

**REKAYASA ALAT PENDINGER BURIKET BIOARANG DENGAN  
TENAGA SURYA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata S - 1  
Teknik Industri**



Oleh :

Nama : Hendrik Prayitno

No. Mahasiswa : 06 522 236

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2011**

## PENGAKUAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.



Yogyakarta, Desember 2011

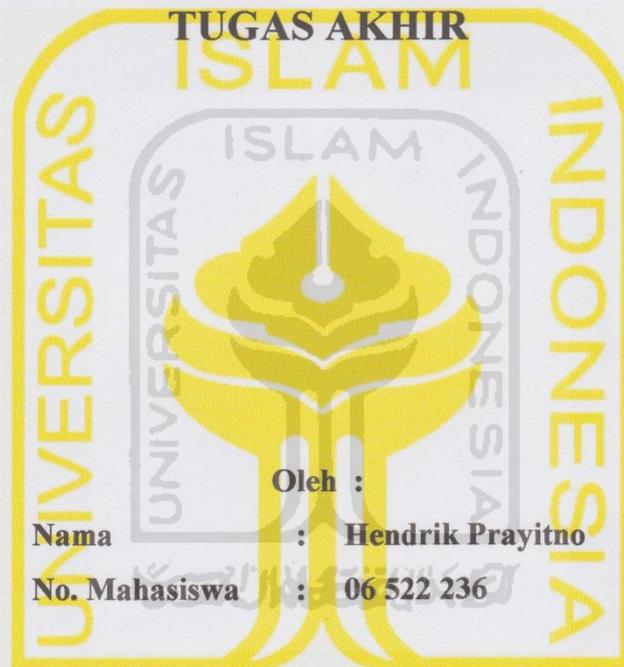


*Hendrik Prayitno*  
Hendrik Prayitno  
NIM : 06522236

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**REKAYASA ALAT PENGERING BRIKET BIOARANG DENGAN  
TENAGA SURYA**

**TUGAS AKHIR**



Oleh :

Nama : Hendrik Prayitno

No. Mahasiswa : 06 522 236

Yogyakarta, November 2011

Pembimbing,

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'Chairul Saleh', is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a large loop on the left side.

**Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**REKAYASA ALAT PENDINGERING BRIKET BIOARANG DENGAN  
TENAGA SURYA**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

Nama : Hendrik Prayitno

No. Mahasiswa : 06 522 236

Telah Dipertahankan di Depan Penguji Sebagai  
Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana S-1  
Teknik Industri

Yogyakarta, Desember 2011

**Tim Penguji**

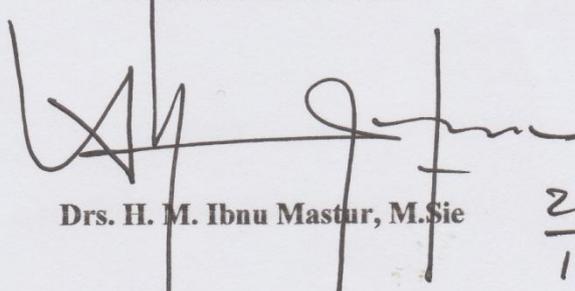
Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc  
Ketua

Agus Mansur, ST, M.Eng.Sc  
Anggota I

Yuli Agusti Rochman, ST, M.Eng.  
Anggota II

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

  
Drs. H. M. Ibnu Mastur, M.Sie

$\frac{28}{12}$  2011

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada :

Kedua orang tua

Adik Penulis



## HALAMAN MOTTO

إِنَّمَا أَمْرُهُ إِذَا أَرَادَ شَيْئًا أَنْ يَقُولَ لَهُ كُنْ فَيَكُونُ

Sesungguhnya keadaan-Nya apabila Dia menghendaki sesuatu hanyalah berkata kepadanya: "Jadilah!"  
Maka terjadilah ia. (QS. Yasiin 82)



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Sholawat dan salam kita junjungkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah mengajarkan kepada kita ketauhidan dan cara beribadah kepada sang Pencipta.

Syukur alhamdulillah, penulis ucapkan atas selesainya tugas akhir ini, yang merupakan salah satu syarat untuk meraih Gelar Sarjana Srata-1 di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Tahap demi tahap dalam menyusun Tugas Akhir ini telah dilaksanakan baik dalam melakukan penelitian maupun penulisan Tugas Akhir ini. Dimana dalam tahap-tahap tersebut tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Oleh karena itu dengan sepuh hati, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, diantaranya :

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Ketua Jurusan Teknik Industri dan seluruh stafnya, Universitas Islam Indonesia.
3. Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc. selaku pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Syahri yang telah membimbing selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua yang telah memberikan semangat dan selalu mendoakan.
6. Adik dan saudara yang telah memberikan semangat.
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat di sebutkan satu persatu.

Semoga ilmu yang telah didapat penulis dapat bermanfaat untuk lingkungan dan khalayak umum. Amin.

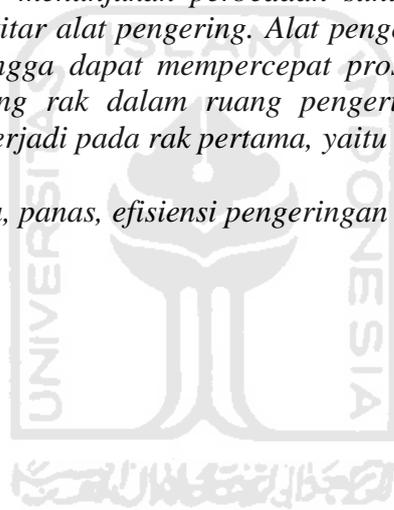
Yogyakarta, Desember 2011

Penulis

## ABSTRAK

*Dalam kehidupan sehari - hari, penggunaan energi alternatif tidak pernah lepas dalam kegiatan masyarakat. Namun, dalam penggunaannya masih belum optimal. Energi yang berasal dari matahari sering dimanfaatkan dalam penggunaan energi alternatif. Panas radiasi matahari sering digunakan dalam kegiatan penjemuran atau proses pengeringan. Perancangan alat pengering kolektor surya ini untuk menghasilkan kalor yang mampu untuk menghasilkan panas dalam ruang pengering, sehingga proses pengeringan suatu bahan dapat berlangsung cepat. Alat pengering dibuat dengan sistem rak pada ruang pangeringnya. Panas dalam ruang pengering berasal dari udara panas yang dialirkan dari kolektor surya. Besar panas yang dihasilkan kolektor surya semakin meningkat pada waktu menjelang siang hari, dan panas berangsur turun ketika waktu menjelang sore hari. Pengukuran dengan menggunakan thermometer menunjukkan perbedaan suhu yang ada didalam ruang pengering dengan suhu sekitar alat pengering. Alat pengering kolektor surya mampu meningkatkan panas, sehingga dapat mempercepat proses pengeringan, kecepatan pengeringan masing masing rak dalam ruang pengering berbeda-beda, efisiensi pengeringan paling cepat terjadi pada rak pertama, yaitu 1 jam.*

*Kata kunci : kolektor surya, panas, efisiensi pengeringan*



## TAKARIR

<i>Absorber</i>	: Penyerap
<i>Absorbtivitas</i>	: Nilai yang menyatakan kemampuan suatu permukaan untuk menyerap energi
<i>Cover</i>	: Penutup
<i>Blower</i>	: Kipas untuk mengatur aliran udara
<i>Dryer</i>	: Pengering
<i>Emisivitas</i>	: Nilai yang menyatakan kemampuan suatu permukaan untuk memancarkan energi.
<i>Fan</i>	: Kipas
<i>Fotovoltaik</i>	: Metode konversi energi matahari menjadi energi listrik.
<i>Hybrid</i>	: Penggunaan dua atau lebih sistem pembangkit energi.
<i>Thermometer</i>	: Alat ukur suhu
<i>Transmisivitas</i>	: Nilai yang menyatakan kemampuan suatu permukaan untuk meneruskan energi.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PENGAKUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK.....	viii
TAKARIR .....	xi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Kajian Pustaka Induktif .....	5
2.2. Proses Pengeringan .....	6

2.3. Alat Pengering Tenaga Surya .....	11
2.4. Kolektor Surya.....	13
2.4.1. Tingkat isolasi dan arah kolektor surya.....	14
2.4.2. Tingkat penyerapan permukaan <i>absorber</i> .....	15
2.4.3. Tingkat transmisi material penutup.....	16
2.5. Neraca energi untuk kolektor surya .....	17
2.6. Kadar Air .....	20
2.7. Efisiensi Pengeringan .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1. Perancangan Alat.....	21
3.2. Model Matematis.....	26
3.2.1. Perhitungan Kadar Air.....	26
3.2.2. Analisis Rugi Kalor dari Kolektor.....	27
3.2.3. Menghitung Panas yang Dihasilkan Kolektor.....	28
3.2.4. Efisiensi Pengeringan Kolektor.....	29
3.3. Data yang Diperlukan.....	29
3.4. Alat yang Digunakan.....	29
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	30
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>	<b>31</b>
4.1. Pengumpulan Data.....	31
4.1.1. Berat Bahan .....	31
4.1.2. Data Radiasi Matahari .....	32
4.1.3. Data Suhu .....	33
4.2. Pengolahan Data .....	35
4.2.1. Perhitungan kadar air.....	35

4.2.1.1.	Perhitungan kadar air rak 1 bahan briket .....	35
4.2.1.2.	Perhitungan kadar air rak 2 bahan briket .....	36
4.2.1.3.	Perhitungan kadar air rak 3 bahan briket .....	37
4.2.1.4.	Perhitungan kadar air rak 4 bahan briket .....	38
4.2.1.5.	Perhitungan kadar air rak 1 bahan cabe .....	39
4.2.1.6.	Perhitungan kadar air rak 2 bahan cabe .....	40
4.2.1.7.	Perhitungan kadar air rak 3 bahan cabe .....	41
4.2.1.8.	Perhitungan kadar air rak 4 bahan cabe .....	42
4.2.2.	Rugi Kalor Dari Kolektor .....	43
4.2.2.1.	Percobaan bahan briket .....	43
4.2.2.2.	Percobaan bahan cabe .....	44
4.2.3.	Panas Yang Di Hasilkan Kolektor .....	45
4.2.3.1.	Percobaan bahan briket .....	45
4.2.3.2.	Percobaan bahan cabe .....	46
4.2.4.	Efisiensi Kolektor .....	46
4.2.4.1.	Percobaan bahan briket .....	47
4.2.4.2.	Percobaan bahan cabe .....	47
4.2.5.	Analisis Waktu Pengeringan .....	48
4.3.	Perhitungan Biaya Pembuatan Alat Pengering .....	49
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>		<b>50</b>
5.1.	Berat Bahan .....	50
5.2.	Radiasi Matahari .....	51
5.3.	Suhu .....	53
5.4.	Kadar Air .....	54
5.5.	Rugi Kalor Kolektor .....	55

5.6. Panas Yang Dihasilkan Kolektor .....	56
5.7. Efisiensi Kolektor .....	56
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>57</b>
6.1. Kesimpulan .....	57
6.2. Saran .....	57

**LAMPIRAN**

1. Desain Yang Direkomendasikan
2. Gambar Konstruksi Alat Pengering



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Proses Pengeringan .....	7
Gambar 2.2 Neraca Energi pada Kolektor Surya.....	17
Gambar 2.3 Koefisien Rugi Kalor .....	18
Gambar 3.1 Kerangka Alat Pengering Briket Bioarang .....	21
Gambar 3.2 Alat Pengering Briket Bioarang .....	22
Gambar 3.3 Kayu Usuk Ukuran 135 cm.....	24
Gambar 3.4 Kayu Usuk Ukuran 90 cm dan Ukuran 210 cm.....	24
Gambar 3.5 Kayu Usuk Ukuran 55 cm dan Ukuran 30 cm.....	24
Gambar 3.6 Kayu Reng Ukuran 155 cm, Ukuran 86 cm, dan Ukuran 50 cm.....	25
Gambar 3.7 Kayu Reng Ukuran 100 cm dan Ukuran 55 cm.....	25
Gambar 3.8 Kayu Reng Ukuran 45cm dan Ukuran 80 cm.....	26
Gambar 3.9 Diagram Alir Kerangka Penelitian.....	30
Gambar 5.1 Grafik Data Radiasi Matahari Percobaan Briket.....	52
Gambar 5.2 Grafik Data Radiasi Matahari Percobaan Cabe .....	52
Gambar 5.3 Grafik Data Suhu Percobaan Briket.....	53
Gambar 5.4 Grafik Data Suhu Percobaan Cabe.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Massa Briket Sebelum Pengeringan.....	31
Tabel 4.2 Data Massa Cabe Sebelum Pengeringan.....	32
Tabel 4.3 Data Radiasi Matahari Pengujian Briket.....	32
Tabel 4.4 Data Radiasi Matahari Pengujian Cabe .....	33
Tabel 4.5 Data Suhu Pengujian Briket.....	34
Tabel 4.6 Data Suhu Pengujian Cabe.....	34
Tabel 4.7 Data Massa Bahan Briket.....	48
Tabel 4.8 Data Massa Bahan Cabe .....	48
Tabel 4.9 Biaya Pembuatan Alat Pengering .....	49
Tabel 5.1 Data Massa Bahan Briket Setelah Pengeringan.....	50
Tabel 5.2 Data Massa Bahan Cabe Setelah Pengeringan.....	51
Tabel 5.3 Data Kadar Air Briket yang Diuapkan.....	54
Tabel 5.4 Data Kadar Air Cabe yang Diuapkan .....	54

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi, penggunaan energi alternatif semakin banyak dicari dan dikembangkan di masyarakat Indonesia. Energi alternatif dimanfaatkan untuk menggantikan energi bahan bakar fosil yang biasa digunakan oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu pemanfaatan energi alternatif adalah energi yang berasal dari matahari. Umumnya energi matahari ini dimanfaatkan untuk proses pengeringan.

