

**RANCANG BANGUN ALAT PENGERING KOPRA TIPE RAK  
BERTINGKAT DENGAN PEMANAS KOLEKTOR SURYA DAN ENERGI  
BIOMASSA**



**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Pendidikan diploma 3 (D-3) program studi Teknik Konversi Energi  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

**Muh. Fathan Bianco      34219059**

**Selda Takin                      34219064**

**PROGRAM STUDI D3-TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir ini dengan judul “Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat Dengan Pemanas Kolektor Surya dan Energi Biomassa” oleh Muh. Fathan Bianco NIM 342 19 059 dan Selda Takin NIM 342 19 064.

Makassar, 26 September 2022

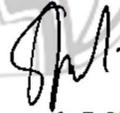
Pembimbing I,



**Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.**

NIP. 19590826 198803 1 002

Pembimbing II,



**Sri Suwasti, S.ST., M.T.**

NIP. 19741123 200122 2 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin,



**Husdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D.**

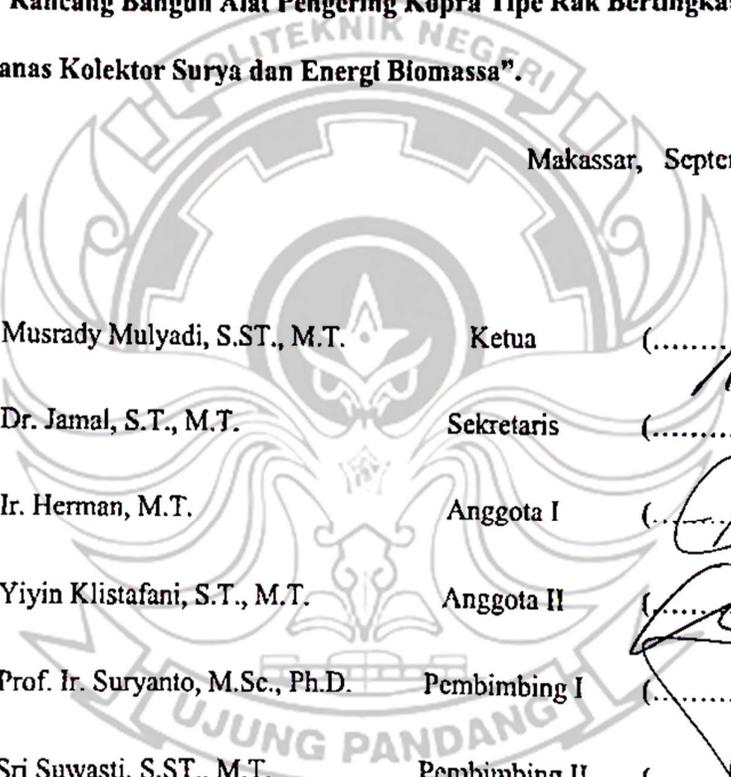
NIP. 19741123 200212 1 002

## HALAMAN PENERIMAAN

Telah menerima dan siap mengikuti seminar ujian Tugas Akhir Mahasiswa atas nama : Muh. Fathan Bianco, Stambuk 34219059 dan Selda Takin, Stambuk 34219064 dengan judul

**“Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat Dengan Pemanas Kolektor Surya dan Energi Biomassa”.**

Makassar, September 2022

- 
1. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. Ketua (.....)
  2. Dr. Jamal, S.T., M.T. Sekretaris (.....)
  3. Ir. Herman, M.T. Anggota I (.....)
  4. Yiyin Klistafani, S.T., M.T. Anggota II (.....)
  5. Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. Pembimbing I (.....)
  6. Sri Suwasti, S.ST., M.T. Pembimbing II (.....)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, pelaksanaan seminar hasil ini yang berjudul “**Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat Dengan Pemanas Kolektor Surya Dan Energi Biomassa**”. Dapat diselesaikan dengan baik Kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan, kekuatan serta inspirasi kepada kami untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara-saudari kami yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi, serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.SI., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Rusdi Nur., S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Ibu Nur Rahmah H. Anwar, S.T., M.T. selaku wali kelas
7. Bapak Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing I dan Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Konversi Energi yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama melaksanakan perkuliahan, dan telah membantu dalam menyediakan fasilitas dan sarana dalam mengerjakan tugas akhir.
9. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2019 yang telah menjadi saudara-saudariku serta banyak memberikan motivasi, bantuan serta doanya, selama berada di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

10. Buat semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan satu-persatu yang berjasa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa seminar hasil ini masih kurang sempurna, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang, akhir kata, semoga tulisan ini dapat bermanfaat sebagaimana mestinya.

Makassar, Agustus 2022

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENERIMAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>16</b>
1.1 Latar Belakang .....	16
1.2 Rumusan Masalah .....	17
1.3 Ruang Lingkup .....	18
1.4 Tujuan Kegiatan dan Manfaat Kegiatan .....	18
1.4.1 Tujuan Kegiatan .....	18
1.4.2 Manfaat Kegiatan .....	18
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>19</b>
2.1 Pengering <i>Hybrid</i> .....	19
2.2 Perpindahan Panas .....	19
2.3 Perpindahan Panas Secara Konveksi .....	20
2.4 Kalor Jenis.....	21
2.5 Kolektor Matahari.....	21
2.5.1 Pengertian Kolektor Matahari .....	21
2.5.2 Bagian-bagian Secara Umum Kolektor Matahari .....	22
2.5.3 Prinsip Kerja Kolektor Matahari .....	23
2.6 Pengeringan Dengan Kolektor Matahari .....	25
2.7 Kelapa .....	26
2.8 Tempurung Kelapa .....	27

<b>BAB III METODE KEGIATAN.....</b>	<b>28</b>
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan.....	28
3.2 Alat dan Bahan .....	28
3.2.1 Alat .....	28
3.2.2 Bahan .....	28
3.3 Prosedur Perancangan .....	29
3.3.1 Studi Literatur .....	29
3.3.2 Tahap Perancangan.....	29
3.3.3 Desain Gambar .....	31
3.3.4 Perancangan Kontroler Alat.....	32
3.3.5 Tahap Pembuatan dan Perakitan Alat.....	32
3.4 Pengujian Alat.....	33
3.5 Teknik Analisa Data .....	34
3.5.1 Diagram Alir .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1 Hasil Perancangan .....	38
4.1.1 Hasil Perancangan Alat.....	38
4.1.2 Data Kuantitatif.....	39
4.2 Teknik Analisa Data.....	44
4.2.1 Perhitungan Energi Kalor Yang Masuk Kedalam Kolektor ( $Q_{in}$ ).....	44
4.2.2 Perhitungan Energi Kalor Menggunakan Biomassa ( $Q_{in}$ ) .....	44
4.2.3 Perhitungan Energi Kalor Yang Digunakan Pada Ruang Pemanas ( $Q_{out}$ ).....	45
4.2.4 Perhitungan Laju Pengerinan (gr/menit).....	45
4.2.5 Perhitungan Efisiensi Pada Ruang Pemanas $\eta$ (%).....	46
4.3 Grafik dan Pembahasan .....	46
4.3.1 Hasil Pengujian Ruang Pemanas Menggunakan Kolektor Surya .....	46
4.3.2 Hasil Pengujian Ruang Pemanas Menggunakan Biomassa .....	47

4.3.3 Hasil Pengujian Sistem <i>Hybrid</i> Ruang Pemanas Menggunakan Kolektor Surya dan Biomassa .....	48
4.3.4 Hasil Pengujian Laju Pengeringan .....	48
4.3.5 Hasil Pengujian Kadar Air .....	49
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan .....	52
5.2 Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>53</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perpindahan Panas Konveksi Dari Permukaan Media Padat Ke Fluida Yang Mengalir Sumber : Astawa dkk., 2015.....	20
Gambar 2. 2 Penyerapan Radiasi Oleh Pelat Penyerah Bergelombang.....	24
Gambar 2. 3 Aliran Fluida Pada Pelat Melambai/Gelombang Besar .....	25
Gambar 3. 1 Desain Gambar .....	31
Gambar 3. 2 Desain Rancangan Pembacaan Suhu .....	32
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat (Tampak Samping) .....	38
Gambar 4. 2 Hasil Perancangan Alat (Tampak Belakang) .....	38
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Antara Daya Input Kolektor Surya Terhadap Waktu .....	47
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Daya Input Biomassa Terhadap Waktu .....	47
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Daya Output Sistem <i>Hybrid</i> Terhadap Waktu ....	48
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Antara Laju Pengeringan Terhadap Waktu.....	49
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Antara Kadar Air Terhadap Waktu.....	50
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Efisiensi Ruang Pemanas Menggunakan Sistem <i>Hybrid</i> . .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Kaca Kolektor .....	30
Tabel 3. 2 Spesifikasi Arduino Uno .....	30
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Pengeringan Secara <i>Hybrid</i> , 31 Agustus 2022. ....	40
Tabel 4. 2 Penurunan Massa Kelapa Selama Pengeringan <i>Hybrid</i> . ....	40
Tabel 4. 3 Kondisi Kadar Air Selama Pengeringan <i>Hybrid</i> .....	41
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Pengeringan Menggunakan Tungku Biomassa , 1 September 2022. ....	42
Tabel 4. 5 Penurunan Massa Kelapa Selama Pengeringan Menggunakan Tungku Biomassa. ....	42
Tabel 4. 6 Kondisi Kadar Air Selama Pengeringan Menggunakan Tungku Biomassa. ....	43



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 (Daftar Tabel Hasil Analisa Data) .....	56
Lampiran 2 (Spesifikasi Alat) .....	61
Lampiran 3 (Dokumentasi Kegiatan) .....	64
Lampiran 5 (Program Suhu).....	70



## DAFTAR SIMBOL

<u>SIMBOL</u>	<u>SATUAN</u>	<u>KETERANGAN</u>
$I$	$W/m^2$	Intensitas Cahaya Matahari
$A$	$m^2$	Luas Penampang
$T_1$	$^{\circ}C$	Temperatur Kolektor
$T_{rata-rata}$	$^{\circ}C$	Temperatur rata-rata ruang pengering
$M_{b(Aw)}$	Kg	Massa awal bahan
$M_{b(Ak)}$	Kg	Massa akhir baan
$T$	S	Waktu
$Q_{in\ kolektor}$	kJ	Energi Kalor Kolektor
$Q_{in\ biomassa}$	kJ	Energi Kalor Biomassa
$Q_{out}$	kJ	Energi Kalor Ruang Pengering
$\eta$	%	Efisiensi Ruang Pengering
$K$	$W/m\ ^{\circ}C$	Konduktivitas Termal
$\Delta T$	$^{\circ}C$	Perbedaan Temperatur
$C_{p\ air}$	$J/kg\ ^{\circ}C$	Kalor Jenis Air

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh. Fathan Bianco

NIM : 34219059

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat Dengan Pemanas Kolektor Surya dan Energi Biomassa”** merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 15 September 2022



(Muh. Fathan Bianco)

NIM. 34219059

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Selda Takin

NIM : 34219064

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat Dengan Pemanas Kolektor Surya dan Energi Biomassa”** merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2022



(Selda Takin)

NIM. 34219064

**RANCANG BANGUN ALAT PENGERING KOPRA TIPE RAK  
BERTINGKAT DENGAN PEMANAS KOLEKTOR  
SURYA DAN ENERGI BIOMASSA**

**RINGKASAN**

Proses pengeringan merupakan kegiatan penting yang dilakukan pada produk pertanian untuk meningkatkan kualitas dengan cara menghilangkan kadar air sampai batas dimana mikroba tidak dapat tumbuh pada hasil panen salah satunya yaitu kopra.

Adapun metode kegiatan yang dilakukan terdiri dari dua macam proses pengambilan data yaitu pengambilan data dengan pengujian secara *hybrid* antara kolektor surya dan tungku pembakaran biomassa selama 1 hari dan pengujian dengan menggunakan tungku pembakaran biomassa selama 1 hari yang di mulai pada pukul 08.45 sampai pukul 16.45 WITA dengan melakukan pengukuran parameter setiap 60 menit sekali.

Setelah dilakukan uji coba dengan menggunakan pengujian *hybrid* didapatkan suhu rata-rata kolektor  $54,95^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar  $581,5 \text{ Watt/m}^2$  dan suhu rata-rata ruang pengering  $38,62^{\circ}\text{C}$  dan suhu-suhu rata-rata tungku pembakaran biomassa  $79,12^{\circ}\text{C}$ . Adapun rata-rata efisiensi pengeringan yang didapat yaitu 15,1%. Nilai efisiensi tersebut lebih besar daripada nilai efisiensi alat sebelumnya yaitu 4,48%.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengeringan adalah cara untuk menghilangkan sebagian besar kadar air dari suatu bahan dengan bantuan energi panas dari sumber alami (sinar matahari) atau bahan buatan (alat pengering). Biasanya kandungan air tersebut dikurangi sampai batas dimana mikroba tidak dapat tumbuh lagi didalamnya. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat memiliki waktu simpan yang lebih lama (Winarno, 1980).

Sumber energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan di Indonesia yang memiliki potensi yang sangat besar untuk dikelola dan dikembangkan salah satunya dalam pemanfaatan pengeringan hasil pertanian. Salah satu komoditi pertanian yang sangat penting karena merupakan bahan baku pembuatan minyak kelapa dan turunannya yaitu kopra. Indonesia yang terletak di daerah tropis memiliki suatu keuntungan cukup besar akan penerimaan sinar matahari yang berkesinambungan sepanjang tahun. Tidak diragukan lagi bahwa energi surya adalah salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang, karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi, dan juga sumber energinya banyak tersedia dialam (Rahayuningtyas, 2014).

