



universitas
MALIKUSSALEH

TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

**PENGARUH DURASI PEMANASAN DENGAN
MENGUNAKAN KOLEKTOR TERMAL SURYA
TERHADAP SIFAT FISIK DAN TERMAL BIOMASSA
RUMPUT RAJA**

**Diajukan sebagai syarat yang diperlukan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Disusun Oleh:

**MAULANA ALSMY
180120044**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
LHOKSEUMAWE
2024**

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya dengan ini bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Maulana Alsmly

Nim : 180120044

Jurusan/Prodi/Bidang : Teknik Mesin/Teknik Mesin/Konversi Energi

Dengan ini menyatakan skripsi yang berjudul Pengaruh Durasi Pemanasan Dengan Menggunakan Kolektor Termal Surya Terhadap Sifat Fisik Dan Termal Biomassa Rumput Raja adalah hasil kerja tulisan saya sendiri didampingi Dosen Pembimbing bukan hasil plagiat dari karya tulis orang lain. Tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari sumber lain yang saya kutip tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan plagiarisme.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, jika di kemudian hari ternyata terbukti bahwa skripsi yang saya tulis adalah plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku, dan saya bertanggung jawab secara mandiri tidak ada sangkut pautnya dengan Dosen Pembimbing dan kelembagaan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

Lhokseumawe, 08 Januari 2024

Penulis,

Maulana Alsmly
180120044

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pengaruh Durasi Pemanasan Dengan
Menggunakan Kolektor Termal Surya Terhadap
Sifat Fisik Dan Termal Biomassa Rumput Raja

Nama : Maulana Alsmay

NIM : 180120044

Jurusan/Prodi/Bidang : Teknik Mesin/Teknik Mesin/Konversi Energi

Tanggal Sidang : 03 Januari 2024

Lhokseumawe, 08 Januari 2024
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Dr. Adi Setiawan, S.T., M.T
NIP.197509122002121003

Penguji Utama

Penguji Pendamping

Dr. Faisal, S.T., M.T
NIP. 197702022006041015

Muhammad Habibi, S.Pd., Gr., M.Eng
NIP. 199312092022031006

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Abdul Rahman, S.T., M.Eng
NIP. 196811202003121001

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Berdasarkan hasil ujian Sidang Tugas Akhir Program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh pada tanggal 03 Januari 2024, dengan ini dinyatakan telah memenuhi persyaratan akademik:

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pengaruh Durasi Pemanasan Dengan Menggunakan Kolektor Termal Surya Terhadap Sifat Fisik Dan Termal Biomassa Rumput Raja
Nama Mahasiswa : Maulana Alsmly
Nim : 180120044
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 27 Juni 2000
Program Studi/Bidang : Teknik Mesin/Konversi Energi
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Malikussaleh
Pembimbing Utama : Dr. Adi Setiawan, S.T., M.T
Ketua Penguji : Dr. Faisal, S.T., M.T
Anggota Penguji : Muhammad Habibi, S.Pd., Gr., M.Eng

Lhokseumawe, 08 Januari 2024
Penulis,

Maulana Alsmly
NIM. 180120044

Menyetujui:
Pembimbing Utama,

Dr. Adi Setiawan, S.T., M.T
NIP.197509122002121003

Mengetahui:

Ketua Jurusan,

Ketua Program Studi,

Asnawi, S.T., M.Sc
NIP.198002272006041010

Abdul Rahman, S.T., M.Eng
NIP.196811202003121001

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah rabbil'alamin, atas rahmat dan hidayah Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan nikmat umur yang panjang, kesehatan lahir dan batin serta rasa cinta dan kasih sayang-Nya sehingga atas dengan karunia serta kemudahan yang engkau berikan selama menempuh pendidikan, dan pada akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan kepada baginda besar Nabi Muhammad Shalallahu 'alaihi Wasallam semoga kita semua mendapatkan syafa'at dihari akhir kelak. Aamiin Ya Rabbal 'alamin

Keluarga Tercinta

Sebagai tanda terimakasih yang tidak terhingga skripsi ini saya persembahkan kepada Ayahanda saya (Muhammad Yunus, S.E) dan Ibunda tercinta (Diah Indrastuti Nasution) yang telah mendoakan serta memberi dukungan baik secara finansial maupun secara nasehat selama perkuliahan hingga selesai. Semoga ini bisa menjadi langkah awal untuk membuat ayah dan ibu bahagia walaupun belum membanggakan sepenuhnya. Dan selanjutnya akan menjadi tahap saya untuk masuk kedunia yang sebenarnya, selalu doakan yang terbaik agar dimudahkan langkah dan rezekinya dalam hal apapun agar bisa menjadi anak yang membanggakan dan berbakti kepada ayah dan ibu.

Dan untuk saudara kandung saya satu-satunya (Zumayrani Alsmay) untuk tetap semangat dalam menempuh perkuliahannya dan kita bersama sama berusaha memberikan yang terbaik kepada kedua orang tua kita. Serta tidak lupa juga saya ucapkan kepada seluruh keluarga besar saya yang juga sudah memberi dukungan serta motivasi kepada saya hingga masa akhir perkuliahan saya, semoga kita selalu diberikan keselamatan, kesehatan serta kelancaran dalam setiap urusan kita.

Teman-Teman Seperjuangan

Saya ucapkan rasa terimakasih kepada seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Universitas Malikussaleh, dan juga Kakanda Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan atas bantuannya selama ini dalam pengerjaan skripsi.

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Bapak Dr. Adi Setiawan, S.T., M.T selaku dosen pembimbing utama skripsi saya. Saya mengucapkan terimakasih banyak kepada bapak yang sudah memberikan bantuannya berupa masukan, nasehat serta arahan sehingga skripsi ini dapat selesai. Dan tidak lupa kepada dosen pembahas utama Bapak Dr. Faisal, S.T., M.T dan dosen pembahas pendamping Bapak Muhammad Habibi, S.Pd., Gr., M.Eng atas waktu dan kesempatannya dalam membagikan ilmu berupa masukan dan arahan untuk kemajuan saya pribadi. Semoga ilmu yang diberikan dapat menjadi amal jariyah bagi bapak dosen sekalian.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Durasi Pemanasan Dengan Menggunakan Kolektor Termal Surya Terhadap Sifat Fisik Dan Termal Biomassa Rumput Raja”. Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Malikussaleh, Jalan Batam, Kampus Bukit Indah, Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Ayahanda Muhammad Yunus dan Ibunda Diah Indrastuti serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan serta motivasi kepada penulis. Dan juga penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Fithra, M.T., IPM., ASEAN Eng selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Asnawi, S.T., M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.
4. Bapak Nurul Islami, S.T., M.Sc selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.
5. Bapak Abdul Rahman, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.
6. Bapak Alchalil, S.T., M.T selaku Kepala Laboratorium Bidang Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.
7. Bapak Aljufri, S.T., M.T., IPM selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak Dr. Adi Setiawan, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir.
9. Bapak Dr. Faisal S.T., M.T selaku Dosen Penguji Utama.
10. Bapak Muhammad Habibi S.Pd., Gr., M.Eng selaku Dosen Penguji Pendamping.

11. Seluruh Staf dan pengajar Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.
12. Peneliti-peneliti terdahulu yang telah memberikan banyak referensi dalam penulisan Tugas Akhir.
13. Teman-teman seperjuangan angkatan 2018 serta adik-adik tingkat dan kakak tingkat program studi magister teknik energi terbaru yang luar biasa telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan sehingga masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran serta masukan dari pembaca untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini dan juga akan menjadi pembelajaran bagi penulis untuk kedepannya. Semoga dengan adanya Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca maupun penulis sendiri.

Lhokseumawe, 08 Januari 2024

Penulis,

Maulana Alsmay
NIM.180120044

ABSTRAK

Matahari merupakan salah satu dari sumber energi terbarukan yang bersifat tanpa batas dan memberikan banyak manfaat bagi makhluk hidup disekitarnya. Salah satu peluang dari pemanfaatan energi matahari yang efektif yaitu dengan menjadikannya sebagai pengering untuk biomassa. Pengeringan biomassa merupakan proses pretreatment yang dilakukan pada bahan baku sebelum dijadikannya produk. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengurangi dan menekan kandungan air yang terdapat pada biomassa rumput raja. Rumput raja merupakan biomassa yang memiliki tingkat produktivitas yang tinggi dan rumput raja mudah tumbuh di berbagai kondisi. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu proses pengeringan dengan menggunakan kolektor termal surya PTC untuk mengurangi kadar air pada rumput raja. Rumput raja dikeringkan dengan variasi waktu tinggal selama 60, 120 dan 180 menit dengan rentang waktu pengujian yang dilakukan pada pukul 11.00-14.00 WIB, hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh yang terjadi pada rumput raja berdasarkan perbandingan waktu pengeringan. Dari hasil pengujian, diperoleh persentase kadar air terendah sebesar 4.10 % pada sampel BB3J. Nilai kalor tertinggi diperoleh sebesar 3.866 kkal/kg pada sampel rumput raja BB3J. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengeringan yang diberikan maka kandungan air yang terdapat pada bahan baku akan semakin berkurang. Proses pengeringan memberikan pengaruh terhadap pengurangan kadar air, sehingga bahan baku benar benar dalam keadaan kering sehingga dapat berpengaruh pada laju pembakaran.

Kata kunci : Kolektor termal surya, PTC, Pengeringan, Kadar air, Rumput raja,.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL TUGAS AKHIR (SKRIPSI)	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah	6
1.4. Tujuan Penelitian	7
1.5. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Energi Matahari	8
2.1.1. Hubungan antara Matahari dengan Bumi	8
2.1.2. Posisi dan sudut fundamental Matahari	9
2.1.3. Waktu Matahari	12
2.2. Radiasi Matahari	12
2.3. Pemanfaatan energi Radiasi Matahari	13
2.3.1. Energi Fotovoltaik	13
2.3.2. Energi Termal	14
2.4. Kolektor Termal Surya	14
2.5. Kolektor Termal PTC	15

2.5.1.	Parameter desain kolektor PTC	16
2.5.2.	Orientasi kolektor PTC terhadap sumbu Horizontal Utara-Selatan	18
2.6.	Biomassa	18
2.6.1.	Pemanfaatan Biomassa	20
2.6.2.	Keunggulan dan kelemahan dari Biomassa	21
2.7.	Pengeringan	22
2.7.1.	Proses pengeringan	24
2.8.	Rumput Raja	25
2.8.1.	Parameter penentu kualitas dari Biomassa Rumput Raja	27
2.9.	Proses Pengujian Rumput Raja	28
2.9.1.	Analisa Proksimat (<i>Proximate Analys</i>)	28
2.9.2.	Nilai Kalor (<i>Caloric Value</i>)	30
2.9.3.	Hidrofobik (<i>Hydrophobicity</i>)	30
2.10.	Penelitian Terdahulu	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1.	Tempat dan Waktu	33
3.1.1.	Tempat Penelitian	33
3.1.2.	Waktu Penelitian	33
3.2.	Landasan Penelitian	34
3.3.	Bahan dan Peralatan	35
3.3.1.	Bahan	35
3.3.2.	Peralatan	35
3.4.	Faktor penentu sebelum dilakukannya pengujian	40
3.5.	Prosedur Penelitian	40
3.5.1.	Menghitung sudut pelacakan matahari	40
3.5.2.	Persiapan Penelitian	41
3.5.3.	Proses Penelitian	41
3.5.4.	Analisis data	42
3.6.	Variabel Penelitian	43
3.6.1.	Variabel Bebas	43
3.6.2.	Variabel Terikat	43

3.6.3. Variabel Tetap	43
3.7. Teknik pengumpulan data	44
3.8. Diagram alir <i>Flowchart</i> Penelitian	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Menghitung sudut pelacakan matahari kolektor termal PTC	47
4.2. Pengujian pemanasan dengan menggunakan kolektor termal surya	50
4.2.1. Pengujian pemanasan selama 60 menit	50
4.2.2. Pengujian pemanasan selama 120 menit	53
4.2.3. Pengujian pemanasan selama 180 menit	55
4.2.4. Perbandingan temperatur dan intensitas cahaya terhadap waktu	58
4.3. Pengujian proksimat rumput raja	59
4.3.1. Kadar Air (<i>moisture content</i>)	60
4.3.2. Zat Terbang (<i>zat volatile</i>)	61
4.3.3. Kadar Abu (<i>ash content</i>)	63
4.3.4. Karbon Tetap (<i>fixed carbon</i>)	64
4.4. Nilai Kalor	66
4.5. Uji Hidrofobik	67
4.6. Uji Komparasi	68
4.6.1. Uji Normalitas	68
4.6.2. Uji Homogenitas	72
4.6.3. Nilai Deskriptif	75
4.6.4. Analisis One Way Anova	78
4.6.5. Analisis Post Hoc	81
4.7. Uji Korelasi	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	90
5.1. Kesimpulan	90
5.2. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Matahari	8
Gambar 2.2 Hubungan antara Matahari dan Bumi	9
Gambar 2.3 Posisi matahari berdasarkan sudut ketinggian matahari dan sudut azimut matahari	10
Gambar 2.4 Kolektor termal PTC	16
Gambar 2.5 Parameter desain PTC: (a) rasio konsentrasi (b) sudut penerimaan dan sudut rim	17
Gambar 2.6 Komposisi kimia dari biomassa	20
Gambar 2.7 Rumput raja	26
Gambar 3.1 Rumput raja	35
Gambar 3.2 Mesin pencacah	36
Gambar 3.3 Mesin Penggiling	36
Gambar 3.4 Kolektor termal surya PTC	37
Gambar 3.5 Diagram alir penelitian	46
Gambar 4.1 Grafik temperatur bahan baku terhadap intensitas cahaya matahari selama 60 menit	52
Gambar 4.2 Grafik temperatur bahan baku terhadap intensitas cahaya matahari selama 120 menit	54
Gambar 4.3 Grafik temperatur bahan baku terhadap intensitas cahaya matahari selama 180 menit	57
Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai rata-rata temperatur bahan baku terhadap nilai rata-rata intensitas cahaya matahari	59
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian kadar air rumput raja	61
Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian zat terbang rumput raja	62
Gambar 4.7 Grafik hasil pengujian kadar abu rumput raja	64
Gambar 4.8 Grafik hasil pengujian nilai karbon tetap rumput raja	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis kolektor surya dan kisaran capaian temperaturnya	15
Tabel 2.2 Konsumsi penggunaan energi secara komersil	19
Tabel 2.3 Parameter pengujian bahan baku rumput raja	28
Tabel 2.4 Sifat hidrofobik	31
Tabel 2.5 Peneliti terdahulu	31
Tabel 3.1 Tempat penelitian dan kegiatan penelitian	33
Tabel 3.2 Waktu penelitian	33
Tabel 3.3 Spesifikasi kolektor termal PTC	37
Tabel 3.4 Format tabel pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC	45
Tabel 4.1 Hasil analisis perhitungan sudut pelacakan matahari kolektor termal surya PTC selama 60 menit pada tanggal 11 September 2023	47
Tabel 4.2 Hasil analisis perhitungan sudut pelacakan matahari kolektor termal surya PTC selama 120 menit pada tanggal 14 September 2023	48
Tabel 4.3 Hasil analisis perhitungan sudut pelacakan matahari kolektor termal surya PTC selama 180 menit pada tanggal 16 September 2023	49
Tabel 4.4 Hasil pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC selama 60 menit	51
Tabel 4.5 Hasil pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC selama 120 menit	53
Tabel 4.6 Hasil pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC selama 180 menit	56
Tabel 4.7 Sampel ID	59
Tabel 4.8 Hasil pengujian kadar air rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan	60
Tabel 4.9 Hasil pengujian zat terbang rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan	62
Tabel 4.10 Hasil pengujian kadar abu rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan	63

Tabel 4.11 Hasil pengujian karbon tetap rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan	65
Tabel 4.12 Hasil pengujian nilai kalor rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan	66
Tabel 4.13 Hasil pengujian sifat hidrofobik rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan	67
Tabel 4.14 Uji normalitas kadar air	69
Tabel 4.15 Uji normalitas zat terbang	69
Tabel 4.16 Uji normalitas kadar abu	70
Tabel 4.17 Uji normalitas karbon tetap	70
Tabel 4.18 Uji normalitas sifat hidrofobik	71
Tabel 4.19 Uji normalitas radiasi matahari	71
Tabel 4.20 Uji homogenitas kadar air	72
Tabel 4. 21 Uji homogenitas zat terbang	73
Tabel 4.22 Uji homogenitas kadar abu	73
Tabel 4.23 Uji homogenitas karbon tetap	73
Tabel 4.24 Uji homogenitas sifat hidrofobik	74
Tabel 4.25 Uji homogenitas radiasi matahari	74
Tabel 4.26 Nilai deskriptif kadar air	75
Tabel 4.27 Nilai deskriptif zat terbang	75
Tabel 4.28 Nilai deskriptif kadar abu	76
Tabel 4.29 Nilai deskriptif karbon tetap	76
Tabel 4.30 Nilai deskriptif sifat hidrofobik	77
Tabel 4.31 Nilai deskriptif radiasi matahari	77
Tabel 4.32 Analisis one way anova kadar air	78
Tabel 4.33 Analisis one way anova zat terbang	78
Tabel 4.34 Analisis one way anova kadar abu	79
Tabel 4.35 Analisis one way anova karbon tetap	79
Tabel 4.36 Analisis one way anova sifat hidrofobik	80
Tabel 4.37 Analisis one way anova radiasi matahari	80
Tabel 4.38 Analisis post hoc kadar air	81

Tabel 4.39 Analisis post hoc zat terbang	82
Tabel 4.40 Analisis post hoc kadar abu	82
Tabel 4.41 Analisis post hoc karbon tetap	83
Tabel 4.42 Analisis post hoc sifat hidrofobik	83
Tabel 4.43 Analisis post hoc radiasi matahari	84
Tabel 4.44 Uji korelasi pearson kadar air	85
Tabel 4.45 Uji korelasi pearson zat terbang	86
Tabel 4.46 Uji korelasi pearson kadar abu	87
Tabel 4.47 Uji korelasi pearson karbon tetap	87
Tabel 4.48 Uji korelasi pearson sifat hidrofobik	88
Tabel 4.49 Uji korelasi pearson radiasi matahari	89

DAFTAR NOTASI

a_s	= Sudut azimut matahari ($^{\circ}$)
δ_s	= Deklinasi matahari ($^{\circ}$)
h_s	= Sudut jam matahari ($^{\circ}$)
α	= Sudut ketinggian matahari ($^{\circ}$)
L	= Sudut lintang ($^{\circ}$)
n	= Nomor matahari dalam setahun (1 Januari, $n=1$)
ST	= Waktu matahari
LST	= Waktu standar lokal
ET	= Persamaan waktu (menit)
l_{st}	= Meridian waktu ($^{\circ}$), tanda (+) untuk barat dan tanda (-) untuk timur
l_{local}	= Garis bujur waktu ($^{\circ}$), tanda (+) untuk barat dan tanda (-) untuk timur
B	= Konstanta pada persamaan waktu ($^{\circ}$)
C	= Rasio konsentrasi
W_a	= Lebar bukaan kolektor (m)
D_o	= Diameter luar tabung penerima (m)
ϕ	= Sudut rim ($^{\circ}$)
r	= Jari-jari parabola (m)
f	= Sudut penerimaan/jarak fokal (m)
ρ	= Sudut pelacakan matahari ($^{\circ}$)
T_{bb}	= Temperaur bahan baku ($^{\circ}$)
E_v	= Jumlah intensitas cahaya matahari (lux)
I_n	= Jumlah radiasi matahari langsung (W/m^2)
T_s	= Temperatur lingkungan ($^{\circ}$)
P	= Tekanan atmosfer aktual (hPa)
M	= Nilai kadar air (%)
M_1	= Bobot awal sampel sebelum pengujian (g)
M_2	= Bobot akhir sampel sesudah pengujian (g)
VM	= Nilai zat terbang/zat yang menguap (%)

- VM_1 = Massa awal sebelum pemanasan (g)
 VM_2 = Massa akhir sesudah pemanasan (g)
Ash = Nilai kadar abu (%)
 Ash_1 = Berat abu (g)
 Ash_2 = Berat sampel (g)
FC = Nilai karbon tetap (%)
Q = Jumlah kalor yang dilepas oleh suatu zat benda tertentu
m = Massa benda yang menerima atau melepas kalor (kg)
c = Kalor jenis zat ($J/kg^{\circ}C$)
 ΔT = Perubahan temperatur ($^{\circ}C$)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Surat penunjukan pembimbing
- Lampiran 2 Lokasi dilakukannya penelitian
- Lampiran 3 Peralatan yang digunakan pada penelitian
- Lampiran 4 Dokumentasi penelitian
- Lampiran 5 Menghitung sudut pelacakan matahari
- Lampiran 6 Data hasil pengujian
- Lampiran 7 Hasil pengujian pemanasan dengan pemanas dari lampu
- Lampiran 8 Desain alat kolektor termal PTC beserta perhitungan Geometris
- Lampiran 9 Hasil pengujian nilai kalor
- Lampiran 10 Daftar kegiatan konsultasi tugas akhir
- Lampiran 11 *Curriculum Vitae*

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan suatu zat yang tidak dapat dipisahkan dari manusia hingga saat ini dikarenakan energi memiliki peranan yang sangat penting yang mencakup kehidupan sosial, ekonomi serta lingkungan yang berkelanjutan. Namun, energi tersebut umumnya masih menggunakan sumber daya fosil yang berasal dari tulang belulang hewan zaman purba kala serta tumbuh-tumbuhan yang telah membusuk dan ada juga yang berasal dari perut bumi seperti gas alam, minyak bumi dan batu bara.

Dalam perincian sumber energi secara keseluruhan di semua sektor sampai tahun 2015, masyarakat Indonesia masih bergantung dengan minyak bumi dengan persentase sebesar 43%. Kemudian dilanjutkan oleh batu bara dan gas bumi dengan masing-masing persentase sebesar 28,7% dan 22%. Adapun sisanya yaitu energi terbarukan yang hanya memberikan sumbangsih sebesar 6,2% dalam bauran pemanfaatan energi nasional. Hal ini dapat diartikan bahwa sampai saat ini energi terbarukan masih belum dimanfaatkan secara maksimal dan belum bisa menutupi pertumbuhan konsumsi energi sampai 3,2% dan konsumsi listrik sekitar 6% setiap tahunnya, sedangkan bauran energi terbarukan hanya bertambah sebesar 0,36% setiap tahunnya (Adzikri dkk., 2017).

Tentunya jika hal ini dibiarkan maka energi fosil dapat habis jika digunakan secara terus menerus dan akan membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkannya kembali. Oleh karena itu dibutuhkan suatu tindakan untuk mencegah terjadinya kelangkaan energi fosil dengan cara memanfaatkan energi yang bersifat tanpa batas serta ramah lingkungan yaitu energi terbarukan. Biomassa merupakan salah satu dari sumber energi terbarukan dimana bentuk dari sumber energi biomassa adalah segala material biologis termasuk mikroba yang berasal dari tanaman ataupun hewan yang dapat digunakan untuk memproduksi panas atau tenaga bahan bakar termasuk bahan bakar transportasi, atau sebagai pengganti produk dan material berbasis fosil (Hermawati, 2014).

Di Indonesia sendiri terdapat berbagai jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Salah satu jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bioenergi adalah rumput raja. Rumput raja (*Pennisetum purpureophoides*) yang berasal dari Afrika Selatan. Rumput raja merupakan hasil perkawinan silang antara rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dengan rumput barja (*Pennisetum tydoides burn*) sehingga rumput raja mirip dengan rumput gajah. Namun jenis rumput ini memiliki kelebihan yaitu mudah ditanam dan dapat tumbuh di daerah yang memiliki ketinggian hingga 1500 meter dibawah permukaan laut. Sehingga rumput raja sangat mudah dijumpai dikarenakan ketersediaan dari rumput raja yang sangat banyak, tanaman rumput ini juga memiliki kualitas nutrisi yang baik serta kemampuan beradaptasi terhadap lingkungannya dan memiliki nilai kalor cukup tinggi. Oleh karena itu potensi dari rumput raja sebagai sumber biomassa dapat dikembangkan untuk *biofuel*, dimana *biofuel* adalah bahan bakar energi terbarukan dan bentuknya dapat berupa gas, cairan, dan padatan.

Namun ketersediaan rumput raja dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah usia panen rumput raja yang dapat memengaruhi kualitas dan kuantitas yang dihasilkan. Oleh sebab itu, produksi rumput raja sebagai biomassa tidak lepas dari perlakuan yang telah diberikan kepada tanaman tersebut sehingga akan memengaruhi kualitas biomassa dan nilai yang terkandung di dalam rumput raja (Setiawan dkk., 2021).

Pengeringan merupakan suatu usaha untuk mengurangi kandungan air pada suatu produk yang akan dikeringkan berdasarkan tekanan potensial air dengan media yang digunakan untuk pengeringan hingga tercapai kesetimbangan agar produk setelah dikeringkan tahan untuk masa simpan yang cukup lama (Joko, 2022). Proses pengeringan pada prinsipnya yaitu menyangkut pada proses pindah panas dan pindah massa yang terjadi secara bersamaan. Pertama, panas harus ditransfer dari media panas ke bahan baku. Selanjutnya setelah terjadi penguapan air, uap air yang terbentuk harus dipindahkan melalui struktur bahan baku ke media disekitarnya. Dimana proses ini akan mengangkut fluida cairan yang harus ditransfer melalui struktur bahan baku selama proses pengeringan berlangsung.

Oleh karena itu penelitian ini menggunakan pemanfaatan pemanasan sebagai pengering untuk biomassa yang berbahan baku dari rumput raja.

Pada penelitian yang dilakukan (Rifanida dkk., 2023) dimana telah dilakukan perlakuan torefaksi terhadap biomassa rumput raja dengan menggunakan tabung reaktor dengan variasi temperatur 150, 175 dan 200°C dengan waktu tinggal selama 45 menit. Dari percobaan tersebut didapatkan hasil nilai kalor sebesar 4324 kkal/kg, 4346 kkal/kg dan 4069 kkal/kg.

Kolektor surya menjadi salah satu alat yang dapat menghasilkan panas yang mana panas tersebut berasal dari panas matahari. Kemudian panas dari matahari ini akan dimanfaatkan oleh kolektor surya tersebut sesuai kebutuhannya dan salah satunya adalah kolektor surya digunakan untuk perlakuan pada biomassa. Seperti yang dilakukan pada penelitian oleh (Chen dkk., 2022) dimana dalam penelitiannya mengatakan bahwa torefaksi merupakan metode yang efektif dalam meningkatkan kualitas biomassa. Namun, torefaksi biomassa konvensional masih menggunakan pemanas listrik sehingga biaya pemakaian energi yang digunakan dalam pengolahan awal biomassa menjadi meningkat. Untuk mengurangi biaya tersebut, energi matahari dapat digunakan untuk menghasilkan kondisi torefaksi yang diperlukan, seperti temperatur torefaksi yang tepat. Pada penelitian tersebut, proses torefaksi kulit kacang, jerami kedelai, dan kayu pinus dilakukan dengan menggunakan pemanas elektrik dan reaktor surya terkonsentrasi dengan lensa Fresnel. Adapun temperatur torefaksinya yaitu 200, 250, dan 300°C dengan waktu tinggal selama 15, 30, dan 45 menit. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan nilai zat terbang, nilai karbon tetap, nilai kadar abu dan juga nilai kalor yang dihasilkan lebih baik dan optimal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa temperatur torefaksi menjadi parameter penting yang mempengaruhi proses torefaksi. Sedangkan waktu tinggal memiliki pengaruh yang lebih kecil dibandingkan dengan temperatur torefaksi dalam hal kualitas bahan bakar, terlepas dari bahan baku biomassa yang digunakan. Selain hal itu, energi surya sebagai energi yang bersih dan terbarukan memiliki potensi untuk menggantikan penggunaan reaktor torefaksi konvensional dengan pemanas listrik.

Kemudian dari penelitian lain yang dilakukan oleh (Cellatoğlu dan Ilkan, 2016) dengan reaktor surya tipe mangkuk parabola (*parabolic dish*) untuk torefaksi residu padat pabrik zaitun pada temperatur 250°C dengan waktu tinggal 10 menit, didapatkan kesimpulan bahwa produk torefaksi yang dihasilkan memiliki sifat yang mirip dengan produk yang dihasilkan oleh torefaksi konvensional. Berkenaan dengan hal ini, terdapat beberapa parameter operasi yang memengaruhi proses torefaksi, salah satunya adalah waktu tinggal. (Basu, 2013) mengatakan bahwa waktu tinggal yang lebih lama akan menghasilkan produk torefaksi dengan *yield mass* (massa yang dihasilkan) yang lebih rendah dan densitas energi yang lebih tinggi. Namun pengaruh yang diberikan tidak terlalu dominan seperti pengaruh yang diberikan oleh temperatur torefaksi. Efek dari waktu tinggal pada kehilangan massa akan berkurang setelah ditinggal sekitar 1 jam.