Pengeringan juga merupakan tahap pengolahan yang mempunyai tingkat kepentingan yang cukup serius. Hal ini menyebabkan pengeringan tetap merupakan masalah besar bagi rakyat yang masih mengandalkan cara pengeringan tradisional dengan cara penjemuran langsung.

Penelitian ini meneruskan penelitian sebelumnya, Ekadewi A. Handoyo et.al (2006) yang mendesain dan menguji sistem pengeringan bertenaga surya. Dimana ruang pengering yang dibuat hanya untuk kapasitas 250 gram dan terdiri dari satu tempat pengeringan. Alat pengering energi surya tipe rak adalah salah satu contoh pemanfaatan energi surya yang sangat berguna, namun belum begitu banyak digunakan oleh masyarakat. Dengan menggunakan alat pengering surya tipe ini kita dapat mengeringkan hasil perikanan dan perkebunan tanpa menggunakan bahan bakar fosil yang semakin lama jumlahnya mulai terbatas karena proses pembentukannya yang membutuhkan waktu lama. Alat pengering tipe rak ini mempunyai prinsip kerja

dengan menyerap sinar matahari atau ditampung melalui kolektor, kemudian panas yang dihasilkan dari kolektor dibawa oleh sistem aliran udara menuju keruang pengering yang terdiri dari rak-rak.

Dalam penelitian ini akan dibuat alat pengering tenaga surya tipe rak, kolektor seng dan kaca sebagai penghasil panas dan memanfaatkan udara yang bergerak disekitarnya sebagai alat transfer panasnya. Dengan pengembangan pemanfaatan tenaga surya sebagai energi alternatif ini dapat meningkatkan performansi teknologi tepat guna sebagai alat pengering yang dapat digunakan untuk mengeringkan semua jenis hasil pertanian dan perkebunan. Dan dengan adanya pemanfaatan energi surya ini dapat menggantikan kebiasaan masyarakat dalam penggunaan bahan bakar fosil.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas maka dapat dirumuskan permasalahan bagaimana merancang alat pengering yang memanfaatkan energi matahari dengan model yang murah dan penggunaan yang tinggi.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan-batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Kecepatan udara lingkungan dianggap konstan
2. Pengujian dilakukan untuk briket
3. Berat bahan yang di uji disamakan

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk merancang kolektor surya yang mampu menghasilkan energi kalor sehingga mampu memenuhi kebutuhan udara panas dari ruang pengering.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah :

1. Menambah khasanah penelitian
2. Memberikan informasi tentang peran teknik industri dalam kajian pemanfaatan energi alternatif.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk lebih terstruktur penulisan Tugas Akhir ini maka selanjutnya sistematika penulisan ini disusun sebagai berikut :

### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

Berisi uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan, dan teori teori yang mendukung penelitian ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang uraian tempat penelitian, perancangan peralatan, data yang diperlukan, cara teknik pengolahan data dan kerangka pikir dari penelitian yang akan dilaksanakan.

### **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Berisi tentang pengambilan dan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan rumus matematis.

### **BAB V PEMBAHASAN**

Membahas hasil penelitian sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian secara lebih luas. Sehingga dapat mengarahkan terhadap hasil penelitian sebagai hasil kesimpulan dan saran

### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini memaparkan hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian serta saran yang harus dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

**Daftar Tabel**

**Daftar Gambar**

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

Kajian pustaka yang dilakukan dalam tugas akhir ini terdiri dari dua bagian yaitu kajian pustaka induktif dan deduktif. Kajian pustaka induktif adalah kajian pustaka yang dilakukan berdasar hasil penelitian sebelumnya dari sumber jurnal, prosiding. Sedangkan kajian deduktif adalah kajian pustaka yang dilakukan untuk memperkuat teori-teori yang mendasari penelitian.

#### 2.1. Kajian Pustaka Induktif

Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari untuk tujuan proses pengeringan briket. Pengoptimalan ini dilakukan dengan menggunakan kolektor surya. Kolektor surya berfungsi untuk menerima radiasi matahari yang kemudian panas hasil dari radiasi dapat dimanfaatkan untuk pengeringan bahan.

Penelitian ini meneruskan penelitian sebelumnya. Ekadewi A. Handoyo et.al (2006) mendesain dan mengujian sistem pengering ikan bertenaga surya. Dalam penelitian ini pengujian dilakukan pada model yang berkapasitas 250 gram. Penelitian ini menggunakan kolektor plat datar dan udara bergerak sebagai fluida kerja dialirkan secara paksa melalui plat kolektor oleh *fan* agar temperaturnya mencapai 70°C yang selanjutnya dialirkan ke ruang pengering. hasil dari pengujian alat menyatakan kadar air menurun dari 60% menjadi 38% dengan suhu yang dihasilkan 54°C.

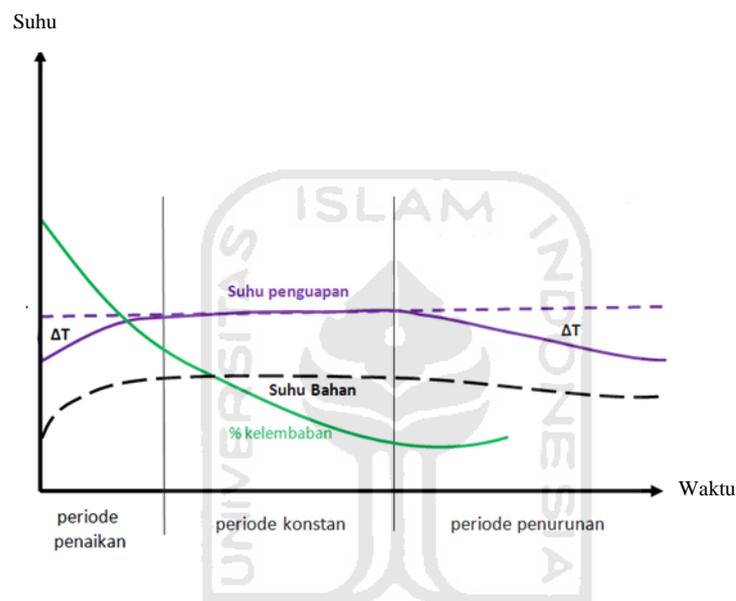
Wikri (1998) mendesain dan menguji performansi alat pengering kakao tipe rak zig-zag, penelitian ini mendesain rak yang zig-zag dan sumber energi dari batu bara. Pada pengeringan biji kakao dengan ketebalan bahan 3 cm, efisiensi pengeringan sebesar 20,87 %, efisiensi pemanasan sebesar 64,25 %, dan efisiensi total sebesar 13,41 %. Sedangkan pada ketebalan bahan 5 cm, efisiensi pengeringan sebesar 39,23 %, efisiensi pemanasan sebesar 52,54 %, serta efisiensi total sebesar 20,61 %.

## **2.2. Proses Pengeringan**

Pengeringan zat padat adalah pemisahan sejumlah air atau zat cair dari bahan sehingga mengurangi kandungan sisa zat cair di dalam zat padat itu sampai suatu nilai rendah yang dapat diterima. Proses yang terjadi dalam pengeringan adalah proses penguapan, penguapan inilah yang menyebabkan air dalam bahan menjadi bentuk gas atau udara, ini terjadi karena adanya faktor pemanasan yang diberikan pada suatu bahan. Pemanasan dapat berasal dari berbagai sumber energi, dimana masing-masing sumber memiliki kekuatan pemanasan yang berbeda-beda dan tergantung cara pemakaiannya. Berdasarkan sifatnya maka energi dapat dibedakan menjadi dua bagian besar yaitu :

1. Sumber energi yang dapat diperbaharui adalah sumber energi yang pembentukannya relatif singkat, contohnya kayu bakar, matahari, angin, dan sebagainya.
2. Sumber energi yang tidak dapat diperbaharui adalah sumber energi yang pembentukannya kembali membutuhkan waktu yang sangat panjang, contohnya minyak bumi, batubara, gas alam, dan sebagainya.

Proses pengeringan akan mengalami kenaikan suhu penguapan sampai titik penguapan seimbang, dan semakin lama suhu penguapan akan mengalami penurunan karena semakin lemahnya panas yang di hasilkan sumber energi. Begitu pula dengan suhu yang dialami oleh bahan yang dikeringkan. Sedangkan untuk kelembaban akan mengalami penurunan karena kenaikan suhu sekitarnya. Proses pengeringan dapat dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva Proses Pengeringan

Proses pengeringan dapat dilakukan dengan beberapa cara, berikut adalah jenis-jenis pengeringan :

### 1. Pengeringan alamiah menggunakan panas matahari

Pengeringan model ini biasanya dilakukan dengan menjemur langsung dan bahan diletakkan diatas alas jemuran, yaitu suatu permukaan yang luasnya dapat dibuat dari berbagai bahan padat. Sesuai dengan sistem dan peralatannya serta pertimbangan faktor ekonomis, alat jemur dapat dibuat dari anyaman tikar, anyaman bambu, lembaran seng, lantai batu bata atau lantai semen.

Pengeringan ini adalah pengeringan yang paling sederhana (dengan cara penjemuran). Penjemuran adalah usaha pembuangan atau penurunan kadar air suatu bahan untuk memperoleh tingkat kadar air yang cukup aman disimpan, yaitu yang tingkat kadar airnya seimbang dengan lingkungannya.

## 2. Pengeringan Buatan

Pengeringan ini sumber panasnya dapat berasal dari sesuatu yang dapat menghasilkan atau memancarkan panas seperti minyak dan gas, kayu bakar, dan matahari. Pengeringan ini disebut juga dengan pengeringan mekanis. Contoh jenis-jenis pengeringan mekanis adalah :

### a. *Tray dryer*

**Alat pengering ini** bentuknya persegi dan didalamnya berisi rak-rak yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan, digunakan untuk bahan yang berbentuk padat dan butiran, sering digunakan untuk produk yang jumlahnya tidak terlalu besar, waktu pengeringan umumnya lama (1-6 jam).

### b. *Rotary Dryer*

Pengering kontak langsung yang beroperasi secara kontinyu, terdiri atas cangkang silinder yang berputar perlahan, biasanya dimiringkan beberapa derajat dari bidang horizontal untuk membantu perpindahan umpan basah yang dimasukkan pada atas ujung drum. Waktu pengeringan cepat ( 10 s/d 60 menit ), dan digunakan untuk bahan yang berbentuk padat dan butiran.

**c. Freeze dryer**

Pengering ini disebut juga pengering beku, digunakan untuk padatan yang sangat sensitif panas (bahan bioteknologis tertentu, bahan farmasi, pangan dengan kandungan tepung tinggi). Pengeringan terjadi di bawah titik triple cairan dengan menyublim air beku menjadi uap, yang kemudian dikeluarkan dari ruang pengering dengan pompa vakum mekanis.

**d. Spray dryer**

Disebut juga pengering semprot, digunakan untuk bahan yang berbentuk larutan yang sangat kental serta berbentuk pasta (susu, zat pewarna, bahan farmasi). Kapasitas beberapa kilogram per jam hingga 50 ton per jam penguapan (20000 pengering semprot). Umpan yang diatomisasi dalam bentuk percikan disentuhkan dengan udara panas yang dirancang dengan baik.

**3. Pengeringan gabungan**

Pengeringan gabungan adalah pengeringan dengan menggunakan energi sinar matahari dan bahan bakar minyak atau biomassa yang menggunakan konveksi paksa (udara panas dikumpulkan dalam kolektor kemudian dihembus ke komoditi atau bahan).

