



TUGAS AKHIR – ME 184834

**DESAIN ROTOR DESSICANT UNTUK SISTEM VENTILASI
RUANG PALKA KAPAL PELAYARAN RAKYAT**

**M Izzul Fadhok
NRP 04211746000016**

**Dosen Pembimbing
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc
Ir. Tony Bambang M, PGD., MMT**

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



TUGAS AKHIR – ME 184834

**DESAIN ROTOR DESSICANT UNTUK SISTEM VENTILASI RUANG
PALKA KAPAL PELAYARAN RAKYAT**

M IZZUL FADHOK
NRP 4211 746 000016

Dosen Pembimbing
Ir. Alam Baheramasyah, M.Sc.
Ir. Tony Bambang M, PGD.,MMT

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



FINAL PROJECT – ME 184834

**DESIGN OF DESSICANT ROTOR FOR CARGO SPACE VENTILATION
SYSTEM “PELAYARAN RAKYAT” VESSEL**

M IZZUL FADHOK
NRP 4211 746 000016

ADVISOR

Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
Ir. Tony Bambang M, PGD., MMT

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

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN ROTOR DESSICANT UNTUK SISTEM VENTILASI RUANG
PALKA KAPAL PELAYARAN RAKYAT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

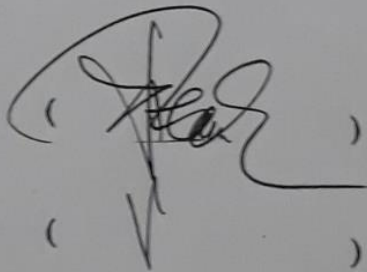
Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

M IZZUL FADHOK
NRP 0421 17 4600 0016

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc
NIP. 196801291992031001
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT
NIP. 195904101987011001



Surabaya, Januari 2020

(Halaman sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN ROTOR DESSICANT UNTUK SISTEM VENTILASI RUANG PALKA KAPAL PELAYARAN RAKYAT

TUGAS AKHIR

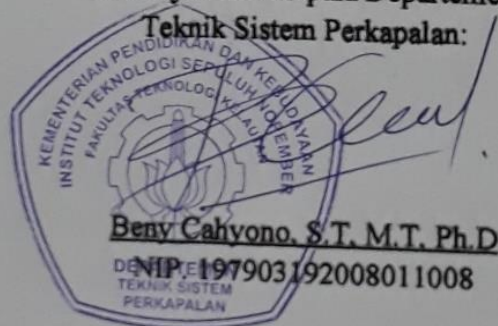
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

M IZZUL FADHOK
NRP 0421 17 4600 0016

Disetujui oleh Kepala Departemen
Teknik Sistem Perkapalan:



Surabaya, Januari 2020

(Halaman sengaja dikosongkan)

DESAIN ROTOR DESSICANT UNTUK SISTEM VENTILASI RUANG PALKA KAPAL PELAYARAN RAKYAT

Nama : M Izzul Fadhok
NRP : 04211746000016
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Tony Bambang M, PGD., MMT

Abstrak

Salah satu sarana dan prasarana pada kapal pelayaran rakyat adalah sistem ventilasi pada ruang muat yang berguna untuk menjaga kualitas muatan tetap dalam kondisi baik. Salah satu upaya untuk menghindari rasio kelembaban yang tinggi adalah memberikan suplai udara kering dengan menggunakan dessican rotort. Tujuan skripsi ini adalah merencanakan desiccant rotor untuk menghindari uap berlebih dalam ruang muat, prinsip kerjanya yaitu dengan cara memutar motor listrik yang digabung dengan material penyerap udara basah, sehingga udara yang telah melewati alat ini harapannya bisa mengurangi rasio kelembaban, Dari hasil penelitian yang memvariasikan kecepatan rotasi dan kecepatan aliran udara didapatkan bahwa untuk memberikan suplai pada ruang muat 1789 m³ dibutuhkan rotor dessicant dengan $d = 1400$ mm, tebal = 120 mm, dan kecepatan rotasi 0,001365. Dengan spesifikasi tersebut dapat mengurangi kelembaban sebesar 20%, didapatkan kebutuhan daya sebesar 22,73 kW didapat dari mesin pendingin 6,76 kW, mesin pemanas 15,47 kW, dan motor sebesar 0,5 kW

Kata kunci : Dessicant rotor, Kapal Pelayaran Rakyat, Kecepatan rotasi, Kecepatan aliran udara

(Halaman sengaja dikosongkan)

DESIGN OF DESSICANT ROTOR FOR CARGO SPACE VENTILATION SYSTEM PELAYARAN RAKYAT VESSEL

Name : M Izzul Fadhok
NRP : 04211746000016
Departement : Marine Engineering
Advisor 1 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc
Advisor 2 : Ir. Tony Bambang M, PGD., MMT

Abstract

One of the facilities and infrastructure on the people's cruise ship is the ventilation system in the cargo space, its function is to maintain the quality of the cargo so that the product quality still in good condition. To prevent high humidity ratio, dry air will be supplied using desiccant rotor. The purpose of this thesis is to design the desiccant rotor to avoid excessive steam in the loading space, by rotating the electric motor combined with wet air absorbent material, so that the air that already passed through this tool is expected to reduce the ratio of humidity. After varying numerous variables of speed rotation and air flow velocity, the data implied that to supply the loading space of 1789 m³ required a rotor desiccant with $d = 1400$ mm, thickness = 120 mm, and a rotation speed of 0,001365. With these specifications, it can reduce humidity by 20%, a power requirement of 22,73 kW is obtained from a cooling engine 6,76 kW, a heating engine 15,47 kW, and a motor by 0,5 kW.

Keyword : *Air Flow Velocity, Desiccant rotor, People's cruise ship, Rotation velocity.*

(Halaman sengaja dikosongkan)

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat karunia serta hidayah-Nya, tugas akhir dengan judul “**Desain Rotor Dessicant untuk Sistem Ventilasi Ruang Palka Kapal Pelayaran Rakyat** ” dapat diselesaikan tepat waktu dengan baik. Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan motivasi dari pihak lain sangat sulit rasanya tugas akhir ini akan selesai tepat pada waktunya. Untuk itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih sebesar – besarnya kepada:

1. Ibu **Subaidah** dan Ayahanda **Abd. Mannan** tercinta yang senantiasa menaburi langkah, nafas, semua mimpi dan angan dengan doa yang tulus, sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. **Saudara saudara di Keluarga Salak 87** yang senantiasa memberi Kasih sayang, do’a dan dukungan kepada penulis.
3. **Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc** selaku dosen pembimbing pertama yang selalu memberi bimbingan, arahan, nasihat, motivasi, dan solusi mengenai permasalahan pengerjaan Tugas Akhir.
4. **Bapak Ir. Tony Bambang M, PGD.,MMT** selaku dosen pembimbing kedua yang selalu setia mendengarkan dan memberikan alternatif solusi untuk penulis.
5. **Bapak Beny Cahyono, S.T, M.T, Ph.D** selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
6. **Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc.** selaku kepala Laboratorium Marine Machinery, and System yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian Tugas Akhir di laboratorium.
7. **Bapak Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T** . selaku dosen wali penulis yang telah memberikan saran, kritik, nasihat, motivasi kepada penulis selama penulis menempuh masa perkuliahan.
8. **Andika Rizal Hasibuan dan Fabriansyah** sebagai rekan satu tim Tugas Akhir
9. **Teman-teman LJ angkatan 2017 Genap** karena telah menjalani perjuangan dan pembelajaran selama perkuliahan
10. **Teman- Teman Dream Team dan FMJ** karena telah menyediakan banyak waktu bersama penulis.
11. **Tim Futsal Siskal dan Tim Futsal ITS** yang telah menjadi tempat belajar, bercanda dan melepaskan kejenuhan selama perkuliahan, semoga bisa terus berprestasi.

12. **Teman teman pendakian**, yang telah menemani perjalanan penulis dalam berkegiatan di alam. SALAM LESTARI.
13. **Yoga dan Aang** atas kebersamaan yang selalu dijaga, sehingga penulis lebih santai dalam mengerjakan tugas akhir.
14. Seluruh Jajaran anggota **Kos Gebang Lor 42** atas kebersamaan dan segala aktivitas di Surabaya
15. Dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

KATA PENGANTAR

Sistem pengkondisian udara adalah sistem yang digunakan untuk menciptakan suatu kondisi pada suatu ruangan agar sesuai dengan keinginan. Sistem pengkondisian udara muncul akibat adanya kebutuhan manusia, hewan, dan komoditas akan kenyamanan thermal. Faktor faktor yang mempengaruhi kenyamanan thermal antara lain temperatur udara kering dan kelembaban relatif. Dalam suatu sistem perkalapan dikenal dengan sebutan AHU (*Air Handling Unit*). Biasaya yang digunakan terdiri dari saluran udara masuk dan keluar, filter, dan kipas untuk menghembuskan udara suplai dan juga koil pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan udara yang didistribusikan, dalam proses pendinginan dibutuhkan saluran yaitu duct.

Buku ini disusun berdasarkan penelitian tentang pengkondisian udara dalam ruang palka kapal pelayaran rakyat. Di dalamnya berisi tentang bagaimana penulis melakukan eksperimen dengan skala lab, dan memperhitungkan kebutuhan kenyamanan thermal pada komoditas yang ada dalam runag muat kapal pelayaran rakyat Dalam setiap bab disajikan materi atau uraian pembahasan yang sangat jelas dan terperinci, dan diakhir bab terdapat rangkuman atau kesimpulan yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan para pembaca yang berminat melakukan penelian tentang pengkondisian udara dalam bidang perkapalan.

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu pembuatan buku ini

Demikianlah persembahan kamu untuk dunia pendidikan

Surabaya, Januari 2020

Penulis

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

Halaman Judul (Bahasa Indonesia).....	i
Halaman Judul (Bahasa Inggris).....	ii
LEMBAR PENGESAHAN 1.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN 2.....	v
Abstrak.....	vii
Abstract	ix
PRAKATA	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2.....	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kapal Pelayaran Rakyat.....	3
2.2 Sistem Pengkondisian Udara.....	4
2.2.1 Sistem Ventilasi.....	4
2.3 Pengkondisian Udara Sederhana.....	5

2.4 Dessicant Dehumidifier	6
2.4.1 Carry Over	7
2.5 Dessicant	8
2.6 Komoditas.....	11
BAB 3.....	13
METODOLOGI	13
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	13
3.2 Studi Literatur	13
3.3 Diagram Alur Penelitian	13
3.4 Perencanaan Sistem Rotor Dessicant, Desain dan Pembuatan Alat... 15	
3.4.1 Rotor Dessicant.....	15
3.4.2 Fan	15
3.4.3 Cooler Sederhana	16
3.4.4 Pompa, Valve, dan Reservoir	16
3.4.5 Motor dan V-Belt.....	17
3.4.6 Sensor (Hygrometer).....	17
3.4.7 Heater	18
3.4.2 Power Supply dan Controller.....	18
3.5 Percobaan dan metode Pengambilan Data	19
3.7 Analisa Data Percobaan dan Pembuatan Grafik	20
3.8 Perhitungan dan Pembahasan.....	20
3.9 Penarikan Kesimpulan dan Saran	21
BAB 4.....	23
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Data Hasil Penelitian	23
4.1.1 Unjuk Kerja Dessicant Rotor bahan silica gel 1 Terhadap Fungsi Waktu	24
4.2 Penentuan performa terbaik Dessicant	31

4.2.1 Carry Over	31
4.3 Data Kapal.....	32
4.3.1 Data Utama Kapal Pelayaran Rakyat	32
4.3.2 Perhitungan Kapasitas Udara ruang muat	32
4.4 Penentuan Kondisi desain.....	34
4.4.1 Tanpa Menggunakan Dessicant	35
4.4.2 Menggunakan Rotor Dessicant	36
4.4.3 Merencanakan alat pemanas.....	37
4.4.4 Perencanaan Sistem pendingin	38
4.4.5 Perhitungan cooling	38
4.6 Analisa Kondisi desain	39
4.6.1 Perhitungan daya panas	40
BAB 5.....	43
KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
Lampiran.....	47
BIODATA PENULIS.....	51

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kapal Pelayaran Rakyat.....	3
Gambar 2. 2 Sistem pengkondisian udara sederhana	5
Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Dessicant rotor.....	6
Gambar 2. 4 Schematics Diagram.....	7
Gambar 2. 5 Carry over effect.....	7
Gambar 2. 6 Silica Gel	8
Gambar 2. 7 Molekular sieve	9
Gambar 2. 8 Activated Alumina.....	10
Gambar 2. 9 Grafik tingkat penyerapan kelembaban.....	10
Gambar 3. 1 Metodologi Tugas Akhir	14
Gambar 3. 2 Rotor Dessicant	15
Gambar 3. 3 Fan.....	16
Gambar 3. 4 Cooler	16
Gambar 3. 5 Pompa, Valve, dan Reservoir	17
Gambar 3. 6 Motor dan V-belt	17
Gambar 3. 7 Hygrometer.....	18
Gambar 3. 8 Heater	18
Gambar 3. 9 Controller dan Power Supply	19
Gambar 4. 1 Sistem Pengkondisian Udara Sederhana	23
Gambar 4. 2 Korelasi antara perubahan relatif humidity dan perubahan temperature pada variasi kecepatan aliran udara a) Inlet air b) Regeneration air	26
Gambar 4. 3 Grafik perubahan relatif Humidity terhadap waktu untuk Kecepatan rotasi tetap	27
Gambar 4. 4 Korelasi antara perubahan relatif humidity dan perubahan temperature pada variasi kecepatan rotasi dessicant a) Inlet air b) Regeneration air	29
Gambar 4. 5 Grafik perubahan relatif Humidity terhadap waktu untuk Kecepatan aliran udara tetap	30
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan perubahan humidity dan temperature silica gel 1 dengan silica gel 2	31
Gambar 4. 7 Grafik Psikometri untuk Sistem tanpa Menggunakan Dessicant	35
Gambar 4. 8 Skema kerja rotor dessicant.....	36
Gambar 4. 9 Kondisi Desain pada rotor dessicant	39
Gambar 4. 10 Skema Psychometric pada sistem rotor dessicant	40

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar Suhu dan kelembaban Relatif Penyimpanan Muatan Bahan Pokok (https://www.cargohandbook.com)	11
Tabel 4. 1 Data awal penelitian	24
Tabel 4. 2 Hasil Penelitian pada Variasi kecepatan aliran udara.....	24
Tabel 4. 3 Hasil Penelitian pada Variasi kecepatan rotasi Dessicant	28
Tabel 4. 4 Ketentuan Umum Suplai udara di kapal.....	33
Tabel 4. 5 Standart Temperature dan Kelembaban Relatif Penyimpanan Muatan Bahan Pokok.....	34

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dengan karakteristik wilayah kepulauan memiliki keuntungan dan kelemahan tersendiri. Memiliki banyak pulau mengharuskan Indonesia memiliki sistem logistik yang terencana dan terimplementasi dengan baik. Hal ini dikarenakan urgensi menghubungkan banyak pulau di Indonesia sehingga mampu mendongkrak ekonomi negara secara keseluruhan.

