

RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN ALAT PENGERING
GABAH TIPE RAK BERBAHAN BAKAR BIOMASSA BERBASIS
MIKROKONTROLER



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

AMRAM	342 20 007
AFDAL WARDANA	342 20 008

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN


Laporan tugas akhir ini dengan judul “Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler” oleh Amram NIM 342 20 007 dan Afdal Wardana NIM 342 20 008 dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.


Makassar, September 2023

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Abdul Rahman, S.T., M.T.
NIP. 19730803 200604 1 001


Ir. Lewi, M.T.
NIP. 19650913 199103 1 006

Mengetahui,

Jurusan Teknik Mesin

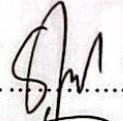

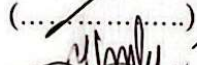




Dr. Ir. Syaharuddin Rasvid, M.T.
NIP. 19680105 199403 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Selasa tanggal 12 September 2023, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Amram NIM 342 20 007 dan Afdal Wardana NIM 342 20 008 dengan judul “Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler.”

Makassar, September 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

1. Sri Suwasti, S.ST., M.T.	Ketua	(..... )
2. Sukma Abadi, S.T., M.T.	Sekretaris	(..... )
3. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.	Anggota I	(..... )
4. Yiyin Klistafani, S.T., M.T.	Anggota II	(..... )
5. Abdul Rahman, S.T., M.T.	Pembimbing I	(..... )
6. Ir. Lewi, M.T.	Pembimbing II	(..... )

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat Rahmat, Hidayah dan Inayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler.”

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas dukungan, bimbingan, perhatian dan arahan yang telah di berikan kepada penulis sehingga hambatan tersebut dapat teratasi, antara lain:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kekuatan serta inspirasi kepada kami untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, saudara-saudara kami, dan seluruh keluarga yang telah memberikan banyak bantuan moral dan materi dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku koordinator Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

6. Bapak Abdul Rahman, S.T., M.T sebagai pembimbing I dan Ir. Lewi M.T sebagai pembimbing II yang telah banyak membantu dan membimbing dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
7. Segenap Dosen Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang selama kurun waktu 3 tahun dengan ikhlas dan penuh kerelaan hati telah mendidik dan mengajar kami, serta para staf dan teknisi Program Studi Teknik Konversi Energi.
8. Teman-teman dan semua pihak yang terlibat, tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu tugas laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan. Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu segala saran dan kritik guna perbaikan dan kesempurnaan sangat penulis nantikan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan para pembaca.

Makassar, September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
SURAT PERNYATAAN	xiv
RINGKASAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan	4
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan	4
1.4.1 Tujuan Kegiatan	4
1.4.2 Manfaat Kegiatan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gabah	6
2.1.1 Standar Mutu Gabah	7
2.2 Pengeringan	7
2.2.1 Definisi Pengeringan	7
2.2.2 Tujuan Pengeringan	8

2.2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan	9
2.2.4 Cara Pengeringan	10
2.2.5 Proses Pengeringan.....	13
2.2.6 Pengeringan Menggunakan Energi Biomassa.....	14
2.3 Perpindahan Kalor	16
2.4 Alat Pengering Gabah.....	19
2.5 Mikrokontroler	20
2.6 Diagram Sankey	25
2.7 Parameter Perhitungan.....	26
BAB III METODE KEGIATAN.....	28
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan.....	28
3.2 Alat dan Bahan	28
3.3 Prosedur atau Langkah Kerja.....	29
3.3.1 Studi Literatur	29
3.3.2 Tahap Perancangan.....	29
3.3.3 Tahap Perakitan dan Pembuatan	30
3.4 Prosedur Pengujian Alat	31
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN	34
4.1 Hasil Kegiatan	34
4.1.1 Perhitungan Data Pengujian Selama 2 Jam	34
4.1.2 Perhitungan Data Pengujian Selama 3 Jam	39
4.1.3 Perhitungan Data Pengujian Selama 4 Jam	44
4.2 Deskripsi Kegiatan	49
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Mutu Gabah.....	7
Tabel 2.2 Nilai Kalor Berbagai Jenis Biomassa.....	16



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gabah	7
Gambar 2.2 Pengeringan Gabah Secara Alami	12
Gambar 2.3 Sekam Padi.....	15
Gambar 2.4 Tempurung Kelapa	15
Gambar 2.5 Arang Kayu	16
Gambar 2.6 Aki	21
Gambar 2.7 Arduino Uno.....	22
Gambar 2.8 Software Arduino IDE	23
Gambar 2.9 Sensor DHT22	23
Gambar 2.10 <i>Fan</i> DC.....	24
Gambar 2.11 Saklar	24
Gambar 2.12 <i>Themometer Gun</i>	24
Gambar 2.13 Termokopel	25
Gambar 2.14 Diagram Blok Sistem.....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Kegiatan Tugas Akhir	33
Gambar 4.1 Hasil Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Gabah Tipe rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler	34
Gambar 4.2 Diagram Sankey Pengujian 2 Jam	39
Gambar 4.3 Diagram Sankey Pengujian 3 Jam.....	43
Gambar 4.4 Diagram Sankey Pengujian 4 Jam.....	48
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Massa Akhir Bahan (Md) terhadap Waktu (Jam)	49

Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Tegangan (V) terhadap Waktu (Jam).....50

Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Laju Aliran Massa (W_a) terhadap Waktu (Jam)51

Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara Efisiensi (η) terhadap Waktu (Jam).....52

Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara Temperatur Ruang Pengering (T_{rp}) terhadap Waktu (Menit).....53



DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
Q_k	Watt	Laju Perpindahan Panas
k	W/K	Konduktifitas Termal
Q_{loss}	Watt	Laju Perpindahan Panas
Q_r	J/s	Kalor yang dipancarkan setiap detik
ε	$0 < \varepsilon < 1$	emisivitas benda
σ	$5,67 \times 10^{-8}$ watt/m ² K ⁴	Konstanta Stefan-Bolzman
k_a	%	Kadar air basis basah
k_k	%	Kadar air basis kering
W_a	gr/s	Laju perubahan biomassa
m_i	gr	Massa awal bahan
m_d	gr	Massa akhir bahan
t	s	Waktu Pengeringan
$Q_{out\ bhn}$	kJ	Kalor yang digunakan bahan
$Q_{out\ rp}$	kJ	Kalor yang digunakan ruang pengering
h_{fg}	kJ/kg	Entalpi penguapan pada temperatur rata-rata
h	W/m ² .°C	Koefisien perpindahan panas secara konveksi
A	m ²	Temperatur udara pembakaran dan pengering
ΔT	°C	Perbedaan temperatur <i>ducting</i> dan ruang pengering
Q_{in}	kJ	Energi kalor biomassa

M_{bb}	gr	Massa bahan bakar
K_{bb}	kJ/gr	Kalor bahan bakar
η	%	Efisiensi Pengering



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat	59
Lampiran 2 Tabel Data Pengujian	64
Lampiran 3 Tabel Data Hasil Analisis.....	68
Lampiran 4 Tabel Uap	69
Lampiran 5 Dokumentasi Kegiatan.....	70



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amram

NIM : 34220007

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul "**Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Biomassa Berbasis Mikrokontroler**" merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

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

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

Makassar, September 2023



Amram
NIM. 34220007

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afdal Wardana

NIM : 34220008

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul **”Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengereng Gabah Tipe Rak Berbahan Biomassa Berbasis Mikrokontroler”** merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

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

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

Makassar, September 2023



Afdal Wardana
NIM. 34220008

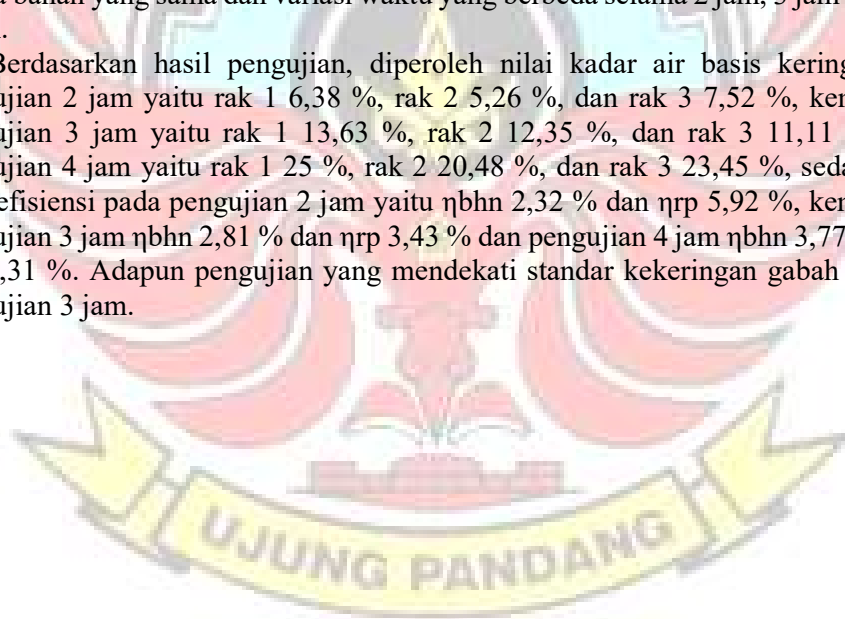
RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN ALAT PENGERING GABAH TIPE RAK BERBAHAN BAKAR BIOMASSA BERBASIS MIKROKONTROLER

RINGKASAN

Pengeringan gabah merupakan salah satu tahap penanganan pasca panen yang bertujuan untuk mengurangi kandungan kadar air sampai batas tertentu. Pengeringan gabah oleh petani umumnya dilakukan dengan cara konvensional yaitu menjemur dengan mengandalkan cahaya matahari di lapangan terbuka. Pengeringan dengan cara ini memiliki banyak kekurangan dimana tergantung pada cuaca terutama pada saat memasuki musim hujan sehingga pengeringan memerlukan waktu yang cukup lama.

Pada kegiatan ini dirancang dan dibuat alat pengering gabah tipe rak berbahan bakar biomassa berbasis mikrokontroler dengan tujuan untuk mengetahui kinerja alat pengering, dimana proses pengeringan dilakukan sebanyak tiga kali dengan massa bahan yang sama dan variasi waktu yang berbeda selama 2 jam, 3 jam hingga 4 jam.

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai kadar air basis kering pada pengujian 2 jam yaitu rak 1 6,38 %, rak 2 5,26 %, dan rak 3 7,52 %, kemudian pengujian 3 jam yaitu rak 1 13,63 %, rak 2 12,35 %, dan rak 3 11,11 % dan pengujian 4 jam yaitu rak 1 25 %, rak 2 20,48 %, dan rak 3 23,45 %, sedangkan nilai efisiensi pada pengujian 2 jam yaitu η_{bhn} 2,32 % dan η_{rp} 5,92 %, kemudian pengujian 3 jam η_{bhn} 2,81 % dan η_{rp} 3,43 % dan pengujian 4 jam η_{bhn} 3,77 % dan η_{rp} 5,31 %. Adapun pengujian yang mendekati standar kekeringan gabah adalah pengujian 3 jam.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beras merupakan salah satu kebutuhan pokok dari sektor pertanian yang dibutuhkan oleh sebagian besar masyarakat dunia untuk dijadikan sumber energi. Sebagai salah satu negara penghasil beras terbesar, Indonesia tidak hanya diuntungkan dengan penduduk yang bekerja sebagai petani namun memiliki persediaan air yang berlimpah, kesuburan tanah, dan terutama beriklim tropis. Oleh karena itu, Indonesia termasuk ke dalam daftar sebagai negara agraris.

Mengingat jumlah penduduk Indonesia yang kian bertambah dari tahun ke tahun hendaknya diimbangi dengan peningkatan produksi beras. Berdasarkan data Sistem Pemantauan Pasar dan Kebutuhan Pokok (SP2KP) Kementerian Perdagangan, pada Desember 2022 rata-rata harga beras kualitas premium secara nasional mencapai Rp13.000/kg. Harga tersebut naik 5,7% dibanding Desember 2021, kenaikan juga terjadi pada beras kualitas medium. Pada Desember 2022 rata-rata harga beras medium nasional Rp11.100/kg, naik 7,8% dan menjadi harga termahal sejak 2018. Kemudian kenaikan berlanjut setelah pemerintah mengumumkan kenaikan harga bahan bakar minyak (BBM) bersubsidi (Ahdiat, 2022). Penanganan gabah pasca panen yang dimulai dari perontokan, pengeringan, penggilingan, hingga penyimpanan beras yang tepat dapat menjaga kualitas beras yang akan dikonsumsi.

Pengeringan merupakan salah satu tahap penanganan pasca panen yang cukup kritis dalam menentukan mutu hasil panen gabah. Kandungan kadar air gabah sangat menentukan kualitas gabah yang didapatkan. Gabah yang dihasilkan setelah panen harus dikeringkan hingga mencapai kadar air 13% hingga 14% agar tidak terjadi kerugian pasca panen. Gabah berkadar air tinggi akan mudah mengalami pembusukan dan berjamur. Gabah berkadar air terlalu rendah juga menyebabkan banyak beras yang rusak ketika dilakukan proses penggilingan (Karbassi dan Mehdizabeh, 2008).

Pengeringan gabah oleh petani umumnya dilakukan dengan cara konvensional yaitu menjemur dengan mengandalkan cahaya matahari di lapangan terbuka. Pengeringan dengan cara ini memiliki banyak kekurangan diantaranya tergantung pada cuaca terutama pada saat memasuki musim hujan sehingga pengeringan memerlukan waktu yang cukup lama dan gabah kurang dijamin kebersihannya karena mudah tercampur oleh debu, krikil, dan air hujan.

Maka dari itu, perlu adanya suatu alat yang dapat dimanfaatkan oleh para petani untuk melakukan proses pengeringan pasca panen agar menghindari permasalahan yang dapat timbul dengan tujuan pengeringan dapat dilakukan dalam kondisi cuaca apapun dan kapanpun serta petani tidak perlu lagi bergantung pada tingkat kecerahan cuaca saat proses pengeringan gabah.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Musfa dan Muh. Nur Faizin (2020) yang membahas tentang Rancang Bangun Alat Pengering Kopi Hybrid Energi Matahari dan Biomassa. Hasil penelitian yang didapatkan adalah pada proses pengeringan kopi menggunakan energi biomassa dengan laju

pengeringan rata-rata sebesar 0,01101 gram/s, yang dimana penelitian tersebut hanya mengeringkan biji kopi, serta pada sisi ruang pengering dan ruang pembakaran disatukan sehingga panas yang disalurkan menuju ruang pengering tidak dapat diatur.

