

TUGAS AKHIR

KAJI EKSPERIMENTAL DAN EFESIENSI ALAT PENDINGIN SOLAR COLLECTOR DENGAN PHASE CHANGE MATERIAL (PCM) UNTUK SUDUT OPTIMAL

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Dari Syarat-Syarat Yang Diperlukan Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)*

HANIF MUSLIM

NIM : 1705903010023

Bidang Keahlian Teknik Konversi Energi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,

RISET DAN TEKNOLOGI

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TEUKU UMAR

MEULABOH

2022



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTASTEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59
Laman: www.utu.ac.id, email: teknikmesin@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini dengan judul "Kaji Eksperimental Dan Efisiensi Alat Pengereng Solar Collector Dengan Phase Change Material (PCM) Untuk Sudut Optimal", disusun oleh:

Nama : Hanif Muslim
NIM : 1705903010023
Bidang Studi : Teknik Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 10 Juni 2022, guna memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar.

Alue Peunyareng, 10 Juni 2022

Disetujui
Pembimbing,

Maldi Saputra, ST., MT
NIP. 198105072015141002

Mengetahui
Ketua Program Studi,

Maldi Saputra, ST., MT
NIP. 198105072015141002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTASTEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59
Laman: www.utu.ac.id email: teknikmesin@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir guna memenuhi salah satu syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, pada tanggal 10 Juni 2022

Nama : Hanif Muslim
NIM : 1705903010023
Bidang Studi : Teknik Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Kaji Eksperimental Dan Efisiensi Alat Pengering Solar Collector Dengan Phase Change Material (PCM) Untuk Sudut Optimal

Alue Peunyareng, 10 Juni 2022
Disetujui oleh:

1. Maldi Saputra, ST., MT
NIP. 198105072015141002
2. Joli Supardi, ST., MT
NIDN. 0112077801
3. Zakir Husin, ST., MT
NIDN. 0130017202

(Bendaharing I)

(Penguji I)

(Penguji II)

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Maldi Saputra, ST., M

NIP. 198105072015141002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTASTEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59
Laman: www.utu.ac.id, email: teknikmesin@utu.ac.id

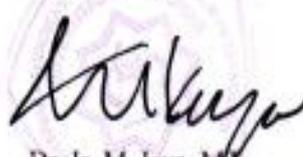
LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Tugas Akhir guna memenuhi salah satu syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, pada tanggal 10 Juni 2022

Nama : Hanif Muslim
NIM : 1705903010023
Bidang Studi : Teknik Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Kaji Eksperimental Dan Efisiensi Alat Pengering Solar Collector Dengan Phase Change Material (PCM) Untuk Sudut Optimal

Alue Peunyareng, 10 Juni 2022

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. M. Isya, MT
NIP. 196204111989031002

Menyetujui,
Ketua Program Studi



Madi Saputra, ST., MT
NIP. 198105072015141002

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hanif Muslim

Nim : 1705903010023

Dengan ini menyatakan bahwa penulisan tugas akhir yang saya susun merupakan karya saya sendiri dan tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari karya ilmiah yang saya kutip tanpa saya cantumkan sumbernya yang dapat dikategorikan ke dalam plagiasi. Tugas akhir yang saya susun juga bukan merupakan reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis dan dipublikasikan oleh orang lain.

Apabila dalam tugas akhir yang saya susun terdapat bagian-bagian yang memenuhi unsur plagiasi, maka saya dengan ini menyatakan kesediaan atas sanksi yang diberikan oleh universitas sesuai dengan aturan yang berlaku. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Alue pernyareng, 10 juni 2022

Penulis,



(Handwritten signature)

(Hanif muslim)
1705903010023

Kaji Eksperimental Dan Efisiensi Alat Pengering Solar Collector Dengan Phase Change Material (PCM) Untuk Sudut Optimal

Hanif muslim.

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Teuku Umar.

E-mail : hanifmuslim1723@gmail.com

Abstrak

Alat pengering *solar collector* dengan memanfaatkan kaca transparan, plat datar / absorber dan *phase change material* (PCM) adalah salah satu pemanfaatan energi matahari yang sangat berguna, dengan menggunakan alat pengering tipe ini kita dapat mengeringkan hasil perikanan dan perkebunan tanpa menggunakan bahan bakar fosil, serta dapat menghasilkan produk pengeringan yang tidak terkontaminasi oleh debu, kotoran polusi kendaraan yang menyebabkan kurang higienisnya suatu produk dan mengakibatkan mutu produk menjadi rendah. Adapun prinsip kerja dari alat pengering ini adalah energi matahari yang jatuh kepermukaan kolektor akan menembus kaca transparan dan diserap oleh plat datar, energi matahari yang diserap kolektor akan disimpan oleh *phase change material* (PCM). Material penyimpan panas ini akan melepas energi yang disimpan jika terjadi perubahan cuaca atau energi matahari mulai berkurang. Akibat dari sinar matahari yang terus-menerus, temperatur didalam kolektor akan meningkat lebih tinggi. Sehingga udara panas tadi akan memanaskan rak-rak yang disusun didalam ruang pengering. Dari hasil penelitian dilakukan perbandingan pada alat pengering *solar collector* tidak menggunakan PCM dan dengan menggunakan PCM. Untuk alat pengering tidak menggunakan PCM pada pengeringan daun kelor menghasilkan temperatur rata-rata pada setiap rak memiliki temperatur yang berbeda. Temperatur untuk rak 1 rata-rata 18,2°C, untuk rak 2 rata-rata temperaturnya 21,1°C dan rak 3 rata-rata temperaturnya 25,6°C. Pada pengeringan daging ikan tongkol menghasilkan temperatur pada rak 1 rata-rata 49,9°C, temperatur rak 2 rata-rata 51,1°C, temperatur rak 3 rata-rata 50,6°C. Sedangkan pada penggunaan alat pengering solar collector dengan PCM juga menghasilkan temperatur yang berbeda. Untuk pengeringan daun kelor temperatur pada rak 1 rata-rata 29,9°C, temperatur rak 2 rata-rata 25,7°C, dan temperatur rak 3 rata-rata 28,4°C. Pada pengeringan daging ikan tongkol menghasilkan temperatur pada rak 1 rata-rata 59,9°C, temperatur rak 2 rata-rata 59,9°C, dan temperatur rak 3 rata-rata 62,9°C.

Kata kunci : Alat pengering solar collector, kaca transparan, plat penyerap, phase change material (PCM) kolektor, rak pengering.

Hanif muslim.
Department of Mechanical Engineering, Teuku Umar Universty.
E-mail : hanifmuslim1723@gmail.com

ABSTRAK

Solar collector drying equipment by utilizing transparent glass, flat plate / absorber and phase change material (PCM) is one of the most useful uses of solar energy, by using this type of dryer we can exploit fishery and plantation products without using fossil fuels, and can produce a product that is low and not contaminated by dust, vehicle pollution which causes less hygiene of a product and results in product quality. The working principle of this drying device is that solar energy that falls to the surface of the collector will penetrate the transparent glass and be absorbed by the data plate, the solar energy collected by the collector will be stored by the phase change material (PCM). This heat-storing material will release the stored energy if the weather changes or the sun's energy starts to decrease. As a result of continuous sunlight, the temperature inside the collector will increase higher. So that the hot air will heat the shelves arranged in the drying chamber. From the results of the study, comparisons were made on solar collector drying equipment that did not use PCM and used PCM. For the dryer not using PCM, the drying of Moringa leaves resulted in the average temperature on each shelf having a different temperature. The average temperature for shelf 1 is 18.2°C, for shelf 2 the average temperature is 21.1°C and shelf 3 is 25.6°C. The drying of mackerel meat produces an average temperature on shelf 1 of 49.9°C, shelf temperature 2 an average of 51.1°C, shelf temperature 3 an average of 50.6°C. While the use of a solar collector dryer with PCM also produces different temperatures. To dry Moringa leaves, the average temperature on shelf 1 is 29.9°C, shelf temperature 2 averages 25.7°C, and shelf temperature 3 averages 28.4°C. In drying tuna meat, the average temperature on shelf 1 is 59.9°C, shelf temperature 2 is on average 59.9°C, and shelf temperature 3 is 62.9°C on average.

Keywords: Solar collector dryer, transparent glass, absorbent plate, phase change material (PCM) collector, drying rack.



KATA PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk orang yang paling berharga dan penting dalam hidup saya.

Sigala perjuangan saya hingga titik ini tidak luput dari suok-suok yang hebat dan tangguh.

Pertama, teruntuk orang tua dan keluarga saya yang menjadi bahan bakar semangat saya dalam menggapai cita-cita.

Tempat untuk meluahkan derai air mata saat beban kuliah tak sanggup saya pikul.

Terimakasih karena selalu menjaga saya dalam setiap doa-doa ayah dan ibu serta membaratkan saya dalam menggapai cita-cita.

Saya tau atas apa yang saya miliki saat ini atas apa yang telah saya raih saat ini, tidak luput dari doa ayah ibu disetiap malam.

Saya ucapkan terimakasih kepada ayah yang sangat saya cintai. Setiap deretan perjuangan ayah, setiap keringat yang mengucur dari keningnya, yang mulai berputar dalam mencari nafkah untuk keluarga, dan biaya kuliah saya, bekerja dalam teriknya matahari tanpa sama seklipun mengeluh. Hari ini anakmu telah sampai pada titik dimana skripsi ini telah selesai, rasanya telah membuat ayah bangga. Dan saya selalu berdoa semoga ayah selalu di berikan kesehatan dan murah rezeki.

Teruntuk ibunda tercinta,

terimakasih atas kasih sayangmu yang tulus yang selalu menyertakan saya dalam doa.

Dengan kata-kata lembutmu selalu menasihati saya

dan memperingatkan saya untuk menjaga diri di kampung orang dan sampai kapanpun saya selalu mengingat nasehat itu.

Dan beribu terima kasih saya ucapkan kepada dosen pembimbing saya (Bapak Maldi Saputra, ST,MT) serta dosen pengaji 1, (Bapak Johi Supardi, ST,MT) dan pengaji 2 (Bapak Zakir Muslim, ST,MT) yang telah memberikan saya ilmu yang sangat luar biasa, telah meluangkan waktu hanya demi membimbing saya, dan berkat bantuan beliau lah saya bisa mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T). Mungkin jasa mereka memang lah tak sanggup terbalas karena Allah lah yang mampu membalas semuanya.

Kata-kata terimakasih juga kepada sahabat dan teman-teman seperjuangan yang saya sayang. Terimakasih Rani wahyuni, terimakasih atas dukungan, kebaikan, perhatian, dan kesabaran. Dan terimakasih selalu ada disini ku

dan menjadi tempat bercerita serta menampung keluh kesah masing-masing yang selalu ada untuk menghibur dari pelajaran skripsi yang menguras emosi dengan canda dan tawa.

Terimakasih selalu mendukung saya apapun yang terbaik untuk saya.

Terimakasih atas kebaikan, perhatian dan kebijaksanaan serta memotivasi saya untuk merui harkat-jesam.



Kata Pengantar



Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT. Yang senantiasa membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Shalawat beserta salam tidak lupa kita sanjungkan keharibaan junjungan Nabi besar kita Muhammad SAW, yang telah merubah tatanan ummat jahilia kepada tatanan ummat islamiah penuh dengan budi pekerti yang mulia.

Penulisan skripsi ini dengan judul **"KAJI EKSPERIMENTAL DAN EFESIENSI ALAT PENERING SOLAR COLLECTOR DENGAN *PHASE CHANGE MATERIAL* (PCM) UNTUK SUDUT OPTIMAL"**. Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) program studi Teknik Mesin di Universitas Teuku Umar.

Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Jasman J. Ma'ruf, S.E., MBA. Selaku Rektor Universitas Teuku Umar;
2. Bapak Dr. Ir. M. Isyu, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar
3. Bapak Maidi Saputra, ST., MT. Selaku ketua Jurusan Program Studi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar dan sebagai dosen pembimbing, yang telah bersedia memberikan waktunya dalam membimbing serta memberikan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Bapak Heri Darsan, ST., MT. selaku Sekretaris jurusan Program Studi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar
5. Bapak Joli Supardi, ST., MT. Selaku penguji I yang telah memberikan arahan dan masukan terhadap skripsi ini.
6. Bapak Zakir Husin, ST., MT. Selaku dosen penguji II yang juga telah memberikan arahan dan masukan terhadap skripsi ini
7. Seluruh dosen pengajar program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar

8. Keluarga besar himpunan mahasiswa Teknik Mesin (HMM) dan seluruh angkatan 2017, yang selalu memberikan arahan dan masukan-masukan yang positif dalam menyelesaikan kuliah penulis
9. Terimah kasih kepada kedua orang tua saya (ayah dan ibu tercinta) dan keluarga saya yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada saya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Dan semua pihak yang memberi saran-saran serta kritik yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan saran dan masukan dari pembaca untuk menyempurnakan skripsi ini, harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi

Alue Perayong, 10 juni 2022

Penulis



HANIF MUSLIM
1705903010023

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Radiasi Matahari	6
2.1.1 Jenis Radiasi Yang Masuk Ke Permukaan Bumi	7
2.1.2 Intensitas Radiasi Matahari	8
2.1.3 Radiasi Pada Bidang Miring	9
2.1.4 Pemanfaatan Energi Matahari	9
2.2 Kolektor Surya	11
2.3 Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya	11
2.3.1 Perpindahan Secara Panas Konduksi	12
2.3.2 Perpindahan Secara Panas Konveksi	13
2.3.3 Perpindahan Secara Panas Radiasi	14
2.4 Klasifikasi Kolektor Surya	15
2.5 Kolektor Surya Plat Datar	15
2.5.1 Sistem Kerja Kolektor Surya Plat Datar	17
2.5.2 Persamaan Sistem Kolektor Surya	20
2.6 PCM (<i>Phase Change Material</i>)	21
2.6.1 Aplikasi PCM	21
2.6.2 PCM Hidrat Garam	22
2.7 <i>Thermal Energy storage</i>	23
2.8 Alat Pengering	24
2.9 Komponen-Komponen Alat Pengering	26
2.9.1 Kolektor Plat	26
2.9.2 PCM	26
2.9.3 Rak-Rak Bertingkat	26
2.9.4 Ruang Pengering	26
2.10 Pengeringan	27
2.10.1 Proses Pengeringan	28