Kapal pelayaran rakyat yang digunakan sebagai alat angkut logistik dari pelabuhan kecil, ke pelabuhan *hub-port*, fungsi di atas merupakan fungsi pelayaran rakyat untuk menjamin ketersediaan sistem logistik nasional (sislognas) ke daerah terpencil. Peran pelayaran rakyat dalam Tol Laut pun berperan sangat penting untuk menjaga kestabilan dan ketersediaan logistik terutama di daerah yang sulit dijangkau oleh transportasi darat contohnya adalah beras, semen, pupuk, sembako adalah sedikit dari beberapa muatan yang diangkut oleh kapal pelayaran rakyat. Selain itu kapal pelayaran rakyat juga digunakan untuk angkutan sungai seperti di Kalimantan, dan Sumatera.

Salah satu sarana dan prasarana pada kapal pelayaran rakyat adalah sistem ventilasi pada ruang muat yang berguna untuk menjaga kualitas muatan tetap dalam kondisi baik. Sistem ventilasi udara alami untuk ruang muat pada kapal pelayaran rakyat dianggap kurang efektif untuk beberapa barang seperti beras, tepung ataupun sembako lainnya. Hal tersebut karena sistemnya sangat tergantung pada kondisi udara luar di sekitarnya terutama untuk temperatur dan kelembabannya, sehingga ketika kondisi udara luar memiliki temperatur dan kelembaban relatif yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kualitas muatan yang dibawa terutama sembako menjadi tidak sesuai dengan kualitas standart yang ada karena kelembaban yang berlebih didalam ruang muat.

Dengan adanya permasalahan di atas maka timbullah ide untuk menyediakan sistem pengkondisian udara pada ruang muat kapal pelayaran rakyat. Diketahui bahwa untuk bisa mengkondisikan udara harus mampu memberi suplai temperatur udara pendinginan dan juga mampu menyediakan kelembaban udara yang bisa dirasakan sesuai oleh komoditas komoditas yang diangkut oleh kapal pelayaran rakyat. Dengan demikian untuk mencapai hal tersebut maka dibutuhkan energi untuk pengkondisian udaranya.

Mengacu pada permasalahan yang dihadapi di atas, maka skripsi kali ini akan mencoba membuat kajian mengenai perancangan sistem pengkondisian udara yang hemat energi dengan cara membuat mekanisme tertentu untuk bisa memenuhi kelembaban relatif yang nyaman sesuai dengan standart terlebih dahulu sebelum udara tersebut masuk dalam ruang muat. Hal tersebut diharapkan bisa mengurangi energi yang dibutuhkan untuk memenuhi kenyamanan kelembaban relatif udara yang dikondisikan

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kecepatan rotasi *rotor desiccant* dan kecepatan suplai udara terhadap nilai kelembaban?
2. Bagaimana merencanakan sistem pada *rotor desiccant* agar hasil yang dibuat dapat digunakan dalam ruang muat kapal pelayaran rakyat?

1.3 Batasan Masalah

1. Dalam perencanaan sistem pengkondisian udara yang dibuat hanya digunakan untuk ruang muat kapal pelayaran rakyat.
2. *Rotor desiccant* yang digunakan adalah model manufaktur sederhana.
3. Kondisi temperatur udara disekitar dianggap ideal
4. Laju aliran udara dibuat dalam 3 kecepatan yaitu, 0,8 m/s, 1,8 m/s, 4,2 m/s
5. Kecepatan rotasi dibuat dalam 3 variasi yaitu 1/12 rev/s, 1/9 rev/s, 1/5 rev/s
6. Kecepatan aliran udara dalam ducting penyearah dianggap *uniform*
7. Tidak melakukan analisa instalasi kelistrikan pada pemenuhan kebutuhan sumber listrik yang digunakan untuk memutar *rotary desiccant*.
8. Tidak menganalisa stabilitas kapal.
9. Tidak membahas aspek ekonomis.

1.4 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh kecepatan rotasi dan kecepatan suplai udara yang tepat untuk penggunaan *rotor desiccant*
2. Mengetahui keefektifan penggunaan *rotor desiccants* untuk pemenuhan sistem ventilasi udara pada kapal pelayaran rakyat

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mampu membuat instalasi pengkondisian udara sederhana dengan menggunakan *rotor desiccant* yang akan digunakan pada ruang muat kapal pelayaran rakyat
2. Mampu mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi tingkat kelembaban udara.
3. Mampu membuat sebuah rujukan kepada pelaku usaha galangan kapal dalam mendesain pengkondisian udara dengan menggunakan *rotor desiccant*

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Pelayaran Rakyat



Gambar 2. 1 Kapal Pelayaran Rakyat

Pelayaran Rakyat adalah jasa angkutan barang dan penumpang yang umumnya dilaksanakan dengan menggunakan perahu Layar Motor dengan trayek antar pulau melalui laut atau sungai dengan kedalaman rendah dan alur yang sempit. Di Indonesia jenis pelayaran rakyat umumnya berukuran antara 70 GT – 300 GT dengan panjang rata-rata di bawah 30 meter. Kapal yang digunakan umumnya adalah kapal kayu yang dibangun secara tradisional sehingga tingkat keselamatannya kurang terjamin yang disebabkan karena sistem sambungan konstruksi, misalnya antara papan kulit dengan gading maupun dengan lunas, cadangan daya apung berkaitan dengan jumlah sekat pemisah kedap air, lambung timbul dan tinggi ambang palka. Produktivitas kapal masih rendah karena kemampuan bongkar muat yang terbatas, yaitu dengan kapasitas berkisar antara 2 ton di samping masih menggunakan tenaga manusia. Alat penggerak propulsi umumnya menggunakan mesin diesel dibantu dengan layar dengan kecepatan kapal rata-rata antara 6 – 10 knot. Muatan barang yang diangkut masih dengan jenis heterogen yaitu jenis barang umum (*general cargo*) dan break-bulk antara lain produk pertanian,

kehutanan, perkebunan, peternakan, perikanan, industri kecil. Bentuk kemasan umumnya bersifat lepasan (*loose type cargo*).

2.2 Sistem Pengkondisian Udara

Sistem pengkondisian udara adalah suatu sistem yang berfungsi untuk memberikan supply udara dalam kondisi dan temperatur dan kelembaban yang membuat ruangan tersebut bisa dirasa nyaman oleh makhluk hidup yang ada dan beraktivitas di dalamnya. Sistem pengkondisian udara biasanya dibuat dengan desain terlebih dahulu melihat kondisi udara lingkungannya terutama mengenai temperatur dan kelembaban udaranya.

Secara umum persyaratan dan pertimbangan dalam mendesain sistem pengkondisian untuk aplikasi di kapal adalah sama seperti untuk penggunaan sistem pengkondisian udara dalam darat, akan tetapi terdapat pertimbangan khusus sebagai tambahan dalam mendesain sistem ini, untuk kapal selain dari segi berat dan dimensi peralatan yang digunakan yaitu :

- a) Sempit dan terbatasnya ruang yang tersedia, berbeda dengan bangunan di darat, penambahan ruangan untuk keperluan sistem permesinan di kapal termasuk sistem ventilasi ini sulit untuk dilakukan.
- b) Instalasi dari sistem pengkondisian udara haruslah tahan dengan lingkungan yang korosif. Hal ini berkaitan dengan pemilihan material dan bagaimana cara pencegahan korosi
- c) Berbeda dengan bangunan di darat yang statis, kapal merupakan bangunan yang dinamis. Oleh karena itu seluruh instalasi pada sistem pengkondisian udara yang terpasang di kapal harus bisa tetap beroperasi dengan baik dalam keadaan gerak kapal yang dinamis
- d) Karena kapal berlayar di laut bebas dan hanya membawa peralatan perbaikan yang terbatas maka sistem ventilasi yang terpasang memiliki tingkat keandalan yang tinggi
- e) Sistem pengkondisian udara harus mampu melayani berbagai ruangan yang ada di kapal.
- f) Faktor keselamatan dari bahaya kebakaran peralatan dari sistem pengkondisian udara harus jadi perhatian utama dalam mendesain.

2.2.1 Sistem Ventilasi

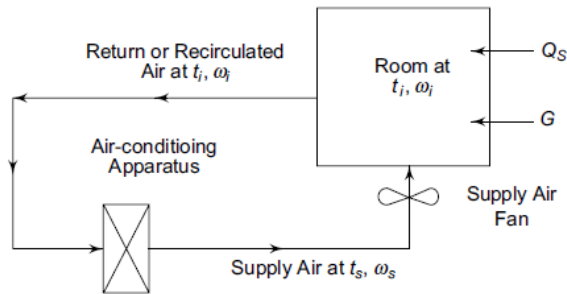
Sistem ventilasi udara adalah proses penyediaan udara segar ke dalam atau pengeluaran udara kotor dari suatu ruangan secara alami maupun mekanis. Sistem ventilasi udara pada kapal mempunyai fungsi untuk mempertahankan komposisi kimia dan kelembaban udara (*humidity*) ataupun mengubahnya sesuai dengan yang diperlukan didalam ruangan kapal, dengan cara mengatur aliran udara ke luar atau masuk ruangan kapal guna melakukan proses penggantian udara yang telah kotor dengan udara segar dan mengatur tingkatan temperatur, tekanan dan komposisi kimia udara di dalam ruangan

kapal. Dengan terjadinya proses tersebut akan dapat memenuhi tujuan ventilasi dalam kapal yaitu :

- Untuk menjaga udara di dalam ruangan di kapal selalu bersih atau segar sehingga dapat dirasakan nyaman dan sesuai kebutuhan
- Pengaruh kerusakan bagian-bagian kapal dan pembusukan muatan yang ditimbulkan oleh karena terlalu besarnya kelembaban dapat dibatasi

2.3 Pengkondisian Udara 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.



Gambar 2. 2 Sistem pengkondisian udara sederhana

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 ;

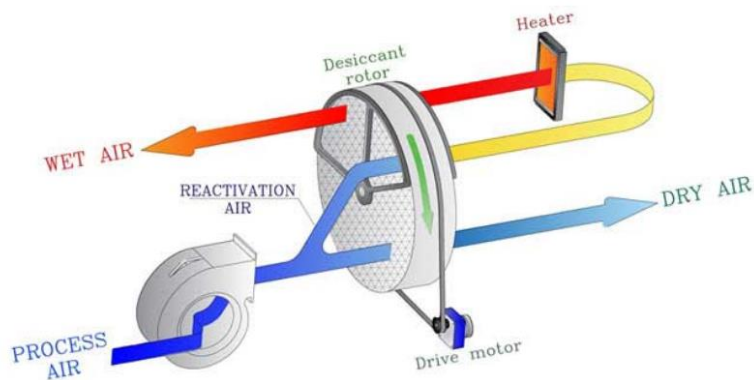
$$RLH = Q_S = \dot{m}_a h_{fg0} (\omega_i - \omega_s)$$

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

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.

2.4 Dessicant Dehumidifier

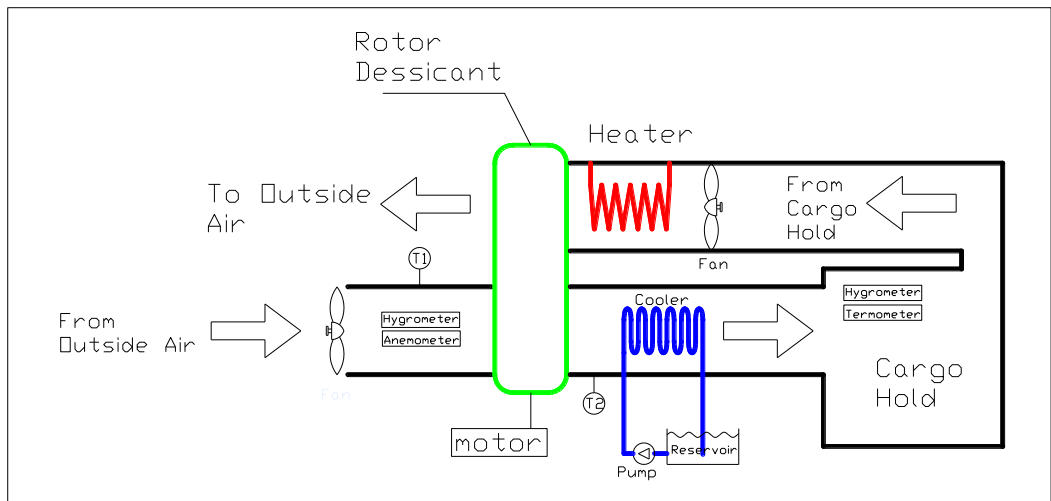


Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Dessicant rotor

Penggunaan *desiccants* pada sistem dehumidifikasi digunakan untuk mengurangi kelembaban udara dengan cara menciptakan suatu permukaan atau daerah dengan tekanan uap yang rendah. *Desiccant* sendiri merupakan salah satu zat yang dapat menyerap kelembaban dengan cara menyimpan air pada permukaan atau kapiler dengan tetap mempertahankan keberadaan molekul air. Zat yang paling umum digunakan adalah *silica gel* yang merupakan bentuk dari silica dioksida (SiO_2) (Lewis G. Harriman, 2002). Pada prinsipnya fluida bergerak dari tekanan rendah ke tekanan yang lebih tinggi. Begitu pula

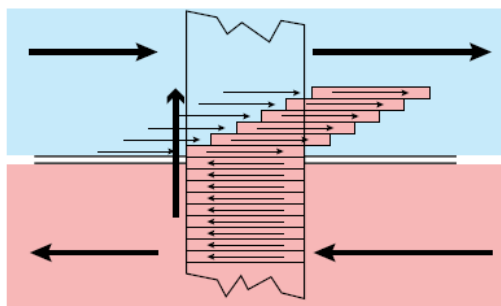
dengan uap air yang akan dipindahkan dari udara bergerak menuju ke permukaan dari *dessicants*. Tekanan yang diberikan oleh uap air di udara lebih tinggi, sehingga molekul air bergerak dari udara ke *desiccant* sehingga kelembaban udara setelah melewati *desiccants* akan berkurang.