Melihat permasalahan tersebut, maka akan dilakukan penelitian dengan jenis yang berbeda yakni menggunakan gabah. Metode pengeringan dengan menggunakan energi biomassa sebagai media bahan bakar masih jarang diaplikasikan, padahal biomassa merupakan limbah yang sering dijumpai seperti kayu bakar, sekam padi dan sabut kelapa serta memiliki keuntungan ramah lingkungan karena bersifat dapat diperbaharui juga dapat digunakan menjadi pengganti bahan bakar fosil yang semakin langka. Selain itu, melihat perkembangan teknologi saat ini semakin meningkat salah satunya yaitu penggunaan mikrokontroler yang telah banyak diterapkan diberbagai bidang industri maupun pertanian.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka di dalam tugas akhir ini penulis akan meneliti terkait “Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka yang menjadi rumusan masalah yang akan dibahas pada kegiatan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana membuat alat pengering gabah tipe rak berbahan bakar biomassa berbasis mikrokontroler?
2. Bagaimana kinerja alat pengering gabah tipe rak berbahan bakar biomassa berbasis mikrokontroler?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Agar dalam penulisan tugas akhir ini dapat sesuai sasaran dan tujuan yang diharapkan, maka diadakan pembatasan masalah. Adapun batasan-batasan masalah tersebut diantaranya yaitu :

1. Sumber panas yang dimanfaatkan berasal dari biomassa (sekam padi, arang kayu dan tempurung kelapa).
2. Kapasitas gabah yang dikeringkan 3 kg.
3. Mikrokontroler jenis arduino uno digunakan hanya pada saat pengujian.
4. Hanya mengukur temperatur, kelembaban, tegangan dan arus.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

Dari rumusan masalah diatas, maka tujuan yang akan dicapai dalam kegiatan ini antara lain sebagai berikut :

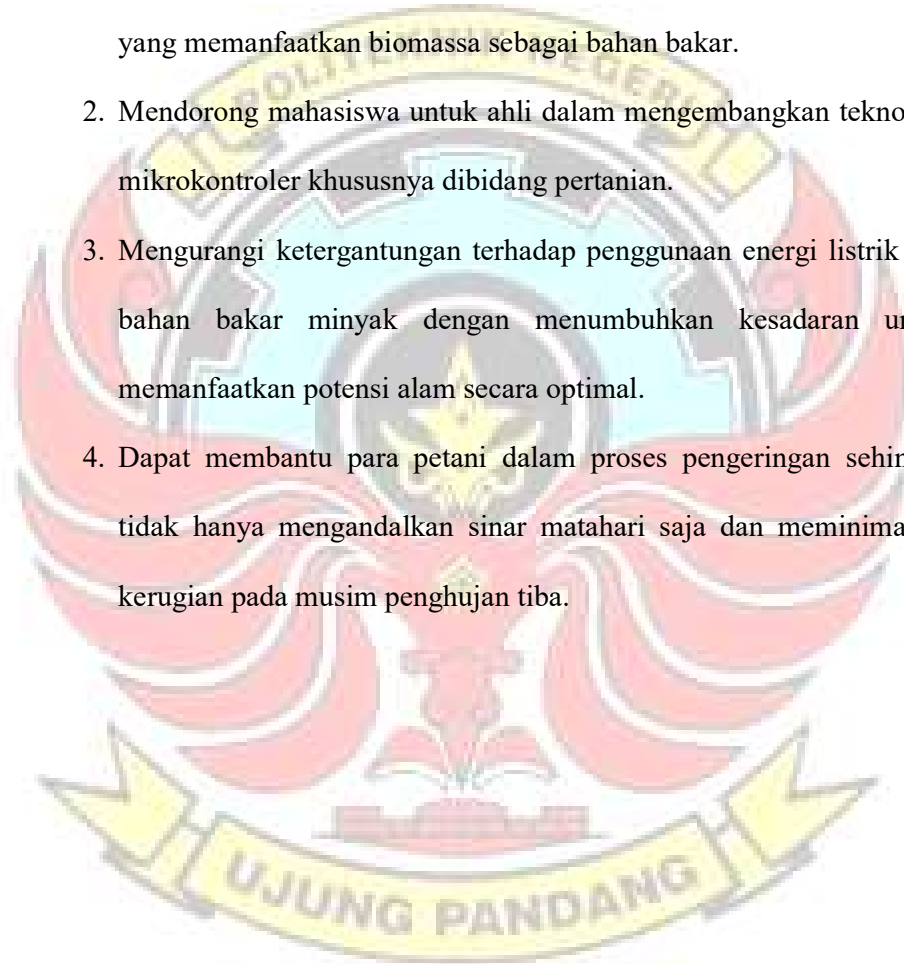
1. Untuk membuat alat pengering gabah tipe rak berbahan bakar biomassa berbasis mikrokontroler.

2. Untuk mengetahui kinerja alat pengering gabah tipe rak berbahan bakar biomassa berbasis mikrokontroler.

1.4.2 Manfaat Kegiatan

Adapun manfaat dari kegiatan ini adalah :

1. Menambah pengetahuan dan keterampilan tentang alat pengering yang memanfaatkan biomassa sebagai bahan bakar.
2. Mendorong mahasiswa untuk ahli dalam mengembangkan teknologi mikrokontroler khususnya dibidang pertanian.
3. Mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan energi listrik dan bahan bakar minyak dengan menumbuhkan kesadaran untuk memanfaatkan potensi alam secara optimal.
4. Dapat membantu para petani dalam proses pengeringan sehingga tidak hanya mengandalkan sinar matahari saja dan meminimalisir kerugian pada musim penghujan tiba.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gabah

Gabah adalah butir padi yang telah dipisahkan dari tangkainya sebelum di proses menjadi beras. Dalam komoditas perdagangan gabah merupakan tahapan yang paling penting, karena penjualan beras dengan jumlah banyak dijual dalam bentuk gabah. Penjualan gabah dapat ditentukan dari kualitasnya.

Kualitas gabah dapat ditentukan oleh kadar air dan kemurnian gabah. Berdasarkan Instruksi Presiden Nomor 3 tahun 2012 tentang kebijakan pengadaan gabah atau beras dan penyaluran beras oleh pemerintah, terdapat istilah-istilah khusus dalam penjualan gabah sebagai berikut :

- 1) Gabah Kering Panen (GKP), merupakan gabah yang baru saja dipanen dari persawahan petani. Pada umumnya kadar air gabah setelah panen masih sangat tinggi yakni diatas 24%-27%. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh perbedaan kelembapan udara antara musin kemarau dan penghujan. Kandungan kadar hampa atau kotoran maksimum 10%.
- 2) Gabah Kering Simpan (GKS), sebelum dilakukan penggilingan gabah akan disimpan, oleh karena itu kandungan kadar airnya harus mencapai batas minimum 14% dan maksimum 18% dengan kandungan kadar hampa atau kotoran 3-7%.
- 3) Gabah Kering Giling (GKG), gabah yang siap untuk digiling mempunyai batas maksimal kadar air 14% dengan kandungan kadar hampa atau kotoran maksimum 3%.



Gambar 2.1 Gabah

2.1.1 Standar Mutu Gabah

Untuk mendapatkan nilai jual yang tinggi, persyaratan mutu gabah harus memenuhi standar. Persyaratan mutu gabah berpedoman pada standar mutu gabah berdasarkan Standar Nasional Indonesia.

Tabel 2.1 Standar Mutu Gabah

Kriteria Mutu	Mutu I (%)	Mutu II (%)	Mutu III (%)
Kadar air (maks)	14	14	14
Gabah hampa	1	2	3
Butir rusak + butir kuning (maks)	2	5	7
Butir mengapur + gabah muda (maks)	1	5	10
Gabah merah (maks)	1	2	4
Benda asing (maks)	-	2	4
Gabah varietas lain (maks)	2	5	10

Sumber: BSNI, 1987

2.2 Pengeringan

2.2.1 Definisi Pengeringan

Pengeringan merupakan penghidratan, yang berarti menghilangkan air dari suatu bahan. Proses pengeringan berlaku apabila bahan yang dikeringkan kehilangan sebahagian atau keseluruhan air yang dikandungnya. Proses utama yang terjadi pada proses pengeringan

adalah penguapan. Penguapan terjadi apabila air yang dikandung oleh suatu bahan teruap, yaitu apabila panas diberikan kepada bahan tersebut. Panas ini dapat diberikan melalui berbagai sumber, seperti kayu api, minyak dan gas, arang ataupun tenaga surya (Hasibun, 2005).

Pengeringan mempunyai pengertian yaitu aplikasi pemanasan melalui kondisi yang teratur, sehingga dapat menghilangkan sebagian besar air dalam suatu bahan dengan cara diuapkan. Penghilangan air dalam suatu bahan dengan cara pengeringan mempunyai satuan operasi yang berbeda dengan dehidrasi. Dehidrasi akan menurunkan aktivitas air yang terkandung dalam bahan dengan cara menghilangkan kadar air dalam jumlah lebih banyak, sehingga umur simpan bahan pangan menjadi lebih lama.

Pengeringan bahan, berarti menghilangkan kandungan air dari bagian dalam bahan ke permukaan bahan yang dikeringkan. Pengeringan merupakan proses perpindahan panas dan massa yang kompleks serta sangat tergantung pada suhu, kelembapan dan kecepatan aliran udara (Muarif, 2013).

2.2.2 Tujuan Pengeringan

Tujuan pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air bahan sampai batas di mana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti agar bahan dapat disimpan lebih lama dan tahan lama. Dengan demikian,

bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lama (Riansyah, dkk.2013).

2.2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan ada dua golongan, yaitu:

1. Faktor yang berhubungan dengan udara pengering. Yang termasuk dalam golongan udara pengering adalah temperatur, kecepatan volumetrik aliran udara pengering, dan kelembaban udara.

a. Temperatur

Ketika medium pemanas dan bahan memiliki perbedaan temperatur yang tinggi maka proses pengeringan akan semakin cepat. Hal ini akan dipengaruhi oleh proses perpindahan panas dan penguapan air dari permukaan bahan. Uap air akan meningkat ketika temperatur udara yang diberikan semakin tinggi.

b. Kecepatan Aliran Udara

Kecepatan aliran udara akan mempengaruhi pergerakan udara yang ada pada ruang pengering. Ketika udara mengalami pergerakan atau bersikulasi maka proses pengeringan akan semakin cepat. Sedangkan udara yang diam akan menyebabkan kejenuhan udara yang dapat memperlambat proses pengeringan.

c. Kelembaban Udara

Semakin rendah kelembaban udara yang terdapat dalam media pengeringan, maka akan semakin cepat proses pengeringan. Udara

dengan kelembaban yang rendah mengandung sedikit uap air, sehingga kemampuan udara untuk mengikat uap air akan semakin tinggi.

2. Faktor yang berhubungan dengan sifat bahan. Yang termasuk dalam golongan sifat bahan adalah ukuran bahan, kadar air awal, dan tekanan parsial dalam bahan (Syahrul dkk., 2016). Kandungan kadar air setiap bahan dinyatakan dalam satuan berat. Kadar air dinyatakan dengan dua jenis yaitu basis basah dan basis kering. Secara teoritis batasan maksimum basis basah adalah 100%, dan basis kering lebih rendah dari 100%.

2.2.4 Cara Pengeringan

Pada proses pengeringan banyak faktor yang perlu diperhatikan, seperti iklim dan bahan baku, yang akan mempengaruhi waktu dan perolehan pengeringan. Berdasarkan prosesnya dikenal dua macam pengeringan yaitu pengeringan secara alami yang memanfaatkan sinar matahari dan secara buatan yang menggunakan alat.

1. Pengeringan Secara Langsung (alami)

Pengeringan alami adalah pengeringan dengan memanfaatkan panas sinar matahari pada saat penjemuran untuk mengeringkan gabah hasil panen agar kandungan air pada gabah berkurang dan menghasilkan padi yang berkualitas. Penjemuran merupakan proses pengeringan gabah basah dengan memanfaatkan panas sinar matahari. Untuk mencegah bercampurnya kotoran, kehilangan

butiran gabah, memudahkan pengumpulan gabah dan menghasilkan penyebaran panas yang merata, maka penjemuran harus dilakukan dengan menggunakan alas.

Penggunaan alas untuk penjemuran telah berkembang dari anyaman bambu kemudian menjadi lembaran plastik/terpal dan terakhir lantai dari semen/beton. Untuk menghasilkan gabah kering yang seragam faktor ketebalan gabah sangat besar pengaruhnya. Jika lapisan terlalu tebal maka kadar air pada gabah menjadi tidak merata dan membuat waktu pengeringan lama. Penjemuran secara alami sebaiknya menggunakan terpal sebagai alas penjemuran dengan ketebalan gabah pada saat pengeringan 3-5 cm. Sebaliknya jika terlalu tipis maka dapat menyebabkan beras pecah pada waktu penggilingan. Penjemuran pada lapisan semen yang di buat oleh petani dengan ketebalan kurang dari 1 cm dapat mengakibatkan persentase beras pecah lebih dari 70% dengan rendemen gilingan yang rendah. Pada saat cerah biasanya pengeringan gabah akan memakan waktu 1-2 hari tetapi bila cuaca mendung akan memakan waktu 3-4 hari.

Menurut Hasbullah (2007), Pengeringan alami memiliki beberapa keuntungan antara lain:

- a. Cara pelaksanaannya mudah.
- b. Biaya pengeringan relatif murah.

- c. Kualitas gabah relatif lebih baik karena adanya karakteristik sinar infra merah yang berperan dominan dalam pengeringan gabah. Namun demikian terdapat beberapa kelemahan , yaitu :
- a. Sangat bergantung pada cuaca.
 - b. Memerlukan tempat yang luas.
 - c. Memungkinkan gabah tercampur benda asing seperti kerikil dan batu
 - d. Suhu pengeringan tidak dapat dikendalikan.
 - e. Susut hasil relatif tinggi /baik karena tercecer maupun dimakan burung/ayam.



Gambar 2.2 Pengeringan Gabah Secara Alami
(Sumber: <https://infopublik.id>)

2. Pengeringan Secara Buatan (dengan bantuan alat)

Pada saat musim hujan para petani tidak bisa melakukan penjemuran gabah karena takut akan terkena hujan dan membuat gabah rusak karena kadar air yang tinggi. Disisi lain bila tidak dilakukan pengeringan secepatnya maka akan merusak kualitas gabah salah satunya adalah butir padi menjadi menguning. Hal tersebut akan mengakibatkan para petani merugi. Karena waktu

panen seluruhnya tidak dilakukan pada waktu kemarau maka petani bisa mencari alternatif lain yaitu alat pengering buatan (dryer) yang menggunakan panas buatan mesin dan dapat menggunakan udara dipanaskan. Udara tersebut berasal dari pembakaran biomassa di ruang pembakaran lalu dialirkan ke bahan yang akan dikeringkan dengan menggunakan blower.

Menurut Kartasapoetra (1994), Pengering buatan memiliki beberapa keuntungan yaitu :

- a. Tidak tergantung cuaca.
- b. Kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan.
- c. Tidak memerlukan tempat yang luas.
- d. Kondisi pengeringan dapat dikontrol.

2.2.5 Proses Pengeringan

Pengeringan zat padat adalah pemisahan sejumlah kecil zat cair dari bahan sehingga mengurangi kandungan sisa zat cair di dalam zat padat itu sampai suatu nilai rendah yang dapat diterima. Pengeringan biasanya merupakan langkah terakhir dari sederetan operasi, dan hasil pengeringan biasanya siap dikemas. Pada proses pengeringan terjadi dua proses, yaitu:

1. Proses perpindahan panas yaitu sebuah proses yang terjadi karena perbedaan temperatur, panas yang dialirkan akan meningkatkan

suhu bahan yang lebih rendah yang menyebabkan tekanan uap air didalam bahan lebih tinggi dari tekanan uap air di udara.

2. Proses perpindahan massa yaitu suatu proses yang terjadi karena kelembapan relatif udara pengering lebih rendah dari kelembapan relatif bahan, panas yang dialirkan di atas permukaan bahan akan meningkatkan tekanan uap air bahan sehingga tekanan uap air bahan akan lebih tinggi dari tekanan uap air udara pengering (Syaiful dkk., 2009).

Pada setiap pengeringan, suhu harus diperhatikan yang mana tidak melampaui suhu kritis dari bahan yang dikeringkan. Hal ini karena dapat merusak bahan yang akan dikeringkan. Proses pengeringan meliputi dua proses yaitu proses perpindahan panas dan proses perpindahan massa. Proses perpindahan panas adalah proses menguapkan air dari dalam bahan atau proses perubahan bentuk cair ke gas. Proses perpindahan massa adalah proses perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara (Syahrul dkk., 2016).

2.2.6 Pengeringan Menggunakan Energi Biomassa

Biomassa sangat beragam jenisnya yang pada dasarnya merupakan hasil produksi dari makhluk hidup. Biomassa dapat berasal dari tanaman perkebunan, pertanian, peternakan, atau bahkan dari sampah. Biomassa yang berasal dari limbah hasil pertanian dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi bahan bakar alternatif. Hal ini tentunya dapat digunakan sebagai penyedia panas, bahan bakar.

Pengeringan dengan memanfaatkan biomassa dapat digunakan terutama pada saat memasuki musim hujan, pada saat matahari kurang cerah, dan pada malam hari. Pengeringan ini dapat menggunakan limbah pertanian yang memiliki nilai kalor seperti tongkol jagung, sekam padi, kayu bakar dan arang.