2.10.2 Pengeringan Daun Kelor	30
2.10.3 Pengeringan Daging Ikan Tongkol	31
2.10.4 Faktor Yang Mempengaruhi Pengeringan	33
2.10.5 Efisiensi Pengeringan	33
BAB 3 METODE PENELITIAN	34
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.1.1 Tempat	34
3.1.2 Waktu	34
3.2 Metode Penelitian	36
3.3 Prinsip Kerja	36
3.4 Eksperimental Perpindahan Panas	36
3.5 Bahan Dan Alat Yang Digunakan	37
3.5.1 Bahan	37
3.5.2 Peralatan Penelitian	38
3.6 Desain Alat	41
3.7 Tahap Pembuatan Alat	42
3.8 Persiapan Pengujian	42
3.9 Pengumpulan Data	42
3.10 Model Matematis	43
3.10.1 Perhitungan Kadar Air	43
3.11 Prosedur Penelitian	44
3.12 Diagram Alir	45
BAB 4 PEMBAHASAN	46
4.1 Alat Yang Sudah Jadi	46
4.2 Cara Penggunaan Alat Pengering	46
4.3 Proses Pengeringan	47
4.3.1 Daun Kelor	47
4.3.2 Daging Ikan Tongkol	48
4.4 Pengumpulan Data	50
4.4.1 Berat Bahan	50
4.4.2 Data Suhu	51
4.5 Pengolahan Data	54
4.5.1 Perhitungan Kadar Air	54
4.5.1.1 Perhitungan kadar air bahan daun kelor tidak pakai PCM	55
4.5.1.2 Perhitungan kadar air bahan daun kelor dan pakai pcm	57
4.5.1.3 Perhitungan kadar air daging ikan tongkol pakai pcm	61
4.5.1.4 Perhitungan kadar air bahan daging ikan tongkol pakai pcm	64
4.6 Efisiensi Solar Kolektor Dengan Sudut 15°C	68
BAB 5 PENUTUP	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tingkat Radiasi Matahari Sepanjang Tahun	7
Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konduksi Melalui Sebuah Plat.....	12
Gambar 2.3 Konveksi Paksa Dan Konveksi Alamiiah.....	13
Gambar 2.4 Proses Perpindahan Radiasi	15
Gambar 2.5 Kolektor Surya Pelat Datar Sederhana	17
Gambar 2.6 Sistem Kerja Kolektor	19
Gambar 2.7 PCM Hidrat Garam	22
Gambar 2.8 Kurva Pengeringan	29
Gambar 2.9 Kurva Kadar Pengeringan	29
Gambar 2.10 Daun Kelor	30
Gambar 2.11 Daging Ikan Tongkol.....	32
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	34
Gambar 3.2 Solar Power Meter	38
Gambar 3.3 Termokopel	39
Gambar 3.4 Anemometer	40
Gambar 3.5 Timbangan.....	40
Gambar 3.6 Meteran.....	40
Gambar 3.7 Desain Alat Pengering.....	41
Gambar 3.8 Folwechat.....	45
Gambar 4.1 Alat Pengering Solar Kolektor	46
Gambar 4.2 Perimbangan	47
Gambar 4.3 Pengeringan Daun Kelor	48
Gambar 4.4 Pengeringan Daging Ikan Tongkol.....	49
Gambar 4. 5 Massa Awal Daun Kelor Sebelum Di Keringkan	55
Gambar 4.6 Massa Akhir Daun Kelor Sudah Di Keringkan.....	55
Gambar 4.7 Grafik Temperatur Solar Collector Ruang Pengering Tidak Pakai...57	57
Gambar 4.8 Massa Awal Daun Kelor Sebelum Di Keringkan Pakai PCM	58
Gambar 4.9 Berat Phasa Change Material (PCM) Untuk Pengeringan Daun Kelor	58
Gambar 4.10 Massa Akhir Daun Kelor Sudah Di Keringkan Menggunakan Bahan Bantuan PCM	59
Gambar 4.11 Grafik Temperatur Solar Collector Ruang Pengering Pakai Pcm, Pada Daun Kelor 1 Kali Pengujian Untuk Tiap Rak.....60	60
Gambar 4. 12 Massa Awal Daging Ikan Tongkol Rak Sebelum Di Keringkan ..61	61
Gambar 4. 13 Massa Daging Ikan Tongkol Sudah Di Keringkan.....62	62
Gambar 4. 14 Grafik Penelitian Daging Ikan Tongkol Tidak Pakai Pcm	63
Gambar 4. 15 Massa Awal Daging Ikan Tongkol Sebelum Di Keringkan Pakai Pcm	64
Gambar 4.16 Massa Hasil Akhir Daging Ikan Tongkol Di Keringkan Dengan Bantuan Pakai Pcm.....65	65
Gambar 4. 17 Berat Berat Phasa Change Material (PCM) Untuk Pengeringan Daging Ikan Tongkol	65
Gambar 4. 18 Grafik Penelitian Daging Ikan Tongkol Pakai Pcm	67
Gambar 4.19 Grafik Efisiensi Temperatur Penggabungan Pada Rak 1	68
Gambar 4.20 grafik efisiensi temperatur penggabungan pada rak 2	68

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	35
Tabel 3.2 Temperatur massa daun kelor dan daging ikan tongkol yang akan di uji tidak pakai PCM	44
Tabel 3.3 Tabel Temperatur massa daun kelor dan daging ikan tongkol yang akan di uji pakai PCM	44
Tabel 4.1 Data Massa Daun Kelor Sebelum Pengujian Tidak Menggunakan PCM	50
Tabel 4.2 Massa Daun Kelor Sebelum pengujian Menggunakan PCM	51
Tabel 4.3 Massa Daging Ikan Tongkol Sebelum Pengujian Tidak Menggunakan PCM	51
Tabel 4.4 Massa Daging Ikan Tongkol Sebelum Pengujian Menggunakan PCM	51
Tabel 4.5 Temperatur Kolektor Dengan Sampel Daun Kelor	52
Tabel 4.6 Temperatur Kolektor Dengan Sampel Daun Kelor	53
Tabel 4.7 Temperatur kolektor dengan sampel daging ikan tongkol	53
Tabel 4.8 Temperatur solar collector dengan sampel daging ikan tongkol	54
Tabel 4.9 Pengukuran Temperatur Solar Collector Ruang Pengering Tidak Pakai PCM, Pada Daun Kelor 1 Kali Pengujian Untuk Tiap Rak	56
Tabel 4.10 Pengukuran temperatur solar collector ruang pengering pakai pcm, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak	60
Tabel 4.11 Pengukuran temperatur solar collector ruang pengering, daging ikan tongkol tidak pakai pcm, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak	63
Tabel 4.12 Pengukuran temperatur solar collector ruang pengering, ikan daging tongkol pakai pcm, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak	66

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi radiasi matahari merupakan salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan salah satunya adalah pengeringan. Sinar matahari dapat dikonversi menjadi energi panas dan energi panasnya bisa digunakan sebagai energi pemanas dalam ruang pengering. Alat pengering merupakan sistem pengeringan bahan dalam ruang tertutup yang memanfaatkan radiasi matahari secara langsung dengan menggunakan alat penyerap panas solar kolektor (Abd, Syuhada, & Zulfan. 2021).

Kolektor surya merupakan sebuah alat yang mampu menyerap sinar radiasi matahari, sehingga dapat memanaskan udara yang ada di dalam ruang kolektor tersebut. Penyerapan energi radiasi matahari memerlukan peralatan khusus yaitu plat absorber, solar kolektor yang digunakan ialah kolektor surya plat datar (Suprayitno, Aziz, & Mainil. 2016). Kemampuan penyediaan udara pengering pada solar kolektor plat datar masih sangat terbatas dan memiliki hambatan dalam penyebar luasnya. Salah satu dari hambatan tersebut yaitu kolektor surya plat datar harus dipindahkan jika sinar matahari mulai berpindah dari arah timur ke arah barat. Sistem penyerapan kolektor surya plat datar bervariasi karena disebabkan oleh cuaca matahari yang berubah-ubah seperti awan, angin, dan hujan. Kolektor surya plat datar memerlukan suatu material yang dapat menyimpan energi matahari pada saat proses penyerapan berlangsung dengan

Penggunaan penyimpanan energi panas yang membantu solar kolektor adalah aplikasi material berubah fasa PCM.

PCM merupakan penyimpan energi panas dan memiliki keunggulan kepadatan penyimpanan energi tinggi dan sifat isothermal proses penyimpanan. PCM yang digunakan untuk proses eksperimen adalah hidrat garam yang terdiri dari campuran air dan garam berbentuk kristal. PCM dimasukkan kedalam ruang solar kolektor plat datar yang telah disediakan wadah sebagai tempat PCM pada saat proses perubahan fasa dari bentuk kristal mencair dan membeku.

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Arikundo & Hazwi. (2014) mengenai rancang bangun prototype kolektor surya tipe plat datar untuk penghasil panas pada pengering produk pertanian dan perkebunan. Melakukan pengujian performansi mesin pengering tenaga surya dengan produk yang dikeringkan adalah singkong (cassava) yang berkadar air 60% yang akan dikeringkan untuk mencapai kadar air 10%. Berdasarkan hal diatas, penulis ingin membuat tugas akhir dengan judul “ **Kaji Eksperimental Dan Efisiensi Alat Pengering *Solar Collector* Dengan *Phase Change Material* (PCM) Untuk Sudut Optimal**”. Untuk penelitian ini penulis mengkaji kemampuan alat pengering yang menggunakan energi matahari sebagai sumber energinya dengan menggunakan solar kolektor plat datar dan material PCM untuk penyerapan panas dan penyimpan panas, dalam kasus pengeringan daun kelor dan daging ikan tongkol.

Sebelum kolektor plat datar dan material PCM ini digunakan dalam pengeringan, perlu untuk di selesaikan berbagai masalah pada tahap penelitian dan pengembangannya. Karena alasan ini peneliti mencoba bereksperimen untuk

menyelidiki potensi dari peningkatan kinerja penyerapan energi panas pada solar kolektor plat datar dengan menggunakan PCM untuk sudut optimal dan pengeringan bahan yang maksimal. Diharapkan dengan menggabungkan kedua sistem pengeringan kolektor plat datar dan PCM dapat memaksimalkan waktu pengeringan yang cepat pada alat pengering.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Berapa temperatur pada solar collector tidak menggunakan PCM dan dengan menggunakan PCM pada sudut yang sama
2. Bagaimana temperatur yang dapat dicapai kolektor surya plat datar tanpa PCM dan dengan PCM pada alat pengering kolektor surya plat datar dengan PCM
3. Bagaimana efisiensi pada alat pengering solar collector tanpa PCM dan solar collector dengan PCM per raknya

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut

1. Untuk mengetahui temperatur pada solar collector tidak menggunakan PCM dan dengan menggunakan PCM pada sudut yang sama
2. Untuk mengetahui temperatur yang dapat dicapai solar collector dan solar collectro dengan PCM
3. Untuk mengetahui efisiensi pada alat pengering solar collector tanpa PCM dan solar collector dengan PCM per raknya

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Alat pengering solar collector harus dipindahkan
2. Temperatur yang dapat dicapai solar collector bergantung pada cuaca matahari
3. Tempat masuknya udara panas dari kolektor ke ruang pengering terlalu besar

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan sudut yang tepat pada alat pengering solar collector
2. Temperatur solar collector yang semakin tinggi dapat mempercepat laju pengeringan pada alat pengering
3. Mendapatkan efisiensi pada alat pengering, sehingga temperatur pada solar collector lebih panas dan laju pelepasan massa lebih cepat dari udara yang memanasinya

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

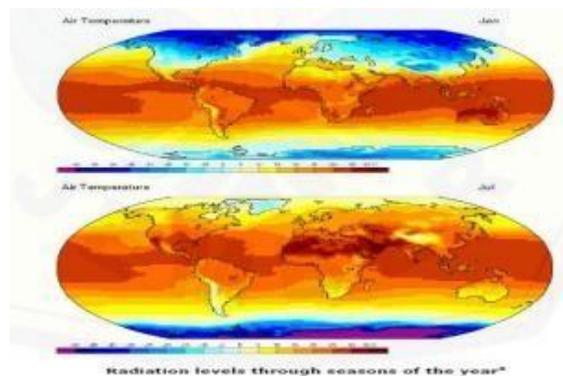
2.1 Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di matahari. Energi matahari berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Spectrum radiasi matahari sendiri terdiri dari dua yaitu, sinar gelombang pendek dan sinar gelombang panjang. Sinar yang termasuk gelombang pendek adalah sinar X, sinar gamma, sinar ultra violet, sedangkan sinar gelombang panjang adalah sinar infra merah (Foncesa, I. A. 2019).

Jumlah total radiasi yang diterima di permukaan bumi tergantung 4 (empat) faktor. Jarak matahari, intensitas radiasi matahari, yaitu besar kecilnya sudut datang sinar matahari pada permukaan bumi. Jumlah yang diterima berbanding lurus dengan sudut besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi disebabkan karena energinya tersebar pada permukaan yang luas dan juga karena sinar tersebut harus menempuh lapisan atmosfer yang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus, panjang hari (*sun duration*), yaitu jarak dan lamanya antara matahari terbit dan matahari terbenam, pengaruh atmosfer. Sinar yang melalui atmosfer sebagian akan diabsorpsi oleh gas-gas, debu dan uap air, dipantulkan kembali, dipancarkan dan sisinya diteruskan di permukaan bumi.

Pentingnya matahari bagi kehidupan di bumi bahwa matahari mengeluarkan partikel-partikel, yaitu produk dari aktivitasnya dan planet-planet

serta berbagai benda langit adalah mediumnya. Produk tersebut adalah radiasi elektromagnetik, partikel energik, dan *transient ejecta* yang membeku pada medan magnet. Sisa pembuangan yang terperangkap di dalam heliosfer berdampak terhadap aktivitas matahari sesuai dengan karakteristiknya. Klasifikasi sisa pembuangan yang berdampak langsung pada aktivitas matahari adalah sisa pembuangan yang memiliki medan magnet intrinsik, medan magnet ionosfer dan atmosfer netral. Secara khusus bumi merespon variabilitas matahari melalui aktivitas geomagnetik, variasi atmosfer yang signifikan, dan kemungkinan cuaca, iklim dan biota. Ini berarti bahwa radiasi matahari adalah sumber energi utama yang menggerakkan iklim bumi dan menopang kehidupan.



