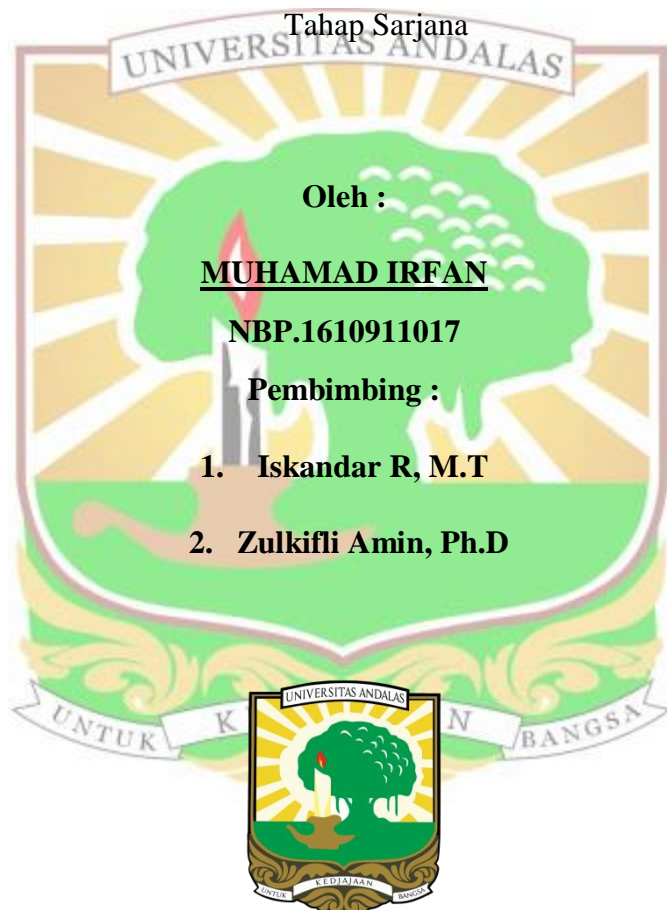


## TUGAS AKHIR

### PEMBUATAN KOLEKTOR SURYA PLAT DATAR TIPE *INTERNAL CHANNEL WALLS* SEBAGAI ALAT UNTUK PENGERINGAN DAGING BUAH KELAPA SEBAGAI BAHAN BAKU MINYAK KELAPA

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Pendidikan

Tahap Sarjana



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG, 2021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ANDALAS  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
Kampus Limau Manis, PADANG, 25163  
Telp. 0751 – 72564, 72564 Fax. 0751 - 72566

---

**PENETAPAN TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir ini diberikan kepada:

Nama : *Muhamad Irfan*  
NIM : *1610911017*  
Dosen Pembimbing : *1. Iskandar R., M.T*  
*2. Zulkifli Amin, Ph.D*  
Waktu Penyelesaian : *1 Tahun 4 Bulan*  
Judul Tugas Akhir : *Pembuatan Kolektor Surya Plat Datar Tipe Internal Channel Walls sebagai Alat untuk Pengeringan Daging Buah Kelapa sebagai Bahan Baku Minyak Kelapa*

Isi Tugas Akhir : *1. Studi Literatur kekurangan dari proses pengeringan daging buah kelapa secara konvensional*  
*2. Studi literatur karakteristik kolektor surya internal channel walls dan rak pengering*  
*3. Pembuatan dan assembly kolektor surya internal channel walls dengan rak pengering*  
*4. Analisa hasil perhitungan efisiensi kolektor surya serta penurunan massa kelapa selama proses pengeringan*  
*5. Kesimpulan dan Saran*

Padang, 20 Desember 2021

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Iskandar R., M.T  
NIP. 197007091995121001

Zulkifli Amin, Ph.D  
197101271997021001

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PEMBUATAN KOLEKTOR SURYA PLAT DATAR TIPE *INTERNAL CHANNEL WALLS* SEBAGAI ALAT UNTUK PENGERINGAN DAGING BUAH KELAPA SEBAGAI BAHAN BAKU MINYAK KELAPA**

Oleh:

**MUHAMAD IRFAN**

**NIM : 1610911017**

Padang, 20 Desember 2021

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Iskandar R., M.T

NIP. 197007091995121001

Zulkifli Amin, Ph.D

197101271997021001

Mengetahui

Ketua Prodi S1 Teknik Mesin

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Iskandar R., M.T

NIP. 197007091995121001



Devi Chandra, Ph.D

NIP. 197207202006041002

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhamad Irfan  
NBP : 1610911017  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul:

**“Pembuatan Kolektor Surya Plat Datar Tipe *Internal Channel Walls* Sebagai Alat Untuk Pengeringan Daging Buah Kelapa Sebagai Bahan Baku Minyak Kelapa”**

Benar bebas dari plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Padang, 17 November 2021

Mengetahui,

Pembimbing Utama Tugas Akhir



**Iskandar R., MT**  
NIP. 197007091995121001

Yang membuat pernyataan,



67C8AJX498524336

**Muhamad Irfan**  
NIM. 1610911017

## Abstract

Kelapa merupakan jenis palem yang paling terkenal dan jumlah populasinya yang paling banyak di wilayah yang beriklim tropis, salah satunya Indonesia. komoditi kelapa sawit, teh, karet, kakao, dan kelapa. Komoditi kelapa adalah salah satu komoditi perkebunan yang cukup besar yang diusahakan di Indonesia. Dengan adanya potensi yang sangat besar ini, maka pemanfaatan kelapa ini perlu ditingkatkan agar pendapatan petani juga meningkat. Ada banyak macam aneka olahan dari kelapa seperti *nata de coco*, kopra, gula kelapa, dan lain sebagainya. Kopra merupakan salah satu hasil olahan daging buah kelapa yang kemudian dikeringkan. Kopra merupakan salah satu turunan produk olahan kelapa yang sangat penting karena kopra merupakan bahan baku dari pembuatan minyak kelapa. Namun hingga saat ini ada beberapa kendala dalam masalah produksi kopra, dimana para petani kopra mayoritas hingga saat ini masih menggunakan metode konvensional dalam pengeringan buah kelapa yaitu dilakukan dengan cara pemanasan matahari langsung atau dengan menggunakan pengasapan. Namun dua metode ini mempunyai kelemahan dalam efisiensi waktu dan ramah lingkungan. Sehingga dibutuhkan suatu alat yang mampu mempercepat proses pengeringan dengan media kolektor surya *internal channel walls* dikombinasikan dengan ruang pengering tipe *tray dryer*

Pengeringan kelapa ini dimulai dengan membelah kelapa menjadi dua bagian terlebih dahulu. Kemudian kelapa dimasukkan kedalam ruang pengering yang terdiri dari tiga rak dengan masing masing rak diisi oleh setengah buah kelapa. Pengering ini memanfaatkan kolektor surya *internal channel walls* sebagai sumber panas, kemudian dihitung perbandingan massa antar proses pengeringan kolektor surya dengan pengeringan konvensional. Proses pengeringan ini dilakukan mulai dari pukul 9.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB.

Pada pengeringan singkong dengan menggunakan kolektor surya didapatkan jumlah penurunan massa sebesar 64 gram dengan laju pengeringan sebesar 0,3 gram/menit. Sedangkan untuk pengeringan normal didapatkan jumlah penurunan massa sebesar 41 gram dengan laju pengeringan sebesar 0,1333 gram/menit. dengan perbandingan penurunan massa dan laju pengeringan dapat disimpulkan bahwa pengeringan dengan kolektor surya *internal channel walls* lebih cepat dibandingkan dengan pengeringan konvensional.

*Kata Kunci :Pengeringan Kelapa, Kolektor Surya Internal Channel Walls dan Ruang pengering tipe Tray Dryer.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah atas limpahan rahmat beserta karunianya penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul **Pembuatan Kolektor Surya Plat Datar Tipe *Internal Channel Walls* sebagai Alat untuk Pengeringan Daging Buah Kelapa sebagai Bahan Baku Minyak Kelapa**. Dan shalawat beserta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW.

Ucapan terima kasih penulis dan penghargaan penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, serta seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan keberhasilan penulis. Pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Iskandar R, M.T selaku dosen pembimbing utama tugas akhir dan kepala Laboratorium Energi Terbarukan dan Surya.
2. Bapak Zulkifli Amin, Ph.D selaku pembimbing II tugas akhir.
3. Bapak/Ibu dosen dan Staf Akademik Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu dan sarana kepada penulis.
4. Teman-teman mahasiswa teknik mesin angkatan 2016 yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir, yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat, khususnya bagi lingkungan teknik mesin.

Padang, November 2021

Muhamad Irfan

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... ii

DAFTAR GAMBAR..... iv

DAFTAR TABEL ..... v

DAFTAR SIMBOL ..... vi

BAB 1 ..... 1

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.3 Manfaat ..... 3

1.4 Batasan Masalah..... 3

1.5 Sistematika Penulisan ..... 3

BAB II ..... 5

2.1 Pengeringan..... 5

2.2 Jenis-jenis Pengeringan..... 5

2.2.1 Pengeringan Alamiah ..... 5

2.2.2 Pengeringan Tak Langsung ..... 6

2.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi ..... 8

2.4 Kolektor Surya..... 9

2.5 Kolektor Udara Tipe Solar Sponge *Internal Channel Walls*.....13

2.6 Parameter Parameter Kolektor ..... 14

2.7 Pengeringan Kopra ..... 17

BAB III..... 19

3.1 Diagram Alir Penelitian ..... 19

3.2 Skema Alat ..... 21

3.3	Persiapan Pembuatan Kolektor dan Rak Pengering .....	22
3.3.1	Pembuatan Kolektor Surya Tipe <i>Internal Channels Walls</i> ...	22
3.3.2	Pembuatan Pengering Tipe Rak dan Turin ventilator .....	24
3.4	Alat Alat Ukur yang Digunakan .....	26
3.5	Parameter Penelitian.....	28
3.6	Prosedur pengujian .....	29
3.7	Tabel pengujian .....	30
3.8	perhitungan efisiensi kolektor .....	31
BAB IV	.....	34
4.1	Pendahuluan .....	34
4.2	Pengaruh Waktu Terhadap Intensitas Cahaya .....	34
4.3	Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur .....	35
4.4	Penurunan Massa Kelapa Selama Proses Pengeringan.....	36
4.5	Laju Pengeringan .....	37
4.6	Efisiensi Kolektor .....	38
BAB V	.....	40
5.1	Kesimpulan .....	40
5.2	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	.....	41
LAMPIRAN	.....	42



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> <i>Tray Dryer</i> .....	6
<b>Gambar 2.2</b> <i>Rotary Dryer</i> .....	7
<b>Gambar 2.3</b> <i>Spray Dryer</i> .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Kolektor surya pelat datar untuk pemanas udara.....	10
<b>Gambar 2.5</b> Kolektor Surya Plat Datar.....	11
<b>Gambar 2.6</b> kolektor surya jenis konsentrasi .....	12
<b>Gambar 2.7</b> <i>Evacuated Receiver</i> .....	13
<b>Gambar 2.8</b> Kolektor Solar <i>Sponge internal channel walls</i> .....	14
<b>Gambar 2.9</b> Keseimbangan energi pada kolektor.....	15
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian.....	19
<b>Gambar 3. 2</b> Desain Konstruksi Alat.....	21
<b>Gambar 3. 3</b> desain kolektor surya dan bagian-bagiannya.....	23
<b>Gambar 3. 4</b> desain ruang pengering tipe rak.....	25
<b>Gambar 3. 5</b> turbin ventilator .....	25
<b>Gambar 3. 6</b> solarimeter .....	26
<b>Gambar 3. 7</b> Termokopel.....	27
<b>Gambar 3. 8</b> Thermometer termokopel .....	27
<b>Gambar 3. 9</b> timbangan digital .....	28
<b>Gambar 3. 10</b> tachometer digital .....	28
<b>Gambar 4. 1</b> grafik pengaruh waktu terhadap intensitas cahaya matahari.....	34
<b>Gambar 4. 2</b> perubahan waktu terhadap temperatur.....	35
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Penurunan Massa Kelapa .....	36
<b>Gambar 4. 4</b> grafik laju pengeringan.....	38
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik efisiensi kolektor surya .....	39

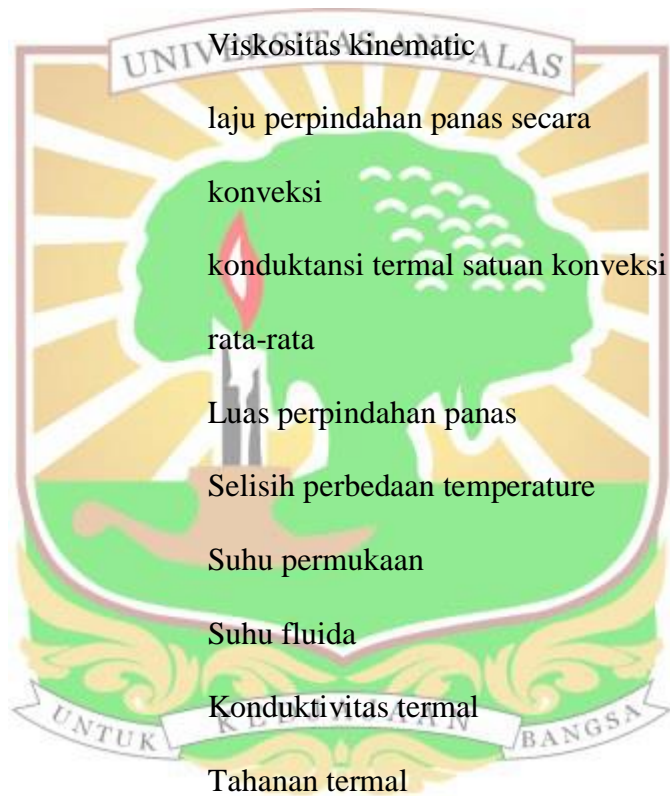
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Komponen utama kolektor udara tipe <i>Internal Channels Walls</i> .....	23
<b>Tabel 3. 2</b> Tabel pengujian.....	30
<b>Tabel 3. 3</b> hasil data perhitungan .....	31



## DAFTAR SIMBOL

<u>Lambang</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
$C$	Kecepatan Cahaya	m/s
$C_0$	Kecepatan Cahaya dalam Vakum	m/s
$n$	Indek <i>refrektion</i>	-
$\Lambda$	Panjang Gelombang	Nm
$V$	Viskositas kinematic	$m^2/s$
$q_c$	laju perpindahan panas secara konveksi	W/m
$h_c$	konduktansi termal satuan konveksi rata-rata	$W/m^2K$
$A$	Luas perpindahan panas	$m^2$
$\Delta T$	Selisih perbedaan temperature	K
$T_s$	Suhu permukaan	K
$T_\infty$	Suhu fluida	K
$K_c$	Konduktivitas termal	W/K
$R_c$	Tahanan termal	K/W
$E_b$	Kekuatan pancaran benda hitam	W
$\sigma$	Konstanta Stefan-Boltzman	$m^2K^4$
$\varepsilon$	Emisivitas	-
$T$	Transmisivitas	-
$A$	Absorbsivitas	-
$K_{eff,m}$	Koefisien Perpindahan Panas	$W/(m^{\circ}C)$



$T_a$	Temperatur Absorber	$^{\circ}\text{C}$
$A_k$	Luas Permukaan Kolektor	$\text{m}^2$
$E_{\text{glob}}$	Intensitas Cahaya	$\text{W}/\text{m}^2$
$Nu$	<i>Nusselt Number</i>	-
$C_p$	Koefisien panas spesifik tekanan kontan udara	$\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$
$K$	Koefisien perpindahan panas konduksi	$\text{W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$
$L_c$	<i>The Characteristic Length</i>	$\text{M}$
$A_s$	<i>Surface Area</i>	$\text{m}^2$
$T_{\text{abs}}$	Temperatur Absorber	$^{\circ}\text{C}$
$T_{\text{io}}$	Temperatur Masuk dan Keluar Kolektor	$^{\circ}\text{C}$
$T_o$	Temperatur keluar	$^{\circ}\text{C}$
$T_i$	Temperatur masuk	$^{\circ}\text{C}$



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Peningkatan dari penggunaan sumber daya energi dalam kehidupan sehari-hari merupakan efek samping dari pertumbuhan populasi manusia di permukaan bumi ini. Hingga pada masa ini penggunaan energi dengan bahan bakar fosil masih menjadi pilihan utama dalam memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, disamping itu ketersediaan bahan bakar fosil pada bumi semakin menipis. Dengan permasalahan akan keterbatasan energi tersebut perlu dikembangkan sumber energi alternatif sebagai solusi dari permasalahan yang tengah dialami pada saat ini. Penggunaan energi surya sebagai sumber energi alternatif adalah salah satu solusi yang terbaik untuk digunakan pada masa sekarang ini.

Energi surya merupakan energi yang bersumber dari matahari dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Energi matahari ini sangat ramah lingkungan karena energi ini tidak menghasilkan polusi bagi lingkungan dan ketersediaannya yang sangat melimpah. Kondisi ini sangat menguntungkan bagi negara-negara yang beriklim tropis seperti Indonesia, dimana Indonesia merupakan salah satu negara di permukaan bumi ini yang dilewati oleh garis khatulistiwa dengan intensitas penyinaran matahari yang melimpah sepanjang tahunnya. Dengan demikian pemanfaatan energi surya ini perlu dimaksimalkan. Salah satu media yang bisa digunakan dalam proses pemanfaatan energi surya ini adalah kolektor surya sebagai proses pengeringan. Proses pengeringan ini biasanya dilakukan untuk mengeringkan hasil pertanian seperti gabah, biji cokelat, kelapa, dan sebagainya[1].

Kelapa merupakan jenis palem yang paling terkenal dan jumlah populasinya yang paling banyak di wilayah yang beriklim tropis, salah satunya Indonesia. komoditi kelapa sawit, teh, karet, kakao, dan kelapa. Komoditi kelapa adalah salah satu komoditi perkebunan yang cukup besar yang diusahakan di Indonesia. Pertanaman kelapa di Indonesia merupakan yang terluas di dunia dengan pangsa 31,2% dari total luas areal kelapa dunia. Peringkat kedua diduduki

Filipina (pangsa 25,8%), disusul India (pangsa 16,0%), Sri Lanka (pangsa 3,7%), dan Thailand (pangsa 3,1%). Namun demikian, dari segi produksi ternyata Indonesia hanya menduduki posisi ke dua setelah Philipina. Ragam produk dan devisa yang dihasilkan Indonesia juga di bawah India dan Sri Lanka. Perolehan devisa dari produk kelapa mencapai 229 juta US\$ atau 11% dari ekspor produk kelapa dunia pada tahun 2003[2].

Dengan adanya potensi yang sangat besar ini, maka pemanfaatan kelapa ini perlu ditingkatkan agar pendapatan petani juga meningkat. Ada banyak macam aneka olahan dari kelapa seperti *nata de coco*, kopra, gula kelapa, dan lain sebagainya.

Kopra merupakan salah satu hasil olahan daging buah kelapa yang kemudian dikeringkan. Kopra merupakan salah satu turunan produk olahan kelapa yang sangat penting karena kopra merupakan bahan baku dari pembuatan minyak kelapa. Namun hingga saat ini ada beberapa kendala dalam masalah produksi kopra, dimana para petani kopra mayoritas hingga saat ini masih menggunakan metode konvensional dalam pengeringan buah kelapa yaitu dilakukan dengan cara pemanasan matahari langsung atau dengan menggunakan pengasapan. Kelemahan dari produksi kopra secara konvensional ini yang pertama adalah proses konvensional ini masih bergantung dengan kondisi cuaca, dimana pada musim hujan proses pengeringan tidak dapat dilakukan dan permasalahan yang kedua adalah karena kopra dijemur di lingkungan terbuka maka produk kopra tersebut lebih mudah dihindangi oleh jamur, hal ini sendiri berpengaruh terhadap kualitas dan harga jual dari produk itu sendiri.

Dari permasalahan diatas yang dialami oleh petani tersebut dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama dari proses produksi kopra ini adalah dalam proses pengeringan. Sebagai salah satu solusi dari permasalahan tersebut maka dibuatlah alat pengering dengan menggunakan kolektor udara tipe *Internal Channel Walls* dengan ruang pengering berupa oven dan *blower* sebagai alat untuk mendistribusikan panas yang akan dimanfaatkan untuk pengeringan nantinya.