Karena Temperatur lingkungan hanya sekitar 33 °C, sedangkan temperatur pengeringan untuk komoditi pertanian kebanyakan berkisar 60-70°C, maka perlu ditingkatkan temperatur lingkungan dengan cara mengumpulkan udara dalam suatu kolektor surya dan menghembuskannya ke komoditi (digunakan *blower* atau kipas angin). Contoh jenis pengeringan gabungan adalah : alat pengering energi surya tipe

lorong, alat pengering energi surya - biomassa tipe lorong, alat pengering rumah asap, unit prosesing kakao / rumah pengering surya.

**a. Alat pengering energi surya tipe lorong**

Terdiri atas kipas angin sentrifugal, pemanas udara (kolektor) dan lorong pengering. Kolektor dan lorong pengering dipasang paralel dan diatasnya ditutup dengan plastik transparan. Alat pengering dipasang dengan arah membujur utara-selatan dan diletakkan diatas tanah. Udara pengering yang dihasilkan dalam kolektor dihembuskan ke komoditi dengan kecepatan  $400 - 900 \text{ m}^3/\text{jam}$  agar tercapai temperatur pengeringan  $40 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**b. Alat pengering energi surya - biomassa tipe lorong**

Alat pengering tipe lorong diatas dimodifikasi menjadi alat pengering energi surya dan biomassa. Ruang pengering dan kolektor dipasang pada satu sumbu supaya kehilangan tekanan udara menjadi lebih kecil. Kipas dengan tenaga listrik 60 watt dapat berfungsi secara efisien, bahkan kipas arus scarab 32 watt dengan penggerak photovoltaik dapat dipakai pada sistem tersebut. Alat pengering tersebut dipasang diatas struktur kayu dan disangga dengan batako setinggi 60 cm dari tanah. Pada alat pengering yang dimodifikasi ini dilengkapi dengan tungku biomass dimana alat penukar panas yang terbuat dari plat baja, agar pada waktu hujan atau malam hari masih dapat dilakukan operasi pengeringan.

**c. Alat pengering rumah asap**

Alat ini terdiri atas : plat pemanas matahari yang dihubungkan dengan ruang pengering. Di dalam ruang pengering yang berbentuk rumah yang pada bagian atasnya terdapat penggantung komoditas. Sebagian dari udara buang dikembalikan ke plat pemanas sehingga temperatur kembali dapat dinaikkan

menjadi 45 – 60°C. Untuk mengurangi ketergantungan pada kondisi cuaca, alat ini dilengkapi dengan tungku biomass yang dipasang dibawah rumah asap.

**d. Unit prosesi kakao/rumah pengering surya.**

Atap seluas 100 m<sup>2</sup> dan berfungsi juga sebagai kolektor matahari. Udara masuk ke kolektor sehingga menjadi panas, dengan menggunakan kipas angin (*blower*), udara panas tersebut kemudian “ditarik” dan dihembus ke tempat pengering. Pemasangan atap dibuat dengan kemiringan 10° pada arah utara-selatan. Rumah pengering ini dirancang untuk memeroses 2-3 ton biji kakao basah, menggunakan 4 buah *blower*. unit ini mampu berfungsi dengan efektif. Satu siklus pengolahan berlangsung selama 5 hari. Dengan pengoperasian tungku pada malam hari, waktu pengeringan lebih singkat yaitu sekitar 36 - 44 jam.

### 2.3. Alat Pengering Tenaga Surya

Alat pengering energi surya adalah suatu alat yang mengubah energi surya menjadi energi termal atau panas, sehingga bisa digunakan untuk mengeringkan bahan pangan tanpa menggunakan bahan bakar fosil. Alat pengering energi surya merupakan salah satu cara paling efektif untuk memanfaatkan energi yang dapat diperbaharui. Alat pengering energi surya mengurangi ketergantungan terhadap listrik dan bahan bakar minyak, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan. Alat pengering energi surya terdiri dari 4 bagian utama yaitu : kolektor, ruang plenum atau pengumpul panas, ruang pengering, dan ventilasi. Bentuk-bentuk energi yang diperlukan manusia untuk konsumsi langsung adalah kerja, panas, dan listrik.

Berdasarkan prinsip kerja alat-alat pengering energi surya terdiri atas dua jenis yaitu : sistem pasif dan sistem *hybrid*. Pengeringan sistem pasif memanfaatkan radiasi surya dan kecepatan anginnya tanpa sumber energi selain energi surya, sedangkan sistem *hybrid* memanfaatkan energi surya dengan tambahan sumber energi lain (listrik, bahan bakar, dan lain-lain). Alat pengering energi surya sistem pasif memanfaatkan energi surya, suhu, dan kelembaban udara sekitar serta kecepatan untuk proses pengeringan.

Indonesia sangat berpotensi dalam pemanfaatan energi surya karena iklim di Indonesia sangat mendukung. Energi surya sampai di bumi dalam bentuk radiasi. Matahari mengeluarkan radiasi karena pada dasarnya tiap benda diatas temperatur nol absolute memancarkan energi dalam bentuk radiasi akibat perubahan kedudukan elektron yang mengorbit dalam atom atau molekul yang menyusun benda tersebut.

Tingkat radiasi yang dipancarkan tergantung pada suhu benda tersebut. Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya dengan radiasi harian matahari rata-rata  $4,8 \text{ kWh/m}^2$ . untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi surya termal dan energi surya *fotovoltaik*.

Energi surya termal pada umumnya digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian (perkebunan, perikanan, kehutanan, dan tanaman pangan), memanaskan air dan memasak (kompor surya). Saat ini memang teknologi energi surya yang dibuat melalui permesinan yang digunakan sebagai alat pengering telah mencapai tahap komersial. Energi surya *fotovoltaik* digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lemari pendingin.

Berdasarkan cara pemanfaatan energi surya, maka dikenal 2 macam alat pengering energi surya :

1. Tipe radiasi langsung
2. Tipe tidak langsung

Alat pengering energi surya tipe radiasi langsung bekerja dengan meneruskan radiasi langsung ke bahan yang akan dikeringkan dan udara yang memuai menimbulkan sirkulasi di dalam ruang pengering sehingga dapat mengeringkan bahan yang terdapat di dalamnya. Pada alat pengering energi surya tipe tidak langsung terdapat kolektor yang akan merubah radiasi surya menjadi panas. Panas yang dihasilkan dari kolektor dibawa suatu sistem aliran udara dari kolektor ke rak pengering.

Dari berbagai macam jenis tipe pengeringan buatan yang telah di jelaskan sebelumnya, maka dalam penelitian ini menggunakan alat pengering tipe rak, karena cara pembuatan yang mudah dan membutuhkan tempat yang tidak terlalu luas serta biaya yang relatif murah.

Sedangkan untuk memaksimalkan kerja alat pengering energi surya tipe rak dalam kondisi (suhu dan kecepatan angin) yang kurang menguntungkan, dapat dilakukan dengan cara memberi pengatur udara berupa *blower* diatas ruang pengering.

#### **2.4. Kolektor Surya**

Kolektor merupakan bagian dari alat pengering yang salah satu ujungnya menghadap keruang pengering, dan ujung lainnya menghadap kelingkungan luar. Kolektor ini memiliki fungsi untuk menyerap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi panas

yang kemudian dibawa oleh udara yang mengalir dalam kolektor. Biasanya kolektor yang digunakan adalah kolektor plat datar dalam bentuk segi empat.

Aliran udara secara alamiah pada alat pengering energi surya terjadi karena kerapatan (densitas) udara yang berubah yang disebabkan perbedaan suhu (Holman, 1981). Suhu udara didalam ruang pengering lebih rendah dari pada di kolektor tetapi masih lebih tinggi dari pada suhu udara yang keluar ruang pengering. Dengan demikian akan terjadi aliran udara dari kolektor masuk ke ruang pengering dan keluar setelah melewati bahan.

Penelitian yang dilakukan oleh Auliya Burhanuddin (2008), menyimpulkan bahwa karakteristik dari kolektor tergantung dari jarak kaca penutup dengan plat penyerap dan sudut kemiringan dari kolektor tersebut. Dimana semakin kecil jarak kaca penutup maka semakin kecil energi yang hilang dan semakin tegak lurus kolektor dengan matahari maka semakin maksimum perbedaan temperaturnya.

Selain itu radiasi matahari yang diserap oleh kolektor surya juga sangat berpengaruh terhadap proses pengeringan. Faktor yang mempengaruhi kolektor surya dalam menyerap radiasi yaitu :

#### **2.4.1. Tingkat isolasi dan arah kolektor surya**

Isolasi yang baik akan menyebabkan energi surya yang diserap akan semakin besar. Panas yang keluar dari kolektor surya bervariasi sesuai dengan tingkat isolasi. Dan arah kolektor idealnya menghadap ke Utara atau ke Selatan, tergantung pada periode waktu (arah matahari).

#### 2.4.2. Tingkat penyerapan permukaan *absorber*

*Absorber* merupakan bagian kolektor yang berfungsi untuk menyerap radiasi matahari. Material *absorber* yang baik harus memenuhi kriteria berikut, yaitu mempunyai tingkat penyerapan radiasi yang baik, emisi yang rendah, konduktifitas termal yang baik dan harus stabil pada temperatur operasi kolektor. Selain itu, *absorber* juga harus tahan lama, mempunyai berat yang ringan dan yang paling penting berharga murah.

Bahan yang memenuhi kriteria diatas adalah seng, dimana bahan ini mudah dalam penyerapan radiasi. Bentuk permukaan seng ada dua jenis yaitu bentuk datar dan bentuk gelombang.

a. Seng bentuk datar

Seng bentuk ini bagus untuk penyerapan panas, karena permukaannya yang datar dapat dengan mudah menerima radiasi dan bersifat searah dalam memantulkan radiasi yang diterima, sehingga panas yang dihasilkan dalam proses radiasi dapat maksimal atau rugi-rugi kalor bagian atas dapat di perkecil. Namun dalam pengaliran panasnya sangat lemah, udara panas yang bisa dialirkan hanya untuk bagian atas dan dibutuhkan tambahan bahan untuk memaksimalkan pengaliran bagian bawah.

b. Seng bentuk gelombang

Seng bentuk ini biasanya digunakan untuk atap rumah, bentuknya yang cekung kebawah dimanfaatkan untuk mengalirkan air jika hujan dan bentuk cekung keatas digunakan untuk sirkulasi udara kedalam ruangan. Seng ini dalam proses radiasi kurang maksimal dibandingkan dengan seng datar. Tetapi seng ini sangat bagus dalam proses pengaliran udara panas.

Bentuknya yang bergelombang sangat mudah untuk aliran udara baik bagian atas maupun bagian bawah seng, sehingga tidak memerlukan tambahan bahan. Efisiensi pemanfaatan panas lebih besar dari seng datar.

### **2.4.3. Tingkat transmisi material penutup**

Tingkat transmisi material penutup merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi jumlah energi surya yang dapat diserap oleh kolektor. Material penutup yang baik harus mempunyai tingkat transmisi yang tinggi untuk sinar tampak dan tingkat transmisi yang rendah untuk radiasi infra merah. Selain itu, penutup yang baik juga harus mempunyai absorbtivitas panas yang rendah, stabil pada temperatur operasi, daya tahan terhadap kerusakan tinggi, daya tahan terhadap berbagai kondisi cuaca tinggi dan mempunyai harga yang murah. Kaca merupakan material penutup yang sering digunakan pada kolektor surya, karena kaca memenuhi kriteria seperti yang tersebut di atas.

#### **a. Kaca Bening (tembus pandang)**

Kaca bening mempunyai tingkat transmisi mendekati 100%, namun radiasi yang dipantulkan oleh bahan absorber dapat hilang dengan mudah. Daya pantul dari kaca bening sangat rendah, ini menyebabkan rugi kalor bagian atas plat absorber menjadi tinggi.

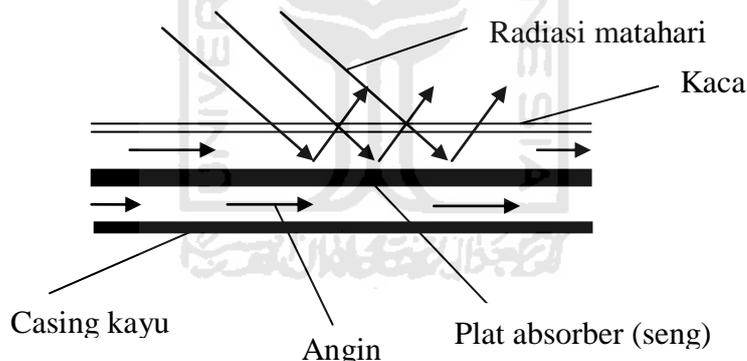
#### **b. Kaca Es**

Kaca es mempunyai transmisi dibawah kaca bening yaitu 75% - 80%. Kaca ini dapat meminimalkan rugi kalor bagian atas. Radiasi yang di pantulkan oleh plat absorber dapat dipantulkan lagi oleh penutup kaca, hal itulah yang membuat rugi kalor bagian atas dapat diantisipasi.