Gambar 2.1 Tingkat Radiasi Matahari Sepanjang Tahun
(NCEP/NCAR reanalysis project 1957-1997 climatologists)
(Sumber : Foncesa, I. A. 2019)

2.1.1 Jenis Radiasi Yang Masuk Ke Permukaan Bumi

Radiasi yang masuk ke permukaan bumi jumlahnya akan berkurang. Hal ini disebabkan ketika radiasi melewati atmosfer, sebagian diteruskan menuju permukaan bumi, sebagian dipantulkan keluar angkasa, dan sebagian lagi akan diserap oleh atmosfer (Arsy, W. F. 2015). Karena pengaruh atmosfer inilah, jenis

radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi secara umum terbagi menjadi 3 jenis yaitu :

a. *Beam radiation* (radiasi langsung)

Beam radiation adalah radiasi matahari secara langsung diteruskan dari atmosfer hingga mencapai permukaan bumi

b. *Diffuse radiation* (radiasi difuse)

Difusse radiation adalah radiasi yang tersebar lebih dahulu di atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi

c. *Ground reflected radiation* (radiasi pantulan)

Reflected radiation adalah radiasi matahari yang memantul pada permukaan tanah

2.1.2 Intentitas Radiasi Matahari

Intentitas radiasi matahari merupakan jumlah energi radiasi matahari yang diterima oleh suatu permukaan per satuan luas dan persatuan waktu. Total energi radiasi matahari dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{rad} = \int_{tss}^{tsr} I dt \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

tsr = waktu matahari terbit

tss = waktu matahari terbenam

I = intentitas radiasi matahari (W/m^2)

2.1.3 Radiasi Pada Bidang Miring

Data radiasi surya pada bidang miring jarang di peroleh : kareteristiknya dari permukaan di sekitarnya berbeda dengan satu tempat dengan yang lainnya, sehingga standardisasi pengukuran sukar dibuat. Komponen sorotan Ibt diperoleh dengan mengubah radiasi sorotan pada permukaan horizontal menajdi masuk normal dengan menggunakan sudut zenit, dan kemudian mendapatkan komponen pada permukaan miring dengan mennggunakan sudut masuk. Radiasi sorotan pada permukaan horizontal diperoleh selisih antara pengukuran radiasi total dan pengukuran radiasi sebaran untuk suatu lokasi tertentu (Boer, W. 2019).

2.1.4 Pemanfaatan Energi Matahari

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif yang bisa dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan salah satunya adalah pengeringan. dimana energi panas matahari dapat digunakan dan dikonversi sebagai energi pemanas untuk ruang pengering. Pengembangan dan riset teknologi untuk manaikan temperatur udara pengering dari pemanas energi matahari telah banyak dikaji bahkan temperatur udara pengering telah mampu mencapai temperatur 80°C dengan bantuan alat pengumpul energi matahari yang disebut dengan solar kolektor plat datar (Abd, Syuhada, & Zulfan. 2021).

Alat ini pada umumnya terdiri dari sebuah plat penyerap/ *absorber* yang berfungsi untuk mengkonversi energi, sebuah suatu saluran udara dan sebuah penutup bagian atas dapat di tambahkan jika diperlukan. Saat udara mengalir masuk ke dalam saluran udara, panas di pindahkan dari udara ke absorber,

sehingga temperatur udara bertambah atau dengan kata lain diperoleh udara panas (Afrizal, Herisiswanto, & Aziz. 2009).

Pemanas udara surya dapat dikelompokkan atas : pemanas surya langsung/*direct solar drier* (aktif), dan pemanas surya tidak langsung/*indirect solar drier* (pasif) atau kombinasi dari keduanya.

a. Pemanas Surya Langsung (Aktif)

Pemanas surya langsung (pasif), dimana radiasi matahari diserap secara langsung oleh produk dan lingkungan sekitar. Bentuk sederhana dari alat pengering ini terdiri dari sebuah kotak berisi produk dengan suatu tutup transparan pada kemiringan tertentu, dan lubang ventilasi untuk tempat masuknya udara segar dan keluarnya udara yang lembab. Radiasi surya yang menimpa kotak dengan tutup transparan akan memanaskan produk, atau permukaan gelap didalam lemari pengering, dan menyebabkan uap air keluar dari bahan yang sedang dikeringkan. Sistem alat pengering ini mirip dengan suatu rumah kaca dimana plastik atau kaca transparan menutup rangka rumah kaca.

b. Pemanas Surya Tidak Langsung (Pasif)

Pemanas surya tidak langsung dimana radiasi matahari digunakan untuk memanaskan udara yang kemudian di alirkan ke ruang pengering/aktif. Pengering surya ini menggunakan suatu kolektor udara surya, terdiri suatu plat logam yang berwarna hitam di dalam suatu kotak dengan penutup kaca transparan.

2.2 Kolektor Surya

Kolektor surya adalah suatu alat yang dapat mengumpulkan atau menyerap radiasi surya dan mengkonversi menjadi panas. Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan sinar radiasi matahari sebagai sumber energi utama. Kolektor surya beroperasi tanpa mengeluarkan suara (tidak seperti turbin angin besar) sehingga tidak menyebabkan polusi suara (arikundo & hazwi, 2014). Sistem kolektor surya terdiri dari dua bagian utama yaitu kolektor dan ruang pengering. (Hutapea dkk. 2019).

2.3 Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya

Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain. Tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnakan sama sekali. Dalam suatu proses, panas dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu suatu zat atau perubahan tekanan, reaksi kimia dan kelistrikan. Perpindahan kalor/panas (*heat transfer*) ialah perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material (Hutapea dkk. 2019).

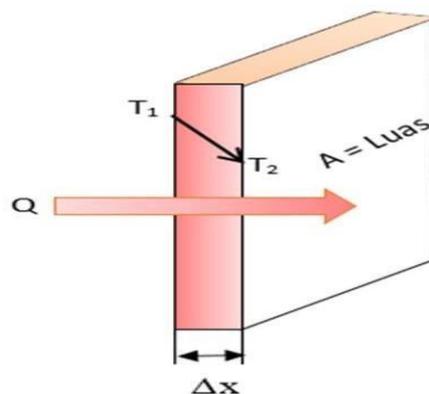
Energi dari sinar matahari yang terkumulasi di plat absorber akan ditransferkan energi panasnya ke fluida yang mengalir pada ducting dibawah plat absorber sehingga menyebabkan temperatur fluida keluar dari ducting akan mengalami peningkatan, plat isolasi yang berada di bawah ducting berfungsi sebagai isolator (Sophyan, N. F. 2016).

Dalam perencanaan suatu alat dengan pemanfaatan energi matahari perlu diketahui semua jenis perpindahan panas yang terjadi. Seperti ketika kolektor

menerima panas dari matahari maka hal itu terjadi cara radiasi, kemudian panas dari plat dan sisi kolektor berpindah secara konveksi dan konduksi dari udara masuk kedalam ruang pengering (Arikundo & Hazwi. 2014).

2.3.1 Perpindahan Secara Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi terjadi dari partikel yang lebih panas ke partikel yang lebih dingin sebagai hasil dari intraksi antara partikel tersebut. Karena partikel tidak berpindah, umumnya konduksi terjadi pada medium padat, tetapi bisa juga seperti cair dan gas. Perpindahan panas di sini terjadi akibat intraksi antar partikel tanpa diikuti perpindahan partikelnya. Berdasarkan percobaan, dapat dibuktikan bahwa laju perpindahan panas konduksi melalui sebuah plat tergantung pada perbedaan temperatur plat, bentuk geometri, dan sifat materialnya (Boer, W. 2019).



Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konduksi Melalui Sebuah Plat
(Sumber : Boer, W. 2022)

$$Q_c = -K A \left(\frac{dT}{dx} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

Q_c = Laju perpindahan panas (watt)

K = Konduktivitas termal (w/m.k)

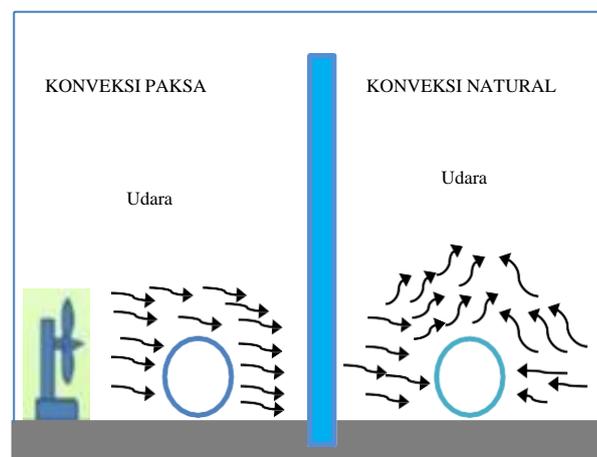
A = Luas penampang yang terletak pada aliran panas (m²)

$\left(\frac{dT}{dx}\right)$ = Gradien temperatur dalam aliran panas (k/m)

2.3.2 Perpindahan Secara Panas Konveksi

Perpindahan panas kalor yang terjadi karena perpindahan fluida (zat cair atau gas) yang menerima kalor disebut konveksi. Konveksi juga merupakan proses dimana kalor ditransfer dengan pergerakan molekul dari satu tempat ketempat yang lain. Sementara kondisi melibatkan molekul (elektron) yang hanya bergerak dalam jarak yang kecil dan ditumbuhkan, konveksi melibatkan pergerakan molekul dalam jarak yang besar.

Perpindahan fluida pada konveksi ada yang terjadi secara alamiah, ada yang terjadi karena dialirkan (perpindahan). Konveksi alamiah terjadi dengan sendirinya. Misalnya, konveksi pada saat memasak air. Aliran ini terjadi karena massa jenis air mengecil karena itu bagian zat cair ini naik dan digantikan oleh zat-zat cair yang massa jenisnya lebih besar.



Gambar 2.3 Konveksi Paksa Dan Konveksi Alamiah
(Sumber : Penelitian 2022)

Untuk nilai perpindahan panas secara konveksi dapat ditentukan dengan rumus:

$$Q_h = h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

h = koefisien konveksi ($W/m^2.K$)

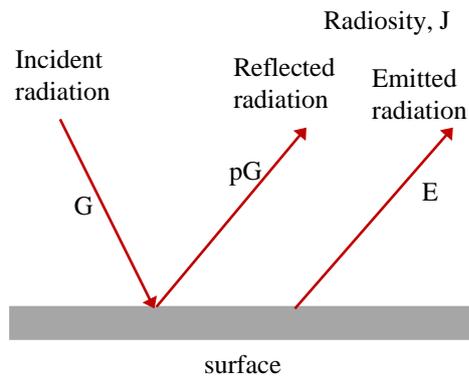
A = luas permukaan panas (m^2)

ΔT = perbedaan temperatur (K)

Q_h = laju perpindahan panas ($Watt$)

2.3.3 Perpindahan Secara Panas Radiasi

Radiasi berbeda dengan mekanisme perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Perpindahan panas secara radiasi tidak membutuhkan suatu material sebagai media perantara perpindahan panas. Faktanya energi yang ditransfer dengan radiasi adalah yang tercepat (secepat kecepatan cahaya) dan dapat terjadi pada ruangan vakum. Perpindahan panas secara konduksi dan konveksi terjadi dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Pada radiasi, perpindahan panas dapat terjadi pada 2 benda yang memiliki temperatur yang tinggi yang di pisahkan oleh benda yang memiliki temperatur yang rendah. Berikut merupakan skematik proses terjadi perpindahan panas secara radiasi



Gambar 2.4 Proses Perpindahan Radiasi
(Sumber : penelitian 2022)

2.4 Klasifikasi Kolektor Surya

Berdasarkan dimensi, geometri dan penyerapannya kolektor surya didefinisikan menjadi tiga, yaitu :

- a) Kolektor surya plat datar (*flat-plate collector*)
- b) Kolektor Surya Terkonsentrasi
- c) Kolektor Tabung Vakum

2.5 Kolektor Surya Plat Datar

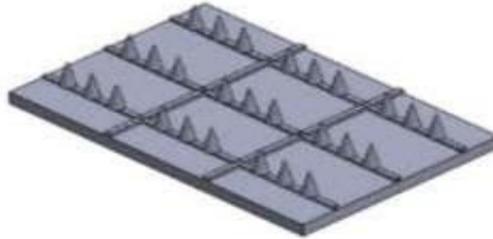
Kolektor plat datar merupakan sebuah kotak yang mampu menyerap sinar matahari, sehingga dapat meningkatkan suhu dalam kotak tersebut. Panas didalam kotak kolektor tersebut digunakan untuk berbagai keperluan salah satunya bisa untuk pengering daun kelor dan dagingkan tongkol. Kolektor plat datar merupakan alat yang digunakan untuk mengumpulkan energi radiasi surya yang sedemikian sehingga energi termal dan yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara praktis untuk berbagai proses.

Kolektor surya terdiri dari *cover* (penutup) transparan, absorber dan insulator. Radiasi surya yang jatuh pada permukaan bahan transparan dalam

gelombang pendek akan diteruskan oleh bahan transparan untuk kemudian diserap oleh absorber. Warna hitam pada absorber memiliki sifat absorpsi terhadap radiasi yang lebih besar sehingga sebagian besar radiasi matahari akan diserap. Penyerapan radiasi ini akan membuat suhu absorber menjadi tinggi. Radiasi panas akan dipancarkan oleh absorber akan tetapi dalam bentuk gelombang panjang. Kebanyakan bahan transparan akan memiliki sifat opak terhadap radiasi gelombang panjang dan oleh karena itu sebagian radiasi gelombang panjang ini di pantulkan tersebut akan diserap kembali dan sisahnya akan mengalami proses yang sama yaitu sebagian dipantulkan kembali ke absorber. Dengan demikian, kehilangan panas akibat radiasi menjadi minimal dengan menggunakan kolektor plat datar. kinerja sebuah kolektor surya akan bergantung dari karakteristik absorptivitas dari absorber, transmisivitas dari bahan transparan, *overall heat transver coefficient* (koefien pindah panas keseluruhan) dari insulator, bahan transparan serta absorber.