Biomassa adalah suatu limbah benda padat yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena sifatnya yang dapat diperbaharui dan relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara. Di Indonesia sangat banyak potensi limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan, contohnya tempurung kelapa (Sinurat, 2011).

Pengering *hybrid* merupakan pengering yang menggunakan dua atau lebih sumber energi untuk proses penguapan air. Teknologi ini merupakan alternatif teknologi untuk pengeringan produk hasil pertanian. Pengering mekanis sistem *hybrid* pada prinsipnya sama seperti pengeringan mekanis pada umumnya. Radiasi matahari diubah menjadi energi panas, dikombinasikan dengan energi panas hasil pembakaran biomassa apabila radiasi matahari berkurang atau tidak ada. Mesin

pengering sistem *hybrid* secara umum terdiri atas media penangkap radiasi, ruang pengering, tungku pembakaran, dan cerobong. Mesin pengering sistem *hybrid* juga menggunakan bantuan alat lain untuk membantu sirkulasi udara panas yang ditangkap dan disebar didalam ruang pengering. Distribusi suhu pada ruang pengering sangat berpengaruh dalam mengeringkan bahan pangan yang dikeringkan (Dhanika, 2010).

Alat pengering *hybrid* energi surya dan biomassa tipe rak bertingkat adalah salah satu contoh pemanfaatan energi surya yang sangat berguna, namun belum begitu banyak digunakan oleh masyarakat. Dengan menggunakan alat pengering tipe ini kita dapat mengeringkan hasil pertanian tanpa menggunakan bahan bakar fosil, dimana prinsip kerjanya sinar matahari diserap atau ditampung melalui kolektor, panas yang akan dihasilkan dari kolektor akan masuk ke ruang pengering yang terdiri dari rak-rak secara alami sama halnya dengan panas yang berasal dari tungku pembakaran biomassa akan naik secara alami ke ruang pengering. Komoditi pertanian yang sering dijumpai dalam keseharian masyarakat yaitu kopra. Beberapa upaya untuk meningkatkan efektifitas pengeringan berbasis surya telah dilakukan dan menjadi alternatif yang menjanjikan (Fudholi et al., 2010). Pemanfaatan panas surya dalam pengeringan kopra bertujuan untuk menghasilkan produk pengeringan dengan kualitas kadar air dan mutu yang baik dan higienis.

Dari hal-hal yang telah disebutkan sebelumnya melatarbelakangi penulis untuk merancang pengeringan. Dengan judul penelitian “Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat Dengan Pemanas Kolektor Surya Dan Energi Biomassa”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka disusun permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana rancang bangun alat pengering tipe rak bertingkat dengan pemanfaatan bahan bakar biomassa menggunakan metode *hybrid*?
2. Bagaimana peningkatan kinerja dari rancang bangun alat pengering tipe rak bertingkat dengan pemanfaatan bahan bakar biomassa menggunakan metode *hybrid*?

### **1.3 Ruang Lingkup**

Dalam penelitian ini, penulis memberikan batasan masalah untuk lebih memfokuskan kegiatan penelitian sebagai berikut :

1. Mendesain rancang bangun alat pengering tipe rak bertingkat dengan pemanfaatan bahan bakar biomassa menggunakan metode *hybrid*.
2. Pengambilan data dilakukan di Lab Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bahan yang dikeringkan yaitu kopra dengan pengambilan data berdasarkan variasi pengujian.

### **1.4 Tujuan Kegiatan dan Manfaat Kegiatan**

#### **1.4.1 Tujuan Kegiatan**

Tujuan yang akan dicapai berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Untuk membuat rancang bangun alat pengering tipe rak bertingkat dengan pemanfaatan bahan bakar biomassa menggunakan metode *hybrid*.
2. Untuk menganalisa peningkatan kinerja dari rancang bangun alat pengering tipe rak bertingkat dengan pemanfaatan bahan bakar biomassa menggunakan metode *hybrid*.

#### **1.4.2 Manfaat Kegiatan**

1. Memberikan informasi dan referensi bagi masyarakat dalam melakukan proses pengeringan kopra agar menghasilkan mutu produk yang baik.
2. Membantu pemerintah dalam pengembangan memanfaatkan energi alternatif pengering kopra dengan kolektor surya dan energi biomassa.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengering *Hybrid***

Alat pengering *hybrid* merupakan pengering yang menggunakan dua atau lebih sumber energi untuk proses penguapan air. Pengering *hybrid* disini menggunakan energi matahari dan biomassa sebagai sumber energi. Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif dengan pemanfaatan yang tinggi disebabkan ketersediannya di daerah tropis tak terbatas (Prasad et al., 2006). Sementara penggunaan energi biomassa (kayu, briket, tempurung kelapa dan lain-lain) merupakan sumber energi yang cocok untuk pengeringan karena mudah didapatkan dan relatif lebih murah (Mukaminega, 2008).

Prinsip kerja mesin pengering *hybrid* adalah pemanfaatan dua sumber energi, yaitu pancaran dari sinar matahari dan energi biomassa. Dimana pancaran gelombang elektromagnetik sinar matahari diserap dan uap panas dari pembakaran biomassa tempurung kelapa sehingga menghasilkan uap panas kemudian panas tersebut disirkulasikan pada ruang pengering yang digunakan untuk proses pengeringan (Hanafi, 2016).

Alat terbagi menjadi beberapa bagian diantaranya media penangkap radiasi (kolektor surya), rak sebagai tempat penyangga bahan yang akan dikeringkan, ruang pengering, tungku pembakaran, dan cerobong asap (Dhanika, 2010).

#### **2.2 Perpindahan Panas**

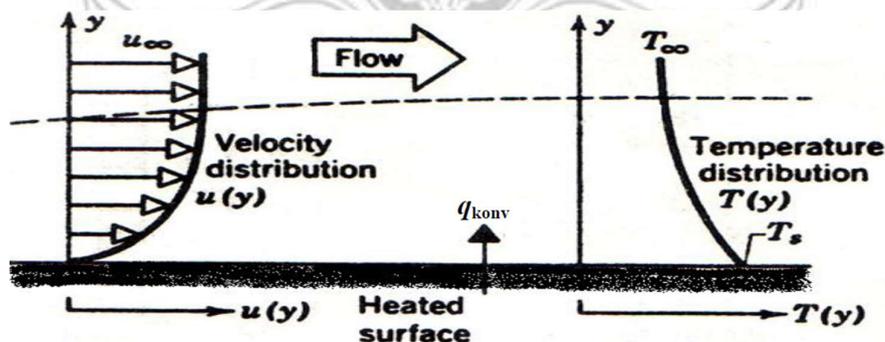
Perpindahan panas atau *heat transfer* adalah ilmu yang meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur di antara benda atau material dengan menganalisis laju perpindahan. Inilah yang membedakan ilmu perpindahan panas dengan ilmu termodinamika. Ilmu termodinamika dapat digunakan untuk meramalkan energi yang diperlukan untuk mengubah sistem dari suatu keseimbangan ke keadaan seimbang lain, tetapi tidak dapat meramalkan kecepatan perpindahannya. Hal ini dikarenakan pada waktu proses perpindahan itu terjadi, sistem tidak dalam keadaan seimbang. Ilmu perpindahan panas melengkapi hukum pertama dan kedua termodinamika. Panas akan berpindah dari sistem bertemperatur lebih tinggi ke sistem bertemperatur lebih

rendah. Perpindahan panas berlangsung sampai terjadi kesetimbangan temperatur diantara kedua sistem tersebut.

Perpindahan panas tersebut terjadi melalui beberapa mekanisme, yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

### 2.3 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang beretemperatur lebih rendah melalui benda penghubung (fluida) yang harus memiliki sifat-sifat : konduktivitas termal, kalor spesifik, dan densitas. Perpindahan panas secara konveksi juga tergantung pada viskositas fluida dikarenakan mempengaruhi profil kecepatan yang menyebabkan pengaruh laju perpindahan energi di samping dari sifat – sifat yang telah disebutkan. Mekanisme utama dari perpindahan panas secara konveksi yaitu adanya aliran fluida, seperti pada Gambar 2.1, bahwa perpindahan energi sebagai akibat dari pergerakan molecular acak dan atau adanya energi yang dipindahkan oleh pergerakan secara mikroskopis dari fluida.



Gamb

**Gambar 2. 1** Perpindahan Panas Konveksi Dari Permukaan Media Padat Ke

Fluida Yang Mengalir Sumber : Astawa dkk., 2015

Berdasarkan keadaan alirannya perpindahan panas secara konveksi terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Konveksi alamiah (*natural convection*) adalah aliran fluida yang terjadi dikarenakan efek gaya apung/variasi massa jenis (*buoyancy forced effect*). Pada fluida, temperatur berbanding terbalik/berlawanan dengan massa jenis (*density*). Dimana, makin tinggi temperatur fluida maka makin rendah massa jenis fluida tersebut, sebaliknya makin rendah temperatur maka makin tinggi massa jenisnya. Fluida dengan temperatur lebih tinggi akan menjadi lebih ringan karena massa jenisnya mengecil maka akan naik mengapung di atas fluida yang lebih berat.
2. Konveksi paksa (*forced convection*) adalah aliran fluida yang disebabkan oleh gaya luar, seperti : *blower*, pompa, atau kipas angin.

#### 2.4 Kalor Jenis

Kalor jenis adalah banyaknya kalor (Q) yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu (T) satu satuan massa (m) benda sebesar satu derajat. Jika kita memanaskan suatu zat maka jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu zat tersebut tergantung berapa jumlah massa air, zat, dan nilai kenaikan suhu zat tersebut. Secara umum jika kita memanaskan suatu zat tertentu maka jumlah kalor yang diperlukan akan sebanding dengan massa dan kenaikan suhunya. Bahwa jenis zat sangat menentukan jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu zat tersebut. Ketergantungan jumlah yang diperlukan untuk menaikkan suhu terhadap jenis zat disebut dengan istilah kalor jenis yang diberi simbol dengan c. Kalor jenis I adalah jumlah panas yang harus ditambahkan atau dihilangkan pada satu satuan massa zat itu untuk mengubah temperatur 1° (Anjani, 2017).

$$Q = m C_p \Delta T$$

Keterangan :

Q = Banyaknya kalor satuan joule (J)

C<sub>p</sub> = Kalor jenis zat satuan J/kg °C

m = Massa zat satuan kg

ΔT = Perubahan suhu satuan °C

#### 2.5 Kolektor Matahari

##### 2.5.1 Pengertian Kolektor Matahari

Kolektor matahari adalah sebuah alat yang berfungsi mengumpulkan atau menyerap radiasi matahari dan mengkonversikan menjadi panas (*thermal*). Kolektor matahari juga dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi *thermal* dari pemanfaatan radiasi sinar matahari sebagai sumber utama energi serta beroperasi tanpa mengeluarkan suara, sehingga tidak menyebabkan polusi suara (Arikundo & Hazwi, 2014).

Kolektor matahari dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu kolektor konsentrasi dan non konsentrasi. Kolektor konsentrasi adalah kolektor matahari yang terhubung dengan pelacak matahari yang memiliki permukaan refleksi cekung untuk menahan dan memfokuskan radiasi matahari ke luasan penerima yang lebih kecil, sehingga meningkatkan fluks radiasi. Kolektor jenis ini cocok untuk aplikasi suhu tinggi. Sedangkan, kolektor non-konsentrasi adalah kolektor matahari yang memiliki posisi permanen/tidak dapat bergerak dan tidak dapat melacak arah sinar matahari (Wirawan et al., 2015).

### **2.5.2 Bagian-bagian Secara Umum Kolektor Matahari**

#### **1. Pelat Penyerap/Pelat Absorber**

Berfungsi menyerap radiasi matahari yang diteruskan oleh penutup transparan dan diubah menjadi *thermal*. Pelat penyerap memiliki emisivitas rendah dan penghantar panas yang baik. Pelat penyerap dapat diberikan cat warna hitam untuk mengoptimalkan penyerapan radiasi, namun hal tersebut tergantung dari kualitas pengecatan dan bahan catnya.

#### **2. Penutup Transparan**

Berfungsi meneruskan radiasi matahari yang diterima di permukaan, serta mengurangi pantulan radiasi oleh pelat penyerap sehingga membentuk efek rumah kaca didalam kolektor. Penutup transparan diharapkan memiliki sifat transmisivitas yang tinggi dan sifat absorptivitas serta reflektivitas yang serendah mungkin. Reflektivitas (daya pantul) tergantung pada indeks bias dan sudut datang yang dibentuk oleh sinar datang terhadap garis normal permukaan. Sedangkan, transmisivitas suatu permukaan dapat mempengaruhi intensitas energi matahari yang diserap oleh pelat penyerap. Bahan yang digunakan untuk penutup transparan yaitu kaca. Transmisivitas

kaca akan menurun bila sudut datangnya melebihi  $45^\circ$  terhadap vertikal. Sedangkan, absorptivitas akan bertambah sebanding dengan panjang lintasan pada penutup transparan, sehingga bagian yang diteruskan menjadi berkurang.

### 3. Isolator

Berfungsi mencegah radiasi thermal tidak terdistribusi keluar sistem kolektor matahari (lingkungan). Bahan isolator yang digunakan memiliki konduktivitas thermal yang rendah dan tahan terhadap kelembaban.