Skema dibawah ini menggambarkan bagaimana sebuah sistem pengkondisian udara yang digunakan pada ruang muat kapal pelayaran rakyat. Dimana udara dari luar dengan suhu dan kelembaban nya terlebih dahulu dikondisikan dengan menggunakan *dessicant* rotor, setelah kelembaban terkondisikan maka suhu akan dikondisikan menggunakan mesin pendingin. Diharapkan bahwa dengan dikondisikan kelembaban terlebih dahulu maka akan dapat mengurangi dari mesin pendingin.



Gambar 2. 4 Schematics Diagram

2.4.1 Carry Over



Gambar 2. 5 Carry over effect

Rotor *desiccant* yang berputar diantara dua aliran udara yang berlawanan, ketika udara melewati rotor *desiccant* yang dipisahkan oleh dua rantai maka terdapat udara yang terperangkap dalam *desiccant* dari satu saluran ke saluran yang lain, fenomena ini disebut *Carry over*. Jika tidak ada putaran atau gerakan dari rotor, maka udara yang terjebak akan

terus menerus dipindahkan diantara saluran tersebut. Tingkat transfer, yang sebanding dengan kecepatan rotasi dan ketebalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$c = \frac{\pi \cdot l \cdot f \cdot n \cdot r^2}{120 \cdot q} \times 100 \%$$

l = Tebal Rotor (m)

r = Jari jari Dessicant (m)

n = Putaran Motor (rpm)

f = Porositas Motor (0,95-0,98)

q = Kapasitas Aliran (m³/s)

2.5 Dessicant

Dessicant adalah suatu unsur higrokopis (penyerap air) yang mempengaruhi atau mendukung tingkat kekeringan di sekitarnya. Dessicant biasanya diletakkan untuk menjaga tingkat kelembaban udara di suatu tempat tertutup. Oleh karena itu biasanya dessicant banyak digunakan untuk gudang gudang penyimpanan yang menyimpan suatu yang perlu dijaga kelembaban agar tidak rusak atau terkena jamur, jenis jenis dessicant ada berbagai macam seperti dibawah ini :

a. Silica gel

Silica Gel adalah butiran seperti kaca dengan bentuk yang sangat berpori, silika dibuat secara sintetis dari natrium silikat. Walaupun dinamakan gel silika, bentuknya adalah padat. Silika gel adalah mineral alami yang dimurnikan dan diolah menjadi salah satu bentuk butiran atau manik-manik. Sebagai pengering, ia memiliki ukuran pori rata-rata 2,4 nanometer dan memiliki afinitas yang kuat untuk molekul air.



Gambar 2. 6 Silica Gel

Silica gel merupakan suatu bentuk dari silika yang dihasilkan melalui penggumpalan sol natrium silikat (NaSiO₂). Sol mirip agar – agar ini dapat didehidrasi

sehingga berubah menjadi padatan atau butiran mirip kaca yang bersifat tidak elastis. Sifat ini menjadikan silika gel dimanfaatkan sebagai zat penyerap, pengering dan penopang katalis. Garam – garam kobalt dapat diabsorpsi oleh gel ini.

b. Molecular sieve

Molecular sieve adalah bahan dengan pori-pori (lubang sangat kecil) dengan ukuran seragam. Diameter pori-pori ini serupa ukurannya dengan molekul kecil, dan dengan demikian molekul besar tidak bisa masuk atau diadsorpsi, sementara molekul yang lebih kecil bisa. Sebagai campuran molekul bermigrasi melalui unggun stasioner berpori, zat semi-padat yang disebut sebagai sieve (atau matriks), komponen dengan berat molekul tertinggi (yang tidak dapat melewati pori-pori molekul) meninggalkan unggun terlebih dahulu, diikuti oleh molekul yang lebih kecil berturut-turut. Beberapa Molecular sieve digunakan dalam kromatografi, teknik pemisahan yang mengurutkan molekul berdasarkan ukurannya. Saringan molekuler lainnya digunakan sebagai desiccant



Gambar 2. 7 Molekular sieve

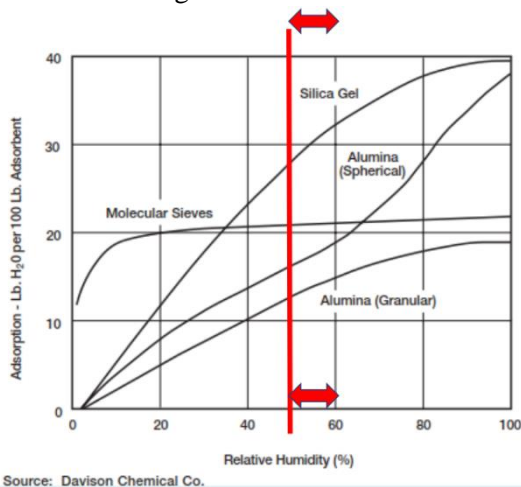
c. Activated Alumina

Alumina aktif, dalam bentuk alumina berbutir dan sangat berpori, sangat besar daya serap terhadap air, gas, uap, dan cairan tertentu. Jika telah jenuh dapat diaktifkan kembali dengan cara memanaskannya sampai suhu 175-325 C, proses ini dapat dilakukan berkali-kali. Alumina aktif digunakan untuk menghilangkan uap air, minyak yang ada dalam gas oksigen, gas hidrogen, karbon dioksida, gas alam dan lain-lain. Selain itu juga dapat digunakan sebagai katalisator.



Gambar 2. 8 Activated Alumina

Dibawah ini merupakan Kurva karakteristik adsorpsi air pada setiap jenis desiccant dapat dilihat bahwa jumlah air yang diserap secara linear dengan kelembaban relatif sampai RH mencapai 60% . kemudian di dataran tinggi keluar pada 40% penyerapan relatif 100%. Kurva untuk molekular sieve,dengan kontras naik dengan cepat ke ketinggian 20% penyerapan pada 20% kelembaban relatif. Ini membantu menjelaskan mengapa molekular sieve adalah suatu pilihan terbaik dalam aplikasi regenerasi seperti pendinginan desiccant dan sistem dehumidifikasi yang di design untuk mengurangi pemrosesan arus udara untk kelembaban relatif yang rendah. Pada sisi lain,silica gel memiliki karakteristik yang baik untuk recovery tempat energi pengkondisian dari udara buang.



Gambar 2. 9 Grafik tingkat penyerapan kelembaban

2.6 Komoditas

Kebutuhan akan sandang pangan memang tidak bisa dilepaskan dalam kebutuhan sehari-hari manusia, untuk itu perlu diperhitungkan dalam membuat suatu tempat penyimpanan atau pengkondisian ruangan, terlebih lagi tahu tentang suhu dan kelembaban berapa yang ideal untuk bahan makanan tertentu.

Tabel 2.1 Standar Suhu dan kelembaban Relatif Penyimpanan Muatan Bahan Pokok (<https://www.cargohandbook.com>)

No	Bahan Pokok	Temperatur Maks (°C)	RH Maks (%)
1	Jagung	29	75
2	Kacang	-	65
3	Tembakau	-	70

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

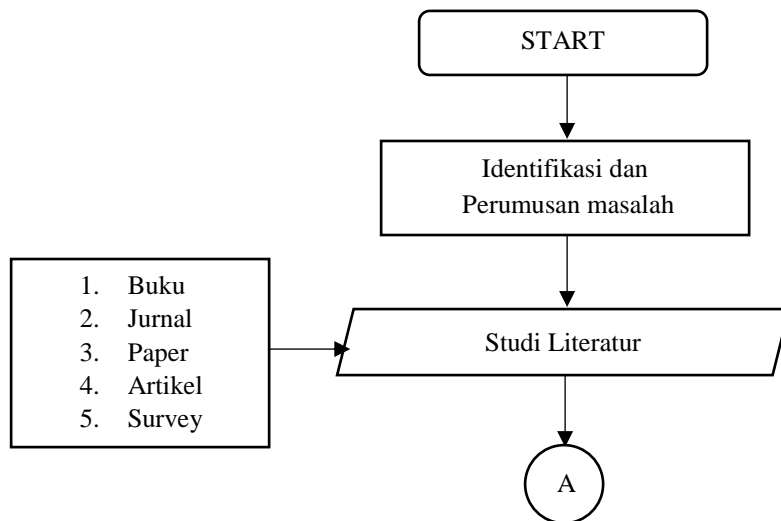
Kegiatan yang dilakukan untuk mengidentifikasi masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini, yaitu memahami permasalahan yang ada hubungannya dengan perancangan sistem pengondisian udara. Kemudian mengidentifikasi masalah yang terkait dengan merencanakan alat yang menyerap kelembaban udara yang akan digunakan pada ruang muat kapal sesuai dengan kebutuhan komoditas yang diangkut dengan tetap menjaga kondisi udara

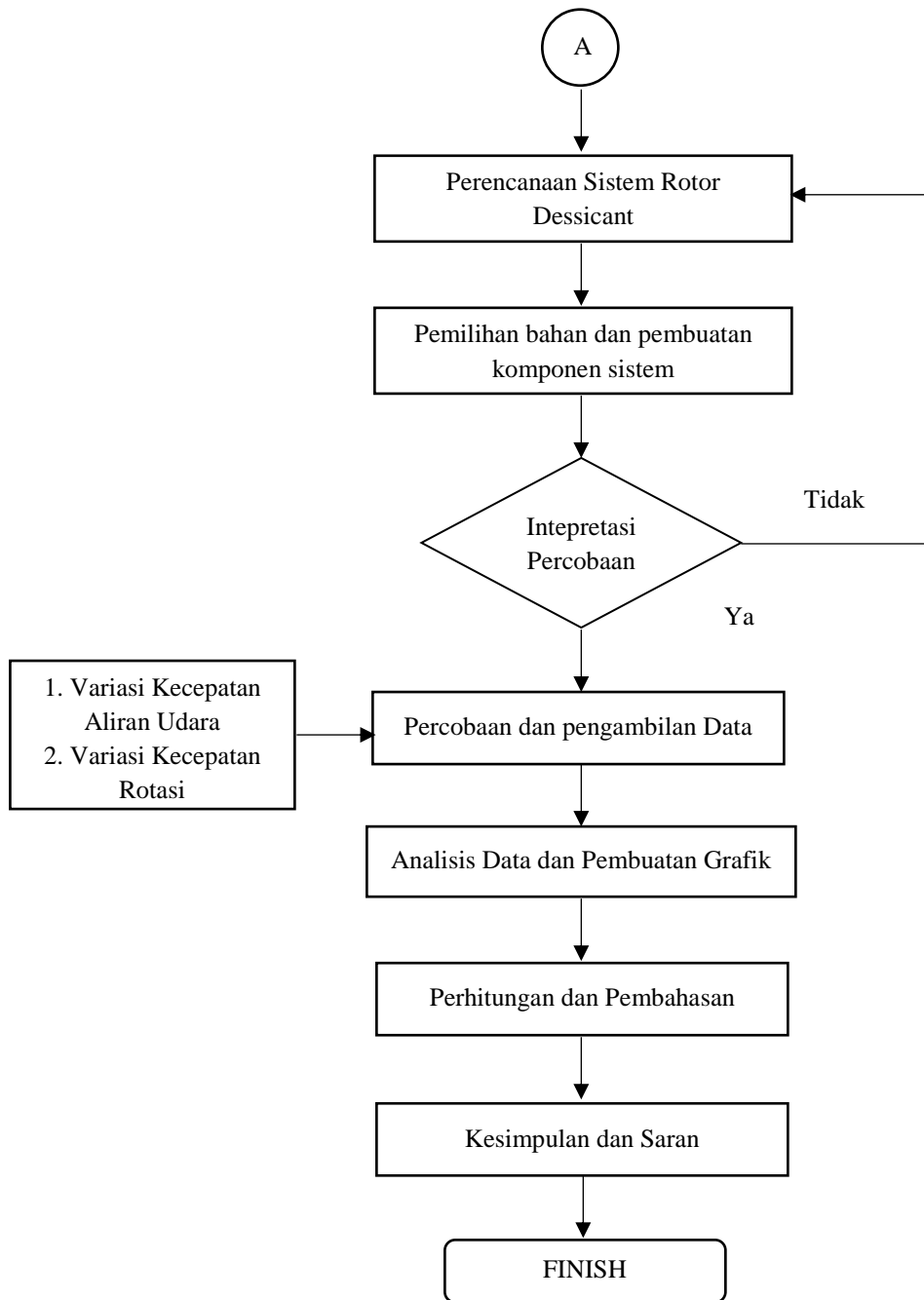
3.2 Studi Literatur

Kegiatan yang dilakukan untuk mempelajari teori-teori dasar dari permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini dengan cara berdiskusi dengan dosen pembimbing maupun sesama mahasiswa, membaca referensi dari buku, jurnal, dan berbagai artikel di internet. Dengan tujuan untuk mendapatkan data-data penunjang sebagai dasar teori dalam pelaksanaan proses pengerjaan tugas akhir ini.