Kolektor surya tipe plat datar adalah tipe kolektor surya yang menggunakan plat datar pada pengoperasiannya. Kolektor plat datar dapat menyerap energi matahari dari sudut kemiringan tertentu sehingga pada proses penggunaannya dapat lebih mudah dan lebih sederhana. Dalam aplikasinya kolektor plat datar banyak digunakan untuk memanaskan udara dan untuk pengeringan bahan. Keuntungan utama dari sebuah kolektor surya plat datar adalah kolektor dapat menerima radiasi matahari melalui sorotan langsung. Desainnya yang sederhana, hanya sedikit memerlukan perawatan dan biaya

pembuat yang relatif terjangkau (Burlian, Thamrin, & Chaimrman. 2018). Lebih jelas dapat di lihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Kolektor Surya Pelat Datar Sederhana
(Sumber: Penelitian 2022)

Kolektor surya plat datar memiliki komponen-komponen utama yaitu :

- a. Plat absorber berfungsi untuk menyerap panas dari radiasi cahaya matahari
- b. Besi hollow berfungsi sebagai tempat krucut dan material PCM, untuk menahan PCM pada sudut kemiringan tertentu
- c. Timah krucut berfungsi untuk membantu penyerapan panas pada absorber yang transmisi utamanya energi yang diserap masuk dan dikonversikan untuk disimpan PCM

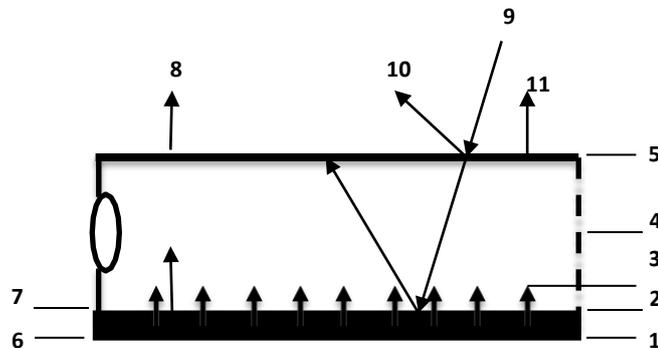
2.5.1 Sistem Kerja Kolektor Surya Plat Datar

matahari adalah permukaan yang di cat hitam. Pada permukaan ini radiasi diserap dan konversi dari energi cahaya menjadi energi panas. Desain penting yang perlu dipertimbangkan pada kolektor surya adalah meminimalkan kehilangan panas pada kolektor. Untuk keperluan ini biasanya digunakan penutup kaca transparan yang dapat dilalui oleh radiasi surya dan dapat mengurangi konduksi dan konveksi panas yang hilang dengan mempertahankan lapisan udara panas di atas plat kolektor dan juga mengurangi kehilangan panas radiasi kembali

dari plat kolektor. Berkurangnya panas yang hilang dari sebuah plat kolektor surya berarti pula peningkatan efisiensi. Peningkatan efisiensi dari kolektor surya ditentukan oleh penutup transparan. Penutup transparan ideal mempunyai permukaan yang transparan terhadap radiasi matahari yang menipanya, dan memantulkan radiasi panjang gelombang besar kembali ke permukaan kolektor di mana akan diserap kembali (Erlina, & Tazi. 2009).

Kerugian termik pada kolektor surya ada pada refleksi, pancaran kembali radiasi, konveksi dan konduksi. Selain itu pada kaca (penutup transparan) juga menyerap sekitar 7-8% radiasi yang menipanya. Perlu diketahui bahwa mayoritas kehilangan panas dari kolektor surya adalah dari permukaan kaca depan (penutup transparan). Sementara kehilangan panas melalui bagian belakang dan samping dari sebuah kolektor yang diisolasi dengan baik kira-kira 10% total kehilangan panas. Mekanisme konduksi, konveksi dan radiasi pada kolektor surya dapat dijelaskan sebagai berikut. Radiasi surya yang menimpa permukaan kaca sebagian besar ditransmisikan ke permukaan kolektor sehingga terjadi absorpsi pada permukaan hitam. Permukaan itu menjadi panas (terjadi perpindahan panas konduksi) dan memberikan radiasi dan kaca pada panjang gelombang besar. Dalam prakteknya semua radiasi suhu rendah yang dipancarkan oleh benda dalam rumah kaca bersifat panjang gelombang besar, dan karena itu radiasi tetap berkurang dalam rumah kaca sehingga terjadi akumulasi panas dalam ruang. Panas ini kemudian dilepas secara konveksi melalui celah udara, sedangkan permukaan luar kaca melepas kalor melalui radiasi dan konveksi ke lingkungan.

Untuk memahami konduksi, konveksi dan radiasi pada kolektor dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.6 Sistem Kerja Kolektor
(Sumber: Penelitian 2022)

Keterangan:

- (1) Isolator terbuat dari tripleks
- (2) Kolektor terbuat dari seng datar di cat hitam
- (3) timah krucut
- (4) celah tempat mengalirnya udara panas ke ruang pengeringan
- (5) kaca transparan
- (6) besi hollow
- (7) perpindahan kalor konduksi
- (8) perpindahan kalor konveksi
- (9) radiasi surya
- (10) refleksi
- (11) radiasi termal

Pada gambar 2.6 diatas dapat dijelaskasn sebagai berikut :

- a. Udara masuk ke sistem *solar collector*
- b. Udara menjadi panas, sehingga terjadi aliaran udara karena perbedaan kerapatan (*density*)
- c. Udara keluar karena terjadi perbedaan tekanan

Pada penelitian ini solar kolektor berfungsi sebagai pembuang udara yang ada di dalam ruangan. Mekanisme kerja solar kolektor yaitu dengan memanaskan kolektor dengan panas matahari sehingga udara yang berada di dalam kolektor

memuai dan massa jenis semakin ringan. Ketika massa jenis menjadi ringan maka secara spontan akan membuat udara tersebut naik ke atas dan meninggalkan ruangan.

Adapun beberapa syarat yang perlu diperhatikan dalam mendesain solar kolektor untuk aplikasi ventilasi ruangan adalah posisi, ketinggian, jarak dari ruangan dan bentuknya. Posisi solar kolektor harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga menerima pancaran sinar matahari. Ketinggian solar kolektor juga harus sebanding dengan volume ruangan yang akan digunakan. Membangun solar kolektor setinggi mungkin juga tidak akan memberikan hasil yang lebih maksimal.

Dalam memperkirakan tingkat ventilasi kotak kolektor yang diusulkan secara keseluruhan, penting untuk menentukan laju aliran udara yang dapat ditangani dibawah desain tertentu dan kondisi operasi. Untuk ini, keseimbangan energi keseluruhan pada kolektor surya di pertimbangkan. Ini termasuk keseimbangan kaca, dinding penutup, dinding penyerap hitam, dan udara diantaranya.

2.5.2 Persamaan Sistem Kolektor Surya

Radiasi matahari diserap oleh absorber plat hitam, kemudian panas yang di hasilkan ditranfer kefluida kerja yang mengalir dalam kotak kolektor. Pemakaian absorber plat hitam tersebut dimaksudkan untuk mengisolasi energi radiasi surya yang sudah mengenai absorber dengan maksimal transfer ke fluida kerja. Energi panas yang digunakan pada kolektor plat datar untuk menaikkan temperatur (Yani, Abdurrachim, & Pratoto. 2009).

2.6 PCM (*Phase Change Material*)

PCM adalah zat dengan panas fusi yang tinggi, yang dapat meleleh dan membeku pada suhu tertentu, dan mempunyai kemampuan menyimpan maupun melepaskan sejumlah energi yang cukup besar dalam jangka waktu yang cukup lama tanpa perubahan temperatur. Panas diserap atau dilepaskan saat material berubah dari padat menjadi cair (berubah fasa) dan sebaliknya. PCM diklasifikasikan sebagai penyimpan panas laten (LHS). Durasi penyimpanan panas laten pada solar kolektor plat datar menunjukkan peningkatan, ini berarti pelepasan panas dapat ditunda untuk jangka waktu tertentu, sehingga memberikan panas kedalam ruang pengering yang mencukupi pada saat intensitas matahari tidak mencukupi. PCM dapat melepas panas lebih 4-5 kali setiap satuan volume dibandingkan bahan penyimpan energi konvensional seperti air atau batu. Untuk memperoleh efisiensi solar kolektor plat datar tergantung pada intensitas radiasi matahari dan suhu yang di simpan PCM (Foncesa, I. A. 2019).

2.6.1 Aplikasi PCM

Secara umum aplikasi PCM dapat di bagi menjadi 2 (dua) kelompok utama yaitu perlindungan panas dan penyimpanan panas. Perbedaan kedua aplikasi tersebut berkaitan dengan konduktivitas panas dari bahan. Dalam beberapa hal perlindungan panas dibutuhkan nilai konduktivitas panas rendah, sedangkan pada sistem penyimpanan nilai tersebut dapat menimbulkan masalah karena dapat mengeluarkan energi yang memadai tetapi tidak mempunyai kapasitas yang memadai untuk membuang energi secara cepat. Pemilihan PCM untuk kolektor surya menggunakan hidrat garam sebagai penyimpan panas.

2.6.2 PCM Hidrat Garam

Hidrat garam dapat dilihat sebagai campuran garam anorganik dengan membuat Kristal tertentu dari formula umum $AB.nH_2O$. perubahan bentuk padat-cair dari hidrat garam merupakan sebuah proses dehidrasi dari hidrasi garam dengan mol air yang sangat kecil. Adapun bentuk dari hidrat garam dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini,



Gambar 2.7 PCM Hidrat Garam
(Sumber: Penelitian 2022)

Pada titik lelehnya, Kristal-kristal hidrat terpecah menjadi garam anhidrat dan air atau ke dalam hidrat yang lebih rendah dan air. Hidrat-hidrat garam merupakan jenis PCMs paling penting banyak dipelajari pada sistem penyimpanan energi. Sifat-sifat yang paling menonjol dari PCMs jenis ini adalah: panas peleburan laten per-satuan volume tinggi, konduktivitas panas relatif tinggi (hampir dua kali paraffin) dan perubahan volume selama meleleh kecil. PCMs jenis ini juga tidak terlalu korosif, kompatibel dengan plastik hanya beberapa jenis yang beracun. Banyak jenis hidrat garam yang harganya tidak terlalu mahal untuk digunakan sebagai penyimpan panas

Garam hidrat merupakan salah satu jenis PCM inorganik yang terdiri dari campuran air dan garam, yang mana keduanya berkombinasi membentuk Kristal-kristal *matriks* pada saat mengalami pembekuan. Garam hidrat merupakan jenis PCM lain. Salah satu kelebihan garam hidrat yaitu persediaannya yang melimpah sehingga mudah didapatkan. Selain itu, garam hidrat memiliki nilai ekonomi yang rendah sehingga terjangkau oleh sesama kalangan. Dari segi termofisiknya garam hidrat memiliki nilai panas laten yang tinggi sehingga dapat menyerap panas lebih banyak tanpa mengalami perubahan temperatur. Tidak hanya itu, garam hidrat juga mengalami proses perubahan fasa yang cepat sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama pada proses penyerapan dan pelepasan panas. Hal ini disebabkan karena garam hidrat memiliki nilai konduktivitas *thermal* yang tinggi.

2.7 Thermal Energy storage

Penyimpanan energi termal (TES) didefinisikan sebagai penahan sementara energi panas dalam bentuk zat panas atau dingin untuk pemanfaatan yang akan digunakan selanjutnya dalam jangka waktu tertentu. Kebutuhan energi TES bervariasi berdasarkan harian, mingguan, dan musiman. Tuntutan ini dapat disesuaikan dengan bantuan sistem TES yang beroperasi secara sinergis, dan berkaitan dengan penyimpanan energi dengan mendinginkan, memanaskan, meleleh, memperkuat atau menguapkan bahan dan energi termal tersedia saat proses dibalik (Foncesa, I. A. 2019).

TES adalah teknologi penting dalam sistem yang melibatkan energi terbarukan serta sumber energi lainnya karena dapat membuat operasi suatu instrument memperthankan *thermal* lebih efisien, terutama dengan menjembatani

periode antara periode ketika energi dipanen (*harvest*) pada saat periode saat dibutuhkan. Artinya, TES sangat membantu untuk menyeimbangkan antara energi yang tersedia (*supply*) dan energi yang dibutuhkan (*demand*).

Sistem TES berpotensi meningkatkan penggunaan peralatan energi panas secara efektif dan untuk memfasilitasi pemberantasan bahan bakar skala besar. Pemilihan sistem TES untuk aplikasi tertentu bergantung pada banyak factor, termasuk persyaratan penyimpanan, kehilangan panas dan ruang yang tersedia.

Jenis TES pada umumnya adalah TES sensibel dan TES laten. Sistem kerja TES sensibel adalah dengan cara menyimpan energi dengan mengubah suhu media penyimpanan, yang bisa berupa air, air asin, batu, tanah, dan lain-lain. Sistem kerja TES laten adalah dengan menyimpan energi melalui perubahan fasa, misalnya penyimpanan energi panas dengan mencairkan hidrat garam.

Prosesn TES yang sempurna melibatkan tiga langkah: pengisian (*charging*), penyimpanan (*storage*) dan pemakaian (*discharging*). Dalam sistem praktis beberapa langkah dapat terjadi secara bersamaan (misalnya pengisian dan penyimpanan) dan setiap langkah dapat terjadi lebih dari satu kali dalam setiap siklus penyimpanan.

2.8 Alat Pengering

Alat pengering rak adalah jenis alat pengering berbentuk segi empat yang didalamnya terdapat rak bertingkat yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan, bahan diletakkan diatas rak-rak yang diletakkan dalam ruang pengering tertutup dan hanya disediakan lubang-lubang untuk saluran udara masuk. Alat pengering ini dirancang dan dilengkapi dua kombinasi alat

penyerapan panas yang di sebut solar kolektor dan material penyimpan panas yang disebut PCM difungsikan menyimpan energi panas matahari untuk menjaga panas lebih merata apabila energi yang diserap *solar collector* berkurang.

Beberapa definisi alat pengering:

- a. Pengeringan alamiah adalah proses mengeringkan bahan secara alami yang memanfaatkan energi matahari secara langsung didalam ruang tertutup. Pengeringan pada umumnya dilakukan dibawah sinar matahari langsung akan menyebabkan bahan terkontaminasi udara lingkungan sekitar. Mengeringkan bahan didalam ruang tertutup lebih efektif karena bahan yang di keringkan seperti daun kelor dan ikan akan terjaga tanpa terkontaminasi oleh lingkungan sekitar.
- b. Penyerapan panas adalah proses yang menyerap energi matahari dengan menggunakan kolektor plat datar sebagai penyerapan panas. Energi radiasi matahari yang diserap akan di konversikan menjadi udara panas menuju kedalam ruang pengeringan tertutup untuk mengeringkan bahan lebih maksimal.
- c. Penyimpanan panas adalah proses yang menggunakan suatu material untuk menyimpan energi panas dalam proses pengeringan bahan jika terjadi perubahan cuaca maka energi matahari akan berkurang didalam ruang pengering. Dengan adanya material penyimpan panas masih memiliki cadangan energi untuk meneruskan pengeringan pada bahan.