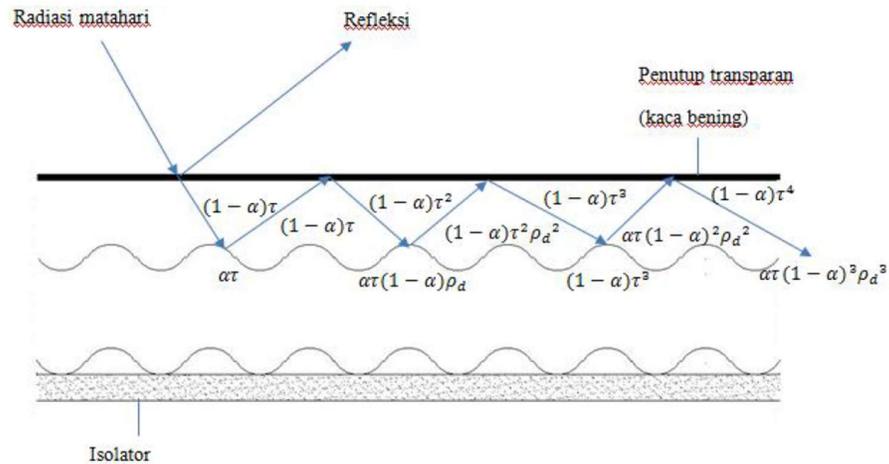
### 4. Rangka

Berfungsi menguatkan susunan kolektor dan memberikan bentuk pada kolektor, serta memudahkan dalam penginstalasian kolektor sesuai dengan kondisi geografis tempat pemakaian. Bahan rangka yang digunakan memiliki ketahanan terhadap panas dan lembab serta kukuh.

## **2.5.3 Prinsip Kerja Kolektor Matahari**

Kolektor bekerja dengan prinsip dasar, ketika pancaran sinar matahari dengan energi gelombang pendek ( $0,29-25 \mu\text{m}$ ) jika diterima oleh benda berwarna hitam, maka sebagian besar energi radiasi akan diserap dan diubah menjadi energi thermal (Subiyakto, 2009).

Energi radiasi matahari yang diterima permukaan penutup transparan kolektor (kaca), kemudian menimpa pelat penyerap. Tetapi, radiasi matahari tidak akan sepenuhnya diserap oleh pelat penyerap. Sebagian akan dipantulkan (refleksi) kembali oleh penutup transparan kolektor (kaca), sehingga akan terjadi proses pemantulan yang terulang, seperti pada Gambar 2.2.

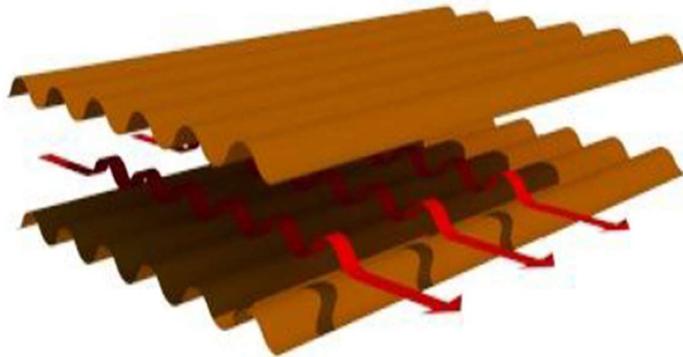


**Gambar 2. 2** Penyerapan Radiasi Oleh Pelat Penyerap Bergelombang

Sumber : Astawa *et al.*, 2015

Bila sejumlah energi radiasi surya menimpa kolektor, maka energinya sebesar  $(\alpha\tau)$  akan diserap oleh pelat penyerap, sebesar  $(1-\alpha)\tau$  di pantulkan kembali ke penutup transparan kolektor (radiasi hambur/ diffuse radiation) dan sebesar  $(1-\alpha)\tau\rho_d$  dipantulkan kembali ke pelat penyerap. Proses pemantulan tersebut terus berulang. Simbol  $\tau$  menyatakan transmisivitas penutup,  $\alpha$  menyatakan absorpsivitas pelat penyerap dan  $\rho_d$  menyatakan reflektivitas radiasi hambur dari penutup transparan (Dwi & Dwiyanoro, 2015).

Namun radiasi surya tidak mampu menembus penutup transparan kolektor, sehingga mengakibatkan efek rumah kaca yang menyebabkan temperatur di dalam ruang menjadi panas dibandingkan dengan temperatur lingkungan.



**Gambar 2. 3** Aliran Fluida Pada Pelat Melambai/Gelombang Besar

Sumber : Astawa *et al.*, 2015

Fluida yang mengalir diantara pelat menerima perpindahan panas dari hasil penyerapan radiasi sinar matahari. Dimana aliran gelombang pada fluida dihasilkan dari pemantulan aliran fluida yang disebabkan karena kontur pelat yang tidak rata. Pemantulan fluida kerja yang berulang menyebabkan distribusi panas dari pelat penyerap ke fluida kerja lebih baik (Yasa, 2015).

## **2.6 Pengeringan Dengan Kolektor Matahari**

Pengeringan dengan pemanfaatan energi surya dalam proses pengeringan dengan bantuan kolektor terbagi menjadi 3 klasifikasi, yaitu :

1. *Solar Natural Dryer* adalah pengering matahari dengan alami tanpa menggunakan bantuan peralatan luar untuk mengalirkan fluida kerja, yang termasuk dalam kelompok tipe kabinet, tipe tenda, tipe rumah kaca dan tipe pengering cerobong.
2. *Semiartificial Solar Dry* adalah pengering surya dengan konveksi paksa yang memanfaatkan bantuan peralatan luar untuk mengalirkan fluida kerja, seperti *room dryer*.
3. *Solar-Assisted Artificial Dryer* adalah pengering surya yang memanfaatkan energi lain yang bersifat sebagai energi pembantu.

## 2.7 Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan salah satu komoditas yang penyebarannya paling luas di wilayah Indonesia, karena dapat tumbuh secara sengaja oleh manusia maupun secara alamiah di berbagai tempat (Sarmidi, 2009). Hingga tahun 2017, luas area kelapa di Indonesia mencapai 3.544.393 Ha. Sedangkan produksi kelapa mencapai 2.871.280 ton. Dengan tingkat produksi dan luas area sebesar itu, Maka Indonesia sekarang menduduki peringkat pertama komoditas kelapa di dunia (Direktorat jenderal perkebunan, 2017).

Kopra adalah daging buah kelapa yang dikeringkan. Kopra merupakan salah satu produk turunan kelapa yang sangat penting, karena merupakan bahan baku pembuatan minyak kelapa dan turunannya (Surhayani, 2012). Kopra yang baik, yaitu kopra yang memiliki kandungan kadar air rendah yang hanya memiliki kandungan sekitar 6%-7% agar tidak rentan terhadap serangan bakteri dan jamur. Suhu pengeringan kopra maksimal sebaiknya 75°C untuk menjaga kualitas kopra yang dihasilkan tetap baik (Guarte et al, 1996).

Proses pengeringan kopra dapat dilakukan dengan 3 cara pengeringan yaitu:

### (1) Pengeringan Jemur (*Sun Drying*)

Cara pengeringan ini terbilang cara yang paling tradisional dan merupakan cara yang paling sederhana karena tidak membutuhkan banyak peralatan. Pengeringan ini membutuhkan waktu yang paling lama yaitu sekitar 5–7 hari dengan cuaca cerah, namun bila musim hujan dapat lebih lama lagi. Akan tetapi kopra yang dihasilkan dengan cara ini kualitasnya tidak stabil, mudah berjamur, dan juga kadar airnya yang kadang kurang maksimal.

### (2) Pengeringan Asap (*Smoke Drying*)

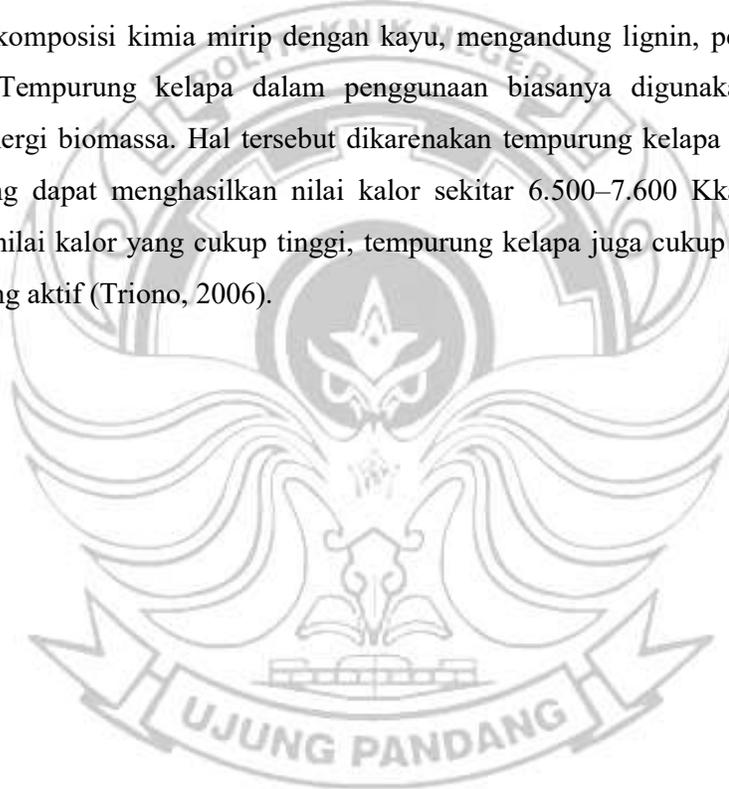
Cara pengeringan ini merupakan cara yang paling banyak digunakan, disini daging buah kelapa akan dimasukkan ke dalam para – para tungku pengasapan. Di bawahnya akan menggunakan bahan bakar dari tempurung dan sabut kelapa yang akan dibakar nantinya, cara ini membutuhkan waktu sekitar 3 hari dalam pengeringannya.

### (3) Pengeringan Oven (*Oven Drying*)

Cara analisis kadar air dengan metode Pengeringan dengan oven dapat menghilangkan kadar air dan bahan volatil dari pangan tanpa terjadi dekomposisi komponen lain. Lama waktu analisis kadar air dengan metode oven yaitu sekitar 8 jam (Atma, 2018).

## **2.8 Tempurung Kelapa**

Tempurung kelapa adalah bagian dari buah kelapa yang berupa endokrap, bersifat keras, dan diselimuti oleh sabut kelapa biasanya tempurung kelapa digunakan sebagai bahan kerajinan, bahan bakar, dan briket. Tempurung kelapa memiliki komposisi kimia mirip dengan kayu, mengandung lignin, pentose, dan selulosa. Tempurung kelapa dalam penggunaan biasanya digunakan sebagai sumber energi biomassa. Hal tersebut dikarenakan tempurung kelapa merupakan bahan yang dapat menghasilkan nilai kalor sekitar 6.500–7.600 Kkal/g. selain memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, tempurung kelapa juga cukup baik untuk bahan arang aktif (Triono, 2006).



## **BAB III**

### **METODE KEGIATAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan**

Lokasi pembuatan dan pengujian pengembangan rancangan bangun alat pengering kopra bahan penggabungan energi biomassa dan kolektor surya sistem *hybrid* dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan rancang bangun yang dikembangkan, yaitu :

1. Gerinda
2. Las Listrik
3. Solder
4. Tang Rivet
5. Termometer Digital (Sensor DS18B20)
6. Piranometer
7. Timbangan Digital

##### **3.2.2 Bahan**

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan rancang bangun yang dikembangkan, yaitu :

1. Arduino Uno
2. Resistor 4,7 $\Omega$ k
3. LCD
4. Kaca dengan tebal 5 mm
5. Pelat Besi
6. Besi hollow 4 x 4 dengan tebal 1,2 mm
7. Besi siku 3 x 3 dengan tebal 1,2 mm
8. Lem silicon
9. *Glasswol types aluminium foil*
10. Cat tahan panas

11. Dempul besi
12. Amplas
13. Rivet
14. Timah solder

### **3.3 Prosedur Perancangan**

#### **3.3.1 Studi Literatur**

Pada tahap awal dilakukan peninjauan mengenai alat yang akan dikembangkan dan studi literatur untuk mengumpulkan sumber-sumber informasi yang mendukung dalam pengerjaan rancang bangun alat.

#### **3.3.2 Tahap Perancangan**

Alat yang dirancang adalah alat pengering hasil pertanian berupa kopra menggunakan energi biomassa dan kolektor surya dengan sistem *hybrid*. Prinsip kerja alat ini adalah sinar matahari dikonversi menjadi panas pada kolektor surya dan akan bergerak naik secara alami kedalam rak pengering begitu juga dengan panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa tempurung kelapa didalam tungku, panas didalam tungku pembakaran akan bergerak naik keatas rak pengering dan disearahkan panasnya menggunakan penyearah panas yang terbuat dari pelat besi, diatas tungku pembakaran dilengkapi dengan sensor suhu DS18B20 untuk mengetahui suhu didalam tungku pembakaran, serta didalam kolektor dan juga ruang pengering dilengkapi sensor suhu DS18B20.

Adapun hal-hal dasar mengenai rancangan alat pengering ini, sebagai berikut:

1. Dimensi alat pengeringan merujuk pada alat sebelumnya yang dibuat oleh (izzulhaq & Pratiwi, 2018) dengan modifikasi pada bagian tungku pembakaran dan ruang pengeringan.
2. Penggunaan kolektor dengan pelat ber-*fin* tipe bergelombang besar mengacu pada penelitian terdahulu “Sirip melambai/gelombang besar (big wave) menghasilkan kinerja yang paling optimal, diikuti oleh sirip zigzag dan pelat sirip dengan kinerja optimal terendah diperoleh dari sirip gelombang kecil” (Suwasti *et al.*, 2015). Adapun hasil penelitian lain menunjukkan “Kinerja fin melambai/gelombang besar lebih baik dibandingkan dengan fin datar” (Abadi & Salam, 2016).