Pemanfaatan dari kolektor udara dengan ruang pengeringan berupa oven ini diharapkan mampu menjadi solusi permasalahan petani dalam proses pengeringan daging buah kelapa.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah

1. Membuat kolektor udara tipe *internal channel walls* sebagai alat untuk pengeringan kopra.
2. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi kinerja dari kolektor dan pengering rak.
3. Mengetahui waktu optimum untuk kualitas produksi kopra.

## 1.3 Manfaat

Alat ini dirancang dan dibuat agar dapat digunakan sebagai solusi bagi masyarakat untuk membantu proses pengeringan dan mendapatkan kualitas produk yang lebih baik.

## 1.4 Batasan Masalah

1. Pengujian menggunakan daging buah kelapa yang siap untuk dikeringkan.
2. Durasi pengujian dilakukan mulai dari pukul 09.00 – 16.00 WIB.
3. Pengujian menentukan waktu optimum untuk mencapai hasil produk produksi yang lebih baik.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan sistematika berikut;

Pada bagian bab awal yaitu bab I berupa pendahuluan dari kajian penelitian ini. Pada bagian ini berisi tentang latar belakang dari penulisan, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika dari penulisan tugas akhir ini.

Selanjutnya pada bagian bab II yaitu berisi mengenai tinjauan pustaka dari penelitian ini. Pada kajian pustaka ini berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

Pada bagian bab III merupakan bagian metodologi dari penulisan penelitian ini. Pada bagian bab ini berisi tentang sistematika penelitian yang dilampirkan dalam bentuk diagram alir, peralatan dan bahan yang digunakan, desain konstruksi dari alat yang digunakan, alat-alat ukur yang digunakan, serta prosedur dan pengolahan data penelitian pengeringan kopra.

Pada bab IV merupakan bagian mengenai hasil data dan pembahasan. Pada bagian ini menjelaskan mengenai data data yang didapatkan selama melakukan penelitian, serta menganalisa data-data berupa tabel dan grafik.

Pada bab V merupakan bagian penutup dari laporan. Pada bagian ini menjelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang menunjang agar alat yang dirancang dapat lebih baik untuk pengujian selanjutnya.





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengerinan**

Pengerinan merupakan proses perpindahan panas guna menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari bahan yang dikeringkan oleh media pengering yang berupa panas, dengan tujuan agar kandungan air pada bahan yang dikeringkan dapat dikurangi sampai dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan menjadi terhambat dan terhenti. Dengan demikian bahan dapat mempunyai waktu simpan yang lebih lama.

Alasan yang mendukung untuk pengeringan menghambat pertumbuhan mikroorganisme adalah untuk mempertahankan mutu produk terhadap perubahan fisik dan kimiawi yang ditentukan oleh perubahan kadar air, mengurangi biaya penyimpanan, pengemasan dan transportasi, untuk mempersiapkan produk kering yang akan dilakukan pada tahap berikutnya, menghilangkan kadar air yang ditambahkan akibat selama proses sebelumnya, memperpanjang umur simpan dan memperbaiki kegagalan produk. Produk kering dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk baru[1].

Beberapa keuntungan dari proses pengeringan ini antara lain[3]:

1. Mengurangi kerusakan dan pembusukan produk.
2. Mengurangi biaya pengemasan dan kebutuhan pendinginan.
3. Biaya transportasi dan penyimpanan lebih murah.
4. Menjamin ketersediaan produk yang bersifat musiman.

#### **2.2 Jenis-jenis Pengerinan**

##### **2.2.1 Pengerinan Alamiah**

Pengerinan alamiah ini merupakan pengeringan yang dilakukan dengan memanfaatkan radiasi panas matahari secara langsung.

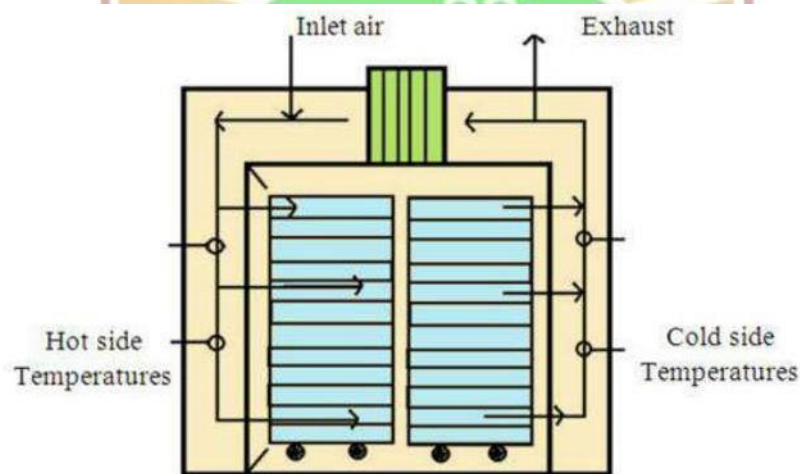
### 2.2.2 Pengeringan Tak Langsung

Pengeringan tak langsung merupakan pengeringan yang memanfaatkan media lain sebagai energi dari sumber panas.

Proses ini menggunakan beberapa jenis alat pengering seperti *tray dryer*, *rotary dryer*, *spray dryer*, dan *freeze dryer*

#### 1. Tray Dryer

*Tray dryer* digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan yang tidak boleh diaduk saat pengeringan, sehingga didapatkan hasil berupa zat padat yang kering. Tray dryer sering digunakan untuk laju produksi dalam skala yang kecil[4]. Dapat dilihat pada **Gambar 2.1**

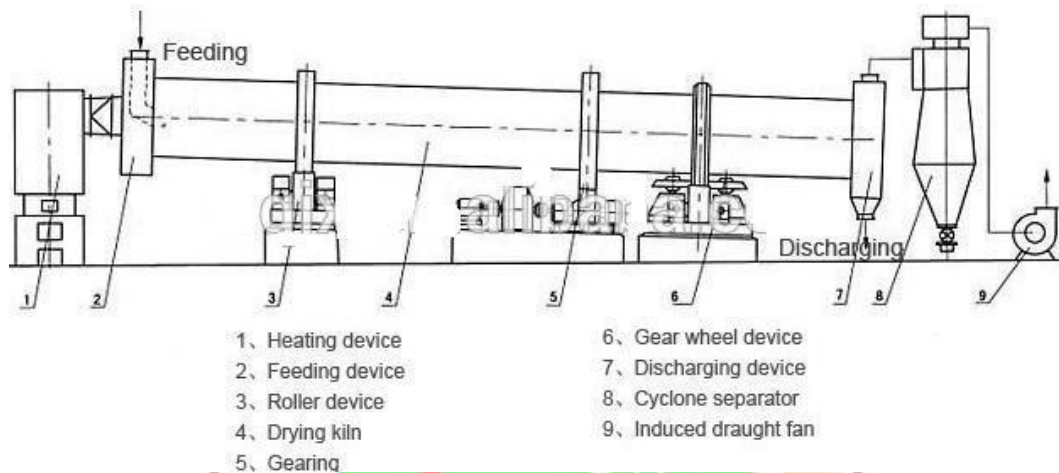


**Gambar 2.1** Tray Dryer[4]

. Prinsip kerja pengering *tray dryer* yaitu dapat beroperasi dalam keadaan vakum dan dengan pemanasan tak langsung. Uap dari zat padat dikeluarkan dengan ejector atau pompa vakum. Pengeringan zat padat memerlukan waktu sangat lama dan siklus pengeringan panjang yaitu 4-8 jam per tumpak. Selain itu dapat juga digunakan sirkulasi tembus, tetapi tidak ekonomis karena pemendekan siklus pengeringan tidak akan mengurangi biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap tumpak[4].

#### 2. Rotary Dryer

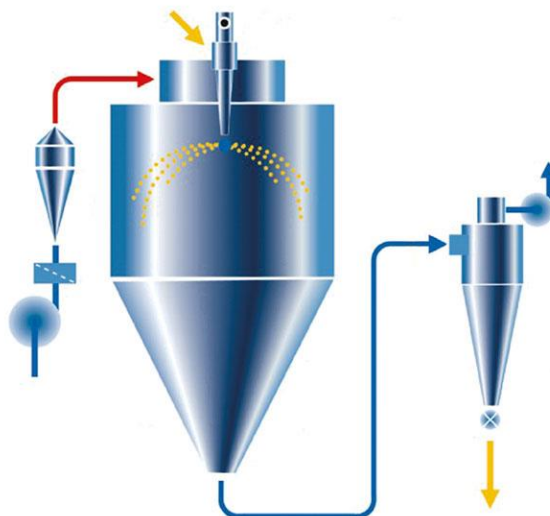
*Rotary dryer* merupakan suatu alat pengering yang berbentuk silinder dan bergerak secara berputar. Pada alat *rotary dryer*, panas diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar. Skema alat *rotary dryer* dapat dilihat pada **Gambar 2.2**[4]



**Gambar 2.2** Rotary Dryer[4]

### 3. *Spray dryer*

*Spray dryer* digunakan untuk menguapkan dan mengeringkan larutan dan bubuk hingga kering. Hasil produk berupa zat padat yang kering. *Spray dryer* diperlihatkan pada **Gambar 2.3**[4]



**Gambar 2.3** Spray Dryer[4]

#### 4. Freeze Dryer

*Freeze Dryer* merupakan suatu alat pengeringan yang termasuk ke dalam *Conduction Dryer/Indirect Dryer* karena proses perpindahan terjadi secara tidak langsung yaitu antara bahan yang akan dikeringkan (bahan basah) dan media pemanas terdapat dinding pembatas sehingga air dalam bahan basah/lembab yang menguap tidak terbawa bersama media pemanas[4].

#### 2.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Radiasi merupakan proses perpindahan panas yang terjadi dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah, tanpa melalui media penghantar panas.

Pada saat mencapai permukaan lain foton yang diradiasikan diserap oleh (absorpsi), dipantulkan (refleksi), atau diteruskan melalui permukaan. Fraksi yang dipantulkan dinamakan dengan reflektivitas ( $\rho$ ), fraksi yang diserap absorptivitas ( $\alpha$ ), dan fraksi yang diteruskan dinamakan transmisivitas ( $\tau$ ). Dimana untuk jumlah fraksi total nya adalah sama dengan 1, maka berlaku persamaan (2.1) berikut[5]:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (2.1)$$

Dimana energi yang diradiasikan dari suatu permukaan ditentukan dalam bentuk daya pancar (*emissive power*) yang secara termodinamika dapat dibuktikan bahwa daya pancar tersebut sebanding dengan pangkat empat suhu absolutnya. Untuk radiator ideal biasanya berupa benda hitam, dengan daya pancar  $E_b$  sebesar[6]:

$$E_b = \sigma \cdot T^4 \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) dikenal dengan hukum Stefan-Boltzman, dimana;

$\sigma$  = konstanta Stefan-Boltzman ( $\sigma = 5,6697 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$ )

Emisivitas ( $\epsilon$ ) benda adalah perbandingan daya pancar nyata  $E$  terhadap daya pancar benda hitam  $E_b$  pada temperatur sama dengan absorptivitas benda itu. Maka persamaan emisivitas  $\epsilon$  benda dinyatakan dalam persamaan (2.3) berikut[5]:

$$\varepsilon = \frac{E}{E_b} \quad (2.3)$$

Perpindahan panas pada konduksi, konveksi, radiasi yang terjadi secara bersamaan dapat disederhanakan. Jika perpindahan panas radiasi dinyatakan dengan suatu hantaran radiasi dengan persamaan (2.4) berikut[6]:

$$Q = h_{ri} \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \quad (2.4)$$

Dengan  $h_{ri}$  adalah koefisien perpindahan panas ekuivalen radiasi. Jika persamaan ini dibandingkan dengan persamaan (2.5), maka  $h_{ri}$  dapat dinyatakan sebagai berikut[7]:

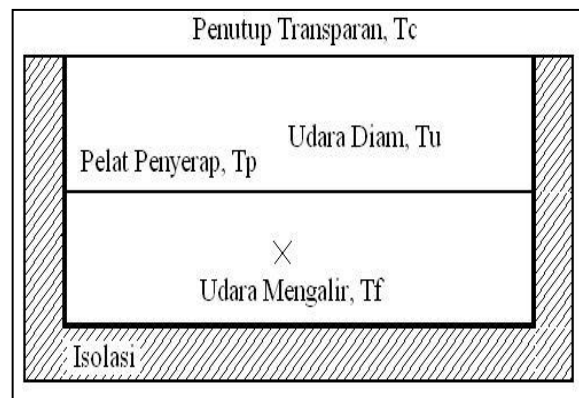
$$h_{ri} = \frac{\varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_C^4 - T_{langit}^4)}{T_C - T_{langit}} \quad (2.5)$$

## 2.4 Kolektor Surya

Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa *absorber* pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna berbagai aplikasi. Radiasi matahari dapat diproses dalam panjang gelombang mulai dari 0,29  $\mu\text{m}$  – 2,5  $\mu\text{m}$ . Kolektor surya merubah radiasi matahari yang terkonsentrasi kedalam panas. Kolektor menggunakan radiasi langsung dan difusi yang kemudian umumnya tidak meneruskan cahaya tersebut. Umumnya kolektor bekerja dalam temperatur dibawah 150°C[8].

Berdasarkan klasifikasi geometri dan *receiver* kolektor surya dibagi menjadi tiga jenis yaitu;

### a. Flat-Plate Collectors



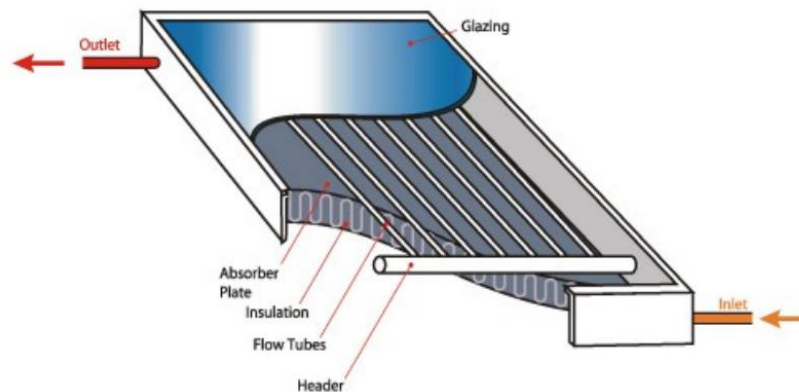
**Gambar 2.4** Kolektor surya pelat datar untuk pemanas udara[8].

Kolektor surya merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memanaskan fluida kerja yang mengalir kedalamnya dengan mengkonversikan energy radiasi matahari menjadi panas. Fluida yang dipanaskan berupa cairan minyak , oli, dan udara kolektor surya plat datar mempunyai temperatur keluaran dibawah  $95^{\circ}\text{C}$ [9]. dalam aplikasinya kolektor plat datar digunakan untuk memanaskan udara dan air.

Keuntungan utama dari sebuah kolektor surya plat datar adalah bahwa memanfaatkan kedua komponen radiasi matahari yaitu melalui sorotan langsung dan sebaran, tidak memerlukan tracking matahari dan juga karena desainnya yang sederhana, hanya sedikit memerlukan perawatan dan biaya pembuatan yang murah. Pada umumnya kolektor jenis ini digunakan untuk memanaskan ruangan dalam rumah, pengkondisian udara, dan proses-proses pemanasan dalam industri[6].

Tipe ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperatur di bawah  $100^{\circ}\text{C}$ . Spesifikasi tipe ini dapat dilihat dari absorber-nya yang berupa plat datar yang terbuat dari material dengan konduktivitas termal tinggi, dan dilapisi dengan cat berwarna hitam. Kolektor pelat datar memanfaatkan radiasi matahari langsung dan terpencar ( *beam* dan *diffuse* ), tidak membutuhkan pelacak matahari, dan hanya membutuhkan sedikit perawatan. Aplikasi umum kolektor tipe ini antara lain digunakan untuk pemanas air, pemanas gedung, pengkondisian udara, dan proses panas industri. Komponen penunjang yang terdapat pada kolektor pelat datar antara lain; transparent cover, absorber, insulasi, dan kerangka[6].

Kolektor surya plat datar ini terdiri dari lima komponen utama seperti pada **Gambar 2.5**



**Gambar 2.5** Kolektor Surya Plat Datar[8]

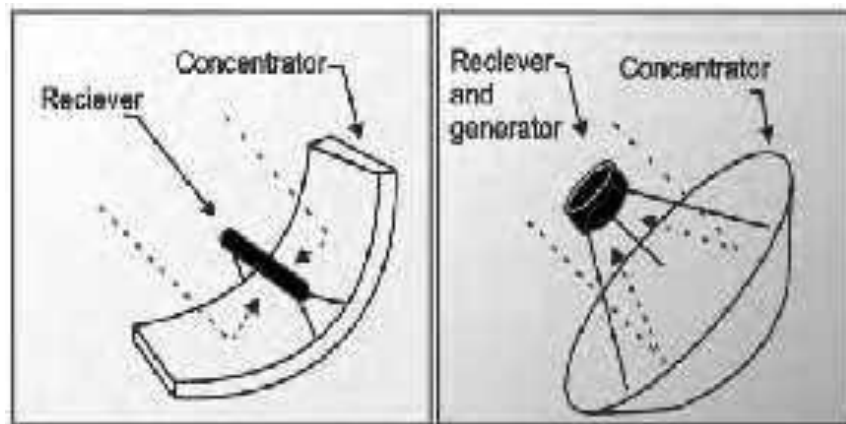
Komponen kolektor pemanas air tenaga surya panel datar[8]:

1. Absorber Logam, berfungsi untuk menyerap panas dari radiasi cahaya matahari.
2. *Glasing* (kaca), berfungsi untuk menyimpan energy panas berdasarkan efek rumah kaca.
3. Rangka (*frame*), berfungsi sebagai struktur pembentuk dan penahan beban kolektor
4. Isolasi (*isolator*), berfungsi meminimalisasi kehilangan panas secara konduksi dari absorber menuju lingkungan
5. Inlet cairan transfer panas (kanal), berfungsi sebagai saluran transmisi fluida kerja.

#### b. Concentrating Collector

Jenis ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperature antara  $100^{\circ} - 400^{\circ}\text{C}$ . Kolektor surya jenis ini mampu memfokuskan energi radiasi cahaya matahari pada suatu *receiver*, sehingga dapat meningkatkan kuantitas energi panas yang diserap oleh *absorber*. Spesifikasi jenis ini dapat dikenali dari adanya komponen konsentrator yang terbuat dari material dengan transmisivitas tinggi. Berdasarkan komponen absorber-nya jenis ini dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu *Line Focus* dan *Point Focus*[6].

Bentuk konstruksi dari kolektor *concentrating* ini dapat dilihat pada **Gambar 2.6**



**Gambar 2.6**

**Gambar 2.6** kolektor surya jenis konsentrasi[6]

Seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 2.4** diatas, kolektor surya terdiri dari dua buah komponen utama yaitu concentrator dan receiver.

1. Concentrator, merupakan bagian yang berfungsi sebagai alat untuk memfokuskan radiasi matahari.
2. Receiver, merupakan bagian yang berfungsi untuk menerima cahaya matahari.

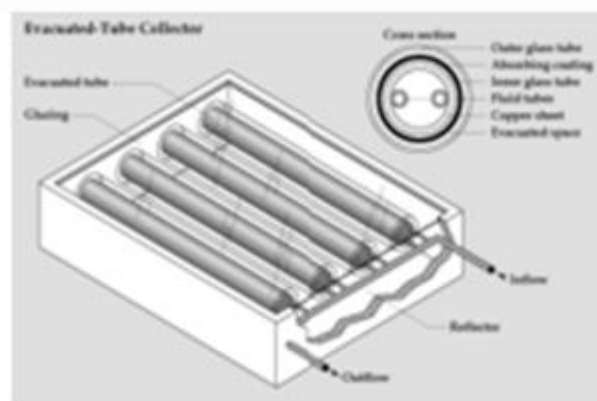
Agar cahaya matahari selalu dapat difokuskan terhadap tabung *absorber*, *concentrator* harus dirotasi. Pergerakan ini disebut dengan *tracking*. Temperatur fluida melebihi  $400^{\circ}\text{C}$  dapat dicapai pada sistem kolektor ini[6].