3.3 Diagram Alur Penelitian

Dalam membuat suatu perencanaan alat dan analisis diperlukan tahapan-tahapan seperti diagram alir dibawah ini:





Gambar 3. 1 Metodologi Tugas Akhir

3.4 Perencanaan Sistem Rotor Dessicant, Desain dan Pembuatan Alat

Tahapan ini berfungsi mendesain sistem pengkondisian udara sederhana menggunakan rotor dessicant dan komponen apa saja yang harus dilengkapi dalam sistem tersebut, dimana dilakukan penentuan dimensi dimensi pada alat karena akan digunakan dalam skala praktikum, dimana dilakukan jua perhitungan perhitungan kapasitas pada tiap komponen sistem ventilasi ini, komponen – komponen dari sistem tersebut antara lain :

3.4.1 Rotor Dessicant

Rotor dessicant ini terbuat dari bahan kayu sebagai body utama, dan triplek pada sisi permukaan, dibuat beberapa tulang tulang rotor ini dengan galvalum sebagai media atau tempat meletakkan silica gel. Dimensi rotor dessicant ini adalah mempunyai jari jari sebesar 0,4 m dan ketebalan 0,12 m. Selanjutnya diletakkan butir butir silica gel dengan ditempel pada tulang yang berada di tengah rotor dengan solasi bolak-balik



Gambar 3. 2 Rotor Dessicant

3.4.2 Fan

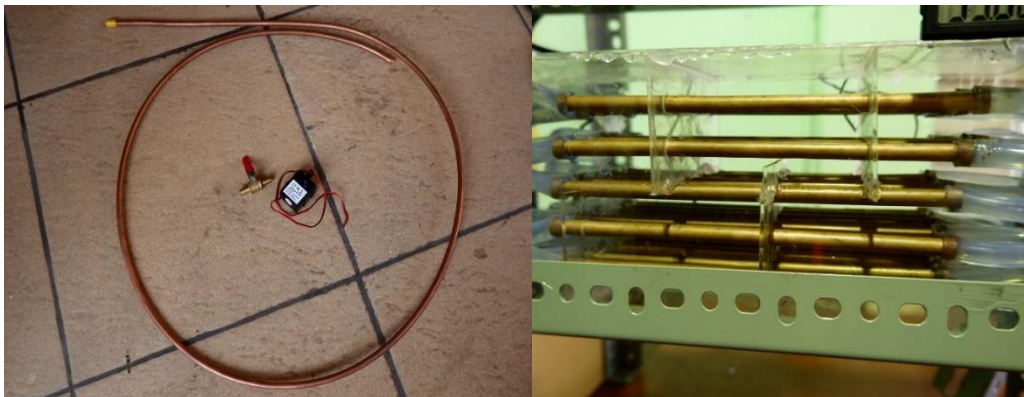
Fan digunakan sebagai media yang digunakan untuk penghasil energi angin atau suplai udara untuk pemenuhan ruang palka, Fan ini ditempatkan pada ducting yang mempunyai dimensi 0,12 m × 0,125 m dan diletakkan di kedua sisi dessicant rotor. Kecepatan aliran udara Fan dikondisikan menjadi 3 variasi kecepatan, (*low* = 0,8 m/s, *medium* = 1,8 m/s, *high* = 4,2 m/s)



Gambar 3. 3 Fan

3.4.3 Cooler Sederhana

Cooler sederhana terbuat dari pipa tembaga dengan diameter sebesar 8 mm dipotong sepanjang 0,21 m sebanyak 25 selongsong lurus, kemudian dari selongsong selongsong tersebut disusun sejajar dengan berbentuk persegi menyesuaikan dimensi dari ducting, setelah itu diberikan laluan dari akrilik sebagai penyearah aliran udara, sehingga udara mampu melewati dan mengenai setiap bagian dari selongsong tersebut.



Gambar 3. 4 Cooler

3.4.4 Pompa, Valve, dan Reservoir

Pompa yang digunakan adalah tipe submersible/ pompa aquarium sebagai media yang mengalirkan air dari reservoir ke pipa tembaga yang digunakan sebagai cooler. Valve berguna untuk mengatur kapasitas air yang disalurkan. Pada percobaan ini digunakan 3 variasi bukaan katup (bukaan penuh, bukaan $\frac{3}{4}$, bukaan $\frac{1}{2}$)



Gambar 3. 5 Pompa, Valve, dan Roservoir

3.4.5 Motor dan V-Belt

Motor yang digunakan adalah motor DC sebagai penggerak dari rotor desiccant tersebut dikombinasikan dengan V-belt. Dimana dalam percobaan ini diatur kecepatan rotasi dalam 3 variasi ($1/5$ rev/s , $1/9$ rev/s, $1/12$ rev/s)



Gambar 3. 6 Motor dan V-belt

3.4.6 Sensor (Hygrometer)

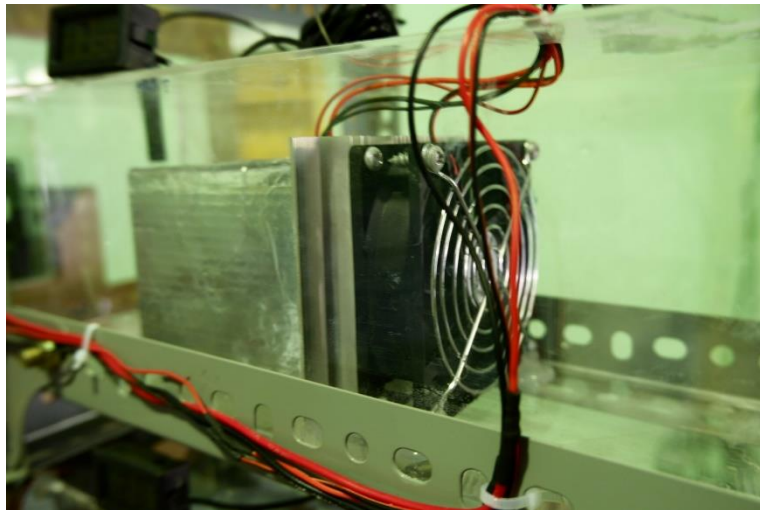
Penggunaan sensor ini digunakan untuk mengetahui temperatur dan kelembaban dari keadaan sebelum dan sesudah udara melewati rotor desiccant, pada percobaan ini digunakan 6 buah sensor yang diletakkan pada tempat yang sudah ditentukan.



Gambar 3. 7 Hygrometer

3.4.7 Heater

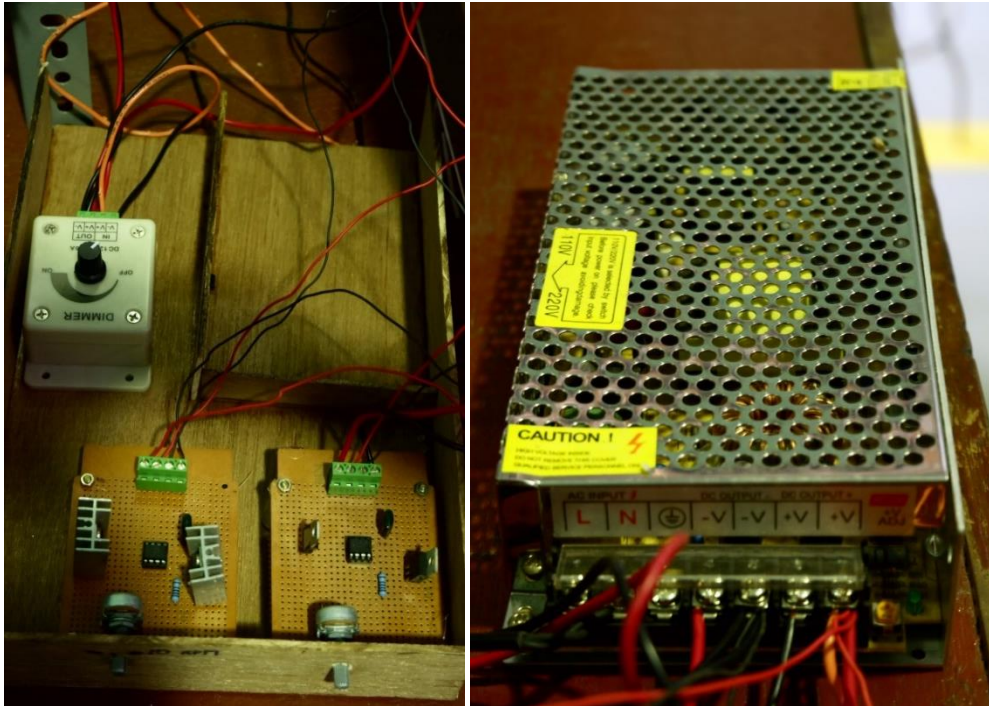
Heater yang digunakan adalah pemanas elektrik berupa heatsink yang ditempatkan di sisi reaktivasi ducting yang berguna untuk meregenerasi silica gel agar tidak sampai jenuh, dalam percobaan ini digunakan 3 variasi temperatur reaktivasi (40°C, 45°C, 50°C)



Gambar 3. 8 Heater

3.4.2 Power Supply dan Controller

Power supply yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan kelistrikan pada percobaan ini, dan controller yang berupa potensiometer merupakan hal yang sangat penting dalam percobaan ini, guna untuk mengkondisikan dan memvariasikan beberapa variabel seperti kecepatan aliran udara pada fan, kecepatan rotasi pada motor, dan suhu pada heater.



Gambar 3. 9 Controller dan Power Supply

3.5 Percobaan dan metode Pengambilan Data

Berikut ini hal-hal yang perlu dipersiapkan sebelum melakukan pengujian:

1. Membuat instalasi pengujian dengan menempatkan semua komponen menjadi sebuah sistem pengkondisian udara sederhana.
2. Mengecek semua peralatan yang akan digunakan dalam pengujian sehingga akan mendapatkan hasil yang optimal.

Prosedur pengujian :

1. Menyalakan *fan* untuk menghasilkan angin.
2. Pengambilan data kecepatan angin yang dihasilkan *fan* dengan menggunakan *anemometer*
3. Pengambilan data kecepatan rotasi yang dihasilkan *motor* dengan menggunakan *stopwatch*
4. Pengambilan data kapasitas dengan cara menghidupkan pompa dan mengatur bukaan valve yang alirkan ke gelas ukur.
5. Memvariasikan beberapa variabel seperti:
 - a. Kecepatan Aliran udara (0,8 m/s, 1,8 m/s, 4,2 m/s)
 - b. Kecepatan Rotasi motor (1/5 rev/s, 1/9 rev/s, 1/12 rev/s)

- c. Kapasitas Aliran (bukaan penuh, bukaan $\frac{3}{4}$, bukaan $\frac{1}{2}$)
- d. Suhu Heater (40°C, 45°C, 50°C)
- 6. Lakukan pengujian tiap variasi selama 10 menit
- 7. Mengambil data suhu dan kelembaban sebelum dan sesudah udara melewati rotor dessicant, setelah melewati cooler, dan pada heater dengan melihat *hygrometer*
- 8. Mengulangi prosedur (5 – 7) sampai semua kombinasi variasi selesai di tempuh
- 9. Menentukan kondisi terbaik dari performa dessicant
- 10. Melakukan prosedur (1 - 7) namun memperpanjang waktu praktikum menjadi 40 menit.
- 11. Selesai.

3.7 Analisa Data Percobaan dan Pembuatan Grafik

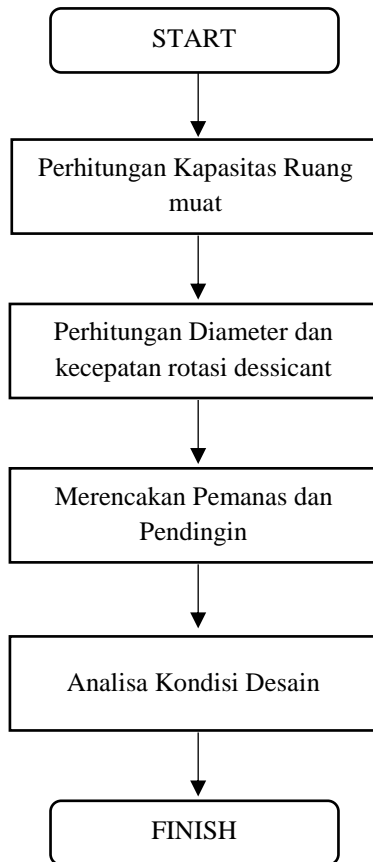
Setelah melakukan percobaan dilakukan analisa hasil percobaan untuk mengetahui performansi dari sistem pengkondisian udara dengan menggunakan rotor dessicant.