1. Sekam padi merupakan bahan sisa dari proses penggilingan padi.

Pada proses penggilingan ini sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan, yang dapat dimanfaatkan dan diolah kembali, salah satu alternatifnya adalah dengan melakukan proses pembakaran terhadap sekam padi menjadi abu untuk campuran media tanam.



Gambar 2.3 Sekam Padi

2. Tempurung kelapa merupakan limbah dari hasil olahan kelapa yang telah di ambil dagingnya untuk mendapatkan santan. Tempurung kelapa pada umumnya digunakan untuk bahan bakar, keperluan rumah tangga atau souvenir.



Gambar 2.4 Tempurung Kelapa

3. Arang kayu adalah arang yang terbuat dari bahan dasar kayu. Arang kayu ini digunakan secara luas sebagai bahan bakar untuk keperluan memasak baik untuk keperluan rumah tangga,



Gambar 2.5 Arang Kayu

Tabel 2.2 Nilai Kalor Berbagai Jenis Biomassa

Jenis Biomassa	Nilai Kalor (kal/gr)
Sekam Padi	3300
Tempurung Kelapa	7283,5
Arang Kayu	6743

Sumber: Noviyarsi dkk, 2015

2.3 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Salah satu hal terpenting dalam sistem pengeringan secara umum adalah proses perpindahan atau aliran panas. Perpindahan panas merupakan energi yang berpindah sebagai hasil dari perbedaan temperatur (Incropera dan DeWitt, 1981). Ketika ada perbedaan temperatur dalam suatu medium maka

akan terjadi perpindahan panas. Laju perpindahan panas adalah sejumlah panas yang berpindah per satuan waktu.

1. Perpindahan Kalor secara Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor secara merambat dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung.

Secara matematis dinyatakan sebagai :

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2-1)$$

Keterangan :

Q_k = laju perpindahan panas, watt

k = konduktifitas termal, W/ K

A = Luas Penampang, m^2

ΔT = Temperatur Suhu, $^{\circ}C$

2. Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan atau aliran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Konveksi sangat penting sebagai perpindahan energi antara permukaan benda padat, cair atau gas.

Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui 2 cara yaitu:

a. Konveksi bebas/konveksi alamiah

Perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya. Contoh : plat panas dibiarkan di udara sekitar tanpa ada gerakan dari luar.

b. Konveksi paksaan

Perpindahan panas yang aliran gas atau cairannya disebabkan adanya tenaga dari luar. Contoh : plat panas yang dihembus udara dari blower/kipas.

Secara matematis dinyatakan sebagai :

$$Q_{\text{loss}} = h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan :

Q_{loss} = laju perpindahan panas, watt

h = Koefisien panas konveksi, $W/m^2.K$

A = Luas Permukaan, m^2

ΔT = Suhu, $^{\circ}C$

3. Perpindahan Kalor Secara Radiasi

Perpindahan kalor secara radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi tanpa zat perantara menuju benda atau bagian yang lain.

Secara matematis dinyatakan sebagai :

$$Q = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan :

Q_r = kalor yang dipancarkan setiap detik (J/s)

ε = emisivitas benda ($0 < \varepsilon < 1$)

σ = Konstanta Stefan-Bolzman ($5,67 \times 10^{-8} \text{ watt/m}^2\text{K}^4$)

A = luas permukaan (m^2)

T = suhu permukaan benda (K)

2.4 Alat Pengering Gabah

Alat ini berfungsi mengeringkan gabah yang pada prinsipnya alat pengering ini menggunakan pemanasan tidak langsung. Dengan demikian, bahwa gabah yang dikeringkan tidak tercemar oleh bau asap dan kotoran jelaga atau bahkan abu pembakaran.

Alat ini bekerja berdasarkan prinsip perpindahan kalor konduksi (hantaran) dan konveksi (rambatan). Sumber udara panas yang dibutuhkan ruang pengering dihasilkan dari pembakaran biomassa pada ruang pembakaran, yang dimana udara panas pada ruang pembakaran dialirkan ke ruang pengering dengan menggunakan blower. Pipa penukar kalor menggunakan pipa besi agar proses perpindahan kalor berlangsung cepat dan juga pipa tersebut tahan dalam waktu yang cukup lama. Pipa-pipa penukar kalor dibuat sebanyak mungkin supaya perpindahan kalor yang terjadi semakin besar sehingga ruang pengering lebih cepat menjadi panas

Temperatur yang dihasilkan berkisar antara $40 \text{ }^\circ\text{C}$ sampai $55 \text{ }^\circ\text{C}$ dimana temperatur ini mendekati temperatur maksimum dari penyinaran matahari serta temperatur tersebut sangat baik untuk proses pengeringan jika dibandingkan dengan temperatur matahari pada siang hari. Dari hasil hitungan tersebut dapat dihasilkan laju pengeringan dalam ruang pengering untuk setiap rak pengering

berbeda-beda karena temperaturnya juga berbeda. Untuk rak I, rak II, rak III masing-masing terjadi laju pengeringan sebesar 0,3 kg/jam, 0,2 kg/jam dan 0,15 kg/jam untuk 1 kg gabah yang dikeringkan dalam rak-rak pengering (Manggala, 2008).

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut single chip microcomputer. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Elemen mikrokontroler tersebut diantaranya adalah:

1. Pemroses (processor)
2. Memori
3. Input dan output

Mikrokontroler telah banyak digunakan di industri, walaupun penggunaannya masih kurang dibandingkan dengan penggunaan Programmable Logic Control (PLC), tetapi mikrokontroler memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan PLC. Ukuran mikrokontroler lebih kecil dibandingkan dengan suatu modul PLC sehingga peletakannya dapat lebih fleksibel. Mikrokontroler telah banyak digunakan pada berbagai macam peralatan rumah tangga seperti mesin cuci, sebagai pengendali sederhana, pengaturan lalu lintas (Chamim, 2010).

Adapun untuk komponen yang digunakan adalah :

1. Aki

Aki adalah sumber arus listrik searah yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya/sebagai suplai. Aki menghasilkan listrik melalui proses energi kimia menjadi energi listrik. Aki tergolong elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Pada kutub positif aki menggunakan lempeng oksida dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbal, sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat.



Gambar 2.6 Aki

2. Arduino Uno

Arduino merupakan rangkaian elektronik yang bersifat open source, serta memiliki perangkat keras dan lunak yang mudah untuk digunakan. Arduino dapat mengenali lingkungan sekitarnya melalui berbagai jenis sensor dan dapat mengendalikan lampu, motor, dan berbagai jenis aktuator lainnya. Arduino mempunyai banyak jenis, di antaranya Arduino Uno ATmega 328, Arduino Mega 2560, Arduino Fio dan lainnya.

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP *header*, dan tombol reset (Lubis et al., 2019).



Gambar 2.7 Arduino Uno

3. Arduino IDE

Arduino Development Environment terdiri dari editor teks untuk menulis kode, sebuah area pesan, sebuah konsol, sebuah toolbar dengan tombol-tombol untuk fungsi yang umum dan beberapa menu. *Arduino Development Environment* terhubung ke arduino board untuk mengupload program dan juga untuk berkomunikasi dengan arduino board.

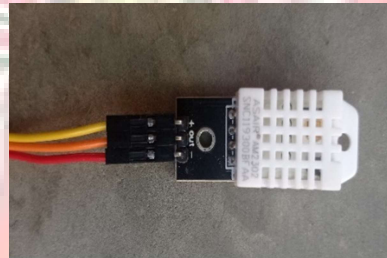
Arduino IDE adalah software yang disediakan di situs arduino.cc yang ditujukan sebagai perangkat pengembangan sketch yang digunakan sebagai program di papan Arduino (Destiarini and Kumara, 2019).



Gambar 2.8 Software Arduino IDE

4. Sensor DHT22

Sensor ini adalah sebuah sensor suhu yang biasanya digunakan untuk mengetahui suhu dan kelembapan pada sebuah ruangan. Sensor suhu ini memiliki thermistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) yang digunakan untuk mengukur suhu, sensor suhu ini menggunakan proses pengiriman hasilnya yang dikirim ke pin output dengan format *single-wire bi-directional* (kabel tunggal dua arah).



Gambar 2.9 Sensor DHT 22

5. Fan

Fan yang digunakan jenis DC (arus searah) dengan kapasitas 12V, fan DC ini berfungsi untuk menghisap atau menghembuskan udara panas yang dihasilkan dari proses pembakaran biomassa.



Gambar 2.10 *Fan DC*

6. Saklar

Saklar digunakan sebagai pemutus dan penghubung antara satu komponen dengan komponen lainnya.



Gambar 2.11 Saklar

7. *Themometer gun*

Themometer gun digunakan untuk mengukur temperatur dengan menggunakan cahaya *infrared*.



Gambar 2.12 *Themometer gun*

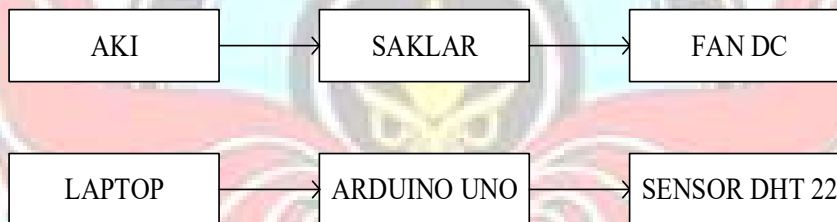
8. Termokopel

Termokopel digunakan untuk mengukur temperatur yang dihasilkan dari pembakaran biomassa.



Gambar 2.13 Termokopel

Adapun untuk diagram blok sistem sebagai berikut



Gambar 2.14 Diagram Blok Sistem

2.6 Diagram Sankey

Diagram Sankey adalah salah satu jenis dari diagram alir yang cocok untuk memvisualisasikan neraca dari sebuah energi. Diagram sankey digunakan untuk menunjukkan sebuah aliran atau proses dalam bentuk tanda panah yang disetiap ujungnya menunjukkan sebuah alur kerja atau proses. Diagram sankey dapat memvisualisasikan energi masuk dan keluar, pemanfaatan serta kerugiannya. Diagram sankey berbentuk panah dan memiliki cabang. Beberapa panah pada sankey dapat memiliki tingkatan atau juga tidak memiliki tingkatan (Noviyarsi dkk., 2015).

2.7 Parameter Perhitungan

1. Untuk menghitung kadar air basis basah dan basis kering digunakan rumus perhitungan (Thamrin, 2011) :

Kadar air basis basah :

$$K_a = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100\% \dots\dots\dots (2-4)$$

Kadar air basis kering :

$$K_k = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100\% \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan:

K_a = Kadar air basis basah (%)

K_k = Kadar air basis kering (%)

m_i = Massa awal bahan (gr)

m_d = Massa akhir bahan (gr)

2. Laju massa air yang dikeringkan menggunakan perhitungan :

$$W_a = \frac{(m_i - m_f)}{t} \times 100\% \dots\dots\dots (2-6)$$

Keterangan:

W_a = Laju perubahan biomassa (gr/s)

m_i = Massa awal bahan (gr)

m_d = Massa akhir bahan (gr)

t = waktu pengeringan (s)

3. Kalor yang diserap bahan

$$Q_{out \text{ bhn}} = \frac{(m_i - m_f)}{1000} \times h_{fg} \dots\dots\dots (2-7)$$

Keterangan:

$Q_{out\ bhn}$ = Kalor yang digunakan (kJ)

m_i = Massa awal bahan (gr)

m_d = Massa akhir bahan (gr)

h_{fg} = Entalpi penguapan pada temperatur rata-rata (kJ/kg)

4. Kalor yang diserap ruang pengering

$$Q_{out\ rp} = h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2-8)$$

Keterangan:

h = Koefisien perpindahan panas secara konveksi ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = Luas Penampang (m^2)

ΔT = Perbedaan temperatur *ducting* dan ruang pengering ($^\circ C$)

5. Kalor yang diterima ruang pembakaran

$$Q_{in} = M_{km} \times K_{bb} \dots\dots\dots (2-9)$$

Keterangan:

Q_{in} = Energi kalor biomassa (kJ)

M_{bb} = Massa bahan bakar (gr)

K_{bb} = Kalor bahan bakar (kJ/gr)

6. Efisiensi

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2-10)$$

Keterangan:

η = Efisiensi pengering (%)

Q_{out} = Kalor yang digunakan (kJ)

Q_{in} = Energi kalor biomassa (kJ)

BAB III

METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Kegiatan pembuatan dan perakitan dilaksanakan di Jalan Goaria dan pengujian Rancang Bangun Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler dilaksanakan di Gedung energi terbarukan Kampus I Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu rancang bangun dan pengujian ini dilakukan mulai bulan Februari sampai Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler adalah sebagai berikut :

1. Alat
 - a. Las listrik
 - b. Obeng
 - c. Meteran
 - d. Mesin pemotong besi
 - e. Mesin gerinda
 - f. Termokopel
 - g. Arduino uno
 - h. Sensor DHT22
 - i. Mesin bor
 - j. Thermometer gun
 - k. Timbangan
 - l. Tang Rivet
 - m. Kunci T 8
 - n. Aki 12 volt
 - o. Fan DC
 - p. Saklar

2. Bahan

- | | |
|------------------|------------------|
| a. Besi Hollow | j. Semen |
| b. Siku Besi | k. Pasir |
| c. Besi 8 | l. Tegel Keramik |
| d. Siku angle | m. Isolasi |
| e. Pipa Besi | n. Plat besi |
| f. Mata bor | o. Seng plat |
| g. mata gurinda | p. Engsel pintu |
| h. Grendel pintu | q. Paku rivet |
| i. Rang | r. Kabel jumper |

3.3 Prosedur atau Langkah Kerja.

3.3.1. Studi Literatur

Pada tahap perancangan dilakukan studi literatur mengenai judul yang akan diangkat dengan tujuan mengumpulkan informasi dan referensi sehingga memudahkan dalam pengerjaan alat.

3.3.2. Tahap Perancangan

Perancangan merupakan langkah sebelum pembuatan Rancang Bangun Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler. Perancangan ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari alat yang akan dibuat dan mempertimbangkan kendala yang dapat terjadi.

3.3.3. Tahap Perakitan dan Pembuatan

Adapun langkah – langkah dalam perakitan dan pembuatan alat pengering gabah tipe rak berbahan bakar biomassa berbasis mikrokontroler adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan semua alat dan bahan.
2. Membuat semua rangka yang akan berfungsi sebagai penyangga serta alat dan bahan yang akan terpasang pada alat pengering gabah.
3. Membuat ruang pembakaran udara yang terdiri dari sisi paling bawah untuk pembakaran bahan bakar biomassa, sisi tengah untuk udara segar masuk dan dipanaskan diatas ruang pembakaran bahan bakar dan terdapat pipa HE (Heat Exchanger) sebagai penghubung asap pembakaran menuju ke cerobong, dan sisi atas untuk cerobong untuk mengeluarkan asap pembakaran.
4. Membuat *ducting* sebagai penghubung ruang udara panas yang telah dipanaskan dengan ruang pengering serta sebagai tempat melekatnya *Fan DC* untuk meneruskan udara panas hasil pembakaran menuju ke ruang pengering untuk mengeringkan gabah.
5. Membuat tempat pengering gabah yang terdiri dari 3 rak dan memiliki ruangan sebelum rak pengering sebagai tempat udara panas tersimpan terlebih dahulu agar nantinya udara panas tersebut dapat merata.

6. Memasang instrumentasi kontrol yakni *Suplay* listrik aki menuju *Fan DC* dan membuat program menggunakan *Library* arduino yang disesuaikan dengan sensor DHT yang akan digunakan.

