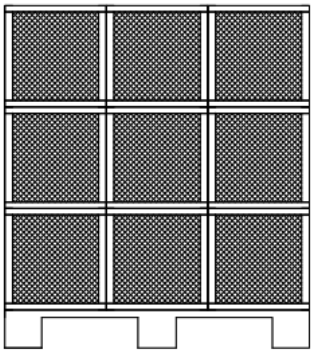
Volume Ruang Muat = 408 m^3

Persentase pengiriman buah= 5%

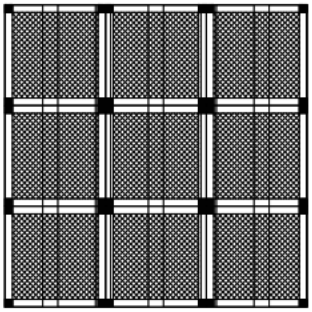
Volume ruang muat untuk buah = Vol ruang muat x Persentase pengiriman buah

= 408 m^3 x 5%

= 20,4 m^3



Gambar 4.10 *Layout* Kotak Buah Dalam Palet Tampak Samping



Gambar 4.11 *Layout* Kotak Buah Dalam Palet Tampak Atas

Berdasarkan hitungan didapatkan volume ruang muat untuk buah sebesar 20,4 m^3 , sedangkan setiap palet kotak (berisi 9 kotak penyimpanan) dapat dilihat dalam ilustrasi memiliki volume sebesar 1,728 m^3 , maka dapat dihitung banyaknya palet kotak sebagai berikut :

Jumlah kotak penyimpanan = (volume ruang muat buah / vol palet) x 9

= (20,4/1,728) m^3 x 9

= 12 palet x 9

= 108 buah kotak

Sehingga didapatkan jumlah kotak yang dapat diangkut dalam ruang muat KLM Harapan Indah sebanyak 108 buah kotak. Setelah mengetahui jumlah kotak yang ada di ruang muat KLM Harapan Indah, perlu dihitung mengenai kebutuhan air untuk menyiram kotak setiap 4 jam sekali selama berlayar:

Jika menggunakan kotak dengan bahan serabut kelapa :

Kebutuhan air total = kebutuhan air bahan serabut kelapa x jumlah kotak

= 16,92117 liter x 108

= 1.827,48 liter

Jika menggunakan kotak dengan bahan arang kayu :

Kebutuhan air total = kebutuhan air bahan serabut kelapa x jumlah kotak

= 21,54083 liter x 108

= 2.326,4 liter

Perbandingan volume air yang di butuhkan ketika berlayar

Bahan	Volume air yang diperlukan selama pelayaran (Surabaya-Banjarmasin)
Serabut Kelapa	1.827,48 liter
Arang Kayu	2.326,4 liter