2.9 Komponen-Komponen Alat Pengering

Beberapa komponen pada alat pengering adalah sebagai berikut :

2.9.1 Kolektor Plat

Kolektor berfungsi untuk menyerap sinar matahari yang dikumpul kaca transparan, dimana sinar matahari yang diserap kolektor akan di konversi menjadi energi panas. Energi panas dari sinar matahari yang diserap kolektor akan menuju kedalam ruang pengering secara alamiah untuk mengeringkan bahan. Bahan yang digunakan untuk membuat kolektor dari plat seng berukuran panjang 120 cm x lebar 50 cm.

2.9.2 PCM

PCM merupakan suatu material berupa fasa dari padat ke cair dan dari cair ke padat. PCM berfungsi untuk menyimpan energi matahari yang di kumpul oleh plat kolektor dan PCM akan bekerja apabila energi panas matahari yang di kumpul oleh kolektor plat mulai berkurang PCM akan melepas energi yang di simpan. Kemampuan penyimpanan energi dari material PCM tergantung dari banyak massa yang di gunakan. Material PCM yang di pilih ialah hidrat garam.

2.9.3 Rak-Rak Bertingkat

Rak merupakan tempat untuk menampung bahan yang di keringkan, rak di buat bertingkat dengan ukuran panjang 80 cm dan lebar 50 cm.

2.9.4 Ruang Pengering

Ruang pengering merupakan tempat bahan yang akan dikeringkan didalam ruang tertutup untuk menjaga bahan agar tidak terkontaminasi oleh lingkungan

sekitar, seperti debu dan kotoran. Ruang pengering dibuat berukuran 100 cm x 50 cm.

2.10 Pengeringan

Pengeringan merupakan suatu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian besar air dari suatu bahan dengan menggunakan energi panas. Dalam proses pengeringan ini biasanya kandungan air dikurangi sampai dengan batas tertentu dimana mikroba tidak dapat tumbuh lagi pada bahan tersebut (Hidayati, & Iskandar. 2019).

Alasan yang mendukung proses pengeringan adalah untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga dapat mempertahankan mutu produk terhadap perubahan kimiawi yang disebabkan oleh tingginya kadar air. Proses pengeringan juga dapat mengurangi biaya penyimpanan, pengemasan dan transportasi dalam mempersiapkan produk kering yang akan digunakan pada tahap berikutnya. Disamping itu pengeringan juga dapat menghilangkan kadar air yang ditambahkan pada proses sebelumnya, memperpanjang umur simpan dan memperbaiki kegagalan produk.

Ada beberapa keuntungan pada pengeringan bahan, yaitu :

- a. Bahan menjadi lebih lama disimpan
- b. Volume bahan menjadi lebih kecil
- c. Mempermudah dan menghemat ruang pengangkutan
- d. Mempermudah transportasi
- e. biaya produksi menjadi murah

disamping keuntungan diatas, proses pengeringan juga mempunyai beberapa kelemahan yaitu:

- a. Warna berubah
- b. Kandungan vitamin lebih rendah, karena vitamin rentan terhadap panas
- c. Terjadi *case hardening*, yaitu suatu keadaan dimana permukaan bahan pengeras (kering) sedangkan bagian dalam masih basah (belum kering)
- d. Mutuh lebih rendah dari pada bahan pangan segar

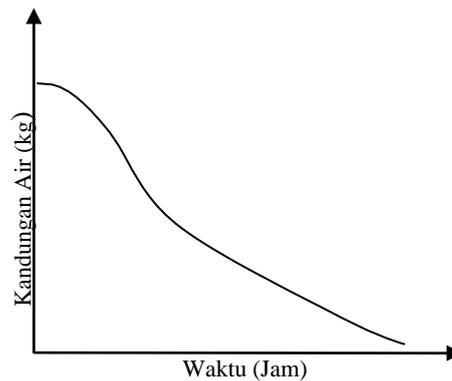
2.10.1 Proses Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses memindahkan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan, yang di keringkan oleh media pengering yang berupa panas udara yang di hasilkan oleh kolektor (Burlian, & Firdaus. 2011).

Adapun peristiwa yang terjadi selama proses pengeringan adalah :

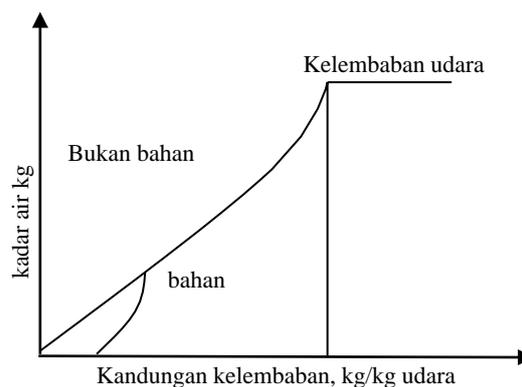
- a. Proses memindahkan panas, yaitu proses yang terjadi karena perbedaan temperatur, panas yang dialirkan akan meningkatkan suhu bahan yang lebih rendah, menyebabkan tekanan uap air didalam bahan lebih tinggi dari tekanan uap diudara.
- b. Proses pemindahan massa, yaitu suatu proses yang terjadi karena kelembaban relatif udara pengering lebih rendah dari kelembaban relatif bahan, panas yang dialirkan diatas permukaan bahan akan meningkatkan uap air bahan sehingga tekanan uap air akan lebih tinggi dari tekanan uap udara ke pengering.

Pada proses pengeringan berlaku dua proses yaitu : pada permulaan proses, air dipermukaan bahan akan diuapkan seperti yang di gambarkan pada kurva pengeringan yang berkemiringan rendah kemudian barulah berlaku proses pemindahan air yang terikat saja didalam bahan.



Gambar 2.8 Kurva Pengeringan
(Sumber: Burlian, & Firdaus. 2011)

Kurva penting lainnya yang dapat menjelaskan mekanisme kadar pengeringan dengan lebih baik adalah kurva kadar pengeringan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.9 yang menggambarkan kadar perubahan kandungan air bahan terhadap bahan air mula-mula.



Gambar 2.9 Kurva Kadar Pengeringan
(Sumber: Burlian, & Firdaus 2011).

2.10.2 Pengeringan Daun Kelor

Pengeringan daun kelor adalah pengurangan sejumlah air dari bahan daun kelor yang akan dikeringkan., dalam arti penting dapat kita ambil batang daun kelor kemudian daun dan batang akan dipisahkan dan yang di ambil hanya daun kelornya saja. Sehingga air didalam daun kelor basah mencapai jumlah tertentu yang di inginkan.

Kadar air dapat ditentukan berdasarkan basis basah dan basis kering. Basis basah adalah persen massa air yang terkandung pada komoditi dibandingkan terhadap massa seluruh, yaitu massa bahan kering ditambah massa air yang terkandung.



Gambar 2.10 Daun Kelor
(Sumber: Penelitian 2022)

Untuk menghitung kadar air basis basa digunakan rumus perhitungan :

$$Ka = \frac{Ba}{(Ba + Bk)} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

Ka = kadar air basis basah (%)

Ba = massa air dalam bahan (gram)

Bk = massa bahan kering mutlak (gram)

Laju massas air yang dikeringkan menggunakan perhitungan :

$$W_a = \frac{M_0 - M_1}{W} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

W_a = Laju massa air yang dikeringkan (gram/menit)

M_0 = Massa air dalam bahan (gram)

M_1 = Massa bahan produk kering (gram)

Laju pengeringan rata-rata dapat ditulis dengan persamaan :

$$\bar{W} = \frac{\text{pengurangan massa air (gram)}}{\text{waktu pengeringan (menit)}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

\bar{W} = Laju pengeringan rata-rata (gram/menit)

2.10.3 Pengeringan Daging Ikan Tongkol

Pengeringan daging ikan tongkol adalah pengurangan sejumlah air irisan ikan yang di potong-potong sama rata ukurannya, dapat diambil sebagian atau seluruhnya sehingga air didalam daging ikan basah mencapai jumlah tertentu yang diinginkan.

Kadar air pada daging ikan tongkol dapat ditentukan berdasarkan basis basah dan basis kering. Basis basa pada daging ikan tongkol adalah persen massa air yang terkandung pada komoditi dibandingkan terhadap massa seluruh, yaitu massa bahan kering ditambah massa air yang terkandung.



Gambar 2.11 Daging Ikan Tongkol
(Sumber: Penelitian 2022)

Untuk menghitung kadar air basis basa digunakan rumus perhitungan :

$$Ka = \frac{Ba}{(Ba + Bk)} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

Ka = kadar air basis basah (%)

Ba = massa air dalam bahan (gram)

Bk = massa bahan kering mutlak (gram)

Laju massas air yang dikeringkan menggunakan perhitungan :

$$W_a = \frac{M_0 - M_1}{W} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

W_a = Laju massa air yang dikeringkan (gram/menit)

M_0 = Massa air dalam bahan (gram)

M_1 = Massa bahan produk kering (gram)

Laju pengeringan rata-rata dapat ditulis dengan persamaan :

$$\bar{W} = \frac{\text{pengurangan massa air (gram)}}{\text{waktu pengeringan (menit)}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

$\frac{w}{W}$ = Laju pengeringan rata-rata (gram/menit)

2.10.4 Faktor Yang Mempengaruhi Pengeringan

Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian yaitu :

1. Panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan
2. Air harus dikeluarkan dari dalam bahan

Dua fenomena ini menyangkut perpindahan panas ke dalam perpindahan massa keluar. Perpindahan massa adalah memindahkan air keluar dari bahan.

Factor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan adalah :

- a. Luas permukaan
- b. Perbedaan suhu sekitar
- c. Kecepatan aliran udara
- d. Tekanan udara
- e. Kelembaban udara

2.10.5 Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan mempunyai arti penting untuk nilai kualitas kerja dari alat pengeringan yang dirancang. Kualitas kerja dari pengering tenaga surya meliputi aspek konversi energi dan perpindahan massa. Aspek konversi energi ditunjukkan oleh efisiensi kolektor, sedangkan aspek perpindahan massa dinyatakan dengan laju pelepasan massa air dari produk udara yang memanasinya. Efisiensi pengeringan dinyatakan sebagai perbandingan kalor yang digunakan untuk penguapan kandungan air dari daun kelor dan daging ikan tongkol terhadap energi radiasi surya yang tiba di pengering (Burlian, & Firdaus. 2011).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Teuku Umar, pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu 3 (tiga bulan).



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Google)

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai tanggal disahkannya usulan judul penelitian oleh ketua program studi teknik mesin fakultas teknik universitas teuku umar dan dikerjakan selama 3 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Aktivitas	Januari				Februari				Maret				April				Mei			
		Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Lapangan																				
2	Studi Pustaka																				
3	Perencanaan Desain																				
4	Perencanaan Alat																				
5	Pembelian Alat Dan Bahan																				
6	Pembuatan Alat																				
7	Penyusunan Proposal																				
8	Seminar Proposal Atau Progres																				
9	Pengambilan Data																				
10	Pengolahan Data																				
11	Pembahasan Hasil																				
12	Sidang																				
13	Revisi Hasil Sidang																				
14	Cetak Skripsi																				

3.2 Metode Penelitian

Langka pertama yang dilakukan sebelum melakukan ekperimental alat pengering pada daun kelor dan ikan yaitu dengan mengumpulkan literatur penelitian sebelumnya kemudian merumuskan permasalahan yang ada dan mencari solusi dengan mengumpulkan literatur terbaru dan teori yang terkait dengan permasalahan yang ada.

3.3 Prinsip Kerja

Prinsip kerja alat pengering adalah sebagai berikut: dengan memanfaatkan energi matahari sebagai energi utamanya. Menggunakan sebuah alat pengumpul panas yang disebut dengan solar kolektor. Solar kolektor akan diposisikan sesuai dengan letak matahari terbit dan mengikuti pergerakan matahari untuk mendapatkan dan mempercepat penyerapan energi matahari masuk kedalam ruang kolektor, kemudian kolektor akan mengkonversi energi dari matahari menjadi udara panas menuju kedalam ruang pengering.

3.4 Eksperimental Perpindahan Panas

Dalam melakukan eksperimental perpindahan panas alat pengering daun kelor dan ikan melakukan pengujian eksperimental dengan perpindahan panas, sebagai cara dasar untuk menentukan bahan yang dikeringkan lebih sempurna. Ekperimen ini bertujuan untuk melihat kemampuan tingkat efesiensi alat pengering. Eksperimen yang akan dilakukan pada alat pengering :

1. Melakukan pengujian temperatur kolektor surya plat datar tidak pakai PCM menggunakan sampel daun kelor dan daging ikan tongkol

2. Melakukan pengujian temperatur kolektor surya plat datar dengan PCM menggunakan sampel daun kelor dan daging ikan tongkol

3.5 Bahan Dan Alat Yang Digunakan

3.5.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Alat penelitian :
 - a. Besi siku
 - b. Besi hollow
 - c. Plat seng
 - d. Tripleks
 - e. Baot 12
 - f. Cat tembok
 - g. Kuas cat
 - h. Minyak portalite
 - i. Kaca transparan
 - j. Jaring kawat
 - k. Lak ban
 - l. Krucut
 - m. Lem besi
 - n. Material PCM
2. Bahan-bahan penelitian
 - a. Daun kelor

- b. Daging ikan tongkol

3.5.2 Peralatan Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Solar power meter

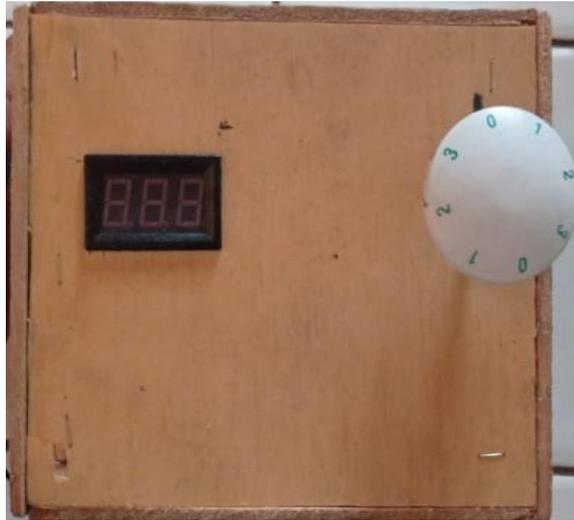
Berfungsi untuk mengukur suhu pada kaca kolektor dari intensitas matahari yang diserap dan menembus ke plat.