Ukuran tingkat performance kolektor disebut juga efisiensi kolektor. Efisiensi kolektor didefinisikan sebagai perbandingan antara energi panas yang digunakan untuk menaikkan temperatur udara terhadap energi radiasi yang diterima oleh kolektor dalam waktu tertentu.

## 2.5. Neraca Energi Kolektor Surya

Secara umum sebuah pengering surya terdiri atas kolektor surya yang berfungsi menyerap sinar matahari dan ruang pengering yang merupakan tempat untuk produk yang akan dikeringkan. Untuk mengetahui prinsip kerja dari sebuah kolektor, maka perlu diketahui terlebih dahulu bagian-bagiannya. Sebuah kolektor terdiri atas casing, kaca, *absorber*, seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Neraca Energi pada Kolektor Surya

- a. Energi radiasi yang diterima kolektor dihitung dengan persamaan:

$$Q_{rad} = I \cdot A_k \cdot (\alpha \cdot \tau)$$

Keterangan :

$Q_{rad}$  : Energi yang diterima kolektor (Watt)

$I$  : Intensitas energi matahari (Watt/m<sup>2</sup>)

$A_k$  : Luas penampang plat kolektor (m<sup>2</sup>)

$\alpha$  : Koefisien absorptivitas *absorber*

$\tau$  : Koefisien transmisivitas *cover*

- b. Energi yang hilang dari Kolektor dihitung dengan persamaan :

$$Q_L = U_l \cdot A_k \cdot (T_1 - T_2)$$

Keterangan :

$Q_L$  : Energi yang hilang dari kolektor (Watt)

$U_l$  : Koefisien rugi kalor

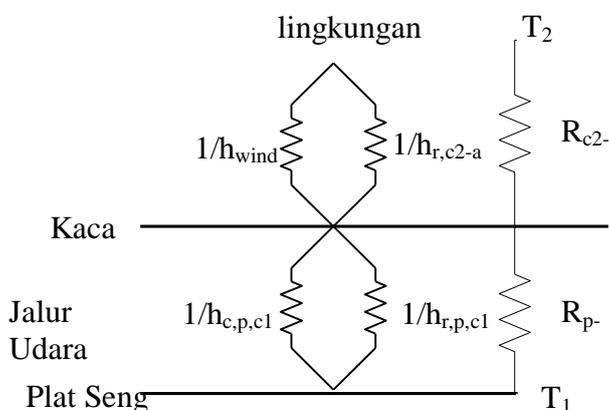
$A_k$  : Luas penampang plat kolektor ( $m^2$ )

$T_1$  : Suhu *absorber* ( $^{\circ}K$ )

$T_2$  : Suhu lingkungan sekitar ( $^{\circ}K$ )

- c. Analisis rugi kalor ( $U_l$ )

Rugi kalor terjadi karena pemantulan radiasi matahari oleh sifat bahan dari kolektornya. Rugi-rugi kalor pada bagian atas terjadi secara koveksi dan radiasi, sedangkan rugi-rugi kalor secara konduksi diabaikan sebab tebal *cover* kecil sehingga perbedaan temperatur tidak begitu signifikan.



Gambar 2.3 Koefisien Rugi Kalor

Nilai koefisien rugi-rugi kalor bagian atas secara teori dapat didekati dengan persamaan berikut

$$U_l = \frac{1}{R_{p-c1} + R_{c2-a}}$$

Dimana dengan mempergunakan persamaan empirik S.A. Klein yang telah dimodifikasi oleh Agarwal dan Larson, maka rugirugi kalor bagian atas :

$$U_l = \left[ \frac{N}{\left[ \frac{c}{T_1} \frac{(T_1 - T_2)}{N + f} \right]^{0.33} + \frac{1}{h_{wind}}} \right]^{-1} + \frac{\sigma \cdot (T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)}{[\varepsilon_p + 0.05N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[ \frac{2N + f - 1}{\varepsilon_c} \right] + N}$$

Dimana ;

$$h_{wind} = 5.7 + 3.8 v \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$f = (1 - 0.04h_{wind} + 0.0005h_{wind}^2)(1 + 0.091N)$$

$$C = 250 (1 - 0.0044(\beta - 90^\circ))$$

Keterangan:

$v$  : Kecepatan angin diatas permukaan *cover* paling atas (  $m/s$  )

$N$  : Jumlah penutup/*cover*

$\varepsilon_c$  : Emisivitas *cover*

$\varepsilon_p$  : Emisivitas plat *absorber*

$\sigma$  : Konstanta Stefan Boltzman ( $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4$  )

$T_l$  : Temperatur plat *absorber* ( $^\circ\text{K}$ )

$T_2$  : Temperatur lingkungan ( $^\circ\text{K}$ )

## 2.6. Kadar Air

Pengeringan briket adalah pengurangan sejumlah air dari briket, dalam arti kata dapat diambil sebagian atau seluruhnya sehingga air di dalam briket mencapai jumlah tertentu yang diinginkan. Kadar air bahan dapat ditentukan berdasarkan bobot basah dan bobot kering. Kedua cara ini memungkinkan untuk penghitung kadar air dalam proses pengeringan.

## 2.7. Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan mempunyai arti penting untuk nilai kualitas kerja dari alat pengering yang dibuat. Kualitas kerja dari pengering surya meliputi aspek konversi energi dan perpindahan massa. Aspek konversi energi ditunjukkan oleh efisiensi kolektor, sedangkan aspek perpindahan massa dinyatakan dengan laju pelepasan massa air dari bahan ke udara yang memanasinya. Efisiensi pengeringan dinyatakan sebagai perbandingan kalor yang digunakan untuk penguapan kandungan air dari briket terhadap energi radiasi surya yang tiba di alat pengering.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan/dipaparkan metodologi penelitian yang terdiri dari sub bab – sub bab sebagai berikut.

#### 3.1. Perancangan Alat

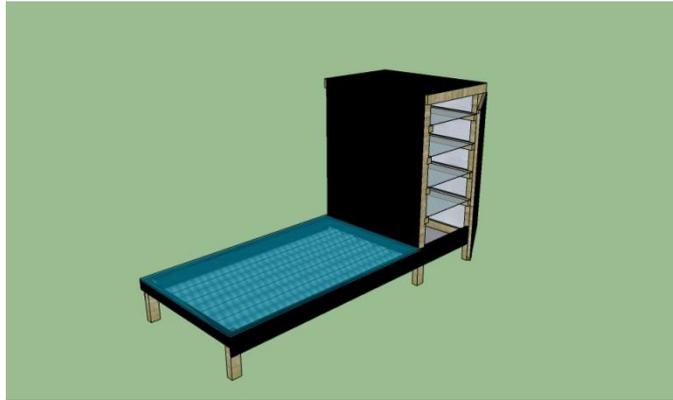
Dalam pembuatan alat, sebelumnya perlu dilakukan perancangan alat. Perancangan alat pengering kolektor surya melalui tahap-tahap sebagai berikut :

1. Mendesain alat

Mendesain alat dilakukan untuk mempermudah dalam langkah – langkah pembuatan alat. Desain alat dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 3.1 Kerangka Alat Pengering Kolektor Surya



Gambar 3.2 Alat Pengering Kolektor Surya

## 2. Persiapan alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan alat pengering kolektor surya adalah sebagai berikut :

### a. Alat

- 1) Palu
- 2) Gergaji kayu
- 3) Penggaris
- 4) Meteran

### b. Bahan

- 1) Kayu sengon ukuran 4x6
- 2) Seng
- 3) Kaca es
- 4) Triplek
- 5) Kayu plepet
- 6) Kasa nyamuk
- 7) Paku

- 8) Alumunium foil
- 9) Cat hitam
- 10) Engsel

### 3. Pembuatan kerangka Alat pengering kolektor surya

Proses perakitan atau pembuatan alat pengering setelah mempersiapkan alat adalah pembuatan rangka. Rangka alat pengering dibagi beberapa rancangan seperti rancangan kolektor, rancangan pintu, rancangan rak, dan penutupan rangka.

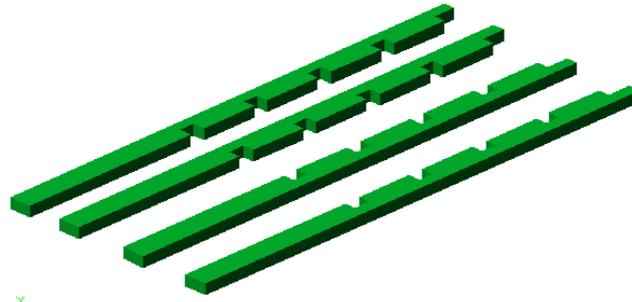
#### a. Rancangan Kolektor

Rangka kolektor terdiri dari dua jenis kayu, yaitu kayu usuk dan kayu plepet. Pemotongan kayu usuk 4x6 cm dengan ketentuan :

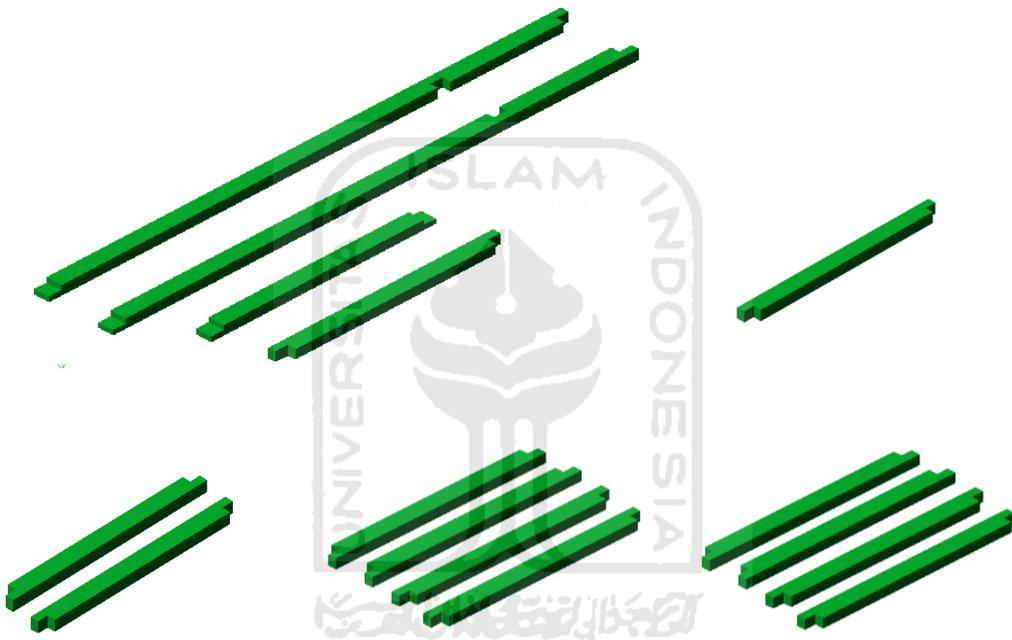
- 1) Ukuran 110 cm 4 buah (Gambar 3.3)
- 2) Ukuran 90 cm 12 buah (Gambar 3.4)
- 3) Ukuran 185 cm 2 buah (Gambar 3.4)
- 4) Ukuran 30 cm 2 buah (Gambar 3.5)
- 5) Ukuran 25 cm 2 buah (Gambar 3.5)

Pemotongan kayu reng dengan ketentuan :

- 1) Ukuran 155 cm 2 buah (Gambar 3.6)
- 2) Ukuran 86 cm 2 buah (Gambar 3.6)
- 3) Ukuran 30 cm 2 buah (Gambar 3.6)



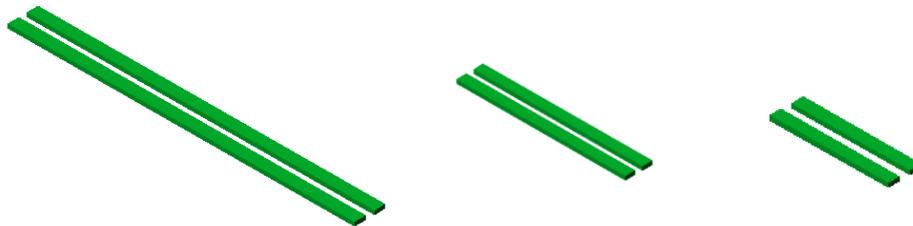
Gambar 3.3 Kayu Usuk Ukuran 110 cm



Gambar 3.4 Kayu Usuk Ukuran 90 cm dan Ukuran 180 cm



Gambar 3.5 Kayu Usuk Ukuran 30 cm dan Ukuran 25 cm



Gambar 3.6 Kayu Reng Ukuran 155 cm, Ukuran 86 cm, dan Ukuran 30 cm

b. Rancangan pintu

Kerangka pintu dibuat dengan menggunakan kayu reng, berikut ini adalah ukuran dari kayu reng yang digunakan untuk pembuatan pintu :

- 1) 80 cm 2 buah
- 2) 30 cm 2 buah



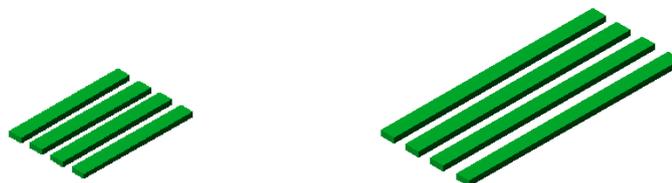
Gambar 3.7 Kayu Reng Ukuran 80 cm dan Ukuran 30 cm

c. Rancangan rak

Rak dibuat dari kasa dan kayu plepet. Rak pengering di buat seperti model laci, dimana rak bisa di tarik keluar. Ukuran kayu plepet dalam pembuatan rak adalah sebagai berikut :

- 1) Ukuran 22 cm 8 buah
- 2) Ukuran 80 cm 8 buah

Kasa di potong sesuai ukuran kayu plepet, setelah di potong, kasa di paku pada kayu plepet dengan paku.