3. Pemasangan penyearah pada bagian tungku pembakaran bertujuan untuk menyearahkan aliran udara panas ke arah ruang pengering agar panasnya menyebar ke semua rak pengering.
4. Penggunaan *glasswool types aluminium foil* pada bagian dinding dalam kolektor dan ruang pengering bertujuan untuk meminimalisir panas yang terbuang ke lingkungan.
5. Penggunaan Arduino Uno pada pengontrolan suhu dan pengambilan data.
6. Penggunaan cerobong asap untuk menarik keluar udara dari proses pembakaran serta menguraikan polutan yang terkandung dalam gas buang menuju wilayah yang lebih luas.

Spesifikasi tentang alat-alat yang digunakan antara lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 3. 1** Spesifikasi Kaca Kolektor

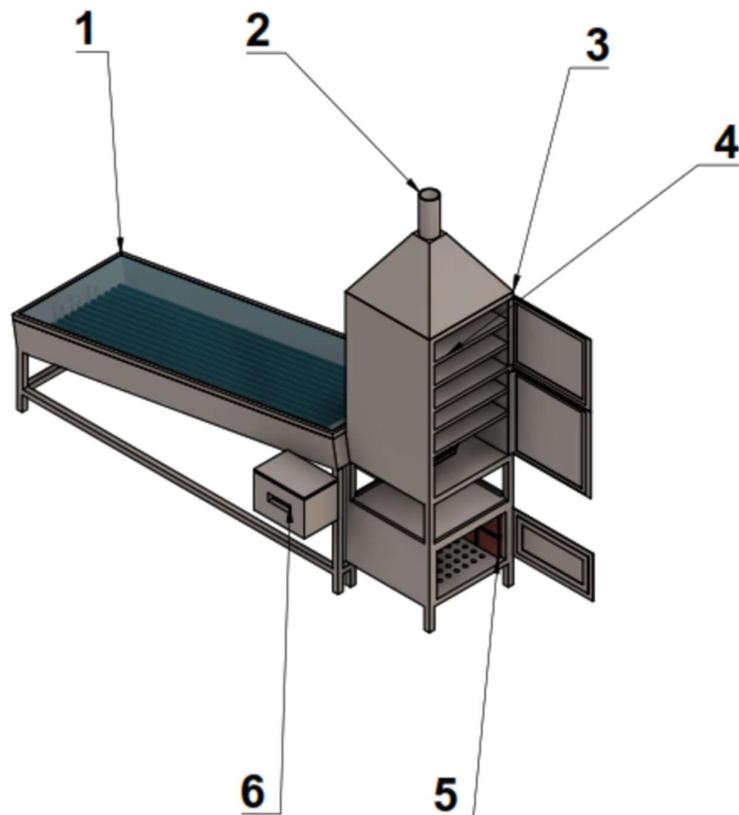
Tipe	Kaca bening/ <i>Clear</i>
Ukuran	(149 x 68) cm
Tebal	5 mm
Sifat	Transparan
Berfungsi	Menghangatkan ruangan

**Tabel 3. 2** Spesifikasi Arduino Uno

Tegangan Operasi	5V
Tegangan Input	(disarankan) 7-12V
Batas Tegangan Input	6-20V
Pin Digital I/O	14 (dimana 6 pin output PWM)
Pin Analog Input	6
Arus DC per I/O Pin	40 mA
Arus DC untuk pin	3.3V 50 mA
<i>Flash Memory</i>	32KB (ATmega328), dimana 0,5KB digunakan oleh bootloader

SRAM	2KB (Atmega328)
EEPROM	1KB (Atmega328)
<i>Clock</i>	16MHz

### 3.3.3 Desain Gambar



**Gambar 3. 1** Desain Gambar

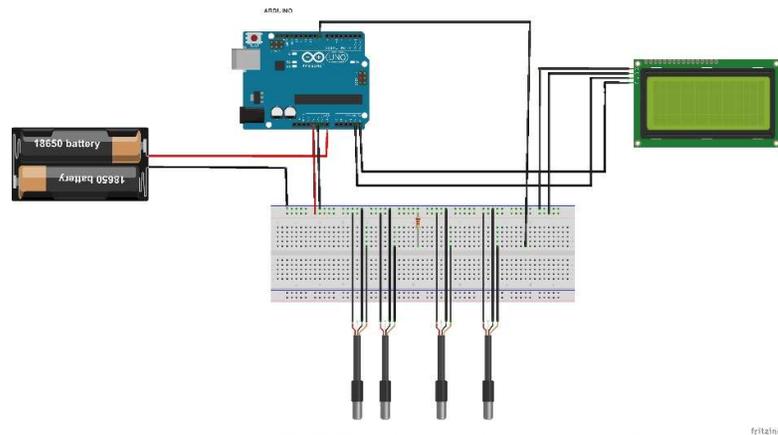
Keterangan :

1. Kolektor Surya
2. Cerobong Asap
3. Ruang Pengering
4. Rak Pengering
5. Tungku Biomassa

## 6. Ruang Kontrol

### 3.3.4 Perancangan Kontroler Alat

Perancangan kontroler alat merupakan rancangan untuk pembacaan suhu alat pada kolektor dan ruang pengering. Mikrokontroler pada sistem ini yaitu mikrokontroler Arduino Uno, Sensor DS18B20, LCD 20×4, baterai. Adapun perakitan komponen-komponennya sebagai berikut :



**Gambar 3. 2** Desain Rancangan Pembacaan Suhu

Adapun sensor suhu yang digunakan terdiri dari 4 sensor suhu dimana posisi setiap alat ukur sensor suhu DS18B20 yaitu, sensor suhu yang pertama disimbolkan dengan ( $T_0$ ) diletakkan didalam kolektor surya, sensor suhu yang kedua disimbolkan dengan ( $T_1$ ) diletakkan didalam ruang pengering rak pertama, sensor suhu yang ketiga disimbolkan dengan ( $T_2$ ) diletakkan didalam ruang pengering rak ketiga, dan sensor suhu yang keempat disimbolkan dengan ( $T_3$ ) diletakkan didalam ruang pengering rak kelima.

### 3.3.5 Tahap Pembuatan dan Perakitan Alat

Setelah tahap perancangan selesai, maka dilanjutkan dengan tahap pembuatan komponen-komponen alat dan perakitan. Langkah-langkah dalam pengerjaan rancang bangun adalah sebagai berikut :

1. Melakukan peninjauan alat.
2. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan.
3. Pembuatan ruang pengering.

4. Pembuatan boks kontrol.
5. Pembuatan kolektor surya.
6. Penggabungan kolektor surya dan ruang pengering.
7. Pembuatan program kontrol dengan aplikasi.
8. Merakit instalasi kontrol pada alat.
9. Merakit seluruh komponen sesuai desain rancangan alat.

### 3.4 Pengujian Alat

Setelah rancang bangun selesai, maka dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengambilan data dilakukan dengan 2 pengujian, yaitu :

1. Pengujian dengan ruang pengering secara *hybrid*.
2. Pengujian dengan ruang pengering secara *hybrid* dengan tipe rak bersusun (rak 1, rak 2, rak 3, rak 4 dan rak 5).

Pengujian dilakukan selama 2 hari dengan pengamatan pengujian secara hibryd dilakukan 1 hari dan pengamatan pengujian menggunakan biomassa selama 1 hari.

Prosedur pengambilan data yang dilakukan sebagai berikut :

- a. Prosedur pengujian untuk pengeringan *hybrid* :
  1. Menempatkan alat di tempat yang terkena sinar matahari.
  2. Mengecek alat ukur yang akan digunakan (yang tersedia pada alat) dan atau menyiapkan alat ukur yang akan digunakan seperti : piranometer dan timbangan digital.
  3. Mengukur massa bahan yang akan dikeringkan menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan massa awal bahan.
  4. Pada pukul 08.45-16.45 dilakukan pengujian alat.
  5. Melakukan pengambilan data dengan pengukuran parameter setiap 60 menit. Adapun parameter yang akan diukur :
    - Intensitas radiasi matahari yang masuk ke kaca kolektor menggunakan piranometer.

- Temperatur pada sistem kolektor dan ruang pengering menggunakan sensor suhu DS18B20.
  - Menimbang massa objek yang dikeringkan menggunakan timbangan digital.
6. Pengujian selesai.
- b. Prosedur pengujian untuk pengeringan biomassa :
1. Menempatkan alat di tempat yang tidak terpapar sinar matahari.
  2. Mengecek alat ukur yang akan digunakan (yang tersedia pada alat) dan atau menyiapkan alat ukur yang akan digunakan seperti : piranometer dan timbangan digital.
  3. Mengukur massa bahan yang akan dikeringkan menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan massa awal bahan.
  4. Pada pukul 08.00-17.00 dilakukan pengujian alat dengan pembebanan.
  5. Melakukan pengambilan data dengan pengukuran parameter setiap 30 menit. Adapun parameter yang akan diukur :
    - Intensitas radiasi matahari yang masuk ke kaca kolektor menggunakan piranometer.
    - Temperatur pada sistem kolektor dan ruang pengering menggunakan sensor suhu DS18B20.
    - Menimbang massa objek yang dikeringkan menggunakan timbangan digital.
  6. Pengujian selesai.

### 3.5 Teknik Analisa Data

Persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan Pemanas Sistem Hibrida Penggabungan reflektor dan Arang ini adalah :

1. Kalor yang diterima ruang pemanas dengan menggunakan reflektor,

$Q_{in}$

$$Q_{in} = I \times A \times t$$

Keterangan:

$Q_{in}$  = Kalor yang masuk pada ruang pemanas (J)

$A$  = Luas plat absorber ( $m^2$ )

$I$  = Intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ )

$t$  = Waktu (detik)

2. Kalor yang diterima ruang pemanas dengan menggunakan biomassa,

$Q_{in}$

$$Q = \frac{m}{t} \times \text{Kalor tempurung}$$

Keterangan :

$m$  = massa tempurung yang digunakan (gr)

$t$  = waktu (s)

kalor tempurung = 19388,05 kJ/kg

3. Kalor Yang Digunakan,  $Q_{out}$

$$Q_{out} = m C_p \Delta T$$

Keterangan :

$Q$  = Banyaknya kalor satuan joule (J)

$C_p$  = Kalor jenis zat satuan J / kg °C

$m$  = Massa zat satuan kg

$\Delta T$  = Perubahan suhu satuan °C

4. Laju Pengeringan,  $\dot{m}_{kol}$  (gr/menit)

$$\text{Laju Pengeringan} = \frac{m_{b(Aw)} - m_{b(Ak)}}{t}$$

Keterangan:

$M_{b(Aw)}$  = Massa bahan sebelum dikeringan (kg) atau (gr)

$M_{b(Ak)}$  = Massa bahan setelah dikeringkan (kg) atau (gr)

$t$  = Waktu pengeringan (sekon)

5. Efisiensi,  $\eta$  (%)

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in\ total}} \times 100\%$$

Keterangan :

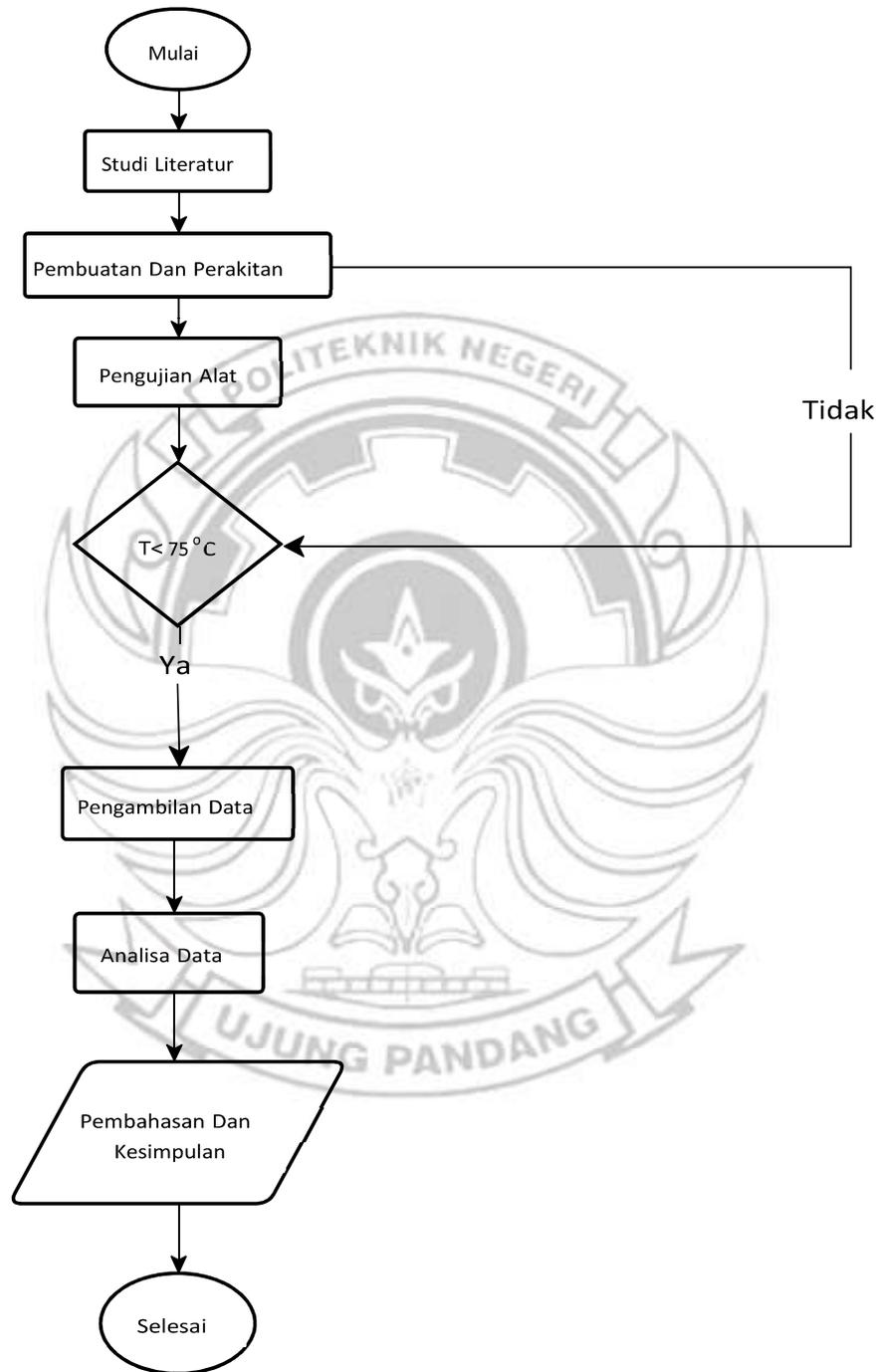
$\eta$  = Efisiensi (%)