### c. *Evacuated Tube Collectors*

Jenis ini dirancang untuk menghasilkan energi panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua jenis kolektor surya sebelumnya. Keistimewaannya terletak pada efisiensi transfer panasnya yang tinggi tetapi faktor kehilangan panasnya yang relatif rendah. Hal ini dikarenakan fluida yang terjebak diantara absorber dan cover-nya dikondisikan dalam keadaan vakum, sehingga mampu meminimalisasi kehilangan panas yang terjadi secara konveksi dari permukaan luar absorber menuju lingkungan[6].

Bentuk konstruksi dari *evacuated tube* ini dapat dilihat dari **Gambar 2.7**





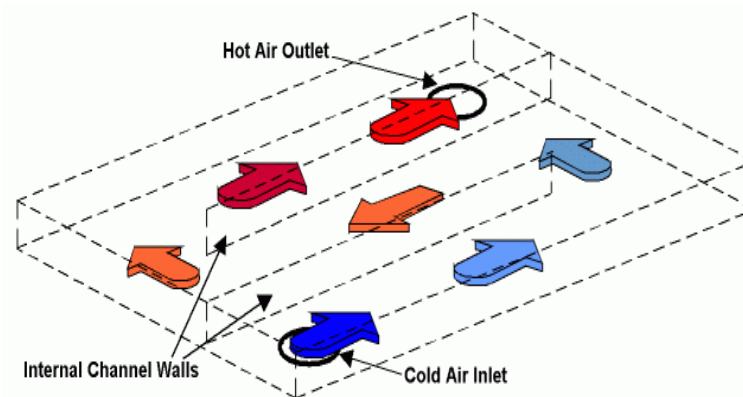
**Gambar 2.7** Evacuated Receiver[6]

Hasil optimasi perhitungan biaya minimum dari mesin pengering yang terdiri kolektor surya, bak pengering dan kipas pengangkut udara panas dengan menggunakan metoda pengali Lagrange menunjukkan bahwa biaya komponen terbesar adalah kolektor surya, di ikuti bak pengering dan yang paling kecil adalah kipas pengangkut udara panas. Karena itu hasil penelitian merekomendasikan untuk menggabungkan kolektor surya dengan ruang pengering agar biaya konstruksinya secara drastis dapat dikurangi[6].

### 2.5 Kolektor Udara Tipe *Solar Sponge Internal Channel Walls*

Kolektor ini termasuk kolektor jenis plat datar dengan menggunakan media udara sebagai media penghantar panasnya. Kolektor terdiri dari cover yang terbuat dari *footglass* dengan menggunakan lapisan tipis *poly carbonate* (<1m), lapisan tipis *poly carbonate* mempunyai transmissive sekitar 90%. Hal ini sangat penting dikarenakan untuk membuat aliran panjang udara pada kolektor, dan juga udara masuk dari bawah kolektor dan keluar diatas kolektor. Udara panas meningkat dan efisiensi meningkat. Solar sponge didesain dengan bentuk segiempat dengan panjang horizontal[10].

Bentuk dari kolektor *Solar Sponge internal channel walls* dapat dilihat pada **Gambar 2.8**



**Gambar 2.8** Kolektor *Solar Sponge* internal channel walls[10]

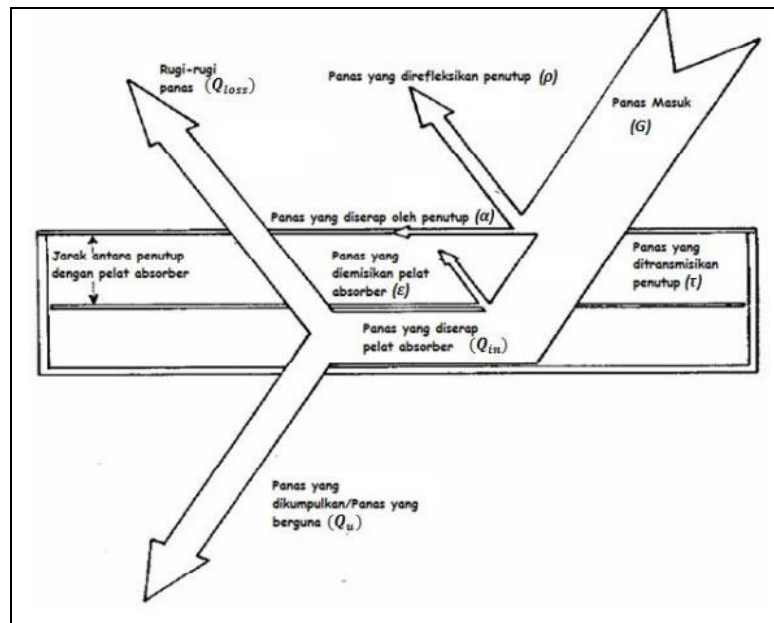
Lubang masuk udara terletak pada bagian bawah dan lubang keluar udara terletak pada bagian atas. Internal channels ditambahkan untuk membuat aliran udara menyerupai ular sepanjang kolektor. Dengan panjang kolektor 1,5 m, ini sama dengan panjang aliran udara dalam kolektor dan cukup untuk mengambil panas[10].

## 2.6 Parameter Parameter Kolektor

Pada kolektor surya terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja dari kolektor surya. Parameter-parameter tersebut antara lain;

### 2.6.1 Keseimbangan Energi Pada Kolektor

Keseimbangan energi pada kolektor ditentukan berdasarkan persamaan energi dimana energi yang masuk ke kolektor sama dengan energi yang keluar dari kolektor seperti yang terlihat dari **Gambar 2.7** [11].



Gambar 2.9 Keseimbangan energi pada kolektor[11]

$$Q_{in} = Q_{use} + Q_{loss} + \Delta U \quad [12] \quad (2.6)$$

Jika ditinjau dari keadaan stedi, maka  $\Delta U$  bernilai = 0, sehingga menjadi[12]:

$$Q_{in} = Q_{use} + Q_{loss} \quad (2.7)$$

Dari keseimbangan energi tersebut, dapat ditentukan besar dari efisiensi kolektor dari besarnya energi yang digunakan dibandingkan terhadap energi global dari matahari yang diterima kolektor dengan persamaan 2.8 [12].

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{Q_{use}}{Q_{in}} \quad (2.8)$$

### 2.6.2 Panas Pada Kolektor

Ditinjau dari keseimbangan energi, energi yang digunakan pada kolektor surya adalah energi yang diterima oleh absorber dikurangi dengan kerugian panas ke lingkungan dengan persamaan 2.9 dan persamaan 2.10[12]:

$$Q_{use} = Q_{in} - Q_{loss} \quad (2.9)$$

$$Q_{use} = E_{glob} \cdot A_k \cdot \tau \cdot \alpha - k_{eff,m} \cdot A_k (T_{in} - T_a) \quad (2.10)$$

Panas yang diserap kolektor dipengaruhi oleh harga transmisivitas ( $\tau$ ) kaca penutup, harga absorptivitas ( $\alpha$ ) dari plat absorber, serta intensitas matahari yang

diterima kolektor. Pengaruh transmisivitas dan absorpsivitas bahan *transmittance absorbance product*.

Dari proses tersebut maka *transmittance absorbance product* dinyatakan dalam persamaan 2.11[12].

$$\tau \cdot \alpha = \tau \cdot \alpha \cdot \sum [(1 - \alpha) \rho_d]^N = \frac{\tau \cdot \alpha}{1 - (1 - \alpha) \rho_d} \quad (2.11)$$

Besar harga transmisivitas, absorpsivitas dan reflesivitas dari suatu kaca penutup dipengaruhi oleh sudut jatuh ( $\Theta$ ) dari intensitas radiasi matahari ( $E_{glob}$ ). Sudut jatuh radiasi matahari ke kaca penutup diasumsikan pada sudut  $90^0$  (tegak lurus kolektor), dari tabel harga  $\tau = 0,85$  dan harga  $\rho_d = 0,09$ . Harga absorpsivitas plat absorber  $\alpha = 0,95$  dan harga *emittance*  $\varepsilon = 0,89$ . Panas diserap oleh kolektor ( $Q_{in}$ ) dengan persamaan 2.17[12]:

$$Q_{in} = E_{glob} \cdot A_k \cdot \tau \cdot \alpha \quad (2.12)$$

Besarnya energi yang dipindahkan kefluida kerja udara dimana hasil antara perkalian dengan laju aliran massa,  $\dot{m}$  (kg/m) dengan panas spesifik,  $C_p$  (J/kg $^{\circ}$ C) dan perbedaan temperatur  $T_{in}$  dan  $T_{out}$ ,  $\Delta T$  ( $^{\circ}$ C) pada kolektor dinyatakan dengan persamaan 2.13[12]:

$$Q_{use} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (2.13)$$

### 2.6.3 Kerugian Panas Kolektor ke Lingkungan

Kerugian panas dari kolektor ke lingkungan terjadi pada tiga daerah yaitu bagian atas kolektor, bagian bawah kolektor, dan bagian samping kolektor. Total kerugian panas secara keseluruhan ke lingkungan ditinjau dari keseimbangan energinya, yaitu persamaan 2.14[12]:

$$Q_{losses} = Q_{in} - Q_{use} \quad (2.14)$$

Besar kerugian panas ke sisi baawah, samping dan atas kolektor dapat dihitung dari harga koefisien perpindahan panas dari sisi-sisi tersebut[12].

### 2.6.4 Perpindahan Panas ke Udara

Permukaan kolektor plat datar mempunyai sudut ( $\theta$ ) mempunyai nilai persamaan *Nusselt number* yang sama dengan plat vertikal. Tiga hubungan dari nilai *Nusselt number* untuk sebuah isothermal plat vertical[13]:

$$Nu = 0,59 Ra^{1/4} \text{ untuk } Ra 10^4 - 10^9 \quad (2.15)$$

$$Nu = 0.1 Ra^{1/3} \text{ untuk } Ra 10^9 - 10^{13} \quad (2.16)$$

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 Ra^{1/6}}{\left[ 1 + (0.492/Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad (2.17)$$

$$h = \frac{k}{L} \cdot Nu \quad (2.18)$$

Jika *Nusselt number* dan koefisien konveksi rata-rata diketahui, maka perpindahan panas konveksi natural ke udara dari permukaan solid dapat dinyatakan sebagai berikut[13];

$$Q_{udara} = h \cdot A_s (T_{abs} - T_{io}) \quad (2.19)$$

### 2.6.5 Keadaan Stasioner

Keadaan stasioner adalah keadaan untuk meninjau keseimbangan energi pada kolektor yang menggunakan komponen pipa[8].

### 2.6.6 Keadaan Instasioner

Keadaan instasioner merupakan keadaan untuk meninjau keseimbangan energi pada kolektor tanpa menggunakan komponen pipa (biasanya pada kolektor udara)[8].

### 2.7 Pengeringan Kopra

Pengeringan kopra yang dilakukan diruangan tertutup dimana udara panas dapat dialirkan kedalamnya, maka suhu pengeringan yang digunakan berkisar dari 40°C sampai 80°C. Usahakan suhu tidak kurang atau lebih dari kisaran tersebut, jika kurang dari 40°C maka kopra akan mudah ditumbuhi oleh jamur, dan jika temperatur berada diatas 80°C maka kopra akan menjadi hangus[14].

Suhu yang ideal untuk pengeringan kopra berkisar dari 50°C sampai 70°C dalam waktu pengeringan mulai dari 14 jam hingga 18 jam. Pemakaian temperatur yang tinggi dalam proses pengeringan kopra dengan tujuan mempercepat proses pengeringan akan menyebabkan terbentuknya kerak (*case hardening*) pada permukaan daging buah kelapa, yang menghambat terjadinya proses penguapan air[14].

Dalam proses pengeringan kopra ini secara umum terbagi menjadi tiga tingkatan pengeringan dimana proses pertama yaitu melepaskan putih lembaga dari tempurungnya, kemudian dilanjutkan dengan menurunkan kadar air secara

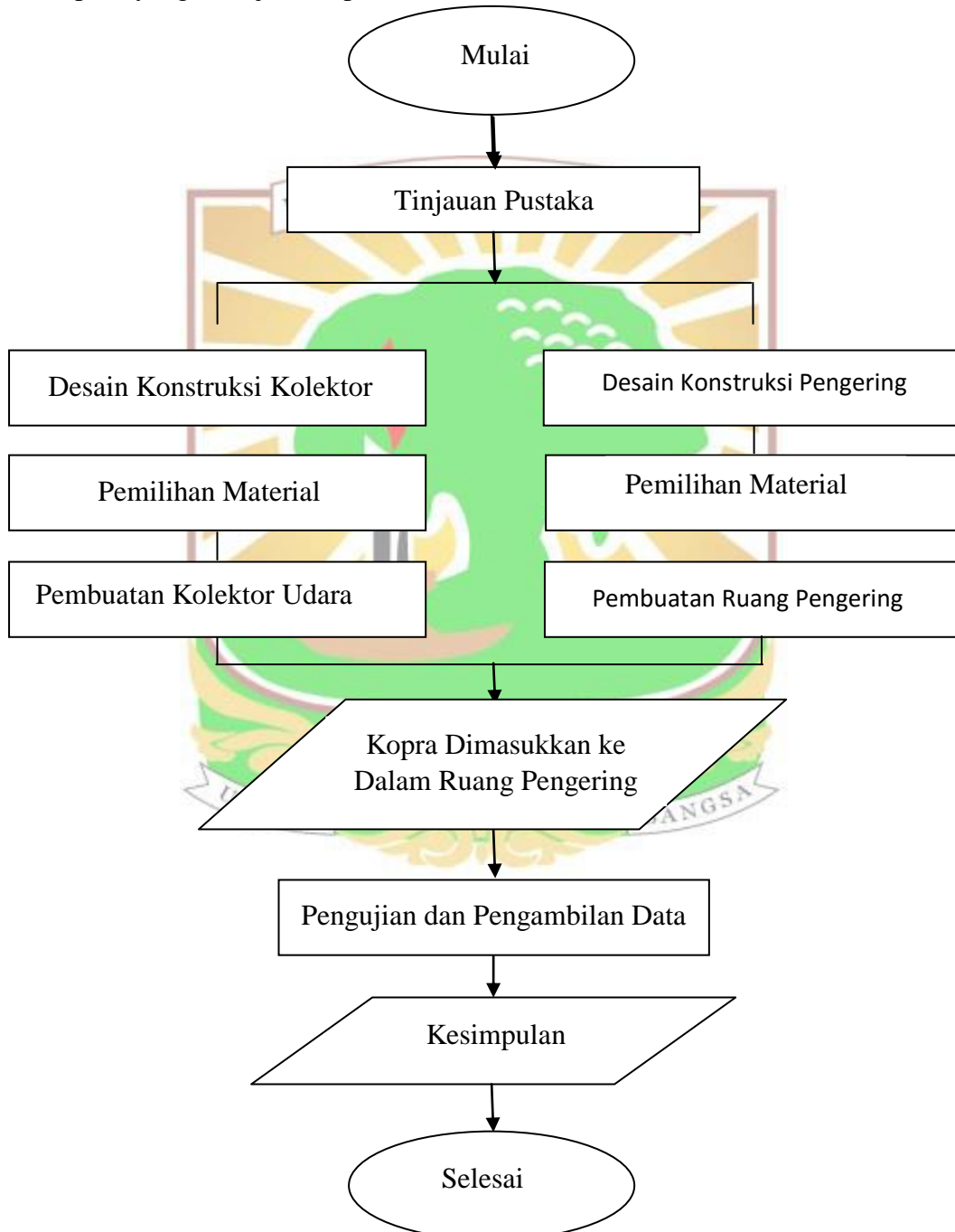
berangsur-angsur yang ada disalam kopra. Proses terakhir yaitu penurunan kadar air hingga kandungan air yang tersisa didalam kopra tersebut berkisar dari 5% hingga 7% [14].



**BAB III**  
**METODOLOGI**

**3.1 Diagram Alir Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti alur seperti diagram alir berikut ini, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1** berikut



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian

**Gambar 3.1** diatas merupakan pembuatan alat multiguna yang dilakukan dengan menggunakan beberapa proses, dimulai dengan melakukan tinjauan pustaka dengan mempelajari teori-teori dasar mengenai kolektor surya dan proses pengeringan kopra. Ini bertujuan untuk mengetahui hal apa saja yang diperlukan selama melakukan pembuatan alat pengering serta acuan dasar yang digunakan dalam proses pengujian dan pengambilan data.

Setelah dilakukan studi literatur dari buku-buku referensi selanjutnya menentukan konsep dari alat rancangan, mulai dari pembuatan pada kolektor udara dan pembuatan untuk bagian ruang pengering, tujuannya adalah untuk menentukan proses pengeringan jenis pengeringan yang paling baik untuk bahan yang akan dikeringkan. Pembuatan alat-alat pengeringan ini juga memerhatikan aspek-aspek yang lain seperti desain konstruksi kolektor udara dan desain konstruksi ruang pengering serta pemilihan material yang baik untuk proses pengeringan ini. Langkah selanjutnya setelah tahap pembuatan, desain konstruksi dan pemilihan material, dilakukan proses pembuatan sampai terbentuk alat pengering kopra yang siap untuk digunakan.

Tahap selanjutnya setelah kolektor dan pengering berhasil diselesaikan adalah memasukkan bahan uji (kopra). Ini merupakan langkah awal dari proses pengujian sebelum nantinya dilakukan pengambilan data.

Langkah selanjutnya dilakukan pengujian dari alat pengering ini dengan objek kopra. Setelah pengujian dilakukan data yang didapatkan dari pengujian tersebut kemudian sebelum dianalisa dan dialmpirkan dalam bentuk tabel dan grafik, sehingga dapat dianalisa penyebab jika hasil yang didapat tidak sesuai dengan teori yang sudah dipelajari.

Proses selanjutnya adalah penarikan kesimpulan dari proses pengeringan yang telah dilakukan.



### 3.2 Skema Alat



**Gambar 3. 2** Desain Konstruksi Alat

Keterangan :

1. Colokan listrik  
Pada pengujian ini colokan listrik berfungsi sebagai penyuplai sumber daya energi untuk mengoperasikan blower.
2. Blower  
Pada pengujian ini blower digunakan untuk menyuplai udara menuju ke ruangan kolektor surya, nantinya udara yang ditiupkan oleh blower menuju ke kolektor surya akan dipanaskan didalam kolektor surya tersebut.
3. Kolektor surya  
Kolektor surya merupakan alat yang digunakan untuk memanaskan fluida udara, yang memanfaatkan energi matahari dengan menggunakan prinsip efek rumah kaca. Material yang digunakan pada kolektor surya ini berbahan kayu dengan tambahan alumunium foil dan karet pada setiap dinding kolektor surya, serta kaca pada bagian atas kolektor surya yang berfungsi sebagai cover.
4. Saluran pipa penghubung  
Saluran pipa penghubung pada pengujian ini berfungsi untuk menghantarkan udara panas dari kolektor surya menuju ke ruang pengering.

Saluran pipa penghubung ini terbuat dari bahan alumunium yang bertujuan agar daya hantar listriknya bisa lebih maksimal.

#### 5. Pengering tipe tray dryer

Pada pengujian ini *tray dryer* berfungsi sebagai tempat proses terjadinya pengeringan berlangsung. Pada ruang pengering ini terdiri dari tiga buah rak dengan masing-masing rak terdapat buah kelapa yang sudah siap untuk dikeringkan. Ruang pengering ini menggunakan bahan kaca sebagai dindingnya dengan rangka utamanya yang terbuat dari alumunium.

#### 6. Turbin ventilator

Turbin *ventilator* pada pengujian ini berfungsi untuk mengalirkan uap air dari kelapa akibat dari proses pengeringan, nantinya uap air ini akan dialirkan menuju ke lingkungan. Turbin ventilator ini digerakkan oleh udara bebas.