Gambar 3.8 Ukuran 22vcm dan Ukuran 80 cm

#### 4. Pemotongan dan pemasangan penutup

Penutup kerangka adalah triplek yang dilapisi alumunium foil. Ukuran triplek disesuaikan dengan ukuran daerah yang akan ditutup, kemudian pengecatan

### 3.2. Model Matematis

Dalam pengamatan percobaan, dibutuhkan model matematis untuk menghitung berapa banyak kadar air yang di lepaskan / diuapkan, berapa banyak energi yang dihasilkan kolektor, berapa banyak rugi kalor kolektor dan efisiensi kolektor.

#### 3.2.1. Perhitungan Kadar Air

Perhitungan kadar air dilakukan pada saat bahan akan dikeringkan dan bahan setelah dikeringkan.

##### 1. Kadar air mula-mula

$$\text{Basis basah (Bb)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\%$$

$$\text{Basis kering (Bk)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\%$$

$$\text{Massa air mula-mula (W}_{\text{air,awal}}) = \frac{Bb}{100} \times m_i$$

2. Massa kering bahan

$$\text{Massa kering} = m_i - W_{\text{air,awal}}$$

3. Kadar air akhir

$$\text{Massa air akhir (W}_{\text{air,akhir}}) = \text{basis kering (direncanakan)} \times \text{massa kering}$$

4. Beban Kebebasan (BK)

$$\text{BK} = W_{\text{air,awal}} - W_{\text{air,akhir}}$$

Keterangan :

$m_i$  : massa awal bahan

$m_d$  : massa akhir bahan

### 3.2.2. Perhitungan Rugi Kalor Kolektor

Nilai koefisien rugi-rugi kalor bagian atas secara teori dapat didekati dengan persamaan berikut :

$$U_l = \left[ \frac{N}{\frac{C(T_1 - T_2)}{T_1(N+f)}^{0.33} + \frac{1}{h_{\text{wind}}}} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)}{[\varepsilon_p + 0.05N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[ \frac{2N+f-1}{\varepsilon_c} \right] + N}$$

Dimana ;

$$h_{\text{wind}} = 5.7 + 3.8 v \text{ (W/m}^2\text{.K)}$$

$$f = (1 - 0.04h_{\text{wind}} + 0.0005h_{\text{wind}}^2) (1 + 0.091N)$$

$$C = 250 (1 - 0.0044(\beta - 90^\circ))$$

Dimana:

$v$  : Kecepatan angin diatas permukaan *cover* paling atas (  $m/s$  )

$N$  : Jumlah penutup/*cover*

$\epsilon_c$  : Emisivitas *cover*

$\epsilon_p$  : Emisivitas plat *absorber*

$\sigma$  : Konstanta Stefan Boltzman ( $5.67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$  )

$T_1$  : Temperatur plat *absorber* ( $^{\circ}K$ )

$T_2$  : Temperatur lingkungan ( $^{\circ}K$ )

### 3.2.3. Perhitungan Panas Yang Dihasilkan Oleh Kolektor

Persamaan untuk energi yang dapat di digunakan untuk proses pengeringan, yaitu :

$$Q_u = A_k \cdot [I \cdot (\alpha \cdot \tau) - U_l \cdot (T_1 - T_2)]$$

Keterangan :

$I$  : Intensitas energi matahari ( $Watt/m^2$ )

$A_k$  : Luas penampang plat kolektor ( $m^2$ )

$\alpha$  : Koefisien absorptivitas *absorber*

$\tau$  : Koefisien transmisivitas *cover*

$U_l$  : Koefisien rugi kalor

$A_k$  : Luas penampang plat kolektor ( $m^2$ )

$T_1$  : Suhu *absorber* ( $^{\circ}K$ )

$T_2$  : Suhu lingkungan sekitar ( $^{\circ}K$ )

### 3.2.4. Perhitungan Efisiensi Kolektor

Energi yang diterima kolektor dan efisiensi kolektor dapat dihitung dengan persamaan berikut :

1. Energi radiasi yang diterima kolektor

$$Q_{rad} = I \cdot A_k \cdot (\alpha \cdot \tau)$$

2. Efisiensi kolektor

$$\eta_{Kolektor} = \frac{Q_u}{Q_{rad}} \times 100\%$$

### 3.3. Data Yang Diperlukan

Dalam penelitian ini data yang diperlukan adalah :

1. Data berat bahan
2. Data suhu dalam ruang pengering
3. Data radiasi matahari

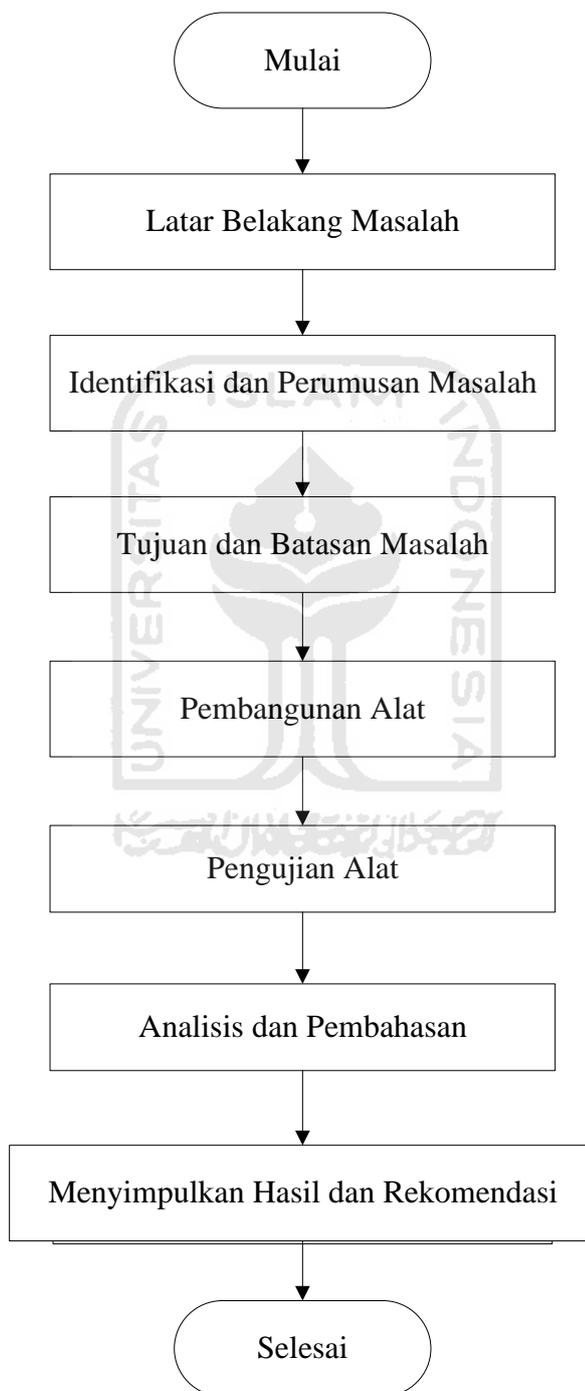
### 3.4. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Thermometer* Air Raksa
2. Timbangan

### 3.5. Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 3.9 Diagram Alir Kerangka Penelitian

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data berat bahan, data radiasi matahari, dan data suhu.

##### 4.1.1. Berat Bahan

Pengukuran berat dilakukan terhadap bahan pada saat sebelum waktu pengeringan dan selesainya waktu pengeringan. Pengukuran berat bahan ini diambil menggunakan timbangan dengan karakteristik sebagai berikut:

- a. Jenis alat ukur : Timbangan
- b. Merk alat ukur : Kubota

Berat bahan briket sebelum di keringkan dapat dilihat pada tabel 4.1 dan berat bahan cabe sebelum dikeringkan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data Massa Briket Sebelum Pengeringan

<b>Rak</b>	<b>Berat per Rak (gram)</b>	<b>Berat per Briket (gram)</b>
1	1000	50
2	1000	50
3	1000	50
4	1000	50

Tabel 4.2 Data Massa Cabe Sebelum Pengeringan

<b>Rak</b>	<b>Berat per Rak (gram)</b>
1	250
2	250
3	250
4	250

#### 4.1.2. Data Radiasi Matahari

Untuk memperoleh data-data radiasi matahari dapat diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Yogyakarta. Data radiasi matahari tiap jam dapat dilihat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4.

Tabel 4.3 Data Radiasi Matahari Pengujian Briket

<b>Jam</b>	<b>Radiasi Matahari (watt/m<sup>2</sup>)</b>
09.00	444
10.00	467
11.00	495
12.00	502
13.00	508
14.00	456
rata-rata	478,67

Tabel 4.4 Data Radiasi Matahari Pengujian Cabe

Jam	Radiasi Matahari (watt/m <sup>2</sup> )
09.00	456
10.00	466
11.00	492
12.00	488
13.00	454
14.00	387
rata-rata	457.17

#### 4.1.3. Data Suhu

Pengukuran suhu dilakukan untuk mengetahui suhu udara yang masuk kolektor dan ruang pengering. Dalam melakukan pengukuran temperatur ini digunakan *thermometer* air raksa dengan karakteristik sebagai berikut :

- a. Jenis alat ukur : *Thermometer* Air Raksa
- b. Merk alat ukur : Corona
- c. Range pengukuran : ( 0 – 100 ) °C

Data suhu diambil dengan cara meletakkan *thermometer* air raksa di dalam ruang pengeringan dan dilihat setiap satu jam sekali. Data suhu dapat dilihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6.

Tabel 4.5 Data Suhu Pengujian Briket

<b>Jam</b>	<b>Suhu dalam ruang pengering (°C)</b>	<b>Suhu Lingkungan (°C)</b>
09.00	31	28
10.00	35	30
11.00	39	33
12.00	43	35
13.00	47	35
14.00	39	31
<b>Rata-Rata</b>	<b>39</b>	<b>32</b>

Tabel 4.6 Data Suhu Pengujian Cabe

<b>Jam</b>	<b>Suhu dalam ruang pengering (°C)</b>	<b>Suhu Lingkungan (°C)</b>
09.00	29	29
10.00	36	32
11.00	39	34
12.00	43	35
13.00	37	32
<b>Rata-Rata</b>	<b>37</b>	<b>32,6</b>

## 4.2. Pengolahan Data

Setelah melakukan pengujian alat dan pengumpulan data, dapat dilakukan pengolahan data sebagai berikut.

### 4.2.1. Perhitungan Kadar Air

Dalam proses pengeringan kadar air yang diupayakan berbeda - beda untuk tiap – raknya. Untuk itu perhitungan kadar air dilakukan untuk tiap – tiap rak.