$Q_{in\ total}$  = Kalor yang diterima kolektor + kalor dari tungku pembakaran

$Q_{out}$  = kalor yang digunakan



### 3.5.1 Diagram Alir



**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil Perancangan**

**4.1.1 Hasil Perancangan Alat**



**Gambar 4. 1** Hasil Perancangan Alat (Tampak Samping)



**Gambar 4. 2** Hasil Perancangan Alat (Tampak Belakang)

Dalam perancangan mendesain dan mengoptimalkan kinerja alat pengering kopra tipe rak dengan pemanfaatan kolektor surya dan energi biomassa dikerjakan dengan metode pengembangan yang dirancang sedemikian rupa. Dimana alat ini terdiri dari kolektor termal, ruang pengering, cerobong asap, boks kontroler dan tungku pembakaran. Pada bagian rangka dudukan alat terbuat dari besi hollow. Kolektor terbuat dari besi siku sebagai rangkanya dan plat besi untuk menutupi bagian samping kolektor dimana sisi-sisinya dilapisi dengan dempul untuk menghindari kebocoran udara. Bagian atas dan bawah kolektor dipertahankan bentuk aslinya yaitu bagian atas ditutup dengan kaca polos tebal 5 mm, kemudian sisi kaca dilem menggunakan lem silikon dan bagian bawah kolektor ditutup dengan tripleks tebal 10 mm. Bagian dalam kolektor dibiarkan terbuka agar laju aliran panas dari kolektor ke ruang pengering dapat naik secara alami, plat ber-*fin* bergelombang yang dicat dengan cat tahan panas berwarna hitam untuk memaksimalkan penyerapan panas dan pada dindingnya dilapisi *glasswool types aluminium foil*. Pada bagian bawah ruang pengering dibuat tungku pembakaran dan bagian bawah tungku pembakaran dibuat lubang-lubang berukuran 10 mm yang berfungsi sebagai ventilasi. Di atas tungku pembakaran dibuat penyearah panas dari pelat besi agar panas dari tungku dapat menyebar merata ke semua rak.

Ruang pengering berbentuk kubus dengan ukuran (50×50×50) cm yang terbuat dari plat besi. Di dalam ruang pengering terdapat 5 rak dengan posisi bertingkat untuk meletakkan hasil pertanian yang dikeringkan. Bagian dinding dalam ruang pengering dilapisi *glasswool types aluminium foil* dan bagian atas/atap ruang pengering dibuat cerobong asap untuk menarik keluar udara dari proses pembakaran serta menguraikan polutan yang terkandung dalam gas buang menuju wilayah yang lebih luas.

Pada bagian samping ruang pengering terdapat boks kontrol, ruang untuk menyimpan rangkaian kontrol dan peralatan lainnya.

#### **4.1.2 Data Kuantitatif**

Setelah melakukan pengambilan data dalam pengujian alat pemanas menggunakan kolektor surya dan energi biomassa yang dilakukan selama tiga hari bertempat di Laboratorium Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin,

Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar. Didapatkan data yang disajikan pada tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Hasil Pengujian Pengeringan Secara *Hybrid*, 31 Agustus 2022.

No	Waktu (t)	Intensitas (I) W/m <sup>2</sup>	Luas Penampang Kolektor (A) m <sup>2</sup>	Luas Penampang Biomassa (A) m <sup>2</sup>	Temperatur Kolektor T <sub>1</sub> (°C)	Temperatur Ruang Pengering T <sub>rata-rata</sub> (°C)
1.	08.45	404	1,01	0,25	45	44
2.	09.45	534	1,01	0,25	52	56
3.	10.45	580	1,01	0,25	53	54
4.	11.45	807	1,01	0,25	67	64
5.	12.45	958	1,01	0,25	74	69
6.	13.45	752	1,01	0,25	60	71
7.	14.45	775	1,01	0,25	70	68
8.	15.45	609	1,01	0,25	59	62
9.	16.45	437	1,01	0,25	44	69

**Tabel 4. 2** Penurunan Massa Kelapa Selama Pengeringan *Hybrid*.

No.	Waktu (t)	M <sub>kelapa</sub> (Kg)					M <sub>Kelapa tot</sub> (Kg)	M <sub>terbuang</sub> (kg)	M <sub>Bio(Aw)</sub> (kg)	M <sub>Bio(Ak)</sub> (kg)
		Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	Rak 5				
1.	08.45	2,405	2,445	2,265	2,530	2,300	11,945	-	0,745	
2.	09.45	2,390	2,385	2,220	2,500	2,295	11,790	0,155	0,745	
3.	10.45	2,155	2,330	2,170	2,410	2,265	11,330	0,46	0,720	

No.	Waktu (t)	M <sub>kelapa</sub> (Kg)					M <sub>kelapa</sub> tot (Kg)	M <sub>terbuang</sub> (kg)	M <sub>Bio(Aw)</sub> (kg)	M <sub>Bio(Ak)</sub> (kg)
		Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	Rak 5				
4.	11.45	1,960	2,215	2,110	2,400	2,180	10,865	0,465	0,640	
5.	12.45	1,785	2,070	1,980	2,380	2,075	10,290	0,575	0,740	
6.	13.45	1,705	2,000	1,955	2,305	2,025	9,990	0,3	0,755	
7.	14.45	1,505	1,945	1,870	2,135	1,775	9,230	0,76	0,780	
8.	15.45	1,480	1,83	1,815	1,635	1,605	8,365	0,865	0,610	
9.	16.45	1,390	1,760	1,745	1,560	1,590	8,045	0,32	0,515	0,295

**Tabel 4. 3** Kondisi Kadar Air Selama Pengeringan *Hybrid*.

No.	Waktu	Kadar Air (%)					Kadar Air Total (%)
		Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	Rak 5	
1.	08.45	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	234
2.	09.45	32,3	45	46,5	46,8	46,8	217,4
3.	10.45	12,2	25,6	29,6	45,2	46,4	159
4.	11.45	11,4	17,2	25,1	41,4	40	135,1
5.	12.45	8,4	11,6	20,5	24,2	33,3	98
6.	13.45	7,5	10,6	12	18,7	20,7	69,5
7.	14.45	6,9	9,8	11,6	12	12,3	52,6
8.	15.45	5,5	7,4	9,6	11,2	11,4	45,1
9.	16.45	4,8	6,7	8,5	10,7	10,9	41,6

**Tabel 4. 4** Hasil Pengujian Pengeringan Menggunakan Tungku Biomassa , 1  
September 2022.

No.	Waktu	Luas Penampang (A) m <sup>2</sup>	Temperatur Ruang Pengering T <sub>1</sub> (°C)	Temperatur Ruang Pengering T <sub>2</sub> (°C)	Temperatur Ruang Pengering T <sub>3</sub> (°C)	Temperatur Ruang Pengering T <sub>rata-rata</sub> (°C)
1.	09.00	0,25	43	37	38	39
2.	10.00	0,25	57	50	48	52
3.	11.00	0,25	81	53	48	61
4.	12.00	0,25	87	45	40	57
5.	13.00	0,25	90	52	47	63
6.	14.00	0,25	64	62	42	56
7.	15.00	0,25	78	54	46	59
8.	16.00	0,25	79	54	48	60
9.	17.00	0,25	80	54	48	61

**Tabel 4. 5** Penurunan Massa Kelapa Selama Pengeringan Menggunakan Tungku Biomassa.

No.	Waktu	M <sub>Kelapa</sub> (Kg)					M <sub>total</sub> (Kg)	M <sub>Bio(Aw)</sub> (kg)	M <sub>Bio(Ak)</sub> (kg)
		Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	Rak 5			
1.	09.00	2,750	2,580	2,640	2,615	2,205	12,79	0,780	
2.	10.00	2,455	2,450	2,605	2,595	2,180	12,285	0,750	
3.	11.00	2,280	2,360	2,500	2,550	2,160	11,85	0,570	
4.	12.00	2,075	2,105	2,445	2,500	2,120	11,245	0,580	

No.	Waktu	M <sub>Kelapa</sub> (Kg)					M <sub>total</sub> (Kg)	M <sub>Bio(Aw)</sub> (kg)	M <sub>Bio(Ak)</sub> (kg)
		Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	Rak 5			
5.	13.00	1,880	2,000	2,310	2,445	2,075	10,71	0,720	
6.	14.00	1,625	1,910	2,225	2,315	1,870	9,945	0,760	
7.	15.00	1,565	1,595	1,775	1,720	1,625	8,28	0,700	
8.	16.00	1,340	1,580	1,725	1,655	1,345	7,645	0,570	
9.	17.00	1,185	1,440	1,675	1,525	1,235	7,06	0,560	

**Tabel 4. 6** Kondisi Kadar Air Selama Pengeringan Menggunakan Tungku Biomassa.

No.	Waktu	Kadar Air (%)					Kadar Air Total (%)
		Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	Rak 5	
1.	09.00	50,8	50,8	50,8	50,8	50,8	254
2.	10.00	19,4	28	50,8	50,8	50,8	199,9
3.	11.00	12,2	15,8	31,2	36,5	34,3	130
4.	12.00	11,5	12	21,1	29,6	30	104,2
5.	13.00	9,5	11,6	11,5	24,4	24,6	81,6
6.	14.00	6,6	8,4	10,4	20,4	18,4	64,2
7.	15.00	4,4	6,4	9,6	9,5	8,8	38,7
8.	16.00	2,5	5,4	8,8	8,4	7,2	32,3
9.	17.00	1	4,1	7	6,2	5	23,3

Data Tambahan :

- Cp air = 4200 J/kg °C
- Kalor tempurung = 19388,05 kJ/kg
- Luas Penampang
  - Kolektor =1,01 m<sup>2</sup>
  - Tungku =0,25 m<sup>2</sup>

## 4.2 Teknik Analisi Data

### 4.2.1 Perhitungan Energi Kalor Yang Masuk Kedalam Kolektor ( $Q_{in}$ )

Hasil data pengujian pada kolektor :

$$Q_{in} = I \times A \times t$$

Diketahui : Intensitas matahari = 557 W/m

Luas Penampang = 1,01 m<sup>2</sup>

Ditanyakan :  $Q_{in}$ .....?

Penyelesaian :

$$Q_{in} = (557 \text{ W/m}) \times (1,01 \text{ m}^2) \times 3600 \text{ s}$$

$$Q_{in} = 2025 \text{ J} \quad Q_{in} = 2,025 \text{ kJ}$$

### 4.2.2 Perhitungan Energi Kalor Menggunakan Biomassa ( $Q_{in}$ )

Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.3 data ke-2, maka didapatkan energi kalor sebagai berikut :

$$Q_{in} = \frac{m}{t} \times \text{kalor tempurung kelapa}$$

Diketahui :

Massa tempurung = 0,745 kg

t = 3600 s

Kalor tempurung = 19388,05 kJ/kg

Ditanyakan :  $Q_{in}$ .....?

Penyelesaian :

$$Q_{in} = \frac{0,745 \text{ kg}}{3600 \text{ s}} \times 19388,05 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{in} = 4,01225 \text{ kJ/kg}$$

#### 4.2.3 Perhitungan Energi Kalor Yang Digunakan Pada Ruang Pemanas

( $Q_{out}$ )

Untuk menghitung energi kalor menggunakan rumus kalor jenis maka didapatkan nilai kalor sebagai berikut :

$$Q_{out} = m C_p \Delta T$$

Diketahui :  $C_p$  air = 4200 J/kg °C

$$\Delta T = 56 \text{ °C} - 44 \text{ °C}$$

Massa yang terbuang = 0,155 Kg

Ditanyakan :  $Q_{out}$ .....?

Penyelesaian :

$$Q_{out} = (0,155 \text{ Kg}) \times (4200 \text{ J/kg °C}) \times (55\text{°C} - 44\text{°C})$$

$$Q_{out} = 7812 \text{ J}$$

$$Q_{out} = 7,812 \text{ kJ}$$

#### 4.2.4 Perhitungan Laju Pengeringan (gr/menit)

Hasil data pengujian dapat dilihat pada tabel 3.4 rak 1 data ke-2 maka didapatkan laju pengeringan sebagai berikut :

$$\text{laju Pengeringan} = \frac{Mb(Aw) - Mb(Ak)}{t}$$

Diketahui :  $Mb(Aw) = 2405 \text{ gr}$

$Mb(Ak) = 2390 \text{ gr}$

$t = 3600 \text{ s}$

Ditanyakan : Laju Pengeringan...?