Adapun beberapa grafik yang akan dianalisa antara lain :

- a. Korelasi antara perubahan relatif humidity dan perubahan temperature pada variasi kecepatan aliran udara
- b. Grafik perubahan relatif Humidity terhadap waktu untuk Kecepatan rotasi tetap
- c. Korelasi antara perubahan relatif humidity dan perubahan temperature pada variasi kecepatan rotasi dessicant
- d. Grafik perubahan relatif Humidity terhadap waktu untuk Kecepatan aliran udara tetap
- e. Grafik perbandingan perubahan humidity dan temperature silica gel 1 dengan silica gel 2

3.8 Perhitungan dan Pembahasan

Setelah melakukan pengujian dalam performa terbaik, maka akan diketahui performa terbaik rotor dessicant dengan parameter seberapa banyak kelembaban udara diturunkan, adapun proses perhitungan yang dilakukan setelah mengetahui performansi dari dessicant rotor dalam skala praktikum adalah sebagai berikut



Gambar 3. 10 Proses Perhitungan

3.9 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan telah dilakukan maka selanjutnya adalah menarik kesimpulan analisa data percobaan yang telah dilakukan. Dan diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat membuktikan hipotesa awal dan menjawab permasalahan yang menjadi tujuan utama tugas akhir ini, yaitu mengetahui pengaruh kecepatan rotasi dan kecepatan aliran udara dalam pemenuhan sistem pengkondisian udara dengan menggunakan rotor dessicant. Selain itu diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan tugas akhir supaya lebih sempurna

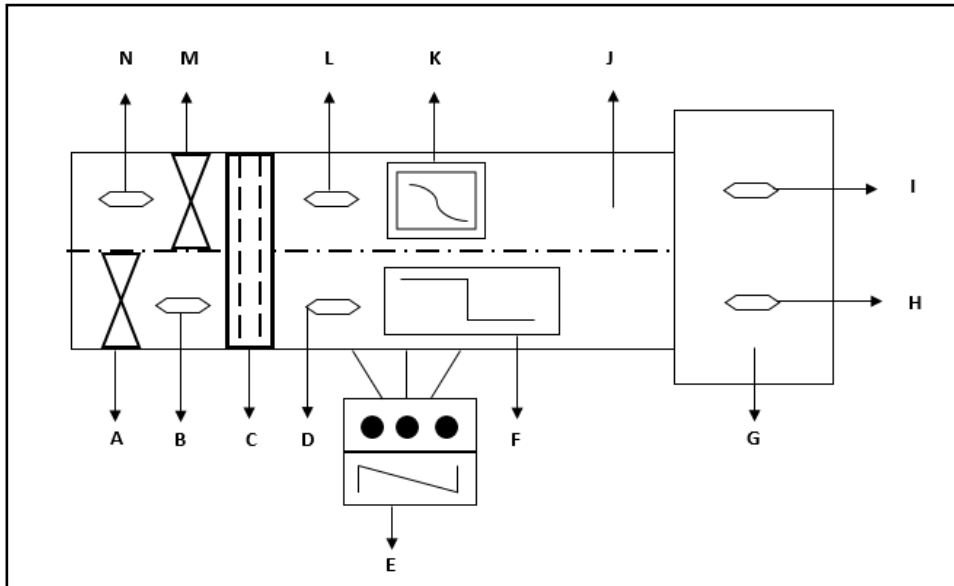
(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 5 Desember 2019 di Workshop Mesin Fluida Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS kampus sukolilo surabaya.



Keterangan :

- A,M = Fan
- B,D,H,I,L,N = Sensor (Hygrometer)
- C = Dessicant Rotor, Motor,dan V-belt
- E = Power Supply dan Controller
- F = Cooler (Pompa, Reservoir, dan Valve)
- G = Space
- J = Ducting
- K = Heater

Gambar 4. 1 Sistem Pengkondisian Udara Sederhana

Adapun beberapa data awal dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data awal penelitian

No	Keterangan	Nilai
1	Diameter Dessicant Wheel	400 mm
2	Ketebalan Dessicant Wheel	120 mm
3	Berat Silica Gel	3 kg
4	Kecepatan angin	4,2 m/s, 1,8 m/s, 0,8 m/s
5	Kecepatan rotasi	0,083 rev/s, 0,111 rev/s, 0,2 rev/s
6	Temperatur Heater	40 °C, 45°C, 50°C
7	Temperatur ruangan	31 °C
8	Volume space	300 mm x 40 mm x 60 mm

Data hasil pengujian dan perhitungan ini dengan menggunakan metode tabel dan grafik hal ini dilakukan untuk mempermudah hasil penelitian Dessicant Rotor. Hasil pengujian dan meliputi Perubahan relative humidity dan temperatur terhadap waktu, dalam setiap penelitian, akan divariasi variabel kecepatan supply udara, kecepatan rotasi rotor, kapasitas aliran pada cooler, temperatur heater, dan bahan dari absorbent.

4.1.1 Unjuk Kerja Dessicant Rotor bahan silica gel 1 Terhadap Fungsi Waktu

Dalam pengambilan data ini, untuk memperoleh data atau hasil yang terbaik maka akan dikondisikan dengan kecepatan rotasi tetap, dengan variasi kecepatan aliran udara.

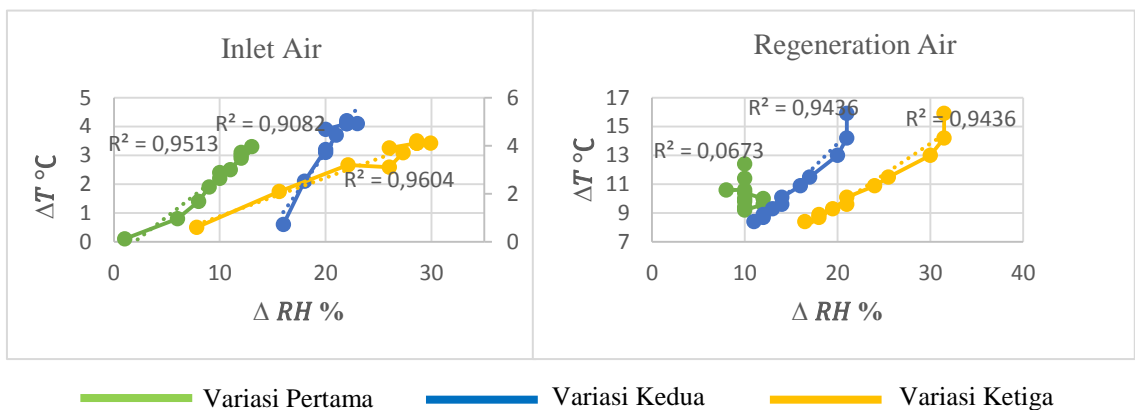
Tabel 4. 2 Hasil Penelitian pada Variasi kecepatan aliran udara

Variasi pertama ; $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $n = 0,083\text{ rps}$, $\bar{v} = 0,8\text{ m/s}$, $q_{water} = 0,000000435\text{ m}^3/\text{s}$								
Inlet Air Channel					Regeneration Air Channel			
Before Wheel			After Wheel		Before Wheel		After Wheel	
Time (s)	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]
0	34,2	52	34,3	51	41,3	52	35,1	47
60	34,1	54	34,9	48	40,9	51	35,2	46
120	34,1	55	35,5	47	40,3	52	35,4	47
180	34,1	55	36	46	40,2	52	35,5	47
240	34,1	55	36,3	45	40,1	52	35,5	47

300	34,1	55	36,5	45	40,3	53	35,5	47
360	34,2	56	36,7	45	40,3	53	35,3	47
420	34	56	36,9	44	40,4	52	35,2	47
480	34	56	37	44	40,5	52	35,5	47
540	34	56	37,1	44	40,8	52	35,5	47
600	33,9	57	37,2	44	40,8	51	35,5	47
Variasi Kedua ; $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $n = 0,083\text{ rps}$, $\bar{v} = 1,8\text{ m/s}$, $q_{water} = 0,000000435\text{ m}^3/\text{s}$								
Inlet Air Channel					Regeneration Air Channel			
Before Wheel			After Wheel		Before Wheel		After Wheel	
Time [s]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]
0	32,5	74	33,1	68	49,9	40	34	61
60	32,4	74	34,5	62	48,1	40	33,9	61
120	32,3	75	35,5	58	46,8	41	33,8	61
180	32,4	75	35,5	55	45,3	44	33,8	61
240	32,5	75	36,2	54	44,7	45	33,8	61
300	32,4	74	36,3	54	43,9	47	33,8	61
360	32,3	75	36,4	53	43,3	48	33,7	62
420	32,3	75	36,5	53	43	49	33,7	62
480	32,3	75	36,4	53	42,5	50	33,6	62
540	32,2	75	36,3	53	42,2	50	33,5	62
600	32,3	75	36,4	52	41,9	51	33,5	62
Variasi Kedua; $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $n = 0,083\text{ rps}$, $\bar{v} = 4,2\text{ m/s}$, $q_{water} = 0,000000435\text{ m}^3/\text{s}$								
Inlet Air Channel					Regeneration Air Channel			
Before Wheel			After Wheel		Before Wheel		After Wheel	
Time [s]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]
0	32,5	74	33,1	58	49,9	40	34	61
60	32,4	74	34,5	56	48,1	40	33,9	61
120	32,3	75	35,5	55	46,8	41	33,8	61
180	32,4	75	35,5	55	45,3	44	33,8	61
240	32,5	75	36,2	54	44,7	45	33,8	61
300	32,4	74	36,3	54	43,9	47	33,8	61
360	32,3	75	36,4	53	43,3	48	33,7	62
420	32,3	75	36,5	53	43	49	33,7	62
480	32,3	75	36,4	53	42,5	50	33,6	62
540	32,2	75	36,3	53	42,2	50	33,5	62

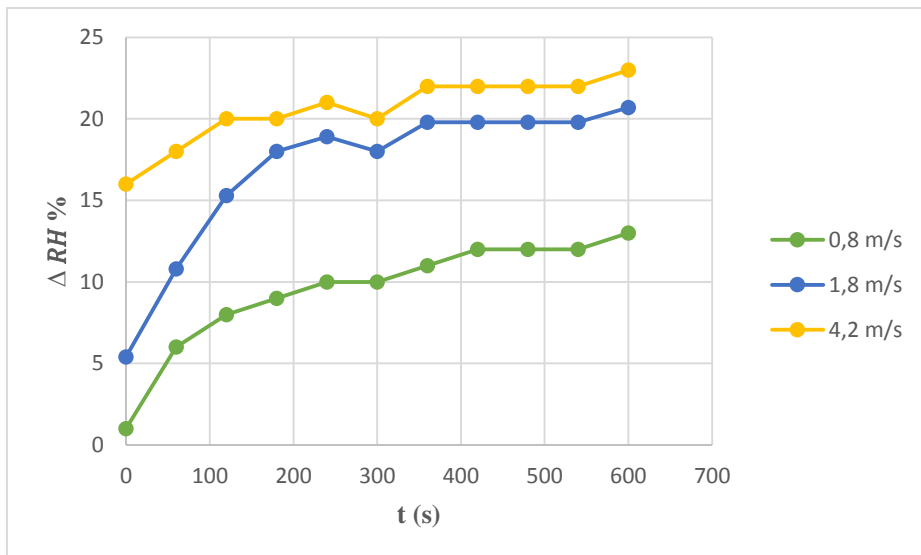
600	32,3	75	36,4	52	41,9	51	33,5	62
-----	------	----	------	----	------	----	------	----

Dari analisis nilai nilai dalam tabel, ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik tentang desiccant rotari untuk mentransfer udara kering dari saluran satu ke saluran yang lain. Dalam pengujian, semakin lama waktu pengujian maka dari sisi inlet akan terlihat kenaikan nilai humidity dan temperatur. Untuk 2 menit pertama dalam pengujian terjadi penurunan nilai relatif humidity 8% pada kecepatan udara 0.8 m/s, 17% pada kecepatan udara 1.8 m/s, 20% pada kecepatan udara 0.8 m/s. Untuk periode yang sama regenerasi menunjukkan peningkatan kelembaban relatif.



Gambar 4. 2 Korelasi antara perubahan relatif humidity dan perubahan temperature pada variasi kecepatan aliran udara a) Inlet air b) Regeneration air

Gambar 4.2 Menunjukkan korelasi antara kelembaban relatif dan perubahan suhu udara sebelum dan sesudah melewati rotor desiccant baik di inlet air dan regeneration air. Korelasi antara perubahan kelembaban dan suhu relatif udara di inlet sebesar 0,93 dibandingkan 0,64 pada regenerasi air. Ini menunjukkan bahwa pengaruh salah satu faktor lainnya yaitu terjadi secara signifikan lebih besar pada inlet air daripada regenerasi air.



Gambar 4. 3 Grafik perubahan relatif Humidity terhadap waktu untuk Kecepatan rotasi tetap

Dari grafik perubahan relatif humidity diatas, akan di dapatkan kesimpulan bahawa semakin cepat kecepatan aliran udara yang di berikan oleh kipas angin akan semakin besar pula perubahan humidity yang terjadi.

Pada pengujian dessicant rotor dengan putaran tetap dan variasi kecepatan aliran udara, dalam kecepatan udara sebesar 0,8 m/s hasil yang diperoleh perubahan relatif humidity terbesar terjadi pada saat menit percobaan ke 10, yaitu dalam 10 menit memperoleh nilai 13%

Pada pengujian kecepatan aliran udara sebesar 1,8 m/s hasil yang diperoleh perubahan relatif humidity terbesar terjadi pada saat menit percobaan ke 10, yaitu dalam 10 menit memperoleh nilai 23%

Pada pengujian kecepatan aliran udara sebesar 4,2 m/s hasil yang diperoleh perubahan relatif humidity terbesar terjadi pada saat menit percobaan ke 10, yaitu dalam 10 menit memperoleh nilai 23%

Sehingga, pada pengujian dessicant rotor dengan putaran tetap dan variasi kecepatan supply udara dapat disimpulkan bahwa kemampuan dessicant rotor dalam kecepatan aliran udara sebesar 4.2 m/s mempunyai rata rata perubahan humidity yang paling besar yaitu 22.6 %.