Gambar 3.2 *Solar Power Meter*
(Sumber: Penelitian 2022)

2. Termokopel

Berfungsi untuk mengetahui temperature suhu pada ruang pengering, pada kolektor dan PCM. Dengan melakukan pengukuran setiap 1 jam sekali pada 8 titik pengujian diantaranya, 3 titik pada arak 1titik pada kolektor 3 titik pada PCM dan 1 titik pada saluran masuk dan keluaranya udara untuk mendapatkan hasil data.



Gambar 3.3 Termokopel
(Sumber: Penelitian 2022)

3. Anemometer

Berfungsi untuk mengukur kecepatan udara yang masuk pada ruang kolektor secara konveksi alamiah.



Gambar 3.4 Anemometer
(Sumber: Penelitian 2022)

4. Timbangan

Timbangan berfungsi untuk menimbang massa bahan dan massa jenis PCM



Gambar 3.5 Timbangan
(Sumber: Penelitian 2022)

5. Meteran

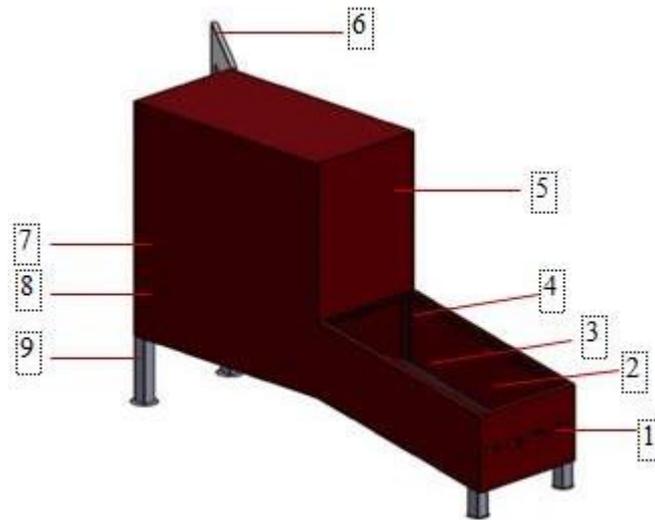
Meteran digunakan untuk mengukur rangka alat pengering, rangka dan kolektor,.



Gambar 3.6 Meteran
(sumber: penelitian 2022)

3.6 Desain Alat

Gambar rancang bangun alat pengering daun kelor dan daging ikan tongkol, tipe rak dengan menggunakan solar collector dan PCM.



Gambar 3.7 Desain Alat Pengering
(Sumber: Penelitian 2022)

Keterangan:

1. Saluran udara masuk
2. Kaca transparan
3. Wadah PCM
4. Kolektor/Plat absorber
5. Rak-rak bertingkat
6. Pintu alat pengering
7. Ruang pengering
8. Dinding keseluruhan (tripleks)
9. Kerangka alat pengering

3.7 Tahap Pembuatan Alat

Tahapan pembuatan alat sesuai dengan konsep dan desain yang telah dirancang dengan menggunakan *solidworks*, kemudian dilakukan pembuatan dengan memakai peralatan bengkel dan bahan utama seperti, triplek, besi siku, pelat seng, kaca colector, baut mol, dan PCM, sehingga alat tersebut bisa digunakan untuk tahapan pengujian.

3.8 Persiapan Pengujian

Adapun persiapan pengujian yang dilakukan adalah:

- a. Komponen alat pengering (kolektor, PCM, rak-rak pengering dan ruang pengering) dipersiapkan.
- b. Alat pengering dipasang dalam posisi yang baik dan benar
- c. Kabel-kabel *thermo couple* dari agilent dipasang pada kolektor, PCM, ruang pengering dan rak pengering.
- d. Masukkan bahan pengujian daun kelor dan daging ikan tongkol
- e. Hasil dari pengujian dianalisis

3.9 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dari penelitian ini dilakukan pengukuran dari panas Energi Matahari untuk mengetahui berapa temperatur yang dihasilkan dari Solar Colector. Selanjutnya dilakukan pengukuran suhu dalam ruang pengering, kemudian melakukan pengukuran tingkat penurunan kadar air yang terkandung dalam daun kelor dan ikan tongkol, pengukurannya dilakukan setiap 1 jam sekali yang bertujuan untuk mmengetahuai.

3.10 Model Matematis

Dalam pengamatan percobaan, dibutuhkan model matematis untuk menghitung berapa banyak kadar air yang di lepaskan / diuapkan.

3.10.1 Perhitungan Kadar Air

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

1. Kadar air mula-mula

$$\text{Basis basah (Bb)} = \frac{M_i - M_d}{M_i} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\text{Basis kering (Bk)} = \frac{M_i - M_d}{M_d} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

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

2. Massa kering bahan

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

3. Kadar air akhir

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

4. Beban Kebebasan (BK)

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

Keterangan :

m_i : massa awal bahan.

m_d : massa akhir bahan.

3.11 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur pengering daun kelor dan daging ikan tongkol, menggunakan pcm dan tidak pakai pcm, pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Temperatur massa daun kelor dan daging ikan tongkol yang akan di uji tidak pakai PCM

Jangka waktu	Jam (wib)	Temperatur massa yang akan di uji tidak pcm			
		T1	T2	T3	T4
1	09.00 – 10.00				
2	10.00 – 11.00				
3	11.00 – 12.00				
4	12.00 – 13.00				
5	13.00 - 14 .00				
6	14.00 – 15.00				

Ket

T1 : Temperature kolektor

T2 : Temperature Rak 1

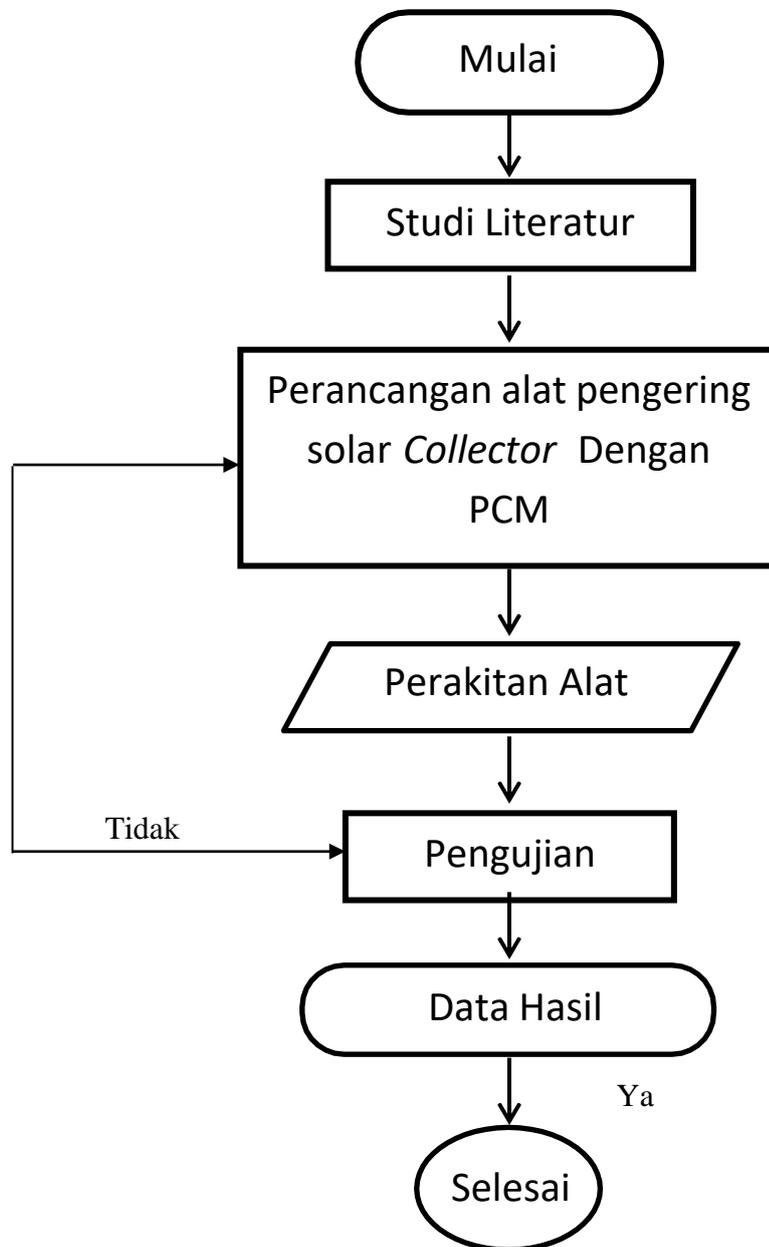
T3 : Temperature Rak 2

T4 : Temperature Rak 3

Tabel 3. 2 Tabel Temperatur massa daun kelor dan daging ikan tongkol yang akan di uji pakai PCM

Jangka waktu	Jam (wib)	Temperatur massa yang akan di uji pakai pcm			
		T1	T2	T3	T4
1	09.00 – 10.00				
2	10.00 – 11.00				
3	11.00 – 12.00				
4	12.00 – 13.00				
5	13.00 - 14 .00				
6	14.00 – 15.00				

3.12 Diagram Alir



Gambar 3.8 Folwchat
(Sumber: Penelitian 2022)

BAB 4

PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil pengamatan dari alat pengering dengan menggunakan bahan pengujian daun kelor dan daging ikan tongkol. Hasil pengamatan berupa kemampuan alat, pengujian perbedaan suhu energi panas, matahari untuk pengeringan bahan, pengujian dalam mendeteksi kenaikan suhu dan tingkat keberhasilan alat pengering daun kelor dan daging ikan tongkol.

4.1 Alat Yang Sudah Jadi

Berikut adalah gambar fisik alat pengering yang mana alat ini digunakan untuk penelitian kami.



Gambar 4.1 Alat Pengering Solar Kolektor
(Sumber: Penelitian 2022)

4.2 Cara Penggunaan Alat Pengering

Berikut ini adalah cara penggunaan alat pengering :

- a. Cek semua bagian alat pengering dipastikan semua sudah dipasang
- b. Alat pengering dipasang dengan baik dan benar

- c. Masukkan bahan yang di keringkan

4.3 Proses Pengeringan

Berikut ini adalah tahapan untuk melakukan pengeringan :

- a. Pertama kali harus menyiapkan bahan seperti
- b. Daun kelor
- c. Daging ikan tongkol yang telah di potong-potong

4.3.1 Daun Kelor

1. Penimbangan daun kelor

Penimbangan ini dilakukan untuk mengukur berat massa awal pada daun kelor dan berapa banyak bahan daun kelor yang diperlukan dalam melakukan pengeringan. Menimbang merupakan pekerjaan yang dilakukan pada saat kita memerlukan bahan sesuai dengan berapa yang di butuhkan untuk dikeringkan. Penimbangan diperlukan agar didapat bahan dengan berat yang tepat dan cermat menimbang berapa kilo yang dibutuhkan sebelum melakukan penelitian.



Gambar 4.2 Penimbangan
(Sumber: Penelitian 2022)

2. Pengerinan daun kelor

Pengerinan daun kelor adalah pengurangan sejumlah air dari bahan daun kelor yang akan dikeringkan., dalam arti penting dapat kita ambil batang daun kelor kemudian daun dan batang akan dipisahkan dan yang di ambil hanya daun kelornya saja. Sehingga air didalam daun kelor basah mencapai jumlah tertentu yang di inginkan.



Gambar 4.3 Pengerinan Daun Kelor
(Sumber: Penelitian 2022)

Proses pengerinan daun kelor dengan alat pengerin rak bertingkat lebih efektif dibandingkan dengan pengerinan dibawah sinar matahari langsung yang menyebabkan bahan yang dikeringkan akan terkontaminasi udara lingkungan sekitar. Dengan menggunakan alat pengerin ini bisa membuat bahan yang dikeringkan lebih cepat dan terjaga karena bahan yang dikeringkan berada dalam ruang tertutup dan hanya udara panas dari kolektor yang masuk kedalam ruang pengerin.

4.3.2 Daging Ikan Tongkol

1. Pengerinan daging ikan tongkol

Proses pengeringan adalah pengurangan sejumlah air irisan ikan yang di potong-potong sama rata ukurannya, dapat diambil sebagian atau seluruhnya sehingga air didalam daging ikan basah mencapai jumlah tertentu yang diinginkan.



Gambar 4.4 Pengeringan Daging Ikan Tongkol
(Sumber : Penelitian 2022)

Pengeringan daging ikan tongkol dengan alat pengering rak bertingkat lebih efektif dibandingkan dengan pengeringan dibawah sinar matahari langsung yang menyebabkan bahan yang dikeringkan akan terkontaminasi udara lingkungan sekitar. Dengan menggunakan alat pengering ini bisa membuat bahan yang dikeringkan lebih cepat dan terjaga karena bahan yang dikeringkan berada dalam ruang tertutup dan hanya udara panas dari kolektor yang masuk kedalam ruang pengering.

4.4 Pengumpulan Data

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

4.4.1 Berat Bahan

Pengukuran berat dilakukan terhadap bahan pada saat sebelum waktu pengeringan dan selesainya waktu pengeringan.