Penyelesaian :

$$\text{Laju Pengeringan} = \frac{2405 \text{ gr} - 2390 \text{ gr}}{3600}$$

*Laju Pengeringan* = 0,00417 gr/s

#### 4.2.5 Perhitungan Efisiensi Pada Ruang Pemanas $\eta$ (%)

Untuk menghitung energi kalor menggunakan rumus efisiensi dengan data pada Tabel 2 data ke-2, maka didapatkan nilai energi kalor sebagai berikut :

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{intotal}} \times 100\%$$

Diketahui :  $Q_{out} = 7,812 \text{ kJ}$

$Q_{in}$  menggunakan kolektor = 2,025 kJ

$Q_{in}$  menggunakan biomassa = 4,01225 kJ

Ditanyakan :  $\eta$ .....?

Penyelesaian :

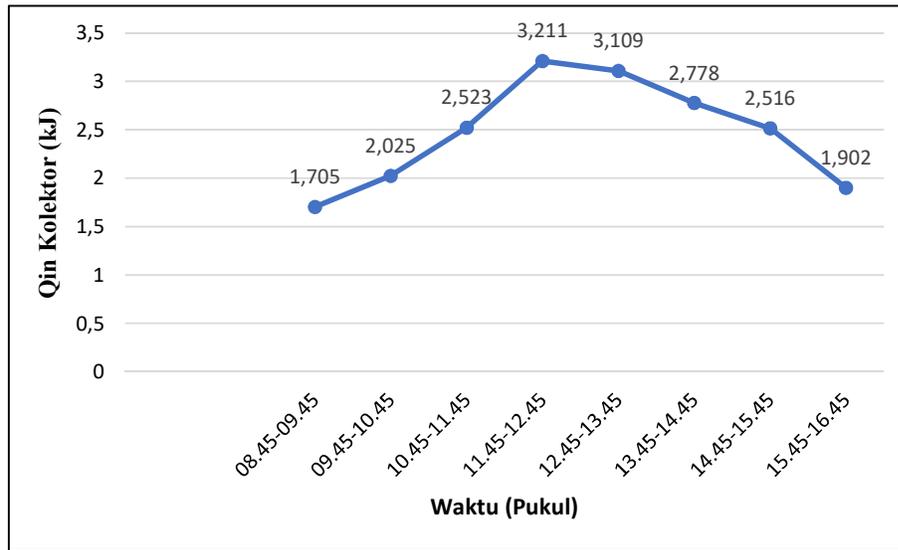
$$\eta = \frac{7,812 \text{ kJ}}{(2,025 \text{ kJ} + 4,01225 \text{ kJ})} \times 100\%$$

$$\eta = 13,7 \%$$

### 4.3 Grafik dan Pembahasan

Setelah melakukan perhitungan data pengujian alat pengering menggunakan kolektor surya dan energi biomassa yang dilakukan selama 3 hari bertempat di Laboratorium Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar. Didapatkan grafik dibawah ini :

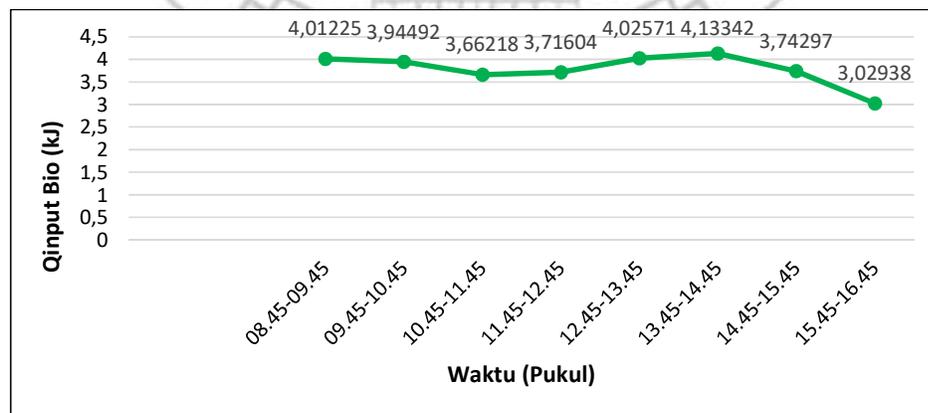
#### 4.3.1 Hasil Pengujian Ruang Pemanas Menggunakan Kolektor Surya



**Gambar 4. 3** Grafik Hubungan Antara Daya Input Kolektor Surya Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik hubungan daya input kolektor surya dan waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu hingga mencapai nilai tertinggi yaitu 3,211 kJ pada pukul 11.45 – 12.45 dan nilai titik terendah yaitu 1,705 kJ dari pukul 08.45 – 09.45 hal ini terjadi disebabkan karena tidak stabilnya energi matahari yang mengenai kolektor karena faktor cuaca yang mendung/tidak cerah.

#### 4.3.2 Hasil Pengujian Ruang Pemanas Menggunakan Biomassa

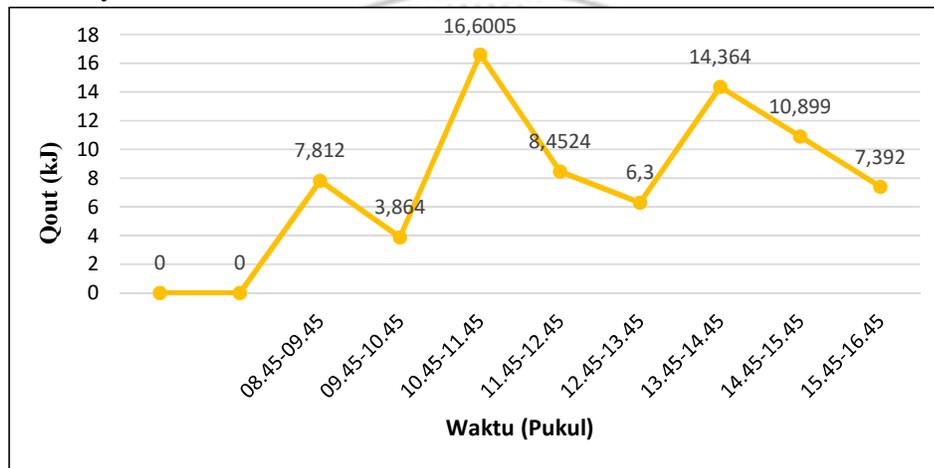


**Gambar 4. 4** Grafik Hubungan Daya Input Biomassa Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik hubungan daya input biomassa terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung konstan mengalami naik turun tetapi tidak terlalu signifikan dimana nilai tertinggi yaitu 4,13342 kJ pada pukul 13.45 – 14.45 dan nilai terendah yaitu 3,02938 kJ pada pukul 15.45 – 16.45 hal ini terjadi karena disebabkan stabilnya energi panas dari tungku pembakaran yang masuk ke dalam ruang pengering.

#### 4.3.3 Hasil Pengujian Sistem *Hybrid* Ruang Pemanas Menggunakan Kolektor

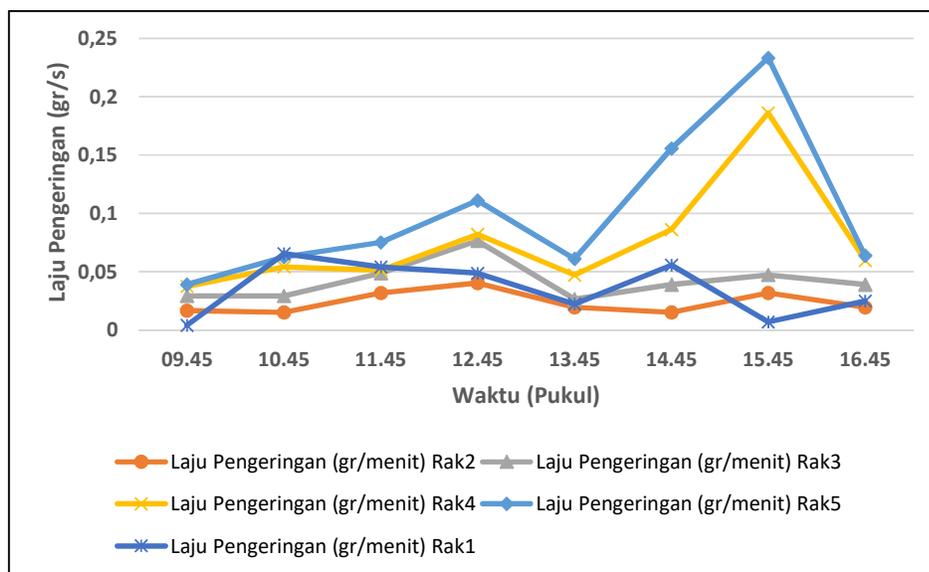
##### Surya dan Biomassa.



**Gambar 4. 5** Grafik Hubungan Daya Output Sistem *Hybrid* Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik hubungan daya output sistem *hybrid* terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung mengalami naik turun dimana nilai tertinggi energi output yaitu sebesar 16,6005 kJ pada pukul 10.45 – 11.45 dan nilai terendah yaitu sebesar 3,864 kJ pada pukul 09.45 – 10.45 hal ini disebabkan karena tidak maksimalnya daya input sehingga mempengaruhi daya output.

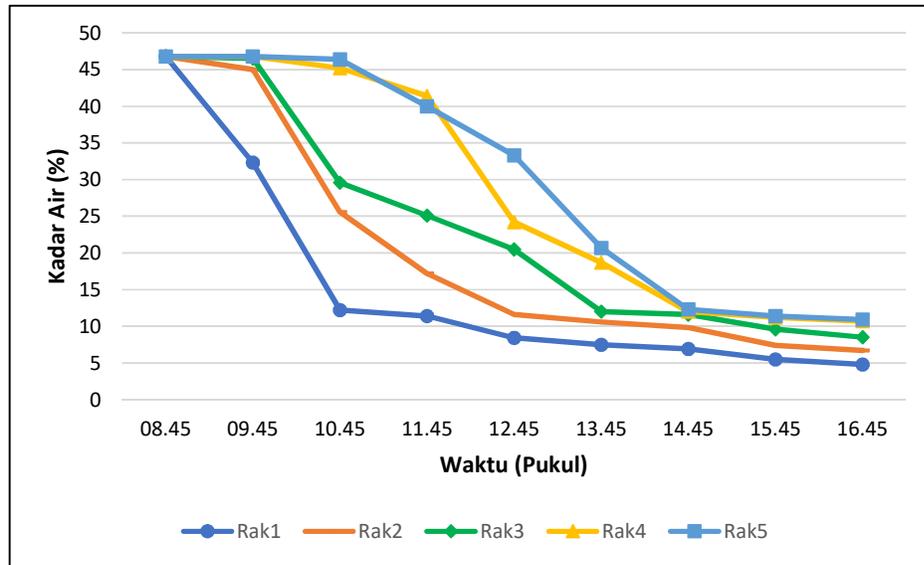
#### 4.3.4 Hasil Pengujian Laju Pengeringan



**Gambar 4. 6** Grafik Hubungan Antara Laju Pengeringan Terhadap Waktu

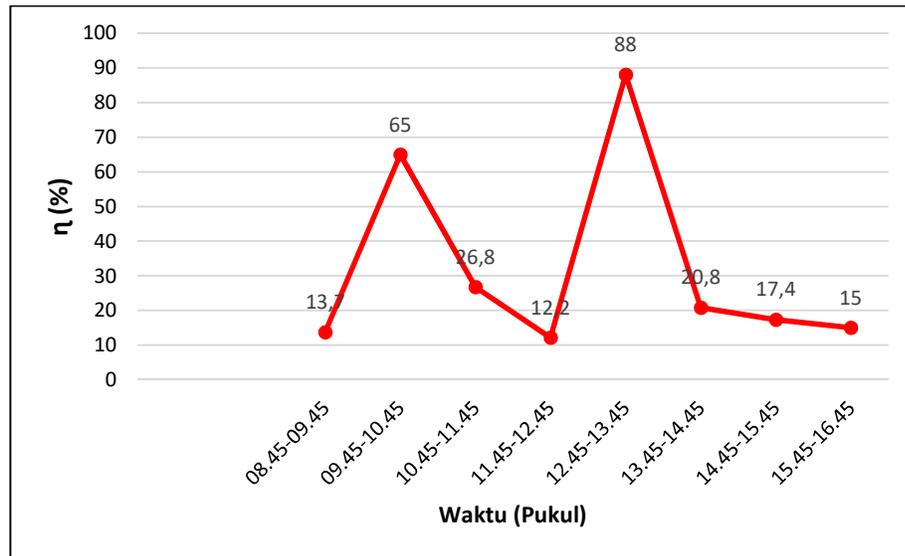
Berdasarkan grafik hubungan laju pengeringan setiap rak terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa laju pengeringan tertinggi pada rak 1 yaitu sebesar 0,06528 gr/s, pada rak 2 yaitu sebesar 0,04028 gr/s, pada rak 3 yaitu sebesar 0,03611 gr/s, pada rak 4 yaitu sebesar 0,13889 gr/s, dan pada rak 5 yaitu sebesar 0,04722 gr/s. Perbedaan nilai laju pengeringan setiap raknya berbeda-beda karena dipengaruhi oleh peletakan masing-masing rak.