### 3.3 Persiapan Pembuatan Kolektor dan Rak Pengering

#### 3.3.1 Pembuatan Kolektor Surya Tipe *Internal Channels Walls*

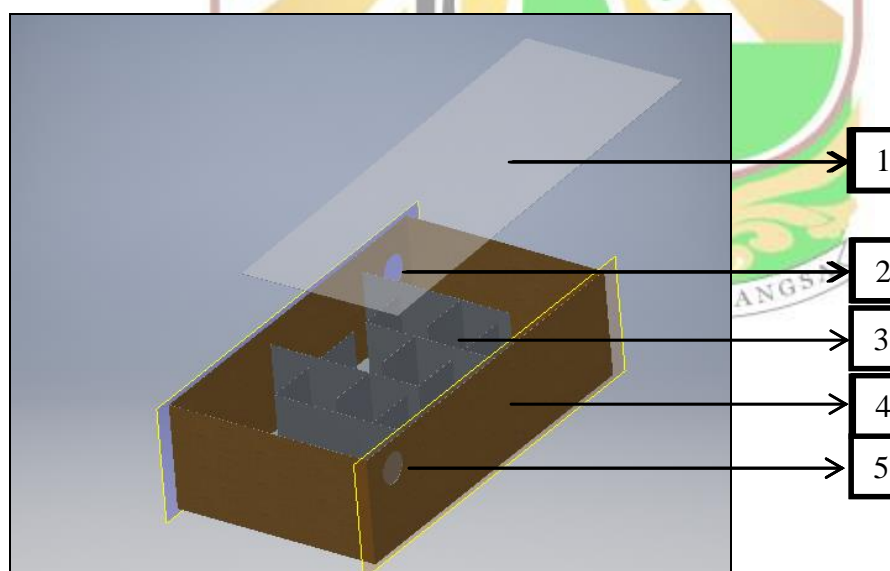
Kolektor udara tipe *Internal Channels Walls* dirancang dengan kedudukannya dimiringkan dengan sudut kemiringan  $25^{\circ}$ , supaya sinar matahari mengenai kolektor dengan maksimal dan udara panas mengalir dari bagian bawah kolektor menuju keluaran kolektor dengan pipa penghubung.

Pembuatan kolektor udara pada pengerjaan pengeringan ini memiliki komponen-komponen dasar yang terdapat pada tabel 3.1 berikut:

**Tabel 3. 1** Komponen utama kolektor udara tipe *Internal Channels Walls*

No	Bagian	Bahan	Keterangan
1	Cover	Kaca transparan	<i>Crystal Glass</i> dengan transmisivitas ( $\tau$ ) = 0.9
2	Absorber	Aluminium	Tebal 0.5mm, Konduktivitas Termal ( $k$ ) = 204 W/m°C dan Absorbsivitas ( $\alpha$ ) = 0.95
3	Isolasi	<i>Polystyren Foam</i> + Aluminium Foil	<i>Polystyren Foam</i> tebal 10 mm, Aluminium Foil 450 mm×8000mm
4	Kerangka Luar	Triplek	Ukuran 1255 mm × 648 mm

Untuk pembuatan rumah kaca, dirancang dengan ukuran 1500 mm × 700 mm × 500 mm, dengan cover terbuat dari bahan kaca transparan dan absorber aluminium.

**Gambar 3. 3** desain kolektor surya dan bagian-bagiannya

Keterangan :

### 1. Kaca

Pada pengujian ini penggunaan kaca berfungsi sebagai cover dari kolektor surya. Tujuan dari penggunaan kaca ini untuk menimbulkan efek rumah kaca didalam tubuh kolektor surya, dimana kaca tersebut dapat memantulkan kembali panas matahari yang akan menuju ke lingkungan, sehingga temperatur ruang kolektor dapat terjaga.

### 2. Saluran keluar fluida

Pada pengujian ini saluran keluar fluida berfungsi untuk tempat keluaran udara panas dari kolektor surya. Saluran keluar fluida ini berdiameter sama dengan saluran masuk fluida yaitu sebesar 11 cm, dengan posisi yang lebih rendah 5 cm dari saluran masuk fluida, dengan tujuan agar tekanan udara yang keluar dapat terjaga.

### 3. Absorber tipe *internal channel walls*

Pada pengujian ini tujuan dari *internal channel walls* adalah untuk melaminarkan aliran udara didalam ruang kolektor surya.

### 4. Rangka kolektor

Pada pengujian ini rangka kolektor surya ini menggunakan bahan yang terbuat dari papan triplek dengan ketebalan 12 mm, dilapisi oleh karet dan alumunium foil pada bagian dalam kolektor surya, agar udara panas dalam kolektor surya dapat terisolasi.

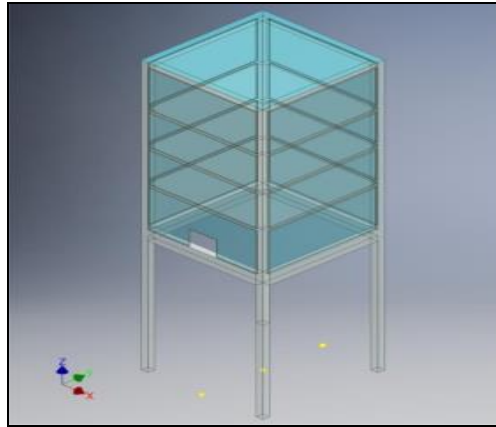
### 5. Saluran masuk fluida

Pada pengujian ini saluran fluida bertujuan untuk menerima udara dari blower. Dimensi dari saluran masuk fluida ini mengikuti dimensi saluran keluar blower yaitu sebesar 11 cm.

## 3.3.2 Pembuatan Pengereng Tipe Rak dan Turin ventilator

### a. Rak Pengereng Tipe Tray Dryer

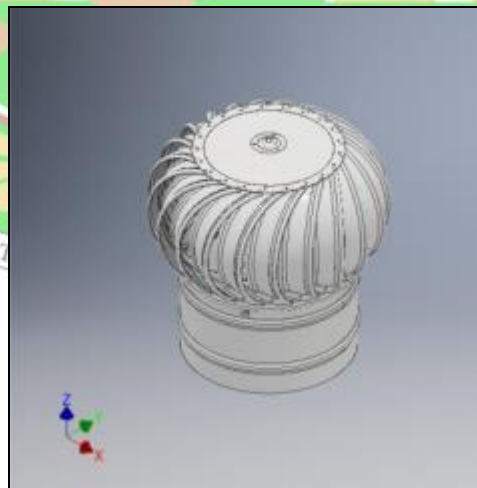
Desain pembuatan ruang pengereng tipe rak dapat dilihat dari gambar berikut



**Gambar 3. 4** desain ruang pengering tipe rak

Ruang pengering ini didesain memiliki tiga ruangan dengan dimensi ruangan  $40\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 55\text{ cm}$  dengan dinding berbahan material kaca dan ditopang dengan tonggak berbahan alumunium. Fluida dalam bentuk udara panas dari kolektor masuk ke rak pengering melalui lobang pada bagian bawah dari rak pengering tersebut, selanjutnya didorong hingga kebagian atas rak pengering oleh tekanan udara tersebut.

b. Turbin ventilator



**Gambar 3. 5** turbin ventilator

Turbin ventilator pada pengujian berbahan material alumunium dengan dimensi 12 inci. Alat ini dipasang pada bagian atas dari ruang pengering. Pada pengujian ini fungsi dari turbin ventilator ini sendiri untuk membantu uap air hasil

dari pemanasan bisa terbuang kelilingkungan dengan baik, dan tidak mengendap pada bagian atas dari ruang pengering.

### 3.4 Alat Alat Ukur yang Digunakan

#### 1) Solarimeter

Pada pengujian ini alat solarimeter digunakan digunakan untuk emngukur besar intensitas dari radiasi matahari ( $e_{glob}$ ). Prinsip kerja dari solari meter ini adalah dengan menerima radiasi yang diterima melalui detektor, kemudian diolah sehingga muncul dalam satuan angka digital pada layar dalam satuan lux.

Solarimeter yang digunakan pada pengujian ini dapat dilihat pada **gambar**

#### 3.6



**Gambar 3. 6** solarimeter

#### 2) Termokopel

Termokopel pada pengujian ini digunakan untuk mengukur temperatur dengan memanfaatkan efek termoelektrik.

Termokopel yang digunakan pada pengujian ini merupakan termokopel tipe K seperti pada **gambar 3.7**



Gambar 3. 7 Termokopel

### 3) Termokopel digital

Termokopel digital digunakan untuk membaca signal yang dihasilkan oleh termokopel berupa temperatur yang diukur dari kolektor, sehingga terlihat angka yang menunjukkan temperatur hasil pengukuran dalam bentuk digital.

Termokopel digital yang digunakan pada pengujian ini dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3. 8 Thermometer termokopel

### 4) Timbangan Digital

Timbangan digital pada pengujian ini digunakan untuk mengukur massa dari daging buah kelapa yang akan dikeringkan, dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 timbangan digital

#### 5) Anemometer

Anemometer pada pengujian ini digunakan untuk menghitung kecepatan blower, dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3. 10 anemometer

### 3.5 Parameter Penelitian

Parameter yang akan diukur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Temperatur udara masuk ( $t_{in}$ ) atau lingkungan.



- 2) Temperatur ( $T_{out}$ ) merupakan temperatur udara keluaran dari kolektor.
- 3) Temperatur absorber ( $T_{abs}$ )
- 4) Temperatur ruang pengering ( $T_{ruang}$ ), temperatur pada pengeringan rak terdiri dari ( $T_{td1}$ ) dan ( $T_{td2}$ )
- 5) Intensitas cahaya ( $E_{glob}$ )
- 6) Waktu pengeringan ( $t$ )
- 7) Massa kopra

### 3.6 Prosedur pengujian

Berikut merupakan prosedur pengujian yang dilakukan sebelum pengambilan data:

1. Siapkan alat ukur untuk pengujian (solarimeter, termokopel, termometer termokopel, timbangan digital).
2. Siapkan instalasi alat pengujian.
3. Belah kelapa menjadi dua bagian kemudian ditimbang.
4. Nyalakan blower.
5. Mulai pukul 09.00 WIB hitung intensitas cahaya matahari, putaran turbin, temperatur masuk ( $T_i$ ) dan keluar kolektor ( $T_o$ ), temperatur masing-masing absorber ( $T_{abs1}$ ,  $T_{abs2}$ ,  $T_{abs3}$ ).
6. Pengambilan data dilakukan setiap sekali 30 menit hingga pukul 16.00 WIB.
7. Setelah pengujian selesai, blower dimatikan.
8. Lakukan perhitungan dan analisa pembahasan dari hasil pengujian.

### 3.7 Tabel pengujian

**Tabel 3. 2** Tabel pengujian

No	Waktu	Globe ( $\text{w/m}^2$ )	$T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{out}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{io}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{abs}$	$T_{abs}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )			$T_{rak}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )			Massa (gram)					
							$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_{r1}$	$T_{r2}$	$T_{r3}$	$M_{kew}$	$M_{k1}$	$M_{k2}$	$M_{k3}$		
1	09.00																	
2	09.30																	
3	10.00																	
4	10.30																	
8	11.00																	
5	11.30																	
6	12.00																	
7	12.30																	
9	13.00																	
10	13.30																	
11	14.00																	
12	14.30																	
13	15.00																	
14	15.30																	
15	16.00																	

Pada pengujian ini akan dilakukan beberapa pengambilan data yang nantinya digunakan pada perhitungan efisiensi dari kolektor surya ini.

Pengambilan data pertama yang dilakukan adalah pengukuran intensitas cahaya matahari, dimana pengukuran ini dilakukan setiap 30 menit sekali dimulai pada pukul 9.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB. Pengukuran ini menggunakan alat solarimeter dengan cara meletakkannya tepat pada permukaan kolektor surya.

Pengambilan data selanjutnya adalah pengukuran temperatur pada absorber kolektor surya, temperatur masuk dan temperatur keluar kolektor surya, kemudian pengukuran temperatur pada masing-masing rak pada ruang pengering. Pada pengukuran temperatur absorber ini dilakukan sebanyak tiga titik yaitu pada bagian bawah absorber, bagian tengah absorber, dan bagian atas absorber, setelah nilai temperatur masing-masing titik absorber didapatkan, ketiga nilai tersebut dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai  $T_{abs}$ . Pengukuran selajutnya yaitu menghitung nilai dari temperatur masuk udara dan keluaran udara dari kolektor surya. Pengukuran temperatur terakhir yaitu pengukuran pada masing-masing rak dari ruang pengering. Pengukuran ini dilakukan setiap 30 menit sekali dimulai pukul 9.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB dengan menggunakan sensor termokopel dan termokopel digital untuk membaca nilai temperatur dari termokopel itu sendiri.

Pengambilan data terakhir yaitu penghitungan massa kelapa. Pada pengambilan data ini dilakukan perbandingan pengurangan massa pada setiap

kondisi pengujian (rak pertama, rak kedua, rak ketiga, dan pengeringan konvensional). Pengujian ini dilakukan setiap 30 menit sekali dengan menggunakan alat timbangan digital. Pengujian ini dilakukan mulai pukul 9.00 hingga pukul 16.00.

### 3.8 perhitungan efisiensi kolektor

Tabel 3. 3 hasil data perhitungan

No	Waktu	Eglobe (w/m <sup>2</sup> )	T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	T <sub>io</sub> (°C)	T <sub>abs</sub>	T <sub>abs</sub> (°C)			Trak (°C)			Massa (gram)			
							T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>1r</sub>	T <sub>2r</sub>	T <sub>3r</sub>	M <sub>awal</sub>	M <sub>akhir</sub>	M <sub>akhir</sub>	M <sub>akhir</sub>
1	09.00	652,54	38,5	51,3	44,9	48,2333	38,7	54,5	51,5	40,5	40,1	35,5	218	366	302	246
2	09.30	780,52	39,2	61,7	50,45	54,8	40,9	59,4	64,1	45,8	43,8	40	214	357	298	243
3	10.00	796,32	40	67,9	53,95	59,6667	44,7	63,9	70,4	47,1	44,5	40,5	211	351	292	239
4	10.30	822,39	42,7	72,9	57,8	63,8667	46,4	70	75,2	48,3	47,3	43,4	209	345	288	237
8	11.00	835,82	44	74,9	59,45	65,9667	49	71,7	77,2	49	48,8	44,4	205	337	281	235
5	11.30	928,25	43,3	77	60,15	67,4333	50,1	73,7	78,5	54,3	49,8	45,4	200	328	275	232
6	12.00	952,74	44,2	77,4	60,8	68,3	51,3	74,5	79,1	55	50,1	46,5	196	324	271	229
7	12.30	955,9	46,8	78	62,4	71,1	53,2	79,1	81	56,1	50,7	47	192	318	267	227
9	13.00	867,42	46	70,5	58,25	63,8333	49,4	69,3	72,8	55,8	50,3	44,4	189	313	263	224
10	13.30	816,07	45,2	62,1	53,65	58,3667	49,3	61,4	64,4	54,4	49	44,1	185	310	260	221
11	14.00	742,6	44,9	62	53,45	57,4	48	60,3	63,9	53,5	48,3	44	182	308	257	218
12	14.30	665,18	44	50,3	47,15	50,5	44,3	55,8	51,4	50	47,7	43	180	305	254	216
13	15.00	601,19	42	49,9	45,95	48,8333	42,5	53,3	50,7	47,3	46,4	42,3	179	305	252	214
14	15.30	560,11	39,3	45,6	42,45	44,7	40,1	47,5	46,5	46	45,5	39,3	177	302	250	212
15	16.00	591,71	42	48,3	45,15	47,6667	42,8	51,3	48,9	47,3	46,1	41,2	177	302	250	211

Perhitungan efisiensi kolektor surya ini dilakukan dengan perhitungan perpindahan panas secara konveksi paksa. Hal ini dikarenakan kolektor surya menggunakan *blower* untuk mengalirkan fluida udara panas secara cepat.

Perhitungan yang diambil merupakan perhitungan dari variasi data ketiga dengan kecepatan kipas angin kedua.

Adapun penyelesaian tabel 3.2 adalah

- Perhitungan T<sub>io</sub> dan T<sub>abs</sub> kolektor

Data pukul 12.30

- T<sub>in</sub> = 46,8°C
- T<sub>out</sub> = 78°C
- T<sub>rak1</sub> = 56,1 °C      T<sub>rak2</sub> = 50,7 °C      T<sub>rak3</sub> = 47 °C

$$T_{io} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = \frac{46,8 + 78}{2}$$

$$T_{io} = 62,4$$

$$T_{abs} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} = \frac{53,2 + 79,1 + 81}{3}$$

$$T_{abs} = 71,1$$

- Dilakukan perhitungan temperatur film

$$T_f = \frac{T_{abs} + T_{io}}{2} = \frac{71,1 + 62,4}{2}$$

$$T_f = 66,75$$

- Temperatur film yang didapatkan dijadikan acuan untuk mencari nilai k, Pr, dan  $\nu$ , menggunakan tabel perpindahan panas **Tabel A-15**

$$k = 0,02857 \text{ W/m.K}$$

$$Pr = 0,71851$$

$$\nu = 1,96 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$L = 1,23 \text{ m}$$

$$V = 14 \text{ m/s}$$

$$As = 0,6765 \text{ m}^2$$

- Setelah nilai diatas didapatkan dari **Tabel A-15**, selanjutnya dilakukan perhitungan bilangan Reynolds, dengan persamaan berikut:

$$Re = \frac{V.L}{\nu} = \frac{14 \text{ m/s} \cdot 1,23 \text{ m}}{1,962 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 877306,9428$$

Dimana,  $5 \times 10^5 < 8,908 \times 10^5 < 10^7$ , maka aliran dalam kolektor berada dalam kondisi turbulen

- Menentukan nilai bilangan *Nusselt*:

$$Nu = \frac{h.L}{k} = 0,037 Re^{0,8} Pr^{1/3}$$

$$Nu = 0,037 (8,773 \times 10^5)^{0,8} \cdot (0,71851)^{1/3}$$

$$Nu = 1917,628$$

- Menentukan nilai koefisien perpindahan panas:

$$h = \frac{k.Nu}{L} = \frac{0,02857 \text{ W / m.K} \cdot (1912,628)}{1,23 \text{ m}}$$

$$h = 43,744 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

- Menentukan laju panas udara

$$Q_{udara} = h_m \times A_s (T_{abs} - T_{io})$$

$$Q_{udara} = 43,744 \frac{W}{m^2 K} \times 0,6765 m^2 (344,1K - 335,4K)$$

$$Q_{udara} = 257,455241W$$

- Konversikan  $E_{globe}$  dari lux menjadi  $W/m^2$

$$E_{globe} = 1210 \text{ lux} \times 0,79 = 955.9 \text{ W/m}^2$$

- Tentukan  $Q_{rad}$  dengan persamaan berikut:

$$Q_{rad} = E_{globe} \times A_s = 955,9 \text{ W/m}^2 \times 0,6765 m^2$$

$$Q_{rad} = 646,666W$$

- Menentukan Efisiensi kolektor

$$\eta = \frac{Q_{udara}}{Q_{rad}} \times 100\% = \frac{257,45524W}{646,666W} \times 100\%$$

$$\eta = 39,813\%$$



## BAB IV

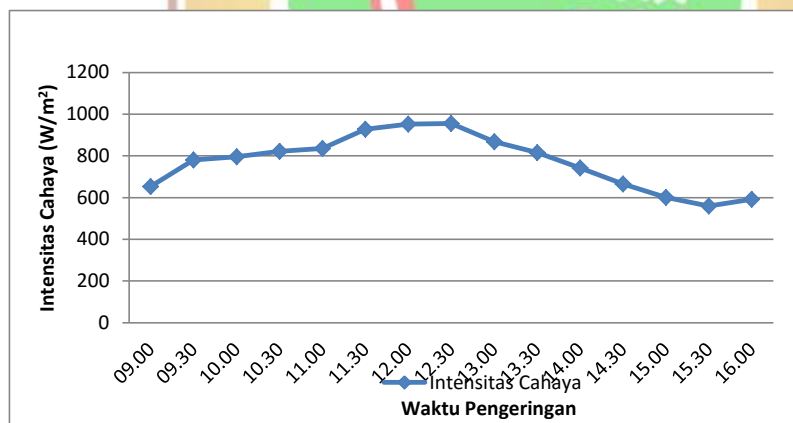
### DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pendahuluan

Pengujian pengeringan dilakukan dengan dua macam metode percobaan, yaitu dengan metode konvensional dengan penjemuran matahari langsung dan pengeringan menggunakan rak pengering dengan kombinasi dengan kolektor surya tipe *Internal Channel Walls*.