#### 4.2.1.1. Perhitungan kadar air rak 1 bahan briket

- a. Massa yang akan dikeringkan = 1000 gram.
- b. Massa awal ( $m_i$ ) = 1000 gram = 1 kg
- c. Massa akhir ( $m_d$ ) = 842 gram = 0.842kg
- d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\% = \frac{(1000 - 842)}{1000} \times 100\% = 15.8\%$$

$$\text{Basis kering (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\% = \frac{(1000 - 842)}{842} \times 100\% = 18.76\%$$

$$\text{Massa air mula-mula (W}_{\text{air,awal}}) = \frac{15.8}{100} \times 1000 \text{ gram} = 158 \text{ gram}$$

- e. Massa kering = massa awal – massa air mula-mula  
= 1000 gram - 158 gram = 842 gram

- f. Kadar air akhir

$$\text{Basis kering} = 1 \text{ \% (direncanakan)}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air akhir (W}_{\text{air,akhir}}) &= \text{basis kering} \times \text{massa kering} \\ &= \frac{1}{100} \times 842 \text{ gram} = 8.42 \text{ gram} \end{aligned}$$

g. Beban kebebasan (BK)

$$\begin{aligned} \text{BK} &= W_{\text{air,awal}} - W_{\text{air,akhir}} \\ &= 158 \text{ gram} - 8.42 \text{ gram} = 149.58 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### 4.2.1.2. Perhitungan kadar air rak 2 bahan briket

a. Massa yang akan dikeringkan = 1000 gram.

b. Massa awal ( $m_i$ ) = 1000 gram = 1 kg

c. Massa akhir ( $m_d$ ) = 848 gram = 0.848kg

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\% = \frac{(1000 - 848)}{1000} \times 100\% = 15.2\%$$

$$\text{Basis kering (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\% = \frac{(1000 - 848)}{848} \times 100\% = 17.92\%$$

$$\text{Massa air mula-mula (W}_{\text{air,awal}}) = \frac{15.2}{100} \times 1000 \text{ gram} = 152 \text{ gram}$$

e. Massa kering = massa awal – massa air mula-mula

$$= 1000 \text{ gram} - 152 \text{ gram} = 848 \text{ gram}$$

f. Kadar air akhir

Basis kering = 1 % (direncanakan)

$$\begin{aligned} \text{Massa air akhir (W}_{\text{air,akhir}}) &= \text{basis kering} \times \text{massa kering} \\ &= \frac{1}{100} \times 848 \text{ gram} = 8.48 \text{ gram} \end{aligned}$$

g. Beban kebebasan (BK)

$$\begin{aligned} \text{BK} &= W_{\text{air,awal}} - W_{\text{air,akhir}} \\ &= 152 \text{ gram} - 8.48 \text{ gram} = 143.52 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### 4.2.1.3. Perhitungan kadar air rak 3 bahan briket

a. Massa yang akan dikeringkan = 1000 gram.

b. Massa awal ( $m_i$ ) = 1000 gram = 1 kg

c. Massa akhir ( $m_d$ ) = 845 gram = 0.845kg

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\% = \frac{(1000 - 845)}{1000} \times 100\% = 15.5\%$$

$$\text{Basis kering (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\% = \frac{(1000 - 845)}{845} \times 100\% = 18.34\%$$

$$\text{Massa air mula-mula (} W_{\text{air,awal}} \text{)} = \frac{15.5}{100} \times 1000 \text{ gram} = 155 \text{ gram}$$

e. Massa kering = massa awal – massa air mula-mula  
 = 1000 gram - 155 gram = 845 gram

f. Kadar air akhir

Basis kering = 1 % (direncanakan)

$$\begin{aligned} \text{Massa air akhir (} W_{\text{air,akhir}} \text{)} &= \text{basis kering} \times \text{massa kering} \\ &= \frac{1}{100} \times 845 \text{ gram} = 8.45 \text{ gram} \end{aligned}$$

g. Beban kebebasan (BK)

$$\begin{aligned} \text{BK} &= W_{\text{air,awal}} - W_{\text{air,akhir}} \\ &= 155 \text{ gram} - 8.45 \text{ gram} = 146.55 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### 4.2.1.4. Perhitungan kadar air rak 4 bahan briket

a. Massa yang akan dikeringkan = 1000 gram.

b. Massa awal ( $m_i$ ) = 1000 gram = 1 kg

c. Massa akhir ( $m_d$ ) = 871 gram = 0.871kg

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\% = \frac{(1000 - 871)}{1000} \times 100\% = 12.9\%$$

$$\text{Basis kering (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\% = \frac{(1000 - 871)}{871} \times 100\% = 14.8\%$$

$$\text{Massa air mula-mula (W}_{\text{air,awal}}) = \frac{12.9}{100} \times 1000 \text{ gram} = 129 \text{ gram}$$

e. Massa kering = massa awal – massa air mula-mula  
 = 1000 gram - 129 gram = 871 gram

f. Kadar air akhir

Basis kering = 1 % (direncanakan)

$$\begin{aligned} \text{Massa air akhir (W}_{\text{air,akhir}}) &= \text{basis kering} \times \text{massa kering} \\ &= \frac{1}{100} \times 871 \text{ gram} = 8.71 \text{ gram} \end{aligned}$$

g. Beban kebebasan (BK)

$$\begin{aligned} \text{BK} &= W_{\text{air,awal}} - W_{\text{air,akhir}} \\ &= 129 \text{ gram} - 8.71 \text{ gram} = 120.29 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### 4.2.1.5. Perhitungan Kadar Air Rak 1 bahan Cabe

a. Massa yang akan dikeringkan = 250 gram.

b. Massa awal ( $m_i$ ) = 250 gram

c. Massa akhir ( $m_d$ ) = 203 gram

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\% = \frac{(250 - 203)}{250} \times 100\% = 18.8\%$$

$$\text{Basis kering (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\% = \frac{(250 - 203)}{203} \times 100\% = 23.15\%$$

$$\text{Massa air mula-mula (W}_{\text{air,awal}}) = \frac{18.8}{100} \times 250 \text{ gram} = 47 \text{ gram}$$

e. Massa kering = massa awal – massa air mula-mula

$$= 250 \text{ gram} - 47 \text{ gram} = 203 \text{ gram}$$

f. Kadar air akhir

Basis kering = 1 % (direncanakan)

Massa air akhir ( $W_{\text{air,akhir}}$ ) = basis kering x massa kering

$$= \frac{1}{100} \times 203 \text{ gram} = 2.03 \text{ gram}$$

g. Beban kebebasan (BK)

$$\text{BK} = W_{\text{air,awal}} - W_{\text{air,akhir}}$$

$$= 47 \text{ gram} - 2.03 \text{ gram} = 44.97 \text{ gram}$$

#### 4.2.1.6. Perhitungan kadar air rak 2 bahan cabe

a. Massa yang akan dikeringkan = 250 gram.

b. Massa awal ( $m_i$ ) = 250 gram

c. Massa akhir ( $m_d$ ) = 211 gram

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\% = \frac{(250 - 211)}{250} \times 100\% = 15.6\%$$

$$\text{Basis kering (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\% = \frac{(250 - 211)}{211} \times 100\% = 18.48\%$$

$$\text{Massa air mula-mula (W}_{\text{air,awal}}) = \frac{15.6}{100} \times 250 \text{ gram} = 39 \text{ gram}$$

e. Massa kering = massa awal – massa air mula-mula

$$= 250 \text{ gram} - 39 \text{ gram} = 211 \text{ gram}$$

f. Kadar air akhir

Basis kering = 1 % (direncanakan)

Massa air akhir ( $W_{\text{air,akhir}}$ ) = basis kering x massa kering

$$= \frac{1}{100} \times 211 \text{ gram} = 2.11 \text{ gram}$$

g. Beban kebebasan (BK)

$$\text{BK} = W_{\text{air,awal}} - W_{\text{air,akhir}}$$

$$= 39 \text{ gram} - 2.11 \text{ gram} = 36.89 \text{ gram}$$

#### 4.2.1.7. Perhitungan kadar air rak 3 bahan cabe

a. Massa yang akan dikeringkan = 250 gram.

b. Massa awal ( $m_i$ ) = 250 gram

c. Massa akhir ( $m_d$ ) = 225 gram

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\% = \frac{(250 - 225)}{250} \times 100\% = 10\%$$

$$\text{Basis kering (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\% = \frac{(250 - 225)}{225} \times 100\% = 11.11\%$$

$$\text{Massa air mula-mula (W}_{\text{air,awal}}) = \frac{10}{100} \times 250 \text{ gram} = 25 \text{ gram}$$

e. Massa kering = massa awal – massa air mula-mula

$$= 250 \text{ gram} - 25 \text{ gram} = 225 \text{ gram}$$

f. Kadar air akhir

Basis kering = 1 % (direncanakan)

Massa air akhir ( $W_{\text{air,akhir}}$ ) = basis kering x massa kering

$$= \frac{1}{100} \times 225 \text{ gram} = 2.25 \text{ gram}$$

g. Beban kebebasan (BK)

$$\text{BK} = W_{\text{air,awal}} - W_{\text{air,akhir}}$$

$$= 25 \text{ gram} - 2.25 \text{ gram} = 22.75 \text{ gram}$$

#### 4.2.1.8. Perhitungan kadar air rak 4 bahan cabe

a. Massa yang akan dikeringkan = 250 gram.

b. Massa awal ( $m_i$ ) = 250 gram

c. Massa akhir ( $m_d$ ) = 231 gram

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\% = \frac{(250 - 231)}{250} \times 100\% = 7.6\%$$

$$\text{Basis kering (\%)} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\% = \frac{(250 - 231)}{231} \times 100\% = 8.23\%$$

$$\text{Massa air mula-mula (W}_{\text{air,awal}}) = \frac{7.6}{100} \times 250 \text{ gram} = 19 \text{ gram}$$

e. Massa kering = massa awal – massa air mula-mula

$$= 250 \text{ gram} - 19 \text{ gram} = 231 \text{ gram}$$

f. Kadar air akhir

Basis kering = 1 % (direncanakan)

Massa air akhir ( $W_{\text{air,akhir}}$ ) = basis kering x massa kering

$$= \frac{1}{100} \times 231 \text{ gram} = 2.31 \text{ gram}$$

g. Beban kebebasan (BK)

$$\text{BK} = W_{\text{air,awal}} - W_{\text{air,akhir}}$$

$$= 19 \text{ gram} - 2.31 \text{ gram} = 16.69 \text{ gram}$$

## 4.2.2. Rugi Kalor Dari Kolektor

Rugi kalor yang terbuang pada bagian atas plat *absorber* dapat dilihat dari perhitungan sebagai berikut.

### 4.2.2.1. Percobaan bahan briket

Kecepatan angin dianggap konstan yaitu 2 m/s, rata-rata suhu dalam kolektor pengering 39°C dan suhu lingkungan 32°C, emisivitas kaca 0.88 dan emisivitas seng 0.4, sedangkan transimivitas kaca adalah 1. Dan rata-rata energi radiasi harian matahari di Yogyakarta adalah 478.67 Watt/m<sup>2</sup> dan jumlah *cover* (kaca) 1.

- a.  $h_{wind} = 5.7 + (3.8 \times v)$   
 $= 5.7 + (3.8 \times 2) = 13.3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$
- b.  $f = (1 - 0.04 \times h_{wind} + 0.0005 \times h_{wind}^2) \times (1 + 0.091N)$   
 $= (1 - 0.04 \times 13.3 + 0.0005 \times (13.3)^2) \times (1 + 0.091)$   
 $= (1 - 0.532 + 0.089) \times (1.091) = 0.61$
- c.  $C = 250 (1 - 0.0044(0 - 90^\circ)) = 250 \times (1 + 0.396) = 349$
- d. Rugi-rugi kalor bagian atas ( $U_l$ )

$$U_l = \left[ \frac{N}{\frac{C(T_1 - T_2)}{T_1(N + f)}^{0.33} + \frac{1}{h_{wind}}} \right]^{-1} + \frac{\sigma \cdot (T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)}{[\varepsilon_p + 0.05N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[ \frac{2N + f - 1}{\varepsilon_c} \right]^{-N}}$$

$$U_l = \left[ \frac{1}{\frac{349(312 - 305)}{39(1 + 0.61)}^{0.33} + \frac{1}{13.3}} \right]^{-1} + \frac{5.67 \times 10^{-8} \cdot (312 + 305) \cdot (97344 + 93025)}{[0.4 + 0.05(1 - 0.4)]^{-1} + \left[ \frac{2 + (0.61) - 1}{0.88} \right]^{-1}}$$

$$U_l = \left[ \frac{1}{7.932 \left( \frac{7}{1.61} \right)^{0.33} + \frac{1}{13.3}} \right]^{-1} + \frac{5.67 \times 10^{-8} \cdot (617) \cdot (190369)}{[0.4 + 0.03]^{-1} + \left[ \frac{1.61}{0.88} \right]^{-1}}$$

$$U_l = \left[ \frac{1}{7.932 \times 1.624} + \frac{1}{13.3} \right]^{-1} + \frac{6.66}{2.33 + 1.83 - 1}$$

$$U_l = \left[ \frac{1}{12.88} + \frac{1}{13.3} \right]^{-1} + \frac{6.66}{3.16}$$

$$U_l = [0.078 + 0.075]^{-1} + 2.108 = 8.644 \text{ Watt/m}^2 \cdot \text{°K}$$

#### 4.2.2.2. Percobaan bahan cabe

Kecepatan angin dianggap konstan yaitu 2 m/s, rata-rata suhu dalam kolektor pengering 37°C dan suhu lingkungan 32.6°C, emisivitas kaca 0.88 dan emisivitas seng 0.4, sedangkan transimivitas kaca adalah 1. Dan rata-rata energi radiasi harian matahari di Yogyakarta adalah 457.17 Watt/m<sup>2</sup> dan jumlah *cover* (kaca) 1.