#### 4.3.5 Hasil Pengujian Kadar Air



**Gambar 4. 7** Grafik Hubungan Antara Kadar Air Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik hubungan kadar air setiap rak terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung mengalami penurunan seiring perubahan waktu dimana kadar air awal setiap rak yaitu sebesar 46,8% dan mengalami penurunan pada rak 1 sehingga kadar air mencapai 4,8%, pada rak 2 mengalami penurunan hingga 6,7%, rak 3 mengalami penurunan hingga 8,5%, rak 4 mengalami penurunan hingga 10,7%, dan rak 5 mengalami penurunan hingga 10,9 %.



**Gambar 4. 8** Grafik Hubungan Antara Waktu dan Effisiensi Ruang Pemanas Menggunakan Sistem *Hybrid*.

Berdasarkan grafik efisiensi ruang pemanas menggunakan sistem *hybrid* terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung mengalami naik turun dimana efisiensi tertinggi yaitu sebesar 88% dan efisiensi terendah yaitu sebesar 12,2% hal ini disebabkan kurang maksimalnya energi input yang masuk ke dalam ruang pengering sehingga mempengaruhi energi output.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam pembuatan alat pemanas *hybrid* menggunakan kolektor surya dan energi biomassa dimulai dari mendesain alat. Selanjutnya dilakukan pembuatan alat yang terdiri dari kolektor surya, tungku pembakaran, ruang pengering dan kotak kontrol. Kemudian melakukan pengujian meliputi pengujian menggunakan biomassa, dan pengujian dengan sistem *hybrid* menggunakan kolektor surya dan energi biomassa. Pembacaan suhu menggunakan komponen Arduino yang dihubungkan dengan sensor DS18B20.
2. Peningkatan kinerja dari Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat Dengan Pemanas Kolektor Surya dan Energi Biomassa yaitu dapat digunakan untuk mengeringkan meskipun kondisi cuaca sedang buruk/hujan maupun pada malam hari yaitu dengan memanfaatkan tungku pembakaran biomassa. Dibanding alat sebelumnya yang hanya dapat digunakan pada saat siang hari dan pada saat cuaca cerah.

#### 5.2 Saran

1. Perlunya pemindahan *exhaust* pada posisi samping tungku pembakaran. Agar asap hasil pembakaran biomassa tidak melewati objek yang dikeringkan sehingga menghasilkan kopra dengan mutu yang lebih baik.
2. Melakukan penambahan kipas pada kolektor surya agar panas dari kolektor surya dapat masuk kedalam ruang pengering secara maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Lay dan I. Maskromo, (2016). “*Kinerja alat pengering kopra sistem oven skala kelompok tani dan karakteristik produk*”. Buletin Palma Volume 17 No,2. 176-183.  
[https://www.researchgate.net/publication/323421877\\_Kinerja\\_Alat\\_Pengeringan\\_Kopra\\_Sistem\\_Oven\\_Skala\\_Kelompok\\_Tani\\_dan\\_Karakteristik\\_Produk\\_Performance\\_of\\_Copra\\_Drying\\_Oven\\_System\\_of\\_Farmer\\_Scale\\_and\\_Product\\_Characteristics/fulltext/5a955dbaa6fdcecff07db82/Kinerja-Alat-Pengeringan-Kopra-Sistem-Oven-Skala-Kelompok-Tani-dan-Karakteristik-Produk-Performance-of-Copra-Drying-Oven-System-of-Farmer-Scale-and-Product-Characteristics.pdf](https://www.researchgate.net/publication/323421877_Kinerja_Alat_Pengeringan_Kopra_Sistem_Oven_Skala_Kelompok_Tani_dan_Karakteristik_Produk_Performance_of_Copra_Drying_Oven_System_of_Farmer_Scale_and_Product_Characteristics/fulltext/5a955dbaa6fdcecff07db82/Kinerja-Alat-Pengeringan-Kopra-Sistem-Oven-Skala-Kelompok-Tani-dan-Karakteristik-Produk-Performance-of-Copra-Drying-Oven-System-of-Farmer-Scale-and-Product-Characteristics.pdf)
- Ahmad Zubair Sultan, Nur Hamzah, Dermawan, Arthur Khalik, (2017). *IBM Penerapan Oven Pengering Kopra Putih Sistem Blower Di Kabupaten Selayar*. Prosiding Seminar Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat 2017, (166-171).  
<http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/viewFile/1308/1206>
- Elieser Tarigan, (2020). *Pengering tenaga surya dengan sistem bekap tenaga biomassa untuk pengeringan hasil pertanian*. TEKNOTAN, Vol. 14 N0. 1. Agustus 2020.
- Farid R. Abadi, dkk, (2018). *Keragaan Pengering Hybrid Energi Surya dan Biomassa untuk Pengeringan Sawut Ubi Kayu Terfermentasi*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Pengadengan, Tangerang, Banten.
- Gerson Wohon, Dedie Tooy, Robert Molenaar, *Jurnal Analisis Energi Dalam Proses Pengolahan Kopra Rakyat*. Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- Hamid, Naufal Ali, Yani, Mohamad, (2021). “*Analisis Perbandingan Teknik Pengeringan dan Mutu Kopra*”. IPB Repository. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/110015>
- Hendra, Yenni Suhartini, dkk. (2017). *Pembuatan Mesin Pengering Kelapa Menggunakan Sumber Energi Terbarukan Untuk Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Kecamatan Pondok Kelapa Kabupaten Bengkulu Tengah. Jurnal Dharma Reflesia Nomor. 1, Juni 2017.*
- Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, (2018). *Peningkatan Kinerja Mesin Pengering Hybrid Melalui Modifikasi Tungku Biomassa Untuk Pengeringan Ikan Tongkol*. Volume 3, Nomor 1, Februari 2018. Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala. [www.jim.unsyiah.ac.id/JFP](http://www.jim.unsyiah.ac.id/JFP)
- Jurnal Keteknikan Pertanian, Desember (2018). Vol. 6, No. 3. Departemen Teknik Mesin dan Biosistem-FATETA. Institut Pertanian Bogor. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep/article/download/25526/16576/>
- mukhammad ulinnuha, *Proses Pengeringan Kopra* <https://alat-test.com/blog/proses-pengeringan-kopra/>
- Nourman Wilson Sidabariba, Ainun Rohanah, Saipul Bahri Daulay, (2015). “*Uji variasi suhu pengeringan biji kakao dengan alat pengering tipe cabinet terhadap mutu bubuk kakao*”. J.Rekayasa Pangan dan Pert., Vol.5. Program Studi Keteknikan Pertanian. Fakultas Pertanian USU. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/cocos/article/download/22599/22291>

**L**

**A**

**M**

**P**

**I**

**R**

**A**

**N**



**LAMPIRAN 1**  
**(DAFTAR TABEL HASIL ANALISA DATA)**



Lampiran 1A

Tanggal : 31 Agustus 2022

Tabel Hasil Analisis Data Pengujian Dengan Menggunakan Sistem *Hybrid*

No.	Waktu	I (W/m <sup>2</sup> )	Tling (°C)	Akol (m <sup>2</sup> )	Abio (m <sup>2</sup> )	T0kol (°C)	Trata" (°C)	Qin kol (kJ)	Qin bio (kJ)	Qout (kJ)	η(%)
1.	08.45-09.45	469	34	1,01	0,25	52	56	1,705	4,01225	7,812	13,7%
2.	09.45-10.45	557	34	1,01	0,25	53	54	2,025	3,94492	3,864	65%
3.	10.45-11.45	694	34	1,01	0,25	67	62,5	2,523	3,66218	16,6005	26,8%
4.	11.45-12.45	883	36	1,01	0,25	74	66	3,211	3,71604	8,4525	12,2%
5.	12.45-13.45	855	34	1,01	0,25	60	71	3,109	4,02571	6,3	88%
6.	13.45-14.45	764	36	1,01	0,25	70	66,5	2,778	4,13342	14,364	20,8%
7.	14.45-15.45	692	36	1,01	0,25	59	63,5	2,516	3,74297	10,899	17,4%
8.	15.45-16.45	523	35	1,01	0,25	44	69	1,902	3,02938	7,392	15%

Lampiran 1B

Tanggal : 31 Agustus 2022

Tabel Laju Pengeringan Setiap Rak (Pengujian Secara *Hybrid*)

No.	Laju Pengeringan (gr/menit)				
	Rak1	Rak2	Rak3	Rak4	Rak5
1.	0,004167	0,016667	0,0125	0,008333	0,001389
2.	0,065278	0,015278	0,013889	0,025	0,008333
3.	0,054167	0,031944	0,016667	0,002778	0,023611
4.	0,048611	0,040278	0,036111	0,005556	0,029167
5.	0,022222	0,019444	0,006944	0,020833	0,013889
6.	0,055556	0,015278	0,023611	0,047222	0,069444
7.	0,006944	0,031944	0,015278	0,138889	0,047222
8.	0,025	0,019444	0,019444	0,020833	0,004167



Lampiran 1C

Tanggal : 1 September 2022

Tabel Hasil Analisis Data Pengujian Dengan Menggunakan Biomassa

N o.	Wak tu	A (m <sup>2</sup> )	T1 (rak 1)	T2 (rak 3)	T3 (rak 5)	Trat a"	Qin (kJ)	Qout (kJ)	$\eta$ (%)
1.	09.00	0,25	43	37	38	39			
2.	10.00	0,25	57	50	48	52	0,00412	26,159	63%
3.	11.00	0,25	81	53	48	61	0,003554	16,443	46%
4.	12.00	0,25	87	45	40	57	0,003097	8,47	27%
5.	13.00	0,25	90	52	47	63	0,003501	12,733	36%
6.	14.00	0,25	64	62	42	56	0,003985	22,491	56%
7.	15.00	0,25	78	54	46	59	0,003931	23,31	59%
8.	16.00	0,25	79	54	48	60	0,00342	2,667	78%
9.	17.00	0,25	80	54	48	61	0,003043	0,819	27%

Lampiran 1D

Tanggal : 1 September 2022

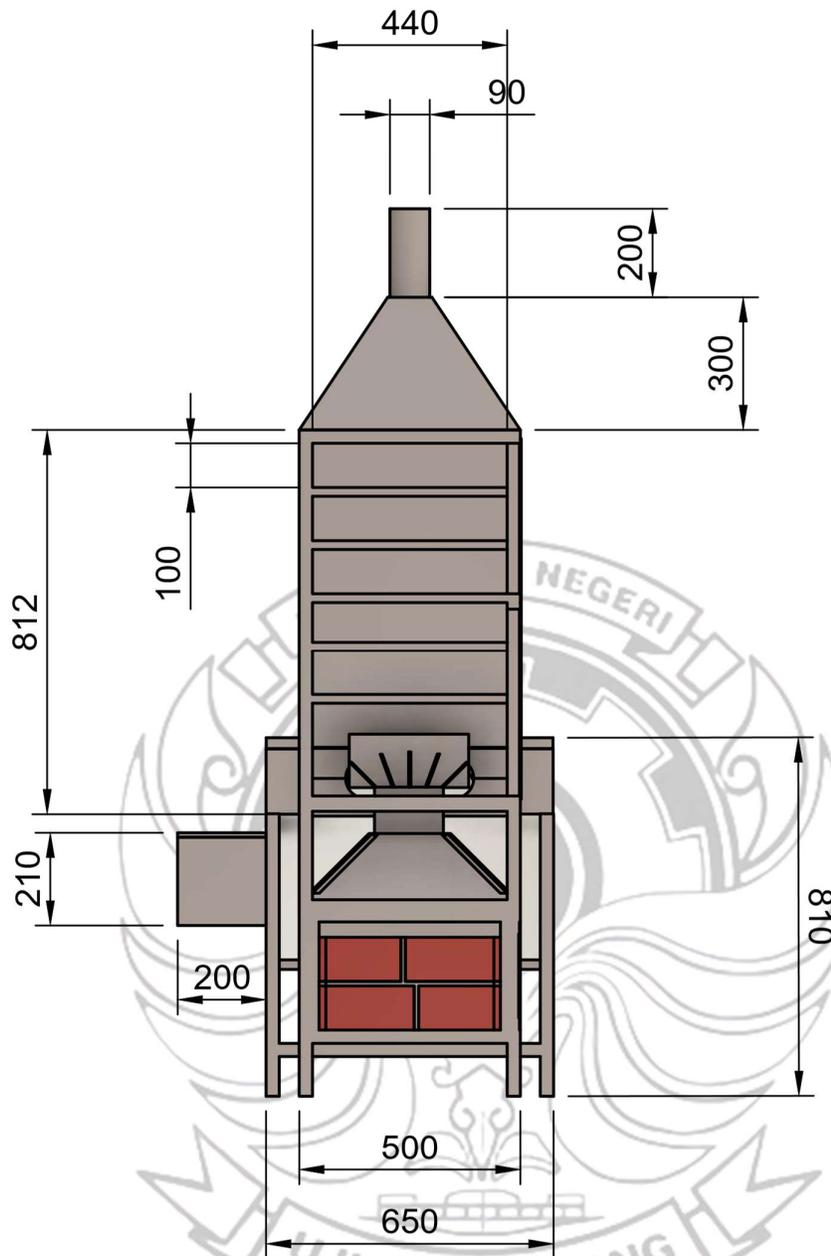
Tabel Laju Pengeringan Setiap Rak (Pengujian Biomassa)

No.	Laju Pengeringan (gr/s)				
	Rak1	Rak2	Rak3	Rak4	Rak5
1.	0,081944	0,036111	0,009722	0,005556	0,006944
2.	0,048611	0,025	0,029167	0,0125	0,005556
3.	0,056944	0,070833	0,015278	0,013889	0,011111
4.	0,054167	0,029167	0,0375	0,015278	0,0125
5.	0,070833	0,025	0,023611	0,036111	0,056944
6.	0,016667	0,0875	0,125	0,165278	0,068056
7.	0,0625	0,004167	0,013889	0,018056	0,077778
8.	0,043056	0,038889	0,013889	0,036111	0,030556