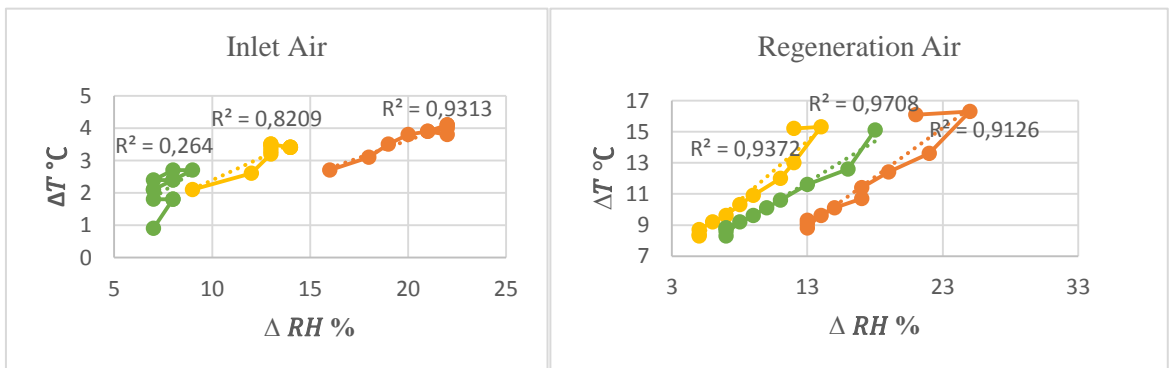
Selanjutnya, untuk memperoleh data atau hasil yang terbaik maka akan dikondisikan kembali kecepatan aliran udara dengan tetap, kecepatan rotasi dengan variasi.

Tabel 4. 3 Hasil Penelitian pada Variasi kecepatan rotasi Dessicant

Variasi pertama; $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $n = 0,083\text{ rps}$, $\bar{v} = 4,2\text{ m/s}$, $q_{water} = 0,000000725\text{ m}^3/\text{s}$								
Inlet Air Channel					Regeneration Air Channel			
Before Wheel			After Wheel		Before Wheel		After Wheel	
Time [s]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]
0	32,3	74	35	58	49,9	40	33,8	61
60	32,3	74	35,4	56	50	37	33,7	62
120	32,3	74	35,8	55	47,1	40	33,5	62
180	32,2	74	36	54	45,9	43	33,5	62
240	32,2	74	36,1	53	44,9	45	33,5	62
300	32,1	75	36,1	53	44,1	46	33,4	63
360	32,3	75	36,1	53	43,5	48	33,4	63
420	32,3	74	36,2	53	43	49	33,4	63
480	32,2	74	36,3	52	42,7	50	33,4	63
540	32,2	74	36,3	52	42,5	50	33,4	63
600	32,2	74	36,2	52	42,1	50	33,3	63
Variasi kedua; $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $n = 0,111\text{ rps}$, $\bar{v} = 4,2\text{ m/s}$, $q_{water} = 0,000002175\text{ m}^3/\text{s}$								
Inlet Air Channel					Regeneration Air Channel			
Before Wheel			After Wheel		Before Wheel		After Wheel	
Time [s]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]	Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Humidity [%rH]
0	33,8	55	35,9	46	50,1	35	34,9	47
60	33,7	56	36,3	44	50	33	34,7	47
120	33,7	56	36,9	43	47,7	35	34,7	47
180	33,7	56	37	43	46,7	36	34,7	47
240	33,6	56	37,1	43	45,5	38	34,6	47
300	33,7	56	37,1	43	44,9	39	34,6	47
360	33,6	56	37,1	43	44,2	40	34,6	47
420	33,7	56	37,1	42	43,8	41	34,6	47
480	33,7	56	37,1	42	43,3	42	34,6	47
540	33,7	56	37,1	42	43	42	34,6	47
600	33,7	56	37,1	42	42,9	43	34,6	48
Variasi ketiga; $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $n = 0,2\text{ rps}$, $\bar{v} = 4,2\text{ m/s}$, $q_{water} = 0,000000725\text{ m}^3/\text{s}$								
Inlet Air Channel					Regeneration Air Channel			
Before Wheel			After Wheel		Before Wheel		After Wheel	
	Temp.	Humidity	Temp.	Humidity	Temp.	Humidity	Temp.	Humidity

Time [s]	[°C]	[%rH]	[°C]	[%rH]	[°C]	[%rH]	[°C]	[%rH]
0	32,6	74	33,4	66	49,2	41	34,1	59
60	32,7	73	33,6	64	46,7	44	34,1	60
120	32,7	73	33,6	65	45,7	47	34,1	60
180	32,7	72	33,5	65	44,7	48	34,1	59
240	32,7	73	33,5	65	44,2	50	34,1	60
300	32,7	73	33,4	66	43,7	51	34,1	60
360	32,7	73	33,4	66	43,3	52	34,1	60
420	32,7	73	33,3	66	43	53	34,2	60
480	32,7	74	33,3	66	42,9	53	34,1	60
540	32,7	74	33,3	66	42,7	53	34,1	60
600	32,7	73	33	66	42,4	53	34,1	60

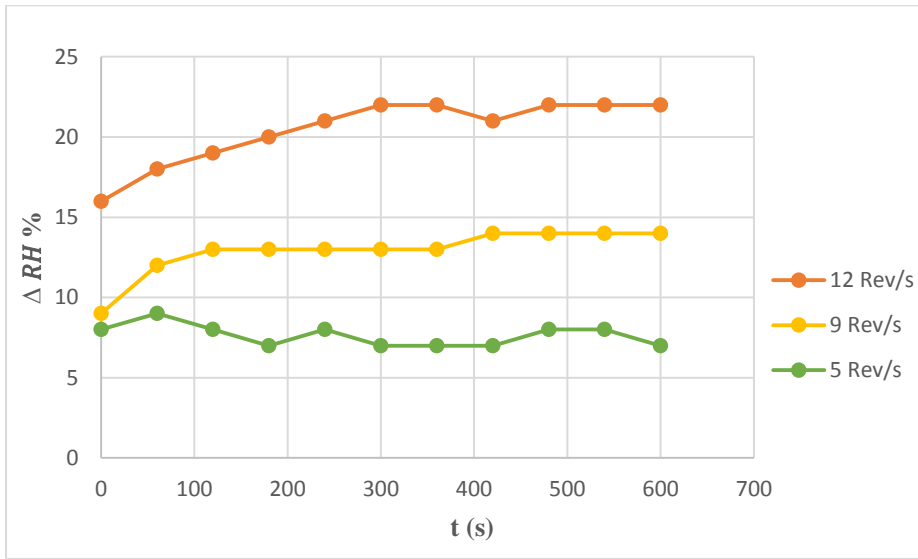
Dari analisis nilai nilai dalam tabel, ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik tentang desiccant rotari untuk mentransfer udara kering dari saluran satu ke saluran yang lain. Dalam pengujian, semakin lama waktu pengujian maka dari sisi inlet akan terlihat kenaikan nilai humidity dan temperatur. Untuk 3 menit pertama dalam pengujian terjadi penurunan nilai relatif humidity 7% pada kecepatan rotasi 5 rev/s, 12% pada kecepatan rotasi 9 rev/s, 13% pada kecepatan rotasi 12 rev/s . Untuk periode yang sama regenerasi menunjukkan peningkatan kelembaban relatif.



— Variasi Pertama — Variasi Kedua — Variasi Ketiga

Gambar 4. 4 Korelasi antara perubahan relatif humidity dan perubahan temperature pada variasi kecepatan rotasi desiccant a) Inlet air b) Regeneration air

Gambar 4.4 Menunjukkan korelasi antara kelembaban relatif dan perubahan suhu udara sebelum dan sesudah melewati rotor dessicant baik di inlet air dan regeneration air. Korelasi antara perubahan kelembaban dan suhu relatif udara di inlet sebesar 0,63 dibandingkan 0,93 pada regenerasi air. Ini menunjukkan bahwa pengaruh salah satu faktor lainnya yaitu terjadi secara signifikan lebih besar pada regenerasi air daripada inlet air.



Gambar 4. 5 Grafik perubahan relatif Humidity terhadap waktu untuk Kecepatan aliran udara tetap

Dari grafik perubahan relatif humidity diatas, akan di dapatkan kesimpulan bahwa semakin lambat kecepatan rotasi dessicant yang di berikan oleh motor penggerak akan semakin besar pula perubahan humidity yang terjadi.

Pada pengujian dessicant rotor dengan putaran tetap dan variasi kecepatan aliran udara, dalam kecepatan rotasi sebesar 0,083 rps hasil yang diperoleh perubahan relatif humidity terbesar terjadi pada saat menit percobaan ke 10, yaitu dalam 10 menit memperoleh nilai 22%

Pada pengujian kecepatan rotasi sebesar 0,111 rps hasil yang diperoleh perubahan relatif humidity terbesar terjadi pada saat menit percobaan ke 10, yaitu dalam 10 menit memperoleh nilai 23%

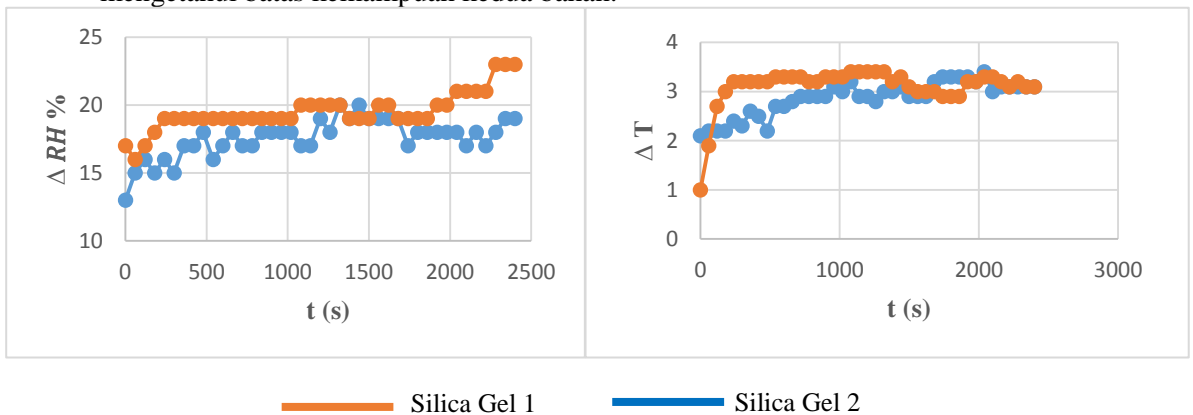
Pada pengujian kecepatan rotasi sebesar 0,2 rps hasil yang diperoleh perubahan relatif humidity terbesar terjadi pada saat menit percobaan ke 2, yaitu dalam 1 menit memperoleh nilai 9%

Sehingga, pada pengujian dessicant rotor dengan kecepatan aliran udara tetap dan variasi kecepatan rotasi dessicant dapat disimpulkan bahwa kemampuan dessicant rotor dalam kecepatan rotasi sebesar 12 rev/s mempunyai rata rata perubahan humidity yang paling besar yaitu 22.55%.

4.2 Penentuan performa terbaik Dessicant

Setelah melakukan beberapa pengujian dengan cara memvariasikan variabel bebas seperti kecepatan rotasi, kecepatan aliran udara, dan temperatur heater. Guna untuk mencari kemampuan terbaik dessicant di simpulkan bahwa dengan kecepatan aliran udara yang tinggi, dalam praktikum ini sebesar 4.2 m/s dengan kecepatan rotasi terendah yaitu 1/12 rev/s mempunyai nilai rata rata perubahan humidity terbesar. Karena pada penelitian ini menggunakan dua bahan silica gel, tentunya perlu dibandingkan pula performa kedua bahan ini.

Dalam menentukan performa kedua bahan silica gel yang akan di masukkan dalam rotor ini, maka pengambilan data diperpanjang dalam fungsi waktu, dikarenakan untuk mengetahui batas kemampuan kedua bahan.



Gambar 4. 6 Grafik perbandingan perubahan humidity dan temperature silica gel 1 dengan silica gel 2

Dari grafik perbandingan perubahan relatif humidity diatas dapat menunjukkan bahwa silica gel 1 mempunyai kemampuan menyerap kandungan air dalam udara yang lebih dibandingkan silica gel 2. Ditunjukkan dalam grafik untuk silica gel 1 memiliki perubahan humidity tertinggi sebesar 23% pada menit ke-40, dan pada silica gel 2 memiliki perubahan relatif humidity sebesar 20% pada menit ke-24. Untuk seluruh pengujian yang dilakukan, silica gel 1 mempunyai rata rata perubahan relatif humidity sebesar 20%, dan untuk silica gel 2 mempunyai rata rata perubahan relatif humidity sebesar 18%. Sehingga dalam perencanaan pengkondisian ruang palka kapal pelayaran rakyat ini, akan digunakan silica gel 1. Dapat dilihat dalam grafik untuk silica gel 1 mempunyai kemampuan untuk menaikkan temperatur setelah udara melewati dessicant sebesar 3,1 °C, kedua hal tersebut akan menjadi acuan dalam mengkondisikan udara pada kondisi yang sebenarnya.