Pada penelitian ini, biomassa rumput raja dikeringkan dengan memanfaatkan energi surya menggunakan kolektor termal surya tipe *parabolic trough concentrator* (PTC) dengan waktu tinggal selama 60 menit, 120 menit, dan 180 menit untuk dilihat bagaimana pengaruhnya terhadap sifat fisik dan termal dari biomassa rumput raja. Pada dasarnya, PTC merupakan kolektor termal surya terkonsentrasi yang terdiri dari cermin berbentuk palung parabola yang berfungsi untuk memantulkan radiasi matahari dan kemudian memusatkannya ke tabung penerima yang terletak pada bagian titik pusat parabola. Dengan mengonsentrasikan radiasi matahari langsung ke tabung penerima PTC, maka hal ini dapat mengurangi area permukaan penyerap terhadap area bukaan kolektor dan dengan demikian kerugian termal keseluruhan juga dapat berkurang secara signifikan (Gosmawi dan Kreith, 2017). Berdasarkan beberapa uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian untuk Tugas Akhir (Skripsi) dengan judul “Pengaruh Durasi Pemanasan Dengan Menggunakan Kolektor Termal Surya Terhadap Sifat Fisik Dan Termal Biomassa Rumput Raja.”

1.2. Rumusan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus pada pokok permasalahan yang dibahas, maka perlu ditetapkan beberapa rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi durasi pemanasan (waktu tinggal) biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya tipe PTC terhadap kadar air, zat terbang, kadar abu, dan karbon tetap?
2. Bagaimana pengaruh variasi durasi pemanasan (waktu tinggal) biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya tipe PTC terhadap nilai kalor pada biomassa rumput raja?
3. Bagaimana pengaruh variasi durasi pemanasan (waktu tinggal) biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya tipe PTC terhadap sifat hidrofobik pada biomassa rumput raja?

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis menetapkan beberapa batasan masalah penelitian yang diantaranya adalah:

1. Kolektor termal surya yang digunakan adalah tipe *parabolic trough concentrator* (PTC) berukuran 0,7 m x 1,5 m dengan tabung penerima berbahan tembaga yang diaplikasikan sebagai wadah rumput raja.
2. Pengujian ini hanya berfokus pada biomassa rumput raja yang diberi pemanasan dengan menggunakan kolektor termal surya PTC.
3. Pada pengujian kolektor termal surya PTC dioperasikan pada pukul 11.00-14.00 WIB dan diorientasikan pada sumbu horizontal utara-selatan dengan sudut pelacakan matahari yang diatur secara manual. Sudut pelacakan tersebut diatur setiap 5 menit sesuai dengan hasil perhitungan manual yang telah dilakukan sebelumnya.
4. Pada pengujian kolektor termal surya PTC, pengujian dapat dilakukan apabila jumlah kondisi cuaca langit cerah dengan jumlah intensitas cahaya matahari mencapai 100.000-200.000 lux sebelum dilakukannya pengujian.

5. Bahan baku yang digunakan adalah rumput raja yang telah dijemur dengan ukuran *mesh* 40 dan jumlah sebanyak 15 gram.
6. Lama waktu pemanasan (waktu tinggal) yang dilakukan pada pengujian yaitu selama 60 menit, 120 menit dan 180 menit.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi durasi pemanasan (waktu tinggal) biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya tipe PTC terhadap kadar air (*moisture content*), zat terbang (*volatile matter*), kadar abu (*ash content*) dan karbon tetap (*fixed carbon*).
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi durasi pemanasan (waktu tinggal) biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya tipe PTC terhadap nilai kalor biomassa rumput raja.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi durasi pemanasan (waktu tinggal) biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya tipe PTC terhadap karakteristik sifat hidrofobik biomassa rumput raja.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

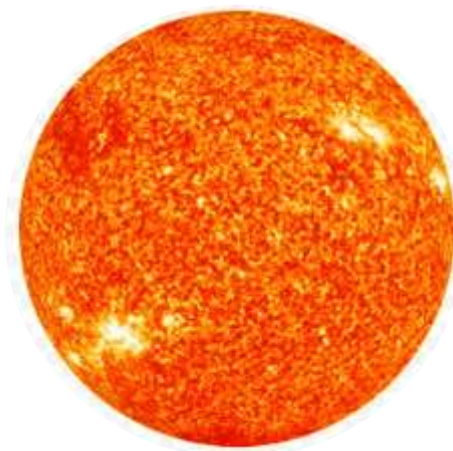
1. Sebagai upaya dalam meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan, dalam hal ini adalah energi surya dan biomassa.
2. Sebagai acuan dasar penelitian yang membahas tentang kolektor termal surya tipe PTC yang digunakan untuk perlakuan biomassa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Matahari

Energi matahari merupakan energi yang dihasilkan dari pancaran sinar elektromagnetik panas sinar matahari. Sebagai salah satu sumber energi yang paling besar di muka bumi, sinar panas matahari dapat memenuhi keberlangsungan hidup seluruh makhluk hidup disekitarnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa panas dari matahari memberikan banyak manfaat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik kebutuhan jangka pendek maupun kebutuhan jangka panjang. Sehingga matahari dapat menjadi solusi energi alternatif dimana dalam memanfaatkannya, energi matahari terlebih dahulu diberi rancangan yang sedemikian rupa agar dapat menjadi energi yang bersifat ramah lingkungan. Ilustrasi dari bentuk matahari dapat dilihat pada Gambar 2.1.

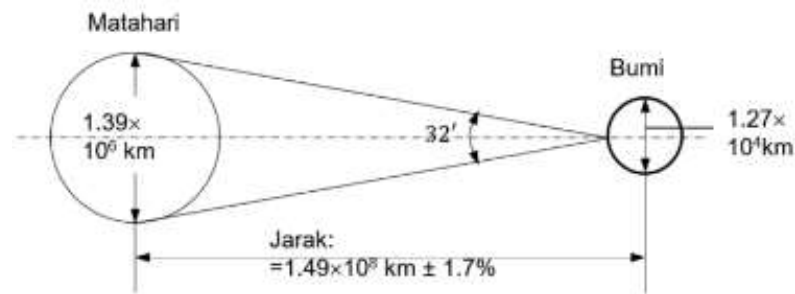


Gambar 2.1 Matahari (Widayana, 2012)

2.1.1. Hubungan antara Matahari dengan Bumi

Matahari merupakan pusat dari tata surya berbentuk bola raksasa yang berdiameter $1,39 \times 10^6$ km dibandingkan bumi yang memiliki ukuran berdiameter $1,27 \times 10^4$ km. Matahari terbentuk dari gas-gas panas yang mengandung H_2 sebanyak 80% dan He sebanyak 19%. dimana gas-gas tersebut memiliki temperatur yang sangat tinggi diperkirakan mencapai 20×10^6 K pada inti

matahari dan 5.760 K pada permukaan luarnya matahari. Perbedaan antara sumbu mayor dan minor yaitu ketika bumi bergerak dilintasannya yang eliptis saat melakukan gerakan rotasi pada porosnya sembari berevolusi yaitu sebesar 1,7% (Himran, 2021). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



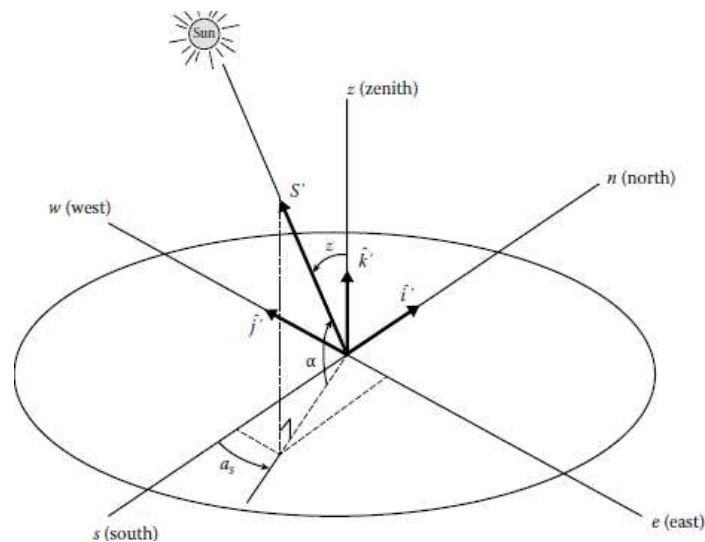
Gambar 2.2 Hubungan antara Matahari dan Bumi (Himran, 2021)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa ketika matahari menerangi suatu lokasi dibumi, maka akan membentuk sebuah sudut sebesar $32'$ ataupun $0,53^\circ$ saat sinar yang datang dari titik paling atas dan titik paling bawah bertemu di suatu lokasi tersebut sehingga menyebabkan nyaris sejajarnya kumpulan sinar matahari yang dipancarkan ke lokasi tersebut. Hal ini terjadi dikarenakan jauhnya jarak yang tercipta diantara matahari dan bumi rata-rata $1,47 \times 10^8 \text{ km}$, sedangkan jarak terjauhnya yaitu $1,49 \times 10^8 \text{ km}$ pada 22 Juni dan jarak terdekatnya yaitu $1,45 \times 10^8 \text{ km}$ pada 21 Desember (Himran, 2021).

2.1.2. Posisi dan sudut fundamental Matahari

Sudut ketinggian matahari dan sudut azimut matahari dapat dijadikan sebuah patokan dalam menentukan posisi matahari di setiap waktunya. Sudut ketinggian matahari merupakan sudut yang terbentuk antara bidang sejajar dengan sebuah garis yang berada dalam arah yang sama dengan arah datangnya sinar matahari, sedangkan sudut azimut matahari adalah sudut yang tercipta diantara sebuah garis dilokasi tertentu dengan garis datangnya sinar matahari pada bidang sejajar dengan garis arah selatan (barat-selatan dengan tanda positif dan timur-

selatan dengan tanda negatif) (Gosmawi, 2015). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Posisi matahari berdasarkan sudut ketinggian matahari dan sudut azimuth matahari (Gosmawi dan Kreith, 2017)

Sudut azimuth matahari dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\sin a_s = \cos \delta_s \sin h_s / \cos \alpha \quad (2.1)$$

Keterangan:

a_s = sudut azimuth matahari ($^\circ$)

δ_s = deklinasi matahari ($^\circ$)

h_s = sudut jam matahari ($^\circ$)

α = sudut ketinggian matahari ($^\circ$)

Dan jika sudut azimuth matahari saat tengah hari waktu matahari lokal maka:

$$a_s = 0 \quad (2.2)$$

Sudut ketinggian matahari dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\sin \alpha = \sin L \sin \delta_s + \cos L \cos \delta_s \cos h_s \quad (2.3)$$

Keterangan:

L = sudut lintang ($^\circ$)

Dan jika sudut ketinggian matahari saat tengah hari waktu matahari lokal maka:

$$\alpha = 90 - |L - \delta_s| \quad (2.4)$$

Namun sudut azimut matahari dan sudut ketinggian matahari dapat diketahui apabila sudut deklinasi matahari, sudut jam matahari, dan sudut lintang telah diketahui terlebih dahulu (Gosmawi, 2015).

1. Sudut deklinasi Matahari

Sudut deklinasi matahari merupakan sudut yang terbentuk antara bidang garis khatulistiwa dengan garis bumi dan garis matahari yang sejajar pada kedua titik tengahnya. Nilai deklinasi matahari bervariasi yaitu dimulai pada 21 Desember sebesar $-23,45^\circ$ dengan tanda negatif untuk garis selatan khatulistiwa dan menuju 21 Juni sebesar $+23,45^\circ$ dengan tanda positif untuk garis utara khatulistiwa. Sudut deklinasi dapat diperkirakan menggunakan persamaan:

$$\delta_s = 23,45^\circ \sin[360(284 + n)/365^\circ] \quad (2.5)$$

Keterangan:

n = nomor hari dalam satu tahun (1 Januari, $n = 1$)

2. Sudut jam Matahari

Adapun waktu yang diperlukan matahari bergerak untuk mengitari bumi sejauh 360° yaitu selama 24 jam ataupun matahari bergerak mengitari bumi sejauh 15° setiap jamnya. Oleh sebab itu waktu tersebut dapat menjadi patokan untuk menghitung sudut jam matahari menggunakan persamaan:

$$h_s = (ST - 12) \frac{15^\circ}{\text{jam}} \quad (2.6)$$

Keterangan:

ST = waktu matahari

Dan jika sudut jam matahari saat tengah hari waktu matahari lokal maka:

$$h_s = 0 \quad (2.7)$$

3. Sudut lintang

Sudut lintang merupakan sudut yang terbentuk diantara bidang yang berada di garis khatulistiwa dengan garis yang ditarik dari bumi dan titik kumpulnya menuju ke suatu lokasi. Sudut lintang memiliki nilai positif untuk belahan bumi bagian utara (Himran, 2021).

2.1.3. Waktu Matahari

Waktu matahari digunakan untuk mengetahui besaran sudut-sudut pada matahari pada waktu standar lokal (Gosmawi, 2015). Dan untuk menghitung waktu matahari diperlukan persamaan:

$$ST = LST + ET + (l_{st} - l_{local}) 4 \frac{\text{menit}}{1^\circ} \quad (2.8)$$

Keterangan:

LST = waktu standar lokal

ET = persamaan waktu (menit)

l_{st} = meridian waktu standar ($^\circ$), tanda (+) untuk barat dan (-) untuk timur

l_{local} = garis bujur lokal ($^\circ$), tanda (+) untuk barat dan (-) untuk timur

Kemudian disaat bumi bergerak, ketidakaturan kecepataannya dapat diperhitungkan dengan persamaan waktu dengan menggunakan persamaan:

$$ET = 9,87 \sin 2B - 7,53 \cos B - 1,5 \sin B \quad (2.9)$$

Dengan

$$B = 360(n - 81)/364^\circ \quad (2.10)$$

Keterangan:

B = konstanta pada persamaan waktu ($^\circ$)

2.2. Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses termonuklir yang terjadi pada matahari lalu energi tersebut berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Pancaran dari sinar radiasi matahari dapat digunakan untuk berbagai macam proses dalam menentukan keadaan cuaca serta iklim yang berada di atmosfer bumi, dimana kondisi dari matahari itu sendiri memiliki temperatur sebesar 5.760 K yang radiasi yang dipancarkan ke puncak atmosfer sebanyak 1360 W/m² dan yang sampai ke permukaan bumi adalah setengah dari yang diterima di puncak atmosfer tersebut. Jika dirata-ratakan radiasi yang diterima ke permukaan hanyalah 30% dan sisanya dipantulkan kembali ke luar angkasa (Widayana, 2012).

Untuk mengetahui seberapa banyak sinar radiasi matahari yang sampai ke permukaan dapat diketahui dengan berbagai metode baik secara perhitungan teoritis maupun melakukan pengukuran secara langsung. Solarimeter merupakan salah satu dari jenis pyranometer, dimana solarimeter ini merupakan suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur radiasi matahari langsung. Radiasi matahari sendiri memiliki spectrum yang luas mulai dari sinar ultraviolet (UV) hingga sinar inframerah (IR) yang dimana intensitas radiasi matahari dapat berpengaruh terhadap kondisi iklim, cuaca, tanaman serta kehidupan di bumi (Deqita, 2022). Biasanya solarimeter ini digunakan untuk keperluan penelitian, pengembangan, dan aplikasi energi surya.

Iluminasi adalah cahaya yang datang ke suatu objek dan iluminasi cahaya matahari merupakan intensitas cahaya yang dipantulkan ataupun diteruskan oleh suatu bidang yang diterangi. Dimana iluminasi memiliki satuan lux (lm/m^2) dan disimbolkan dengan E_v . Ketika langit dalam keadaan cerah, matahari memancarkan cahaya dengan jumlah iluminasi sebesar 100.000 lux lebih ke permukaan. Sedangkan jika langit dalam kondisi berawan maka jumlah iluminasi cahaya matahari tersebut hanya 10.000 lux (Ma'arif dkk., 2012)

2.3. Pemanfaatan energi Radiasi Matahari

Matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang bersifat tanpa batas dan memberi banyak manfaat bagi makhluk hidup disekitarnya. Dalam pemanfaatan energi radiasi matahari terdapat dua macam teknologi yang sudah diterapkan yaitu pemanfaatan secara langsung atau dikenal dengan konversi fotofoltaik dan secara tidak langsung melalui perantaraan alat yang dikenal dengan konversi termal (Widayana, 2012).

2.3.1. Energi Fotovoltaik

Fotovoltaik adalah jenis konversi yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Nama lain untuk sel fotovoltaik adalah solar cell, solar panel, solar array, dan fotovoltaik panel. Solar array adalah kelompok dari solar panel, dan solar panel adalah kelompok dari solar cell. Solar

cell merupakan elemen aktif (semikonduktor) yang memanfaatkan efek fotovoltaik untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik tanpa penggunaan dari bagian-bagian mekanis yang bergerak tanpa penggunaan bahan bakar. pada solar cell terdapat sambungan (junction) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis “p” sebagai tanda positif dan semikonduktor jenis “n” sebagai tanda negatif yang kemudian membentuk medan listrik sehingga elektron negatif dapat diekstraksikan oleh material sebagai penghasil listrik (Widayana, 2012). Perangkat ini memiliki keunggulan berupa desain yang sederhana serta perawatan yang tidak banyak dilakukan sehingga panel surya dapat digunakan untuk berbagai macam kebutuhan seperti pembangkit listrik, sistem komunikasi, satelit dan sebagainya.

2.3.2. Energi Termal

Konversi termal jenis konversi yang dapat mengubah energi matahari namun melalui prantaraan sebuah alat yang dinamakan kolektor termal surya. Pada dasarnya prinsip kerja dari jenis ini adalah dimana sebuah benda yang dilektakkan tepat dibawah sinar matahari yang kemudian sinar matahari tersebut diserap dan tersimpan didalam benda tersebut sehingga benda temperatur benda tersebut meningkat (Widayana, 2012). Namun terdapat kekurangan yang terjadi pada kolektor termal yang digunakan yaitu kehilangan panas yang terjadi dalam bentuk radiasi maupun konveksi dan akan terus meningkat seiring meningkatnya temperatur pada kolektor termal surya. Oleh karena itu cara untuk meminimalisir kehilangan panas yang terjadi pada kolektor termal surya ini dengan cara menambahkan tabung penyerap tambahan dan kaca jenis khusus untuk meningkatkan efisiensinya (Gosmawi, 2015).

2.4. Kolektor Termal Surya

Kolektor termal surya merupakan alat penukar kalor yang dapat mengubah energi matahari dalam bentuk sinar radiasi menjadi energi termal. Prinsip dasar pengumpulan kolektor termal surya adalah bahwa ketika radiasi matahari

menyerang permukaan, sebagian darinya diserap, sehingga meningkatkan suhu permukaan (Gosmawi dan Kreith, 2017). Kolektor termal surya dapat dibedakan berdasarkan jenisnya serta kisaran temperaturnya seperti yang tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jenis kolektor surya dan kisaran capaian temperaturnya

Jenis kolektor	Rasio konsentrasi	Temperatur
Kolektor Plat datar	1	≤ 70
Konsentator	3 – 5	100 – 150
Kolektor parabola (PTC)	10 – 50	150 – 350
Kolektor mangkuk parabola	200 – 500	250 – 700
Penerima terpusat	500 - >3000	500 - >1000

Sumber: (Gosmawi dan Kreith, 2017)

Pada data tabel 2.1 diatas menunjukkan bahwa kolektor termal surya jenis terkonsentrasi dapat memperoleh energi termal serta temperatur yang lebih tinggi, bukan karena banyaknya energi yang dapat dikumpulkan. Pada umumnya kolektor termal surya ini menggunakan cairan dan udara sebagai fluidanya. Penggunaan fluida kerja inipun tergantung kepada pengaplikasiannya. Untuk kolektor termal surya yang menggunakan fluida kerja cairan dapat digunakan untuk pemanasan air dalam skala rumahan maupun perkantoran. Sedangkan kolektor termal surya yang menggunakan fluida kerja udara dapat digunakan untuk pemanasan ruangan dan pengeringan.

2.5. Kolektor Termal PTC

Kolektor termal surya yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan jenis kolektor termal surya terkonsentrasi dengan tipe *parabolic trough concentrator* ataupun dapat disingkat dengan PTC. Kolektor termal ini terdiri dari cermin yang berbentuk palung parabola yang berfungsi untuk memantulkan radiasi matahari kemudian cahaya radiasi tersebut dipantulkan dan memusatkannya ke tabung penerima yang terletak pada bagian titik pusat parabola

(Gosmawi dan Kreith, 2017). Radiasi matahari yang telah dipantulkan dan dipusatkan ke tabung penerima akan menghasilkan energi termal, maka secara otomatis fluida yang terdapat didalam tabung penerima akan meningkat temperaturnya. Adapun gambar kolektor surya dapat dilihat pada Gambar 2.4.



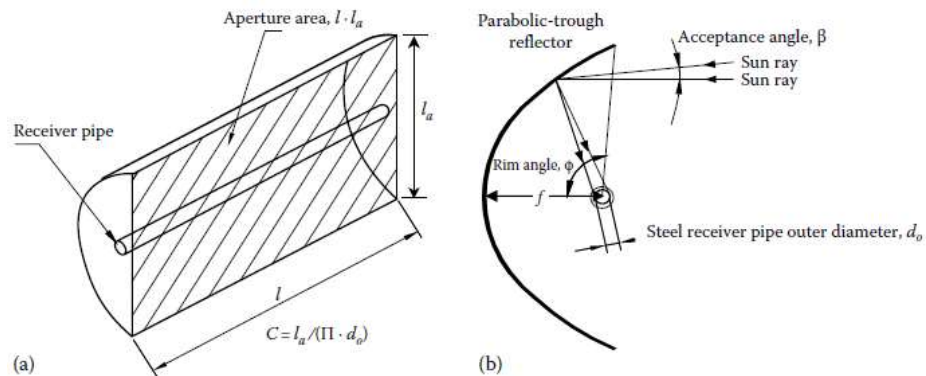
Gambar 2.4 Kolektor termal PTC (Gosmawi dan Kreith, 2017)

Kolektor ini membutuhkan sebuah penggerak guna membantu dalam pelacakan radiasi matahari yang akan datang. Oleh karena itu kolektor ini hanya dapat bergerak dan berotasi disekitaran sumbunya saja. Dan biasanya untuk satu penggerak dapat mencakup beberapa modul konsentrator yang digabungkan secara susunan seri yang kemudian dapat digerakkan secara bersamaan. Kolektor termal PTC ini menggunakan tabung sebagai penerima yang berjenis baja dimana tabung penerima ini akan dilapisi dengan tabung berjenis kaca yang akan berfungsi untuk mengurangi tingkat kehilangan panas apabila tabung baja tersebut dalam keadaan bertemperatur tinggi.

2.5.1. Parameter desain kolektor PTC

Terdapat beberapa parameter yang diperlukan pada rancangan kolektor termal PTC diantaranya adalah rasio konsentrasi dimana rasio konsentrasi adalah perbandingan antara luas bukaan PTC dengan luas area secara keseluruhan tabung penerima. Kemudian parameter selanjutnya adalah sudut penerimaan dimana pengaplikasian PTC untuk kebutuhan komersil disarankan menggunakan sudut

penerimaan berkisar antara 1° sampai 2° . Lalu terdapat sudut rim dimana biasanya PTC memiliki sudut rim berkisar dari 70° sampai dengan 110° (Gosmawi dan Kreith, 2017). Skema dari desain ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Parameter desain PTC: (a) rasio konsentrasi (b) sudut penerimaan dan sudut rim (Gosmawi dan Kreith, 2017)

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa diperlukan penentuan sudut-sudut pada reflektor dari PTC. (Bharti dkk., 2018) mengatakan bahwa untuk menghitung rasio konsentrasi dari PTC dapat menggunakan persamaan:

$$C = \frac{W_a}{\pi D_o} \quad (2.11)$$

Keterangan:

C = rasio konsentrasi

W_a = lebar bukaan kolektor (m)

D_o = diameter luar tabung penerima (m)

Dan untuk menentukan sudut rim dari PTC maka dapat menggunakan persamaan:

$$\phi = \sin^{-1} \left(\frac{W_a}{2r} \right) \quad (2.12)$$

Keterangan:

ϕ = sudut rim ($^\circ$)

r = jari-jari parabola (m)

Dan untuk menentukan sudut penerimaan dari PTC maka dapat menggunakan persamaan:

$$f = \frac{W_a}{4 \tan^2 \frac{\phi}{2}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

f = sudut penerimaan/jarak fokal (m)

2.5.2. Orientasi kolektor PTC terhadap sumbu Horizontal Utara-Selatan

Sinar radiasi matahari yang diterima oleh permukaan kolektor dapat dimaksimalkan penerimaannya jika kolektor PTC dilektakkan pada sumbu horizontal arah utara-selatan guna untuk mengikuti pergerakan dari matahari dari arah timur-barat (Prastika dan Munir, 2015). Sudut pelacakan PTC dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho = \tan^{-1} (\sin a_s / \tan \alpha) \quad (2.14)$$

Keterangan:

ρ = sudut pelacakan matahari ($^{\circ}$)

a_s = sudut azimut matahari ($^{\circ}$)

α = sudut ketinggian matahari ($^{\circ}$)

2.6. Biomassa

Biomassa merupakan bahan biologis yang berasal dari organisme atau makhluk hidup yang tergolong megandung lignin, selulosa dan holoselulosa. Biomassa dapat diperoleh dari tanaman perkebunan atau pertanian, hutan, peternakan, bahkan sampah sekalipun. bahan yang terkandung pada biomassa merupakan bahan organik yang berumur relatif muda dan berasal dari tumbuhan atau hewan, baik yang terbentuk dari hasil produksinya, sisa metabolismenya, ataupun limbah yang dihasilkan. Dan juga biomassa merupakan satu- satunya sumber karbon yang dapat diperbaharui dan dapat diproses menjadi bahan bakar gas, cair, dan padat yang baik. dan terlebih lagi biomassa juga tidak memiliki unsur sulfur yang membuat tidak terjadinya polusi udara.

Peranan biomassa tentunya dapat menjadi solusi energi alternatif dari bahan bakar yang menggunakan energi fosil dikarenakan bahan dasar biomassa berasal dari bahan sisa-sisa dan juga sifatnya yang dapat diperbaharui, tentunya fungsi serta kegunaan biomassa ini banyak di gunakan mulai dari skala kecil hingga skala besar seperti kebutuhan rumah tangga, Perkantoran industri, hingga

kebutuhan energi berupa energi panas, energi cair, gas bio, dan listrik. Oleh karena itu biomassa menjadi sumber peringkat terbesar keempat setelah batu bara, minyak bumi, dan gas alam (Hermawati, 2014). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Konsumsi penggunaan energi secara komersil

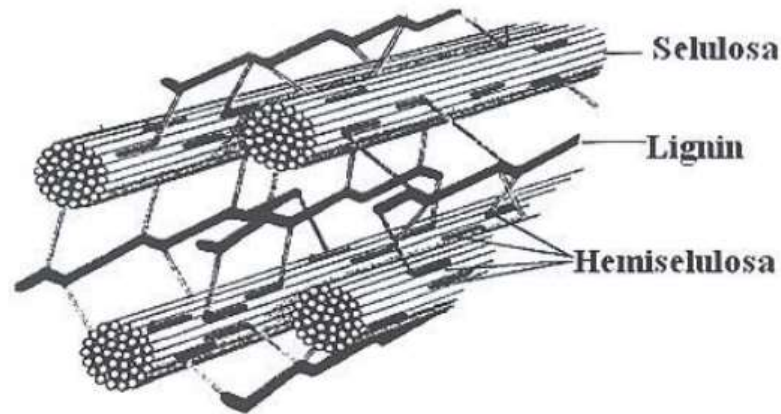
Energi Terbarukan	Kapasitas Terpasang (KT)	Sumber Daya (SD)	Rasio KT/SD
Air skala besar	6.654,29 MW	75.670 MW	8,8
Mini-Mikrohidro	228,983 MW	769,69 MW	29,75
Panas Bumi	1.226 MW	29.038 MW	4.2
Biomassa	1.618,40 MW	49.810 MW	3,25
Energi Surya	22,45 MW	4,80 kWh/m ² /day	-
Energi Angin	1,87 MW	448 at 3-6 m/sec	-
Uranium	30 MW	3.000 MW	1

Sumber: (Hermawati, 2014)

Biomassa merupakan sumber pangan dan sumber energi utama yang memiliki potensial besar khususnya di Indonesia. Dengan bantuan teknologi, biomassa dapat diolah menjadi energi termal, bahan bakar cair, biogas, dan listrik. Di Indonesia diperkirakan penggunaan energi biomassa padat sebanyak 14 miliar ton per tahun, termasuk energi biogas yang dihasilkan dari limbah kotoran ternak. Biomassa dari sektor perkebunan, pertanian, dan sampah kota yang memiliki potensi besar sebagai pemasok kebutuhan energi di Indonesia. Baik dalam bentuk bahan bakar padat, gas, maupun bahan bakar cair atau bahan bakar nabati yang terdiri dari bioetanol, biodiesel sebagai pengganti bahan bakar minyak fosil.