#### 4.2 Pengaruh Waktu Terhadap Intensitas Cahaya

Setelah pengujian dilakukan dapat dilihat pengaruh waktu terhadap intensitas cahaya yang diterima oleh kolektor surya. Pengaruh waktu terhadap intensitas cahaya dapat dilihat pada **gambar 4.1** berikut:



**Gambar 4. 1** grafik pengaruh waktu terhadap intensitas cahaya matahari

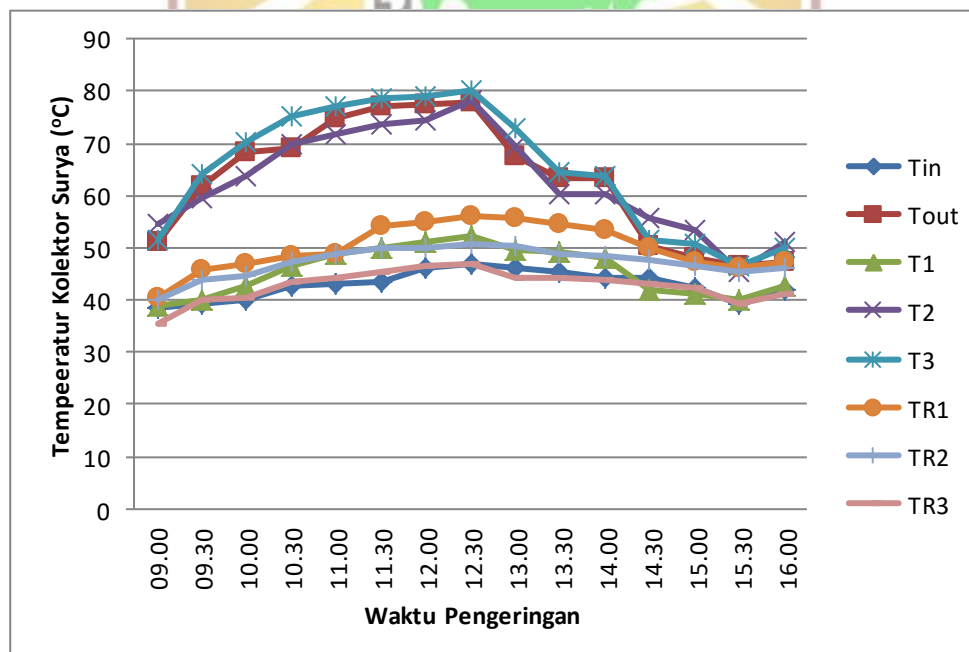
Berdasarkan **gambar 4.1** diatas diketahui bahwa intensitas cahaya matahari tertinggi yang diterima oleh kolektor surya terjadi pada pukul 12.30 WIB, dengan intensitas  $955,9 \text{ W/m}^2$ . Pada data-data yang lain intensitas cahaya tertinggi juga terdapat pada pukul 11.30 WIB hingga 12.30 WIB, hal ini dikarenakan pada waktu tersebut kondisi matahari tegak lurus terhadap permukaan kolektor surya, sehingga absorber mampu menyerap panas matahari dengan lebih maksimal.

Pada kondisi lain di grafik ini intensitas cahaya terendah terjadi pada pukul 15.30 WIB yang bernilai  $560,11 \text{ W/m}^2$  dan kemudian kembali naik sedikit pada pukul 16.00 WIB yang bernilai  $591,71 \text{ W/m}^2$ , penyebabnya pada pukul 15.30 WIB kondisi matahari sedikit tertutup oleh awan sehingga intensitas cahaya yang diterima oleh kolektor menjadi tidak maksimal.

Tinggi rendahnya intensitas cahaya yang diterima oleh kolektor surya dipengaruhi oleh posisi dari matahari, dan pengaruh awan. Pada pengujian ini waktu terbaik untuk mendapatkan intensitas cahaya matahari secara optimum berada pada pukul 12.30 WIB, hal tersebut terjadi karena posisi kolektor surya yang dimiringkan sebesar  $25^{\circ}$  ke arah terbit matahari.

### 4.3 Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur

Setelah dilakukan pengujian dengan dua macam metode pengeringan, didapatkan hubungan antara waktu dan perubahan temperatur, yang terdapat pada **gambar 4.2** berikut:



**Gambar 4. 2** perubahan waktu terhadap temperatur

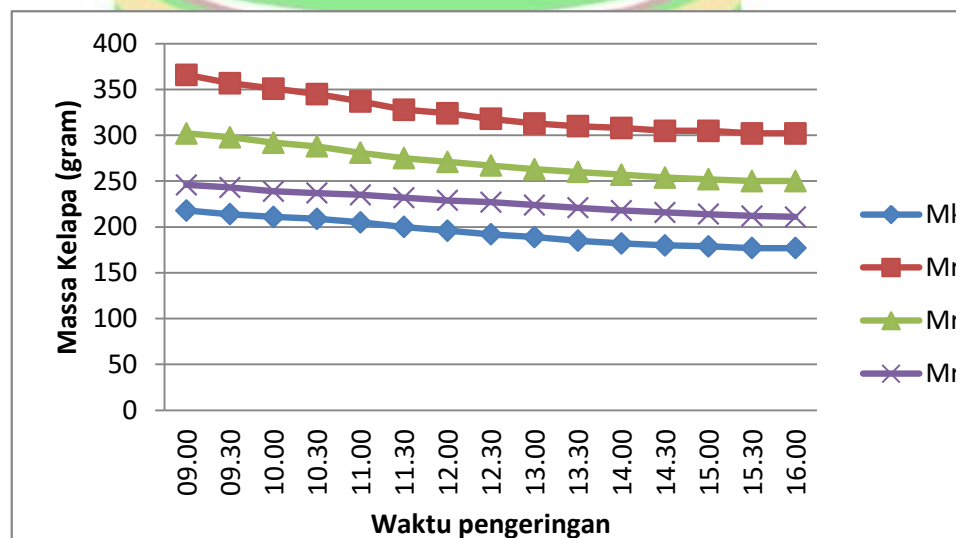
Dari **gambar 4.2** grafik pengaruh waktu perbandingan terhadap temperatur menunjukkan temperatur terus meningkat hingga pukul 12.30 WIB, baik itu untuk temperatur absorber, maupun untuk temperatur rak pengering.

Untuk absorber temperatur rata-rata tertinggi pada pukul 12.30 WIB bernilai  $71,1^{\circ}\text{C}$ , sedangkan Tin dan Tout dari kolektor surya bernilai  $46,8^{\circ}\text{C}$  dan  $78^{\circ}\text{C}$ . Tinggi rendahnya temperatur absorber ini dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya yang mampu diterima dan diserap oleh kolektor surya. Pada kondisi pengujian ini intensitas cahaya optimum yang diterima oleh kolektor berada pada pukul 12.30 WIB.

Sedangkan untuk temperatur rak satu, rak dua, rak tiga, dari rak pengering masing-masing bernilai  $56,1^{\circ}\text{C}$  untuk rak pertama,  $50,7^{\circ}\text{C}$  untuk rak kedua, dan  $47^{\circ}\text{C}$  untuk rak ketiga. Pada temperatur pengeringan rak ini temperatur tertinggi diperoleh pada rak pertama, hal ini disebabkan karena fluida udara panas keluaran dari kolektor surya lebih dahulu memasuki rak pertama pada proses pengeringan, setelah itu baru disusul oleh rak kedua dan rak ketiga. Perbedaan temperatur antara ketiga rak ini disebabkan karena terjadinya perpindahan panas secara konveksi secara vertikal yang terjadi pada rak pengering tersebut.

#### 4.4 Penurunan Massa Kelapa Selama Proses Pengeringan

Dari proses pengeringan yang telah dilakukan didapat penurunan massa dari empat kondisi pengeringan. Penurunan massa dapat dilihat pada **gambar 4.3** grafik berikut:



**Gambar 4. 3** Grafik Penurunan Massa Kelapa



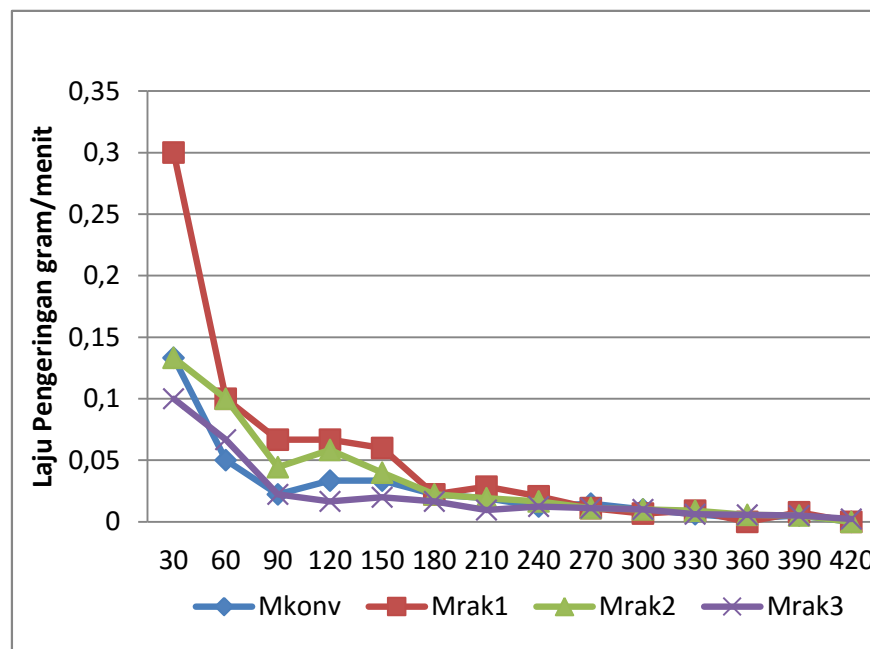
Proses pengeringan dilakukan dengan dua metode yaitu dengan bantuan pemanas tambahan menggunakan kolektor surya, dan dengan metode pengeringan konvensional dengan matahari langsung. Pada pengeringan secara konvensional untuk pengujian ketiga ini penurunan massa kelapa lebih lambat dibandingkan dengan pengeringan rak 1 dan rak 2 dengan bantuan pemanas kolektor surya. Pada pengeringan konvensional pengurangan massa terjadi sebesar 41 gram.

Dari **gambar 4.3** tersebut dapat dilihat bahwa pengeringan menggunakan kolektor surya dikeringkan dengan tiga buah tempat pengeringan dengan hasil penurunan massa yang berbeda pula. Pada proses pengeringan kolektor surya pengurangan massa paling besar terjadi pada rak pertama sebesar 64 gram, selanjutnya penurunan massa pada rak kedua sebesar 52 gram, dan penurunan massa terkecil terjadi pada rak ketiga sebesar 35 gram.

Perbedaan massa pada masing-masing rak pengering ini terjadi karena fluida udara panas dari keluaran kolektor terlebih dahulu mengenai kelapa pada rak pertama setelah itu baru masuk ke rak kedua dan rak ketiga, sehingga proses pengeringan yang terjadi pada rak pertama lebih optimal dibandingkan dari dua rak di atasnya.

#### 4.5 Laju Pengeringan

Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan, didapat laju pengeringan untuk empat kondisi pengeringan kelapa. Laju penurunan massa ini dihitung dari massa awal dikurangi massa akhir kemudian dibagi dengan lama waktu pengeringan. Besar laju pengeringan dapat dilihat pada grafik dari **gambar 4.4** berikut:



**Gambar 4. 4** grafik laju pengeringan

berdasarkan grafik **gambar 4.4** laju pengeringan terbesar terjadi pada waktu 30 menit awal pengeringan untuk kondisi pengeringan konvensional ataupun dengan bantuan kolektor surya pada masing-masing rak pengering.

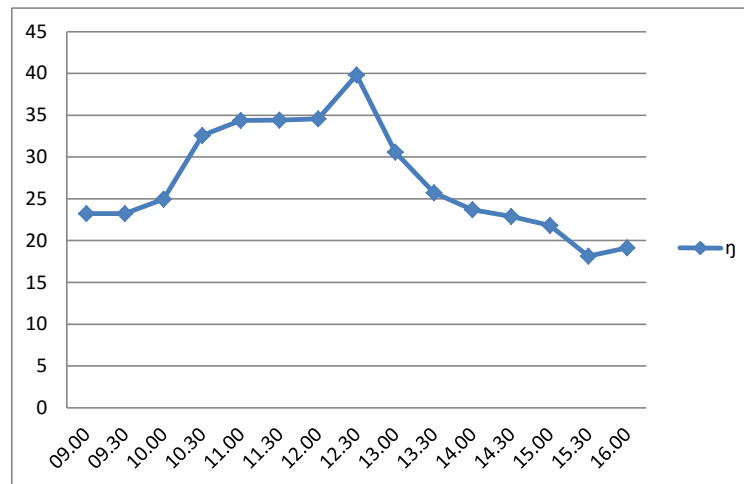
Pada pengeringan secara konvensional kondisi 30 menit awal laju pengeringan didapatkan sebesar 0,13333 gram/menit, sementara besar laju pengeringan dengan kolektor surya pada rak pertama diperoleh 0,3 gram/menit, rak kedua diperoleh 0,13333 gram/menit, dan rak ketiga diperoleh sebesar 0,1 gram/menit.

Faktor yang membuat laju pengeringan lebih optimum pada kondisi 30 menit awal waktu pengeringan dikarenakan pada kondisi tersebut kadar air yang terkandung didalam kelapa masih cukup banyak dibandingkan dengan kondisi 30 menit setelahnya, sehingga laju pengeringan menjadi tinggi karena kadar air yang menguap lebih banyak.

#### 4.6 Efisiensi Kolektor

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan didapatkan nilai dari efisiensi kolektor surya. Efisiensi kolektor surya didapatkan melalui perhitungan

hasil dari pembagian antara  $Q_{udara}$  dengan  $Q_{radiasi}$  dikalikan dengan 100 % . Grafik kenaikan dan penurunan efisiensi kolektor dapat dilihat pada **gambar 4.5** berikut:



**Gambar 4.5** Grafik efisiensi kolektor surya

Berdasarkan grafik efisiensi kolektor surya dapat diketahui bahwa efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh kolektor surya terjadi pada pukul 12.30 WIB, hal ini terjadi karena pada waktu tersebut kolektor surya menerima intensitas cahaya paling besar sebesar  $955,9 \text{ W/m}^2$ , dengan efisiensi sebesar 39,8126856% sementara efisiensi kolektor surya terendah terjadi pada pukul 15.30 WIB, hal ini dikarenakan pada kondisi tersebut cahaya matahari tertutup oleh awan sehingga terjadi penurunan intensitas cahaya yang signifikan dari waktu sebelumnya. Pada kondisi tersebut intensitas yang dihasilkan sebesar  $560,11 \text{ W/m}^2$  dengan efisiensi sebesar 18,131 %.

Faktor terjadinya kenaikan dan penurunan dari efisiensi kolektor surya diakibatkan oleh besar atau kecilnya intensitas cahaya yang mampu diserap oleh absorber, yang menyebabkan temperatur pada ruang kolektor berubah-ubah pada setiap sesi pengujian.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

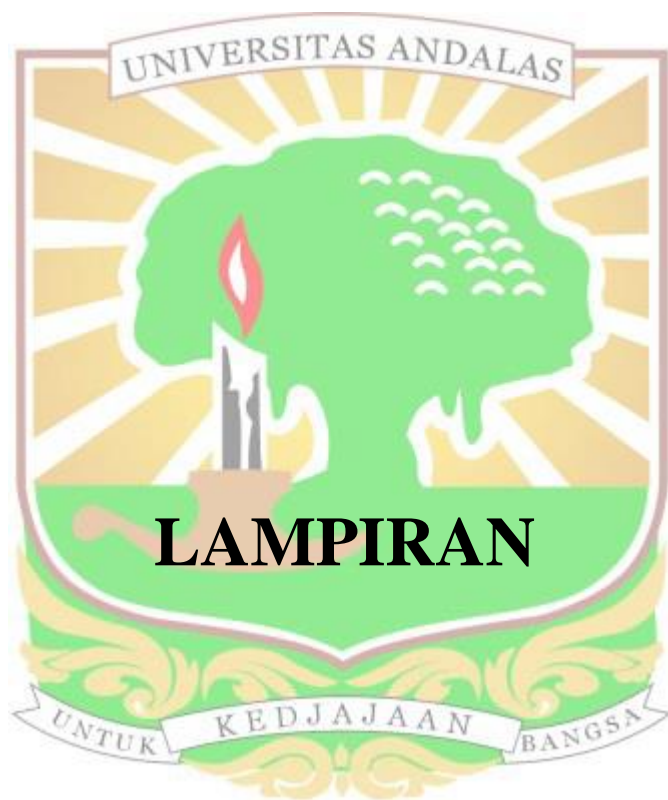
1. Kolektor surya dibuat sebagai alternatif dari proses pengeringan konvensional dengan dimensi kolektor 1255 cm × 648cm ×.258,26 cm.
2. Dari hasil pengujian penggunaan kolektor surya tipe *internal channels walls* lebih baik dibandingkan dengan metode pengeringan matahari langsung, hal ini dapat dilihat dari pengurangan massa yang terjadi selama pengujian. Dengan pengujian matahari langsung jumlah penurunan massa kelapa sebesar 41 gram, sedangkan untuk pengeringan menggunakan kolektor surya mencapai 64 gram.
3. Efisiensi kolektor surya tertinggi didapat sebesar 39,81% pada hari ketiga pada pukul 12.30 WIB, dan efisiensi terendah dari kolektor surya sebesar 18,13%. Efisiensi dari kolektor surya ini dipengaruhi oleh tinggi rendahnya intensitas cahaya matahari yang diterima oleh kolektor surya selama pengujian dilakukan.
4. Waktu optimum dari proses pengeringan terjadi pada saat 30 menit awal proses pengeringan, dengan laju pengeringan terbesar pada rak pertama sebesar 0,3 gram/menit. Faktor utamanya karena pada awal proses pengeringan kadar air dari kelapa masih tinggi yang mengakibatkan laju penurunan massa menjadi maksimum pada kondisi tersebut.

#### 5.2 Saran

1. Pengeringan lebih baik dimaksimalkan untuk dua buah rak pengeringan.
2. Penggunaan corong untuk saluran pembuangan uap air lebih fungsionalitas dan lebih ekonomis dibandingkan dengan penggunaan turbin ventilator. Penggunaan turbin ventilator lebih cocok untuk pengeringan yang berbahan tipis
3. Gunakan blower dengan kecepatan yang lebih rendah agar menghasilkan aliran yang laminar didalam tubuh kolektor surya.