Tabel 4.11 Perbandingan volume air yang dibutuhkan saat berlayar

Sehingga, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan volume air yang di butuhkan selama pelayaran kapal KLM Harapan Indah dengan rute Surabaya-Banjarmasin dengan durasi 1 hari 9 jam membutuhkan 1.827,48 liter untuk kotak dengan bahan serabut kelapa, sedangkan untuk kotak dengan bahan Arang kayu membutuhkan volume air yang lebih besar yaitu 2.326,4 liter dengan durasi setiap penyemprotan adalah setiap 4 jam sekali.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan analisa yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Ukuran optimal dalam perencanaan kotak sebagai solusi penyimpanan buah saat distribusikan pada kapal pelayaran rakyat yaitu memiliki dimensi 40 cm x 40 cm x 40 cm. Sehingga apabila kotak diangkut menggunakan palet ukuruan standar (1,2 m x 1,2 m x 0,15m) setiap paletnya dapat mengangkut 9 buah kotak. Apabila di aplikasikan pada kapal KLM Harapan Indah dengan asumsi mengangkut buah sebanyak 5% dari muatan total, sehingga setiap pelayaran dapat mengangkut sebanyak 108 kotak dalam 12 palet.
2. Bahan material yang digunakan dalam pengujian kotak penyimpanan buah menggunakan serabut kelapa, campuran serabut kelapa dan arang kayu, serta arang kayu memanfaatkan prinsip pendingin evaporatif terbukti dapat menurunkan temperatur. Dengan temperatur terendah dicapai oleh bahan serabut kelapa sebesar 26,3°C dengan menggunakan laju aliran udara sebesar 4,2 m/s dalam durasi waktu 240 menit, sedangkan menggunakan bahan campuran serabut kelapa dan arang kayu temperatur terendah sebesar 28,6°C dengan menggunakan laju aliran udara sebesar 4,2 m/s dalam durasi waktu 240 menit. Apabila menggunakan arang kayu memiliki suhu terendah yaitu 29,1°C dengan menggunakan laju aliran udara sebesar 4,2m/s pada durasi waktu 60 menit, dikarenakan setelah itu temperatur pada kotak berbahan arang kayu menunjukkan grafik naik. Hal itu dikarenakan air yang ada di dalam arang kayu semakin lama semakin hilang karena menguap terbawa aliran udara. Hilangnya kandungan air tersebut akibat prinsip pendinginan evaporatif. Dari hasil pengujian dapat dilihat bahan yang baik untuk kotak penyimpanan adalah serabut kelapa karena dapat menurunkan temperatur paling rendah dan memiliki durasi pendinginan yang cukup lama.
3. Dalam pengaplikasian kotak penyimpanan buah dalam proses pengiriman buah pisang di kapal pelayaran rakyat terbukti dapat menjaga kualitas buah pisang dengan disimpan pada suhu (27-28°C) bahkan hingga 10 hari, penggunaan kotak ini dapat menjaga mutu kualitas buah sehingga dapat menjaga harga jualnya. Dalam proses pengiriman menggunakan kapal pelayaran rakyat membutuhkan air untuk menyiramkan ke kotak setiap 240 menit sekali dengan kebutuhan air sebesar 16,92 liter setiap kotak dan sebesar 1.827 liter untuk semua muatan jika menggunakan kotak berbahan serabut kelapa, sedangkan dengan bahan arang kayu membutuhkan air sebesar 21,54 liter untuk setiap kotak dan sebesar 2.326 liter untuk semua muatan jika menggunakan kotak berbahan arang kayu .

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan dalam penelitian ini. Terdapat saran untuk penelitan selanjutnya yaitu :

1. Sebaiknya dihitung biaya ekonomi untuk pengaplikasian kotak penyimpanan buah pada proses distribusi buah di kapal pelayaran rakyat
2. Sebaiknya untuk penelitan selanjutnya menambahkan alat sistem penyiraman untuk setiap durasi penyiraman serta mendesain letak tangki dan letak alat penyiramnya.

DAFTAR PUSTAKA

Althouse, A.D., Turnquist CH., and Bracciano A.F., 1979, Modern Refrigeration and Air Conditioning, The Goodheart-Willcox Co. inc, Illinois

Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Transportasi Laut 2017. [Online]. Available :https://www.bps.go.id/publication/2018/11/27/ace352a6247e3e9d4856b357/statistik-transportasi-laut-2017.html

Badan Pusat Statistik. 2019. Berita Resmi Statistik 2019. [Online]. Available :https://www.bps.go.id/pressrelease/2019/07/15/1629/persentase-penduduk-miskin-maret-2019-sebesar-9-41-persen.html

D. A. Sari, Hadiyanto. 2013. Teknologi dan Metode Penyimpanan Makanan Sebagai Upaya Memperpanjang Shelf Life. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, Vol.2,No.2.

Holman, JP. 1997. Thermal Equilibrium

Karpiscak, Martin; G.W. France, T.M. Babcock, and H. Johnson. (1994). Evaporative Cooler Water Use. Wtlhin the City of Phoenix. Arizona Department of Water Resources, The University of Arizona ,Tucson-Arizona USA

Kern.D.Q., 1983, Process Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company, New York.