Biomassa sendiri memiliki sangat beragam sumbernya dan tidak semuanya memiliki karakteristik yang sama untuk dijadikan sebagai bahan bakar. Komposisi biomassa terdiri dari reaksi fotodintetik CO₂, air, karbon, oksigen, dan hydrogen yang terdapat dalam biomassa berbentuk polimerik makroskopik kompleks

(Sudiyani dkk., 2010). Komposisi biomassa tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Komposisi kimia dari biomassa (Sudiyani dkk., 2010)

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa terdapat beberapa senyawa kimia yang terkandung dalam biomassa diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Selulosa ($C_6H_{12}O_6$)_n, yaitu memiliki struktur kristal dan resistensi yang tinggi terhadap asam dan basa.
2. Lignin, yaitu komponen kimia yang kaya unsur karbon dengan kadar oksigen rendah. Lignin juga memiliki nilai kalor sekitar 30% lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa.
3. Hemiselulosa ($C_5H_8O_4$)_n, yaitu komponen yang lebih mudah terurai dibandingkan selulosa yang dapat larut dalam alkali.

2.6.1. Pemanfaatan Biomassa

Sebelum manusia mengenal bahan bakar fosil, penggunaan biomassa sebagai sumber energi telah terlebih dahulu diketahui dan digunakan. Contohnya adalah penggunaan kayu dan ranting sebagai bahan bakar. Pemanfaatan tersebut dikenal dengan pemanfaatan biomassa secara langsung. Namun setelah ditemukannya bahan bakar fosil, penggunaan biomassa menjadi sangat terbatas pemanfaatannya dikarenakan energi yang dihasilkan lebih kecil. Setelah cadangan bahan bakar fosil yang semakin lama semakin menipis, pemanfaatan akan biomassa menjadi aktif kembali dan semakin luas. Dalam pengelolaannya,

biomassa dapat dimanfaatkan dengan melalui *thermo chemical conversion*, *physochemical conversion* dan *biological conversion*.

2.6.2. Keunggulan dan kelemahan dari Biomassa

Adapun beberapa keunggulan dan kekurangan yang didapat dari biomassa diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Keunggulan

a. Dapat mengurangi adanya efek gas rumah kaca

Penggunaan biomassa akan membuat permasalahan sampah organik yang menghasilkan gas metana yang menyebabkan terbentuknya gas rumah kaca dapat diminimalisir. Contohnya dari sampah organik tersebut adalah kotoran hewan, dedaunan, bonggol jagung, dan sekam padi. Penggunaan biomassa pula akan mengurangi penggunaan energi fosil yang menyumbang gas-gas rumah kaca terbesar saat ini.

b. Melindungi kebersihan air dan tanah

Pemanfaatan biomassa akan mengurangi sampah yang berbahaya bagi lingkungan. Sampah yang tertimbun tersebut akan mengeluarkan cairan berbahaya dan diserap oleh tanah sehingga mencemari air tanah, sedangkan air tanah ini digunakan oleh masyarakat untuk konsumsi dan kebutuhan lainnya. Sehingga dengan memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar, pencemaran air dan tanah dapat diminimalisir.

c. Mengurangi sampah organik

Sama halnya seperti melindungi kebersihan air dan tanah, pemanfaatan biomassa akan mengurangi sampah organik, karena sampah tersebut diubah kebentuk lain dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar.

d. Meningkatkan pemanfaatan lahan

Penggunaan biomassa ini akan membuat lahan yang ditempati sampah menjadi kosong, sehingga lahan kosong dapat dimanfaatkan untuk menanam tumbuhan penghasil biodiesel seperti kelapa sawit dan jarak pagar.

2. Kelemahan

a. Kandungan kelembaban yang tinggi

Dalam kandungan biomassa pula, terdapat kandungan air yang cukup tinggi. Hal ini dapat dilihat dari reaksi yang dihasilkan pada proses fotosintesis, dimana pada hasil reaksinya terdapat air (H_2O).

b. Nilai kalor yang relatif cukup rendah

Nilai kalor yang dikandung biomassa relatif cukup rendah, karena kandungan C pada biomassa belum terputus, masih berupa rantai panjang dalam senyawa hemiselulosa, selulosa maupun lignin.

c. Mempunyai densitas yang cukup rendah

Biomassa umumnya mempunyai densitas yang cukup rendah. Sehingga untuk menghasilkan energi yang setara dengan bahan bakar fosil, contohnya batubara, dibutuhkan jumlah biomassa yang banyak. Selain itu, pendistribusian yang sulit karena terdapat hambatan dalam masalah pengemasan. Contohnya adalah biomassa yang berasal dari sekam padi dan sulit dikemas dalam bentuk briket dibandingkan dengan batu bara.

d. Pembersihan dan penguraian

Dikarenakan biomassa juga berasal dari limbah, sulit untuk menguraikan bahan-bahan penyusun biomassa yang dibutuhkan sebagai sumber energi dengan bahan-bahan yang memang tidak diperlukan.

2.7. Pengerinan

Pengerinan merupakan proses pemindahan panas dan uap air secara simultan yang mana memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air, kemudian dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering yang biasanya berupa panas. Dalam pengerinan, air dihilangkan dengan prinsip perbedaan kelembaban antara udara pengering dengan bahan yang dikeringkan. Tujuan dilakukannya pengerinan adalah untuk mengurangi kadar air pada bahan baku sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat ataupun terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lebih lama. Dalam perencanaan suatu alat dengan memanfaatkan tenaga surya perlu diketahui semua jenis perpindahan panas yang terjadi selama siklus terjadi.

Seperti ketika kolektor menerima panas dari matahari maka hal itu terjadi dengan cara radiasi, kemudian panas dari reflektor akan memantulkan panasnya secara terpusat pada satu titik yaitu pada tabung penerima yang terdapat pada bagian tengah kolektor secara konveksi kemudian panas dari tabung penerima akan berpindah ke bahan baku yang terjadi secara konduksi. Penghantar panas pada pengeringan dapat dilakukan secara konduksi, konveksi dan radiasi (Arikundo dan Hazwi, 2014).

1. Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses perpindahan panas tanpa disertai zat perantara. Perpindahan panas secara konduksi hanya energi panasnya saja yang berpindah tanpa disertai perpindahan partikel zat perantaranya. Perpindahan panas konduksi terjadi pada zat padat, dimana perpindahan panas secara konduksi ini juga disebut sebagai perpindahan melalui hantaran. Salah satu contoh dari perpindahan secara konduksi adalah ketika memanaskan sebatang logam. Walaupun yang dipanaskan hanya satu sisi ujung logam tetapi panas akan menyebar keseluruh bagian logam hingga bagian sisi logam lainnya yang tidak dipanaskan. Hal ini menunjukkan bahwa perpindahan panas terjadi melalui perantara logam.

Contoh lainnya:

- a. Setrika listrik, dimana panas dari setrika yang berasal dari energi listrik dapat berpindah panas ke pakaian dengan media perantara bagian bawah setrika yang berbahankan dari logam.
- b. Mengaduk air panas menggunakan sendok logam, dimana panas dari air panas akan berpindah ke sendok logam tersebut.

2. Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang disertai dengan zat perantara. Dimana perpindahan panas secara konveksi tidak hanya energi panas yang berpindah namun disertai dengan perpindahan partikel zat perantara tersebut. Perpindahan panas secara konveksi ini terjadi pada zat cairan ataupun gas. Perpindahan panas secara konveksi dapat dilihat seperti ketika sedang memasak air. Dimana air yang berada pada bagian bawah akan panas

terlebih dahulu kemudian air yang sudah panas pada bagian bawah tersebut akan naik sedangkan air yang masih dingin pada bagian atas akan turun kebawah, dan begitu seterusnya.

Contoh lainnya:

- a. Gerakan pada balon udara, dimana udara yang sudah panas akan naik ke permukaan dan udara pada bagian permukaan akan turun kebawah.
- b. Pendingin ruangan, dimana pendingin ruangan mengeluarkan udara dingin yang kemudian udara dingin ini akan jatuh kebawah sedangkan udara panas yang ada pada ruangan akan naik keatas untuk didinginkan oleh pendingin tersebut.

3. Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah proses perpindahan panas tanpa memerlukan zat perantara. Dimana perpindahan panas radiasi ini berbentuk gelombang elektromagnetik, termasuk sinar inframerah sehingga perpindahan panas secara radiasi ini juga dapat disebut dengan perpindahan secara pancaran. Seperti contohnya adalah panas dari matahari yang bisa sampai ke bumi meskipun antara matahari dan bumi terdapat ruang hampa yang tidak dapat menghantarkan panas.

Contoh lainnya:

- a. Badan terasa hangat ketika didekat api, dimana panas dari api berpindah dengan bentuk pancaran
- b. Pakaian basah menjadi kering saat dijemur dibawah terik matahari , dimana panas dari matahari berpindah pada pakaian secara langsung sehingga pakaian menjadi kering.

2.7.1. Proses pengeringan

Pada proses pengeringan komoditas pertanian terjadi dua proses dasar yaitu pemindahan panas untuk menguapkan cairan bahan dan pindah massa akibat adanya perbedaan tekanan uap (Hadi, 2015). Proses pengeringan didapatkan dengan cara penguapan air. Cara tersebut dilakukan yaitu dengan menurunkan kelembaban absolut udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan,

sehingga tekanan uap air bahan lebih besar dari tekanan uap air udara. Perbedaan tekanan itu menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara. Berikut merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi penguapan adalah sebagai berikut:

1. Laju pemanasan waktu energi panas dipindahkan pada bahan
2. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air
3. Temperatur maksimum pada bahan
4. Tekanan pada saat terjadinya penguapan, perubahan lain mungkin terjadi didalam bahan selama proses penguapan berlangsung

Peristiwa yang terjadi selama proses pengeringan meliputi dua proses yaitu proses perpindahan panas dan proses perpindahan massa. Dimana proses perpindahan panas yaitu proses menguapkan air dari dalam bahan ataupun proses perubahan bentuk cair ke bentuk gas, dan proses perpindahan massa yaitu proses perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara. Pada saat pengeringan dimulai, uap panas yang dialirkan meliputi permukaan bahan akan menaikkan tekanan uap terutama pada daerah permukaan sejalan dengan kenaikan temperaturnya. Proses tersebut terjadi karena perpindahan massa panas dari bahan ke udara dalam bentuk uap air berlangsung atau terjadi pengeringan pada permukaan bahan. Setelah itu tekanan uap air pada permukaan pada permukaan bahan akan menurun. Jika kenaikan temperatur terjadi pada seluruh bagian bahan, maka terjadilah pergerakan air secara difusi dari bahan ke permukaannya dan seterusnya. Proses penguapan pada permukaan bahan diulangi lagi dan pada akhirnya setelah air pada bahan berkurang, tekanan uap air bahan akan menurun sampai terjadi keseimbangan dengan udara disekitarnya.

2.8. Rumput Raja

Rumput raja merupakan salah satu jenis rumput yang paling umum ditemukan disekitar lingkungan seperti semak-semak misalnya, Jenis rumput ini banyak digunakan dan dimanfaatkan oleh peternak untuk memberi makan hewan ternaknya seperti sapi, kambing dan lain sebagainya. Rumput raja ini juga mudah

ditanam, dapat tumbuh diberbagai kondisi mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi, Rumput ini juga menyukai tanah subur dan curah hujan yang merata di sepanjang tahun.

Rumput raja atau dalam bahasa latinnya adalah *Pennisetum purpupoides* merupakan hasil persilangan antara Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) dengan Rumput Barja (*Pennisetum thypoides*). Rumput raja ini termasuk tanaman yang memiliki umur panjang, tumbuh dengan tegak serta berbentuk rumpun. Untuk perakarannya terdapat didalam sehingga sekilas tanaman rumput raja ini bentuknya mirip dengan tanaman tebu. Tanaman rumput raja ini memiliki ketinggian 2-4 meter dan apabila dibiarkan tumbuh tegak dapat mencapai ketinggian hingga 7 meter. Rumput raja memiliki struktur batang yang cukup tebal dan keras. Rumput raja memiliki pertumbuhan yang terbilang cukup cepat dibandingkan dengan rumput gajah sehingga produksi rumput raja sangat tinggi dan dapat mencapai 1.076 ton rumput segar pertahun (Suyitman, 2014). Tanaman rumput raja ini memiliki kandungan nutrisi yang cukup baik diantara tanaman yang lainnya, kandungan yang terdapat dari tanaman ini berupa bahan kering (BK) sebanyak 12,18%, protein kasar sebesar (PK) 11,68%, serat kasar (SK) 32,49%, lemak kasar (LK) 1,70, Ash 18,15% dan *total digestible nutrient* (TDN) sebesar 66,04% (Hughes, 2008). Tanaman rumput raja dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Rumput raja (Hughes, 2008)

2.8.1. Parameter penentu kualitas dari Biomassa Rumput Raja

Secara umum parameter penentu dalam menentukan kualitas biomassa yang sering digunakan adalah kadar air, zat terbang, kadar abu, karbon tetap, dan nilai karbon.

1. Kadar air

Kadar air pada biomassa mengacu pada presentase berat air yang terkandung dalam bahan biomassa tertentu, seperti tanaman, kayu, rumput atau lain sebagainya. Kadar air dalam biomassa penting karena dalam memiliki dampak yang signifikan pada berbagai proses dan pengaplikasian, terutama pada konteks dalam sektor energi, industry maupun pertanian. Kadar air dapat mempengaruhi sifat dan karakteristik dari biomassa seperti nilai kalor, berat kering dan keberlanjutan penyimpanan.

2. Zat Terbang

Zat terbang pada biomassa merujuk pada komponen yang mudah menguap pada suhu yang relatif rendah ketika biomassa dipanaskan. Adapun beberapa senyawa yang mudah menguap meliputi seperti air, zat organik volatil, dan beberapa senyawa yang mengandung unsur oksigen seperti lignin dan hemiselulosa.

3. Kadar Abu

Kadar abu pada biomassa mengacu pada persentase berat sisa mineral yang tersisa setelah biomassa terbakar pada suhu tinggi. Abu ini terdiri dari mineral-mineral anorganik yang tidak terbakar selama proses pembakaran dan mencakup unsur-unsur seperti silika, alumina, besi, kalsium, magnesium dan lain sebagainya.

4. Karbon Tetap

Karbon tetap pada biomassa diperoleh melalui pengurangan angka 100 dengan jumlah kadar abu dan jumlah zat terbang. Nilai ini akan semakin bertambah seiring dengan lamanya waktu pembakaran. Kadar karbon dan jumlah zat terbang digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu berupa nilai *fuel ratio*.

5. Nilai Kalor

Nilai kalor pada biomassa merujuk kepada jumlah energi yang dapat dihasilkan ketika biomassa tersebut terbakar sepenuhnya. Ini adalah ukuran dari kandungan energi yang terkandung dalam biomassa dan biasanya diukur dalam unit energi persatuan. Semakin tinggi nilai kalor pada biomassa maka akan semakin bagus pula kualitas dari biomassa dikarenakan efisiensi pembakarannya yang tinggi.

2.9. Proses Pengujian Rumput Raja

Dalam penelitian ini perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui kualitas dari biomassa rumput raja yang telah diberi perlakuan. Metode perhitungan dilakukan untuk mengetahui kandungan yang terdapat dalam hasil pengeringan. Pengujian hasil dilakukan di Laboratorium. Pengujian yang diamati meliputi:

2.9.1. Analisa Proksimat (*Proximate Analys*)

Analisa proksimat adalah pengujian sederhana guna untuk mengetahui komposisi dari biomassa itu sendiri. Analisa ini terdiri dari kadar air (M), kadar abu (*Ash*), zat terbang (VM) dan karbon tetap (FC) (Basu, 2013). Pengujian proksimat ini dilakukan pada sampel rumput raja yang telah dilakukan pemanasan, dan parameter kualitas standar dari hasil pengujian mengacu pada SNI 9032:2021 yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Parameter pengujian bahan baku rumput raja

Parameter Uji	Satuan, min./maks.	Kualitas
Kadar Air	% berat, maks.	35
Zat Terbang	% berat, maks.	74
Kadar Abu	% berat, maks.	4,5
Karbon Tetap	% berat, min.	12

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional, 2021)

a) Kadar Air (*moisture content*)

Kandungan air pada batubara memberikan pengaruh negatif pada proses pemanfaatannya dikarenakan kadar air yang terlalu tinggi dapat berpengaruh dalam proses pembakaran. Adanya kandungan air yang cukup tinggi akan mengurangi kalori batubara pada saat pembakaran (Huseini dkk., 2018). Untuk mengetahui kadar air dapat menggunakan persamaan berikut:

$$M (\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (2.15)$$

Keterangan:

M_1 = Bobot awal sampel sebelum pengujian (g)

M_2 = Bobot akhir sampel setelah pengujian (g)

b) Zat Terbang (*zat volatile*)

Kandungan zat terbang merupakan zat yang dapat mempengaruhi kualitas pembakaran dan keadaan api yang dihasilkan (Huseini dkk., 2018). Untuk mengetahui kandungan zat terbang dapat menggunakan persamaan berikut:

$$VM(\%) = \frac{VM_1 - VM_2}{VM_1} \times 100 \quad (2.16)$$

Keterangan:

VM_1 = Massa awal sampel sebelum pemanasan (g)

VM_2 = Massa akhir sampel setelah pemanasan (g)

c) Kadar Abu (*ash content*)

Biomassa memiliki kandungan abu dimana abu merupakan endapan padat yang tersisa setelah pembakaran yang terdiri dari senyawa-senyawanya. Oleh karena itu semakin tinggi kandungan abu pada biomassa maka akan semakin berkurang nilai kalor biomassa tersebut. Untuk mengetahui kadar abu dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Ash}(\%) = \frac{\text{Ash}_1}{\text{Ash}_2} \times 100 \quad (2.17)$$

Keterangan:

Ash_1 = Berat abu (g)

Ash_2 = Berat sampel (g)

d) Karbon Tetap (*Fixed Carbon*)

Kandungan karbon merupakan karbon yang tertinggal pada biomassa dan bentuk dari karbonnya berupa zat padat. Kandungan karbon ini merupakan

komponen utama pada biomassa yang mampu menghasilkan panas pada proses pembakaran. Semakin tinggi kandungan karbon maka nilai kalor biomassa akan semakin meningkat. Untuk mengetahui kandungan karbon tetap dapat menggunakan persamaan berikut:

$$FC(\%) = 100 - (VM + Ash) \quad (2.18)$$

Keterangan:

VM = Zat terbang (%)

Ash = Kadar abu (%)

2.9.2. Nilai Kalor (*Caloric Value*)

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah maksimum energi panas yang dikeluarkan suatu bahan bakar dengan reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar dan satuan untuk nilai kalor adalah $J/kg^{\circ}C$. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dapat dilepaskan oleh suatu bahan bakar saat terjadinya proses pembakaran. Adapun proses serta hasil dari pengujian nilai kalor ini yang mengacu pada standar ASTM 4809-06 dan menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q = m \cdot c \times \Delta T \quad (2.19)$$

Keterangan:

Q = jumlah kalor yang dilepas oleh suatu zat benda tertentu

m = massa benda yang menerima atau melepas kalor (kg)

c = kalor jenis zat ($J/kg^{\circ}C$)

ΔT = perubahan temperatur ($^{\circ}C$)

2.9.3. Hidrofobik (*Hydrophobicity*)

Material hidrofobik merupakan material yang menolak air atau dengan kata lain tidak suka dengan air, dimana pada saat air diteteskan diatas permukaan material hidrofobik maka air tersebut akan membentuk bulir-bulir yang kemudian meluncur dan membawa kotoran dan debu yang ada pada di permukaan material. Sifat hidrofobik ditentukan oleh waktu penetrasi tetesan air dimana sampel yang diuji diletakkan diatas wadah kaca yang kemudian diberi tetesan sebanyak lima

tetes secara bertahap. Kemudian setiap tetesan dihitung dengan menggunakan *stopwatch* untuk mengetahui Sifat dari nilai hidrofobik yang didapat (Dyjakon dkk., 2019). Klasifikasi dari hidrofobik ini dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sifat hidrofobik

Kriteria klasifikasi waktu penetrasi tetesan air (s)	Sifat Hidrofobik
< 5 s	Hydrophilic
5-60 s	Slightly hydrophobic
60-600 s	Strongly hydrophobic
600-3600 s	Severely hydrophobic
> 3600 s	Extremely hydrophobic

Sumber: (Dyjakon dkk., 2019)

2.10. Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang menjadi landasan penulis dalam penelitian terhadap perlakuan biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya tipe PTC sebagai alat pengering yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Peneliti terdahulu

No.	Peneliti	Hasil Penelitian
1.	Rifanida dkk., (2023). <i>“The Effect of Varying Torrefaction Temperature on the Physical and Mechanical Properties of Briquettes Made from King Grass”</i>	torefaksi terhadap biomassa rumput raja dengan menggunakan alat tabung reaktor dan menggunakan variasi temperatur 150, 175 dan 200°C dengan waktu tinggal selama 45 menit. Dari percobaan tersebut didapatkan hasil bahwa biomassa rumput raja yang dihasilkan dengan perlakuan torefaksi memiliki kualitas yang lebih baik

		jika dibandingkan dengan dengan hasil briket tanpa dilakukan proses torefaksi baik dalam karakteristik fisik maupun sifat mekanik rumput raja itu sendiri.
2.	Chen dkk., (2022). <i>“Comparative study of electric-heating torrefaction and solar-driven torrefaction of biomass: Characterization of property variation and energy usage with torrefaction severity”</i>	proses torefaksi kulit kacang, jerami kedelai, dan kayu pinus dilakukan dengan menggunakan pemanas elektrik dan reaktor surya terkonsentrasi dengan lensa Fresnel. Adapun temperatur torefaksinya yaitu 200, 250, dan 300°C dengan waktu tinggal selama 15, 30, dan 45 menit. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan nilai zat terbang, nilai karbon tetap, nilai kadar abu dan juga nilai kalor yang dihasilkan lebih baik dan optimal.
3.	Cellatoğlu dan Ilkan, (2016). <i>“Solar torrefaction of solid olive mill residue”</i>	torefaksi residu padat pabrik zaitun menggunakan kolektor termal konsentrator <i>parabolic disk</i> pada temperatur 250°C dengan waktu tinggal 10 menit, didapatkan kesimpulan bahwa produk torefaksi yang dihasilkan dengan menggunakan kolektor termal memiliki sifat yang mirip dengan produk yang dihasilkan oleh torefaksi konvensional.
4.	Gallego dkk., (2015). <i>“King Grass: A promising material for the production of second-generation butanol”</i>	Kandungan gula maksimum adalah 78 g/L, dan tanpa adanya kontrol pH yaitu 18 g/L pelarut dan 10,4 g/L butanol yang setara dengan 145 L butanol perton biomassa <i>pretreatment</i> dan hasil maksimum butanol 4500 L per hektar tiap tahunnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat Penelitian

Tempat penelitian dibuat untuk memudahkan ketika melakukan proses penelitian. Beberapa tempat yang akan digunakan serta kegiatan yang dilakukan pada setiap proses tahapan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tempat penelitian dan kegiatan penelitian

No.	Tempat	Kegiatan
1	Laboratorium Teknik Mesin Universitas Malikussaleh	Proses penjemuran, pencacahan, penggilingan bahan baku dan pengujian proses pemanasan biomassa rumput raja
2	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Malikussaleh	Pengujian Analisa Proksimat
3	Laboratorium Teknik Mesin Universitas Malikussaleh	Pengujian Hidrofobik
4	Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe	Pengujian Nilai Kalor

3.1.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juli 2023 sampai bulan Desember 2023 dengan jadwal yang dapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Waktu penelitian

No.	Tahapan Kegiatan	Waktu (bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi literatur						
2	Penulisan proposal dan						

	asistensi						
3	Seminar proposal						
4	Persiapan alat dan bahan						
5	Penelitian dan Pengumpulan data						
6	Analisis data dan hasil penelitian						
7	Penulisan skripsi dan asistensi						
8	Seminar hasil						
9	Sidang akhir						

3.2. Landasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juli 2023 sampai bulan Desember 2023 dengan jadwal yang dapat

1. Studi Masalah

Permasalahan yang menjadi topik pembahasan dalam penelitian ini adalah seberapa optimal kolektor termal PTC dalam pengaplikasian pemanasan terhadap biomassa berbau baku rumput raja yang dihasilkan.

2. Studi Literatur

Dilakukan dengan mencari informasi dari penelitian sebelumnya dan mencari buku, jurnal, sumber internet dan data-data yang terkait dengan proses penelitian yang dilakukan.

3. Persiapan Bahan baku

Untuk bahan baku yang digunakan pada penelitian ini yaitu rumput raja yang didapatkan langsung dari peternak di Desa Padang Sakti, Kecamatan Muara Satu, Lhokseumawe, Kabupaten Aceh utara, Provinsi Aceh. Bahan baku yang didapatkan berupa rumput raja utuh yang masih hijau sehingga diperlukan beberapa perlakuan awal sebelum dilakukan pemanasan.

3.3. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Adapun bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah rumput jenis Rumput Raja atau dalam bahasa latinnya adalah *Pennisetum purpupoides* yang merupakan hasil persilangan antara Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) dengan Rumput Barja (*Pennisetum thypoides*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Rumput raja

3.3.2. Peralatan

Beberapa alat yang digunakan pada penelitian ini untuk melakukan proses dan pengambilan data antara lain adalah sebagai berikut:

a. Proses penelitian

1. Mesin Pencacah

Mesin pencacah adalah alat yang digunakan untuk mencacah ataupun menghancurkan bahan menjadi serpihan-serpihan kecil dengan menggunakan pisau pemotong yang dipasang pada sebuah poros yang dihubungkan melalui *pulley* dan transmisi sabuk pada sebuah motor bensin. Mesin pencacah dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Mesin pencacah

2. Mesin Penggiling

Mesin penggiling digunakan sebagai penggiling dari bahan baku yang sebelumnya sudah menjadi serpihan-serpihan dari hasil mesin pencacah yang kemudian serpihan-serpihan tersebut digiling ke ukuran yang jauh lebih kecil dan halus sesuai dengan ketentuan, tujuannya adalah agar ukuran dari bahan baku menjadi lebih seragam. Alat mesin penggiling dapat dilihat pada Gambar 3.3.



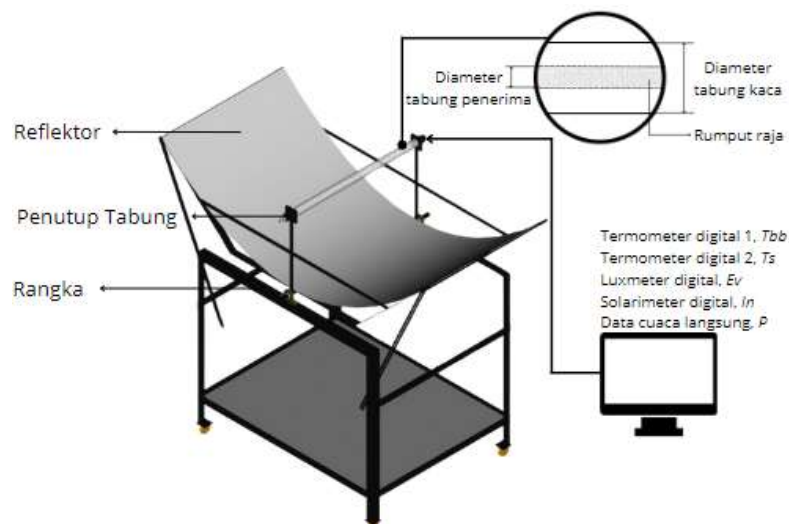
Gambar 3.3 Mesin Penggiling

3. Saringan *mesh* 40

Ayakan ini berbentuk ring metal dimana ayakan ini digunakan untuk penyaring ataupun standar ukuran dari bahan baku yang telah ditentukan. Dimana ring saringan ini akan dimasukkan kedalam sebuah mesin penggiling. Dalam penelitian ini saringan yang digunakan adalah ukuran *mesh* 40.

4. Kolektor surya

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sebuah kolektor termal surya dengan tipe *parabolic trough concentrator* ataupun PTC. Kolektor surya dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kolektor termal surya PTC

Berikut merupakan spesifikasi dari alat kolektor termal surya PTC yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi kolektor termal PTC

Spesifikasi	Nilai
Kolektor	
Panjang kolektor (L)	0,7 m
Lebar bukaan kolektor (W_a)	1,5 m
Jari-jari parabola (r)	0,75 m
Rasio konsentrasi (C)	37,6
Sudur rim (ϕ)	90°
Sudut penerimaan/jarak fokal (f)	0,375 m
Sistem pelacakan matahari	Manual
Reflektor	
Jenis reflektor	Plat aluminium
Luas permukaan	1,05 m ²
Ketebalan	0,0005 m

Tabung penerima	
Jenis pipa tabung	Tembaga ASTM B280
Diameter luar (D_o)	0,0127 m
Diameter dalam	0,0122 m
Ketebalan	0,0005 m
Tabung kaca	
Jenis pipa tabung	Kaca Pyrex
Diameter luar	0,0377 m
Diameter dalam	0,0339 m
Ketebalan	0,0038 m

Berikut ini terdapat beberapa komponen utama pada kolektor termal PTC:

a) Reflektor surya

Reflektor surya berfungsi untuk memantulkan radiasi matahari yang tiba di area bukaan kolektor menuju tabung penerima PTC.

b) Tabung penerima

Pada kolektor surya ini menggunakan sebuah tabung penerima yang berbahankan dari pipa tembaga dan dilapisi warna hitam agar penyerapan dan penahan dari energi panas yang diterima lebih maksimal, guna dari tabung ini ialah sebagai penampung dari bahan baku yang akan diberi pemanasan dan sebagai tempat penerima dari radiasi matahari yang telah dipantulkan.

c) Penutup tabung

Pada sisi ujung tabung penerima ditutup dengan sebuah penutup yang berbahan karet guna agar bahan baku yang terdapat didalam pipa penerima dalam keadaan vakum tanpa adanya udara sehingga panas yang diberikan ke bahan baku tidak terbuang dan lebih optimal.

d) Rangka

Rangka pada PTC berfungsi sebagai pondasi serta penyangga dari reflektor dan komponen lainnya.

b. Instrumen yang digunakan

1. Luxmeter

Luxmeter digital digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari (E_v) pada saat proses pengujian berlangsung. Pada penelitian ini luxmeter yang digunakan adalah luxmeter digital AS803 dimana spesifikasi alat dapat dilihat pada Lampiran 3.