4.2.1 Carry Over

$$c = \frac{\pi \cdot l \cdot f \cdot n \cdot r^2}{120 \cdot q_{air}} \times 100 \%$$

l = Tebal Rotor (0,12 m)

r = Jari Jari desiccant (0,2 m)

n = Putaran motor (12rev/s = 0,001389 rpm)

f = Porositas Motor (0,95-0,98)

q = Kapasitas Aliran (m^3/s)

$q_{air} = 0,12 \text{ m} \times 0,125 \text{ m} \times 4,2 \text{ m/s}$

$q_{air} = 0,063$

Maka nilai c

$$c = \frac{\pi \cdot 0,12 \text{ m} \cdot 0,98 \cdot 0,00139 \text{ rpm} \cdot (0,2 \text{ m})^2}{120 \cdot 0,063 \text{ m}^3/\text{s}} \times 100 \%$$

$c = 0,00027\%$

4.3 Data Kapal

4.3.1 Data Utama Kapal Pelayaran Rakyat

Nama Kapal : Harapan Indah

DWT : 171

LoA : 25,96 m

Lpp : 23,60 m

B : 6,00 m

T : 3,10 m

V : 8,33 Knot

GT : 102

4.3.2 Perhitungan Kapasitas Udara ruang muat

Berdasarkan keputusan Dirjen PELRA No. PY.67/1/16-02 yang berisikan tentang rumus untuk menghitung GT, yaitu :

$GT = 0,25 \times Vol$, sehingga :

$Vol = 102 / 0,25$

$$Vol = 408 \text{ m}^3$$

Total volume ruang muat kapal (*Vol*) adalah sebesar 408 m³/s, sehingga:

$$q_{air} = N \times Vol$$

Dimana :

$$q_{air} = \text{Kapasitas Aliran m}^3/\text{s}$$

$$Vol = \text{Volume ruang muat m}^3$$

$$N = \text{Air Change per hour (x/h)}$$

Nilainya mengacu pada rekomendasi kelas

Berdasarkan BKI Sec. 2 *Ventilation System on Board Seagoing Ships*, nilai *air change per hour* diatur dalam Tabel 4.4

Tabel 4. 4 *Ketentuan Umum Suplai udara di kapal*

<i>Ventilated Space</i>	<i>Air Change/hour Supply air</i>	<i>Air Change/hour Exhaust air</i>
<i>Paint store and flammable liquid locker</i>		10
<i>CO2 room</i>		6
<i>Separator space</i>		30
<i>Refrigerating machinery room</i>		30/40
<i>Livestock spaces</i>	20-30	
<i>Cargo Holds</i>		6/8
<i>Dangerous goods in package form</i>		6

Pada perencanaan ini nilai *air change/hour* diambil 6, Sehingga:

$$q_{air} = N \times Vol$$

$$q_{air} = 6/\text{h} \times 408 \text{ m}^3$$

$$q_{air} = 2448 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{air} = 0,68 \text{ m}^3/\text{s}$$

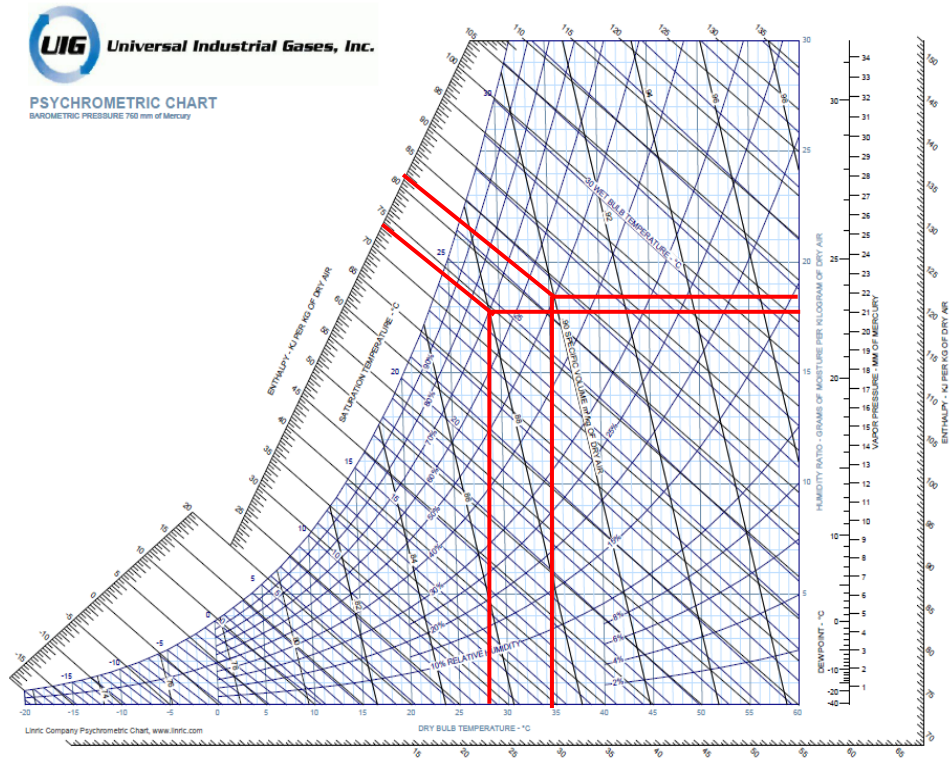
4.4 Penentuan Kondisi desain

Berdasarkan data Berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika yang diambil di seluruh stasiun yang ada di berbagai provinsi pada rentang waktu tahun 2019 bahwa udara luar untuk daerah tropis khususnya Indonesia memiliki rata-rata temperatur 28 C dengan 70% RH akan dikondisikan pada temperatur 29 C dengan 55% RH. Penentuan kondisi temperature dan kelembaban relatif berdasarkan standart penyimpanan muatan (beras, gula, tepung, dan lain lain) dalam ruang muat kapal. *Ratio humidity* pada kondisi udara luar akan dikondisikan hingga nilainya mendekati nilai yang ditentukan menggunakan *desiccant wheel*

Tabel 4. 5 Standart Temperature dan Kelembaban Relatif Penyimpanan Muatan Bahan Pokok

No	Nama Bahan Pokok	T (Maks)	RH (Maks)
1	Garam	37	55-56%
2	Beras	29-32	70%
3	Kacang	29-31	65%
4	Cabe		60-70%
5	Jagung	29	70-75%
6	Kopi	37	50-60%
7	Tea		60%
8	Bawang		65-75 %
9	Gula	43	65
10	Tepung		65

4.4.1 Tanpa Menggunakan Dessicant



Gambar 4. 7 Grafik Psikometri untuk Sistem tanpa Menggunakan Dessicant

Dari grafik psikometri, dapat diketahui :

$$h_1 = 74 \text{ kJ/kg}_{da}$$

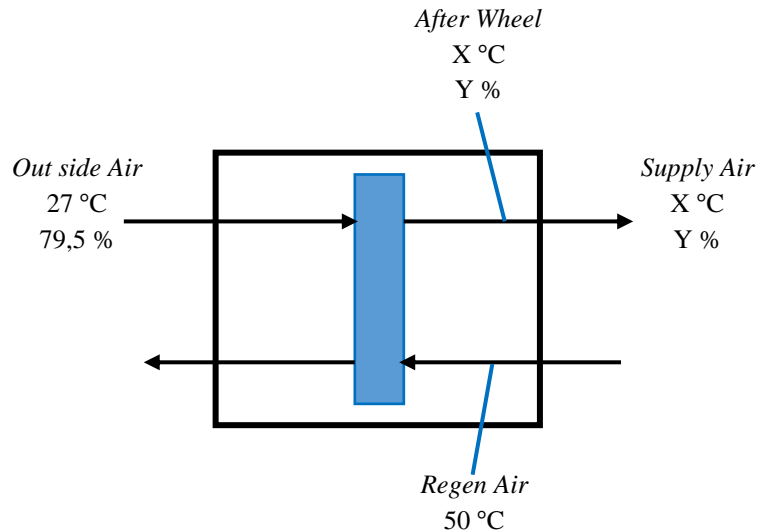
$$h_2 = 86 \text{ kJ/kg}_{da}$$

$$w_1 = 16 \text{ g}_w/ \text{ kg}_{da}$$

$$w_2 = 20 \text{ g}_w/ \text{ kg}_{da}$$

Dengan menggunakan *wheel desiccant*, *humidity ratio*, w_1 sebesar 16,5 $\text{g}_w/ \text{ kg}_{da}$ akan dikondisikan sampai nilainya mendekati w_2 sebesar 20 $\text{g}_w/ \text{ kg}_{da}$. Analisa Pengkondisian udara menggunakan Wheel Dessicant akan dilakukan dengan bantuan hasil eksperimen yang telah dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi wheel yang paling sesuai.

4.4.2 Menggunakan Rotor Dessiccant



Gambar 4. 8 Skema kerja rotor dessiccant

Aliran udara untuk proses dehumidifikasi dengan mengalirkan udara masuk ke *desiccant wheel*. *Desiccant wheel* berfungsi sebagai penyerap dari kelembaban relatif dari udara dari luar. Dalam menentukan kondisi udara yang akan dikondisikan dalam sistem *desiccant* ini menggunakan beberapa variable dan parameter desain pada hasil penelitian yang sudah dilakukan, berikut parameter yang digunakan :

Desiccant Wheel

Desiccant Process inlet :

$$q_{air} = 0,68 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\bar{v} = 4 \text{ m/s (direncanakan) ,}$$

Maka,

$$Lp = \frac{q_{air}}{\bar{v}} ; Lp \text{ adalah luas penampang rotor proses}$$

$$Lp = 0,68 \text{ m}^3/\text{h} / 4 \text{ m/s}$$

$$Lp = 0,17 \text{ m}^2$$

Mengacu pada hasil penelitian, luas penampang rotor proses adalah 11% dari luas rotor keseluruhan, Sehingga:

$$L = 0,17/ 11\% \text{ m}^2$$

$$L = 1,423 \text{ m}^2$$

Setelah mengetahui luas dari penampang rotor, maka selanjutnya mencari diameter dari rotor.

$$L = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{L}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{1,423 \text{ m}^2}{\pi}} = 0,7 \text{ m}$$

$$D = 1,4 \text{ m}$$

Kemudian selanjutnya mencari putaran rotasi pengoperasian yang tepat menggunakan metode *Carry Over*. Mengacu pada penelitian nilai c yang di dapat sebesar 0,00027 % , dengan tebal dessicant dan kecepatan aliran yang sama, Sehingga :

$$c = \frac{\pi \cdot l \cdot f \cdot n \cdot r^2}{120 \cdot q_{air}} \times 100 \%$$

$$0,00027 \% = \frac{\pi \cdot l \cdot f \cdot n \cdot r^2}{120 \cdot q_{air}}$$

$$0,00027 \% = \frac{\pi \cdot 0,12 \text{ m} \cdot 0,98 \cdot n \cdot (0,37 \text{ m})^2}{120 \cdot 0,68 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$n = 0,001365 \text{ rpm}$$

4.4.3 Merencanakan alat pemanas

Alat penyerap kelembaban udara yang digunakan pada sistem ini yaitu sebuah rotor, setelah menyerap kelembaban dari udara dessicant yang terdapat pada rotor akan mencapai titik jenuh sehingga perlu dipanaskan agar dessicant dapat menyerap kelembaban kembali.

Berdasarkan hasil proses dehumidifikasi (Fabriansyah, 2019), diketahui untuk heater dessicant wheel

Temperatur Udara : 29,8 °C = 302,8 K

Temperatur reaktivasi : 50 °C = 323 K

Kalor Spesifik (C_p) : 1,007 kJ/kgK

Density (ρ) : 1.119 kg/m³

Laju Aliran Massa (\dot{m}) : $q_{air} \times \rho = 0,68 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,119 \text{ kg/m}^3$
: 0,76 kg/s

Daya Pemanas (q_{heat}) : $\dot{m} \times C_p \times \Delta T$
: 0,76 kg/s \times 1,007 kJ/kgK (302,8-323)K
: 15,47 kW

4.4.4 Perencanaan Sistem pendingin

Berdasarkan hasil dari proses dehumidifikasi didapatkan temperature sebesar 31,1 °C dengan perubahan kelembaban relatif tertinggi sebesar 20 % menjadi adalah 50% Sedangkan dalam penentuan kondisi desain awal ruang muat harus dikondisikan sesuai temperature dan kelembaban relatif udara untuk penyimpanan bahan pokok yaitu temperature maksimal sebesar 35 °C dan kelembaban relatif udara sebesar 55% Dengan hasil dehumidifikasi yang melebihi kondisi desain awal maka diperlukan sistem pendingin untuk menurunkan temperature hasil dehumidifikasi yang berfungsi sebagai *air supply* dalam ruang muat kapal. Perencanaan sistem pendingin ini dilakukan dengan memanfaatkan air laut yang memiliki temperature rata-rata 30 °C.