## DAFTAR PUSTAKA

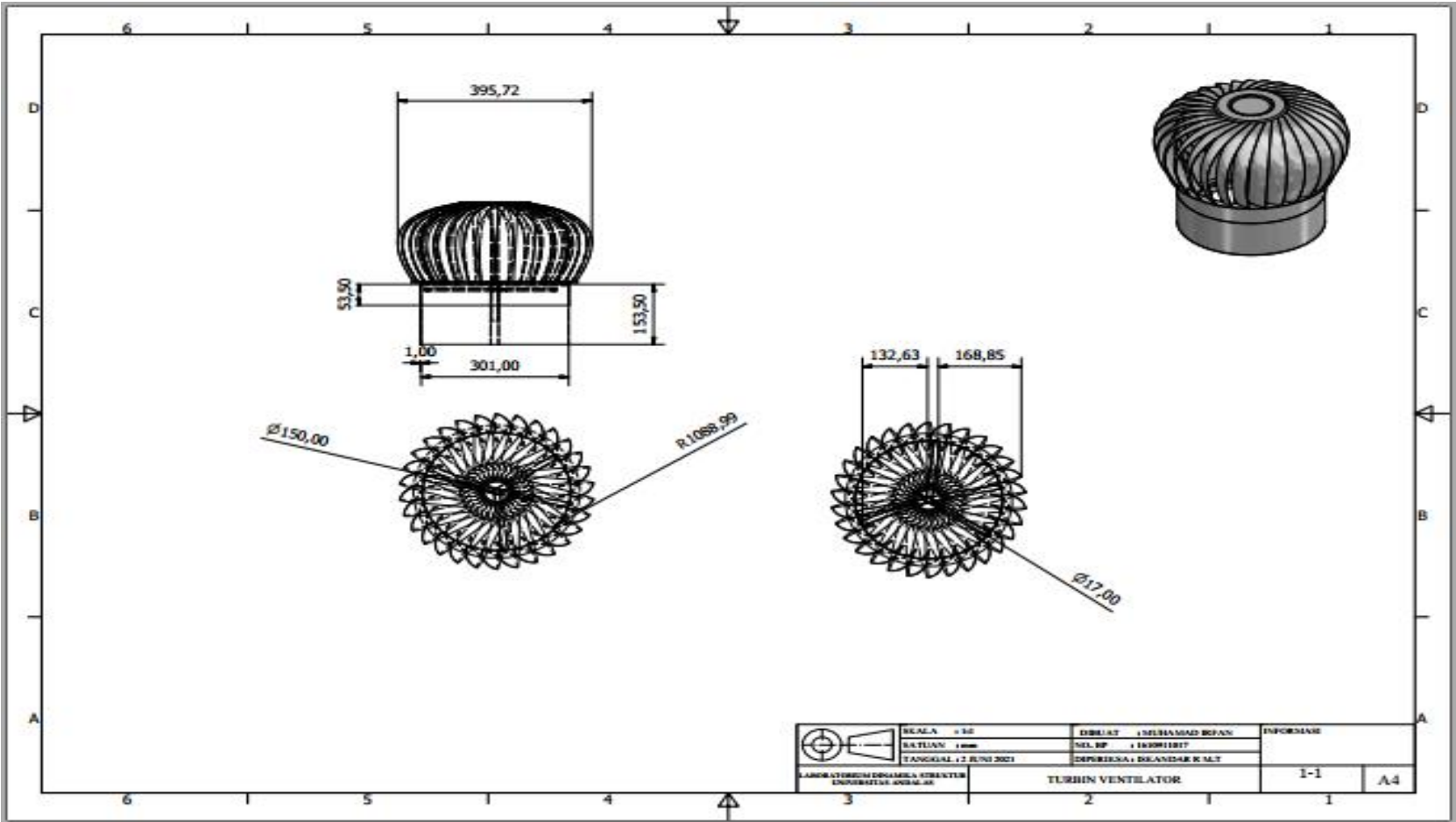
- [1] G. J. Banwart, "Basic Food Microbiology," *Basic Food Microbiol.*, 1981, doi: 10.1007/978-1-4684-6453-5.
- [2] Ditjen Kemendag, "Produk Olahan Kelapa," *Pengemb. Ekspor Nas.*, vol. 54, no. Ekspor, pp. 1–15, 2020.
- [3] C. P. Arora, "Refrigeration and Air Conditioning, Second Edition," *McGrow Hill, Singapore*, vol. 90, no. 4. pp. 667–670, 1979, doi: 10.7326/0003-4819-90-4-667.
- [4] SUSENO ALI AKBAR, "UJI KINERJA ALAT PENDINGIN TIPE BATCH DRYER UNTUK PENDINGINAN KAKAO (*Theobroma Cacao* L.) DENGAN SISTEM PENGHEMBUS UDARA PANAS," vol. 2, pp. 227–249, 2018.
- [5] A. Mursadin and R. Subagyo, "Bahan Ajar Perpindahan Panas," in *Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat*, Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat, 2016, pp. 1–51.
- [6] F. Yunanda, "Pembuatan dan Pengujian Organic Rankine Cycle (ORC) Dengan Menggunakan Kolektor Linier Parabolik Sebagai Pemanfaatan Energi Panas Matahari," 2013.
- [7] W. Aristomunandar, "Teknologi Rekayasa Surya," Edisi Pert., Jakarta: PT. Pradya Paramita, 1995.
- [8] Z. Dahnil, "Teknologi Energi Surya," Padang: CV. Ferilia, 2010.
- [9] J. . Holman, "Heat Transfer," Internatio., Amerika: Mc Graw Hill, 1976.
- [10] D. L. J. & N. Jones, "Solar Sponge The DIY Solar Air Heater." <http://www.solarsponge.com/article.htm> (accessed Apr. 14, 2020).
- [11] Z. Dahnil, "Solar Technic I," Padang: Universitas Andalas, 1989.
- [12] Z. Dahnil, "Solar Technic II," Padang: Universitas Andalas, 1989.
- [13] Y. A. Cengel, "Heat Transference a Practical Approach," in *MacGraw-Hill*, vol. 4, no. 9, 1998, p. 874.
- [14] P. Suhardiman, "Produk Produk Olahan Tanaman Kelapa," Jakarta: Sastra Hudaya, 2000.



# LAMPIRAN

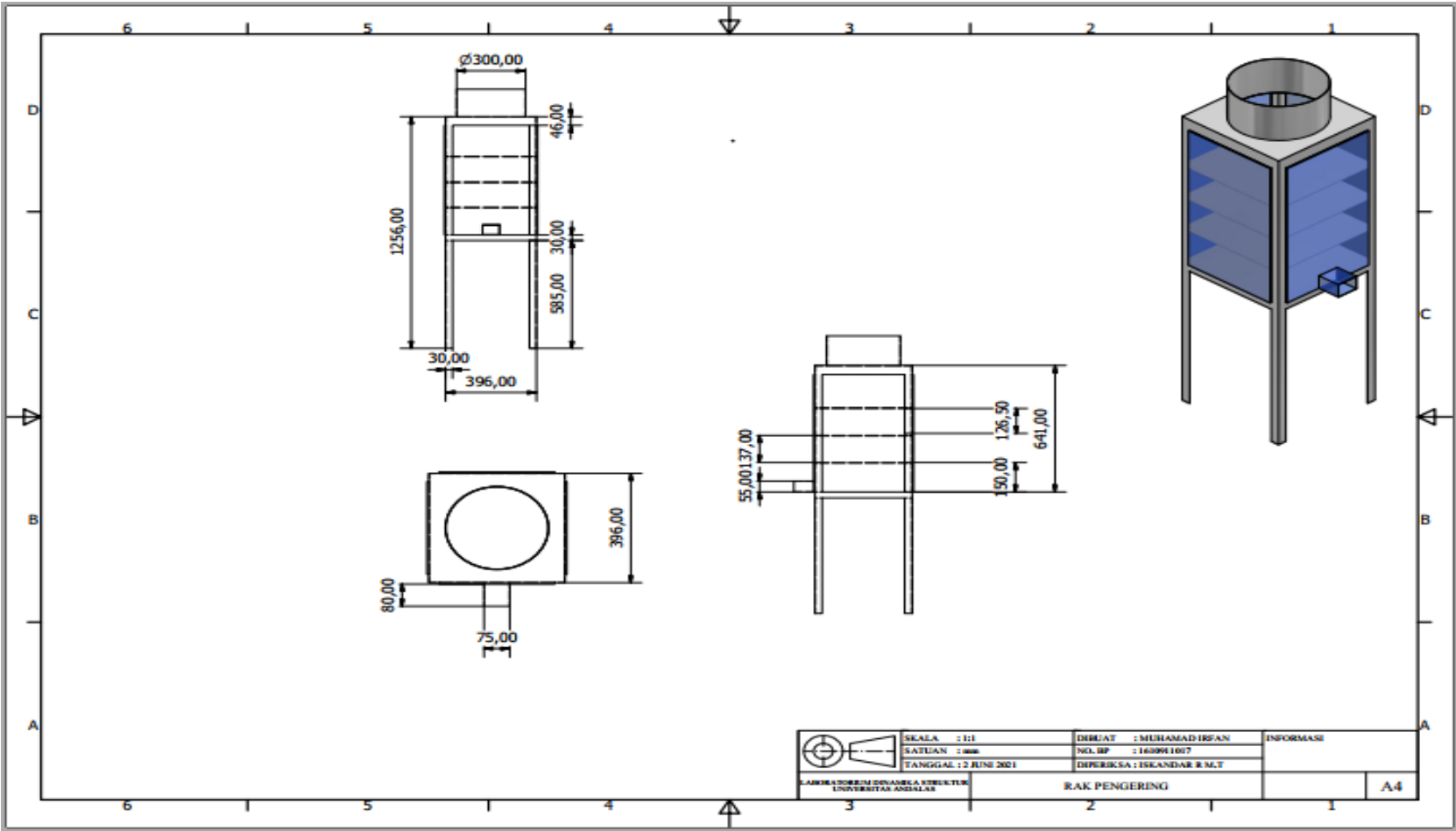


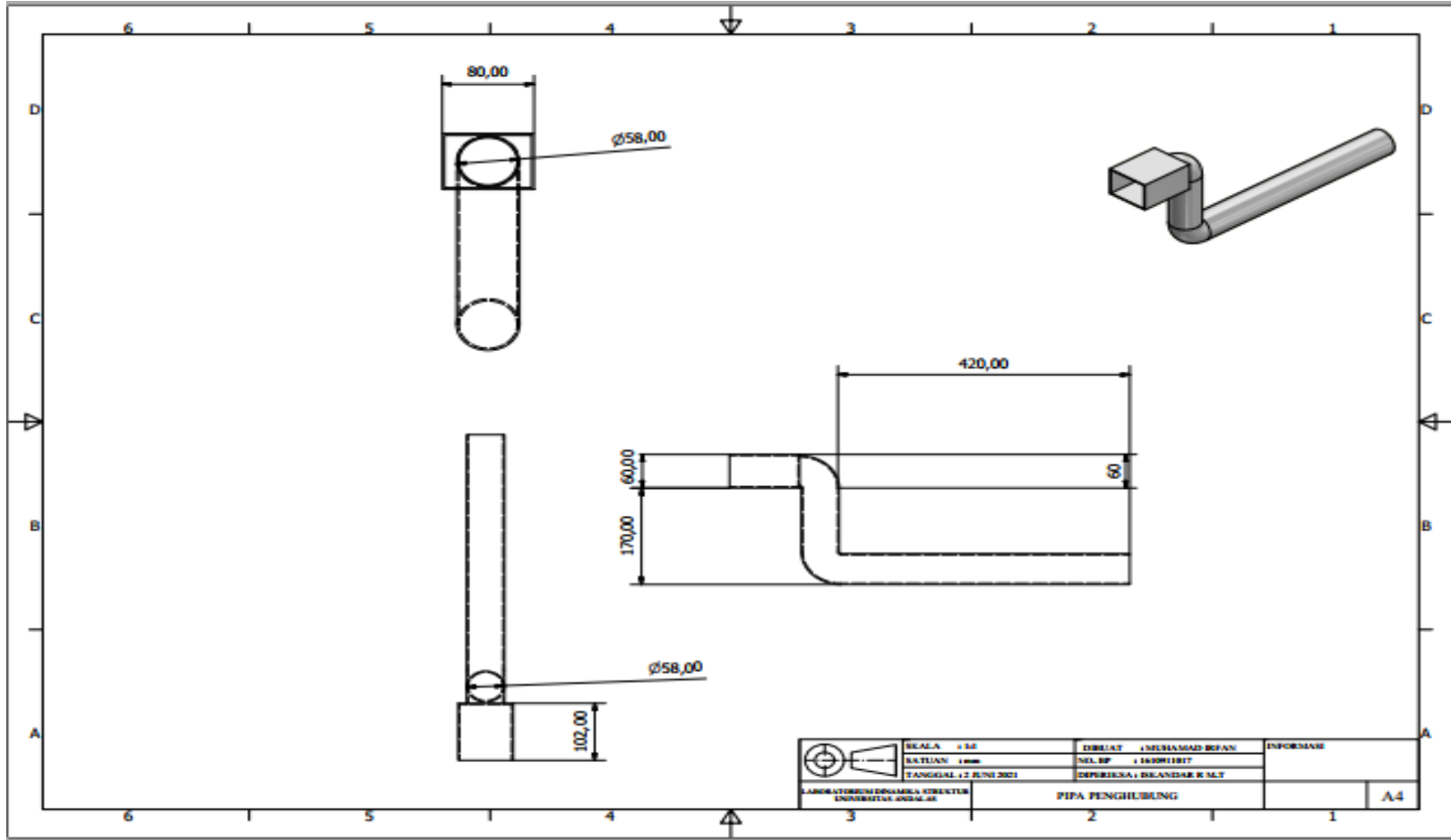
**LAMPIRAN A**  
**(DESAIN KOLEKTOR SURYA DAN**  
**RAK PENGERING)**

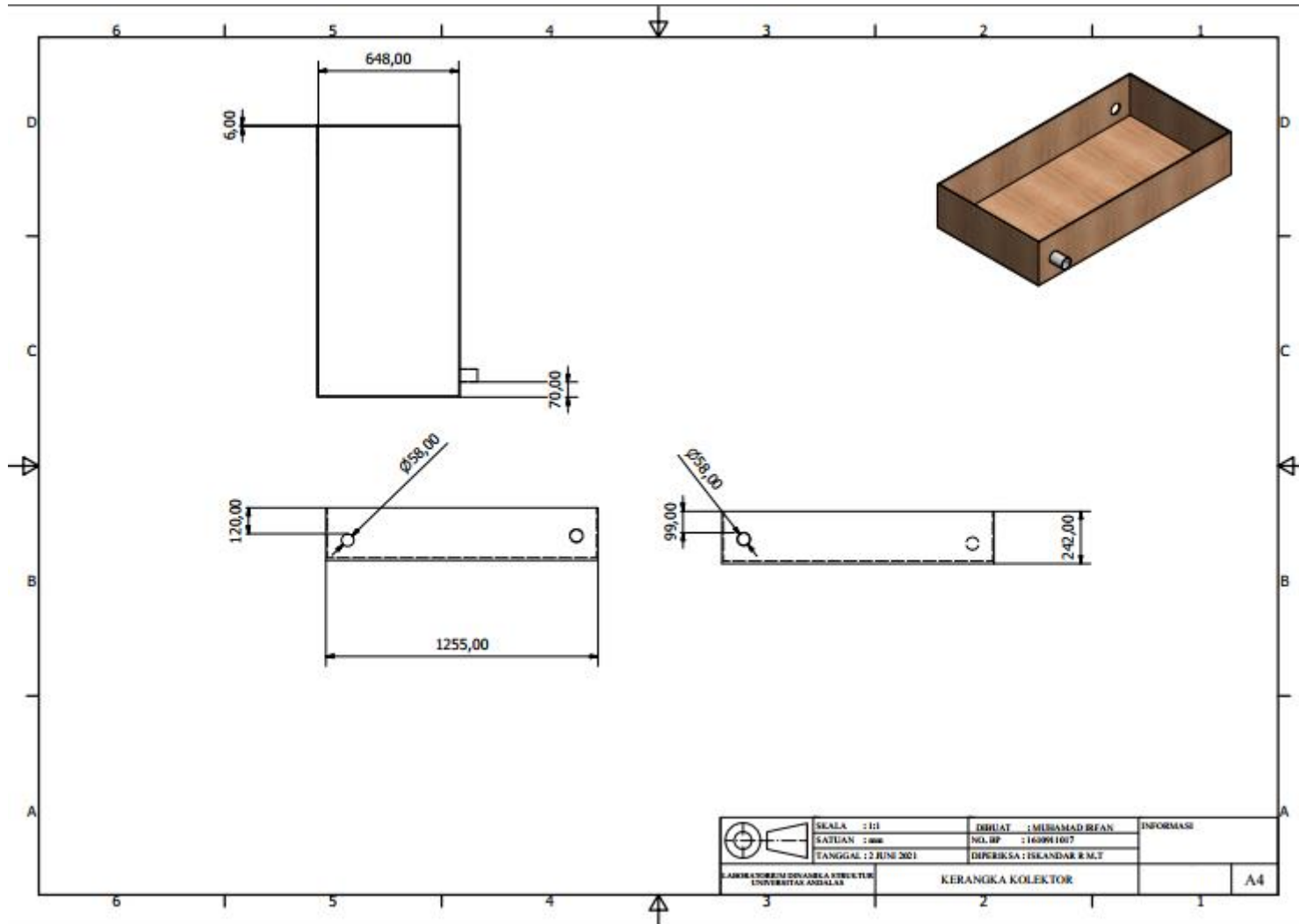


	SKALA : 1:10	DIBUAT : MELHAMD BEBAN	INFORMASI 1-1 A4
	SATUAN : mm	TEL. BP : 14001107	
	TANGGAL : 2 JUNI 2021	DEPERIKSA : DEANDAR K ALY	
LABORATORIUM TEKNIK GEBYER UNIVERSITAS ANDALAS	TURBIN VENTILATOR		