2. Solarimeter

Solarimeter digital digunakan untuk mengukur jumlah radiasi matahari langsung (I_n) yang dihasilkan. Dalam penelitian ini solarimeter yang digunakan adalah solarimeter digital KIMO SL100 dimana spesifikasi alat dapat dilihat pada Lampiran 3.

3. Termometer Digital

Terdapat dua jenis termometer digital yang digunakan pada penelitian ini. Termometer digital pertama, yaitu termometer MASTECH MS6514 yang dihubungkan ke termokopel untuk mengukur temperatur dari bahan baku (T_{bb}).

Dan termometer digital kedua yaitu termometer MET-0017 yang digunakan untuk mengukur temperatur lingkungan (T_s) dimana spesifikasi alat dapat dilihat pada Lampiran 3.

4. Termokopel

Termokopel merupakan sebuah sensor untuk mengukur temperatur dari bahan baku (T_{bb}) yang diberi perlakuan, dimana sensor ini bersentuhan langsung dengan bahan baku. Kemudian sensor ini disambungkan dengan termometer digital untuk menampilkan angka dari temperatur bahan baku tersebut. Pada penelitian ini termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe-K dengan panjang 50 cm. Dimana spesifikasi alat dapat dilihat pada Lampiran 3.

5. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk menghitung dan mengukur waktu yang diperlukan selama proses pengujian sesuai dengan variabel waktu yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini waktu yang ditentukan selama waktu tinggal pengeringan adalah selama 60 menit, 120 menit dan 180 menit menggunakan cahaya matahari dan 180 menit

6. Busur Derajat

Busur derajat digunakan untuk mengatur sudut pelacakan (ρ) kolektor termal PTC selama proses pelacakan matahari.

7. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang dari berat bahan baku sebelum dan sesudah melakukan pengujian untuk mengetahui secara detail berat massa pada bahan baku rumput raja, dimana spesifikasi alat dapat dilihat pada Lampiran 3.

3.4. Faktor penentu sebelum dilakukannya pengujian

Adapun faktor yang menjadi penentu dilakukannya pengujian pemanasan biomassa berbahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal PTC adalah kondisi pengujian. Dimana seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya adalah ketika langit dalam keadaan cerah, matahari dapat memancarkan cahaya dengan jumlah iluminasi hingga 100.000 lux lebih ke permukaan bumi. Sedangkan jika langit dalam kondisi berawan maka jumlah iluminasi cahaya matahari tersebut hanya 10.000 lux (Ma'arif dkk., 2012). Berdasarkan pendapat ini maka pengujian pemanasan biomassa berbahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal PTC dapat dilakukan apabila intensitas cahaya matahari pada saat awal pengujian berjumlah 100.000 lux lebih untuk mendapatkan kondisi pengujian yang sama atau mendekati.

3.5. Prosedur Penelitian

3.5.1. Menghitung sudut pelacakan matahari

Berikut merupakan langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk menghitung sudut pelacakan matahari pada kolektor termal PTC yaitu:

1. Menghitung sudut deklinasi matahari berdasarkan persamaan 2.5.
2. Menghitung waktu matahari berdasarkan persamaan 2.8 sampai dengan persamaan 2.10.
3. Menghitung sudut jam matahari berdasarkan persamaan 2.6.
4. Menghitung sudut ketinggian matahari berdasarkan persamaan 2.3.

5. Menghitung sudut azimut matahari berdasarkan persamaan 2.1.
6. Menghitung sudut pelacakan matahari berdasarkan persamaan 2.14.

3.5.2. Persiapan Penelitian

Sebelum dilakukannya penelitian, terdapat beberapa poin yang harus dipersiapkan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan instrumen penelitian yang akan digunakan.
2. Memeriksa fungsi instrumen penelitian dapat berfungsi dengan baik.
3. Melakukan pengecekan kondisi alat kolektor termal PTC.
4. Membersihkan permukaan tabung kaca selubung dan reflektor PTC.
5. Mempersiapkan bahan baku rumput raja yang sebelumnya telah digiling dengan ukuran *mesh* 40 menggunakan mesin penggiling.
6. Menimbang berat bahan baku awal sebelum dimasukkan kedalam tabung penyerap dengan berat awal yang telah ditentukan yaitu sebanyak 15 gram.
7. Tutup kedua sisi tabung penyerap dengan penutup tabung sehingga keadaan permukaan dalam tabung kaca maupun tabung penyerap dalam kondisi hampa udara.
8. Masukkan tabung pada posisi dudukan tabung yang terletak pada bagian tengah kolektor termal PTC.
9. Memasang instrumen penelitian sesuai dengan posisinya.

3.5.3. Proses Penelitian

Adapun proses penelitian yang perlu dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengatur posisi kolektor termal PTC mengarah pada sumbu horizontal utara-selatan.
2. Nyalakan instrumen penelitian.
3. Mengatur sudut pelacakan kolektor termal PTC yang diatur setiap 5 menit sekali berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya.
4. Menghidupkan *stopwatch* untuk memantau lama durasi waktu pemanasan yang telah ditentukan.

5. Mencatat data-data pengujian pada instrumen penelitian dengan periode waktu setiap 5 menit sekali.
6. Setelah mencapai waktu yang telah ditentukan, selanjutnya biomassa rumput raja dibiarkan beberapa saat didalam tabung penyerap untuk proses pendinginan.
7. Bukalah penutup tabung dan keluarkanlah biomassa rumput raja yang telah didinginkan, lalu masukkan rumput raja kedalam plastik klip yang kemudian ditimbang untuk mengetahui berat akhir dari bahan baku setelah proses pemanasan.
8. Melakukan pengujian kembali dilain hari sesuai dengan variasi waktu tinggal yang telah ditentukan dengan mengulang langkah-langkah kerja diatas.
9. Pengujian selesai.

3.5.4. Analisis data

Berikut ini adalah beberapa langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam menganalisa sifat fisik dan termal dari biomassa rumput raja yang telah dilakukan proses pengeringan menggunakan kolektor termal PTC adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah kadar air yang terdapat pada biomassa rumput raja berdasarkan persamaan
2. Menghitung jumlah kadar abu yang terdapat pada biomassa rumput raja berdasarkan persamaan
3. Menghitung jumlah zat yang menguap ataupun terbang yang terdapat pada biomassa rumput raja berdasarkan persamaan
4. Menghitung jumlah nilai karbon tetap yang terdapat pada biomassa rumput raja berdasarkan persamaan
5. Menghitung jumlah nilai kalor yang terdapat pada biomassa rumput raja berdasarkan persamaan
6. Menghitung jumlah nilai hidrofobik yang terdapat pada biomassa rumput raja berdasarkan kategorinya pada tabel

3.6. Variabel Penelitian

Pada penelitian dilakukan dengan menentukan tiga variabel yaitu variabel tetap, variabel bebas dan variabel terikat. Berikut ini penjelasan dari ketiga variabel tersebut.

3.6.1. Variabel Bebas

Adapun variabel bebas pada penelitian ini adalah durasi waktu yang diatur berdasarkan lama waktu pemanasan dengan variasi durasi 60 menit, 120 menit dan 180 menit. Pemilihan lama durasi waktu tersebut hanya untuk mengetahui pengaruh pemanasan kepada biomassa rumput raja yang dimasukkan kedalam tabung penerima menggunakan kolektor surya PTC dan kemudian dapat dilihat pengaruhnya pada variabel terikat.

3.6.2. Variabel Terikat

Pada penelitian ini, variabel yang akan diamati berdasarkan pengaruh variabel bebas meliputi:

1. Kadar air
2. Zat terbang
3. Kadar abu
4. Karbon tetap
5. Nilai kalor
6. Nilai Hidrofobik

3.6.3. Variabel Tetap

Adapun variabel yang ditetapkan pada penelitian ini adalah:

1. Kolektor termal PTC diorientasikan pada sumbu horizontal utara-selatan dengan mengikuti pergerakan matahari dari timur ke barat.
2. Rentang waktu pengujian dilakukan mulai dari jam 11.00 sampai dengan 14.00 WIB.
3. Pengujian dapat dilakukan apabila angka intensitas matahari berjumlah 100.000 - 200.000 lux pada saat awal pengujian.

4. Bahan baku yang digunakan adalah rumput raja yang sudah digiling dengan ukuran *mesh* 40 dan jumlah sebanyak 15 gram.

3.7. Teknik pengumpulan data

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dimana untuk mengetahui pengaruh pemanasan yang terjadi pada biomassa rumput raja yang dimasukkan kedalam tabung penerima kolektor surya PTC. Pengujian dilakukan dengan bobot rumput raja yang sama yaitu sebanyak 15 gram dan pengujian diambil data melalui instrumen penelitian yang dikumpulkan mulai dari jam 11.00-14.00 WIB. Beberapa data yang dikumpulkan melalui instrumen penelitian yang terdiri dari temperatur bahan baku (T_{bb}) menggunakan instrumen termometer digital dan termokopel, jumlah intensitas cahaya matahari langsung (E_v) menggunakan instrumen luxmeter, jumlah radiasi matahari langsung (I_n) menggunakan instrumen solarimeter, nilai temperatur lingkungan (T_s) menggunakan instrumen termometer digital, sedangkan nilai tekanan atmosfer aktual (P) dilihat data cuaca menggunakan aplikasi *Thermometer*, dan nilai sudut pelacakan matahari (ρ) pada kolektor termal PTC sudah dihitung sebelum pengujian dilakukan menggunakan persamaan 2.14. Data-data tersebut dicatat setiap 5 menit sekali seperti yang terlihat pada Tabel 3.

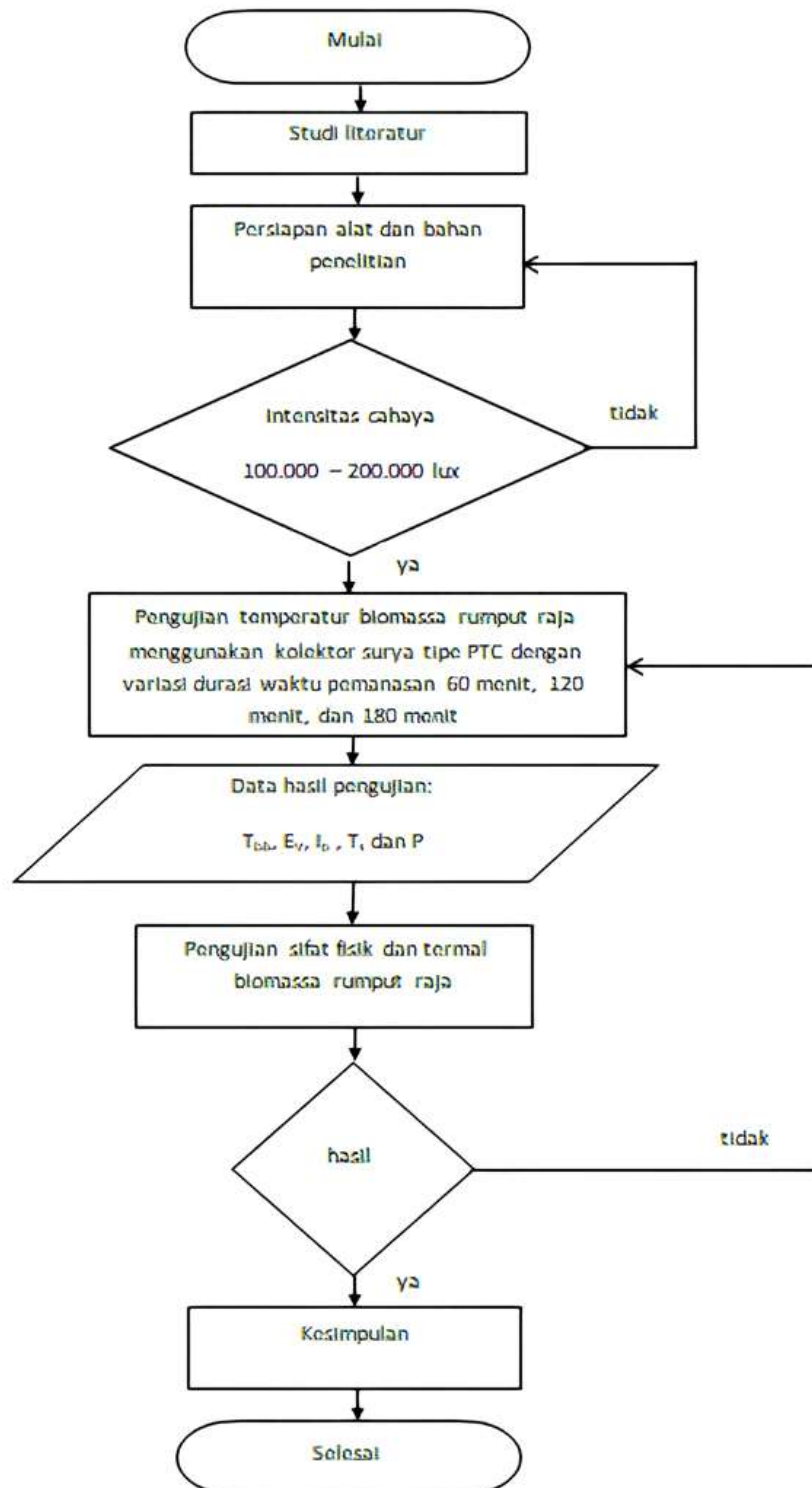
Setelah semua pengujian telah selesai dilakukan dan semua data sudah diperoleh selanjutnya data tersebut akan diolah yang kemudian dianalisis secara manual dan disajikan dalam bentuk grafik sehingga dapat diubah menjadi uraian-uraian yang mudah dipahami serta dapat ditarik kesimpulan mengenai pengaruh durasi pemanasan dengan variasi waktu selama 60 menit, 120 menit dan 180 menit. Dan untuk bahan baku rumput raja yang telah dilakukan pengujian selanjutnya akan dilakukan analisa terkait sifat fisik dan termalnya yang meliputi jumlah kadar air, jumlah zat terbang, jumlah kadar abu, jumlah karbon tetap, jumlah nilai kalor dan sifat hidrofobik dari rumput raja tersebut yang kemudian hasil dari analisa tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sehingga dapat diubah menjadi uraian-uraian yang mudah dipahami serta dapat ditarik kesimpulan mengenai sifat fisik dan termal dari biomassa rumput raja tersebut.

Tabel 3.4 Format tabel pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC

Waktu	ρ (°)	T_{bb} (°C)	E_v (lux)	I_n (W/m ²)	T_s (°C)	P (hPa)	Kondisi
11.05							
11.10							
11.15							
11.20							
11.25							
11.30							
11.35							
11.40							
11.45							
11.50							
11.55							
12.00							
12.05							
12.10							
12.15							
12.20							
12.25							
12.30							
12.35							
12.40							
Dst.							

3.8. Diagram alir *Flowchart* Penelitian

Tahapan-tahapan untuk melakukan pengujian dapat dilihat dalam bentuk diagram alir yang terdapat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan pemaparan tentang hasil penelitian pengaruh durasi pemanasan menggunakan kolektor termal surya terhadap sifat fisik dan termal biomassa rumput raja. Dimana pembahasan ini meliputi dari hasil perhitungan pelacakan matahari, data hasil pengujian dan perbedaan karakteristik serta nilai kalor dari bahan baku rumput raja setelah pengujian dengan waktu tinggal yang telah divariasikan.

4.1. Menghitung sudut pelacakan matahari kolektor termal PTC

Pengujian pemanasan biomassa rumput raja menggunakan kolektor termal PTC dilakukan di Jalan Batam, Fakultas Teknik, Bukit Indah, Kampus Universitas Malikussaleh, Desa Blang Pulo, Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe, dan letak astronomis lokasi pengujian dapat dilihat pada Lampiran 2 dan perhitungan mencari sudut pelacakan matahari dan eifisiensi kolektor dapat dilihat pada Lampiran 5. Berikut merupakan hasil analisis perhitungan sudut pelacakan matahari kolektor termal surya PTC pada tanggal 11 September 2023, 14 September 2023 dan 16 September 2023 dimana pengujian dicatat setiap 5 menit sekali, yang dapat dilihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3. Hasil analisa ini didapatkan dari hasil perhitungan yang terdapat pada Lampiran 5.

Tabel 4.1 Hasil analisis perhitungan sudut pelacakan matahari kolektor termal surya PTC selama 60 menit pada tanggal 11 September 2023

n	$\delta_s(^{\circ})$	B ($^{\circ}$)	ET(mnt)	LST	ST(jam)	$h_s(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	$a_s(^{\circ})$	$\rho(^{\circ})$
254	3,82	171,10	4,19	11.00	10,558	-21,64	68,39	-87,23	-21,6
254	3,82	171,10	4,19	11.05	10,641	-20,39	69,63	-86,96	-20,3
254	3,82	171,10	4,19	11.10	10,724	-19,14	70,87	-86,65	-19,1
254	3,82	171,10	4,19	11.15	10,808	-17,89	72,12	-86,31	-17,9
254	3,82	171,10	4,19	11.20	10,891	-16,64	73,36	-85,92	-16,6
254	3,82	171,10	4,19	11.25	10,974	-15,39	74,60	-85,48	-15,4

254	3,82	171,10	4,19	11.30	11,058	-14,14	75,84	-84,98	-14,1
254	3,82	171,10	4,19	11.35	11,141	-12,89	77,08	-84,39	-12,9
254	3,82	171,10	4,19	11.40	11,224	-11,64	78,32	-83,68	-11,6
254	3,82	171,10	4,19	11.45	11,308	-10,39	79,55	-82,82	-10,4
254	3,82	171,10	4,19	11.50	11,391	-9,14	80,79	-81,74	-9,1
254	3,82	171,10	4,19	11.55	11,474	-7,89	82,02	-80,34	-7,9
254	3,82	171,10	4,19	12.00	11,558	-6,64	83,24	-78,46	-6,6

Tabel 4.2 Hasil analisis perhitungan sudut pelacakan matahari kolektor termal surya PTC selama 120 menit pada tanggal 14 September 2023

n	δ_s (°)	B (°)	ET(mnt)	LST	ST (jam)	h_s (°)	α (°)	a_s (°)	ρ (°)
257	2,62	174,07	5,30	11.00	10,576	-21,36	68,54	-83,90	-21,4
257	2,62	174,07	5,30	11.05	10,659	-20,11	69,77	-83,43	-20,1
257	2,62	174,07	5,30	11.10	10,743	-18,86	71,01	-82,90	-18,9
257	2,62	174,07	5,30	11.15	10,826	-17,61	72,25	-82,30	-17,6
257	2,62	174,07	5,30	11.20	10,909	-16,36	73,48	-81,63	-16,4
257	2,62	174,07	5,30	11.25	10,993	-15,11	74,71	-80,85	-15,1
257	2,62	174,07	5,30	11.30	11,076	-13,86	75,94	-79,94	-13,9
257	2,62	174,07	5,30	11.35	11,159	-12,61	77,16	-78,87	-12,6
257	2,62	174,07	5,30	11.40	11,243	-11,36	78,38	-77,59	-11,4
257	2,62	174,07	5,30	11.45	11,326	-10,11	79,59	-76,01	-10,1
257	2,62	174,07	5,30	11.50	11,409	-8,86	80,79	-74,04	-8,9
257	2,62	174,07	5,30	11.55	11,493	-7,61	81,98	-71,49	-7,6
257	2,62	174,07	5,30	12.00	11,576	-6,36	83,15	-68,08	-6,4
257	2,62	174,07	5,30	12.05	11,659	-5,11	84,29	-63,31	-5,1
257	2,62	174,07	5,30	12.10	11,743	-3,86	85,36	-56,28	-3,9
257	2,62	174,07	5,30	12.15	11,826	-2,61	86,33	-45,30	-2,6
257	2,62	174,07	5,30	12.20	11,909	-1,36	87,08	-27,73	-1,4
257	2,62	174,07	5,30	12.25	11,993	-0,11	87,41	-2,40	-0,1
257	2,62	174,07	5,30	12.30	12,076	1,14	87,18	23,83	1,1
257	2,62	174,07	5,30	12.35	12,159	2,39	86,48	42,81	2,4
257	2,62	174,07	5,30	12.40	12,243	3,64	85,54	54,72	3,6

257	2,62	174,07	5,30	12.45	12,326	4,89	84,48	62,29	4,9
257	2,62	174,07	5,30	12.50	12,409	6,14	83,35	67,37	6,1
257	2,62	174,07	5,30	12.55	12,493	7,39	82,19	70,97	7,4
257	2,62	174,07	5,30	13.00	12,5756	8,64	81,00	73,64	8,6

Tabel 4.3 Hasil analisis perhitungan sudut pelacakan matahari kolektor termal surya PTC selama 180 menit pada tanggal 16 September 2023

n	$\delta_s(^{\circ})$	B ($^{\circ}$)	ET(mnt)	LST	ST (jam)	$h_s (^{\circ})$	$\alpha (^{\circ})$	$a_s (^{\circ})$	$\rho (^{\circ})$
259	1,81	176,04	6,05	11.00	10,589	-21,17	68,60	-81,65	-21,2
259	1,81	176,04	6,05	11.05	10,672	-19,92	69,83	-81,05	-19,9
259	1,81	176,04	6,05	11.10	10,775	-18,67	71,06	-80,37	-18,7
259	1,81	176,04	6,05	11.15	10,839	-17,42	72,29	-79,60	-17,4
259	1,81	176,04	6,05	11.20	10,922	-16,17	73,51	-78,72	-16,2
259	1,81	176,04	6,05	11.25	11,005	-14,92	74,73	-77,72	-14,9
259	1,81	176,04	6,05	11.30	11,089	-13,67	75,94	-76,54	-13,7
259	1,81	176,04	6,05	11.35	11,172	-12,42	77,15	-75,16	-12,4
259	1,81	176,04	6,05	11.40	11,255	-11,17	78,35	-73,50	-11,2
259	1,81	176,04	6,05	11.45	11,339	-9,92	79,54	-71,47	-9,9
259	1,81	176,04	6,05	11.50	11,422	-8,67	80,71	-68,93	-8,7
259	1,81	176,04	6,05	11.55	11,505	-7,42	81,86	-65,69	-7,4
259	1,81	176,04	6,05	12.00	11,589	-6,17	82,97	-61,41	-6,2
259	1,81	176,04	6,05	12.05	11,672	-4,92	84,03	-55,58	-4,9
259	1,81	176,04	6,05	12.10	11,755	-3,67	85,01	-47,37	-3,7
259	1,81	176,04	6,05	12.15	11,839	-2,42	85,84	-35,58	-2,4
259	1,81	176,04	6,05	12.20	11,922	-1,17	86,42	-19,07	-1,2
259	1,81	176,04	6,05	12.25	12,005	0,08	86,61	1,34	0,1
259	1,81	176,04	6,05	12.30	12,089	1,33	86,36	21,43	1,3
259	1,81	176,04	6,05	12.35	12,172	2,58	85,75	37,32	2,6
259	1,81	176,04	6,05	12.40	12,255	3,83	84,89	48,58	3,8
259	1,81	176,04	6,05	12.45	12,339	5,08	83,90	56,43	5,1
259	1,81	176,04	6,05	12.50	12,422	6,33	82,83	62,02	6,3
259	1,81	176,04	6,05	12.55	12,505	7,58	81,71	66,15	7,6

259	1,81	176,04	6,05	13.00	12,589	8,83	80,56	69,29	8,8
259	1,81	176,04	6,05	13.05	12,672	10,08	79,39	71,75	10,1
259	1,81	176,04	6,05	13.10	12,755	11,33	78,20	73,73	11,3
259	1,81	176,04	6,05	13.15	12,839	12,58	77,00	75,35	12,6
259	1,81	176,04	6,05	13.20	12,922	13,83	75,79	76,70	13,8
259	1,81	176,04	6,05	13.25	13,005	15,08	74,57	77,85	15,1
259	1,81	176,04	6,05	13.30	13,089	16,33	73,36	78,84	16,3
259	1,81	176,04	6,05	13.35	13,172	17,58	72,13	79,70	17,6
259	1,81	176,04	6,05	13.40	13,255	18,83	70,91	80,46	18,8
259	1,81	176,04	6,05	13.45	13,339	20,08	69,68	81,13	20,1
259	1,81	176,04	6,05	13.50	13,422	21,33	68,45	81,72	21,3
259	1,81	176,04	6,05	13.55	13,505	22,58	67,21	82,26	22,6
259	1,81	176,04	6,05	14.00	13,589	23,83	65,98	82,75	23,8

4.2. Pengujian pemanasan dengan menggunakan kolektor termal surya

Pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal PTC telah dilakukan dengan variasi durasi waktu pemanasan selama 60 menit pada tanggal 11 September 2023, 120 menit pada tanggal 14 September 2023 dan 180 menit pada tanggal 16 September 2023. Dimana pengujian pemanasan dengan kolektor termal PTC dilakukan pada pukul 11.00-14.00 WIB dan diorientasikan pada sumbu horizontal utara-selatan. Masing-masing data hasil pengujian dicatat dengan periode setiap 5 menit sekali dan dapat dilihat pada Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6. Dokumentasi yang dilakukan selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 4.

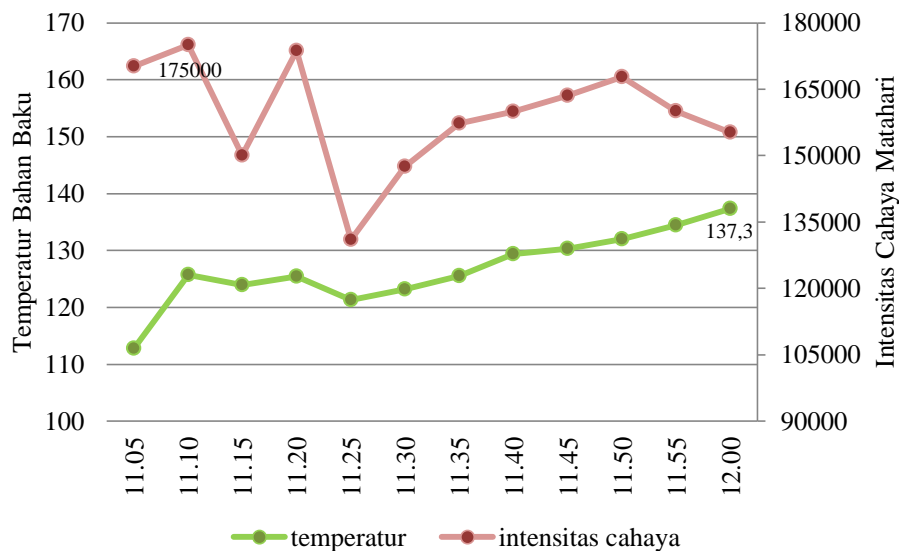
4.2.1. Pengujian pemanasan selama 60 menit

Pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC dilakukan selama 60 menit pada tanggal 11 September 2023 yang dimulai pada pukul 11.00-12.00 WIB. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC selama 60 menit

Waktu	ρ (°)	T_{bb} (°C)	E_v (lux)	I_n (W/m ²)	T_s (°C)	P (hPa)	Kondisi
11.05	-20,3	112,8	170200	802	31,9	1012	Cerah
11.10	-19,1	125,7	175000	810	32,7	1012	Cerah
11.15	-17,9	123,9	150100	760	32,8	1012	Cerah
11.20	-16,6	125,4	173700	799	32,6	1012	Cerah
11.25	-15,4	121,3	131000	657	32,9	1012	Cerah
11.30	-14,1	123,2	147500	683	33,1	1011	Cerah
11.35	-12,9	125,5	157300	721	33,3	1011	Cerah
11.40	-11,6	129,4	159900	728	33,4	1011	Cerah
11.45	-10,4	130,3	163600	746	33,4	1011	Cerah
11.50	-9,1	132,0	167800	750	33,8	1011	Cerah
11.55	-7,9	134,4	160100	736	34,1	1011	Cerah
12.00	-6,6	137,3	155200	711	34,0	1011	Cerah
Rata-rata	:	126,8	159283	742	33,2		
Maksimum	:	137,3	175000	810	34,1		
Minimum	:	112,8	131000	657	31,9		

Berdasarkan data dari hasil pengujian yang dilakukan pada Tabel 4.4 diatas, maka dapat dilihat bahwa nilai pada masing masing pengujian cukup bervariasi dikarenakan pergerakan awan yang menghalangi datangnya cahaya matahari yang sampai ke lokasi pengujian beberapa saat. Hal ini dapat dilihat pada grafik yang tertera pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik temperatur bahan baku terhadap intensitas cahaya matahari selama 60 menit

Dari Gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai dari jumlah intensitas matahari menjadi salah satu faktor penentu dari temperatur dari bahan baku yang diujikan. Dimana dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah intensitas cahaya matahari yang masuk maka akan semakin tinggi pula temperatur dari bahan baku tersebut. Pada pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai jumlah intensitas matahari rata-rata sebesar 159.283 lux dan nilai dari temperatur bahan baku yang didapatkan dengan rata-rata sebesar 126,8°C. Dimana selama pengujian dilakukan, nilai jumlah intensitas matahari tertinggi didapatkan pada data kedua yaitu sebesar 175.000 lux dan nilai temperatur dari bahan baku tertinggi yang didapat selama pengujian adalah pada data ke dua belas yaitu sebesar 137,3°C. Ketika langit dalam keadaan cerah, jumlah intensitas cahaya matahari dapat mencapai hingga 100.000 lux lebih pada saat tiba di suatu permukaan bumi dan ketika langit dalam keadaan berawan berjumlah 10.000 lux (Ma'arif dkk., 2012). Berdasarkan pendapat ini, dapat diartikan bahwa secara umum pengujian ini dapat dilakukan apabila kondisi langit dalam keadaan cerah.