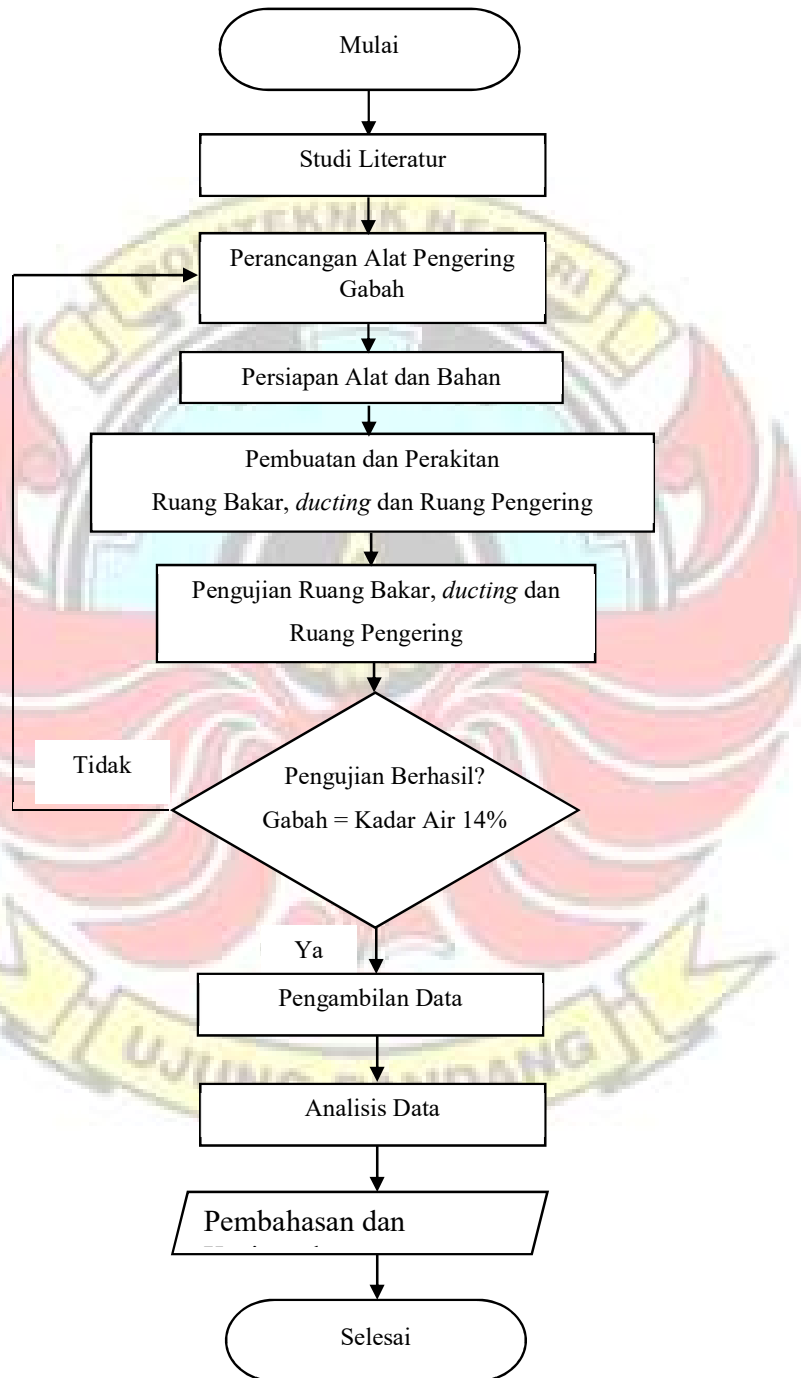
3.4 Prosedur Pengujian Alat

Setelah merancang bangun selesai, maka akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dan pengambilan data dilakukan untuk mengetahui udara panas yang dipanaskan di ruang pembakaran dapat mengeringkan gabah pada ruang pengering.

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Memasang dan memastikan instrumentasi kontrol seperti termokopel pada bagian HE (*Heat Exchanger*), *Ducting*, cerobong, serta memasang sensor DHT22 pada ruang pengering dapat berfungsi dengan baik.
3. Mengukur massa awal gabah tiap rak yang akan dikeringkan dan memasukkannya ke dalam ruang pengering.
4. Mengukur biomassa yang terdiri dari (25% arang kayu, 25% tempurung kelapa, dan 50% sekam padi) dengan kapasitas $\frac{1}{2}$ volume, lalu masukkan bahan bakar tersebut pada ruang pembakaran dan nyalakan api.
5. Menyalakan semua instrumentasi ukur dan kontrol yakni termokopel, sensor DHT22 dan arduino uno yang telah terhubung dengan laptop, serta *Fan DC* dengan menekan saklar on yang disuplay oleh aki.
6. Membuka *dumper* sebesar 45° .
7. Mencatat data pengujian selama 15 menit sekali.

8. Melakukan pengecekan secara berkala setiap 1 jam dengan penambahan bahan bakar,
9. Mencatat hasil pengukuran kedalam tabel pengamatan, untuk data yang dicatat meliputi :
 - a) Waktu pengujian (Menit).
 - b) Massa bahan bakar (M_{bb}).
 - c) Temperatur ruang bahan bakar (T_f).
 - d) Temperatur ruang *Heat Exchanger* (T_{he}).
 - e) Temperatur cerobong (T_c).
 - f) Temperatur *Ducting* (T_d).
 - g) Temperatur ruang pengering (T_{rp}).
 - h) Kelembaban ruang pengering (K_{rp}).
 - i) Massa awal bahan (M_i).
 - j) Massa akhir bahan (M_d).
 - k) Temperatur sekitar awal (T_{s1}).
 - l) Temperatur sekitar akhir (T_{s2}).
 - m) Tegangan awal aki (V_1).
 - n) Tegangan akhir aki (V_2).
 - o) Arus aki (I).
10. Lakukan pengujian tersebut dengan cara yang sama dengan variasi waktu 2 jam, 3 jam, dan 4 jam.
11. Menganalisis hasil pengukuran.
12. Pengujian selesai.

Untuk keseluruhan proses kegiatan penelitian dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Kegiatan Tugas Akhir

BAB IV

HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Kegiatan

Berikut hasil rancang bangun dan pengujian alat pengering gabah tipe rak berbahan bakar biomassa berbasis mikrokontroler.



Gambar 4.1 Hasil Rancang bangun dan pengujian alat pengering gabah tipe rak berbahan bakar biomassa berbasis mikrokontroler.

Berikut dijelaskan hasil perhitungan kadar air, laju aliran massa, kalor yang masuk, kalor yang keluar, dan efisiensi pada alat pengering gabah.

4.1.1 Perhitungan data pengujian selama 2 jam

Untuk perhitungan analisis data, dapat dilihat pada lampiran 2 tabel data pengujian, Parameter yang diketahui adalah sebagai berikut :

1. Massa awal bahan (m_i) : - Rak 1 = 1 kg = 1000 gr
- Rak 2 = 1 kg = 1000 gr
- Rak 3 = 1 kg = 1000 gr
2. Massa akhir bahan (m_d): - Rak 1 = 0,94 kg = 940 gr

- Rak 2 = 0,95 kg = 950 gr

- Rak 3 = 0,93 kg = 930 gr

3. Waktu (t) = 120 menit = 7200 s

4. Temperatur rata – rata ruang pengering (\bar{T}_p) = 41,52 °C

5. Koefisien perpindahan panas secara konveksi (h) = 100 W/m².°C

6. Luas Penampang (A) = 200 mm x 580 mm = 116000 mm²
= 0,116 m²

7. Perbedaan temperatur *ducting* dan ruang pengering (ΔT)
= 54,72 °C – 41,52 °C = 13,2 °C

8. Massa bahan bahan bakar (M_{bb}) = 500 gr+500 gr+1000 gr = 2000 gr

9. Nilai kalor bahan bakar biomassa yang habis terbakar (K_{bb})

a. arang kayu

= 6743 kal/gr ke kkal/gr = 6,743 kkal/gr ke kJ/gr = 28,21 kJ/gr

b. tempurung kelapa

= 7283,5 kal/gr ke kkal/gr = 7,2835 kkal/gr ke kJ/gr = 30,47 kJ/gr

c. sekam padi

= 3300 kal/gr ke kkal/gr = 3,300 kkal/gr ke kJ/gr = 13,8 kJ/gr

Nilai-nilai yang diperoleh adalah sebagai berikut :

a. Kadar air basis basah :

$$K_{a1} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 940 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 6 \%$$

$$K_{a2} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 950 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 5 \%$$

$$K_{a3} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 930 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 7 \%$$

b. Kadar air basis kering :

$$K_{k1} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 940 \text{ gr})}{940 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 6,38 \%$$

$$K_{k2} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 950 \text{ gr})}{950 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 5,26 \%$$

$$K_{k3} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 930 \text{ gr})}{930 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 7,52 \%$$

c. Laju aliran massa

$$W_{a1} = \frac{(m_i - m_d)}{t}$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 940 \text{ gr})}{7200 \text{ s}}$$

$$= 0,00833 \text{ gr/s}$$

$$\begin{aligned}
 W_{a2} &= \frac{(m_i - m_d)}{t} \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 950 \text{ gr})}{7200 \text{ s}} \\
 &= 0,00694 \text{ gr/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{a3} &= \frac{(m_i - m_d)}{t} \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 930 \text{ gr})}{7200 \text{ s}} \\
 &= 0,00972 \text{ gr/s}
 \end{aligned}$$

d. Entalpi penguapan (h_{fg})

Berdasarkan tabel uap saturated water (liquid-vapor), h_{fg} pada :

$$T = 41,52^\circ\text{C}$$

$$h_{fg} = 2403,08 \text{ kJ/kg}$$

e. Kalor yang diserap

1) Kalor yang diserap bahan

$$\begin{aligned}
 Q_{out1} &= \frac{(m_i - m_d)}{1000} \times h_{fg} \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 940 \text{ gr})}{1000} \times 2403,08 \text{ kJ/kg} \\
 &= 144,18 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{out2} &= \frac{(m_i - m_d)}{1000} \times h_{fg} \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 950 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 2403,08 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$= 120,15 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{out3} &= \frac{(m_i - m_d)}{1000} \times h_{fg} \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 930 \text{ gr})}{1000} \times 2403,08 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$= 168,21 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{out bhn}} = 144,18 \text{ kJ} + 120,15 \text{ kJ} + 168,21 \text{ kJ}$$

$$= 432,54 \text{ kJ}$$

2) Kalor yang diserap ruang pengering

$$Q_{\text{out rp}} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$= 100 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 0,116 \text{ m}^2 \cdot 13,2 \text{ °C}$$

$$= 153,12 \text{ W} = 153,12 \text{ J/s} \times 7200 \text{ s}$$

$$= 1102464 \text{ J} = 1102 \text{ kJ}$$

f. Kalor yang diterima ruang pembakaran

$$Q_{\text{in}} = M_{\text{bb}} \cdot K_{\text{bb}}$$

1) Arang kayu

$$= 500 \text{ gr} \times 30 \% = 150 \text{ gr} \times 28,2127 \text{ kJ/gr} = 4231,9 \text{ kJ}$$

2) tempurung kelapa

$$= 500 \text{ gr} \times 40 \% = 200 \text{ gr} \times 30,47 \text{ kJ/gr} = 6094 \text{ kJ}$$

3) sekam padi

$$= 1000 \text{ gr} \times 60 \% = 600 \text{ gr} \times 13,8 \text{ kJ/gr} = 8280 \text{ kJ}$$

$$= 4231,9 \text{ kJ} + 6094 \text{ kJ} + 8280 \text{ kJ}$$

$$= 18605,9 \text{ kJ}$$

g. Efisiensi

$$\eta_{\text{bhn}} = \frac{Q_{\text{out bhn}}}{Q_{\text{in}}} \times 100 \%$$

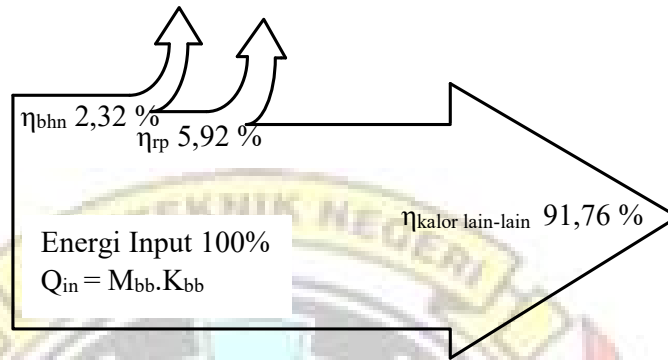
$$= \frac{432,54 \text{ kJ}}{18605,9 \text{ kJ}} \times 100 \%$$

$$= 2,32 \%$$

$$\eta_{\text{rp}} = \frac{Q_{\text{out rp}}}{Q_{\text{in}}} \times 100 \%$$

$$= \frac{1102 \text{ kJ}}{18605,9 \text{ kJ}} \times 100 \%$$

$$= 5,92 \%$$



Gambar 4.2 Diagram Sankey Pengujian 2 Jam

4.1.2 Perhitungan data pengujian selama 3 jam

Untuk perhitungan analisis data, dapat dilihat pada lampiran 2 tabel data pengujian, Parameter yang diketahui adalah sebagai berikut :

- Massa awal bahan (m_i) : - Rak 1 = 1 kg = 1000 gr
- Rak 2 = 1 kg = 1000 gr
- Rak 3 = 1 kg = 1000 gr
- Massa akhir bahan (m_d) : - Rak 1 = 0,88 kg = 880 gr
- Rak 2 = 0,89 kg = 890 gr
- Rak 3 = 0,9 kg = 900 gr
- Waktu (t) = 180 menit = 10800 s
- Temperatur rata – rata ruang pengering (\bar{T}_{rp}) = 40,5 °C
- Koefisien perpindahan panas secara konveksi (h) = 100 W/m².°C
- Luas Penampang (A) = 200 mm x 580 mm = 116000 mm²
= 0,116 m²
- Perbedaan temperatur *ducting* dan ruang pengering (ΔT)

$$= 48,22 \text{ }^{\circ}\text{C} - 40,5 \text{ }^{\circ}\text{C} = 7,72 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

8. Massa bahan bahan bakar (M_{bb}) = 500 gr+500 gr+1500 gr = 2500 gr

9. Nilai kalor bahan bakar biomassa yang habis terbakar (K_{bb})

a. arang kayu

$$= 6743 \text{ kal/gr ke kkal/gr} = 6,743 \text{ kkal/gr ke kJ/gr} = 28,21 \text{ kJ/gr}$$

b. tempurung kelapa

$$= 7283,5 \text{ kal/gr ke kkal/gr} = 7,2835 \text{ kkal/gr ke kJ/gr} = 30,47 \text{ kJ/gr}$$

c. sekam padi

$$= 3300 \text{ kal/gr ke kkal/gr} = 3,300 \text{ kkal/gr ke kJ/gr} = 13,8 \text{ kJ/gr}$$

Nilai-nilai yang diperoleh adalah sebagai berikut :

a. Kadar air basis basah :

$$\begin{aligned} K_{a1} &= \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100 \% \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 88 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 12 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{a2} &= \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100 \% \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 890 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 11 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{a3} &= \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100 \% \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 900 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 10 \% \end{aligned}$$

b. Kadar air basis kering :

$$\begin{aligned}K_{k1} &= \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100 \% \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 880 \text{ gr})}{880 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 13,63 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K_{k2} &= \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100 \% \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 890 \text{ gr})}{890 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 12,35 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K_{k3} &= \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100 \% \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 900 \text{ gr})}{900 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 11,11 \%\end{aligned}$$

c. Laju aliran massa

$$\begin{aligned}W_{a1} &= \frac{(m_i - m_d)}{t} \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 88 \text{ gr})}{10800 \text{ s}} \\ &= 0,011 \text{ gr/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{a2} &= \frac{(m_i - m_d)}{t} \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 890 \text{ gr})}{10800 \text{ s}} \\ &= 0,01 \text{ gr/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{a3} &= \frac{(m_i - m_d)}{t} \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 900 \text{ gr})}{10800 \text{ s}} \\ &= 0,0092 \text{ gr/s}\end{aligned}$$

d. Entalpi penguapan (h_{fg})