4.4.5 Perhitungan cooling

Dalam menentukan desain dari sistem pendingin dapat dilakukan menggunakan perhitungan dari kesetimbangan energi yaitu $Q = m C_p \Delta T$ Dimana untuk temperature awal adalah 31,1 °C yang kemudian diturunkan ke temperature udara luar sebesar 29,8 °C

4.4.5.1 Perhitungan Kebutuhan daya pendingin

Berdasarkan proses dehumidifikasi, diketahui untuk kebutuhan sistem pendingin :

Temperatur Udara : 31,1°C = 304,1 K

Temperatur reaktivasi : 29,8 °C = 302,8 K

Kalor Spesifik (C_p) : 1,007 kJ/kgK

Density (ρ) : 1,149 kg/m³

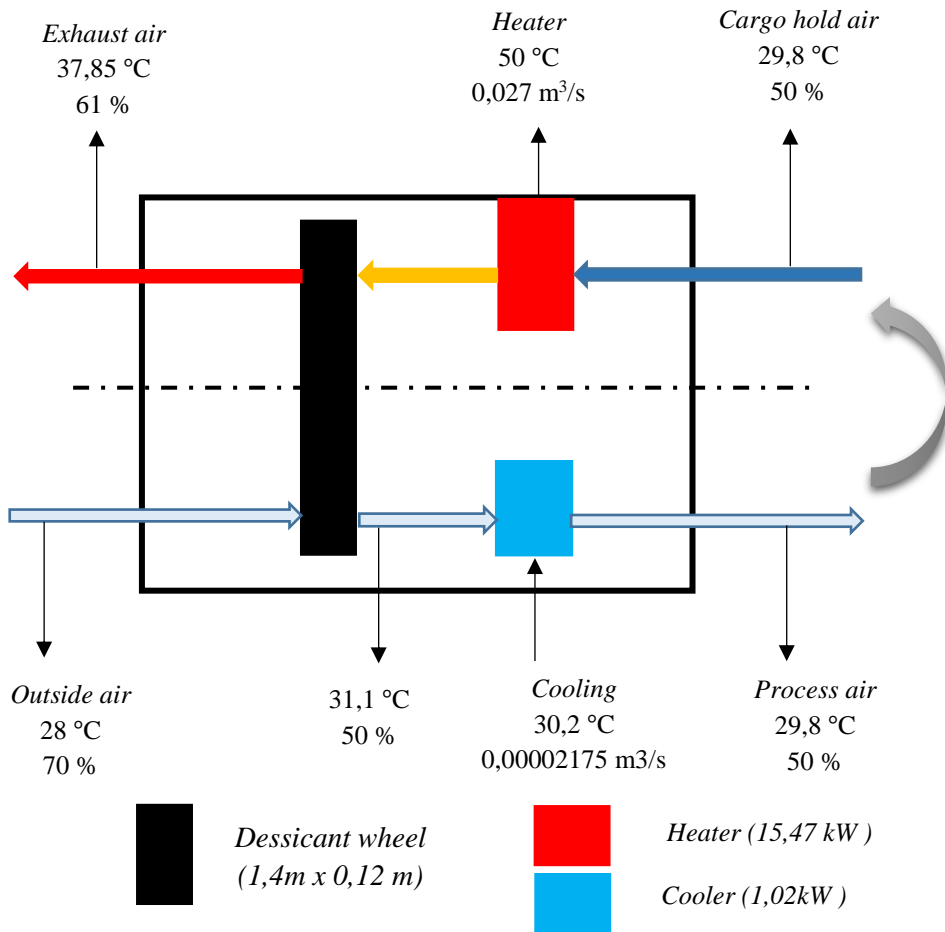
Laju Aliran Massa (\dot{m}) : $q_{air} \times \rho = 0,68 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,149 \text{ kg/m}^3$
: 0,78 kg/s

Daya Pemanas (q_{cool}) : $\dot{m} \times C_p \times \Delta T$

: $0,78 \text{ kg/s} \times 1,007 \text{ kJ/kgK} (304,1-302,8)\text{K}$

: 1,02 kW

4.6 Analisa Kondisi desain



Gambar 4. 9 Kondisi Desain pada rotor dessicant

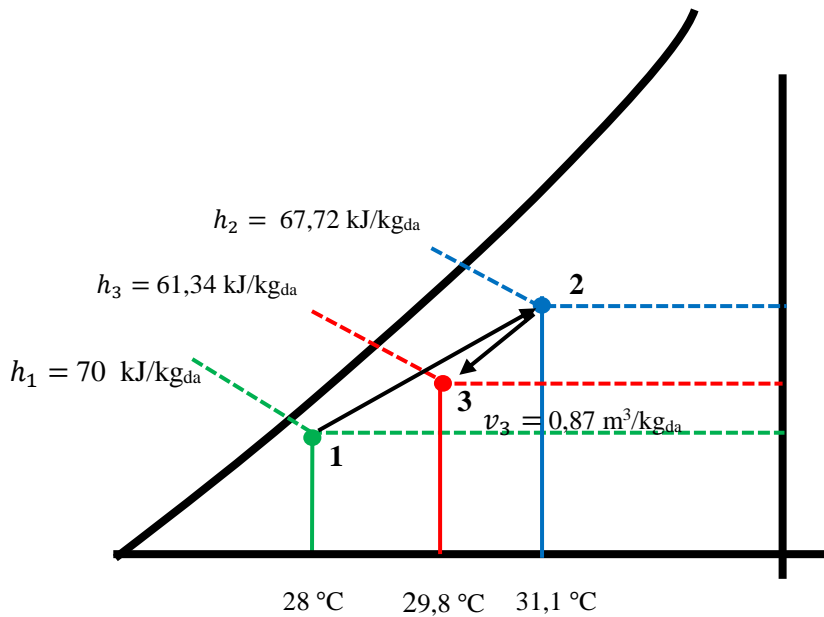
Kondisi desain pada *desiccant dehumidifier* mempunyai temperature udara masukan sebesar 28 °C dan kelembaban relatif sebesar 70 %. Setelah melewati desiccant wheel kelembaban relatif berkurang menjadi 50 % dan temperature naik menjadi 31,1 °C. Kemudian udara diturunkan temperature dengan menggunakan pendingin dengan kapasitas kW, Sehingga temperature dapat menjadi 29,8 °C.

Sedangkan untuk energi reaktivasi dari sistem *desiccant dehumidifier* menggunakan energi panas dari exhaust gas yang mempunyai kapasitas sebesar kW. Untuk kondisi dari energi reaktivasi memiliki temperature masukan sebesar 29,8 °C dengan kelembaban

relatif 50 %. Akan tetapi pada pemanas energi reaktivasi membutuhkan temperature sebesar 50 °C dengan daya pemanas kW.

4.6.1 Perhitungan daya panas

Setelah merencanakan alat penyerapan kelembaban, sistem pendingin, dan alat pemanas untuk dessicant, selanjutnya melakukan perhitungan kebutuhan beban panas, berdasarkan hasil penelitian dan kondisi sebenarnya, maka diketahui :



Gambar 4. 10 Skema Psychometric pada sistem rotor dessicant

Setelah diketahui nilai nilai enthalpy dan volume spesifik dalam proses penyerapan kelembaban pada rotor dessicant. Maka selanjutnya menghitung daya panas, sebagai berikut :

$$m_{da} = \frac{Q}{v}$$

$$m_{da} = 0,68 \text{ m}^3/\text{s} / 0,87 \text{ m}^3/\text{kg}_{da}$$

$$m_{da} = 0,78 \text{ kg}_{da}/\text{s}$$

Kemudian angka angka yang di dapat tersebut dimasukkan ke persamaan Q seperti :

$$Q = m_{da}(h_1 - h_3)$$

$$Q = 0,78 \text{ kg}_{da}/\text{s} \times (70-61,34) \text{ kJ}/\text{kg}_{da}$$

$$Q = 0,78 \text{ kg}_{\text{da}}/\text{s} \times 8,66 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{da}}$$

$$Q = 6,76 \text{ kJ}/\text{s}$$

$$Q = 6,76 \text{ kW}$$

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Hasil penelitian dan hasil analisa data perhitungan yang telah dilakukan guna merencanakan sistem ventilasi udara pada kapal pelayaran rakyat, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil penelitian diketahui bahwa hasil terbaik, yang merupakan perubahan relatif humidity terbesar terjadi pada kecepatan rotasi minimal sebesar 0,001389 rpm dan kecepatan suplai udara maksimal sebesar 4,2 m/s
2. Dari hasil perhitungan terhadap proses dehumidifikasi volume ruang muat kapal sebesar 408 m³ pada 6 *air change/hour* di dapatkan spesifikasi rotor dessicant dengan diameter 1400 mm, ketebalan 120 mm, kecepatan rotasi 0,1365 rpm
3. Rasio kelembaban udara pada temperatur 28 °C sebesar 70% dapat diturunkan sebanyak 20% menjadi 50% pada temperatur 31,1°C setelah melewati dessicant wheel.
4. Dari pengkondisian udara menggunakan dessicant kebutuhan daya sebesar 22,73 kW , yang berasal dari mesin pendingin 6,76 kW ditambah dengan mesin pemanas 15,47 kW beserta dengan komponen tambahan motor sebesar 0,5 kW sebagai penunjang rotor dessicant

5.2 Saran

1. Diperlukan adanya analisa dan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh kecepatan aliran udara dan rotasi pada dessicant rotor untuk mendapatkan perencanaan yang lebih optimal
2. Diperlukan adanya penelitian dengan metode numerik atau simulasi menggunakan software, guna menghasilkan perencanaan yang efisien
3. Diperlukan adanya analisa ekonomi untuk mengetahui estimasi biaya yang diperlukan untuk merencanakan sistem rotor dessicant yang digunakan pada kapal pelayaran rakyat.

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

1. Baheramsyah, Alam.Ariana Made,1998/1999,*Diktat pengaturan udara dan sistem pendingin (NE 1513)*. Fakultas Teknologi Kelautan,Institut Teknologi Sepuluh Nopember,Surabaya.
2. Fauzi, Hadits Shofar. 2016, *Desain Alternatif Sistem Ventilasi Udara pada Ruang Muat Kapal Pengangkut Ternak dengan Menggunakan Two-wheel Desiccant*. Fakultas Teknologi Kelautan,Institut Teknologi Sepuluh Nopember,Surabaya.
3. Wibowo,Prasetyo Adi. 2017,*Desain Sistem Ventilasi Udara Ruang Muat Kapal Pelayaran Rakyat dengan menggunakan Solar Dessicant*. Fakultas Teknologi Kelautan,Institut Teknologi Sepuluh Nopember,Surabaya.
4. Angrisani,Giovani. Minichiello,Francesco. 2012, *Experimental analysis on the dehumidification and thermal performance of a dessicant wheel*. Universita degli studi,Napoli,Italy.
5. Yadav,Avadhesh. V.K Bajpai. 2011,*Optimization of operating parameters of Dessicant Wheel for rotation Speed*. Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Kurukshetra,India
6. <https://www.cargohandbook.com>
7. C.P Aurora. 2009, *Refrigation and Air Conditioning*. Tata McGraw-Hill,New Delhi,India.

(Halaman sengaja dikosongkan)

Lampiran

TABLE A.4 Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure^a

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
Air, $M = 28.97$ kg/kmol							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	257	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.337	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.630
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.613
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.536
Ammonia (NH₃), $M = 17.03$ kg/kmol							
300	0.6894	2.158	101.5	14.7	24.7	16.6	0.887
320	0.6448	2.170	109	16.9	27.2	19.4	0.870
340	0.6059	2.192	116.5	19.2	29.3	22.1	0.872
360	0.5716	2.221	124	21.7	31.6	24.9	0.872
380	0.5410	2.254	131	24.2	34.0	27.9	0.869

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

Tabel hasil penelitian

Inlet Air Channel					Regeneration Air Channel			
Before Wheel		After Wheel			Before Wheel		After Wheel	
Time (s)	Temp. [°C]	Humidity [%rH]	Temp. [°C]	Humidity [%rH]	Temp. [°C]	Humidity [%rH]	Temp. [°C]	Humidity [%rH]
0	32,3	73	33,3	56	48,9	39	33,4	61
60	32,2	73	34,1	57	47,8	39	33,3	61
120	32,2	73	34,9	56	46,3	41	33,2	61
180	32,1	73	35,1	55	45,1	43	33,2	61
240	32,1	74	35,3	55	44,1	45	33,1	62
300	32,1	74	35,3	55	43,3	47	33,1	62
360	32,1	74	35,3	55	42,8	49	33,1	62
420	32,2	74	35,4	55	42,3	49	33,1	62
480	32,2	74	35,4	55	41,9	50	33,1	62
540	32,2	74	35,5	55	41,7	51	33,1	62
600	32,2	74	35,5	55	41,3	51	33,1	62
660	32,2	74	35,5	55	41,1	52	33,1	62
720	32,2	74	35,5	55	40,9	53	33,1	62
780	32,3	74	35,5	55	40,7	54	33,1	63
840	32,3	74	35,5	55	40,5	54	33,1	63
900	32,2	74	35,5	55	40,5	55	33,1	63
960	32,2	74	35,5	55	40,3	55	33,1	63
1020	32,2	74	35,5	55	40,1	55	33,1	63
1080	32,1	75	35,5	55	40	56	33	63
1140	32,1	75	35,5	55	40	56	33	64
1200	32,1	75	35,5	55	40	56	33	64
1260	32,1	75	35,5	55	39,9	56	33	64
1320	32	75	35,4	55	39,9	56	33	64
1380	32,1	75	35,3	56	39,9	56	33	64
1440	32	75	35,3	56	39,9	56	33	64
1500	32,1	75	35,2	56	39,8	57	33	64
1560	32,1	76	35,1	56	39,7	57	33	65
1620	32,1	76	35,1	56	39,7	57	33,1	65
1680	32,1	75	35,1	56	39,7	57	33,1	64
1740	32,1	75	35	56	39,7	57	33,1	64
1800	32,1	75	35	56	39,7	57	33,1	64
1860	32,1	75	35	56	39,7	57	33,1	64

1920	32,1	76	35,3	56	39,5	58	33,1	64
1980	32,1	76	35,3	56	39,9	58	33	64
2040	32	77	35,3	56	39,9	58	33	64
2100	32	77	35,3	56	39,4	58	32,9	65
2160	32	77	35,2	56	39,5	57	32,9	65
2220	32,1	77	35,2	56	39,5	57	32,9	65
2280	32	78	35,2	55	39,5	57	32,9	65
2340	32,1	78	35,2	55	39,5	58	33	65
2400	32,2	78	35,3	55	39,8	58	33,2	66

Model Sistem Pengkondisian Udara Ruang Palka Menggunakan Rotor Dessicant



BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak kesebelas dari sebelas bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 5 Oktober 1995 di Sampang-Madura, Jawa Timur. Pendidikan formal yang sudah ditempuh meliputi SDN Gunung sekar 6 Sampang, SMPN 1 Sampang, dan SMAN 1 Sampang dengan bidang studi Ilmu Pengetahuan Alam. Setelah itu penulis meneruskan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS pada tahun 2014 dan mengambil bidang studi Konversi Energi. Penulis kemudian melanjutkan studi S1 Lintas Jalur (LJ) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan pada tahun 2017. Penulis mengambil konsentrasi Tugas Akhir di bidang Marine Fluid Machinery System (MMS). Bagi pembaca yang ingin lebih mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi :

Email : m.izzulfadhok@gmail.com
No Hp : 085236447747
Twitter : @mizzulfadhok