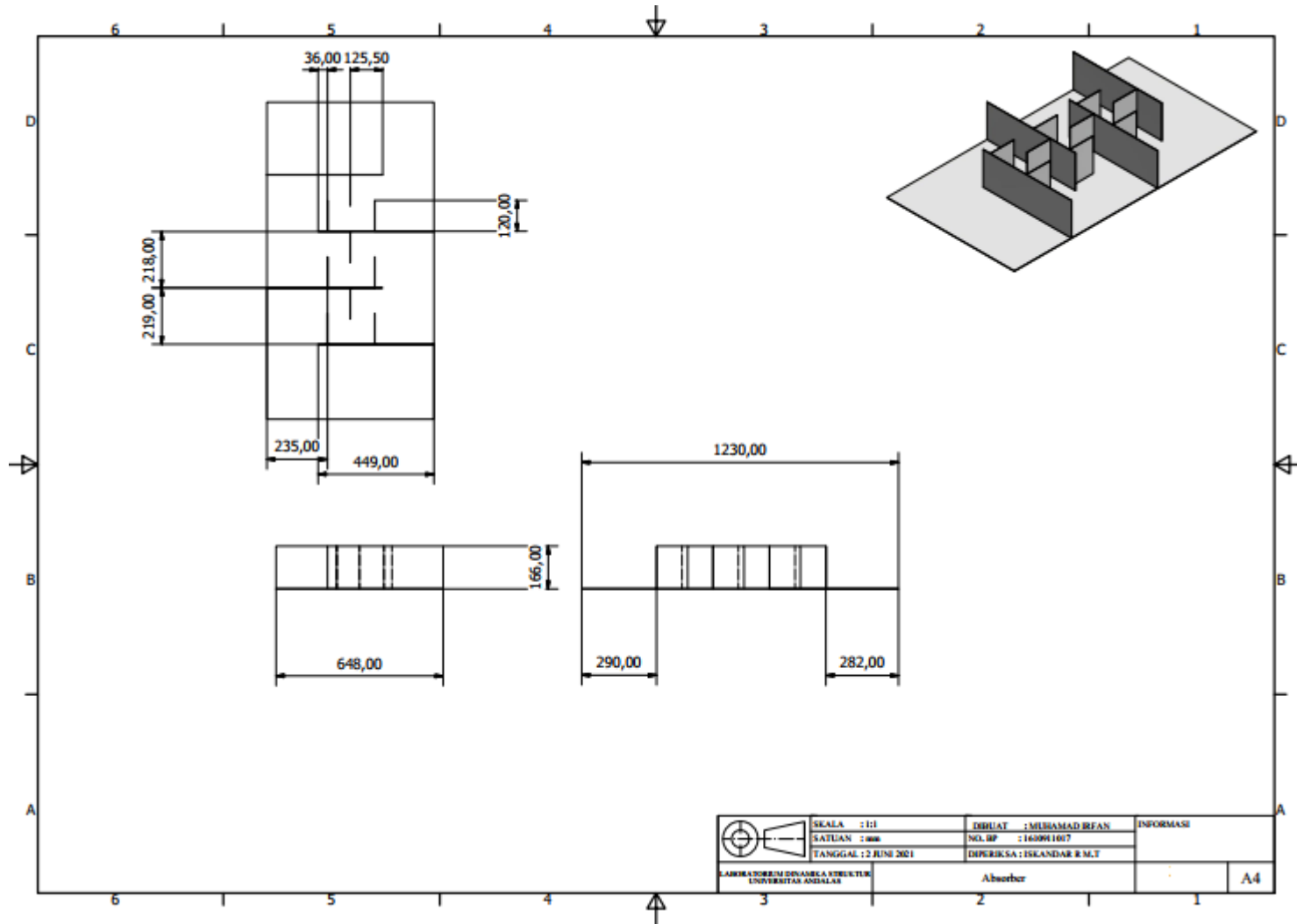


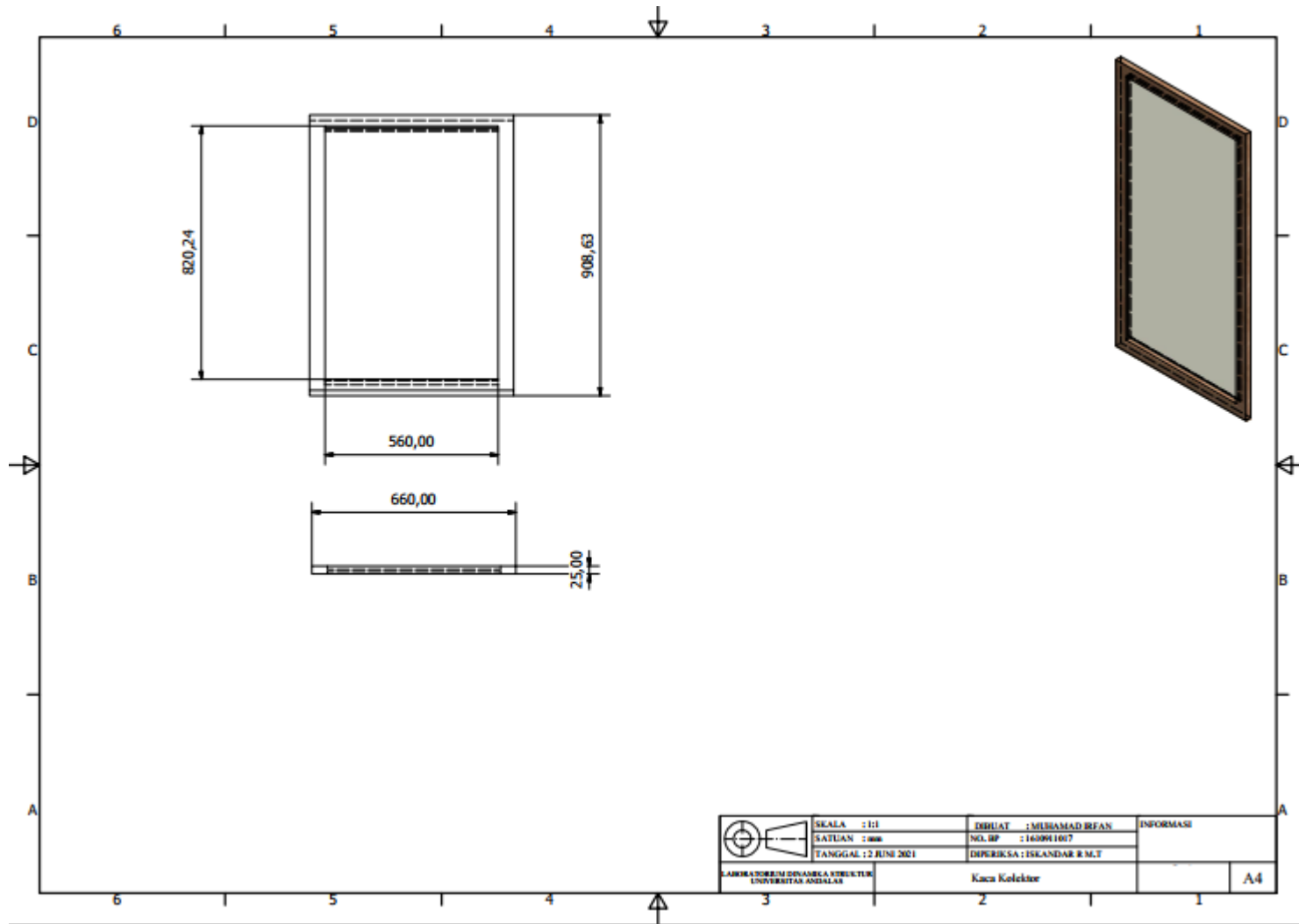




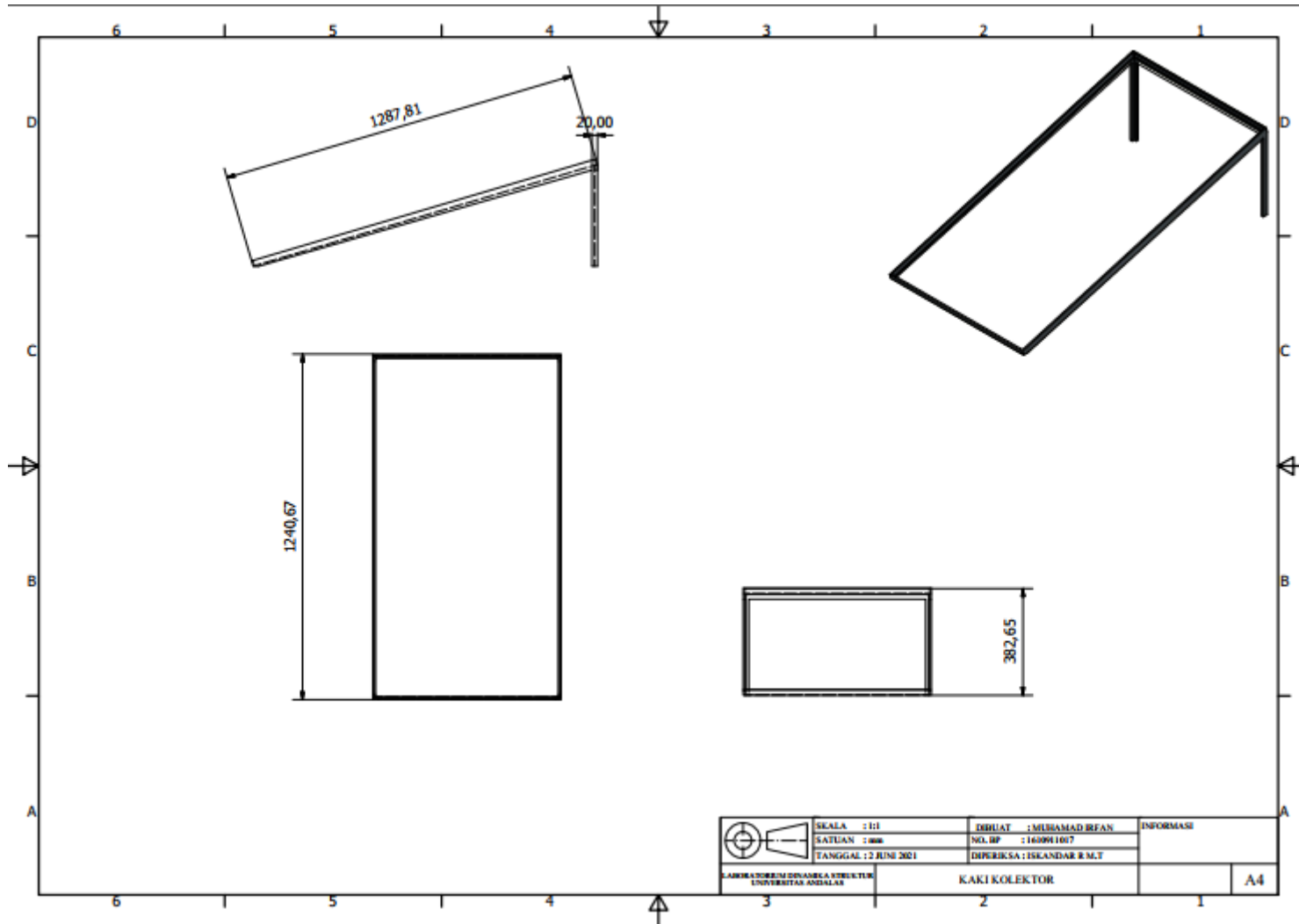



 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ANDALAS	SEALA : 111	DESIAT : MUSAAD REAN	INFORMASI
	SATUAN : 2.000	NIL. BP : 1450911017	
	TANGGAL : 12 JUNI 2021	DIPERIKSA : ISLANDAR R.M.T	
KERANGKA KOLEKTOR			A4

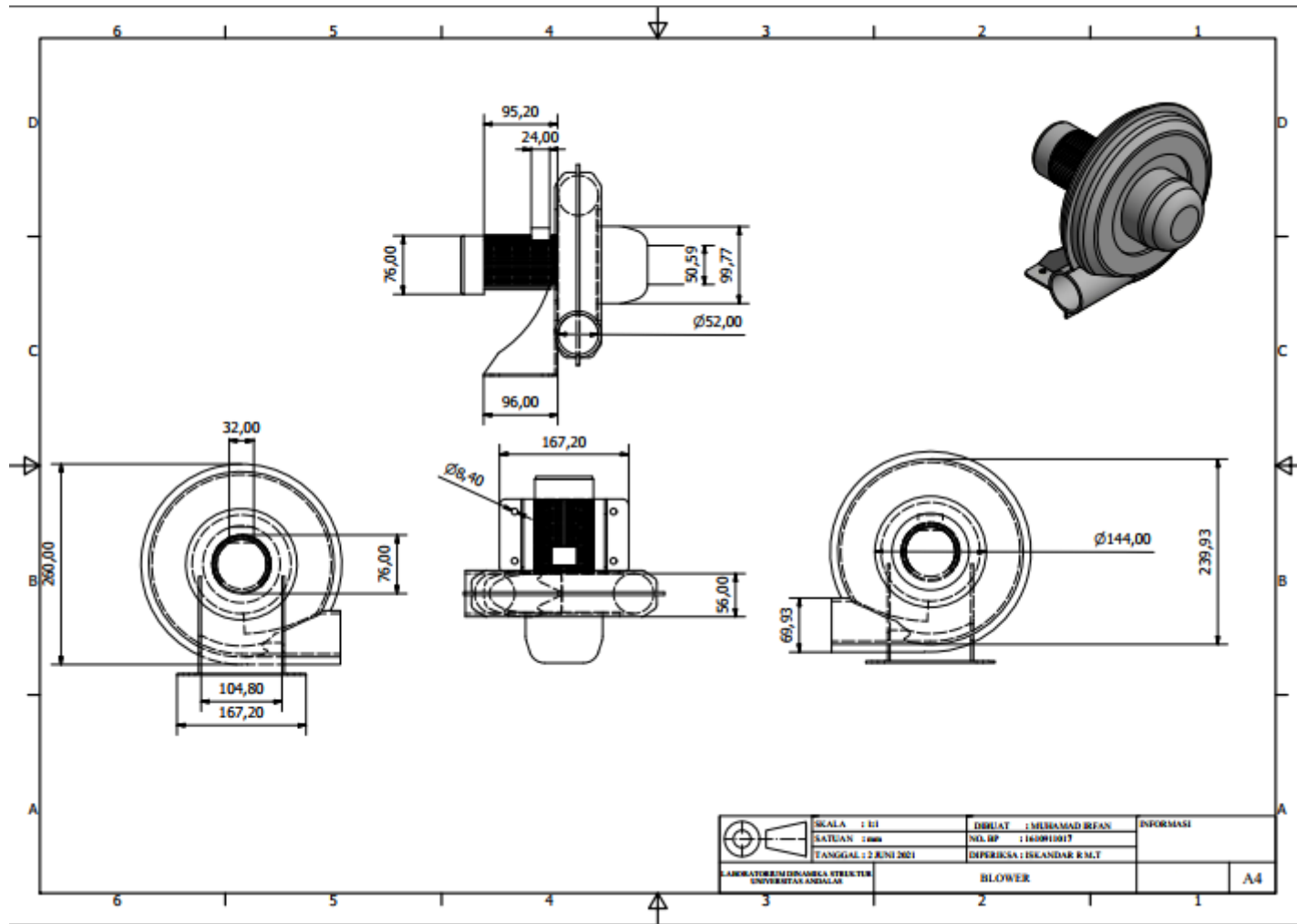





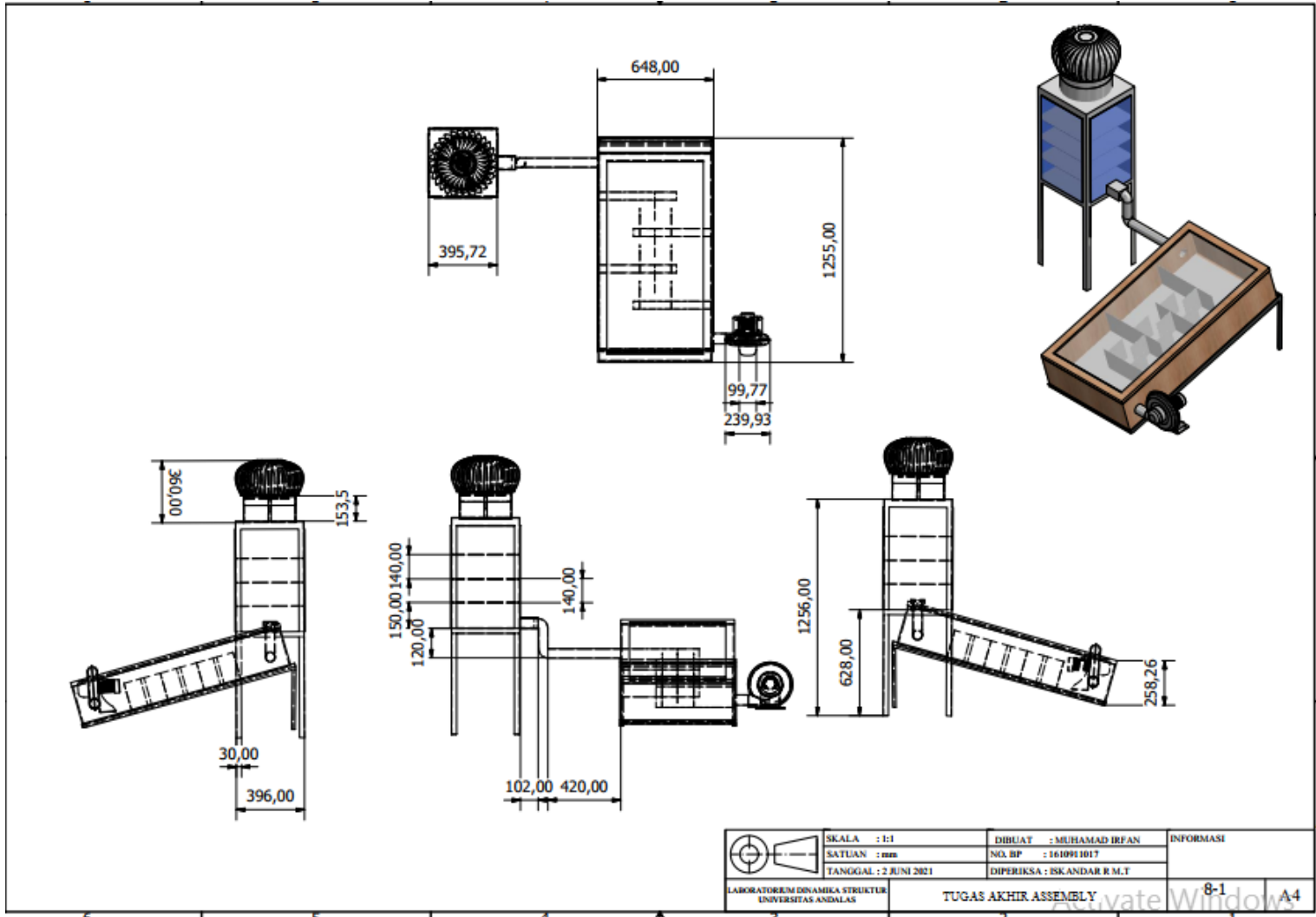
	SKALA : 1:1	DIBUAT : MURAMAD REYAN	INFORMASI
	SATUAN : mm	NO. BP : 1160941607	
	TANGGAL : 12 JUNI 2021	DIPERIKSA : ISKANDAR R.M.T	
LABORATORIUM TEKNOLOGI ARSITEKTUR UNIVERSITAS ANDALAS		Kaca Kolektor	A4




 <small>LAMBAKORUM DINASARCA TEKNIK</small> <small>UNIVERSITAS ANDALAS</small>	SEALA : 1:1	DIBUAT : MUSAADIRIFAN	INFORMASI
	SATUAN : mm	NOL. 1P : 1450911017	
	TANGGAL : 12 JUNI 2021	DIPERIKSA : ISLANDAR R.M.T	
KAKI KOLEKTOR			A4

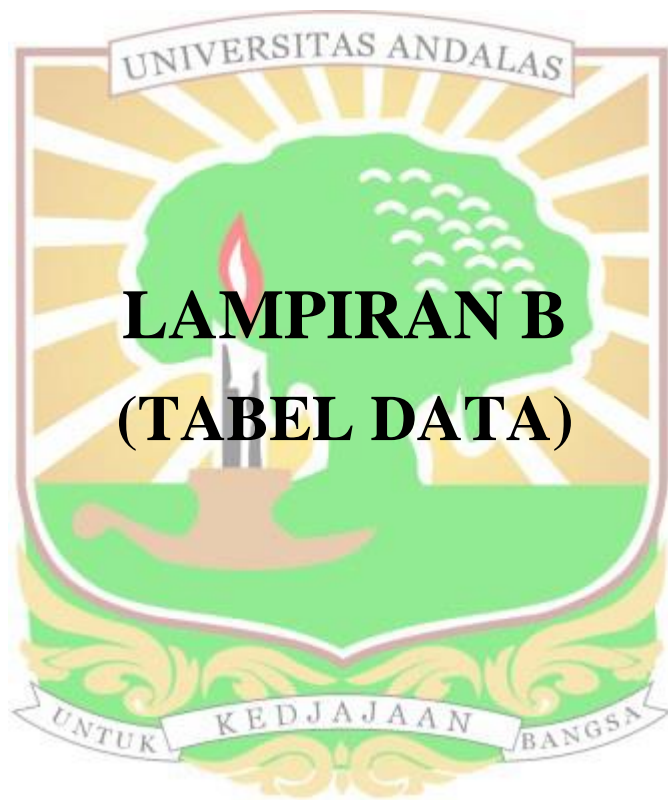


	SKALA : 1:1	DIBUAT : MUHAMMAD IRFAN	INFORMASI
	SATUAN : mm	NILAI BP : 1640010013	
	TANGGAL : 2 JUNI 2021	DIPERIKSA : ISKANDAR R.M.T	
LABORATORIUM DINAMISIA TEKNIK UNIVERSITAS ANDALAS		BLOWER	A4



	SKALA : 1:1	DIBUAT : MUHAMAD IRFAN	INFORMASI
	SATUAN : mm	NO. BP : 161091017	
	TANGGAL : 2 JUNI 2021	DIPERIKSA : ISKANDAR R.M.T	
LABORATORIUM DINAMIKA STRUKTUR UNIVERSITAS ANDALAS	TUGAS AKHIR ASSEMBLY		8-1





**LAMPIRAN B  
(TABEL DATA)**

## B.1 Pengujian hari pertama

No	Waktu	Eglobe (w/m <sup>2</sup> )	Eglobe lux	T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	Tabs (°C)			Trak (°C)			Massa (gram)			
						T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>r1</sub>	T <sub>r2</sub>	T <sub>r3</sub>	M <sub>konv</sub>	M <sub>rak1</sub>	M <sub>rak2</sub>	M <sub>rak3</sub>
1	09.00	446,35	565	25	39	25	37,3	39,5	38,9	38,8	38,6	277	355	255	273
2	09.30	474,79	601	35	50,2	37,3	48	50,5	39,5	39	38	276	351	251	270
3	10.00	634,37	803	37	50,8	37,7	48,9	50,9	40,8	40,6	40	273	345	246	268
4	10.30	416,33	527	35,4	39,1	36,5	38,3	41	39,2	39,1	38,8	270	341	243	266
5	11.00	810,54	1026	42,2	68	45,6	64,6	71,1	51,1	49,1	47	268	336	239	263
6	11.30	1017,52	1288	47,7	76,1	49	72,4	86,7	59	57,9	48	263	331	234	259
7	12.00	778,15	985	42,4	66	44,7	59,5	70,5	50,1	49,2	42	259	324	229	255
8	12.30	699,15	885	40,1	52,8	40,3	53	56	44,1	43,5	39,9	255	316	223	250
9	13.00	797,11	1009	44,6	68	46,9	67	71	50,9	49,8	45,3	253	313	229	247
10	13.30	793,95	1005	41,7	58	43	65	60,1	49,4	48,2	44,1	249	309	225	245
11	14.00	754,45	955	41,2	52,1	44,2	59	55,6	44,1	44,1	40,1	246	306	221	240
12	14.30	795,53	1007	44,3	52	46,3	62,3	55,8	50	48,8	45	240	303	217	236
13	15.00	557,74	706	35,2	46,7	38,2	47,4	47,1	44,6	44,3	39,4	238	301	213	235
14	15.30	601,19	761	40,1	48,7	41,2	50,3	48,5	47,1	47	39,6	236	299	210	233
15	16.00	560,11	709	39,5	46,1	39,5	47,1	45,6	45,3	45,3	40,9	235	298	208	231