Berdasarkan tabel uap saturated water (liquid-vapor), h_{fg} pada :

$$T = 40,5^{\circ}\text{C}$$

$$h_{fg} = 2405,51 \text{ kJ/kg}$$

e. Kalor yang diserap

1) Kalor yang diserap bahan

$$\begin{aligned} Q_{\text{out } 1} &= \frac{(m_i - m_d)}{1000} \times h_{fg} \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 880 \text{ gr})}{1000} \times 2405,51 \text{ kJ/kg} \\ &= 288,66 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{out } 2} &= \frac{(m_i - m_d)}{1000} \times h_{fg} \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 890 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 2405,51 \text{ kJ/kg} \\ &= 264,61 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{out } 3} &= \frac{(m_i - m_d)}{1000} \times h_{fg} \\ &= \frac{(1000 \text{ gr} - 900 \text{ gr})}{1000} \times 2405,51 \text{ kJ/kg} \\ &= 240,55 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{out bhn}} &= 288,66 \text{ kJ} + 264,61 \text{ kJ} + 240,55 \text{ kJ} \\ &= 793,82 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2) Kalor yang diserap ruang pengering

$$\begin{aligned} Q_{\text{out rp}} &= h \cdot A \cdot \Delta T \\ &= 100 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot 0,116 \text{ m}^2 \cdot 7,72 ^{\circ}\text{C} \\ &= 89,55 \text{ W} = 89,55 \text{ J/s} \times 10800 \text{ s} \\ &= 967161 \text{ J} = 967 \text{ kJ} \end{aligned}$$

f. Kalor yang diterima ruang pembakaran

$$Q_{in} = M_{bb} \cdot K_{bb}$$

1) Arang kayu

$$= 500 \text{ gr} \times 45 \% = 225 \text{ gr} \times 28,2127 \text{ kJ/gr} = 6347,8 \text{ kJ}$$

2) tempurung kelapa

$$= 500 \text{ gr} \times 55 \% = 275 \text{ gr} \times 30,47 \text{ kJ/gr} = 8379,2 \text{ kJ}$$

3) sekam padi

$$= 1500 \text{ gr} \times 65 \% = 975 \text{ gr} \times 13,8 \text{ kJ/gr} = 13455 \text{ kJ}$$

$$= 6347,8 \text{ kJ} + 8379,2 \text{ kJ} + 13455 \text{ kJ}$$

$$= 28182 \text{ kJ}$$

g. Efisiensi

$$\eta_{bhn} = \frac{Q_{out \text{ bhn}}}{Q_{in}} \times 100 \%$$

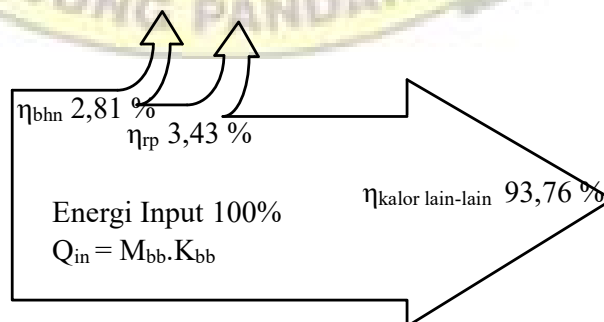
$$= \frac{793,82 \text{ kJ}}{28182 \text{ kJ}} \times 100 \%$$

$$= 2,81 \%$$

$$\eta_{rp} = \frac{Q_{out \text{ rp}}}{Q_{in}} \times 100 \%$$

$$= \frac{967 \text{ kJ}}{28182 \text{ kJ}} \times 100 \%$$

$$= 3,43 \%$$



Gambar 4.3 Diagram Sankey Pengujian 3 Jam

4.1.3 Perhitungan data pengujian selama 4 jam

Untuk perhitungan analisis data, dapat dilihat pada lampiran 2 tabel data pengujian, Parameter yang diketahui adalah sebagai berikut :

1. Massa awal bahan (m_i) : - Rak 1 = 1 kg = 1000 gr
- Rak 2 = 1 kg = 1000 gr
- Rak 3 = 1 kg = 1000 gr
2. Massa akhir bahan (m_d) : - Rak 1 = 0,80 kg = 800 gr
- Rak 2 = 0,83 kg = 830 gr
- Rak 3 = 0,81 kg = 810 gr
3. Waktu (t) = 240 menit = 14400 s
4. Temperatur rata – rata ruang pengering (\bar{T}_p) = 41,89 °C
5. Koefisien perpindahan panas secara konveksi (h) = 100 W/m².°C
6. Luas Penampang (A) = 200 mm x 580 mm = 116000 mm²
= 0,116 m²
7. Perbedaan temperatur *ducting* dan ruang pengering (ΔT)
= 53,25 °C – 41,89 °C = 11,3 °C
8. Massa bahan bahan bakar (M_{bb})
= 500 gr+500 gr+500 gr+1500 gr = 3000 gr
9. Nilai kalor bahan bakar biomassa yang habis terbakar (K_{bb})
 - a. arang kayu
= 6743 kal/gr ke kkal/gr = 6,743 kkal/gr ke kJ/gr = 28,21 kJ/gr
 - b. tempurung kelapa
= 7283,5 kal/gr ke kkal/gr = 7,2835 kkal/gr ke kJ/gr = 30,47 kJ/gr

c. sekam padi

$$= 3300 \text{ kal/gr ke kkal/gr} = 3,300 \text{ kkal/gr ke kJ/gr} = 13,8 \text{ kJ/gr}$$

Nilai-nilai yang diperoleh adalah sebagai berikut :

a. Kadar air basis basah :

$$K_{a1} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 800 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 20 \%$$

$$K_{a2} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 830 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 17 \%$$

$$K_{a3} = \frac{(m_i - m_d)}{m_i} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 810 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 19 \%$$

b. Kadar air basis kering :

$$K_{k1} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 80 \text{ gr})}{800 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 25 \%$$

$$K_{k2} = \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100 \%$$

$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 830 \text{ gr})}{830 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 20,48 \%$$



$$\begin{aligned}
 K_{k3} &= \frac{(m_i - m_d)}{m_d} \times 100 \% \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 810 \text{ gr})}{810 \text{ gr}} \times 100 \% \\
 &= 23,45 \%
 \end{aligned}$$

c. Laju aliran massa

$$\begin{aligned}
 W_{a1} &= \frac{(m_i - m_d)}{t} \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 800 \text{ gr})}{14400 \text{ s}} \\
 &= 0,013 \text{ gr/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{a2} &= \frac{(m_i - m_d)}{t} \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 830 \text{ gr})}{14400 \text{ s}} \\
 &= 0,011 \text{ gr/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{a3} &= \frac{(m_i - m_d)}{t} \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 810 \text{ gr})}{14400 \text{ s}} \\
 &= 0,013 \text{ gr/s}
 \end{aligned}$$

d. Entalpi penguapan (h_{fg})

Berdasarkan tabel uap saturated water (liquid-vapor), h_{fg} pada :

$$T = 41,89^\circ\text{C}$$

$$h_{fg} = 2402,2 \text{ kJ/kg}$$

e. Kalor yang diserap

1) Kalor yang diserap bahan

$$\begin{aligned}
 Q_{out1} &= \frac{(m_i - m_d)}{1000} \times h_{fg} \\
 &= \frac{(1000 \text{ gr} - 800 \text{ gr})}{1000} \times 2402,2 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$= 480,44 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{out } 2} = \frac{(m_i - m_d)}{1000} \times h_{fg}$$
$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 830 \text{ gr})}{1000 \text{ gr}} \times 2402,2 \text{ kJ/kg}$$
$$= 403,37 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{out } 3} = \frac{(m_i - m_d)}{1000} \times h_{fg}$$
$$= \frac{(1000 \text{ gr} - 810 \text{ gr})}{1000} \times 2402,2 \text{ kJ/kg}$$
$$= 456,42 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{out bhn}} = 480,44 \text{ kJ} + 403,37 \text{ kJ} + 456,42 \text{ kJ}$$
$$= 1340,23 \text{ kJ}$$

2) Kalor yang diserap ruang pengering

$$Q_{\text{out rp}} = h \cdot A \cdot \Delta T$$
$$= 100 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 0,116 \text{ m}^2 \cdot 11,3 \text{ °C}$$
$$= 131,08 \text{ W} = 131,08 \text{ J/s} \times 14400 \text{ s}$$
$$= 1887552 \text{ J} = 1887 \text{ kJ}$$

f. Kalor yang diterima ruang pembakaran

$$Q_{\text{in}} = M_{\text{bb}} \cdot K_{\text{bb}}$$

1) Arang kayu

$$= 500 \text{ gr} \times 50 \% = 250 \text{ gr} \times 28,2127 \text{ kJ/gr} = 7053,1 \text{ kJ}$$

2) tempurung kelapa

$$= 500 \text{ gr} \times 60 \% = 300 \text{ gr} \times 30,47 \text{ kJ/gr} = 9141 \text{ kJ}$$

3) sekam padi

$$= 2000 \text{ gr} \times 70 \% = 1400 \text{ gr} \times 13,8 \text{ kJ/gr} = 19320 \text{ kJ}$$

$$= 7053,1 \text{ kJ} + 9141 \text{ kJ} + 19320 \text{ kJ}$$

$$= 35514,1 \text{ kJ}$$

g. Efisiensi

$$\eta_{\text{bhn}} = \frac{Q_{\text{out bhn}}}{Q_{\text{in}}} \times 100 \%$$

$$= \frac{1340,23 \text{ kJ}}{35514,1 \text{ kJ}} \times 100 \%$$

$$= 3,77 \%$$

$$\eta_{\text{rp}} = \frac{Q_{\text{out rp}}}{Q_{\text{in}}} \times 100 \%$$

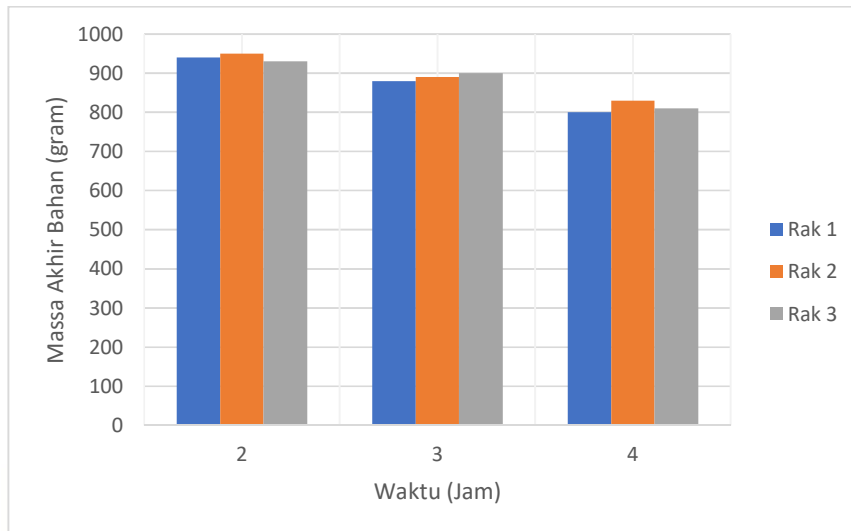
$$= \frac{1887 \text{ kJ}}{35514,1 \text{ kJ}} \times 100 \%$$

$$= 5,31 \%$$



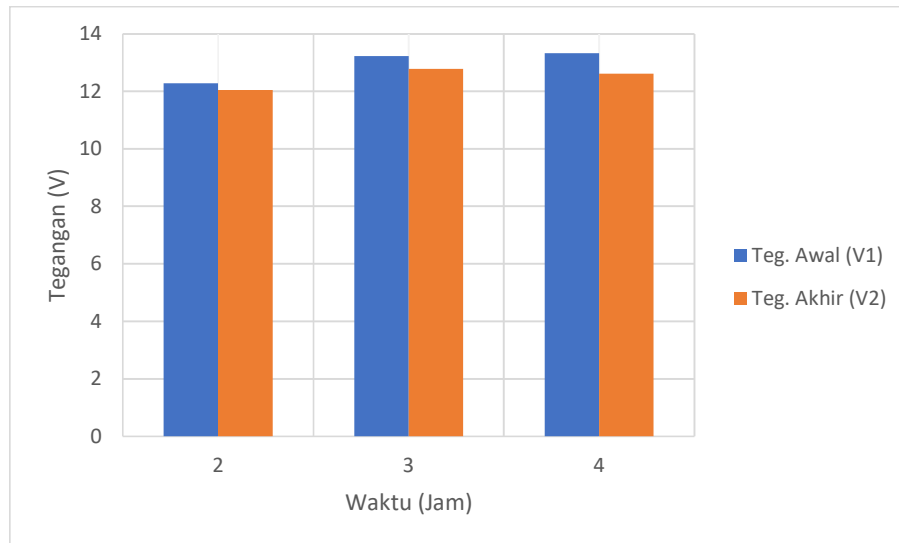
Gambar 4.4 Diagram Sankey Pengujian 4 Jam

4.2 Deskripsi Kegiatan



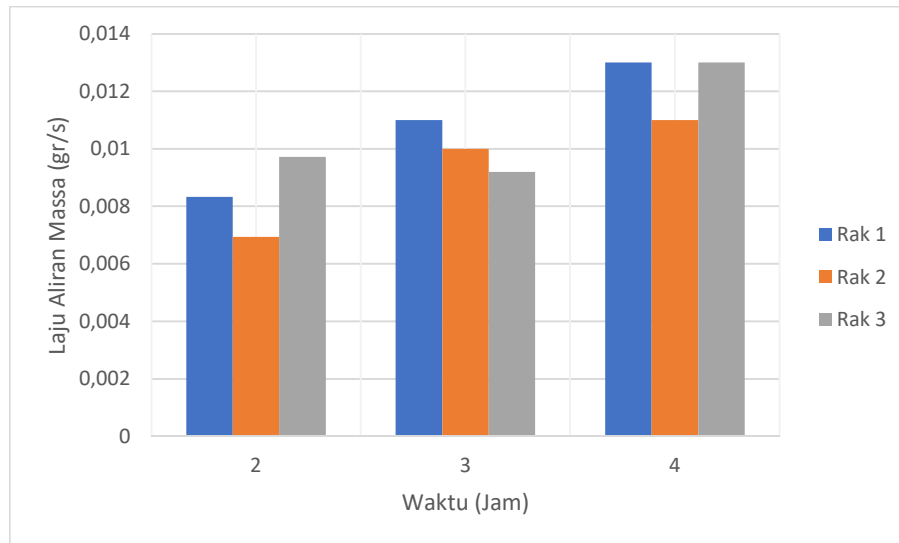
Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Massa Akhir Bahan (M_a) terhadap Waktu (Jam)

Berdasarkan Gambar 4.5 trend grafik nilai massa akhir bahan pada rak 1, rak 2 dan rak 3 mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu, sehingga nilai massa akhir bahan rak 1, rak 2 dan rak 3 berbanding terbalik terhadap waktu. Adapun untuk nilai massa akhir bahan pada pengujian 2 jam yaitu rak 1 940 gram, rak 2 950 gram, dan rak 3 930 gram, kemudian pengujian 3 jam yaitu rak 1 880 gram, rak 2 890 gram, dan rak 3 900 gram dan pengujian 4 jam yaitu rak 1 800 gram, rak 2 830 gram, dan rak 3 810 gram. Sehingga, untuk nilai massa akhir bahan rata – rata pada pengujian 2 jam yaitu 940 gram, kemudian pengujian 3 jam 890 gram dan pengujian 4 jam 813,3 gram.