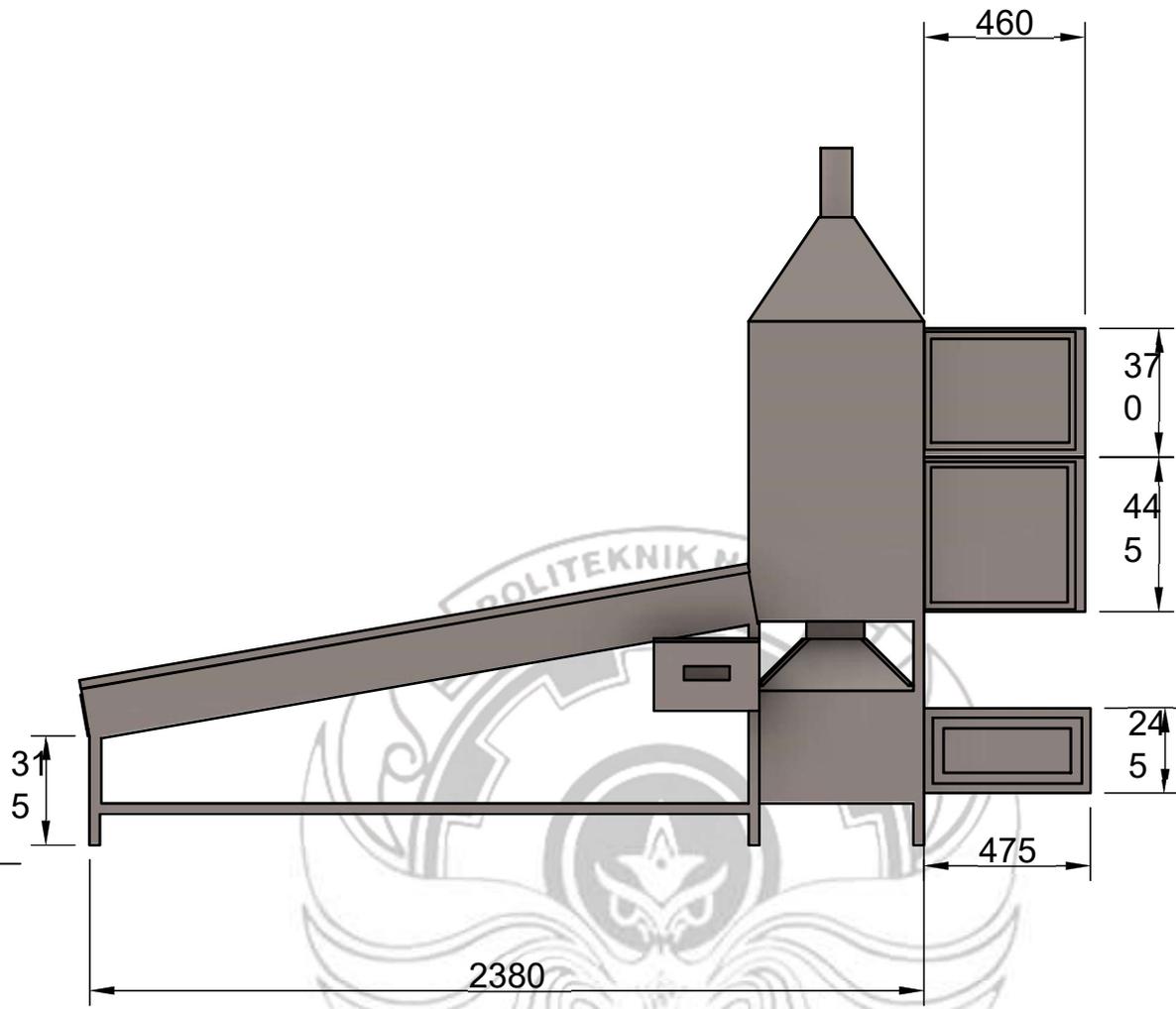




**LAMPIRAN 2**  
**(SPESIFIKASI ALAT)**



Jumlah	Nama Bagian	NO. Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
	Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat Dengan Pemanas Kolektor Surya Dan Energi Biomassa			Skala	Digambar
					Diperiksa
Politeknik Negeri Ujung Pandang			62		



Jumlah	Nama Bagian	NO. Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
	<b>Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat Dengan Pemanas Kolektor Surya Dan Energi Biomassa</b>			Skala	Digambar
					Diperiksa
	<b>Politeknik Negeri Ujung Pandang</b>			63	



**LAMPIRAN 3**  
**(DOKUMENTASI KEGIATAN)**

## Proses Pembuatan Alat

Gambar proses pemotongan pelat besi



Gambar proses pengeboran



Gambar Pemasangan paku rivet



## Proses Pengambilan Data



Gambar Kelapa Sebelum di Keringkan

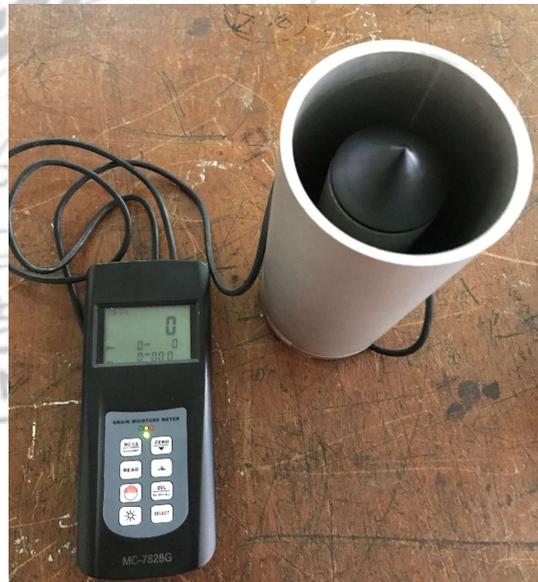


Gambar Kelapa Setelah di Keringkan Selama 8 Jam





Gambar Alat Ukur





**LAMPIRAN 4**  
**(PROGRAM SUHU)**

```

4SENSORSUHU | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
4SENSORSUHU
//LCD I2C#include <LiquidCrystal_I2C.h>
int lcdColumns = 20;
int lcdRows = 4;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);

#include <OneWire.h> //Memanggil library OneWire yang diperlukan sebagai dependensi library Dallas Temperature
#include <DallasTemperature.h> // Memanggil library Dallas Temperature
#define ONE_WIRE_BUS // Menempatkan PIN hasil pembacaan sensor DS18B20 pada PIN 2.
//Disebut One Wire karena kita bisa menempatkan sensor DS18B20 lain pada PIN yang sama

#define ONE_WIRE_BUS 8
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Memuat variabel oneWire berdasarkan PIN yang telah didefinisikan
DallasTemperature sensor(&oneWire); //Memuat variabel untuk menyimpan hasil pengukuran

//Deklarasi variable suhu DS18B20 dengan jenis data float
float suhuDS18B20_0;
float suhuDS18B20_1;
float suhuDS18B20_2;
float suhuDS18B20_3;

int fan= A2;
void setup()
{
  pinMode (fan, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  sensor.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
}

```



```

4SENSORSUHU | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
4SENSORSUHU
void loop()
{
  sensor.requestTemperatures();
  float datasuhu = sensor.getTempCByIndex(1);

  sensor.requestTemperatures(); // Perintah konversi suhu
  //Membaca data suhu dari sensor #0 dan mengkonversikannya ke nilai Celsius
  suhuDS18B20_0 = sensor.getTempCByIndex(0);
  suhuDS18B20_1 = sensor.getTempCByIndex(1);
  suhuDS18B20_2 = sensor.getTempCByIndex(2);
  suhuDS18B20_3 = sensor.getTempCByIndex(3);

  // suhuDS18B20 = (suhuDS18B20*9/5) + 32;
  // suhuDS18B20 = suhuDS18B20 = 273.15;

  Serial.print("Sensor 0 : ");
  //Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
  Serial.println(suhuDS18B20_0, 4); //Presisi 4 digit
  Serial.println(" °C");

  Serial.print("Sensor 1 : ");
  //Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
  Serial.println(suhuDS18B20_1, 4); //Presisi 4 digit
  Serial.println(" °C");
}

```



```

4SENSORSUHU | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
4SENSORSUHU
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Sensor 0 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(0));

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Sensor 1 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(1));

lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Sensor 2 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(2));

lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Sensor 3 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(3));

delay(300);

if (sensor.getTempCByIndex(0) <= 30)
{
  digitalWrite(fan, LOW);
}
else if (sensor.getTempCByIndex(0) > 30)
{
  digitalWrite (fan, HIGH);
}
}

```

```

4SENSORSUHU | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

4SENSORSUHU

void loop()
{
  sensor.requestTemperatures();
  float datasuhu = sensor.getTempCByIndex(i);

  sensor.requestTemperatures(); // Perintah konversi suhu
  //Membaca data suhu dari sensor 10 dan mengkonversikannya ke nilai Celsius
  suhuDS18B20_0 = sensor.getTempCByIndex(0);
  suhuDS18B20_1 = sensor.getTempCByIndex(1);
  suhuDS18B20_2 = sensor.getTempCByIndex(2);
  suhuDS18B20_3 = sensor.getTempCByIndex(3);

  // suhuDS18B20 = (suhuDS18B20*9/5) + 32;
  // suhuDS18B20 = suhuDS18B20 - 273.15;

  Serial.print("Sensor 0 : ");
  //Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
  Serial.println(suhuDS18B20_0, 4); //Presisi 4 digit
  Serial.println(" °C");

  Serial.print("Sensor 1 : ");
  //Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
  Serial.println(suhuDS18B20_1, 4); //Presisi 4 digit
  Serial.println(" °C");
}

```



```

4SENSORSUHU | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

4SENSORSUHU

//LCD 12c#include <LiquidCrystal_I2C.h>
int lcdColumns = 20;
int lcdRows = 4;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);

#include <OneWire.h> //Memanggil library OneWire yang diperlukan sebagai dependensi library Dallas Temperature
#include <DallasTemperature.h> // Memanggil library Dallas Temperature
#define ONE_WIRE_BUS // Menempatkan PIN hasil pembacaan sensor DS18B20 pada PIN 2.
//Disebut One Wire karena Kita bisa menempatkan sensor DS18B20 lain pada PIN yang sama

#define ONE_WIRE_BUS 8
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Membuat variabel oneWire berdasarkan PIN yang telah didefinisikan
DallasTemperature sensor(oneWire); //Membuat variabel untuk menyimpan hasil pengukuran

//deklarasi variable suhu DS18B20 dengan jenis data float
float suhuDS18B20_0;
float suhuDS18B20_1;
float suhuDS18B20_2;
float suhuDS18B20_3;

int fan= A2;
void setup()
{
  pinMode (fan, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  sensor.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
}

```



```

4SENSORSUHU | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

4SENSORSUHU

Serial.print("Sensor 2 : ");
//Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
//Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
//Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
Serial.println(suhuDS18B20_2, 4); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");

Serial.print("Sensor 3 : ");
//Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
//Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
//Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
Serial.println(suhuDS18B20_3, 4); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SUHU 0 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(0));

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("SUHU 1 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(1));

lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("SUHU 2 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(2));

lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("SUHU 3 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(3));

```

```
4SENSORSUHU | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
4SENSORSUHU

Serial.print("Sensor 2 : ");
//Serial.println(suhuD018B20, 1); //Presisi 1 digit
//Serial.println(suhuD018B20, 2); //Presisi 2 digit
//Serial.println(suhuD018B20, 3); //Presisi 3 digit
Serial.println(suhuD018B20_2, 4); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");

Serial.print("Sensor 3 : ");
//Serial.println(suhuD018B20, 1); //Presisi 1 digit
//Serial.println(suhuD018B20, 2); //Presisi 2 digit
//Serial.println(suhuD018B20, 3); //Presisi 3 digit
Serial.println(suhuD018B20_3, 4); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SUHU 0 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(0));

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("SUHU 1 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(1));

lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("SUHU 2 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(2));

lcd.setCursor(0,5);
lcd.print("SUHU 3 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(3));
```



```
4SENSORSUHU | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
4SENSORSUHU

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SUHU 0 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(0));

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("SUHU 1 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(1));

lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("SUHU 2 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(2));

lcd.setCursor(0,5);
lcd.print("SUHU 3 :");
lcd.print(sensor.getTempCByIndex(3));

delay(300);

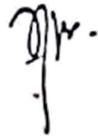
if (sensor.getTempCByIndex(0) <= 30)
{
  digitalWrite(fan, LOW);
}
else if (sensor.getTempCByIndex(0) > 30)
{
  digitalWrite (fan, HIGH);
}
}
```



## LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Muh Fathan Bianco/ Selda Takin  
 NIM : 34219059/ 34219064

### Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Jamsil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagram alir</li> <li>- Gambar tdk usah proyeksi.</li> <li>- Qin Biomassa, mason bb ??</li> <li>- Alat (ukuran energi sensibel tapi energi mkn)</li> </ul>	
2.	Yigin K., S.T., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penjelasan setiap posisi alat ukur Temperatur</li> <li>- Tambahkan foto alat</li> <li>- 6 hr hasil rancangan bangun.</li> <li>- Perbaiki penulisan kutipan</li> <li>- Konsistensi penulisan satuan.</li> <li>- Grafik 4.4 perbedaan suhu</li> <li>- Kesimpulan sesuaikan dgn rumusan masalah/tujuan.</li> </ul>	

Makassar, 26 September 2022  
 Ketua Ujian Sidang.

  
 Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.  
 NIP 197202012001121002