No	Waktu	k (W/mK)	v (m <sup>2</sup> /s)	Pr	Re	Tf (°C)	Tio (°C)	Tabs (°C)	Tabs- Tio (°C)	h (W/m <sup>2</sup> K)	Qudara (W)	Qrad (W)	η (100%)	V (m/s)	L (m)	As (m <sup>2</sup> )
1	09.00	0,02612	1,635× <sup>-05</sup>	0,72737	1052640	32,967	32	33,9333	1,933	46,453	60,755	301,956	20,121	14	1,23	0,6765
2	09.30	0,02691	1,739× <sup>-05</sup>	0,7244	989792	43,933	42,6	45,2667	2,667	45,498	82,078	321,195	25,554			
3	10.00	0,02698	1,75× <sup>-05</sup>	0,72414	984720	44,867	43,9	45,8333	1,933	45,422	59,407	429,151	13,843			
4	10.30	0,02647	1,68× <sup>-05</sup>	0,72604	1023480	37,925	37,25	38,6	1,350	45,995	42,006	281,647	14,914			
5	11.00	0,02792	1,87× <sup>-05</sup>	0,72078	918835	57,767	55,1	60,4333	5,333	44,397	160,185	548,330	29,213			
6	11.30	0,02817	1,91× <sup>-05</sup>	0,71988	902260	65,633	61,9	69,3667	7,467	44,137	222,947	688,352	32,389			
7	12.00	0,0278	1,86× <sup>-05</sup>	0,72118	926343	56,217	54,2	58,2333	4,033	44,514	121,460	526,418	23,073			
8	12.30	0,02721	1,78× <sup>-05</sup>	0,72329	967503	48,108	46,45	49,7667	3,317	45,156	101,317	472,975	21,421			
9	13.00	0,02801	1,89× <sup>-05</sup>	0,72047	913105	58,967	56,3	61,6333	5,333	44,308	159,863	539,245	29,646			
10	13.30	0,02756	1,83× <sup>-05</sup>	0,72204	942617	52,942	49,85	56,0333	6,183	44,768	187,267	537,107	34,866			
11	14.00	0,02734	1,796× <sup>-05</sup>	0,72285	958797	49,792	46,65	52,9333	6,283	45,021	191,369	510,385	37,495			
12	14.30	0,02746	1,81× <sup>-05</sup>	0,72242	950093	51,475	48,15	54,8	6,650	44,885	201,926	538,176	37,520			
13	15.00	0,02681	1,73× <sup>-05</sup>	0,72477	997174	42,592	40,95	44,2333	3,283	45,608	101,303	377,311	26,849			
14	15.30	0,02703	1,76× <sup>-05</sup>	0,72396	981129	45,533	44,4	46,6667	2,267	45,367	69,565	406,705	17,105			
15	16.00	0,02687	1,73× <sup>-05</sup>	0,72454	992530	43,433	42,8	44,0667	1,267	45,539	39,022	378,914	10,298			



## B.2 Pengujian hari kedua

No	Waktu	Eglobe (w/m <sup>2</sup> )	Eglobe (lux)	T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	Tabs (°C)			Trak (°C)			Massa (gram)			
						T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>r1</sub>	T <sub>r2</sub>	T <sub>r3</sub>	M <sub>konv</sub>	M <sub>rak1</sub>	M <sub>rak2</sub>	M <sub>rak3</sub>
1	09.00	1025,42	1298	45,3	64,8	48,2	61,2	66,8	47,1	45,5	45,2	269	284	265	269
2	09.30	634,37	803	39,6	56,5	40,2	51	59	41,7	41	38,8	266	276	260	265
3	10.00	745,76	944	39,7	64,9	41,1	57,4	66	44	43,7	39,2	264	271	255	263
4	10.30	972,49	1231	42	66	42,4	68	69,2	48,2	47,5	40,4	263	266	251	261
5	11.00	960,64	1216	45,2	69,5	46,1	68,3	74,9	54	50,8	44,3	257	258	245	256
6	12.30	971,7	1230	44,8	70,7	46,1	68,3	77,2	46,4	45,2	44,2	256	253	240	254
7	12.00	1032,53	1307	50,6	71,3	53,2	73,2	77,6	50	49,6	47	253	246	236	251
8	12.30	1045,17	1323	52	74	56,1	77,1	80,6	55,9	55,1	47,5	248	242	233	247
9	13.00	902,97	1143	44,4	65,7	46	68,1	68,9	43,4	42,5	42,9	246	239	230	244
10	13.30	830,29	1051	44,1	64,4	47,4	65,5	65,1	42,9	42,8	41,2	242	236	228	242
11	14.00	792,37	1003	46,2	56,2	47,2	63,2	57,3	54,2	52,2	44,6	238	233	225	238
12	14.30	741,81	939	37,3	48,9	38,3	54,2	49,3	47,6	45,3	36,8	233	230	222	234
13	15.00	795,53	1007	40,2	63	40,3	66,2	63,8	49,4	48,7	39,3	229	227	219	231
14	15.30	752,08	952	36	50	36,3	53,5	50,7	44,6	43,4	39,2	224	223	216	228
15	16.00	871,37	1103	43,1	60,3	43,5	67	60,7	50,8	43	41,1	223	222	213	226



No	Waktu	k (W/mK)	v (m <sup>2</sup> /s)	Pr	Re	Tf (°C)	Tio (°C)	Tab <sub>s</sub> (°C)	Tab <sub>s</sub> - Tio (°C)	h (W/m <sup>2</sup> K)	Qudara (W)	Qrad (W)	η (100%)	V (m/s)	L (m)	As (m <sup>2</sup> )
1	09.00	0,027853	1,866× <sup>-05</sup>	0,721008	923058	56,892	55,05	58,733	3,683	44,463	110,792	693,697	15,971	14	1,23	0,6765
2	09.30	0,026922	1,789× <sup>-05</sup>	0,723045	962570,4	49,058	48,05	50,067	2,017	44,484	60,689	429,151	14,142			
3	10.00	0,027607	1,832× <sup>-05</sup>	0,721873	939833,2	53,567	52,3	54,833	2,533	44,727	76,654	504,507	15,194			
4	10.30	0,027856	1,676× <sup>-05</sup>	0,720997	1027222	56,933	54	59,867	5,867	48,439	192,244	657,889	29,221			
5	11.00	0,028096	1,898× <sup>-05</sup>	0,720142	907172,8	60,225	57,35	63,100	5,750	44,215	171,992	649,873	26,465			
6	11.30	0,028139	1,904× <sup>-05</sup>	0,71999	904449	60,808	57,75	63,867	6,117	44,173	182,784	657,355	27,806			
7	12.00	0,028407	1,940× <sup>-05</sup>	0,719081	887490,5	64,475	60,95	68,000	7,050	43,904	209,394	698,507	29,977			
8	12.30	0,027871	1,967× <sup>-05</sup>	0,718417	875614	67,133	63	71,267	8,267	42,601	238,242	707,058	33,695			
9	13.00	0,027936	1,877× <sup>-05</sup>	0,720714	917595	58,025	55,05	61,000	5,950	44,378	178,629	610,859	29,242			
10	13.30	0,027846	1,865× <sup>-05</sup>	0,721034	923543,1	56,792	54,25	59,333	5,083	44,471	152,929	561,691	27,227			
11	14.00	0,027609	1,833× <sup>-05</sup>	0,721877	939551,2	53,550	51,2	55,900	4,700	44,721	142,191	536,038	26,526			
12	14.30	0,027003	1,752× <sup>-05</sup>	0,724052	983011,4	45,183	43,1	47,267	4,167	45,396	127,959	501,834	25,498			
13	15.00	0,027655	1,839× <sup>-05</sup>	0,720272	936380,2	54,183	51,6	56,767	5,167	44,641	156,033	538,176	28,993			
14	15.30	0,026984	1,749× <sup>-05</sup>	0,724123	984450	44,917	43	46,833	3,833	45,418	117,780	508,782	23,149			
15	16.00	0,02767	1,841× <sup>-05</sup>	0,72166	935383,2	54,383	51,7	57,067	5,367	44,655	162,124	589,482	27,503			



### B.3 Pengujian hari ketiga

No	Waktu	Eglobe (w/m <sup>2</sup> )	Eglobe lux	T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	Tabs (°C)			Trak (°C)			Massa (gram)			
						T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>r1</sub>	T <sub>r2</sub>	T <sub>r3</sub>	M <sub>konv</sub>	M <sub>rak1</sub>	M <sub>rak2</sub>	M <sub>rak3</sub>
1	09.00	652,54	826	38,5	51,3	38,7	54,5	51,5	40,5	40,1	35,5	218	366	302	246
2	09.30	780,52	988	39,2	61,7	40,9	59,4	64,1	45,8	43,8	40	214	357	298	243
3	10.00	796,32	1008	40	67,9	44,7	63,9	70,4	47,1	44,5	40,5	211	351	292	239
4	10.30	822,39	1041	42,7	72,9	46,4	70	75,2	48,3	47,3	43,4	209	345	288	237
8	11.00	835,82	1058	44	74,9	49	71,7	77,2	49	48,8	44,4	205	337	281	235
5	11.30	928,25	1175	43,3	77	50,1	73,7	78,5	54,3	49,8	45,4	200	328	275	232
6	12.00	952,74	1206	44,2	77,4	51,3	74,5	79,1	55	50,1	46,5	196	324	271	229
7	12.30	955,9	1210	46,8	78	53,2	79,1	81	56,1	50,7	47	192	318	267	227
9	13.00	867,42	1098	46	70,5	49,4	69,3	72,8	55,8	50,3	44,4	189	313	263	224
10	13.30	816,07	1033	45,2	62,1	49,3	61,4	64,4	54,4	49	44,1	185	310	260	221
11	14.00	742,6	940	44,9	62	48	60,3	63,9	53,5	48,3	44	182	308	257	218
12	14.30	665,18	842	44	50,3	44,3	55,8	51,4	50	47,7	43	180	305	254	216
13	15.00	601,19	761	42	49,9	42,5	53,3	50,7	47,3	46,4	42,3	179	305	252	214
14	15.30	560,11	709	39,3	45,6	40,1	47,5	46,5	46	45,5	39,3	177	302	250	212
15	16.00	591,71	749	42	48,3	42,8	51,3	48,9	47,3	46,1	41,2	177	302	250	211

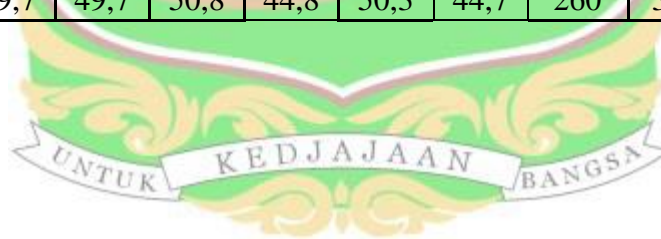


No	Waktu	k (W/mK)	v (m <sup>2</sup> /s)	Pr	Re	Tf (°C)	Tio (°C)	Tabs (°C)	Tabs- Tio (°C)	h (W/m <sup>2</sup> K)	Qudara W	Qrad W	η (100%)	V (m/s)	L (m)	As (m <sup>2</sup> )
1	09.00	0,02724	1,77× <sup>-05</sup>	0,72191	975615,28	46,567	44,9	48,233	45,468	45,468	102,531	441,443	23,226	14	1,23	0,6765
2	09.30	0,02754	1,82× <sup>-05</sup>	0,72212	944221,31	52,625	50,45	54,800	4,35	44,793	131,817	528,022	24,964			
3	10.00	0,02785	1,86× <sup>-05</sup>	0,72103	923462,2	56,808	53,95	59,667	5,7167	44,469	171,978	681,912	25,220			
4	10.30	0,02814	1,90× <sup>-05</sup>	0,71998	904332,6	60,833	57,8	63,867	6,0667	44,171	181,282	556,347	32,584			
5	11.00	0,02828	1,92× <sup>-05</sup>	0,71952	896950	62,708	59,45	65,967	6,5167	44,086	194,355	565,432	34,373			
6	11.30	0,02836	1,93× <sup>-05</sup>	0,71425	890595,6	63,792	60,15	67,433	7,2833	43,851	216,063	627,961	34,407			
7	12.00	0,02841	1,94× <sup>-05</sup>	0,71906	1,941045	64,550	60,8	68,300	7,5	43,899	222,732	644,529	34,557			
8	12.30	0,02857	1,96× <sup>-05</sup>	0,71851	877306,94	66,750	62,4	71,100	8,7	43,744	257,455	646,666	39,813			
9	13.00	0,02816	1,91× <sup>-05</sup>	0,71994	903314,6	61,042	58,25	63,833	5,5833	47,488	179,370	586,810	30,567			
10	13.30	0,02767	1,86× <sup>-05</sup>	0,72124	927361,19	56,008	53,65	58,367	4,7167	44,53	142,088	552,071	25,737			
11	14.00	0,02775	1,85× <sup>-05</sup>	0,72139	930225	55,425	53,45	57,400	3,95	44,575	119,112	502,369	23,710			
12	14.30	0,02695	1,74× <sup>-05</sup>	0,72391	987181,55	48,825	47,15	50,500	3,35	45,451	103,005	449,994	22,890			
13	15.00	0,02689	1,74× <sup>-05</sup>	0,72394	991090,5	47,392	45,95	48,833	2,8833	45,506	88,763	406,705	21,825			
14	15.30	0,02645	1,72× <sup>-05</sup>	0,72371	1001652	43,575	42,45	44,700	2,25	45,136	68,702	378,914	18,131			
15	16.00	0,02656	1,73× <sup>-05</sup>	0,72388	993790,3	46,408	45,15	47,667	2,5167	45,034	76,671	400,292	19,154			



#### B.4 Pengujian hari keempat

No	Waktu	Eglobe (w/m <sup>2</sup> )	Eglob e lux	T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	Tabs (°C)			Trak (°C)			Massa (gram)			
						T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>r1</sub>	T <sub>r2</sub>	T <sub>r3</sub>	M <sub>konv</sub>	M <sub>rak1</sub>	M <sub>rak2</sub>	M <sub>rak3</sub>
1	09.00	433,71	549	33,6	39,2	33,7	39,5	41,2	32,9	34,3	32,8	300	369	358	329
2	09.30	659,65	835	36,1	47,7	36,1	44,6	54,1	37,9	37,8	37,5	297	363	354	327
3	10.00	796,32	1008	40,1	49	40,1	56,1	58,9	42,3	45,4	41,4	293	356	351	325
4	10.30	474,79	601	33,1	42,9	34,1	44,1	46,3	38,2	41	38,2	291	349	346	323
8	11.00	377,62	478	32,7	41	32,7	42,6	44,6	37	40,2	36,8	286	343	341	320
5	11.30	537,99	681	36,5	46,6	36,5	47	49,2	39,3	42	39,3	285	340	338	319
6	12.00	512,71	649	35,3	48,4	35,3	47	48,8	39	41,9	38	283	335	336	317
7	12.30	1111,53	1407	39,4	52,5	49,4	69,2	60	41,8	46,6	40	280	329	331	314
9	13.00	900,6	1140	43,8	48	43,8	65	60	44,2	50,4	43,3	276	323	327	312
10	13.30	323,9	410	34,1	46,9	34,1	44,2	46	41	43,6	40,7	274	317	322	309
11	14.00	491,38	622	39,6	46,8	39,6	50,3	51,4	47,4	50,5	46,6	270	315	318	307
12	14.30	604,35	765	42,8	47	42,8	53	53,7	50,9	50	49,1	268	312	316	305
13	15.00	347,6	440	45,4	43,9	45,4	45	47	45	46,5	44	263	310	313	303
14	15.30	659,65	835	41,5	51,1	41,5	52,8	55,1	46,4	52,7	45,6	263	308	310	301
15	16.00	555,37	703	39,7	49,9	39,7	49,7	50,8	44,8	50,3	44,7	260	307	308	298





No	Waktu	k (W/m K)	v (m <sup>2</sup> /s)	Pr	Re	Tf (°C)	Tio (°C)	Tabs (°C)	Tabs- Tio (°C)	h (W/m <sup>2</sup> K)	Qudara W	Qrad W	η (100%)	V m/s	L m	As m <sup>2</sup>
1	09.00	0,02642	1,68× <sup>-05</sup>	0,72621	1027258	37,267	36,4	38,133	1,733	46,049	53,997	293,405	18,404	14	1,2 3	0,67 65
2	09.30	0,02687	1,73× <sup>-05</sup>	0,72454	992622	43,417	41,9	44,933	3,033	45,540	93,450	446,253	20,941			
3	10.00	0,02722	1,78× <sup>-05</sup>	0,72329	967416	48,125	44,55	51,700	7,150	45,154	218,410	538,710	40,543			
4	10.30	0,0266	1,70× <sup>-05</sup>	0,0266	1,69965	39,750	38	41,500	3,500	45,846	108,552	321,195	33,796			
5	11.00	0,0265	1,69× <sup>-05</sup>	0,72591	1020724	38,408	36,85	39,967	3,117	45,955	96,893	255,460	37,929			
6	11.30	0,02683	1,73× <sup>-05</sup>	0,72469	995514	42,892	41,55	44,233	2,683	45,583	82,746	363,950	22,735			
7	12.00	0,02683	1,73× <sup>-05</sup>	0,72339	996159	42,775	41,85	43,700	1,850	45,565	57,025	346,848	16,441			
8	12.30	0,02683	1,73× <sup>-05</sup>	0,72339	996159	52,742	45,95	59,533	13,583	45,565	418,700	751,950	55,682			
9	13.00	0,02743	1,81× <sup>-05</sup>	0,72252	952109	51,083	45,9	56,267	10,367	44,917	315,002	609,256	51,703			
10	13.30	0,02669	1,71× <sup>-05</sup>	0,72281	1006264	40,967	40,5	41,433	0,933	45,693	28,850	219,118	13,167			
11	14.00	0,027	1,75× <sup>-05</sup>	0,72284	983191	45,150	43,2	47,100	3,900	45,373	119,710	332,419	36,012			
12	14.30	0,02716	1,77× <sup>-05</sup>	0,72349	971389	47,367	44,9	49,833	4,933	45,216	150,903	408,843	36,910			
13	15.00	0,02701	1,75× <sup>-05</sup>	0,72404	982787	45,225	44,65	45,800	1,150	45,392	35,314	235,151	15,018			
14	15.30	0,02721	1,78× <sup>-05</sup>	0,72331	967807	48,050	46,3	49,800	3,500	45,160	106,928	446,253	23,961			
15	16.00	0,02705	1,76× <sup>-05</sup>	0,72389	979879	45,767	44,8	46,733	1,933	45,350	59,313	375,708	15,787			





**LAMPIRAN C**  
**(TABEL PERPINDAHAN PANAS)**

**TABLE A-15**











Properties of air at 1 atm pressure









Temp. $T, ^\circ\text{C}$	Density $\rho, \text{kg/m}^3$	Specific Heat $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Thermal Conductivity $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Thermal Diffusivity $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Dynamic Viscosity $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Kinematic Viscosity $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Prandtl Number Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-5}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7539





**LAMPIRAN D**  
**(KELAPA HASIL PENGERINGAN)**

Hari	Pengeringan Matahari Langsung	Pengeringan Rak 1	Pengeringan Rak 2	Pengeringan Rak 3
<p>1</p> <p>9/02/2021</p>				
<p>2</p> <p>10/02/2021</p>				

Hari	Pengeringan Matahari Langsung	Pengeringan Rak 1	Pengeringan Rak 2	Pengeringan Rak 3
<p>3</p> <p>17/02/2021</p>				
<p>4</p> <p>18/02/2021</p>				



PERPUSTAKAAN JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ANDALAS PADANG  
*Kampus Unand Limau Manis Padang 25163 Tlp. 0751-72586*

**SURAT KETERANGAN UJI SIMILARITY**

No. :B/398/UN.16.09.3.1 /TA.01.02/2021

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa :

Nama : Muhamad Irfan  
Nomor Buku Pokok : 1610911017

Yang tersebut namanya di atas telah diperiksa similarity/originality dari Tugas Akhir nya menggunakan *Software* Turnitin dengan hasil sebesar : 6%. Demikianlah surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan semestinya.

Padang, 17 November 2021  
Pustakawan

**Tri Dewi Yulita, S. IP**