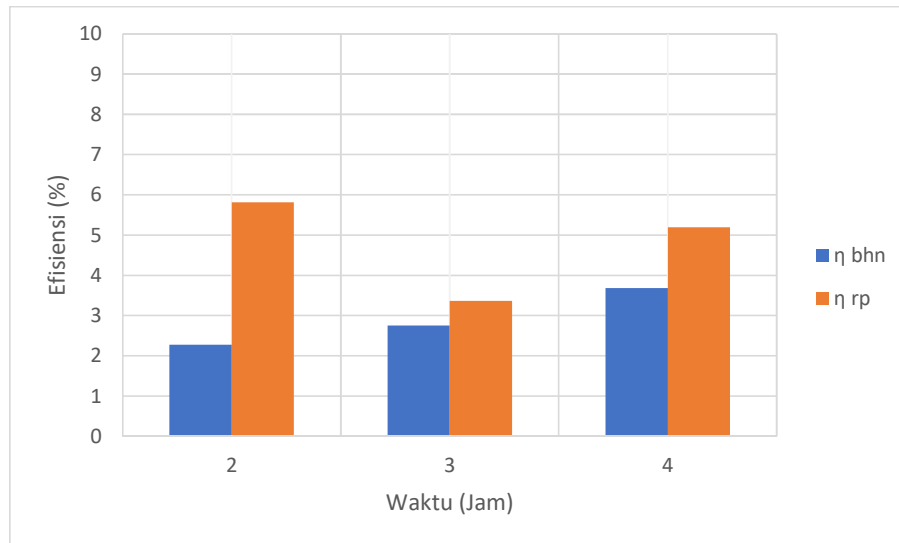
Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Tegangan (V) terhadap Waktu (Jam)

Berdasarkan Gambar 4.6 trend grafik nilai tegangan awal lebih besar daripada tegangan akhir seiring dengan pengujian tiap waktu, sehingga perbandingan antara nilai tegangan awal dan tegangan akhir dapat diartikan sebagai tegangan yang terpakai. Adapun untuk nilai tegangan awal pada pengujian 2 jam yaitu 12,28 V sedangkan tegangan akhir 12,05 V, kemudian nilai tegangan awal pada pengujian 3 jam yaitu 13,22 V sedangkan tegangan akhir 12,78 V dan nilai tegangan awal pada pengujian 4 jam yaitu 13,33 V sedangkan tegangan akhir 12,62 V. Sehingga, untuk tegangan yang terpakai pada pengujian 2 jam yaitu 0,23 V, kemudian pengujian 3 jam 0,44 V dan pengujian 4 jam 0,71 V. Jadi, untuk nilai tegangan yang terpakai mengalami kenaikan setiap penambahan jam.



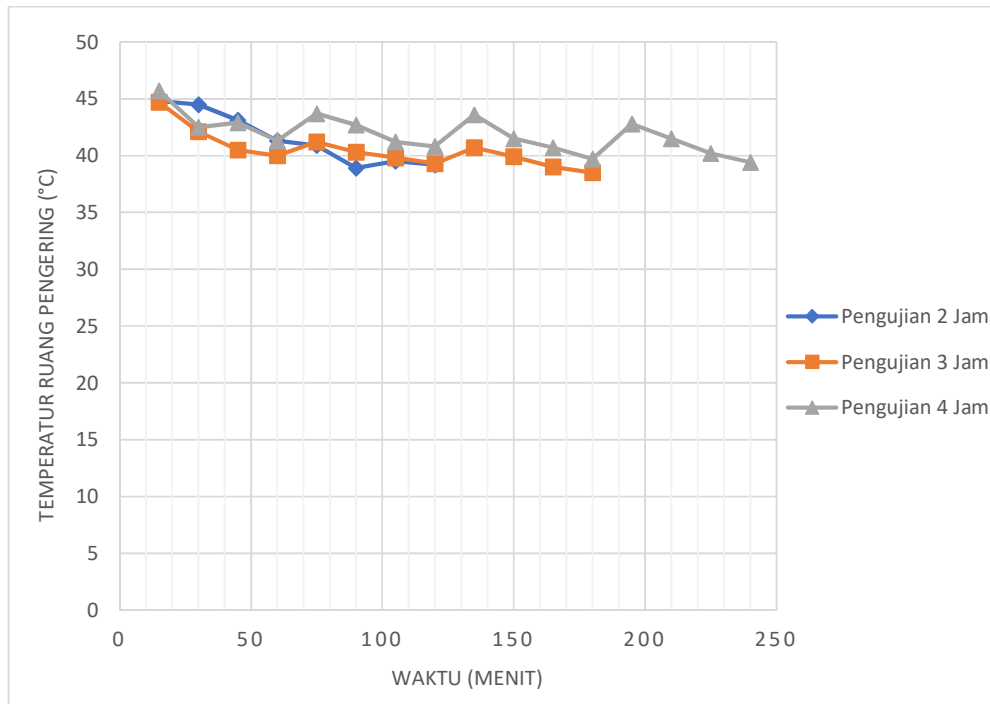
Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Laju Aliran Massa (W_a) terhadap Waktu (Jam)

Berdasarkan Gambar 4.7 trend grafik nilai laju aliran massa pada rak 1, rak 2 dan rak 3 mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu, sehingga nilai laju aliran massa rak 1, rak 2 dan rak 3 berbanding lurus terhadap waktu. Adapun untuk nilai laju aliran massa pada pengujian 2 jam yaitu rak 1 0,0083 gram/s, rak 2 0,0069 gram/s, dan rak 3 0,0097 gram/s, kemudian pengujian 3 jam yaitu rak 1 0,011 gram/s, rak 2 0,01 gram/s, dan rak 3 0,0092 gram/s dan pengujian 4 jam yaitu rak 1 0,013 gram/s, rak 2 0,011 gram/s, dan rak 3 0,013 gram/s. Sehingga, untuk nilai laju aliran massa rata – rata pada pengujian 2 jam yaitu 0,00833 gram/s, kemudian pengujian 3 jam 0,01 gram/s dan pengujian 4 jam 0,0123 gram/s.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara Efisiensi (η) terhadap Waktu (Jam)

Berdasarkan Gambar 4.8 trend grafik nilai η_{rp} mengalami kenaikan lebih tinggi dibandingkan dengan η_{bhn} . Untuk nilai η_{rp} dan η_{bhn} mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu, sehingga nilai η_{rp} dan η_{bhn} berbanding lurus terhadap waktu. Adapun pada pengujian 2 jam η_{bhn} 2,32 % dan η_{rp} 5,92 %, kemudian pengujian 3 jam η_{bhn} 2,81 % dan η_{rp} 3,43 % dan pengujian 4 jam η_{bhn} 3,77 % dan η_{rp} 5,31 %. Adapun untuk η_{rp} pada pengujian 2 jam mengalami kenaikan dikarenakan perbedaan temperatur lebih besar antara sisi *ducting* dan ruang pengering.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara Temperatur Ruang Pengering (T_{rp}) terhadap Waktu (Menit)

Berdasarkan Gambar 4.9 trend grafik nilai temperatur ruang pengering pada pengujian 2 jam, 3 jam dan 4 jam mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu, sehingga nilai temperatur ruang pengering berbanding terbalik terhadap waktu. Adapun untuk nilai temperatur ruang pengering tertinggi pada pengujian 2 jam yaitu 44,8 °C pada waktu 15 menit dan terendah dengan nilai temperatur ruang pengering 38,9 °C pada waktu 90 menit. Kemudian, nilai temperatur ruang pengering tertinggi pada pengujian 3 jam yaitu 44,7 °C pada waktu 15 menit dan terendah dengan nilai temperatur ruang pengering 38,5 °C pada waktu 180 menit dan nilai temperatur ruang pengering tertinggi pada pengujian 4 jam yaitu 45,7 °C pada waktu 15 menit dan terendah dengan nilai temperatur ruang pengering 39,4 °C pada waktu 240 menit. Sehingga, untuk nilai temperatur ruang

pengering rata – rata pada pengujian 2 jam yaitu 41.5 °C, kemudian rata – rata temperatur pada pengujian 3 jam yaitu 40,5 °C dan rata – rata temperatur pada pengujian 4 jam yaitu 41,9 °C. Adapun pada waktu tertentu mengalami kenaikan temperatur dikarenakan pada setiap 60 menit ada penambahan massa bahan bakar sehingga menyebabkan temperatur juga ikut naik.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian serta hasil analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Alat pengering ini terdiri dari tiga bagian yaitu ruang bakar, *ducting*, dan ruang pengering dengan memanfaatkan bahan bakar biomassa diantaranya sekam padi, arang kayu, dan tempurung kelapa. Alat ini memiliki 3 rak dalam ruang pengering untuk mengeringkan gabah dengan kapasitas 1 kg per rak. Alat ini memiliki ukuran panjang 435 mm, lebar 410, tinggi 1750 mm pada sisi ruang bakar, kemudian ukuran panjang 400 mm, lebar 120 mm, tinggi 120 mm sisi *ducting* dan ukuran panjang 830 mm, lebar 410, tinggi 580 mm sisi ruang pengering.
2. Besarnya nilai kadar air basis kering pada pengujian 2 jam yaitu rak 1 6,38 %, rak 2 5,26 %, dan rak 3 7,52 %, kemudian pengujian 3 jam yaitu rak 1 13,63 %, rak 2 12,35 %, dan rak 3 11,11 % dan pengujian 4 jam yaitu rak 1 25 %, rak 2 20,48 %, dan rak 3 23,45 %, sedangkan nilai efisiensi pada pengujian 2 jam yaitu η_{bhn} 2,32 % dan η_{rp} 5,92 %, kemudian pengujian 3 jam η_{bhn} 2,81 % dan η_{rp} 3,43 % dan pengujian 4 jam η_{bhn} 3,77 % dan η_{rp} 5,31 %.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian dengan metode ruang pengeringan yang berbeda salah satunya metode *rotary dryer* agar pengeringan dapat bekerja secara kontinu dan juga kekeringan gabah dapat lebih merata, menambahkan peredam panas agar panas yang dihasilkan pada proses pembakaran dapat lebih tahan lama, serta penambahan kontroler berbasis *IOT* yang dapat bekerja secara otomatis.



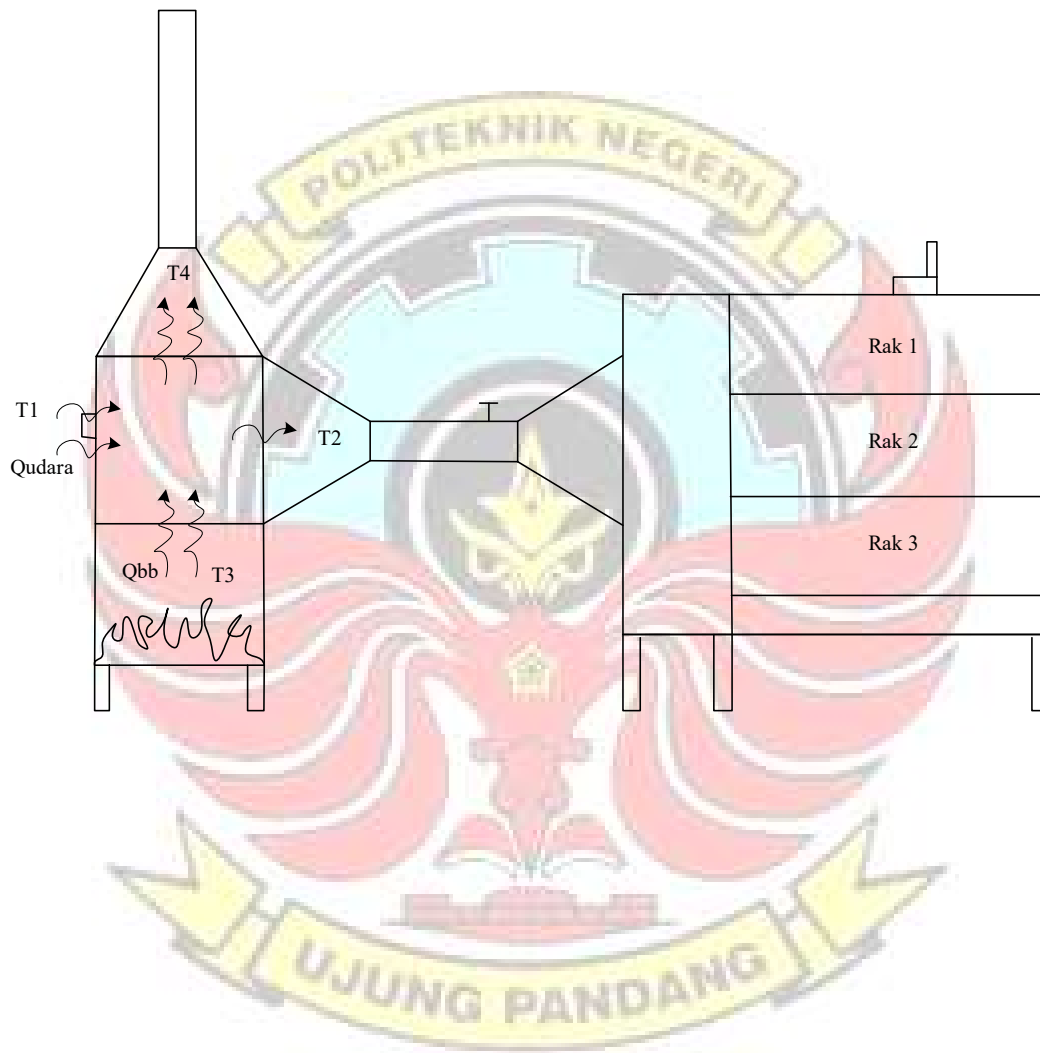
DAFTAR PUSTAKA

- Ahdiat, Adi. 2023. Rata-rata Harga Beras Nasional per Bulan (Maret 2018-Desember 2022). (Online), (<https://databoks.katadata.co.id>), diakses tanggal 30 januari 2023.
- Chamim, Anna Nur Nazilah. 2010. Penggunaan Microcontroller Sebagai Pendeteksi Posisi Dengan Menggunakan Sinyal GSM. Jurnal Informatika. Politeknik PPKP Yogyakarta.
- Destiarini and Kumara, P.W. 2019. *Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Atmega328*, Jurnal Informanika, 5(1), pp. 18–25.
- Hasibun, Rosdaneli. 2005. Proses Pengeringan. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Sumatra Utara.
- Hasbullah R. 2007. Volume 12 No 2 desember 2007. Gerakan Nasional Penurunan Pasca Panen. Agrimedia.
- Incropera, F.P.dan DeWitt, D.P., 1981, “Fundamental of Heat Transfer, John Wiley& Sons.
- Karbassi, A. and Mehdizabeh, Z. 2008. Drying Rough Rice in a Fluidized Bed Dryer. *Journal Agriculture Scientific*, Vol.10.
- Kartapoetra, A.G., 1994, Teknologi Penanganan Pasca Panen, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Kurniawansah, Zulkri. 2022. Analisis *Heat Balance* Pada Reaktor Torefaksi Tipe Tubular Dengan Sistem Pemanas *Oil Jacket*. Laporan Hasil Penelitian. Program Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Lubis, Z. et al. 2019. *Kontrol Mesin Air Otomatis Berbasis Arduino Dengan Smartphone*, 14(3), pp. 155–159.