Lazuardy, Akmal. 2015. Studi Perbandingan Layanan Transportasi Laut (Studi Kasus : Pelayaran Rakyat dan Pelayaran Nasional). Teknik Perkapalan, FTK-ITS

Nenguwo,N. “Appropriate Technology Cold Store Construction and Review of Post-harvest Transport andHandling Practices for Export of Fresh Produce from Rwanda”. Chemonics International Inc, 2000

Prabawati, S., Suyanti dan Dondy, A.S. 2009. Teknologi Pasca Panen dan Pengolahan Buah Pisang. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian. Bogor. 53 hal.

Pradhana, Adhitya Yudha. 2014. Kajian Penyimpanan Buah Pisang (CV. Mas Kirana) Dengan Kemasan Atmosfir Termodifikasi Aktif Menggunakan Kalium Permanganat. Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

Purwoko, Bambang dan Juniarti, Diah. 1998. Pengaruh Beberapa Perlakuan Pasca Panen dan Suhu Penyimpanan Terhadap Kualitas dan Daya Simpan Buah Pisang. Fakultas Pertanian IPB

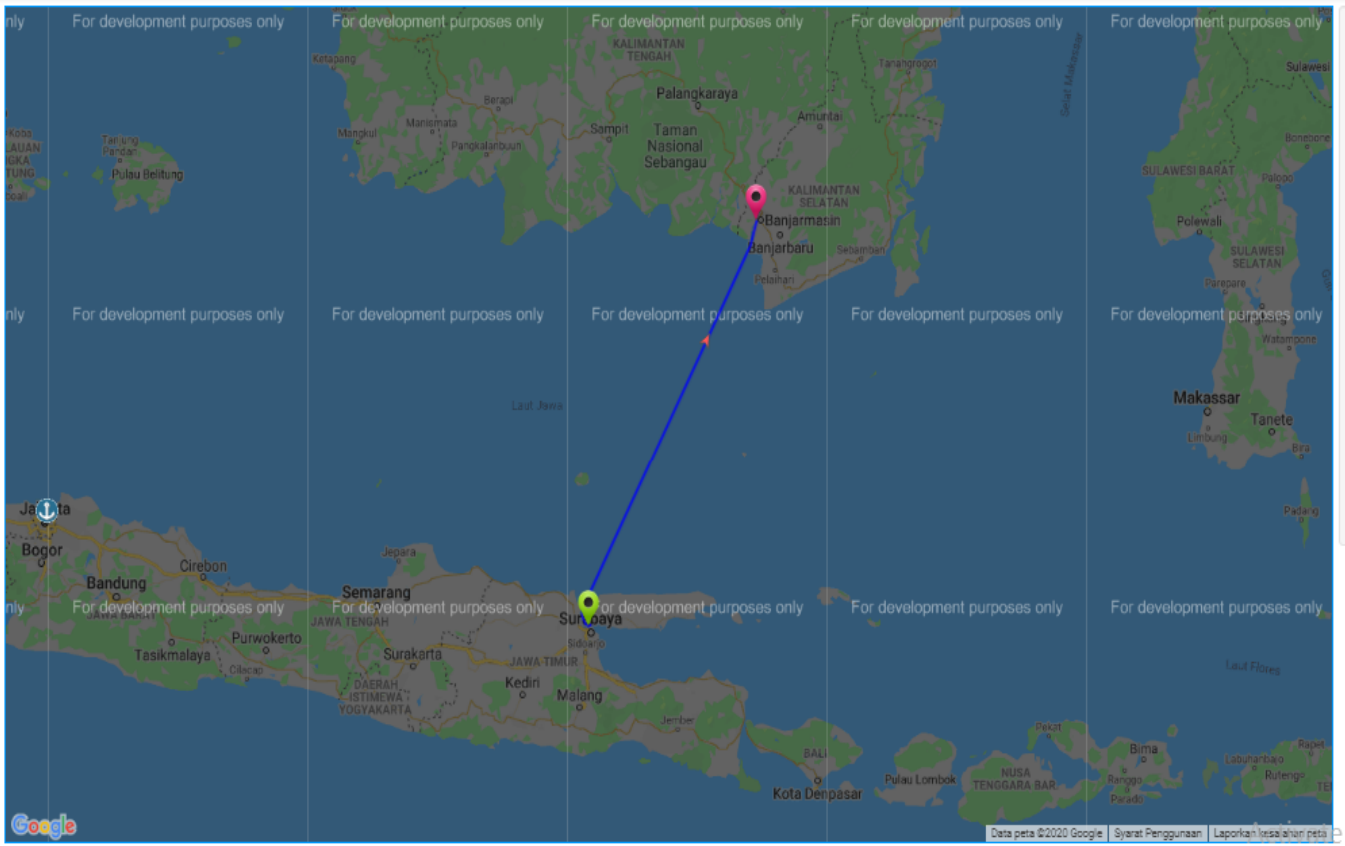
.