.Namun terdapat faktor lain penentu dari tingginya temperatur bahan baku dan salah satunya adalah temperatur dari lingkungan pada lokasi pengujian. Dikarenakan nilai jumlah intensitas cahaya matahari yang tinggi belum tentu

menjamin hari panas dikarenakan temperatur dari lingkungan yang rendah. Hal ini disebabkan karena banyaknya kehilangan panas secara konveksi yang disebabkan oleh udara di sekitar lokasi pengujian sehingga panas yang sampai pada bahan baku dinilai kurang maksimal.

4.2.2. Pengujian pemanasan selama 120 menit

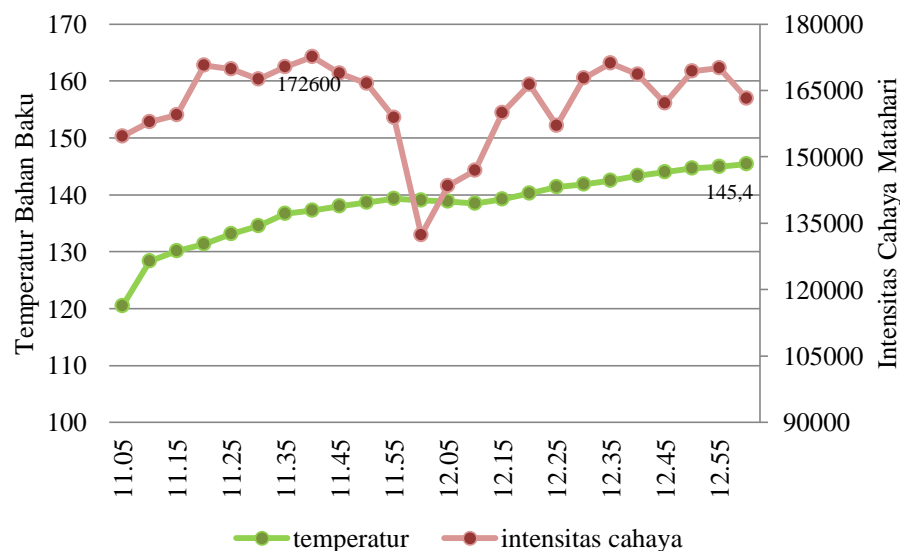
Pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC dilakukan selama 120 menit pada tanggal 14 September 2023 yang dimulai pada pukul 11.00-13.00 WIB. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC selama 120 menit

Waktu	ρ (°)	T_{bb} (°C)	E_v (lux)	I_n (W/m ²)	T_s (°C)	P (hPa)	Kondisi
11.05	-20,1	120,5	154600	712	32,6	1012	Cerah
11.10	-18,9	128,3	157900	720	32,9	1012	Cerah
11.15	-17,6	130,1	159500	723	33,1	1012	Cerah
11.20	-16,4	131,3	170700	794	33,2	1012	Cerah
11.25	-15,1	133,1	169800	785	33,6	1012	Cerah
11.30	-13,9	134,5	167500	780	34,0	1012	Cerah
11.35	-12,6	136,7	170300	792	34,2	1012	Cerah
11.40	-11,4	137,2	172600	804	34,5	1012	Cerah
11.45	-10,1	138,0	168900	790	34,1	1011	Cerah
11.50	-8,9	138,6	166600	782	33,9	1011	Cerah
11.55	-7,6	139,3	158800	767	34,0	1011	Cerah
12.00	-6,4	139,0	132300	623	33,7	1011	Cerah
12.05	-5,1	138,8	143400	679	33,2	1011	Cerah
12.10	-3,9	138,5	146900	691	33,8	1011	Cerah
12.15	-2,6	139,2	159900	752	34,1	1010	Cerah
12.20	-1,4	140,2	166300	762	34,5	1010	Cerah

12.25	-0,1	141,4	157100	747	34,9	1010	Cerah
12.30	1,1	141,8	167800	769	35,4	1010	Cerah
12.35	2,4	142,5	171200	793	35,6	1010	Cerah
12.40	3,6	143,3	168600	777	35,0	1010	Cerah
12.45	4,9	144,0	162100	761	34,8	1010	Cerah
12.50	6,1	144,6	169300	788	34,6	1010	Cerah
12.55	7,4	144,9	170100	797	34,4	1010	Cerah
13.00	8,6	145,4	163200	773	34,7	1010	Cerah
Rata-rata	:	138,0	162308	757	34,1		
Maksimum	:	145,4	172600	804	35,6		
Minimum	:	120,5	132300	623	32,6		

Berdasarkan data dari hasil pengujian yang dilakukan pada Tabel 4.5 diatas, maka dapat dilihat bahwa nilai pada masing masing pengujian cukup bervariasi dikarenakan pergerakan awan yang menghalangi datangnya cahaya matahari yang sampai ke lokasi pengujian beberapa saat. Hal ini dapat dilihat pada grafik yang tertera pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik temperatur bahan baku terhadap intensitas cahaya matahari selama 120 menit

Dari Gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai dari jumlah intensitas matahari menjadi salah satu faktor penentu dari temperatur dari bahan baku yang diujikan. Dimana dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah intensitas cahaya matahari yang masuk maka akan semakin tinggi pula temperatur dari bahan baku tersebut. Pada pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai jumlah intensitas matahari rata-rata sebesar 162.308 lux dan nilai dari temperatur bahan baku yang didapatkan dengan rata-rata sebesar 138,0°C. Dimana selama pengujian dilakukan, nilai jumlah intensitas matahari tertinggi didapatkan pada data kedelapan yaitu sebesar 172.600 lux dan nilai temperatur dari bahan baku tertinggi yang didapat selama pengujian adalah pada data kedua puluh empat yaitu sebesar 145,4°C. Ketika langit dalam keadaan cerah, jumlah intensitas cahaya matahari dapat mencapai hingga 100.000 lux lebih pada saat tiba di suatu permukaan bumi dan ketika langit dalam keadaan berawan berjumlah 10.000 lux (Ma'arif dkk., 2012). Berdasarkan pendapat ini, dapat diartikan bahwa secara umum pengujian ini dapat dilakukan apabila kondisi langit dalam keadaan cerah.

Namun terdapat faktor lain penentu dari tingginya temperatur bahan baku dan salah satunya adalah temperatur dari lingkungan pada lokasi pengujian. Dikarenakan nilai jumlah intensitas cahaya matahari yang tinggi belum tentu menjamin hari panas dikarenakan temperatur dari lingkungan yang rendah. Hal ini disebabkan karena banyaknya kehilangan panas secara konveksi yang disebabkan oleh udara di sekitar lokasi pengujian sehingga panas yang sampai pada bahan baku dinilai kurang maksimal.

4.2.3. Pengujian pemanasan selama 180 menit

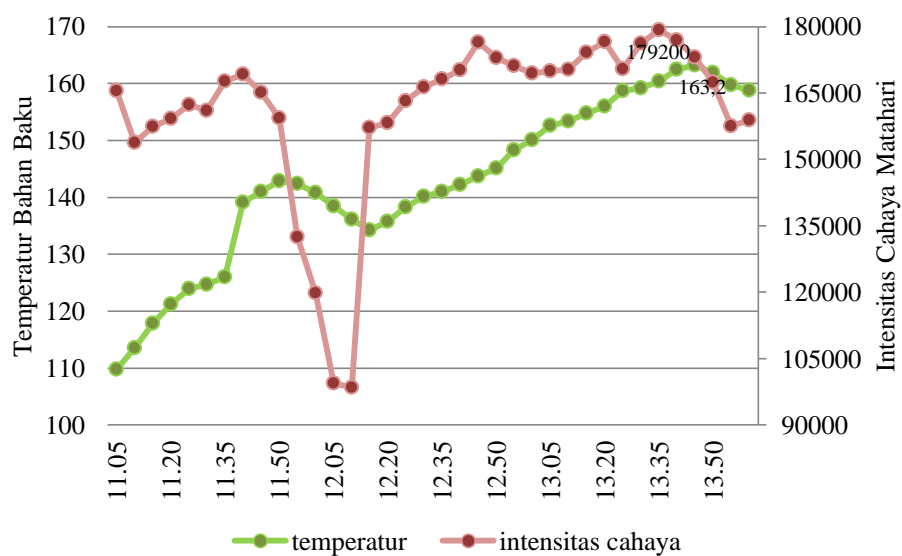
Pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC dilakukan selama 180 menit pada tanggal 16 September 2023 yang dimulai pada pukul 11.00-14.00 WIB. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC selama 180 menit

Waktu	ρ (°)	T_{bb} (°C)	E_v (lux)	I_n (W/m ²)	T_s (°C)	P (hPa)	Kondisi
11.05	-19,9	109,8	165500	783	32,4	1012	Cerah
11.10	-18,7	113,5	153800	732	32,5	1012	Cerah
11.15	-17,4	117,8	157400	741	33,0	1012	Cerah
11.20	-16,2	121,2	159200	744	33,2	1012	Cerah
11.25	-14,9	123,9	162400	777	33,5	1012	Cerah
11.30	-13,7	124,7	161000	753	33,1	1012	Cerah
11.35	-12,4	126,0	167700	760	33,3	1012	Cerah
11.40	-11,2	139,1	169200	772	33,8	1011	Cerah
11.45	-9,9	141,0	165100	781	34,0	1011	Cerah
11.50	-8,7	142,9	159300	773	33,7	1011	Cerah
11.55	-7,4	142,4	132400	553	33,3	1011	Cerah
12.00	-6,2	140,8	119800	467	33,0	1011	Cerah
12.05	-4,9	138,5	99470	398	32,6	1011	Berawan
12.10	-3,7	136,1	98470	370	32,8	1011	Berawan
12.15	-2,4	134,2	157200	754	33,0	1011	Cerah
12.20	-1,2	135,7	158200	759	33,2	1011	Cerah
12.25	0,1	138,3	163200	783	33,6	1011	Cerah
12.30	1,3	140,1	166300	789	33,6	1011	Cerah
12.35	2,6	141,0	168100	774	33,3	1011	Cerah
12.40	3,8	142,2	170200	794	33,9	1010	Cerah
12.45	5,1	143,7	176400	802	34,0	1010	Cerah
12.50	6,3	145,1	172900	785	34,2	1010	Cerah
12.55	7,6	148,3	171100	787	34,5	1010	Cerah
13.00	8,8	150,1	169500	763	34,7	1010	Cerah
13.05	10,1	152,6	169900	764	34,8	1010	Cerah
13.10	11,3	153,4	170300	768	34,5	1010	Cerah
13.15	12,6	154,8	174200	771	34,7	1010	Cerah

13.20	13,8	156,0	176600	780	35,0	1010	Cerah
13.25	15,1	158,7	170400	767	35,2	1010	Cerah
13.30	16,3	159,2	176200	793	35,0	1010	Cerah
13.35	17,6	160,4	179200	814	35,3	1010	Cerah
13.40	18,8	162,5	176900	800	34,8	1009	Cerah
13.45	20,1	163,2	173100	763	34,4	1009	Cerah
13.50	21,3	161,9	167400	729	34,5	1009	Cerah
13.55	22,6	159,7	157500	670	33,9	1009	Cerah
14.00	23,8	158,8	158800	688	33,8	1009	Cerah
Rata-rata	:	142,7	160954	731	33,8		
Maksimum	:	163,2	179200	814	35,3		
Minimum	:	109,8	98470	370	32,4		

Berdasarkan data dari hasil pengujian yang dilakukan pada Tabel 4.6 diatas, maka dapat dilihat bahwa nilai pada masing masing pengujian cukup bervariasi dikarenakan pergerakan awan yang menghalangi datangnya cahaya matahari yang sampai ke lokasi pengujian beberapa saat. Hal ini dapat dilihat pada grafik yang tertera pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik temperatur bahan baku terhadap intensitas cahaya matahari selama 180 menit

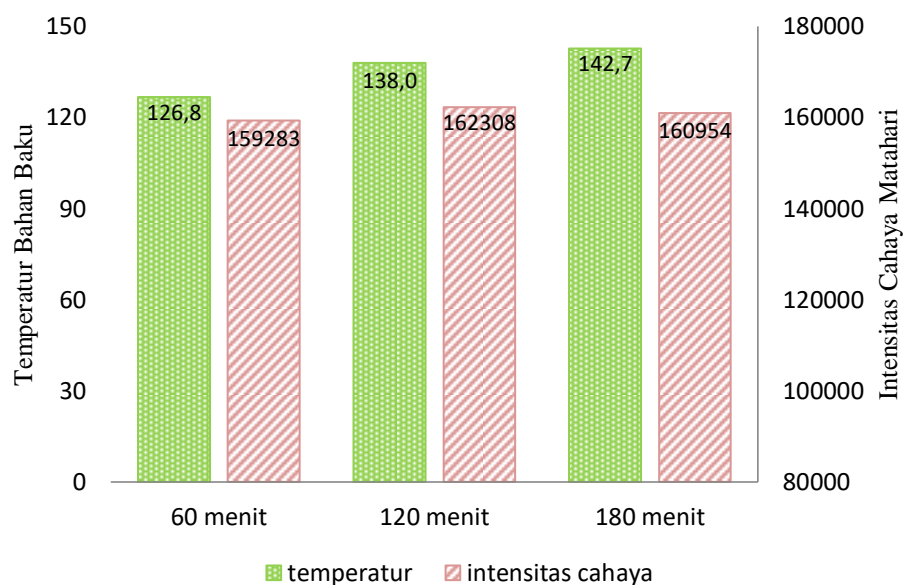
Dari Gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai dari jumlah intensitas matahari menjadi salah satu faktor penentu dari temperatur dari bahan baku yang diujikan. Dimana dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah intensitas cahaya matahari yang masuk maka akan semakin tinggi pula temperatur dari bahan baku tersebut. Pada pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai jumlah intensitas matahari rata-rata sebesar 160.954 lux dan nilai dari temperatur bahan baku yang didapatkan dengan rata-rata sebesar 142,7°C. Dimana selama pengujian dilakukan, nilai jumlah intensitas matahari tertinggi didapatkan pada data ketiga puluh satu yaitu sebesar 179.200 lux dan nilai temperatur dari bahan baku tertinggi yang didapat selama pengujian adalah pada data ketiga puluh tiga yaitu sebesar 163,2°C. Ketika langit dalam keadaan cerah, jumlah intensitas cahaya matahari dapat mencapai hingga 100.000 lux lebih pada saat tiba di suatu permukaan bumi dan ketika langit dalam keadaan berawan berjumlah 10.000 lux (Ma'arif dkk., 2012).

Namun terdapat faktor lain penentu dari tingginya temperatur bahan baku dan salah satunya adalah temperatur dari lingkungan pada lokasi pengujian. Dikarenakan nilai jumlah intensitas cahaya matahari yang tinggi belum tentu menjamin hari panas dikarenakan temperatur dari lingkungan yang rendah. Hal ini disebabkan karena banyaknya kehilangan panas secara konveksi yang disebabkan oleh udara di sekitar lokasi pengujian sehingga panas yang sampai pada bahan baku dinilai kurang maksimal.

4.2.4. Perbandingan temperatur dan intensitas cahaya terhadap waktu

Didapatkan hasil dari nilai rata-rata temperatur dari bahan baku rumput raja yang telah diberi pemanasan. Nilai rata-rata bahan baku rumput raja yang diberi pemanasan selama 60 menit yaitu sebesar 126,8°C dengan nilai rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar 159283 lux, dan untuk bahan baku rumput raja yang telah diberi pemanasan selama 120 menit didapatkan nilai rata-rata temperatur bahan baku yaitu sebesar 138,0 °C dengan nilai rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar 162308 lux, kemudian bahan baku rumput raja yang telah

diberi pemanasan selama 180 menit didapatkan nilai rata-rata temperatur bahan baku yaitu sebesar 142,7 °C dengan nilai rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar 160954 lux. Selanjutnya nilai rata-rata temperatur bahan baku dan nilai rata-rata intensitas cahaya matahari dapat dilihat perbandingannya yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai rata-rata temperatur bahan baku terhadap nilai rata-rata intensitas cahaya matahari

4.3. Pengujian proksimat rumput raja

Hasil pengujian bahan baku rumput raja setelah dilakukan proses pemanasan menggunakan kolektor termal surya PTC adalah dengan menguji kadar air (*moisture content*), zat terbang (*zat volatile*), kadar abu (*ash content*), dan nilai karbon tetap (*fixed carbon*). Berikut merupakan informasi keterangan terkait kode sampel pengujian yang diberikan yang tertera pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Sampel ID

No.	Sampel ID	Keterangan
1.	BB	Sampel rumput raja tanpa pemanasan

2.	BB1J	Sampel rumput raja yang diberi pemanasan selama 60 menit
3.	BB2J	Sampel rumput raja yang diberi pemanasan selama 120 menit
4.	BB3J	Sampel rumput raja yang diberi pemanasan selama 180 menit

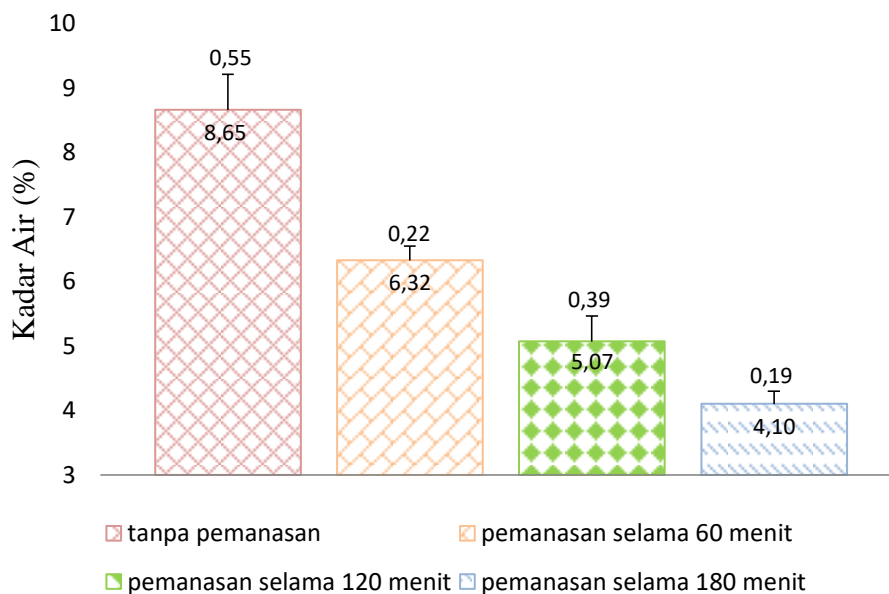
4.3.1. Kadar Air (*moisture content*)

Pengujian kadar air dilakukan dengan menimbang bahan baku seberat 1-2 gram. Kemudian bahan baku dimasukkan kedalam oven dengan suhu 115°C selama 3 jam. Kadar air yang tinggi dapat mengakibatkan sulitnya suatu bahan bakar dapat terbakar. Jika bahan bakar memiliki kadar air yang tinggi, maka juga dapat berpengaruh pada proses pembakaran dimana kandungan air yang tinggi dapat menghambat laju pembakaran dan jika terbakar juga akan banyak menimbulkan asap. Berikut merupakan hasil dari perhitungan pengujian nilai kadar air pada sampel bahan baku rumput raja yang dapat dilihat pada Tabel 4.8, dan perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 4.8 Hasil pengujian kadar air rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan

Sampel	Cawan (g)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kadar air (%)
BB	46,30	1,04	0,95	8,65
BB1J	50,89	1,03	0,96	6,32
BB2J	51,20	1,03	0,98	5,07
BB3J	44,27	1,04	0,99	4,10

Berdasarkan dari hasil pengujian pada Tabel 4.8 diatas dapat dihasilkan juga berupa data dalam bentuk grafik pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian kadar air rumput raja

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai kadar air setelah proses pemanasan menggunakan kolektor termal surya PTC yang tertinggi yaitu pada sampel BB1J sebesar 6,32% dan kadar air terendah yaitu pada sampel BB3J sebesar 4,08%. Penurunan kadar air ini terjadi dikarenakan semakin lamanya waktu pemanasan yang diberikan selama proses pengujian berlangsung. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan banyaknya asap pada proses pembakaran. Selain itu, kadar air yang tinggi menyebabkan bahan bakar menjadi sulit untuk terbakar.

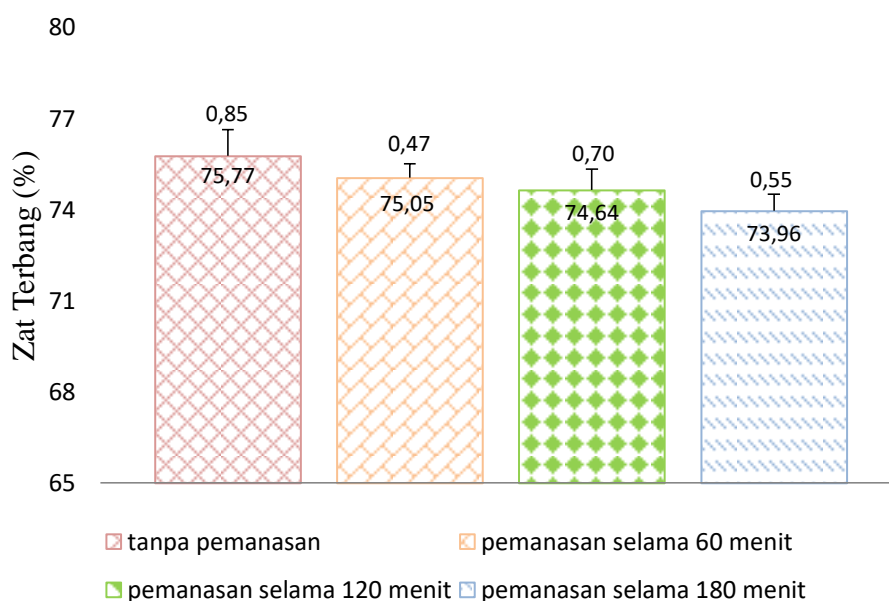
4.3.2. Zat Terbang (*zat volatile*)

Pengujian zat terbang dilakukan dengan cara menimbang bahan baku sebanyak 1-2 gram. Setelah itu bahan baku pengujian dimasukkan kedalam *furnace* pada suhu 950°C. Berikut merupakan hasil dari perhitungan pengujian nilai zat terbang pada sampel bahan baku rumput raja yang dapat dilihat pada Tabel 4.9, dan perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 4.9 Hasil pengujian zat terbang rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan

Sampel	Krusibel (g)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Zat terbang (%)
BB	70,03	1,07	0,26	75,77
BB1J	73,37	1,07	0,27	75,05
BB2J	75,50	1,08	0,28	74,64
BB3J	75,10	1,05	0,27	73,96

Berdasarkan dari hasil pengujian pada Tabel 4.9 diatas dapat dihasilkan juga berupa data dalam bentuk grafik pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian zat terbang rumput raja

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa rentang nilai dari zat yang hilang pada pemanasan suhu 950°C pada rentang nilai 75,77% - 73,96%. Zat terbang yang terkandung pada ketiga variasi waktu pemanasan ini masih cukup tinggi dan bahkan hanya sedikit perselisihan nilai yang didapat, dimana zat terbang terendah didapat pada sampel BB3J dengan nilai sebesar 73,96% dan zat terbang tertinggi didapat pada sampel BB1J dengan nilai sebesar 75,05%. Kandungan air adalah zat

yang mudah menguap dan untuk mengatasi solusi itu maka diperlukan pemanasan yang lebih tinggi. Sebab, semakin tinggi panas yang diberikan maka kandungan zat terbang akan semakin berkurang (sedikit). Kandungan zat terbang sangat menentukan sifat pembakaran. Semakin banyak kandungan zat terbang, maka akan semakin mudah bahan baku tersebut untuk terbakar dan menyala sehingga laju pembakaran semakin cepat. Kandungan zat terbang yang tinggi mempunyai keuntungan yang diantaranya adalah penyalaan dan pembakaran lebih mudah tetapi mempunyai kelemahan yaitu nilai dari karbon tetap yang rendah (Dwi Danang dkk., 2013).

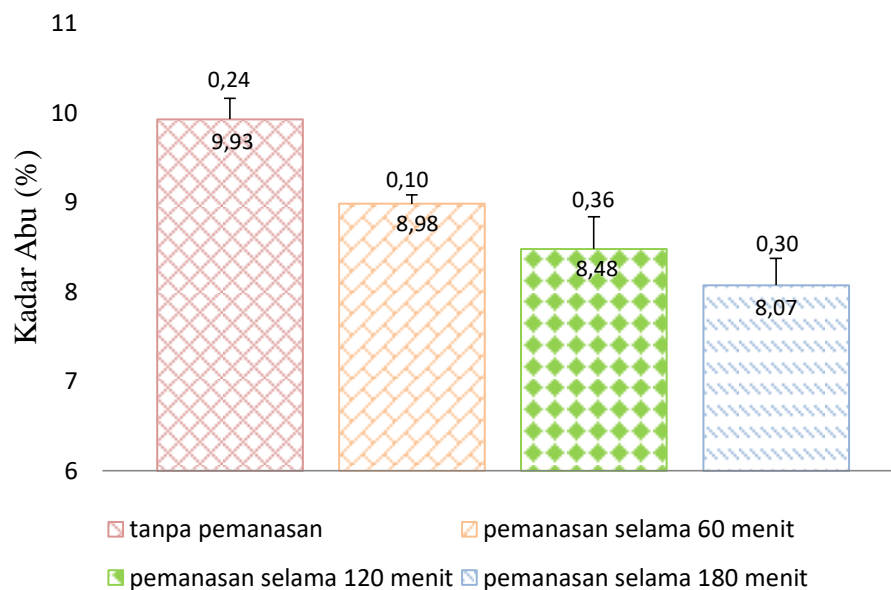
4.3.3. Kadar Abu (*ash content*)

Pengujian kadar abu dilakukan dengan cara menimbang bahan baku sebanyak 2-3 gram. Setelah itu bahan baku pengujian dimasukkan kedalam *furnace* pada suhu 800°C selama 120 menit. Kemudian setelah dikeluarkan dari *furnace*, bahan baku ditimbang untuk mengetahui bobot akhir setelah pengujian. Berikut merupakan hasil dari perhitungan kadar abu pada sampel bahan baku rumput raja yang dapat dilihat pada Tabel 4.10, dan perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 4.10 Hasil pengujian kadar abu rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan

Sampel	Krusibel (g)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kadar abu (%)
BB	74,56	2,04	0,20	9,93
BB1J	74,67	2,09	0,19	8,98
BB2J	74,44	2,09	0,18	8,48
BB3J	73,82	2,01	0,16	8,07

Berdasarkan dari hasil pengujian pada Tabel 4.10 diatas dapat dihasilkan juga berupa data dalam bentuk grafik pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik hasil pengujian kadar abu rumput raja

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai kadar abu setelah proses pemanasan menggunakan kolektor termal surya PTC yang tertinggi yaitu pada sampel BB1J sebesar 8,98% dan kadar abu terendah yaitu pada sampel BB3J sebesar 8,07%. Nilai kadar abu yang tinggi akan memberikan pengaruh pada nilai kalor dari biomassa tersebut, dikarenakan nilai kadar abu yang tinggi akan menurunkan nilai kalor.