$$a. \quad h_{wind} = 5.7 + (3.8 \times v)$$

$$= 5.7 + (3.8 \times 2) = 13.3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$$

$$b. \quad f = (1 - 0.04 \times h_{wind} + 0.0005 \times h_{wind}^2) \times (1 + 0.091N)$$

$$= (1 - 0.04 \times 13.3 + 0.0005 \times (13.3)^2) \times (1 + 0.091)$$

$$= (1 - 0.532 + 0.089) \times (1.091) = 0.61$$

$$c. \quad C = 250 (1 - 0.0044(0 - 90^\circ)) = 250 \times (1 + 0.396) = 349$$

$$d. \quad \text{Rugi-rugi kalor bagian atas ( } U_l \text{)}$$

$$U_l = \left[ \frac{N}{\frac{C(T_1 - T_2)}{T_1(N+f)}^{0.33} + h_{wind}} \right]^{-1} + \frac{\sigma \cdot (T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)}{[\varepsilon_p + 0.05N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[ \frac{2N+f-1}{\varepsilon_c} \right]^{-N}}$$

$$U_l = \left[ \frac{1}{\frac{349(310-305.6)}{37(1+(0.61))}^{0.33} + 13.3} \right]^{-1} + \frac{5.67 \times 10^{-8} \cdot (310+305.6) \cdot (96100+93391.36)}{[0.4 + 0.05(1-0.4)]^{-1} + \left[ \frac{2+(0.61)-1}{0.88} \right]^{-1}}$$

$$U_l = \left[ \frac{1}{9.432 \left( \frac{4.4}{1.61} \right)^{0.33} + 13.3} \right]^{-1} + \frac{5.67 \times 10^{-8} \cdot (615.6) \cdot (189491.4)}{[0.4 + 0.03]^{-1} + \left[ \frac{1.61}{0.88} \right]^{-1}}$$

$$U_l = \left[ \frac{1}{9.432 \times 1.393} + \frac{1}{13.3} \right]^{-1} + \frac{6.614}{2.33 + 1.83 - 1}$$

$$U_l = \left[ \frac{1}{13.139} + \frac{1}{13.3} \right]^{-1} + \frac{6.614}{3.16}$$

$$U_l = [0.079 + 0.075]^{-1} + 2.093 = 8.702 \text{ Watt/m}^2 \cdot \text{°K}$$

### 4.2.3. Panas Yang Dihasilkan Kolektor

Panas yang dihasilkan oleh kolektor tergantung dari banyak sedikitnya radiasi pada kolektor. Panas yang dihasilkan oleh kolektor dalam percobaan adalah :

#### 4.2.3.1. Percobaan bahan briket

Dengan rata-rata suhu dalam ruang pengering  $39^{\circ}\text{C}$  dan suhu lingkungan  $32^{\circ}\text{C}$ , maka panas yang dihasilkan adalah :

$$Q_u = A_k \cdot [I \cdot (\alpha \cdot \tau) - U_l \cdot (T_1 - T_2)]$$

$$Q_u = 12 \text{ m}^2 \cdot \left[ 478.67 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} (0.4) - 8.644 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}} \cdot (312 \text{ °K} - 305 \text{ °K}) \right]$$

$$Q_u = 12 \text{ m}^2 \cdot \left[ 191.468 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} - 60.508 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} \right]$$

$$Q_u = 12 \text{ m}^2 \cdot 130.96 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} = 1571.52 \text{ Watt}$$

#### 4.2.3.2. Percobaan bahan cabe

Dengan rata-rata suhu dalam ruang pengering  $37^{\circ}\text{C}$  dan suhu lingkungan  $32.6^{\circ}\text{C}$ , maka panas yang dihasilkan adalah :

$$Q_u = A_k \cdot [I \cdot (\alpha \cdot \tau) - U_l \cdot (T_1 - T_2)]$$

$$Q_u = 12 \text{ m}^2 \cdot \left[ 457.17 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} (0.4) - 8.702 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K}} \cdot (310 \text{ }^{\circ}\text{K} - 305.6 \text{ }^{\circ}\text{K}) \right]$$

$$Q_u = 12 \text{ m}^2 \cdot \left[ 182.868 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} - 38.289 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} \right]$$

$$Q_u = 12 \text{ m}^2 \cdot 144.579 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} = 1734.95 \text{ Watt}$$

#### 4.2.4. Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor pada tiap percobaan berbeda, karena besar radiasi dan suhu yang dihasilkan berbeda. Perhitungan efisiensi dapat dilihat pada perhitungan.

##### 4.2.4.1. Percobaan bahan briket

Radiasi yang mengenai kolektor menghasilkan panas sebesar :

$$Q_{rad} = A_k \cdot I \cdot (\alpha \cdot \tau)$$

$$Q_{rad} = 12 \text{ m}^2 \cdot 478.67 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} (0.4)$$

$$Q_{rad} = 2297.616 \text{ Watt}$$

Maka, efisiensi pengeringan alat pengering surya adalah :

$$\eta_{Kolektor} = \frac{Q_u}{Q_{rad}} \times 100\%$$

$$\eta_{Kolektor} = \frac{1571.52 \text{ Watt}}{2297.616 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta_{Kolektor} = 68.4\%$$

#### 4.2.4.2. Percobaan bahan cabe

Radiasi yang mengenai kolektor menghasilkan panas sebesar :

$$Q_{rad} = A_k \cdot I \cdot (\alpha \cdot \tau)$$

$$Q_{rad} = 12 \text{ m}^2 \cdot 457.17 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} (0.4)$$

$$Q_{rad} = 2194.416 \text{ Watt}$$

Maka, efisiensi pengeringan alat pengering surya adalah :

$$\eta_{Kolektor} = \frac{Q_u}{Q_{rad}} \times 100\%$$

$$\eta_{Kolektor} = \frac{1734.95 \text{ Watt}}{2194.416 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta_{Kolektor} = 79.06\%$$

#### 4.2.5. Analisis Proses Pengeringan

Besarnya radiasi matahari selalu berubah sesuai dengan tingkat kecerahan cuaca. Data proses pengeringan dapat dilihat pada tabel 4.7 dan table 4.8.

Tabel 4.7 Data Massa Bahan Briket

Jam	Rak 1 (gram)	Rak 2 (gram)	Rak 3 (gram)	Rak 4 (gram)
11.00	1000	1000	1000	1000
11.30	913	938	952	976
12.00	842	883		
12.15		858	867	894
12.30			845	883
13.00				871

Tabel 4.8 Data Massa Bahan Cabe

Jam	Rak 1 (gram)	Rak 2 (gram)	Rak 3 (gram)	Rak 4 (gram)
09.00	250	250	250	250
10.00	236	239	243	244
11.00	221	228	236	239
12.00	209	219	230	235
13.00	203	211	225	231

Dalam proses pengeringan bahan, pengeringan paling optimal terjadi pada rak 1. Ini dikarenakan posisi rak dekat dengan kolektor.

### 4.3. Perhitungan Biaya Pembuatan Alat Pengering

Biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan alat pengering briket bioarang kolektor surya ini dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Biaya Pembuatan Alat Pengering

No	Bahan	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Kayu usuk (4x6)	10 buah	Rp. 16.000	Rp. 160.000
2	Kayu reng	5 buah	Rp. 5.000	Rp. 25.000
3	Alumunium foil	5 buah	Rp. 15.000	Rp. 75.000
4	Paku	Secukupnya		Rp. 10.000
5	Triplek	3 buah	Rp. 40.000	Rp. 120.000
6	Plepet	10 buah	Rp. 2.500	Rp. 25.000
7	Seng gelombang	1 buah	Rp. 40.000	Rp. 40.000
8	Kaca es	1.5 meter	Rp. 160.000	Rp. 160.000
9	Engsel	1 pasang	Rp. 2.500	Rp. 2.500
10	Cat hitam	1 kaleng (1kg)	Rp. 45.000	Rp. 45.000
<b>Total</b>				Rp. 662.500

## BAB V

### PEMBAHASAN

Pembahasan terhadap hasil penelitian perlu dilakukan untuk menguji kesesuaian dengan identifikasi permasalahan dan tujuan penelitian itu sendiri.

#### 5.1. Berat Bahan

Data berat bahan yang digunakan menggunakan berat per raknya, dengan tujuan untuk mempermudah dalam proses perhitungan selanjutnya dan mempermudah dalam proses penimbangan tiap pengecekan beratnya. Data berat akhir bahan dapat dilihat dalam tabel 5.1 dan tabel 5.2.

Tabel 5.1 Data Massa Bahan Briket Setelah Pengeringan

<b>Rak</b>	<b>Berat per Rak (gram)</b>	<b>Rata-rata Berat per Briket (gram)</b>
1	842	42
2	848	42
3	845	42
4	871	43

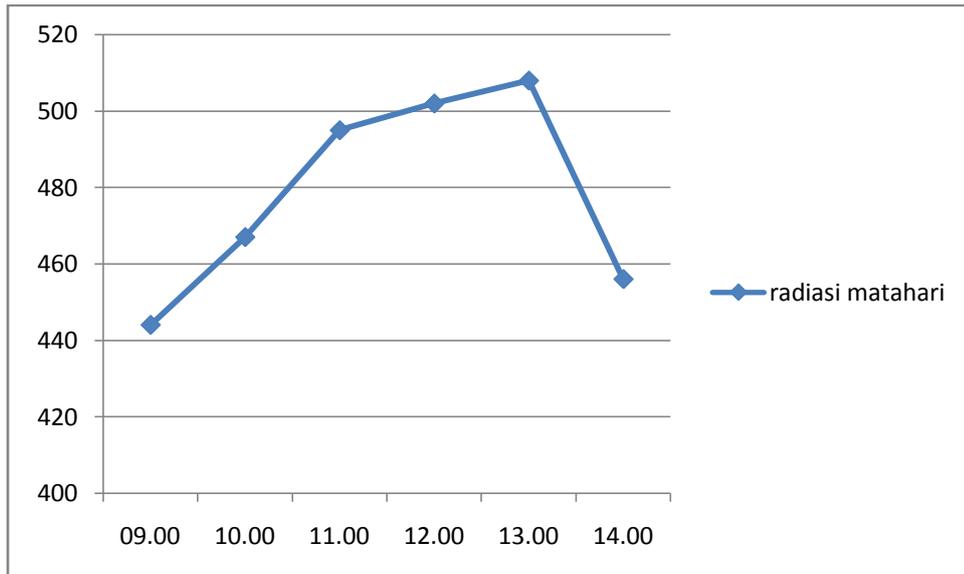
Tabel 5.2 Data Massa Bahan Cabe Setelah Pengeringan

<b>Rak</b>	<b>Berat per Rak (gram)</b>
1	203
2	211
3	225
4	231

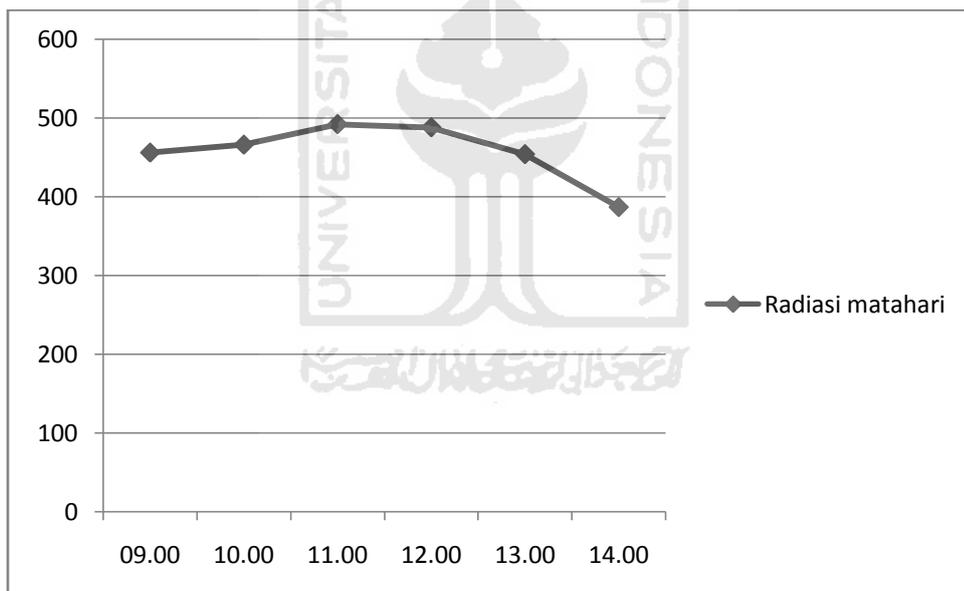
Dari data berat bahan akhir bahan dapat dilihat bahwa berat bahan berbeda-beda. Letak dalam proses pengeringan berpengaruh terhadap banyak sedikitnya air yang diuapkan. Bahan yang diletakkan ditengah pada rak 1 lebih cepat berkurang bebannya. tetapi pada rak 2, rak 3, dan rak 4 bahan yang lebih cepat berkurang yang diletakkan di daerah tepi. Ini membuktikan bahwa panas menyebar melalui samping rak karena posisi tengah sudah terpakai oleh rak 1.