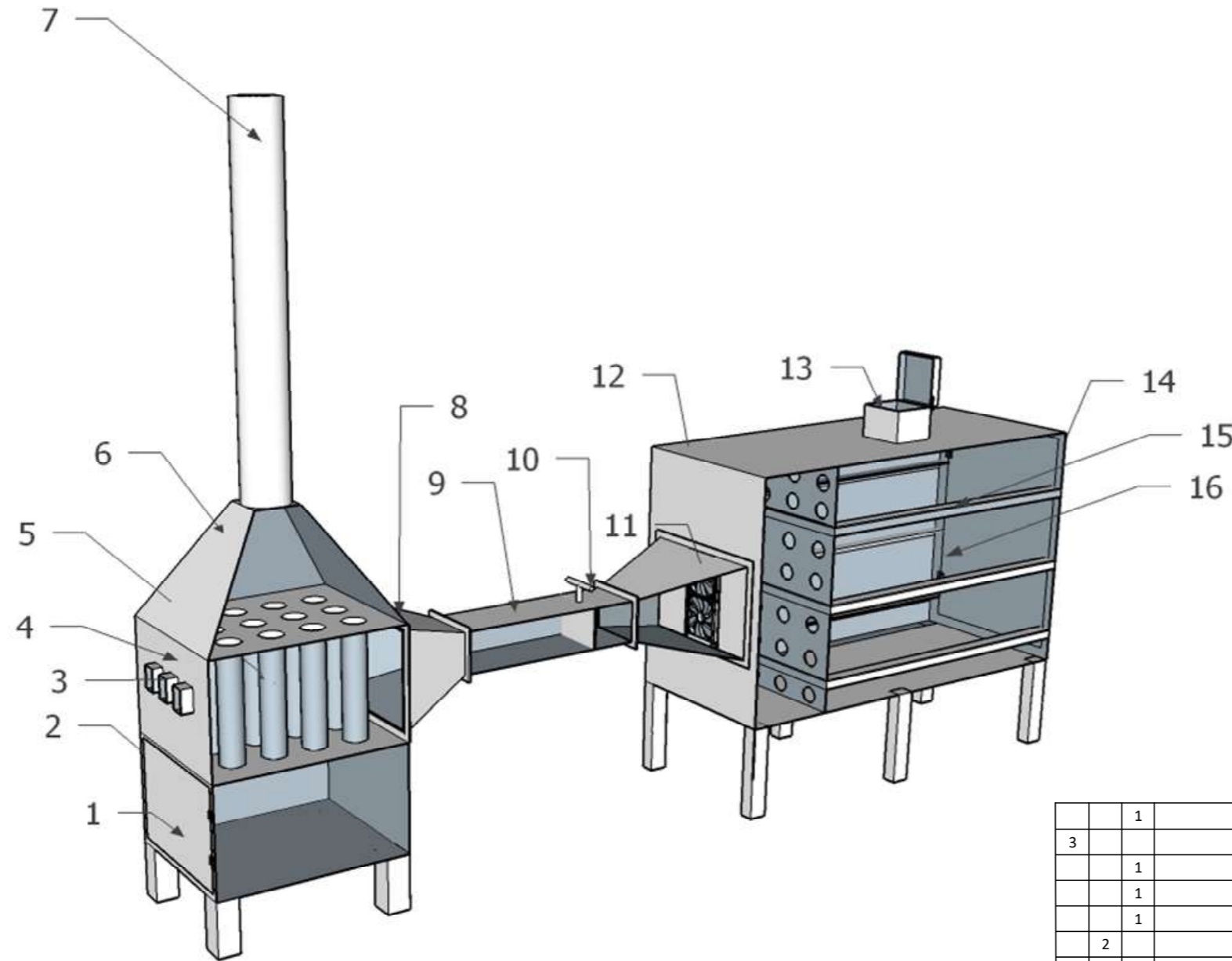
- Manggala, Lukas Kano. 2008. Perancangan Pengereng Gabah Menggunakan Pemanas Udara dari Tungku Sekam. *Metropilar* Volume 6 Nomor 1 Januari 2008.
- Muarif. 2013. Rancang Bangun Alat Pengereng Di Tinjau Dari Specific Energy Consume Pada Kerupuk. Laporan Hasil Penelitian. Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Musfa, Muftihaturrahmah dan Muh. Nur Faizin. 2020. Rancang Bangun Alat Pengereng Kopi *Hybrid* Energi Matahari dan Energi Biomassa. Laporan Hasil Penelitian. Makassar: Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Noviyarsi, dkk. 2015. Potensi Briket Arang Berbahan Sekam Sebagai Energi Alternatif. Seminar Nasional Teknologi Informasi, komunikasi dan industri. Jurusan Teknik Industri. Universitas Bung Hatta.
- Riansyah, dkk. 2013. Pengaruh Perbedaan Suhu dan Waktu Pengeringan terhadap Karakteristik Ikan Asin Sepat Siam dengan Menggunakan Oven. Laporan Hasil Penelitian. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya Indralaya Ogan Ilir.
- Syaharul, dkk. 2016. Pengaruh Variasi Kecepatan Udara dan Massa Bahan terhadap Waktu Pengeringan Jagung pada Alatfluidized bed. Laporan Hasil Penelitian Nusa Tenggara Barat. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- Syaiful, dkk. 2009. Profil Suhu pada Proses Pengeringan Produk Pertanian dengan Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Laporan Hasil Penelitian. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Bengkulu.
- Thamrin, Ismail. 2011. Rancang Bangun Alat Pengereng Ubi Kayu Tipe Rak Dengan Memanfaatkan Energi Surya. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, Palembang.

Lampiran 1

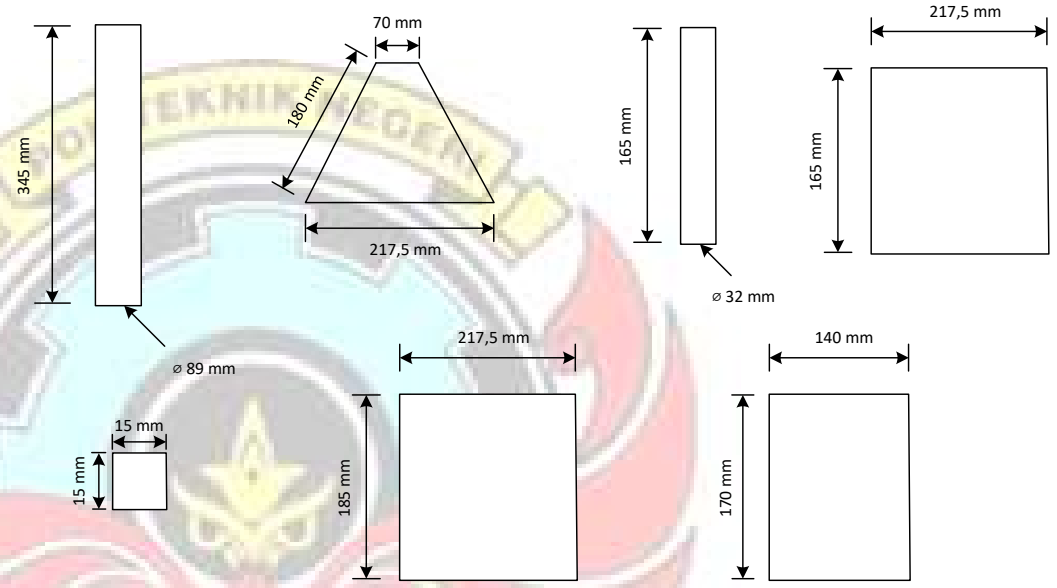
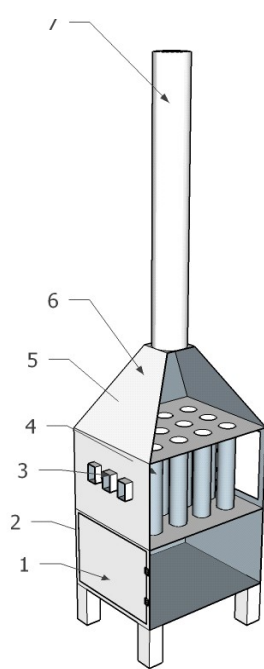
GAMBAR ALAT



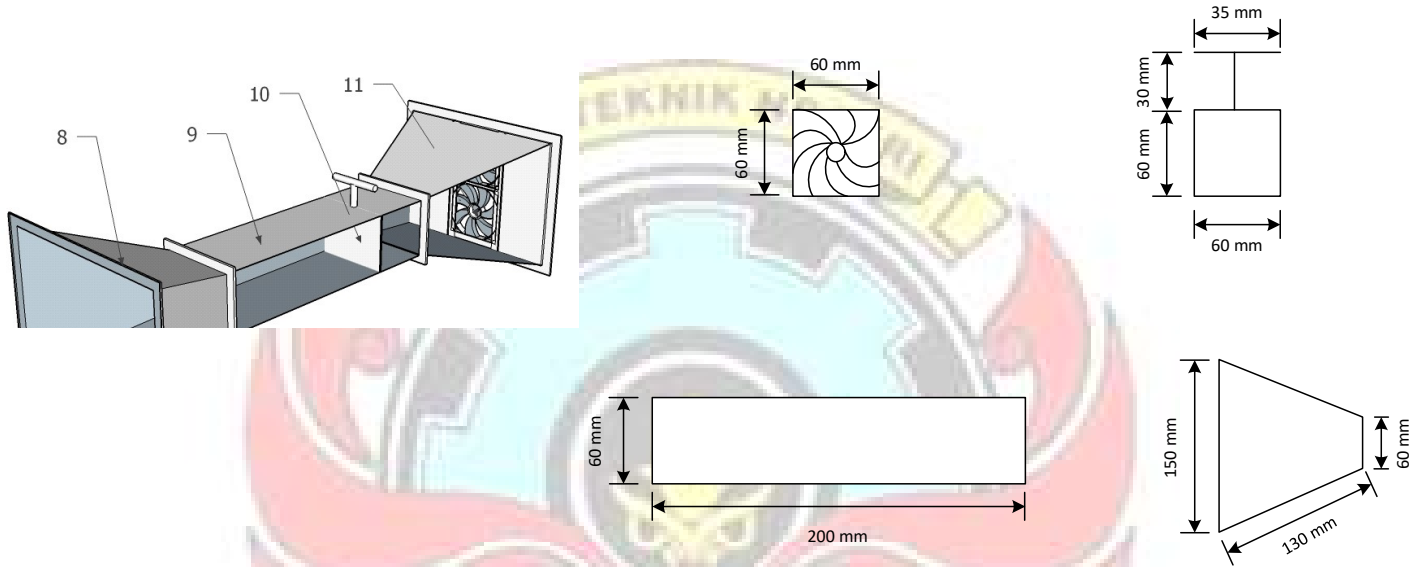
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
	Perubahan:				
	LAJU ALIRAN UDARA			Skala :	Digambar AA
					Diperiksa EAR
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			AA / 34220007/34220008 / 01		



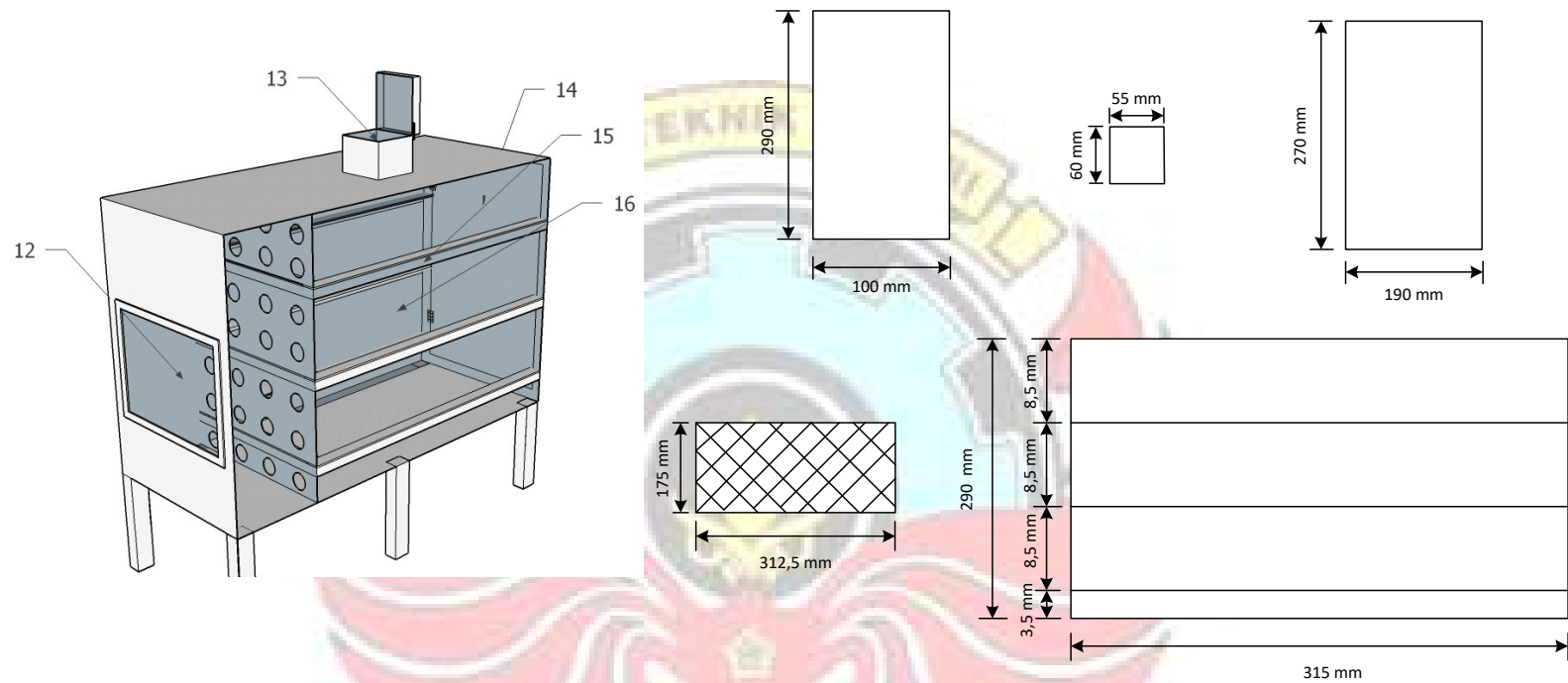
		1	Ruang Pengering	16	Seng Plat, Rang, dan Siku Besi	630 x 410 x 580	Dibuat	
3			Rak Pengering	15	Rang dan Siku Besi	625 x 350	Dibuat	
		1	Pintu Ruang Pengering	14	Seng Plat, Grandel, Engsel	380 x 540	Dibuat	
		1	Exhaust	13	Seng Plat dan Engsel	110 x 120	Dibuat	
		1	Ruang Plenum	12	Seng Plat dan Siku Besi	200 x 410 x 580	Dibuat	
2			Fan	11	Plastik	120 x 120	Pabrikan	
		1	Dumper	10	Plat Besi dan Besi 8	120 x 120	Dibuat	
		1	Ducting	9	Seng Plat, Siku Besi dan Angle	400 x 120 x 120	Dibuat	
		2	Reducer	8	Seng Plat, Siku Besi dan Angle	300 x 370 x 260	Dibuat	
		1	Cerobong	7	Seng Plat dan Besi 8	690 x \varnothing 89	Dibuat	
		1	Piramida	6	Seng Plat dan Besi 8	435 x 410 x 360	Dibuat	
12			Pipa Besi	5	Galvanis	330 x \varnothing 32	Dibuat	
		1	Ruang Heat Exchanger	4	Seng Plat, Siku Besi dan Angle	435 x 410 x 330	Dibuat	
3			Celah Udara	3	Seng Plat, Siku Besi dan Angle	30 x 30	Dibuat	
		1	Ruang Pembakaran	2	Keramik, Seng Plat, Besi	435 x 410 x 370	Dibuat	
		1	Pintu Ruang Bakar	1	Seng Plat, Grandel, Engsel	340 x 280	Dibuat	
		Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran (mm)	Keterangan	
III	II	I	Perubahan:					
			ALAT PENGERING GABAH TIPE RAK BERBAHAN BAKAR BIOMASSA BERBASIS MIKROKONTROLLER			Skala :	Digambar	AA
						Diperiksa	EAR	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						AA/ 34220007/34220008 / 02		



		1	Cerobong	7	Seng Plat dan Besi 8		Dibuat	
		1	Piramida	6	Seng Plat dan Besi 8		Dibuat	
12			Pipa Besi	5	Galvanis		Dibuat	
		1	Ruang Heat Exchanger	4	Seng Plat, Siku Besi dan Angle		Dibuat	
3			Celah Udara	3	Seng Plat, Siku Besi dan Angle		Dibuat	
		1	Ruang Pembakaran	2	Keramik, Seng Plat, Besi		Dibuat	
		1	Pintu Ruang Bakar	1	Seng Plat, Grandel, Engsel		Dibuat	
			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan:					
			ALAT PENGERING GABAH TIPE RAK BERBAHAN BAKAR BIOMASSA BERBASIS MIKROKONTROLLER			Skala : 1 : 2	Digambar Diperiksa	AA EAR
						AA / 34220007/34220008 / 03		



	2			Fan	11	Plastik		Pabrikan	
	1			Dumper	10	Plat Besi dan Besi 8		Dibuat	
	1			Ducting	9	Seng Plat, Siku Besi dan Angle		Dibuat	
	2			Reducer	8	Seng Plat, Siku Besi dan Angle		Dibuat	
	Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I		Perubahan:					
				ALAT PENGERING GABAH TIPE RAK BERBAHAN BAKAR BIOMASSA BERBASIS MIKROKONTROLLER			Skala : 1 : 2	Digambar Diperiksa	AA EAR
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						AA / 34220007/34220008 / 04			