LAMPIRAN

Tabel 4.3 Daftar nama kapal pelayaran rakyat

Daftar Kapal PELRA								
No.	NAMA KAPAL	DWT	LOA (m)	LPP (m)	B (m)	T (m)	V (knot)	GT
1	Afiat Samudra	303	24,06	21,87	9,30	3,14	8,36	181
2	Barokah Jaya	50	17,18	15,62	5,74	1,90	8,31	30
3	Bintang Setia Dua	434	26,90	24,45	10,40	3,77	8,38	259
4	Citra Wiguna	248	31,04	28,22	9,00	3,45	8,35	148
5	Fadilah Ilahi	285	35,31	32,10	8,50	3,40	8,35	170
6	Fajar Sakti	54	19,69	17,90	4,25	1,88	8,31	32
7	Harapan Indah	171	25,96	23,60	6,00	3,10	8,33	102
8	Hasil Al Amanah	498	30,83	28,03	10,95	4,24	8,40	297
9	Jaya Sakti	129	21,18	19,25	6,80	3,80	8,32	77
10	Karisma Bahari	498	37,24	33,85	12,00	4,70	8,40	297
11	Karunia Indah	248	26,26	23,87	9,50	3,55	8,35	148
12	Karya Remaja Nusantara	245	26,73	24,30	7,20	2,91	8,35	146
13	Kurnia Setia	384	27,43	24,94	10,10	3,62	8,37	229
14	Mitra Niaga	469	32,00	29,09	10,25	3,79	8,39	280
15	Nur Aminah	196	25,03	22,75	8,30	3,50	8,34	117
16	Nur Indah	287	25,96	23,60	8,82	3,07	8,35	171
17	Nusa Bhakti	427	39,71	36,10	12,20	4,10	8,38	255
18	Purnama III	45	18,70	17,00	4,10	1,70	8,31	27
19	Purnamasari Barokah	461	30,64	27,85	9,30	3,00	8,39	275
20	Putra Utama	498	37,28	33,89	11,10	4,36	8,40	297
21	Rusita Indah	129	21,18	19,25	6,80	3,80	8,32	77
22	Sabar Jaya	243	25,41	23,10	10,50	4,00	8,34	145
23	Sama Indah	245	24,48	22,25	8,00	3,00	8,35	146
24	Samudra Setia	667	34,43	31,30	12,11	4,91	8,43	398
25	Sari Madu	171	24,20	22,00	8,00	3,40	8,33	102
26	Satria Bunda	484	31,30	28,45	10,32	3,84	8,39	289
27	Selamat Jaya	156	23,01	20,92	6,86	2,18	8,33	93
28	Seruyan Raya	117	24,86	22,60	6,80	2,70	8,32	70
29	Setia Purnama	166	24,26	22,05	8,00	3,45	8,33	99
30	Sinar Surya	250	26,13	23,75	8,60	4,00	8,35	149

Sumber : Akmal Lazuardy (2015)



Voyage Data | Results

1. -7.19638, 112.73404
2. -3.32916, 114.55702

- Departure: 01/07/2020 00:19
- Speed: 8 kn

Distance

263 nm

Voyage Length

1 day, 8 hours and 59 min

ETA (UTC)