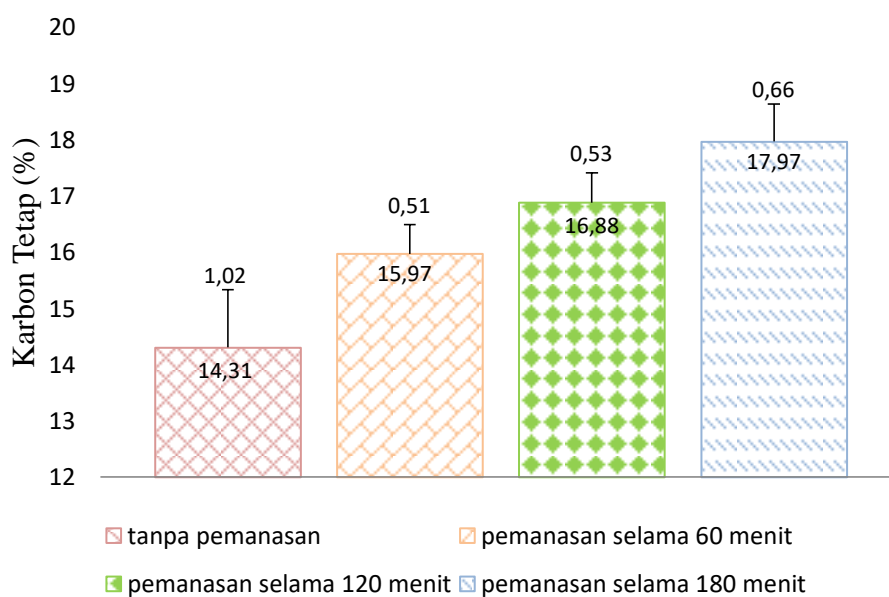
4.3.4. Karbon Tetap (*fixed carbon*)

Karbon tetap adalah banyaknya karbon yang terdapat pada material sisa setelah zat terbang dihilangkan. Nilai karbon tetap sangat mempengaruhi dari kualitas bahan baku dikarenakan semakin tinggi nilai dari karbon tetap maka kualitas dari bahan baku akan semakin meningkat. Nilai karbon tetap merupakan hasil pengurangan dari 100% dikurangi jumlah pada zat terbang dan kadar abu. Berikut merupakan hasil dari perhitungan nilai karbon tetap pada sampel bahan baku rumput raja yang dapat dilihat pada Tabel 4.11, dan perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 4.11 Hasil pengujian karbon tetap rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan

Sampel	Zat terbang (%)	Kadar abu (%)	Karbon tetap (%)
BB	75,77	9,93	14,31
BB1J	75,05	8,98	15,97
BB2J	74,64	8,48	16,88
BB3J	73,96	8,07	17,97

Berdasarkan dari hasil pengujian pada Tabel 4.11 diatas dapat dihasilkan juga berupa data dalam bentuk grafik pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik hasil pengujian nilai karbon tetap rumput raja

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai dari karbon tetap meningkat pada sampel BB3J yaitu sebesar 17,97% dan nilai karbon tetap terendah yaitu pada sampel BB1J yaitu sebesar 15,97%. Perbedaan nilai karbon yang didapatkan disebabkan terdapatnya berkurangnya jumlah kadar abu yang sedikit lumayan jauh sehingga memunculkan perbedaan dari nilai karbon tetap yang dihasilkan. Tingginya nilai karbon dapat meningkatkan kualitas bahan baku, terutama pada

nilai kalor. Dimana nilai kalor akan meningkat apabila nilai karbon tetap juga tinggi. Kandungan selulosa pada bahan baku akan mempengaruhi besarnya nilai karbon yang tersisa, dimana semakin besar kandungan selulosa menyebabkan kadar karbon semakin besar. Hal ini dikarenakan komponen penyusun selulosa adalah karbon. Semakin besar kandungan kadar karbon pada bahan baku, mengakibatkan semakin tinggi nilai kalornya (Dwi Danang dkk., 2013).

4.4. Nilai Kalor

Nilai kalor adalah suatu sifat bahan bakar yang menyatakan kandungan energi pada bahan bakar tersebut. Nilai kalor menentukan bagus atau tidaknya suatu bahan baku tersebut. Semakin tinggi nilai kalor maka akan semakin tinggi kualitas dari bahan baku tersebut, sehingga nilai kalor dijadikan acuan untuk melihat kualitas dari suatu bahan baku. Standar pengujian nilai kalor menggunakan standar ASTM 4809-06. Berikut merupakan hasil nilai kalor pada sampel bahan baku rumput raja yang dapat dilihat pada Tabel 4.12, dan hasil dari pengujian dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 4.12 Hasil pengujian nilai kalor rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan

Sampel	J/g	kcal/kg	Keterangan
BB	15687	3747	LHV (gas)
BB1J	16072	3838	LHV (gas)
BB2J	16104	3846	LHV (gas)
BB3J	16187	3866	LHV (gas)

Pada Tabel 4.12 diatas menunjukkan bahwa nilai kalor tertinggi terdapat pada sampel BB3J yaitu sebesar 3866 kkal/kg dan nilai kalor terendah terdapat pada sampel BB1J yaitu sebesar 3838 kkal/kg. Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa perbedaan nilai kalor yang dihasilkan pada tiap sampel tidak begitu besar. Salah satu penentu dari nilai kalor adalah jumlah kadar abu yang dihasilkan, dimana jika nilai dari kadar abu semakin rendah maka nilai kalor akan semakin

meningkat dan begitu juga sebaliknya. Nilai kalor yang tinggi memiliki keuntungan diantaranya adalah pada proses pembakaran akan lambat, hal itu dikarenakan sedikitnya kandungan air dan zat yang menguap sehingga mempercepat proses pembakaran dan penurunan massa pada saat proses pembakaran.

4.5. Uji Hidrofobik

Pengujian hidrofobik merupakan pengujian bahan baku yang menolak air atau dengan kata lain tidak suka dengan air, dimana bahan baku ditimbang diatas wadah kaca sebanyak 5 gram dan setelah itu sampel bahan baku diratakan. Kemudian sampel diberi tetesan air sebanyak lima tetesan yang diberikan secara bertahap. Dan disetiap tetesan dihitung menggunakan stopwatch untuk mengetahui seberapa lama waktu yang diperoleh dari pengujian. Berikut merupakan hasil dari perhitungan dalam menentukan sifat hidrofobik pada sampel bahan baku rumput raja yang dapat dilihat pada Tabel 4.13, dan perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 4.13 Hasil pengujian sifat hidrofobik rumput raja sebelum dan sesudah pemanasan

Sampel	Lama waktu penyerapan (s)						Sifat
	Tetes 1	Tetes 2	Tetes 3	Tetes 4	Tetes 5	Rata-rata	
BB	65	37	53	60	59	55	Slightly
BB1J	187	136	179	160	174	167	Strongly
BB2J	264	248	277	237	254	256	Strongly
BB3J	254	235	266	281	313	270	Strongly

Pada Tabel 4.13 menunjukkan bahwa sifat hidrofobik pada sampel BB1J, BB2J dan BB3J berada pada kategori *strongly hydrophobic*. Perbedaan ini terjadi dikarenakan terdapatnya perbedaan pada nilai yang terlampau jauh pada hasil pengujian pemanasan yang dilakukan pada sampel. Kategori sifat hidrofobik ini

ditetntukan berdasarkan waktu yang didapat pada pengujian tetesan air. Apabila waktu yang didapat semakin lama maka akan semkin bagus pula sifat hidrofobik tersebut dalam menolak air (Dyjakon dkk., 2019).

4.6. Uji Komparasi

Setelah didapatkan nilai rata-rata pada setiap sampel yang meliputi nilai rata-rata kadar air, zat terbang, kadar abu dan nilai karbon tetap maka dari nilai rata-rata yang didapatkan selanjutnya akan diuji kompasari (perbandingan) nilainya untuk mengetahui apakah perubahan pada setiap waktu pemanasan yang diberikan memiliki perbedaan yang signifikan ataupun tidak signifikan. Dalam hal ini dilakukan uji komparasi dengan metode one way anova menggunakan aplikasi IBM SPSS Statitics versi 22. Alasan mengapa uji komparasi ini menggunakan metode one way anova dikarenakan jumlah sampel yang ingin dianalisa lebih dari 2 sampel. Namun sebelum melakukan penganalisaan dengan metode ini, data pada sampel diharuskan terlebih dahulu memenuhi syarat untuk dilakukannya analisa dengan metode one way anova. Dimana syarat itu meliputi nilai asumsi dasar uji normalitas dan uji homogenitas.

4.6.1. Uji Normalitas

Salah satu syarat yang diperlukan sebelum melakukan penganalisaan menggunakan metode one way anova adalah sampel harus diuji nilai kenormalitasannya. Dimana konsep dasar dari uji normalitas ini bertujuan untuk menguji apakah nilai data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Dan nilai yang berdistribusi normal merupakan syarat dalam statistik parametrik. Pada SPSS uji normalitas dibedakan menjadi 2 berdasarkan jumlah sampel yang ingin digunakan. Apabila jumlah data sampel < 50 maka pembacaan data menggunakan Shapiro Wilk, namun apabila jumlah data sampel > 50 maka pembacaan data menggunakan Kolmogorov Smirnov. Selanjutnya dibutuhkan pedoman dalam pengambilan data dari uji normalitas diantaranya adalah jika nilai Sig (signifikansi) $> 0,05$ maka data penelitian berdistribusi normal, namun jika nilai Sig (signifikansi) $< 0,05$ maka data penelitian tidak berdistribusi normal.

a. Kadar Air

Data penelitian kadar air pada uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Uji normalitas kadar air

Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BB1J	.269	4	.	.845	4	.210
BB2J	.255	4	.	.888	4	.372
BB3J	.391	4	.	.779	4	.070

^aKoreksi Signifikansi Lilliefors

Dapat dilihat pada Tabel 4.14 diatas bahwa nilai signifikansi pada kolom shapiro wilk sampel BB1J bernilai 0,210, sampel BB2J bernilai 0,372 dan pada sampel BB3J bernilai 0,70. Lalu dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ untuk ketiga sampel, maka data ketiga sampel berdistribusi normal.

b. Zat Terbang

Data penelitian zat terbang pada uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Uji normalitas zat terbang

Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BB1J	.216	4	.	.959	4	.774
BB2J	.219	4	.	.946	4	.692
BB3J	.313	4	.	.913	4	.500

^aKoreksi Signifikansi Lilliefors

Dapat dilihat pada Tabel 4.15 diatas bahwa nilai signifikansi pada kolom shapiro wilk sampel BB1J bernilai 0,774, sampel BB2J bernilai 0,692 dan pada sampel BB3J bernilai 0,500. Lalu dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai

signifikansi $> 0,05$ untuk ketiga sampel, maka data ketiga sampel berdistribusi normal.

c. Kadar Abu

Data penelitian kadar abu pada uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Uji normalitas kadar abu

Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BB1J	.210	4	.	.965	4	.812
BB2J	.156	4	.	.999	4	.996
BB3J	.325	4	.	.894	4	.401

^aKoreksi Signifikansi Lilliefors

Dapat dilihat pada Tabel 4.16 diatas bahwa nilai signifikansi pada kolom shapiro wilk sampel BB1J bernilai 0,812, sampel BB2J bernilai 0,996 dan pada sampel BB3J bernilai 0,401. Lalu dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ untuk ketiga sampel, maka data ketiga sampel berdistribusi normal.

d. Karbon Tetap

Data penelitian karbon tetap pada uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Uji normalitas karbon tetap

Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BB1J	.133	4	.	.998	4	.995
BB2J	.269	4	.	.911	4	.489
BB3J	.191	4	.	.969	4	.838

^aKoreksi Signifikansi Lilliefors

Dapat dilihat pada Tabel 4.17 diatas bahwa nilai signifikansi pada kolom shapiro wilk sampel BB1J bernilai 0,995, sampel BB2J bernilai 0,489 dan pada

sampel BB3J bernilai 0,838. Lalu dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ untuk ketiga sampel, maka data ketiga sampel berdistribusi normal.

e. Sifat Hidrofobik

Data penelitian sifat hidrofobik pada uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Uji normalitas sifat hidrofobik

Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BB1J	.233	5	.200 [*]	.924	5	.556
BB2J	.152	5	.200 [*]	.993	5	.988
BB3J	.152	5	.200 [*]	.982	5	.947

^{*}Ini adalah batas bawah dari signifikansi sebenarnya

^aKoreksi Signifikansi Lilliefors

Dapat dilihat pada Tabel 4.18 diatas bahwa nilai signifikansi pada kolom shapiro wilk sampel BB1J bernilai 0,556, sampel BB2J bernilai 0,988 dan pada sampel BB3J bernilai 0,947. Lalu dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ untuk ketiga sampel, maka data ketiga sampel berdistribusi normal.

f. Radiasi Matahari

Data penelitian radiasi matahari pada uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Uji normalitas radiasi matahari

Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BB1J	.145	11	.200 [*]	.957	11	.736
BB2J	.251	11	.052	.785	11	.006
BB3J	.383	11	.000	.660	11	.000

trans_BB2J	.186	11	.200 [*]	.925	11	.361
trans_BB3J	.111	11	.200 [*]	.949	11	.625

^{*}Ini adalah batas bawah dari signifikansi sebenarnya

^aKoreksi Signifikansi Lilliefors

Dapat dilihat pada Tabel 4.19 diatas bahwa nilai signifikansi pada kolom shapiro wilk sampel BB1J bernilai 0,736, sedangkan pada sampel BB2J dan sampel BB3J perlu dilakukannya transformasi data dikarenakan syarat dari pengujian yaitu data harus berdistribusi normal. maka setelah dilakukannya transformasi data didapatkan sampel trans_BB2J bernilai 0,361 dan pada sampel trans_BB3J bernilai 0,625. Lalu dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ untuk ketiga sampel, maka data ketiga sampel berdistribusi normal.

4.6.2. Uji Homogenitas

Selanjutnya adapun persyaratan kedua yang harus dilakukan sebelum dilakukannya analisis menggunakan metode one way anova adalah sampel harus diuji nilai kehomogenitasannya. Dimana dibutuhkan pedoman dalam pengambilan data dari uji homogenitas diantaranya adalah jika nilai Sig (signifikansi) $> 0,05$ maka varian antar kelompok data adalah sama (homogen), namun jika nilai Sig (signifikansi) $< 0,05$ maka varian antar kelompok data adalah tidak sama (tidak homogen).

a. Kadar Air

Data penelitian kadar air pada uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Uji homogenitas kadar air

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.365	2	9	.303

Dapat dilihat pada Tabel 4.20 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,303 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka varian antar kelompok data adalah sama (homogen).

b. Zat Terbang

Data penelitian zat terbang pada uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Uji homogenitas zat terbang

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.394	2	9	.686

Dapat dilihat pada Tabel 4.21 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,686 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka varian antar kelompok data adalah sama (homogen).

c. Kadar Abu

Data penelitian kadar abu pada uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Uji homogenitas kadar abu

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.537	2	9	.267

Dapat dilihat pada Tabel 4.22 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,267 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka varian antar kelompok data adalah sama (homogen).

d. Karbon Tetap

Data penelitian karbon tetap pada uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Uji homogenitas karbon tetap

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
------------------	-----	-----	------

.217	2	9	.809
------	---	---	------

Dapat dilihat pada Tabel 4.23 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,809 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka varian antar kelompok data adalah sama (homogen).

e. Sifat Hidrofobik

Data penelitian sifat hidrofobik pada uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Uji homogenitas sifat hidrofobik

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.888	2	12	.437

Dapat dilihat pada Tabel 4.24 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,437 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka varian antar kelompok data adalah sama (homogen).

f. Radiasi Matahari

Data penelitian radiasi matahari pada uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Uji homogenitas radiasi matahari

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.743	2	69	.071

Dapat dilihat pada Tabel 4.25 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,071 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka varian antar kelompok data adalah sama (homogen).

4.6.3. Nilai Deskriptif

Setelah kedua syarat sudah memenuhi selanjutnya dalam dilakukannya analisis dengan metode one way anova. Dan berikut merupakan nilai deskriptif pada tiap pengujian yang meliputi kadar air, zat terbang, kadar abu dan karbon tetap.

a. Kadar Air

Data penelitian kadar air pada nilai deskriptif dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Nilai deskriptif kadar air

Time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1 Jam	4	6.3225	.43912	.21956	5.6238	7.0212	6.00	6.93
2 Jam	4	5.0675	.78750	.39375	3.8144	6.3206	4.00	5.71
3 Jam	4	4.1000	.38652	.19326	3.4850	4.7150	3.81	4.67
Total	12	5.1633	1.07962	.31166	4.4774	5.8493	3.81	6.93

Dapat dilihat pada Tabel 4.26 diatas bahwa nilai rata-rata pada sampel BB1J bernilai 6,3225, sampel BB2J bernilai 5,0675 dan pada sampel BB3J bernilai 4,1000. Lalu dapat kita lihat apakah pada nilai rata-rata tersebut berbeda atau tidak dengan hipotesis menggunakan analisis one way anova.

b. Zat Terbang

Data penelitian zat terbang pada nilai deskriptif dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Nilai deskriptif zat terbang

Time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1 Jam	4	75.0450	.93486	.46743	73.5574	76.5326	74.07	76.15
2 Jam	4	74.6425	1.39055	.69527	72.4298	76.8552	72.82	75.96
3 Jam	4	73.9625	1.09201	.54601	72.2249	75.7001	72.82	75.45
Total	12	74.5500	1.14396	.33023	73.8232	75.2768	72.82	76.15

Dapat dilihat pada Tabel 4.27 diatas bahwa nilai rata-rata pada sampel BB1J bernilai 75,0450, sampel BB2J bernilai 74,6425 dan pada sampel BB3J bernilai

73,9625. Lalu dapat kita lihat apakah pada nilai rata-rata tersebut berbeda atau tidak dengan hipotesis menggunakan analisis one way anova.

c. Kadar Abu

Data penelitian kadar abu pada nilai deskriptif dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Nilai deskriptif kadar abu

Time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1 Jam	4	8.9825	.19432	.09716	8.6733	9.2917	8.74	9.18
2 Jam	4	8.4775	.72145	.36073	7.3295	9.6255	7.62	9.35
3 Jam	4	8.0725	.59584	.29792	7.1244	9.0206	7.50	8.91
Total	12	8.5108	.63265	.18263	8.1089	8.9128	7.50	9.35

Dapat dilihat pada Tabel 4.28 diatas bahwa nilai rata-rata pada sampel BB1J bernilai 8,9825, sampel BB2J bernilai 8,4775 dan pada sampel BB3J bernilai 8,0725. Lalu dapat kita lihat apakah pada nilai rata-rata tersebut berbeda atau tidak dengan hipotesis menggunakan analisis one way anova.

d. Karbon Tetap

Data penelitian karbon tetap pada nilai deskriptif dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Nilai deskriptif karbon tetap

Time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1 Jam	4	15.9725	1.03016	.51508	14.3333	17.6117	14.76	17.19
2 Jam	4	16.8800	1.06680	.53340	15.1825	18.5775	15.38	17.84
3 Jam	4	17.9625	1.32586	.66293	15.8528	20.0722	16.62	19.68
Total	12	16.9383	1.34205	.38742	16.0856	17.7910	14.76	19.68

Dapat dilihat pada Tabel 4.29 diatas bahwa nilai rata-rata pada sampel BB1J bernilai 15,9725, sampel BB2J bernilai 16,8800 dan pada sampel BB3J bernilai 17,9625. Lalu dapat kita lihat apakah pada nilai rata-rata tersebut berbeda atau tidak dengan hipotesis menggunakan analisis one way anova.

e. Sifat Hidrofobik

Data penelitian sifat hidrofobik pada nilai deskriptif dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Nilai deskriptif sifat hidrofobik

Time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1 Jam	4	167.20	20.017	8.952	142.35	192.05	136	187
2 Jam	4	256.00	15.281	6.834	237.03	274.97	237	277
3 Jam	4	269.80	29.440	13.166	233.25	306.35	235	313
Total	12	231.00	51.414	13.275	202.53	259.47	136	313

Dapat dilihat pada Tabel 4.30 diatas bahwa nilai rata-rata pada sampel BB1J bernilai 167,20, sampel BB2J bernilai 256,00 dan pada sampel BB3J bernilai 269,80. Lalu dapat kita lihat apakah pada nilai rata-rata tersebut berbeda atau tidak dengan hipotesis menggunakan analisis one way anova.

f. Radiasi Matahari

Data penelitian radiasi matahari pada nilai deskriptif dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Nilai deskriptif radiasi matahari

Time	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1 Jam	12	741.92	46.921	13.545	712.10	771.73	657	810
2 Jam	24	756.71	44.574	9.099	737.89	775.53	623	804
3 Jam	36	730.58	108.247	18.041	693.96	767.21	370	814
Total	72	741.18	83.063	9.789	721.66	760.70	370	814

Dapat dilihat pada Tabel 4.31 diatas bahwa nilai rata-rata pada sampel BB1J bernilai 741,92, sampel BB2J bernilai 756,71 dan pada sampel BB3J bernilai 730,58. Lalu dapat kita lihat apakah pada nilai rata-rata tersebut berbeda atau tidak dengan hipotesis menggunakan analisis one way anova.

4.6.4. Analisis One Way Anova

Dapat dilihat pada nilai rata-rata pada tiap variabel data memiliki nilai yang beragam. Namun dalam penentuannya perlu divalidasi apakah nilai rata-rata tersebut memiliki nilai rata-rata tes yang sama ataupun berbeda. Maka penentuan tersebut menggunakan hipotesis. Adapun hipotesis ini adalah nilai H0 jika ketiga variabel data pengujian memiliki nilai rata-rata tes yang sama, dan nilai H1 jika ketiga variabel data pengujian memiliki nilai rata-rata tes yang berbeda. Dimana dibutuhkan pedoman dalam pengambilan data dari analisis one way anova diantaranya adalah jika nilai Sig (signifikansi) $> 0,05$ maka H0 diterima, namun jika nilai Sig (signifikansi) $< 0,05$ maka H0 ditolak.

a. Kadar Air

Data penelitian kadar air pada analisis one way anova dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Analisis one way anova kadar air

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.934	2	4.967	15.484	.001
Within Groups	2.887	9	.321		
Total	12.821	11			

Dapat dilihat pada Tabel 4.32 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,001 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $< 0,05$ maka H0 ditolak yang artinya nilai ketiga variabel nilai kadar air memiliki nilai rata-rata tes yang berbeda.

b. Zat Terbang

Data penelitian zat terbang pada analisis one way anova dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Analisis one way anova zat terbang

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
--	----------------	----	-------------	---	------

Between Groups	2.395	2	1.197	.898	.441
Within Groups	12.000	9	1.333		
Total	14.395	11			

Dapat dilihat pada Tabel 4.33 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,441 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka H_0 diterima yang artinya nilai ketiga variabel nilai zat terbang memiliki nilai rata-rata tes yang sama.

c. Kadar Abu

Data penelitian kadar abu pada analisis one way anova dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Analisis one way anova kadar abu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.663	2	.831	2.731	.118
Within Groups	2.740	9	.304		
Total	4.403	11			

Dapat dilihat pada Tabel 4.34 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,118 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka H_0 diterima yang artinya nilai ketiga variabel nilai kadar abu memiliki nilai rata-rata tes yang sama.

d. Karbon Tetap

Data penelitian karbon tetap pada analisis one way anova dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35 Analisis one way anova karbon tetap

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.941	2	3.970	3.010	.100
Within Groups	11.872	9	1.319		

Total	19.812	11			
-------	--------	----	--	--	--

Dapat dilihat pada Tabel 4.35 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,100 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka H_0 diterima yang artinya nilai ketiga variabel nilai karbon tetap memiliki nilai rata-rata tes yang sama.

e. Sifat Hidrofobik

Data penelitian sifat hidrofobik pada analisis one way anova dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Analisis one way anova sifat hidrofobik

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31004.400	2	15502.200	30.986	.000
Within Groups	6003.600	12	500.300		
Total	37008.000	14			

Dapat dilihat pada Tabel 4.36 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,000 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $< 0,05$ maka H_0 ditolak yang artinya nilai ketiga variabel nilai sifat hidrofobik memiliki nilai rata-rata tes yang berbeda.

f. Radiasi Matahari

Data penelitian sifat hidrofobik pada analisis one way anova dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Analisis one way anova radiasi matahari

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9836.028	2	4918.014	.707	.497
Within Groups	480020.625	69	6956.821		
Total	489856.653	71			

Dapat dilihat pada Tabel 4.37 diatas bahwa nilai signifikansi bernilai 0,497 sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka H_0 diterima yang artinya nilai ketiga variabel nilai radiasi matahari memiliki nilai rata-rata tes yang sama.

4.6.5. Analisis Post Hoc

Setelah semua pengujian diatas selesai dilakukan dan didapatkan hasil nilai hipotesis pada analisis one way anova, selanjutnya dapat ditentukan apakah perbedaan nilai rata-rata tersebut berbeda secara signifikan ataupun tidak signifikan dengan analisis Post Hoc. Dimana dibutuhkan pedoman dalam pengambilan data dari analisis Post Hoc diantaranya adalah jika nilai Sig (signifikansi) $> 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tes tidak signifikan, namun jika nilai Sig (signifikansi) $< 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tes signifikan.

a. Kadar Air

Data penelitian kadar air pada analisis Post Hoc dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4.38 Analisis post hoc kadar air

(I) Waktu Pemanasan	(J) Waktu Pemanasan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1 Jam	2 Jam	1.25500*	.40050	.029	.1368	2.3732
	3 Jam	2.22250*	.40050	.001	1.1043	3.3407
2 Jam	1 Jam	-1.25500*	.40050	.029	-2.3732	-.1368
	3 Jam	.96750	.40050	.090	-.1507	2.0857
3 Jam	1 Jam	-2.22250*	.40050	.001	-3.3407	-1.1043
	2 Jam	-.96750	.40050	.090	-2.0857	.1507

Dapat dilihat pada Tabel 4.38 diatas bahwa nilai signifikansi dari berbagai variabel waktu, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah tidak signifikan. Namun apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah signifikan.

b. Zat Terbang

Data penelitian zat terbang pada analisis post hoc dapat dilihat pada Tabel 4.39.

Tabel 4.39 Analisis post hoc zat terbang

(I) Waktu Pemanasan	(J) Waktu Pemanasan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1 Jam	2 Jam	.40250	.81651	.876	-1.8772	2.6822
	3 Jam	1.08250	.81651	.417	-1.1972	3.3622
2 Jam	1 Jam	-.40250	.81651	.876	-2.6822	1.8772
	3 Jam	.68000	.81651	.693	-1.5997	2.9597
3 Jam	1 Jam	-1.08250	.81651	.417	-3.3622	1.1972
	2 Jam	-.68000	.81651	.693	-2.9597	1.5997

Dapat dilihat pada Tabel 4.39 diatas bahwa nilai signifikansi dari berbagai variabel waktu, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah tidak signifikan. Namun apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah signifikan.

c. Kadar Abu

Data penelitian kadar abu pada analisis post hoc dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40 Analisis post hoc kadar abu

(I) Waktu Pemanasan	(J) Waktu Pemanasan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1 Jam	2 Jam	.50500	.39014	.433	-.5843	1.5943
	3 Jam	.91000	.39014	.102	-.1793	1.9993
2 Jam	1 Jam	-.50500	.39014	.433	-1.5943	.5843
	3 Jam	.40500	.39014	.573	-.6843	1.4943
3 Jam	1 Jam	-.91000	.39014	.102	-1.9993	.1793
	2 Jam	-.40500	.39014	.573	-1.4943	.6843

Dapat dilihat pada Tabel 4.40 diatas bahwa nilai signifikansi dari berbagai variabel waktu, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah tidak signifikan. Namun

apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah signifikan.

d. Karbon Tetap

Data penelitian karbon tetap pada analisis post hoc dapat dilihat pada Tabel 4.41.

Tabel 4.41 Analisis post hoc karbon tetap

(I) Waktu Pemanasan	(J) Waktu Pemanasan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1 Jam	2 Jam	-.90750	.81211	.528	-3.1749	1.3599
	3 Jam	-1.99000	.81211	.085	-4.2574	.2774
2 Jam	1 Jam	.90750	.81211	.528	-1.3599	3.1749
	3 Jam	-1.08250	.81211	.413	-3.3499	1.1849
3 Jam	1 Jam	1.99000	.81211	.085	-.2774	4.2574
	2 Jam	1.08250	.81211	.413	-1.1849	3.3499

Dapat dilihat pada Tabel 4.41 diatas bahwa nilai signifikansi dari berbagai variabel waktu, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah tidak signifikan. Namun apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah signifikan.

e. Sifat Hidrofobik

Data penelitian sifat hidrofobik pada analisis post hoc dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4.42 Analisis post hoc sifat hidrofobik

(I) Waktu Pemanasan	(J) Waktu Pemanasan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1 Jam	2 Jam	-88.800	14.146	.000	-126.54	-51.06
	3 Jam	-102.600	14.146	.000	-140.34	-64.86
2 Jam	1 Jam	88.800	14.146	.000	51.06	126.54
	3 Jam	-13.800	14.146	.605	-51.54	23.94
3 Jam	1 Jam	102.600	14.146	.000	64.86	140.34
	2 Jam	13.800	14.146	.605	-23.94	51.54

Dapat dilihat pada Tabel 4.42 diatas bahwa nilai signifikansi dari berbagai variabel waktu, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah tidak signifikan. Namun apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah signifikan.

f. Radiasi Matahari

Data penelitian sifat hidrofobik pada analisis post hoc dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43 Analisis post hoc radiasi matahari

(I) Waktu pemanasan	(J) Waktu pemanasan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1 Jam	2 Jam	-14.792	29.489	.871	-85.43	55.84
	3 Jam	11.333	27.803	.913	-55.26	77.93
2 Jam	1 Jam	14.792	29.489	.871	-55.84	85.43
	3 Jam	26.125	21.980	.464	-26.52	78.77
3 Jam	1 Jam	-11.333	27.803	.913	-77.93	55.26
	2 Jam	-26.125	21.980	.464	-78.77	26.52

Dapat dilihat pada Tabel 4.43 diatas bahwa nilai signifikansi dari berbagai variabel waktu, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah tidak signifikan. Namun apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka perbedaan rata-rata nilai tiap variabel adalah signifikan.