## 5.2. Radiasi Matahari

Data radiasi matahari diambil berdasarkan jam, dengan tujuan untuk mengetahui peningkatan dan penurunan radiasi yang terjadi selama proses pengeringan. Analisis radiasi matahari dapat dilihat pada gambar 5.1 dan gambar 5.2.



Gambar 5.1 Grafik Data Radiasi Matahari Percobaan Briket



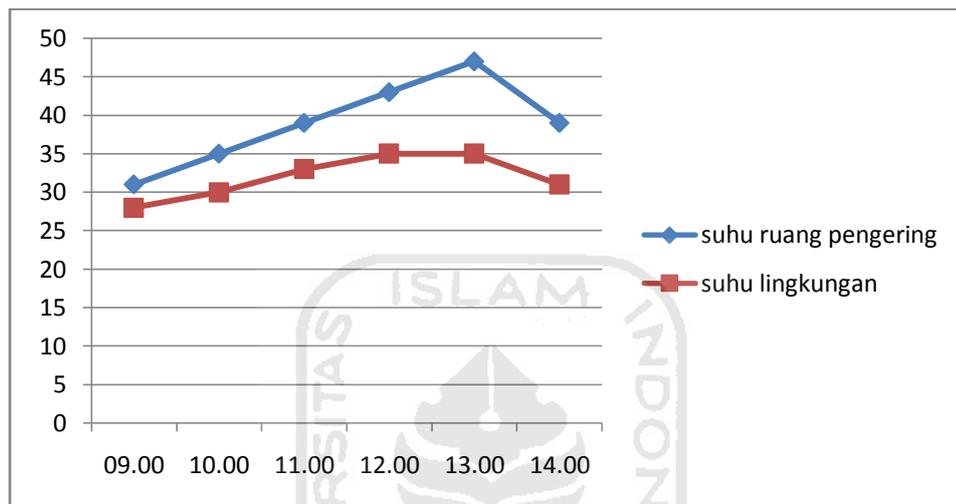
Gambar 5.2 Grafik Data Radiasi Matahari Percobaan Cabe

Peningkatan radiasi terjadi saat waktu menjelang siang hari dan mengalami penurunan saat menjelang sore hari. Namun dapat juga terjadi penurunan yang tidak menentu, seperti saat kondisi cuaca berawan atau mendung.

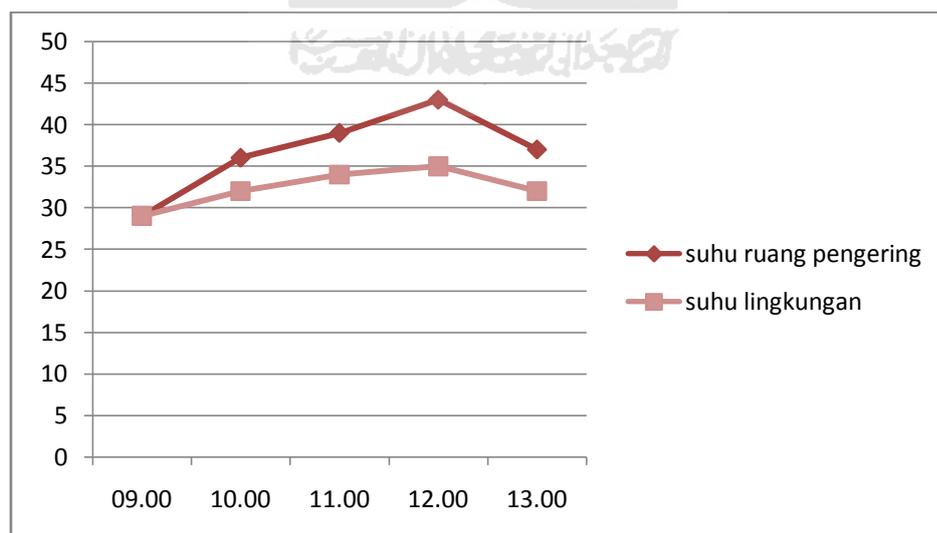
### 5.3. Suhu

Data suhu diambil pada ruang pengering dan lingkungan di sekitar alat pengering.

Data suhu diambil untuk membandingkan panas yang ada diruang pengering dengan panas lingkungan. Data suhu dapat dilihat pada gambar 5.3 dan gambar 5.4.



Gambar 5.3 Grafik Data Suhu Percobaan Briket



Gambar 5.4 Grafik Data Suhu Percobaan Cabe

Dari grafik data suhu dapat dilihat perbedaan suhu didalam ruang pengering dengan suhu di lingkungan sekitar alat. Suhu di ruang pengering lebih tinggi, hal ini membuat proses pengeringan dengan alat pengering kolektor surya akan lebih cepat dibandingkan dengan pengeringan secara langsung. Suhu panas di ruang pengering merupakan udara panas yang dibawa dari kolektor.

#### 5.4. Kadar Air

Kadar air yang diuapkan tiap rak berbeda-beda, begitu juga untuk lama waktu penguapannya. Data kadar air yang diuapkan dapat dilihat pada tabel 5.3 dan tabel 5.4.

Tabel 5.3 Data Kadar Air Briket yang Diuapkan

<b>Rak</b>	<b>Kadar Air Yang Diuapkan (Gram)</b>
1	149.58
2	143.52
3	146.55
4	120.29

Tabel 5.4 Data Kadar Air Cabe yang Diuapkan

<b>Rak</b>	<b>Kadar Air Yang Diuapkan (Gram)</b>
1	44.97
2	36.89
3	22.75
4	16.69

Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa penguapan paling cepat pada rak 1 atau rak paling bawah, sedangkan penguapan paling lama pada rak 4 atau rak paling atas. Kadar air yang diuapkan juga berbeda-beda tergantung besarnya panas yang mengenai bahannya, karena sifat pergerakan udara dalam ruang pengering yang berubah-ubah akibat pengaruh pergerakan udara disekitar lingkungan.

### **5.5. Rugi Kalor Kolektor**

Dari data yang telah di peroleh dari perhitungan menunjukkan bahwa rugi kalor bagian atas untuk percobaan bahan briket sebesar  $8.644 \text{ Watt/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$  dari  $1571.52 \text{ Watt}$ , dan untuk percobaan bahan cabe sebesar  $8.702 \text{ Watt/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$  dari  $1734.95 \text{ Watt}$ .

Dalam proses pengeringannya, kolektor dalam menerima radiasi tidak sepenuhnya diterima dengan baik atau terdapat panas yang memantul karena sifat bahan absorber kolektor yang digunakan. Panas yang memantul atau terlepas dinamakan rugi kalor, rugi kalor dalam kolektor terjadi pada sisi atas seng dan sisi bawah seng.

Rugi kalor sisi bawah seng dapat di kendalikan dengan menggunakan pelapis alumunium foil, Sehingga kalor disisi bawah seng tidak terbangun dan dapat digunakan sebagai bahan pemanas dalam ruang pengering. Untuk rugi kalor sisi atas seng dapat dikendalikan dengan cover kolektor yang terbuat dari kaca es, namun belum maksimal. Sehingga kolektor dalam menangkap radiasi matahari masih terdapat kalor yang hilang yaitu disisi atas seng.

### **5.6. Panas yang Dihasilkan Kolektor**

Dalam hasil perhitungan panas yang dihasilkan oleh kolektor panas saat percobaan bahan briket adalah 1571.52 Watt dan panas saat percobaan cabe 1734.95 Watt. panas yang dihasilkan tergantung dari banyak sedikitnya radiasi pada kolektor, jika cuaca berawan maka panas radiasi yang dihasilkan sedikit. Sebaliknya jika cuaca cerah panas radiasi banyak.

### **5.7. Efisiensi Kolektor**

Panas yang dihasilkan oleh kolektor dan panas yang digunakan untuk proses pengeringan merupakan faktor yang mempengaruhi efisiensi kolektor. Dalam percobaan efisiensi kolektor yang didapat adalah 68.4 % dan 79.06%.

Dari hasil perhitungan efisiensi kolektor menunjukkan bahwa panas yang dihasilkan kolektor belum sepenuhnya digunakan untuk pengeringan. Dalam peningkatan penggunaan panas kolektor perlu adanya pengaturan kecepatan angin. Tetapi kecepatan angin tidak boleh terlalu cepat, karena panas terlalu cepat keluar dari ruang pengeringan sehingga proses pengeringan tidak dapat terjadi.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **2.1. KESIMPULAN**

Setelah melakukan pembahasan dari hasil pengolahan data maka dapat disimpulkan :

Panas yang dihasilkan oleh kolektor surya dalam percobaan bahan briket sebesar 1571.52 Watt dan panas saat percobaan cabe 1734.95 Watt. Dengan efisiensi kolektor 68.4 % dan 79.06% dapat menurunkan kadar air bahan briket dan cabe 4 - 14 gram dalam 1 jam, pengurangan kadar air tertinggi pada rak 1 dan terendah pada rak 4. Dan Biaya yang dibutuhkan untuk membuat alat pengering kolektor surya sebesar Rp.662.500,00

#### **2.2. SARAN**

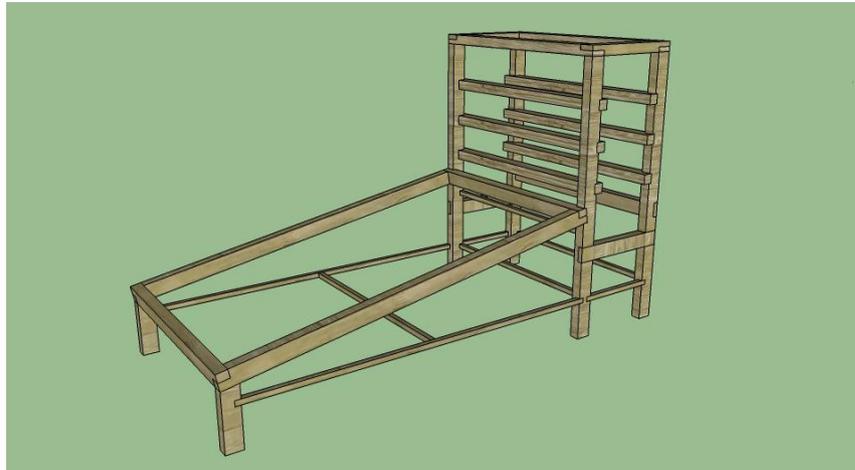
Untuk kedepannya dalam proses pengeringan agar bahan yang dikeringkan dapat kering secara bersamaan, disarankan dilakukan pengaturan waktu untuk menukar tempat rak secara teratur. Dan lebih memperhitungkan kemiringan kolektor agar panas yang dihasilkan lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ekadewi A. Handoyo et.al, 2006, disain dan pengujian sistem pengering ikan bertenaga surya, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra
- Gati M. M. et.al, 2006, desain kolektor plat datar (*flat plat*) untuk pemanas air, *makalah rekayasa energi surya*, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Holman J.P., 1981, *Perpindahan Kalor*, terjemahan E. Jasfi (1984), edisi kelima, Erlangga, Jakarta Pusat.
- Kreith Frank, 1973, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, terjemahan Arko Prijono M.Sc (1986), edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Matahari>., 10/12/2010, pukul 15.53
- <http://www.energiefficiencyasia.org>, 15/12/2010, pukul 11:30
- <http://tronikini.blogspot.com/2009/01/tipe-tipe-termokopel.html>, 18/12/2010 pukul 16:28
- <http://yefrichan.wordpress.com/2010/10/04/jenis-jenis-termokopel/>, 18/12/2010 pukul 16:28
- Syuhada A. dan Suhaeri, 2010, kajian tingkat kemampuan penyerapang panas matahari pada atap bangunan seng berwarna, *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9, 13-15 Oktober*, Palembang.
- Wikri, 1998, *desain dan uji performansi alat pengering kakao tipe rak zig - zag*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Yani Endri et.al, 2009, penghitungan efisiensi kolektor surya pada pengering surya tipe aktif tidak langsung pada laboratorium surya ITB, No. 31 Vol.2 Thn. XVI, ISSN: 0854-8471, April, Bandung.



1. Desain yang direkomendasikan



## 2. Gambar Konstruksi Alat Pengering