02/07/2020 09:19

Back

Copyright © 2020 by Astra Racing Ltd. All Rights Reserved

Tabel Hasil Pengujian

Variasi Pertama : Kecepatan 1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut Kelapa							
1	64	32,8	32,7	94	0	1 m/s	0,1
2	63	32,7	31,2	99	1	1 m/s	1,5
3	63	32,6	30,4	99	2	1 m/s	2,2
4	63	32,3	29,1	99	3	1 m/s	3,2
5	63	32,4	28,3	99	4	1 m/s	4,1

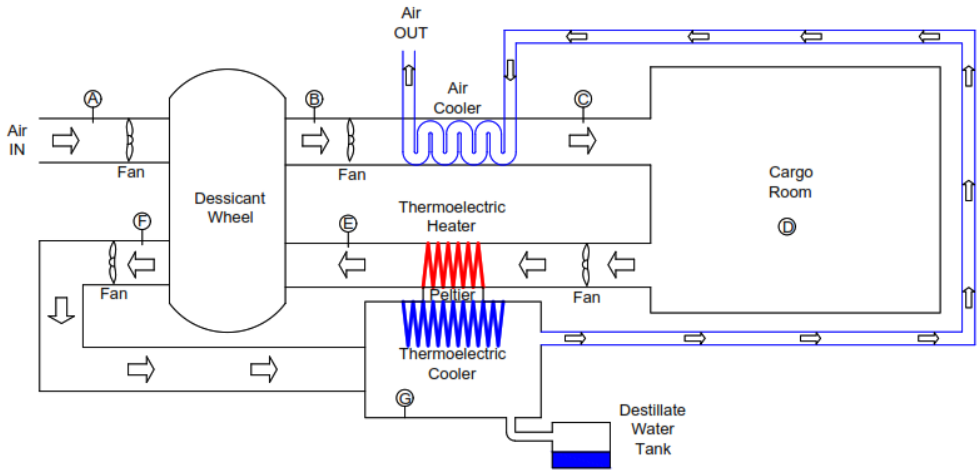
Variasi Kedua : Kecepatan 2,1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut Kelapa							
1	66	32	32,3	92	0	2,1 m/s	-0,3
2	65	31,8	30,7	99	1	2,1 m/s	1,1
3	65	31,4	29,6	99	2	2,1 m/s	1,8
4	64	31,3	28,3	99	3	2,1 m/s	3
5	65	31,4	27,9	99	4	2,1 m/s	3,5

Variasi Kedua : Kecepatan 4,2m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut Kelapa							
1	67	31,1	30,9	89	0	4,2 m/s	0,2
2	67	30,6	28,8	99	1	4,2 m/s	1,8
3	67	30,4	27,6	99	2	4,2 m/s	2,8
4	66	30,4	26,5	99	3	4,2 m/s	3,9
5	65	30,4	26,3	99	4	4,2 m/s	4,1

Variasi Pertama : Kecepatan 1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Campuran Serabut + Arang Kelapa							
1	69	32,1	32	86	0	1 m/s	0,1
2	63	32,4	31,4	99	1	1 m/s	1
3	64	32,5	30,8	99	2	1 m/s	1,7
4	64	32,5	30	99	3	1 m/s	2,5
5	65	32,6	29,1	99	4	1 m/s	3,5
Variasi Kedua : Kecepatan 2,1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut + Arang Kelapa							
1	67	31,6	31,4	86	0	2,1 m/s	0,2
2	65	31,8	30,9	99	1	2,1 m/s	0,9
3	64	32	30,1	99	2	2,1 m/s	1,9
4	64	32,1	29,4	99	3	2,1 m/s	2,7
5	65	32,1	28,9	99	4	2,1 m/s	3,2
Variasi Kedua : Kecepatan 4,2m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Serabut + Arang Kelapa							
1	68	30,6	30,6	87	0	4,2 m/s	0
2	67	30,9	29,3	99	1	4,2 m/s	1,6
3	67	31,2	28,9	99	2	4,2 m/s	2,3
4	66	31,2	28,7	98	3	4,2 m/s	2,5
5	66	31,3	28,6	96	4	4,2 m/s	2,7