4.7. Uji Korelasi

Setelah didapatkan nilai rata-rata pada setiap sampel yang meliputi nilai rata-rata kadar air, zat terbang, kadar abu dan nilai karbon tetap maka dari nilai rata-rata yang didapatkan selanjutnya akan diuji korelasi (hubungan) nilainya untuk mengetahui apakah perubahan pada setiap waktu pemanasan yang diberikan memiliki hubungan terhadap data hasil pengujian. Dalam hal ini dilakukan uji

korelasi pearson dengan menggunakan aplikasi IBM SPSS Statitics versi 22. Adapun tujuan dari uji korelasi pearson ini dilakukan adalah untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antar variabel yang dinyatakan dengan koefisien korelasi (r), serta untuk mengetahui jenis hubungan antar variabel bernilai positif (searah) ataupun negatif (berlawanan arah).

Dimana dibutuhkan pedoman dalam pengambilan data dari uji korelasi pearson diantaranya adalah jika nilai Sig (signifikansi) $> 0,05$ maka varian data tidak berkorelasi, namun jika nilai Sig (signifikansi) $< 0,05$ maka varian data berkorelasi. Kemudian setelah diketahui kategori nilai signifikansi selanjutnya dibutuhkan pedoman derajat hubungan pada nilai pearson correlation. Dimana nilai pearson correlation memiliki beberapa kategori yaitu jika nilai pearson correlation 0,00 s/d 0,20 yang menandakan nilai tidak berkorelasi, jika nilai pearson correlation 0,21 s/d 0,40 yang menandakan nilai korelasi lemah, jika nilai pearson correlation 0,41 s/d 0,60 yang menandakan nilai korelasi sedang, jika nilai pearson correlation 0,61 s/d 0,80 yang menandakan nilai korelasi kuat, dan jika nilai pearson correlation 0,81 s/d 1,0 yang menandakan nilai korelasi sempurna.

a. Kadar Air

Data penelitian kadar air pada uji korelasi pearson dapat dilihat pada Tabel 4.44.

Tabel 4.44 Uji korelasi pearson kadar air

		Kadar air	Waktu pemanasan
Kadar air	Pearson Correlation	1	-.878*
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	12	12
Waktu pemanasan	Pearson Correlation	-.878*	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	12	12

*Korelasi signifikan pada level 0,01 (2-tailed)

Dapat dilihat pada Tabel 4.44 diatas bahwa nilai signifikansi dari hubungan nilai kadar air dengan waktu pemanasan, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $< 0,05$ maka terdapatnya hubungan (korelasi) antara variabel data. Kemudian derajat hubungan yang didapatkan berada pada range 0,81 s/d 1,00 yaitu pada kategori nilai korelasi sempurna dengan arah negatif. Sehingga dapat disimpulkan yaitu kadar air berhubungan secara negatif terhadap waktu pemanasan dengan derajat hubungan korelasi sempurna.

b. Zat Terbang

Data penelitian zat terbang pada uji korealsi pearson dapat dilihat pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 Uji korelasi pearson zat terbang

		Zat terbang	Waktu pemanasan
Zat terbang	Pearson Correlation	1	-.403
	Sig. (2-tailed)		.193
	N	12	12
Waktu pemanasan	Pearson Correlation	-.403	1
	Sig. (2-tailed)	.193	
	N	12	12

Dapat dilihat pada Tabel 4.45 diatas bahwa nilai signifikansi dari hubungan nilai zat terbang dengan waktu pemanasan, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka tidak terdapatnya hubungan (korelasi) antara variabel data. Kemudian derajat hubungan yang didapatkan berada pada range 0,21 s/d 0,40 yaitu pada kategori nilai korelasi lemah dengan arah negatif. Sehingga dapat disimpulkan yaitu zat terbang tidak memiliki hubungan secara negatif terhadap waktu pemanasan dengan derajat hubungan korelasi lemah.

c. Kadar Abu

Data penelitian kadar abu pada uji korelasi pearson dapat dilihat pada Tabel 4.46.

Tabel 4.46 Uji korelasi pearson kadar abu

		Kadar abu	Waktu pemanasan
Kadar abu	Pearson Correlation	1	-.613*
	Sig. (2-tailed)		.034
	N	12	12
Waktu pemanasan	Pearson Correlation	-.613*	1
	Sig. (2-tailed)	.034	
	N	12	12

*Korelasi signifikan pada level 0,05 (2-tailed)

Dapat dilihat pada Tabel 4.46 diatas bahwa nilai signifikansi dari hubungan nilai kadar abu dengan waktu pemanasan, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $< 0,05$ maka terdapatnya hubungan (korelasi) antara variabel data. Kemudian derajat hubungan yang didapatkan berada pada range 0,61 s/d 0,80 yaitu pada kategori nilai korelasi kuat dengan arah negatif. Sehingga dapat disimpulkan yaitu kadar abu berhubungan secara negatif terhadap waktu pemanasan dengan derajat hubungan korelasi kuat.

d. Karbon Tetap

Data penelitian karbon tetap pada uji korelasi pearson dapat dilihat pada Tabel 4.47.

Tabel 4.47 Uji korelasi pearson karbon tetap

		Karbon tetap	Waktu pemanasan
Karbon tetap	Pearson Correlation	1	.632*
	Sig. (2-tailed)		.027

	N	12	12
Waktu pemanasan	Pearson Correlation	.632*	1
	Sig. (2-tailed)	.027	
	N	12	12

*Korelasi signifikan pada level 0,05 (2-tailed)

Dapat dilihat pada Tabel 4.47 diatas bahwa nilai signifikansi dari hubungan nilai karbon tetap dengan waktu pemanasan, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $< 0,05$ maka terdapatnya hubungan (korelasi) antara variabel data. Kemudian derajat hubungan yang didapatkan berada pada range 0,61 s/d 0,80 yaitu pada kategori nilai korelasi kuat dengan arah positif. Sehingga dapat disimpulkan yaitu karbon tetap berhubungan secara positif terhadap waktu pemanasan dengan derajat hubungan korelasi kuat.

e. Sifat Hidrofobik

Data penelitian sifat hidrofobik pada uji korelasi pearson dapat dilihat pada Tabel 4.48.

Tabel 4.48 Uji korelasi pearson sifat hidrofobik

		Sifat hidrofobik	Waktu pemanasan
Sifat hidrofobik	Pearson Correlation	1	.843*
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	15	15
Waktu pemanasan	Pearson Correlation	.843*	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	15	15

*Korelasi signifikan pada level 0,01 (2-tailed)

Dapat dilihat pada Tabel 4.48 diatas bahwa nilai signifikansi dari hubungan nilai sifat hidrofobik dengan waktu pemanasan, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $< 0,05$ maka terdapatnya hubungan (korelasi)

antara variabel data. Kemudian derajat hubungan yang didapatkan berada pada range 0,81 s/d 1,00 yaitu pada kategori nilai korelasi sempurna dengan arah positif. Sehingga dapat disimpulkan yaitu sifat hidrofobik berhubungan secara positif terhadap waktu pemanasan dengan derajat hubungan korelasi kuat.

f. Radiasi Matahari

Data penelitian sifat hidrofobik pada uji korelasi pearson dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.49 Uji korelasi pearson radiasi matahari

		Radiasi matahari	Waktu pemanasan
Radiasi matahari	Pearson Correlation	1	-.421
	Sig. (2-tailed)		.723
	N	3	3
Waktu pemanasan	Pearson Correlation	-.421	1
	Sig. (2-tailed)	.723	
	N	3	3

Dapat dilihat pada Tabel 4.49 diatas bahwa nilai signifikansi dari hubungan nilai radiasi matahari dengan waktu pemanasan, sehingga dapat kita lihat pada pedoman yaitu nilai signifikansi $> 0,05$ maka tidak terdapatnya hubungan (korelasi) antara variabel data. Kemudian derajat hubungan yang didapatkan berada pada range 0,41 s/d 0,60 yaitu pada kategori nilai korelasi sedang dengan arah negatif. Sehingga dapat disimpulkan yaitu radiasi matahari tidak berhubungan secara negatif terhadap waktu pemanasan dengan derajat hubungan korelasi sedang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Proses pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC dengan pengaruh durasi waktu pemanasan ataupun waktu tinggal untuk melihat sifat fisik dan termal dari bahan baku rumput raja tersebut. Berdasarkan penelitian ini dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Pada penelitian pengaruh durasi pemanasan bahan baku biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya PTC didapatkan bahwa kadar air setelah diberi pemanasan berkurang sebanyak 52,6%, zat terbang berkurang sebanyak 2,4%, kadar abu berkurang sebanyak 18,7% serta pada nilai dari karbon tetap meningkat sebanyak 20,4%. Sehingga dari persentase hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa durasi pemanasan bahan baku biomassa rumput raja memberikan pengaruh terhadap kadar air dengan perbedaan nilai secara signifikan, sedangkan pada zat terbang, kadar abu dan nilai karbon tetap dengan perbedaan nilai secara tidak signifikan.
2. Pada penelitian pengaruh durasi pemanasan bahan baku biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya PTC didapatkan nilai kalor setelah dilakukan diberi pemanasan meningkat sebanyak 3,1%. Dengan nilai kalor awal bahan baku rumput raja sebesar 3747 kkal/kg menjadi 3866 kkal/kg. Sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa durasi pemanasan bahan baku biomassa rumput raja tidak memberikan pengaruh yang banyak terhadap nilai kalor bahan baku biomassa rumput raja.
3. Pada penelitian pengaruh durasi pemanasan bahan baku biomassa rumput raja dengan menggunakan kolektor termal surya PTC telah terjadi peningkatan sifat hidrofobik rumput raja awal terkategori *slightly hydrophobic* meningkat menjadi kategori *strongly hydrophobic* pada bahan baku rumput raja. Sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa durasi pemanasan bahan baku biomassa rumput raja memberikan pengaruh terhadap sifat hidrofobik bahan baku biomassa rumput raja dengan perbedaan nilai secara signifikan.

5.2. Saran

Berikut beberapa hal yang perlu dilakukan apabila pembaca ingin melakukan penelitian mengenai topik yang sama yaitu:

1. Perlunya pemilihan dari material reflektor surya yang memiliki daya pemantulan yang tinggi.
2. Melakukan penambahan panjang kolektor surya agar energi radiasi matahari dapat tertangkap lebih besar serta perlunya dilakukan simulasi terlebih dahulu secara komputasi.
3. Penambahan sistem pelacakan matahari secara otomatis agar energi radiasi dari matahari yang tertangkap benar benar maksimal.
4. Perlunya penambahan *thermal energy storage* pada pada kolektor termal PTC agar kolektor tetap dapat menghasilkan panas yang stabil walaupun kondisi matahari maupun cuaca memburuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Adzikri, F., Notosudjono, D., dan Suhendi, D. (2017). Strategi Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia. *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1–13.
- Arikundo, F. R., dan Hazwi, M. (2014). Rancang Bangun Prototype Kolektor Surya Tipe Plat Datar untuk Penghasil Panas pada Pengering Produk Pertanian dan Perkebunan. *E-Dinamis*, 8(4), 1–23.
- Badan Standarisasi Nasional. (2021). *Serpihan kayu untuk pembangkit listrik (wood chips for power generation)*. 1–10.
- Basu, P. (2013). Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory. In *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory*.
- Bellos, E., dan Tzivanidis, C. (2018). Assessment of the thermal enhancement methods in parabolic trough collectors. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 9(1), 59–70.
- Bharti, A., Dixit, A., dan Paul, B. (2018). Experimental analysis of a solar parabolic trough collector. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(6), 102–112.
- Cellatoğlu, N., dan Ilkan, M. (2016). Solar torrefaction of solid olive mill residue. *BioResources*, 11(4), 10087–10098.
- Chen, D., Cen, K., Gan, Z., Zhuang, X., dan Ba, Y. (2022). Comparative study of electric-heating torrefaction and solar-driven torrefaction of biomass: Characterization of property variation and energy usage with torrefaction severity. *Applications in Energy and Combustion Science*, 9(September 2021), 100051.
- Deqita, A. (2022). Analisis Intensitas Radiasi Matahari dan Peningkatan Suhu Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)*, 5(2), 75–81.
- Dwi Danang, Budiyo Aris, dan Ervando Mochamad. (2013). Karakterisasi Briket Dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon Dengan Metode Cetak Panas. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 2(1), 1–8.

- Dyjakon, A., Noszczyk, T., dan Smędzik, M. (2019). The influence of torrefaction temperature on hydrophobic properties of waste biomass from food processing. *Energies*, 12(24).
- Gallego, L. J., Escobar, A., Peñuela, M., Peña, J. D., dan Rios, L. A. (2015). King Grass: A promising material for the production of second-generation butanol. *Fuel*, 143(March), 399–403.
- Gosmawi. (2015). *Principles of solar engineering* (Third edit). crcpress.
- Gosmawi, Y., dan Kreith, F. (2017). *Energy Conversion* (Second edi). crcpress.
- Hadi, S. (2015). Laju pengeringan kapulaga menggunakan alat pengering efek rumah kaca dengan bantuan tungku biomassa. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 49–58.
- Hermawati, W. (2014). Konversi Biomassa untuk Energi Alternatif di Indonesia. In H. Abimanyu dan S. Hendrana (Ed.), *Konversi Biomassa untuk Energi Alternatif di Indonesia: Tinjauan Sumber Daya, Teknologi, Manajemen, dan Kebijakan*. LIPI Press, anggota Ikapi.
- Himran, S. (2021). *Energi Surya Konversi Termal dan Fotovoltaik* (M. Kika (ed.); Ed.1). ANDI.
- Hughes, R. (2008). Klasifikasi tanaman Rumput Raja. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 287.
- Huseini, F., Solihin, dan Pramusanto. (2018). Kajian Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat, Total Sulfur dan Nilai Kalor Untuk Pembakaran Bahan Baku Semen di PT Semen Padang Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang Provinsi Sumatera Barat. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 4(2), 668–677.
- Joko, A. dan K. (2022). *Perbandingan suhu dan kadar air pada gabah menggunakan alat pengering biomassa dan hibrid*.
- Khusurur, M., dan Arifin, J. (2016). Mengenal Equation Of Time, Mean Time, Universal Time/Greenwich Mean Time Dan Local Mean Time Untuk Kepentingan Ibadah. *Jurnal Pemikiran Hukum dan Hukum Islam*, 5(1), 123–138.
- Ma'arif, M. A., Waluyo, K. A., Maslebu, G., dan Rai S. S. N. A., M. (2012).

- Sistem Penerangan Tanpa Listrik : Terobosan Pemanfaatan Sinar Matahari Di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VII UKSW*, 63–68.
- Prastika, L. R., dan Munir, M. M. (2015). Desain , Perakitan dan Uji Coba Mini Parabolic Trough Collector (PTC) Sederhana. *Seminar Kontribusi Fisika 2015*, 224–229.
- Rifanida, Riskina, S., Setiawan, A., Indah, B., Indah, B., Engineering, M., Education, V., Program, S., Science, E., Nie, C. T., dan Batu, M. (2023). The Effect of Varying Torrefaction Temperature on the Physical and Mechanical Properties of Briquettes Made from King Grass. *Jurnal Polimesin*, 21(1), 50–54.
- Setiawan, A., Nayan, A., dan Riskina, S. (2021). *Physical properties of king grass biomass as renewable feedstock for energy*.
- Sudiyani, Y. S., Heru, R., dan Alawiyah, S. (2010). Pemanfaatan biomassa limbah lignoselulosa untuk bioetanol sebagai sumber energi baru terbarukan. In *Ecolab* (Vol. 4, Nomor 1, hal. 40–47).
- Suyitman, S. (2014). Produktivitas Rumput Raja (*Pennisetum purpupoides*) pada Pemotongan Pertama Menggunakan Beberapa Sistem Pertanian. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 16(2), 119.
- Widayana, G. (2012). *Pemanfaatan energi surya*. 9, 37–46.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat penunjukan pembimbing



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352)
Telepon. (0645) 41373-40915 Faks. 0645-44450
Laman: <http://teknik.unimaLae.id> Email: ft@unimaLae.id

SURAT PENUNJUKAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

Nomor : 219/UN45.1.1/KM.00.00/2023

Sehubungan dengan kegiatan pelaksanaan Tugas Akhir mahasiswa atas :

Nama : Maulana Alsmiy
Nim : 180120044
Usulan Judul Tugas Akhir : Pengaruh Durasi Pemanasan dengan Menggunakan
Kolektor Termal Surya Terhadap Sifat Fisik dan Termal
Biomassa Rumput Raja
Pada Semester : Genap
Tahun Akademik : 2022/2023

Dengan ini menunjukkan Bapak Dr. Adi Setiawan, S.T., M.T NIP. 197509122002121003
Sebagai pembimbing Utama Tugas Akhir mahasiswa tersebut diatas. Berdasarkan surat tugas ini,
proses bimbingan terhadap mahasiswa tersebut ditetapkan, dan akan ditetapkan kembali melalui
Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik.

Demikian surat ini dikeluarkan dan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Lhokseumawe, 7 Juni 2023
Ketua Prodi Teknik Mesin

Abdul Rahman, S.T., M.Eng
Nip : 196811202003121001

Tembusan :

- Dosen Pembimbing
- Administrasi Prodi
- Mahasiswa Bersangkutan

Lampiran 2 Lokasi dilakukannya penelitian

A. Letak Astronomis Penelitian

Berikut merupakan titik lokasi penelitian dilakukan yang dapat dilihat melalui *website* milik PT Telkom Satelit Indonesia.

Calculate Azimuth And Elevation Angles

Simply input the Earth Station Latitude and Longitude, and then the Satellite Latitude and Longitude, and this calculator calculat

Input Fields

Map Satellite

Uned tower shop

Jl. Batam

Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh

Jurusan Teknik Elektro-Universitas Malikussaleh

Sekretariat BEM-FT Unimal

Google

Keyboard shortcuts | Map Data | 20 m | Terms of Use | Report a map error

Universitas Malikussaleh, Blang Pulo, Lhokseumawe City, Aceh, Indonesia

Earth Station Information	
Height (amsl):	<input type="text" value="0"/> m
Latitude (+ is North):	<input type="text" value="5.20181"/> degrees
Longitude (+/- 180, + is East):	<input type="text" value="97.06416"/> degrees

B. Pembagian Waktu Wilayah Indonesia

Pembagian wilayah waktu Indonesia berdasarkan keputusan Presiden Republik Indonesia No. 41 Tahun 1987 dan berlaku mulai 1 Januari 1988 jam 00.00 WIB (Khusurur dan Arifin, 2016).

Wilayah waktu	Waktu tolok	Bujur tolok
Indonesia Barat: Daerah tingkat I di Sumatera, Jawa dan Madura, Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah	GMT + 07 Jam	105° BT
Indonesia Tengah: Daerah tingkat I di Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan,	GMT + 08 Jam	120° BT

Sulawesi, Bali dan Nusa Tenggara		
Indonesia Timur: Daerah tingkat I di Maluku dan Irian Jaya	GMT + 09 Jam	135° BT

Lampiran 3 Peralatan yang digunakan pada penelitian



A. Instrumen penelitian

Nama Alat	Gambar Alat	Spesifikasi Alat
Luxmeter Digital		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Product:</i> Smart Sensor • <i>Type:</i> AS803 • <i>Material:</i> ABS Plastic • <i>Measuring range:</i> 1 lux-200.000 lux • <i>Accuracy:</i> $\pm 5\%$ rdg • <i>Repeability:</i> $\pm 2\%$
Solarimeter Digital		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Product:</i> Kimo Instrument • <i>Type:</i> SL-100 • <i>Measuring range:</i> 1 W/m²-1300 W/m² • <i>Accuracy:</i> 5% • <i>Calculation:</i> 1/min (average on 60 second)
Termometer Digital		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Type:</i> MET-0017 • <i>Measuring range:</i> -20 °C -100°C
Termometer Digital		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Product:</i> MASTECH • <i>Type:</i> MS6514 • <i>Measuring range:</i> -200 °C-1372°C (using thermocouple type-K) • <i>Accuracy:</i> $\pm 0,2\%$ + 0,5°C

Termokopel		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Type</i>: K • <i>Material probe</i>: Stainless steel • <i>Length</i>: 50 cm • <i>Handle</i>: 4,5 cm • <i>Measuring range</i>: -50°C-1200°C
Stopwatch		-
Busur derajat		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Product</i>: Butterfly • <i>Angle measurement range</i>: 0°-180°
Timbangan Digital		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Type</i>: SF-400 • <i>Capability</i>: max. 5000 g • <i>Unit</i>: kg, g <i>conversion</i>




Lampiran 4 Dokumentasi penelitian




A. Persiapan penelitian bahan baku rumput raja




No.	Gambar	Keterangan
1.		Penjemuran bahan baku rumput raja
2.		Pencacahan bahan baku rumput raja menggunakan mesin pencacah
3.		Penggilingan bahan baku rumput raja yang sebelumnya telah dicacah menggunakan mesin <i>crusher</i>


B. Pengujian pengeringan bahan baku rumput raja

No.	Gambar	Keterangan
-----	--------	------------



1.		Melakukan pembersihan reflektor sebelum dilakukan pengujian dari kotoran agar pantulan dari reflektor lebih optimal
2.		Melakukan pembersihan pada pipa kaca dan pada tabung penerima terlebih dahulu
3.		Melakukan penimbangan bobot bahan baku awal menggunakan timbangan digital dan setelah itu bahan baku dimasukkan kedalam pipa tabung penerima yang dilakukan secara perlahan
4.		Melakukan pemasangan pipa pada alat kolektor PTC dan memastikan pipa sudah terpasang dengan sempurna



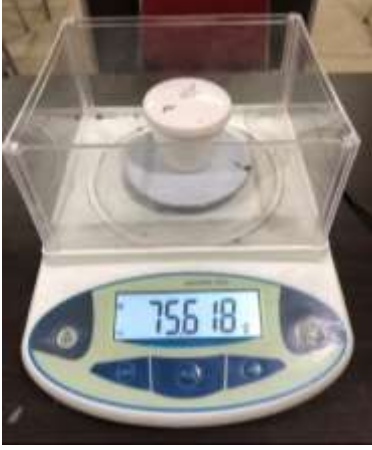
5.		Melakukan pengaturan arah reflektor terhadap sudut pelacakan matahari
6.		Melakukan pengambilan data temperatur bahan baku yang terdapat didalam pipa tabung penerima dengan pengukuran langsung menggunakan alat termometer digital dan termokopel
7.		Melakukan pengambilan data nilai intensitas cahaya matahari dengan pengukuran langsung menggunakan luxmeter

8.		Melakukan pengambilan data nilai radiasi matahari dengan pengukuran langsung menggunakan solarimeter
9.		Melakukan pengambilan data nilai temperatur lingkungan dengan pengukuran langsung menggunakan termometer digital
10.		Melakukan pengambilan data nilai tekanan atmosfer aktual dan kelembaban lingkungan menggunakan aplikasi <i>Thermometer</i>

11.		Melakukan penimbangan bobot bahan baku akhir setelah dilakukannya pengujian menggunakan timbangan digital
-----	---	---

C. Pengujian sifat fisik dan termal bahan baku rumput raja

No.	Gambar	Keterangan
1.		Pengujian kadar air rumput raja menggunakan <i>oven</i>
2.		Pengujian kadar abu rumput raja menggunakan <i>furnace</i>

3.		<p>Pengujian zat yang mudah menguap rumput raja menggunakan <i>furnace</i></p>
4.		<p>Memasukkan hasil pengujian proksimat kedalam desikator agar temperatur dari bahan baku dapat turun dan terhindar dari udara lingkungan</p>
5.		<p>Melakukan penimbangan pada rumput raja untuk mengetahui berat sampel sebelum dan sesudah pengujian proksimat serta berat dari wadah sampel pengujian menggunakan timbangan digital</p>

6.



Pengujian hidrofobik pada rumput raja untuk mengetahui sifat hidrofobik dari rumput raja

Lampiran 5 Perhitungan sudut pelacakan matahari kolektor termal surya PTC

Pengujian pengeringan biomassa rumput raja menggunakan kolektor termal PTC dilakukan di Jalan Batam, Fakultas Teknik, Bukit Indah, Kampus Universitas Malikussaleh, Desa Blang Pulo, Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe, dari Lampiran 2 diketahui bahwa letak astronomis lokasi pengujian berada pada:

$$L = 5,202^{\circ} \text{ U (+)}$$

$$l_{\text{local}} = 97,064^{\circ} \text{ T (-)}$$

$$l_{\text{st}} = 105^{\circ} \text{ T (-)}$$

1. Pengujian selama 60 menit (BB1J) pada tanggal 11 September 2023

Sudut pelacakan matahari pada kolektor termal PTC dapat dihitung setelah sudut-sudut yang berkaitan dengan matahari dapat diketahui. Hasil dari analisis perhitungan sudut pelacakan matahari pada kolektor termal surya PTC dapat dilihat pada Tabel 4.1. Berdasarkan persamaan 2.5 maka didapatkan sudut deklinasi matahari pada tanggal 11 September 2023 sebesar:

$$n = 254 \text{ (untuk 11 September 2023)}$$

$$\begin{aligned} \delta_s &= 23,45^{\circ} \sin[360(284 + n)/365^{\circ}] \\ &= 23,45^{\circ} \sin[360(284 + 254)/365^{\circ}] \\ &= 3,82^{\circ} \end{aligned}$$

Sebelum menghitung sudut jam matahari, terlebih dahulu mengetahui waktu matahari yang dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$ST = LST + ET + (l_{\text{st}} - l_{\text{local}}) 4 \frac{\text{menit}}{1^{\circ}}$$

Persamaan waktu tersebut dapat diketahui menggunakan persamaan 2.9 dan 2.10 maka didapatkan:

$$ET = 9,87 \sin 2B - 7,53 \cos B - 1,5 \sin B$$

Dengan

$$\begin{aligned} B &= 360(254 - 81)/364^{\circ} \\ &= 171,10^{\circ} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan persamaan waktu pada tanggal 11 September 2023 sebesar:

$$\begin{aligned} ET &= 9,87 \sin (2. 171,10^\circ) - 7,53 \cos (171,10^\circ) - 1,5 \sin (171,10^\circ) \\ &= 4,19 \text{ menit} \end{aligned}$$

Maka waktu matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 11 September 2023 didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned} LST &= 11.00 \text{ pagi} \\ ST &= 11.00 + 4,19 + (-105^\circ - (-97,064^\circ)) 4 \frac{\text{menit}}{1^\circ} \\ &= 10.33.27 \text{ pagi} \\ &= 10,558 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dari persamaan 2.6 didapatkan sudut jam matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 11 September 2023 maka didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned} h_s &= (ST - 12) \frac{15^\circ}{\text{jam}} \\ &= (10,558 - 12) \frac{15^\circ}{\text{jam}} \\ &= -21,64^\circ \end{aligned}$$

Sudut ketinggian matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 11 September 2023 yang dihitung berdasarkan persamaan 2.3 maka didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \sin L \sin \delta_s + \cos L \cos \delta_s \cos h_s \\ &= \sin (5,202^\circ) \sin (3,82^\circ) + \cos (5,202^\circ) \cos (3,82^\circ) \cos (-21,64^\circ) \end{aligned}$$

Dan

$$\alpha = 68,39^\circ$$

Dari persamaan 2.1 didapatkan sudut azimut matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 11 September 2023 maka didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned} \sin a_s &= \cos \delta_s \sin h_s / \cos \alpha \\ &= \cos (3,82^\circ) \sin (-21,64^\circ) / \cos(68,39^\circ) \end{aligned}$$

Dan

$$a_s = -87,23^\circ$$

Maka didapatkan sudut pelacakan matahari kolektor termal PTC pukul 11.00 WIB pada tanggal 11 September 2023 berdasarkan persamaan 2.14 sebesar:

$$\begin{aligned} \rho &= \tan^{-1} (\sin a_s / \tan \alpha) \\ &= \tan^{-1} (\sin (-87,23^\circ) / \tan (68,39^\circ)) \end{aligned}$$

$$= -21,6^\circ$$

2. Pengujian selama 120 menit (BB2J) pada tanggal 14 September 2023

Sudut pelacakan matahari pada kolektor termal PTC dapat dihitung setelah sudut-sudut yang berkaitan dengan matahari dapat diketahui. Hasil dari analisis perhitungan sudut pelacakan matahari pada kolektor termal surya PTC dapat dilihat pada Tabel 4.2. Berdasarkan persamaan 2.5 maka didapatkan sudut deklinasi matahari pada tanggal 14 September 2023 sebesar:

$$\begin{aligned} n &= 257 \text{ (untuk 14 September 2023)} \\ \delta_s &= 23,45^\circ \sin[360(284 + n)/365^\circ] \\ &= 23,45^\circ \sin[360(284 + 257)/365^\circ] \\ &= 2,62^\circ \end{aligned}$$

Sebelum menghitung sudut jam matahari, terlebih dahulu mengetahui waktu matahari yang dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$ST = LST + ET + (l_{st} - l_{local}) 4 \frac{\text{menit}}{1^\circ}$$