Pengukuran berat bahan ini diambil menggunakan timbangan dengan karakteristik sebagai berikut:

- a. Jenis alat ukur : Timbangan
- b. Merk alat ukur : CAS, tipe jcs Max 15kg

Berat bahan daun kelor tidak pakai PCM, sebelum di keringkan dapat dilihat pada tabel 4.1 dan berat bahan daun kelor pakai PCM dapat di lihat pada tabel 4.2 sedangkan berat bahan pada daging ikan tongkol pengujian tidak menggunakan PCM dapat dilihat pada tabel 4.3 dan berat bahan pada daging ikan tongkol menggunakan PCM dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.1 Data Massa Daun Kelor Sebelum Pengujian Tidak Menggunakan PCM

Rak	Berat Daun Kelor Per Rak (Gram)
1	0.1995gram
2	0.1995gram
3	0.1995gram

**Jadi Jumlah Total Semua Berat Awal Daun Kelor Sejumlah
0.59885kg**

Tabel 4.2 Massa Daun Kelor Sebelum pengujian Menggunakan PCM

Rak	Berat Daun Kelor Per Rak (Gram) PCM
1	0.5255gram
2	0.5255gram
3	0.5255gram

Jadi Jumlah Total Semua Berat Awal Daun Kelor Sejumlah 1,5255kg

Tabel 4.3 Massa Daging Ikan Tongkol Sebelum Pengujian Tidak Menggunakan PCM

Rak	Berat Daging Ikan Tongkol Per Rak (Gram)
1	0.2135gram
2	0.2135gram
3	0.2135gram

Jadi Jumlah Total Semua Berat Daging Ikan Tongkol 0.6405kg

Tabel 4.4 Massa Daging Ikan Tongkol Sebelum Pengujian Menggunakan PCM

Rak	Berat daging ikan tongkol per rak (gram) pcm
1	0.1625gram
2	0.1625gram
3	0.1625gram

Jadi Jumlah Total Semua Berat Awal Daging Ikan Tongkol Sejumlah 0.4875kg

4.4.2 Data Suhu

Untuk pengukuran suhu atau temperatur massa alat pengering menggunakan alat *thelmocauple* yang berfungsi untuk mengetahui temperatur ruang pengering, pada rak 1,2,dan 3, dan pada kolektor. Dengan melakukan pengukuran temperatur setiap 1 jam sekali pada 4 titik pengujian tanpa PCM di antaranya, 3 titik pada rak 1, 2 dan 3, kemudian 1 titik pada ruang kolektor, pada 5 titik pengujian dengan PCM diantaranya, 3 titik pada rak 1,2 dan 3, 1 titik pada ruang kolektor dan 1 titik pada PCM.

Untuk tabel penelitian temperatur daun kelor tidak pakai pcm dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.5. Sedangkan pakai pcm dapat di lihat pada tabel 4.4 dan 4.6

Tabel 4.5 Temperatur Kolektor Dengan Sampel Daun Kelor

Lama jam	Jam (wib)	Temperatur Solar Collector				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	09.00 – 10.00	36,7	24,3	23,9	22,7	26
2	10.00 – 11.00	29,5	24,6	18,9	31,7	26
3	11.00 – 12.00	27,8	15,8	17,2	22,1	27
4	12.00 – 13.00	25,1	12,7	15,5	22,0	29
5	13.00 - 14 .00	29,2	19,5	24,9	30,5	30
6	14.00 – 15.00	24,4	12,7	26,2	25,0	31

Ket

T1 : Temperature Kolektor

T2 : Temperature Rak 1

T3 : Temperature Rak 2

T4 : Temperature Rak 3

T5 : Temperature Luar

Tabel 4.6 Temperatur Kolektor Dengan Sampel Daun Kelor

Lama jam	Jam (wib)	Temperatur Solar Collector Dengan PCM					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	09.00 – 10.00	34,9	28,0	25,6	29,5	26	35,3
2	10.00 – 11.00	34,4	24,3	22,6	24,8	30	34,8
3	11.00 – 12.00	33,4	18,5	19,8	33,8	27	33,6
4	12.00 – 13.00	33,3	18,5	18,8	21,2	31	32,5
5	13.00 – 14.00	35,4	31,3	34,4	35,9	31	37,6
6	14.00 – 15.00	32,5	23,3	33,1	25,7	31	32,6

Tabel 4.7 Temperatur kolektor dengan sampel daging ikan tongkol

Lama jam	Jam (wib)	Temperatur Solar Collector				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	09.00 – 10.00	53,3	39,4	44,8	47,1	31
2	10.00 – 11.00	55,1	47,1	53,2	52,1	32
3	11.00 – 12.00	55,8	57,6	52,2	53,9	32
4	12.00 – 13.00	91,2	56,9	58,2	55,2	30
5	13.00 - 14.00	51,5	52,5	54,2	52,6	30
6	14.00 – 15.00	50,5	46,1	44,1	42,9	29

Tabel 4.8 Temperatur solar collector dengan sampel daging ikan tongkol

Lama jam	Jam (wib)	Temperatur solar kolektor dengan PCM					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	09.00 – 10.00	59,4	43,0	53,3	59,4	31	43,1
2	10.00 – 11.00	61,1	58,2	55,1	61,0	32	58,2
3	11.00 – 12 00	61,3	56,9	55,8	61,3	32	56,9
4	12.00 – 13.00	81,8	52,1	91,2	88,8	32	80,2
5	13.00 –14.00	80,9	51,3	51,5	51,4	31	80,5
6	14.00 – 15.00	80,3	50.2	52.5	55,6	31	80,1

Ket

T1 : Temperature Kolektor

T2 : Temperature Rak 1

T3 : Temperature Rak 2

T4 : Temperature Rak 3

T5 : Temperature Luar

T6 : Temperatur PCM

4.5 Pengolahan Data

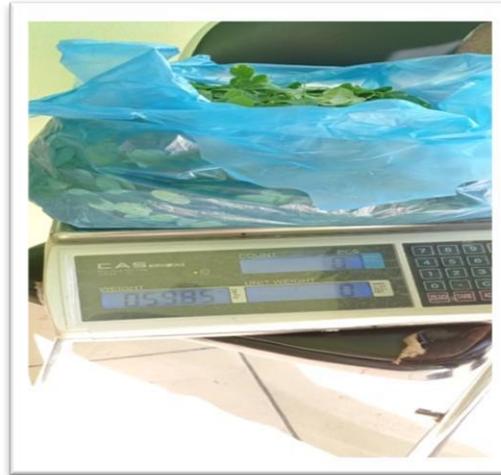
Setelah melakukan pengujian alat dan pengumpulan data, dapat dilakukan pengolahan data sebagai berikut.

4.5.1 Perhitungan Kadar Air.

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

4.5.1.1 Perhitungan kadar air bahan daun kelor tidak pakai PCM.

Sebelum perhitungan kadar air bahan daun kelor dan tidak pakai pcm, maka bahan daun kelor di timbang dulu untuk mendapatkan data massa awal bahan yang di keringkan.



Gambar 4.5 Massa Awal Daun Kelor Sebelum Di Keringkan
(Sumber : Penelitian 2022)

a. Massa yang akan dikeringkan = 0,598kg = 598gram

b. Massa awal (M_i) = 0,598kg = 598gram



Gambar 4.6 Massa Akhir Daun Kelor Sudah Di Keringkan
(Sumber : Penelitian 2022)

$$c. \text{ Massa akhir } (M_d) = 0.167\text{kg} = 167\text{gram}$$

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (Bb)} = \frac{M_i - M_d}{M_i} \times 100\% = \frac{(598 - 167)}{598} \times 100\% = 72,07\%$$

$$\text{Basis kering (Bk)} = \frac{M_i - M_d}{M_d} \times 100\% = \frac{(598 - 167)}{167} \times 100\% = 258,08\%$$

$$\text{Massa air mula-mula } (W_{air, awal}) = \frac{Bb}{100} \times m_i = \frac{72,07}{100} \times 598\text{gram} = 430,97\text{gram}$$

Massa kering = massa awal – massa air mula-mula

$$598\text{gram} - 430,97\text{gram} = 167,03\text{gram}$$

Kadar air akhir Basis kering = 10 % (direncanakan)

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

$$\frac{10}{100} \times 167,03\text{gram} = 16,703\text{gram} = 0,016703\text{kg}$$

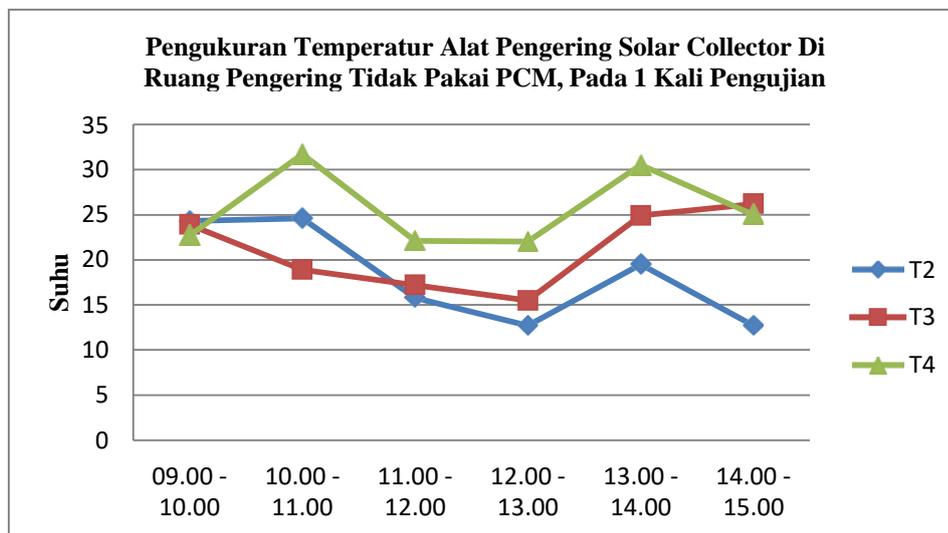
Tabel 4.9 Pengukuran Temperatur Solar Collector Ruang Pengering Tidak Pakai PCM, Pada Daun Kelor 1 Kali Pengujian Untuk Tiap Rak

Waktu	Temperatur		
	T2	T3	T4
09.00 – 10.00	24,3	23,9	22,7
10.00 – 11.00	24,6	18,9	31,7
11.00 – 12 00	15,8	17,2	22,1
12.00 – 13.00	12,7	15,5	22,0
13.00 –14.00	19,5	24,9	30,5
14.00 – 15.00	12,7	26,2	25,0

Ket

T2, T3 & T4 : Temperature Rak 1,2 & 3

Berdasarkan tabel 4.9 Maka dapat diperoleh grafik pengukuran temperatur solar collector ruang pengering tidak pakai pcm, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak



Gambar 4.7 Grafik Temperatur Solar Collector Ruang Pengering Tidak Pakai PCM, Pada Daun Kelor 1 Kali Pengujian Untuk Tiap Rak (Sumber: Penelitian 2022)

Berdasarkan tabel 4.9 dan grafik 4.7 di atas, hasil pengujian temperatur ruang pengering tiap rak, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak menunjukkan bahwa suhu mulai meningkat menjadi 30°C, pada jam 13.00-14.00 WIB. Peningkatan radiasi tersebut terjadi saat waktu menjelang siang hari dan mengalami penurunan saat menjelang sore hari. Namun dapat juga terjadi penurunan yang tidak menentu, seperti saat kondisi cuaca berawan atau mendung

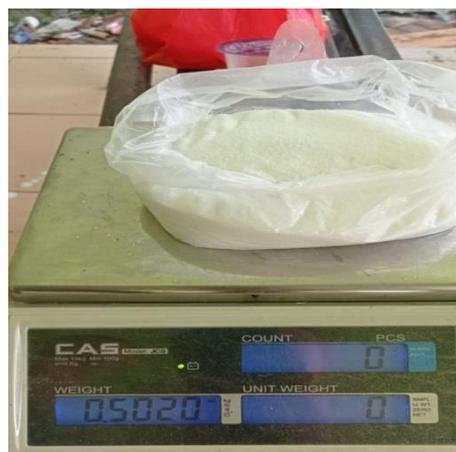
4.5.1.2 Perhitungan kadar air bahan daun kelor dan pakai pcm.

Seperti yang sudah di jelaskan dari uraian di atas maka sebelum perhitungan kadar air bahan daun kelor pakai pcm, maka bahan daun kelor dan daging ikan tongkol di timbang dulu untuk mendapatkan data massa awal bahan yang di keringkan, seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 4.8 Massa Awal Daun Kelor Sebelum Di Keringkan Pakai PCM
(Sumber : Penelitian 2022)

Maka dari gambar 4.3 di atas dapat kita jumlah kedua hasil timbangan dengan jumlah $0.7945\text{kg} + 0,7860\text{kg} = 1,7605\text{kg}$. Jadi untuk pengering daun kelor pakai pcm dengan menggunakan bahan phasa change material (PCM) dengan berat 0.5020kg . Dapat di lihat Pada gambar di bawah ini



Gambar 4.9 Berat Phasa Change Material (PCM) Untuk Pengeringan Daun Kelor
(Sumber : Penelitian 2022)

a.Massa yang akan dikeringkan = $1,760\text{kg} = 1760\text{gram}$

- b. Massa awal (M_i) = 1,760kg = 1760gram
 c. Berat bahan pcm = 0.5020kg = 5002gram



Gambar 4.10 Massa Akhir Daun Kelor Sudah Di Keringkan Menggunakan Bahan Bantuan PCM
 (Sumber : Penelitian 2022)

- c. Massa akhir (M_d) = 0.249kg = 249gram

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (Bb)} = \frac{M_i - M_d}{M_i} \times 100\% = \frac{(1760 - 249)}{1760} \times 100\% = 85,85\%$$

$$\text{Basis kering (Bk)} = \frac{M_i - M_d}{M_d} \times 100\% = \frac{(1760 - 249)}{249} \times 100\% = 606,82\%$$

$$\text{Massa air mula-mula } (W_{air, awal}) = \frac{Bb}{100} \times m_i = \frac{85,85}{100} \times 1760\text{gram} = 1,510\text{gram}$$

Massa kering = massa awal – massa air mula-mula

$$1760\text{gram} - 1,510\text{gram} = 1758,49\text{gram}$$

Kadar air akhir Basis kering = 10 % (direncanakan)

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

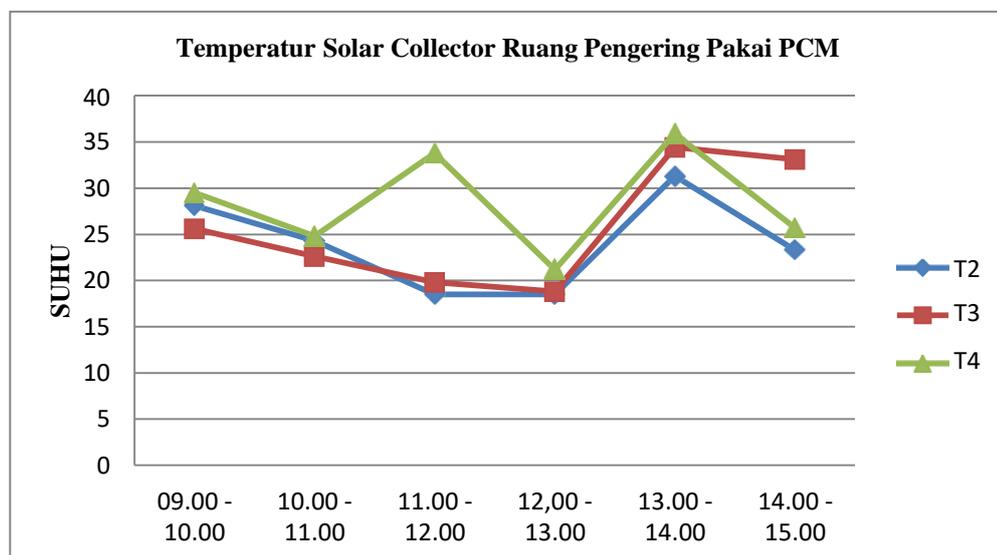
$$\frac{10}{100} \times 1758,49\text{gram} = 175,84\text{gram} = 0,17584\text{kg}$$