		1	Ruang Pengering	16	Seng Plat, Rang, dan Siku Besi			Dibuat
3			Rak Pengering	15	Rang dan Siku Besi			Dibuat
		1	Pintu Ruang Pengering	14	Seng Plat, Grandel, Engsel			Dibuat
		1	Exhaust	13	Seng Plat dan Engsel			Dibuat
		1	Ruang Plenum	12	Seng Plat dan Siku Besi			Dibuat
		Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan		Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan:					
			ALAT PENERING GABAH TIPE RAK BERBAHAN BAKAR BIOMASSA BERBASIS MIKROKONTROLLER			Skala :	Digambar	AA
						1 : 2	Diperiksa	EAR
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						AA / 34220007/34220008 / 05		

Lampiran 2

TABEL DATA PENGUJIAN

A. Data Pengujian Selama 2 Jam

No.	Waktu (menit)	M _{bb} (kg)	T _f (°C)	T _{he} (°C)	T _c (°C)	T _d (°C)	T _{rp} (°C)	K _{rp} (%)	M _i (gr)	M _d (gr)	T _{s1} (°C)	T _{s2} (°C)	V ₁ (V)	V ₂ (V)	I (A)
1.	15	1,5	170	57,9	83,9	74,7	44,8	20,6	R ₁ = 1000 gr	R ₁ = 940 gr	31,7	30,3	12,28	12,05	0,44
2.	30		136,1	56,1	69,2	62,5	44,5	21,2							
3.	45		122	56	61,7	57,4	43,1	22,5							
4.	60		107,5	55,6	53,9	52,1	41,3	24,6							
5.	75	0,5	109	55	52,2	51	40,9	24,9	R ₂ = 1000 gr	R ₂ = 950 gr	31,7	30,3	12,28	12,05	0,43
6.	90		91,4	51	53	46,8	38,9	26,8	R ₃ = 1000 gr	R ₂ = 930 gr					
7.	105		97	50,8	55,2	46,4	39,5	25,9							
8.	120		95	50	52,6	46,9	39,2	26,3							

B. Data Pengujian Selama 3 Jam

No.	Waktu (menit)	M _{bb} (kg)	T _f (°C)	T _{he} (°C)	T _c (°C)	T _d (°C)	T _{rp} (°C)	K _{rp} (%)	M _i (gr)	M _d (gr)	T _{s1} (°C)	T _{s2} (°C)	V ₁ (V)	V ₂ (V)	I (A)
1.	15	1,5	137	52,4	72,4	60,8	44,7	20,7	R ₁ = 1000 gr	R ₁ = 880 gr	31,5	31	13,22	12,78	0,45
2.	30		112	51	59	59,2	42,1	25,5							
3.	45		98,5	50,3	57,2	50	40,5	25,9							
4.	60		95	49	54	47,8	40	26,8							
5.	75	0,5	110	51,2	53,2	48,9	41,2	25,9	R ₂ = 1000 gr	R ₂ = 890 gr	31,5	31	13,22	12,78	0,43
6.	90		100	50,8	53	46,8	40,3	26,7							
7.	105		95	49,2	52,2	46,3	39,8	27,8							
8.	120		92	48,7	50,7	44,6	39,3	26,5							
9.	135	0,5	107	51,1	54,2	45	40,7	25,2	R ₃ = 1000 gr	R ₃ = 900 gr	31,5	31	13,22	12,78	0,44
10.	150		98	50,3	53,2	44,7	39,9	26,5							
11.	165		84	48,7	51,4	42	39	26,9							
12.	180		80	49,1	50,1	42,6	38,5	27,3							

C. Data Pengujian Selama 4 Jam

No.	Waktu (menit)	M _{bb} (kg)	T _f (°C)	T _{he} (°C)	T _c (°C)	T _d (°C)	T _{rp} (°C)	K _{rp} (%)	M _i (gr)	M _d (gr)	T _{s1} (°C)	T _{s2} (°C)	V ₁ (V)	V ₂ (V)	I (A)
1.	15	1,5	134	65	80,5	59,2	45,7	19,7	R ₁ = 1000 gr	R ₁ = 800 gr			13,33	12,62	0,43
2.	30		132	63,2	75,9	56,7	42,5	22,5							
3.	45		130,2	55,2	71,6	55	42,9	23,6							
4.	60		129,8	52,8	69,5	53,4	41,3	24,6							
5.	75	0,5	133,5	54,7	75,9	56,4	43,7	22,7	R ₂ = 1000 gr	R ₂ = 830 gr	32,8	30,3	13,33	12,62	0,44
6.	90		132,5	53,4	72,7	53,2	42,7	23,1							
7.	105		131,7	52,3	71,6	52,1	41,2	24,1							
8.	120		129,4	51	70,8	51,8	40,8	24,6							
9.	135	0,5	132,3	52,4	75	56,7	43,6	23,8	R ₃ = 1000 gr	R ₃ = 810 gr	32,8	30,3	13,33	12,62	0,42
10.	150		131,7	51,7	72,7	53,3	41,5	24,5							
11.	165		130,3	50,5	71,6	52,2	40,7	25,6							
12.	180		128	50,2	69,8	51	39,7	27,3							
13.	195	0,5	127	53,7	72	52,3	42,8	24,1	R ₃ = 1000 gr	R ₃ = 810 gr	32,8	30,3	13,33	12,62	0,42
14.	210		125	52,3	71,3	50,7	41,5	25,6							
15.	225		122,2	50,8	69,2	49,5	40,2	26,6							
16.	240		101	49,8	64,9	48,6	39,4	27,8							

Keterangan :

M_{bb} : Massa bahan bakar (kg)

T_f : Temperatur *furnace* ($^{\circ}\text{C}$)

T_{he} : Temperatur *Heat Exchanger* ($^{\circ}\text{C}$)

T_c : Temperatur cerobong ($^{\circ}\text{C}$)

T_d : Temperatur *ducting* ($^{\circ}\text{C}$)

T_{rp} : Temperatur ruang pengering ($^{\circ}\text{C}$)

K_{rp} : Kelembaban ruang pengering ($^{\circ}\text{C}$)

M_i : Massa awal bahan (gr)

M_d : Massa akhir bahan (gr)

T_{s1} : Temperatur sekitar awal pengeringan ($^{\circ}\text{C}$)

T_{s2} : Temperatur sekitar akhir pengeringan ($^{\circ}\text{C}$)

V_1 : Tegangan aki awal pengeringan (V)

V_2 : Tegangan aki akhir pengeringan (V)

I : Arus aki (A)



Lampiran 3

TABEL DATA HASIL ANALISIS

No	Waktu (Jam)	K _{a1} (%)	K _{a2} (%)	K _{a3} (%)	K _{k1} (%)	K _{k2} (%)	K _{k3} (%)	W _{a1} (gr/s)	W _{a2} (gr/s)	W _{a3} (gr/s)	h _{fg} (kJ/kg)	Q _{out bhn} (kJ)	Q _{out rp} (kJ)	Q _{in} (kJ)	η _{bhn} (%)	η _{rp} (%)
1.	2	6	5	7	6,38	5,26	7,52	0,00833	0,00694	0,00972	2403,08	432,54	1102	18605,9	2,32	5,92
2.	3	12	11	10	13,63	12,35	11,11	0,011	0,01	0,0092	2405,51	793,82	967	28182	2,81	3,43
3.	4	20	17	19	25	20,48	23,45	0,013	0,011	0,013	2402,2	1340,23	1887	35514,1	3,77	5,31

Lampiran 4

TABEL UAP

720 Tables in SI Units

TABLE A-2 Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor): Temperature Table

Temp. °C	Press. bar	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Temp. °C
		Sat. Liquid	Sat. Vapor	Sat. Liquid	Sat. Vapor	Sat. Liquid	Evap.	Sat. Vapor	Sat. Liquid	Sat. Vapor	
		$v_f \times 10^3$	v_g	u_f	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g	
.01	0.00611	1.0002	206.136	0.00	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	.01
4	0.00813	1.0001	157.232	16.77	2380.9	16.78	2491.9	2508.7	0.0610	9.0514	4
5	0.00872	1.0001	147.120	20.97	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	0.0761	9.0257	5
6	0.00935	1.0001	137.734	25.19	2383.6	25.20	2487.2	2512.4	0.0912	9.0003	6
8	0.01072	1.0002	120.917	33.59	2386.4	33.60	2482.5	2516.1	0.1212	8.9501	8
10	0.01228	1.0004	106.379	42.00	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	0.1510	8.9008	10
11	0.01312	1.0004	99.857	46.20	2390.5	46.20	2475.4	2521.6	0.1658	8.8765	11
12	0.01402	1.0005	93.784	50.41	2391.9	50.41	2473.0	2523.4	0.1806	8.8524	12
13	0.01497	1.0007	88.124	54.60	2393.3	54.60	2470.7	2525.3	0.1953	8.8285	13
14	0.01598	1.0008	82.848	58.79	2394.7	58.80	2468.3	2527.1	0.2099	8.8048	14
15	0.01705	1.0009	77.926	62.99	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	0.2245	8.7814	15
16	0.01818	1.0011	73.333	67.18	2397.4	67.19	2463.6	2530.8	0.2390	8.7582	16
17	0.01938	1.0012	69.044	71.38	2398.8	71.38	2461.2	2532.6	0.2535	8.7351	17
18	0.02064	1.0014	65.038	75.57	2400.2	75.58	2458.8	2534.4	0.2679	8.7123	18
19	0.02198	1.0016	61.293	79.76	2401.6	79.77	2456.5	2536.2	0.2823	8.6897	19
20	0.02339	1.0018	57.791	83.95	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.6672	20
21	0.02487	1.0020	54.514	88.14	2404.3	88.14	2451.8	2539.9	0.3109	8.6450	21
22	0.02645	1.0022	51.447	92.32	2405.7	92.33	2449.4	2541.7	0.3251	8.6229	22
23	0.02810	1.0024	48.574	96.51	2407.0	96.52	2447.0	2543.5	0.3393	8.6011	23
24	0.02985	1.0027	45.883	100.70	2408.4	100.70	2444.7	2545.4	0.3534	8.5794	24
25	0.03169	1.0029	43.360	104.88	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	0.3674	8.5580	25
26	0.03363	1.0032	40.994	109.06	2411.1	109.07	2439.9	2549.0	0.3814	8.5367	26
27	0.03567	1.0035	38.774	113.25	2412.5	113.25	2437.6	2550.8	0.3954	8.5156	27
28	0.03782	1.0037	36.690	117.42	2413.9	117.43	2435.2	2552.6	0.4093	8.4946	28
29	0.04008	1.0040	34.733	121.60	2415.2	121.61	2432.8	2554.5	0.4231	8.4739	29
30	0.04246	1.0043	32.894	125.78	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	0.4369	8.4533	30
31	0.04496	1.0046	31.165	129.96	2418.0	129.97	2428.1	2558.1	0.4507	8.4329	31
32	0.04759	1.0050	29.540	134.14	2419.3	134.15	2425.7	2559.9	0.4644	8.4127	32
33	0.05034	1.0053	28.011	138.32	2420.7	138.33	2423.4	2561.7	0.4781	8.3927	33
34	0.05324	1.0056	26.571	142.50	2422.0	142.50	2421.0	2563.5	0.4917	8.3728	34
35	0.05628	1.0060	25.216	146.67	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	0.5053	8.3531	35
36	0.05947	1.0063	23.940	150.85	2424.7	150.86	2416.2	2567.1	0.5188	8.3336	36
38	0.06632	1.0071	21.602	159.20	2427.4	159.21	2411.5	2570.7	0.5458	8.2950	38
40	0.07384	1.0078	19.523	167.56	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	0.5725	8.2570	40
45	0.09593	1.0099	15.258	188.44	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	8.1648	45

Lampiran 5

DOKUMENTASI KEGIATAN



Pemotongan Plat Ruang Pembakaran



Pengelasan Rangka Hollow dan Plat Ruang Pembakaran



Pemasangan Keramik pada Ruang Pembakaran



Pemasangan Seng Plat pada Cerobong



Pembuatan Rangka Ruang Pengering



Pembuatan dan Pemasangan Rak Pengering



Pemasangan Engsel dan Grendel Pintu Ruang Pengering



Pemerataan Gabah Basah pada Rak Pengering Sebelum dikeringkan



Bahan Bakar Biomassa yang digunakan



Penimbangan Gabah Sebelum dan Setelah dikeringkan



Pengisian Gabah Pada Ruang Pengereng



Sebelum dan Setelah Pengeringan Gabah



Pengukuran Tegangan Aki Menggunakan Multimeter Digital



Pengujian Ruang Pembakaran dan *Ducting*



Pengambilan Data



Pengujian dan Foto Bersama Pembimbing


LEMBAR ASISTENSI LAPORAN TUGAS AKHIR

Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler

Nama Mahasiswa : Amram (34220007)
 Afdal Wardana (34220008)
 Kelas : 3A-TKE

No	Tanggal	Uraian Pembimbing	Tanda Tangan
1.	14/8/23	* Pembahasan BAB I - Tujuan penelitian - Rumus luas	f
2.	16/8/23	BAB II - Tujuan pembuatan alat pengering .	f
3.	21/8/23	- Uraian sistem pengering - Teori pengering & PP .	f
4.	22/8/23	BAB III - metode pembuatan alat . .	f
5.	24/8/23	- Rancangan bangun alat pengering - metode pengering	f
6.	28/8/23	- pengering sistem basis basir (BB) & pengering sistem basis kerang (BK)	f
7.	29/8/23	BAB IV - pembahasan & analisis grafik - gambar & foto alat	f
8.	31/8/23	BAB V - kesimpulan & saran terakhir - lampiran gambar	f

Makassar, 2023
 Dosen Pembimbing I








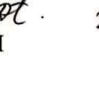

Abdul Rahman, S.T., M.T.
 NIP. 19730803 200604 1 001

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN TUGAS AKHIR

Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengering Gabah Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa Berbasis Mikrokontroler

Nama Mahasiswa : Amram (34220007)
Afdal Wardana (34220008)

Kelas : 3A-TKE

No	Tanggal	Uraian Pembimbing	Tanda Tangan
1.	15/8/23	Latar belakang diperjelas.	
2.	16/8/23	Tujuan dan rumusan	
3.	22/8/23	Tinjauan pustaka, penelitian terkait	
4.	23/8/23	Metode penelitian	
5.	29/8/23	Hasil penelitian.	
6.	30/8/23	Pembahasan & kesimpulan (disesuaikan tujuan)	
7.	31/8/23	Daftar pustaka disesuaikan tinjauan pustaka	
8.	1/9/23	Ace uji ujian	

Makassar, 1 Sept. 2023
Dosen Pembimbing II




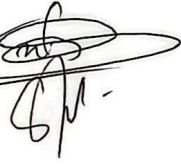


Ir. Lewi, M.T.
NIP. 19650913 199103 1 006

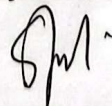
LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Amram/Afdal Wardana
 NIM : 34220007/34220008

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Yigin Klistafani	<ul style="list-style-type: none"> - Gambar asli dari penulih foto perlu ditulis (Mis: gambar 2-1) - Tabel 2-2 diganti dengan data asli sumber lain - Perancangan alat pengering pd flowchart bukan input, tapi proses - Gambar kering diganti kadar air - Tarimbahkan diagram Sankey di halaman pustaka - Cetak ulang istilah asty 	
2.	Musrady Mulyadi	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki narasi di bawah gambar 4-5 (hal. 30). Begitu pula pd. hal. 40 	
3.	Sukra Abadi	<ul style="list-style-type: none"> - Foto dokumentasi yang tidak patut dicantumkan, dihilangkan saja - Tambahkan ulasan tentang fungsi mikrokontroler karena tertera pada judul 	
4.	Sri Suwasti	<ul style="list-style-type: none"> - cantumkan keberhasilan standar hasil pengeringan yang 3 jam 	

Makassar, 13 September 2023
 Ketua Ujian Sidang,



Sri Suwasti, S.S.T., M.T.
 NIP 19741123 200112 2001