Persamaan waktu tersebut dapat diketahui menggunakan persamaan 2.9 dan 2.10 maka didapatkan:

$$ET = 9,87 \sin 2B - 7,53 \cos B - 1,5 \sin B$$

Dengan

$$\begin{aligned} B &= 360(257 - 81)/364^\circ \\ &= 174,07^\circ \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan persamaan waktu pada tanggal 14 September 2023 sebesar:

$$\begin{aligned} ET &= 9,87 \sin (2 \cdot 174,07^\circ) - 7,53 \cos (174,07^\circ) - 1,5 \sin (174,07^\circ) \\ &= 5,30 \text{ menit} \end{aligned}$$

Maka waktu matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 14 September 2023 didapatkan sebesar:

$$LST = 11.00 \text{ pagi}$$

$$\begin{aligned} ST &= 11.00 + 5,30 + (-105^\circ - (-97,064^\circ)) 4 \frac{\text{menit}}{1^\circ} \\ &= 10.34.34 \text{ pagi} \\ &= 10,576 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dari persamaan 2.6 didapatkan sudut jam matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 14 September 2023 maka didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned}h_s &= (ST - 12) \frac{15^\circ}{\text{jam}} \\ &= (10,576 - 12) \frac{15^\circ}{\text{jam}} \\ &= -21,36^\circ\end{aligned}$$

Sudut ketinggian matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 14 September 2023 yang dihitung berdasarkan persamaan 2.3 maka didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned}\sin \alpha &= \sin L \sin \delta_s + \cos L \cos \delta_s \cos h_s \\ &= \sin (5,202^\circ) \sin (2,62^\circ) + \cos (5,202^\circ) \cos (2,62^\circ) \cos (-21,36^\circ)\end{aligned}$$

Dan

$$\alpha = 68,54^\circ$$

Dari persamaan 2.1 didapatkan sudut azimut matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 14 September 2023 maka didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned}\sin a_s &= \cos \delta_s \sin h_s / \cos \alpha \\ &= \cos (2,62^\circ) \sin (-21,36^\circ) / \cos(68,54^\circ)\end{aligned}$$

Dan

$$a_s = -83,90^\circ$$

Maka didapatkan sudut pelacakan matahari kolektor termal PTC pukul 11.00 WIB pada tanggal 14 September 2023 berdasarkan persamaan 2.14 sebesar:

$$\begin{aligned}\rho &= \tan^{-1} (\sin a_s / \tan \alpha) \\ &= \tan^{-1} (\sin (-83,90^\circ) / \tan (68,54^\circ)) \\ &= -21,4^\circ\end{aligned}$$

3. Pengujian selama 180 menit (BB3J) pada tanggal 16 September 2023

Sudut pelacakan matahari pada kolektor termal PTC dapat dihitung setelah sudut-sudut yang berkaitan dengan matahari dapat diketahui. Hasil dari analisis perhitungan sudut pelacakan matahari pada kolektor termal surya PTC dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berdasarkan persamaan 2.5 maka didapatkan sudut deklinasi matahari pada tanggal 16 September 2023 sebesar:

$$n = 259 \text{ (untuk 14 September 2023)}$$

$$\begin{aligned}\delta_s &= 23,45^\circ \sin[360(284 + n)/365^\circ] \\ &= 23,45^\circ \sin[360(284 + 259)/365^\circ] \\ &= 1,81^\circ\end{aligned}$$

Sebelum menghitung sudut jam matahari, terlebih dahulu mengetahui waktu matahari yang dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$ST = LST + ET + (l_{st} - l_{local}) 4 \frac{\text{menit}}{1^\circ}$$

Persamaan waktu tersebut dapat diketahui menggunakan persamaan 2.9 dan 2.10 maka didapatkan:

$$ET = 9,87 \sin 2B - 7,53 \cos B - 1,5 \sin B$$

Dengan

$$\begin{aligned}B &= 360(259 - 81)/364^\circ \\ &= 176,04^\circ\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan persamaan waktu pada tanggal 16 September 2023 sebesar:

$$\begin{aligned}ET &= 9,87 \sin (2 \cdot 176,04^\circ) - 7,53 \cos (176,04^\circ) - 1,5 \sin (176,04^\circ) \\ &= 6,05 \text{ menit}\end{aligned}$$

Maka waktu matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 16 September 2023 didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned}LST &= 11.00 \text{ pagi} \\ ST &= 11.00 + 6,05 + (-105^\circ - (-97,064^\circ)) 4 \frac{\text{menit}}{1^\circ} \\ &= 10.35.19 \text{ pagi} \\ &= 10,589 \text{ jam}\end{aligned}$$

Dari persamaan 2.6 didapatkan sudut jam matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 16 September 2023 maka didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned}h_s &= (ST - 12) \frac{15^\circ}{\text{jam}} \\ &= (10,589 - 12) \frac{15^\circ}{\text{jam}} \\ &= -21,17^\circ\end{aligned}$$

Sudut ketinggian matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 16 September 2023 yang dihitung berdasarkan persamaan 2.3 maka didapatkan sebesar:

$$\sin \alpha = \sin L \sin \delta_s + \cos L \cos \delta_s \cos h_s$$

$$= \sin (5,202^\circ) \sin (1,81^\circ) + \cos (5,202^\circ) \cos (1,81^\circ) \cos (-21,17^\circ)$$

Dan

$$\alpha = 68,60^\circ$$

Dari persamaan 2.1 didapatkan sudut azimuth matahari pukul 11.00 WIB pada tanggal 16 September 2023 maka didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned} \sin a_s &= \cos \delta_s \sin h_s / \cos \alpha \\ &= \cos (1,81^\circ) \sin (-21,17^\circ) / \cos(68,60^\circ) \end{aligned}$$

Dan

$$a_s = -81,65^\circ$$

Maka didapatkan sudut pelacakan matahari kolektor termal PTC pukul 11.00 WIB pada tanggal 16 September 2023 berdasarkan persamaan 2.14 sebesar:

$$\begin{aligned} \rho &= \tan^{-1} (\sin a_s / \tan \alpha) \\ &= \tan^{-1} (\sin (-81,65^\circ) / \tan (68,60^\circ)) \\ &= -21,2^\circ \end{aligned}$$

Lampiran 6 Data hasil pengujian

A. Kadar Air (*moisture content*)

Kandungan air pada batubara memberikan pengaruh negatif pada proses pemanfaatannya dikarenakan kadar air yang terlalu tinggi dapat berpengaruh dalam proses pembakaran. Adanya kandungan air yang cukup tinggi akan mengurangi kalori batubara pada saat pembakaran (Huseini dkk., 2018). Persamaan yang digunakan untuk menghitung kadar air menggunakan standar SNI 9032:2021 dapat dilihat pada persamaan 2.15 berikut.

$$M (\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

Keterangan:

M_1 = Bobot awal sampel sebelum pengujian (g)

M_2 = Bobot akhir sampel setelah pengujian (g)

Berikut merupakan perhitungan nilai kadar air pada sampel bahan baku rumput raja selama 60 menit (BB1J), 120 menit (BB2J), 180 menit (BB3J) yang terdapat pada Tabel 4.8.

Sampel	Cawan (g)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kadar air (%)
BB	46,30	1,04	0,95	8,65
BB1J	50,89	1,03	0,96	6,32
BB2J	51,20	1,03	0,98	5,07
BB3J	44,27	1,04	0,99	4,10

1. BB

$$\begin{aligned} M (\%) &= \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \\ &= \frac{1,04 - 0,95}{1,04} \times 100 \\ &= 8,65\% \end{aligned}$$

2. BB1J

$$M (\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

$$= \frac{1,03 - 0,96}{1,03} \times 100$$

$$= 6,32\%$$

3. BB2J

$$M (\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

$$= \frac{1,03 - 0,98}{1,03} \times 100$$

$$= 5,07\%$$

4. BB3J

$$M (\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

$$= \frac{1,04 - 0,99}{1,04} \times 100$$

$$= 4,10\%$$

B. Zat Terbang (*zat volatile*)

Kandungan zat terbang merupakan zat yang dapat mempengaruhi kualitas pembakaran dan keadaan api yang dihasilkan (Huseini dkk., 2018). Persamaan yang digunakan untuk menghitung kadar air menggunakan standar SNI 9032:2021 dapat dilihat pada persamaan 2.16 berikut.

$$VM(\%) = \frac{VM_1 - VM_2}{VM_1} \times 100$$

Keterangan:

VM_1 = Massa awal sampel sebelum pemanasan (g)

VM_2 = Massa akhir sampel setelah pemanasan (g)

Berikut merupakan perhitungan nilai zat terbang pada sampel bahan baku rumput raja selama 60 menit (BB1J), 120 menit (BB2J), 180 menit (BB3J) yang terdapat pada Tabel 4.9.

Sampel	Krusibel (g)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Zat terbang (%)
BB	70,03	1,07	0,26	75,77
BB1J	73,37	1,07	0,27	75,05
BB2J	75,50	1,08	0,28	74,64

BB3J	75,10	1,05	0,27	73,96
------	-------	------	------	-------

1. BB

$$\begin{aligned} \text{VM}(\%) &= \frac{\text{VM}_1 - \text{VM}_2}{\text{VM}_1} \times 100 \\ &= \frac{1,07 - 0,26}{1,07} \times 100 \\ &= 75,77\% \end{aligned}$$

2. BB1J

$$\begin{aligned} \text{VM}(\%) &= \frac{\text{VM}_1 - \text{VM}_2}{\text{VM}_1} \times 100 \\ &= \frac{1,07 - 0,27}{1,07} \times 100 \\ &= 75,05\% \end{aligned}$$

3. BB2J

$$\begin{aligned} \text{VM}(\%) &= \frac{\text{VM}_1 - \text{VM}_2}{\text{VM}_1} \times 100 \\ &= \frac{1,08 - 0,28}{1,08} \times 100 \\ &= 74,64\% \end{aligned}$$

4. BB3J

$$\begin{aligned} \text{VM}(\%) &= \frac{\text{VM}_1 - \text{VM}_2}{\text{VM}_1} \times 100 \\ &= \frac{1,05 - 0,27}{1,05} \times 100 \\ &= 73,96\% \end{aligned}$$

C. Kadar Abu (*ash content*)

Biomassa memiliki kandungan abu dimana abu merupakan endapan padat yang tersisa setelah pembakaran yang terdiri dari senyawa-senyawanya. Oleh karena itu semakin tinggi kandungan abu pada biomassa maka akan semakin berkurang nilai kalor biomassa tersebut. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kadar air menggunakan standar SNI 9032:2021 dapat dilihat pada persamaan 2.17 berikut.

$$\text{Ash}(\%) = \frac{\text{Ash}_1}{\text{Ash}_2} \times 100$$

Keterangan:

$$\text{Ash}_1 = \text{Berat abu (g)}$$

$$\text{Ash}_2 = \text{Berat sampel (g)}$$

Berikut merupakan perhitungan nilai kadar abu pada sampel bahan baku rumput raja selama 60 menit (BB1J), 120 menit (BB2J), 180 menit (BB3J) yang terdapat pada Tabel 4.10.

Sampel	Krusibel (g)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kadar abu (%)
BB	74,56	2,04	0,20	9,93
BB1J	74,67	2,09	0,19	8,98
BB2J	74,44	2,09	0,18	8,48
BB3J	73,82	2,01	0,16	8,07

1. BB

$$\begin{aligned}\text{Ash}(\%) &= \frac{\text{Ash}_1}{\text{Ash}_2} \times 100 \\ &= \frac{0,20}{2,04} \times 100 \\ &= 9,93\%\end{aligned}$$

2. BB1J

$$\begin{aligned}\text{Ash}(\%) &= \frac{\text{Ash}_1}{\text{Ash}_2} \times 100 \\ &= \frac{0,19}{2,09} \times 100 \\ &= 8,98\%\end{aligned}$$

3. BB2J

$$\begin{aligned}\text{Ash}(\%) &= \frac{\text{Ash}_1}{\text{Ash}_2} \times 100 \\ &= \frac{0,18}{2,09} \times 100 \\ &= 8,48\%\end{aligned}$$

4. BB3J

$$\begin{aligned}\text{Ash}(\%) &= \frac{\text{Ash}_1}{\text{Ash}_2} \times 100 \\ &= \frac{0,16}{2,01} \times 100\end{aligned}$$

$$= 8,07\%$$

D. Karbon Tetap (*fixed carbon*)

Kandungan karbon merupakan karbon yang tertinggal pada biomassa dan bentuk dari karbonnya berupa zat padat. Kandungan karbon ini merupakan komponen utama pada biomassa yang mampu menghasilkan panas pada proses pembakaran. Semakin tinggi kandungan karbon maka nilai kalor biomassa akan semakin meningkat. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kadar air menggunakan standar SNI 9032:2021 dapat dilihat pada persamaan 2.18 berikut.

$$FC(\%) = 100 - (VM + Ash)$$

Keterangan:

VM = Zat terbang (%)

Ash = Kadar abu (%)

Berikut merupakan perhitungan nilai karbon tetap pada sampel bahan baku rumput raja selama 60 menit (BB1J), 120 menit (BB2J), 180 menit (BB3J) yang terdapat pada Tabel 4.11.

Sampel	Zat terbang (%)	Kadar abu (%)	Karbon tetap (%)
BB	75,77	9,93	14,31
BB1J	75,05	8,98	15,97
BB2J	74,64	8,48	16,88
BB3J	73,96	8,07	17,97

1. BB

$$\begin{aligned} FC(\%) &= 100 - (VM + Ash) \\ &= 100 - (75,77 + 9,93) \\ &= 14,31\% \end{aligned}$$

2. BB1J

$$\begin{aligned} FC(\%) &= 100 - (VM + Ash) \\ &= 100 - (75,05 + 8,98) \\ &= 15,97\% \end{aligned}$$

3. BB2J

$$\begin{aligned}
 \text{FC}(\%) &= 100 - (\text{VM} + \text{Ash}) \\
 &= 100 - (74,64 + 8,48) \\
 &= 16,88\%
 \end{aligned}$$

4. BB3J

$$\begin{aligned}
 \text{FC}(\%) &= 100 - (\text{VM} + \text{Ash}) \\
 &= 100 - (73,96 + 8,07) \\
 &= 17,97\%
 \end{aligned}$$

E. Hidrofobik (*hydrophobicity*)

Material hidrofobik merupakan material yang menolak air atau dengan kata lain tidak suka dengan air, dimana pada saat air diteteskan diatas permukaan material hidrofobik maka air tersebut akan membentuk bulir-bulir yang kemudian meluncur dan membawa kotoran dan debu yang ada pada di permukaan material. Sifat hidrofobik ditentukan oleh waktu penetrasi tetesan air dimana sampel yang diuji diletakkan diatas wadah kaca yang kemudian diberi tetesan sebanyak lima tetesan secara bertahap. Kemudian setiap tetesan dihitung dengan menggunakan *stopwatch* untuk mengetahui Sifat dari nilai hidrofobik yang didapat (Dyjakon dkk., 2019). Untuk menentukan sifat hidrofobik dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Kriteria klasifikasi waktu penetrasi tetesan air (s)	Sifat Hidrofobik
< 5 s	Hydrophilic
5-60 s	Slightly hydrophobic
60-600 s	Strongly hydrophobic
600-3600 s	Severely hydrophobic
> 3600 s	Extremely hydrophobic

Berikut merupakan perhitungan dalam menentukan sifat hidrofobik pada sampel bahan baku rumput raja selama 60 menit (BB1J), 120 menit (BB2J), 180 menit (BB3J) yang terdapat pada Tabel 4.13.

1. BB

Tetes 1 = 01.05 menit
Tetes 2 = 00.37 menit
Tetes 3 = 00.53 menit
Tetes 4 = 01.00 menit
Tetes 5 = 00.59 menit
Rata-rata = $(65+37+53+60+59)/5$
= 55 s
Sifat = Slightly hydrophobic

2. BB1J

Tetes 1 = 03.07 menit
Tetes 2 = 02.16 menit
Tetes 3 = 02.59 menit
Tetes 4 = 02.40 menit
Tetes 5 = 02.54 menit
Rata-rata = $(187+136+179+160+174)/5$
= 167 s
Sifat = Strongly hydrophobic

3. BB2J

Tetes 1 = 04.24 menit
Tetes 2 = 04.08 menit
Tetes 3 = 04.37 menit
Tetes 4 = 03.57 menit
Tetes 5 = 04.14 menit
Rata-rata = $(264+248+277+237+254)/5$
= 256 s
Sifat = Strongly hydrophobic

4. BB3J

Tetes 1 = 04.14 menit
Tetes 2 = 03.55 menit
Tetes 3 = 04.26 menit
Tetes 4 = 04.41 menit


Tetes 5 = 05.13 menit

Rata-rata = $(254+235+266+281+313)/5$
= 270 s

Sifat = Strongly hydrophobic

Lampiran 7 Hasil pengujian pemanasan dengan pemanas dari lampu

A. Alat Penelitian

Nama Alat	Gambar Alat	Spesifikasi Alat
Lampu		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Type:</i> Halogen • <i>Ball type:</i> Stick lamp (yellow light) • <i>Power:</i> max. 1000 watt, 220-240 V, 50 Hz • <i>Screen dimension:</i> 26,5 cm x 20 cm

B. Hasil pengujian pemanasan bahan baku rumput raja menggunakan kolektor termal surya PTC dengan sumber panas dari lampu halogen

Data ke-	T_{bb} (°)	T_s (°)	P (hPa)
1	30,1	28,5	1010
2	35,7	28,5	1010
3	39,9	28,7	1010
4	42,4	29,0	1010
5	47,1	29,1	1010
6	49,0	29,4	1010
7	52,3	29,5	1010
8	54,2	29,5	1010
9	56,1	29,8	1010
10	57,7	29,7	1010
11	58,2	29,9	1010
12	60,0	30,1	1010
13	61,2	30,3	1010
14	63,4	30,5	1010
15	64,8	30,5	1010

16	66,3	30,3	1010
17	67,7	30,4	1010
18	69,5	30,5	1010
19	70,3	30,5	1011
20	71,1	30,6	1011
21	71,9	30,4	1011
22	72,4	30,3	1011
23	73,6	30,2	1011
24	74,0	30,4	1011
25	74,8	30,5	1011
26	75,2	30,6	1011
27	75,9	30,5	1011
28	76,3	30,7	1011
29	77,0	30,8	1011
30	77,7	30,6	1011
31	78,1	30,5	1011
32	78,5	30,6	1011
33	79,0	30,7	1011
34	79,3	30,7	1011
35	79,7	30,6	1011
36	79,9	30,5	1011

Pada Tabel hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa temperatur dari bahan baku yangtelah diberikan pemanasan hanya mengalami sedikit kenaikan temperatur. Dimana selama pengujian nilai dari intensitas cahaya yang didapatkan dengan rata-rata sebesar 8944 lux dengan nilai radiasi yg diterima sebesar 166W/m². Hal ini disebabkan oleh kurang maksimalnya panas yang sampai pada bahan baku yang terdapat didalam tabung penerima kolektor termal PTC. serta dengan adanya pengaruh dari kondisi lingkungan pada malam hari yang memiliki temperatur lingkungan yang rendah ataupun dalam keadaan sejuk,

sehingga membuat sulitnya bahan baku untuk menyerap panas.

C. Data Hasil pengujian bahan baku rumput raja

1. Kadar Air

$$\begin{aligned} M (\%) &= \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \\ &= \frac{1,05 - 0,96}{1,05} \times 100 \\ &= 8,17\% \end{aligned}$$

2. Zat Terbang

$$\begin{aligned} VM (\%) &= \frac{VM_1 - VM_2}{VM_1} \times 100 \\ &= \frac{1,02 - 0,25}{1,02} \times 100 \\ &= 75,49\% \end{aligned}$$

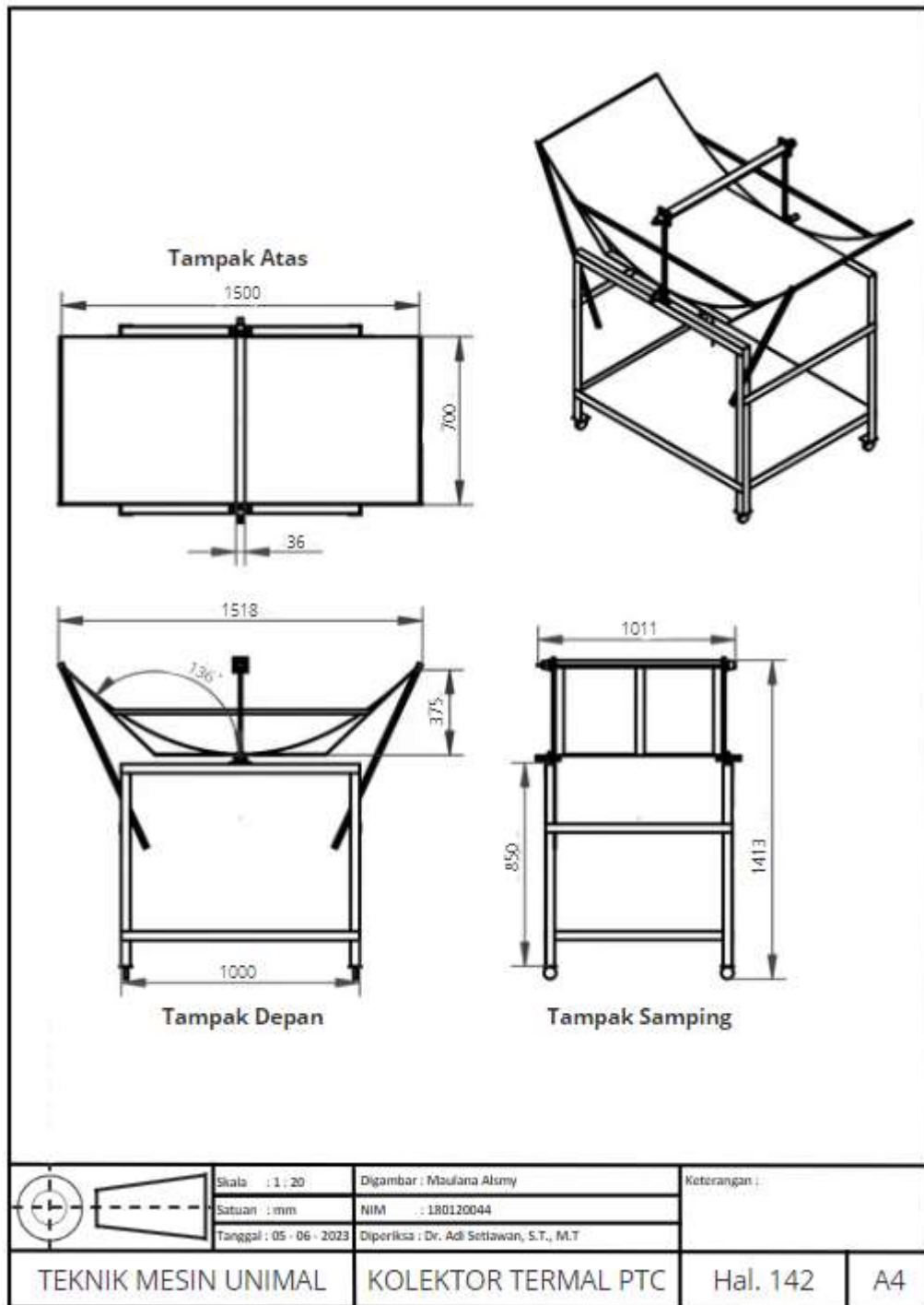
3. Kadar Abu

$$\begin{aligned} Ash (\%) &= \frac{Ash_1}{Ash_2} \times 100 \\ &= \frac{0,19}{2,02} \times 100 \\ &= 9,41\% \end{aligned}$$

4. Karbon Tetap

$$\begin{aligned} FC (\%) &= 100 - (VM + Ash) \\ &= 100 - (75,49 + 9,41) \\ &= 15,10\% \end{aligned}$$

Lampiran 8 Desain alat kolektor termal PTC beserta perhitungan Geometris



Perhitungan geometris kolektor termal PTC

1. Perhitungan rasio konsentrasi kolektor termal PTC berdasarkan persamaan

2.11.

$$\begin{aligned} C &= \frac{W_a}{\pi D_o} \\ &= \frac{1,5 \text{ m}}{3,14 \cdot 0,0127 \text{ m}} \\ &= 37,6 \end{aligned}$$

2. Perhitungan sudut rim kolektor termal PTC berdasarkan persamaan 2.12.

$$\begin{aligned} \phi &= \sin^{-1} \left(\frac{W_a}{2r} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{1,5 \text{ m}}{2 \cdot 0,75 \text{ m}} \right) \\ &= 90^\circ \end{aligned}$$

3. Perhitungan sudut penerimaan ataupun jarak fokal berdasarkan persamaan

2.13.

$$\begin{aligned} f &= \frac{W_a}{4 \tan \frac{\phi}{2}} \\ &= \frac{1,5 \text{ m}}{4 \tan \frac{90^\circ}{2}} \\ &= 0,375 \text{ m} \end{aligned}$$

Lampiran 9 Hasil pengujian nilai kalor



**LABORATORIUM PENGUJIAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI LHOKEUMAWE**

Jalan Banda Aceh-Medan Km. 280,3 Buketrata-Lhokseumawe, 24301 P.O Box 90 Telepon / Fax : (0645) 42785



LAPORAN HASIL UJI

No. Contoh Uji : 230338
Nama Pengirim : Maulana Alsmi
Instansi : Universitas Malikusaleh Lhokseumawe
Jenis Contoh Uji : Rumput Raja
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : -
Tanggal Penerimaan : 19 September 2023
Tanggal Selesai Analisis : 19 September 2023
Acuan : Astm 4809-06
Peralatan pengujian Automatic Calorimeter. IKA- C 2000

Tabel Hasil Pengujian:

No	Nama Sampel	Spesifikasi	ASTM	Nilai kalor (J/g)	Keterangan
1.	Rumput Raja	BBL	astm-4809-06	15905	LHV (gas)
2	Rumput Raja	BB3J	astm-4809-06	16187	LHV (gas)
3	Rumput Raja	BB2J	astm-4809-06	16104	LHV (gas)
4	Rumput Raja	BB1J	astm-4809-06	16072	LHV (gas)

Demikianlah hasil pengujian ini disampaikan, agar dapat dipergunakan seperlunya.


Ka. Laboratorium Pengujian
Teknik Kimia

**LABORATORIUM
PENGUJIAN**
Nip.19721118 1998032003

Buketrata, 19 September 2023
Analisis Laboratorium,


Syafar, ST, MT
Nip.198108122009121002


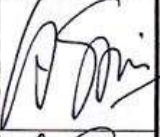
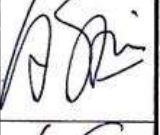



Lampiran 10 Daftar kegiatan konsultasi tugas akhir



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN – PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
 Jl. Batam, Blang Pulo, Muara Satu- Lhokseumawe – Aceh (24352)
 Tel. (0645)41373-40915, Faks. (0645)44450
 website: <https://tm.unimal.ac.id>, e-mail: teknikmesin@unimal.ac.id

KARTU KEGIATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

A. Identitas Mahasiswa		Kode Form
Nama	Maulana Alrusy	JTM.03/TGA
NIM	190120044	
Konsentrasi Bidang (KDK)	Konversi Energi	
Dosen Pembimbing I	Dr. Ali Setiawan S.T, MT	
Dosen Pembimbing II		

No	Hari/ Tanggal	Materi Bimbingan	Koreksi dan Arahan	Tanda Tangan Pembimbing
1.	Kamis / 19-05-22	Rumusan masalah & latar belakang serta tujuan	Urutkan latar belakang berdasarkan rumusan masalah.	
2.	24/05/22	Desain alat kolektor surya	Persiapkan gambar kerja dan bahan / material yg diperlukan	
3.	21/06/22	Analisa pengujian Proximate & kalor	Perbaiki analisa perhitungan.	
4.	29/07/22	Pengumpulan & penyusunan proposal serta pengisian	Perbaiki proposal	
5.	30/07/22	Pengambilan data Pengujian	Perbaiki grafik data	
6.	05/08/23	kons. 1 data hasil pengujian	Perbaiki data hasil	

Lampiran 11 *Curriculum Vitae*

CURRICULUM VITAE



PROFILE

Name : Maulana Alsmay
Place, Date of Birth : Medan, 27 Juni 2000
Gender : Laki-laki
Religion : Islam
Address : Dusun III-A Jl.Pala Gg.Pala 3 Ujung
Phone Number : 0813-7055-9304
Email : maulana.180120044@mhs.unimal.ac.id

EDUCATIONAL BACKGROUND

Universitas Malikussaleh-Teknik Mesin	2018-2023
SMK Telkom Shandy Putra Medan	2015-2018
MTs Ar-Raudhatul Hasanah	2012-2015
SD Panca Budi Medan	2006-2012

CERTIFICATION

Magang Generasi Bertalenta BUMN (Magenta BUMN) 2023

ORGANIZATION EXPERIENCE

Division of Robotics UKM Sains, Riset and Robotika 2021-2022

WORK EXPERIENCE

Praktek Kerja Lapangan	PT. Telkom Akses	July 2017 - September 2017
Kerja Praktek	PT. Perkebunan Nusantara II	August 2021 - September 2021
Magang PMMB	PT. Garam	November 2022 - April 2023

SKILLS

Microsoft Office