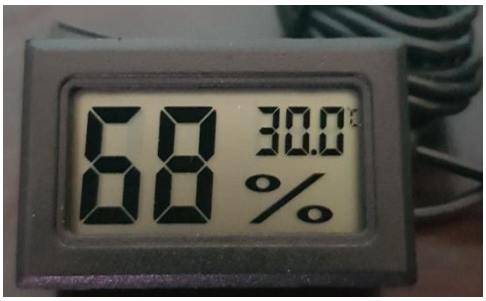
Variasi Pertama : Kecepatan 1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Arang Kelapa							
1	75	32	31,9	79	0	1 m/s	0,1
2	73	32,2	31,4	99	1	1 m/s	0,8
3	72	32,5	30,3	99	2	1 m/s	2,2
4	73	32,5	29,4	99	3	1 m/s	3,1
5	74	32,4	29,6	98	4	1 m/s	2,8
Variasi Kedua : Kecepatan 2,1m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Arang Kelapa							
1	79	31,5	31,6	81	0	2,1 m/s	-0,1
2	76	31,7	30,8	99	1	2,1 m/s	0,9
3	74	31,8	29,9	99	2	2,1 m/s	1,9
4	74	31,8	30,4	98	3	2,1 m/s	1,4
5	75	31,7	30,7	97	4	2,1 m/s	1
Variasi Kedua : Kecepatan 4,2m/s							
No	Kondisi Luar		Kondisi Dalam Box		Waktu (Jam)	Kec	ΔT
	RH	Suhu	Suhu	RH			
Arang Kelapa							
1	81	30,9	30,9	82	0	4,2 m/s	0
2	77	31,2	29,1	97	1	4,2 m/s	2,1
3	73	31,4	29,3	96	2	4,2 m/s	2,1
4	72	31,4	29,6	92	3	4,2 m/s	1,8
5	72	31,4	30,1	90	4	4,2 m/s	1,3

Skema Kerja Sitem Pengkondisian Udara



Prototipe Sistem Pengkondisan Udara Rotor Dessicant

Arang Kayu dan Serabut Kelapa yang akan digunakan pada dinding box



Thermo-Hygrometer untuk mengukur kelembapan dan suhu dalam kotak serta suhu lingkungan

Kotak penyimpanan dalam proses distribusi

BIODATA PENULIS

Alem Reyhan Savero Saputra adalah nama penulis Tugas Akhir ini. Penulis dilahirkan di Magelang pada tanggal 25 Oktober 1998 dan merupakan anak ketiga dari pasangan Fahmi dengan Sri Rejeki. Penulis telah menjalani pendidikan formal di TK Ukhuwah Islamiyah, SD Muhammadiyah Sapen Yogyakarta, SMP Negeri 5 Yogyakarta, dan SMA Negeri 4 Yogyakarta. Pada tahun 2016, penulis diterima sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ini penulis mengambil bidang Marine Machinery and System (MMS). Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan dalam Kampus dan aktif mengikuti kompetisi Robot Kapal Tanpa Awak tingkat nasional maupun internasional bersama tim Barunastra ITS dengan meraih 2 kali Juara 1 *International Roboboat Competition 2018-2019* di South Daytona, Florida Amerika Serikat dan meraih berbagai reward peringkat pertama dari *Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK) Award* pada tahun 2019 serta *American Bureau of Shipping (ABS Scholarship)* pada tahun 2018. Pada tahun 2018, penulis pernah melakukan kegiatan Kerja Praktik di PT. Dok Perkapalan Surabaya (Persero) dan pada 2019, melakukan kerja praktik di PT Pembangkit Jawa Bali UBJOM Pacitan serta PT. Krakatau Daya listrik.

Alem Reyhan Savero Saputra
Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan- FTK ITS Surabaya
alemreyhan@gmail.com