Tabel 4.10 Pengukuran temperatur solar collector ruang pengering pakai pcm, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak

Waktu	Temperatur		
	T2	T3	T4
09.00 – 10.00	28,0	25,6	29,5
10.00 – 11.00	24,3	22,6	24,8
11.00 – 12.00	18,5	19,8	33,8
12.00 – 13.00	18,5	18,8	21,2
13.00 – 14.00	31,3	34,4	35,9
14.00 – 15.00	23,3	33,1	25,7

Ket

T2, T3 & T4 : Temperature Rak 1,2 & 3



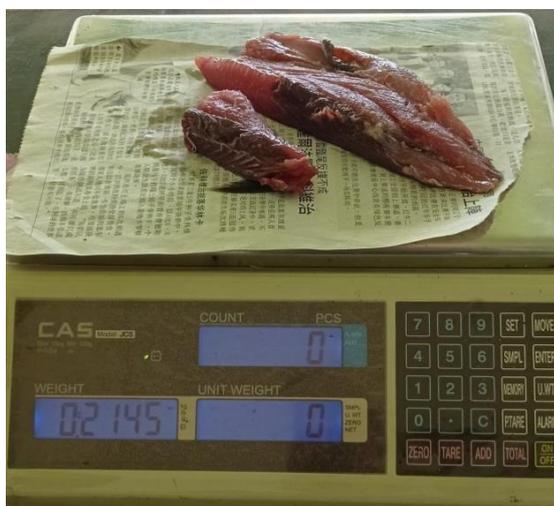
Gambar 4.11 Grafik Temperatur Solar Collector Ruang Pengering Pakai Pcm, Pada Daun Kelor 1 Kali Pengujian Untuk Tiap Rak (Sumber: Penelitian 2022)

Berdasarkan tabel 4.10 dan grafik 4.11 di atas, hasil pengujian temperatur ruang pengering tiap rak, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak menunjukkan

bahwa suhu mulai meningkat menjadi $31,3^{\circ}\text{C}$, untuk rak 1, rak 2 suhunya $34,4^{\circ}\text{C}$ dan rak 3 suhunya $35,9^{\circ}\text{C}$ meningkat pada jam 13.00-14.00 WIB. Peningkatan radiasi panas matahari dan bantuan panas pcm tersebut terjadi saat waktu menjelang siang hari dan mengalami penurunan saat menjelang sore hari. Namun dapat juga terjadi penurunan yang tidak menentu, seperti saat kondisi cuaca berawan atau mendung.

4.5.1.3 Perhitungan kadar air daging ikan tongkol pakai pcm.

Sebelum perhitungan kadar air daging ikan tongkol dan tidak pakai pcm, maka daging ikan tongkol di timbang dulu untuk mendapatkan data massa awal bahan yang di keringkan



Gambar 4. 12 Massa Awal Daging Ikan Tongkol Rak Sebelum Di Keringkan
(Sumber : Penelitian 2022)

a. Massa yang akan dikeringkan = $0.6405\text{kg} = 649,5\text{gram}$

b. Massa awal (M_i) = $0.6405\text{kg} = 649,5\text{gram}$



Gambar 4. 13 Massa Daging Ikan Tongkol Sudah Di Keringkan
(Sumber : Penelitian 2022)

c. Massa akhir (M_d) $= 0.4555\text{kg} = 455,5\text{gram}$

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (Bb)} = \frac{M_i - M_d}{M_i} \times 100\% = \frac{(649,5 - 455,5)}{649,5} \times 100\% = 29,86\%$$

$$\text{Basis kering (Bk)} = \frac{M_i - M_d}{M_d} \times 100\% = \frac{(649,5 - 455,5)}{455,5} \times 100\% = 42,590\%$$

$$\text{Massa air mula-mula } (W_{air, awal}) = \frac{Bb}{100} \times m_i = \frac{29,86}{100} \times 649,5\text{gram} = 193,9\text{gram}$$

Massa kering = massa awal – massa air mula-mula

$$649,5\text{gram} - 193,9\text{gram} = 455,6\text{gram}$$

Kadar air akhir Basis kering = 10 % (direncanakan)

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

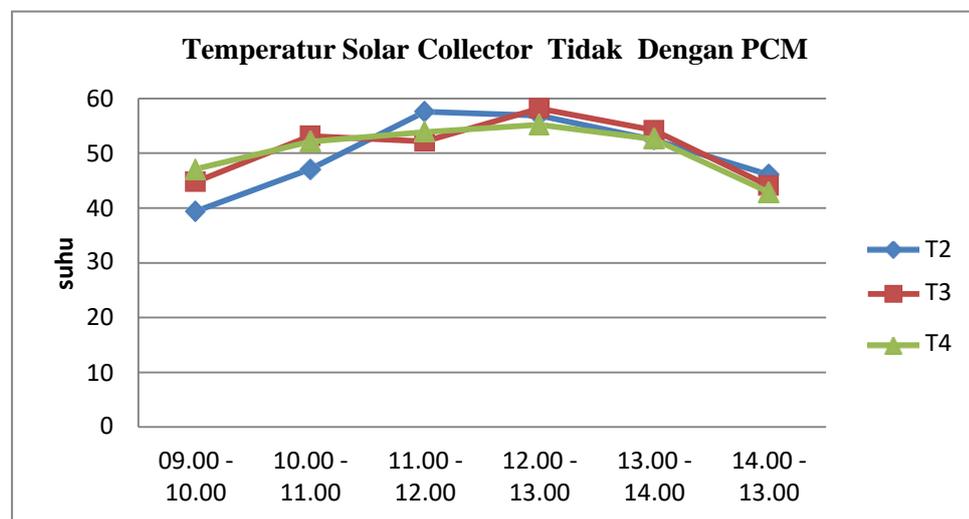
$$\frac{10}{100} \times 455,6\text{gram} = 45,56\text{gram} = 0,4556\text{kg}$$

Tabel 4.11 Pengukuran temperatur solar collector ruang pengering, daging ikan tongkol tidak pakai pcm, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak

Waktu	Temperatur		
	T2	T3	T4
09.00 – 10.00	39,4	44,8	47,1
10.00 – 11.00	47,1	53,2	52,1
11.00 – 12.00	57,6	52,2	53,9
12.00 – 13.00	56,9	58,2	55,2
13.00 – 14.00	52,5	54,2	52,6
14.00 – 15.00	46,1	44,1	42,9

Ket

T2, T3 & T4 : Temperatur Rak 1,2 & 3



Gambar 4. 14 Grafik Penelitian Daging Ikan Tongkol Tidak Pakai Pcm (Sumber: Penelitian 2022)

Berdasarkan tabel 4.11 dan grafik 4.14 di atas, hasil pengujian temperatur ruang pengering tiap rak, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak menunjukkan

bahwa suhu mulai meningkat menjadi $52,5^{\circ}\text{C}$ untuk rak 1 rak 2 suhunya $54,2^{\circ}\text{C}$, dan rak 3 suhunya $52,6^{\circ}\text{C}$, pada jam 13.00-14.00 WIB. Peningkatan radiasi tersebut terjadi saat waktu menjelang siang hari, dan bantuan panas pcm pada solar collector. Namun dapat juga terjadi penurunan yang tidak menentu, seperti saat kondisi cuaca berawan atau mendung.

4.5.1.4 Perhitungan kadar air daging ikan tongkol pakai pcm

Seperti kita ketahui untuk perhitungan kadar air daging ikan tongkol dan pakai pcm, maka daging ikan tongkol di timbang dulu untuk mendapatkan data massa awal bahan yang di keringkan



Gambar 4. 15 Massa Awal Daging Ikan Tongkol Sebelum Di Keringkan Pakai Pcm

(Sumber : Penelitian 2022)

a. Massa yang akan dikeringkan = $0.4875\text{kg} = 487.5\text{gram}$

b. Massa awal (M_i) = $0.4875\text{kg} = 487.5\text{gram}$



Gambar 4.16 Massa Hasil Akhir Daging Ikan Tongkol Di Keringkan Dengan Bantuan Pakai Pcm
(Sumber : Penelitian 2022)

c. Massa akhir (M_d) $= 0.3655\text{kg} = 365.5\text{gram}$



Gambar 4. 17 Berat Berat Fasa Change Material (PCM) Untuk Pengeringan Daging Ikan Tongkol
(Sumber : Penelitian 2022)

d. Berat Pcm $= 1.0060\text{kg} = 1006\text{grams}$

d. Kadar air mula-mula:

$$\text{Basis basah (Bb)} = \frac{M_i - M_d}{M_i} \times 100\% = \frac{(487.5 - 365.5)}{487.5} \times 100\% = 25,025\%$$

$$\text{Basis kering (Bk)} = \frac{M_i - M_d}{M_d} \times 100\% = \frac{(487.5 - 365.5)}{365.5} \times 100\% = 33,378\%$$

$$\text{Massa air mula-mula } (W_{air, awal}) = \frac{Bb}{100} \times m_i = \frac{25,025}{100} \times 487.5 \text{ gram} =$$

121,99gram

Massa kering = massa awal – massa air mula-mula

$$487.5 \text{ gram} - 121,99\text{gram} = 365,51\text{gram}$$

Kadar air akhir Basis kering = 10 % (direncanakan)

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

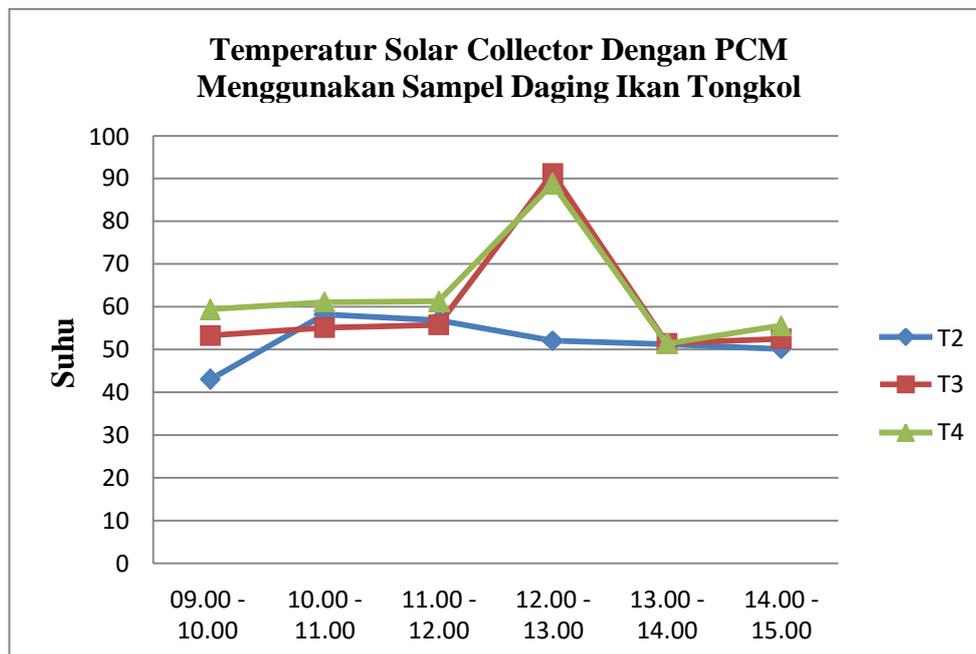
$$\frac{10}{100} \times 365,51\text{gram} = 36.551\text{gram} = 0.366\text{kg}$$

Tabel 4.12 Pengukuran temperatur solar collector ruang pengering, ikan daging tongkol pakai pcm, pada 1 kali pengujian untuk tiap rak

waktu	Temperatur		
	T2	T3	T4
09.00 – 10.00	43,0	53,3	59,4
10.00 – 11.00	58,2	55,1	61,0
11.00 – 12.00	56,9	55,8	61,3
12.00 – 13.00	52,1	91,2	88,8
13.00 – 14.00	51,3	51,5	51,4
14.00 – 15.00	50,2	52,5	55,6

Ket

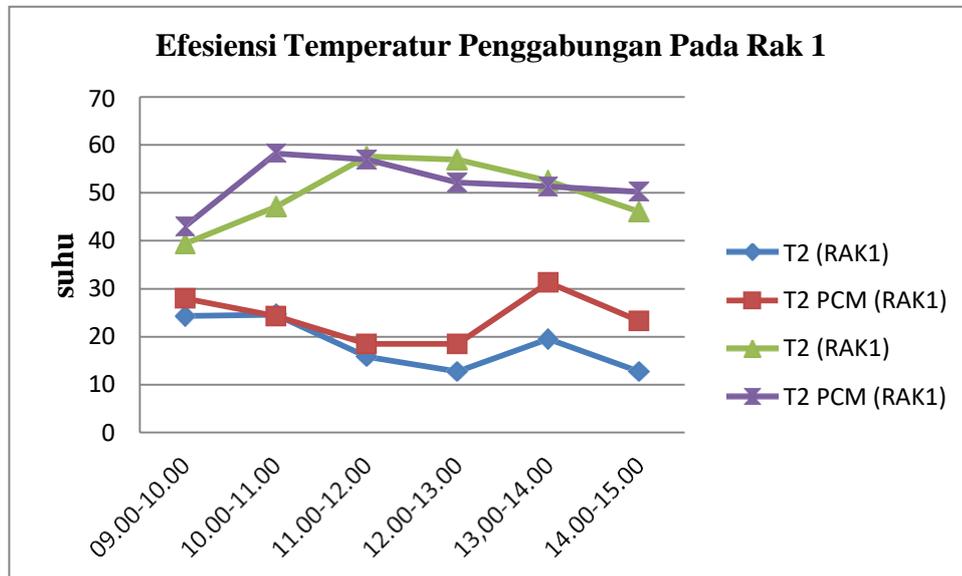
T2, T3 & T4 : Temperature Rak 1,2 & 3



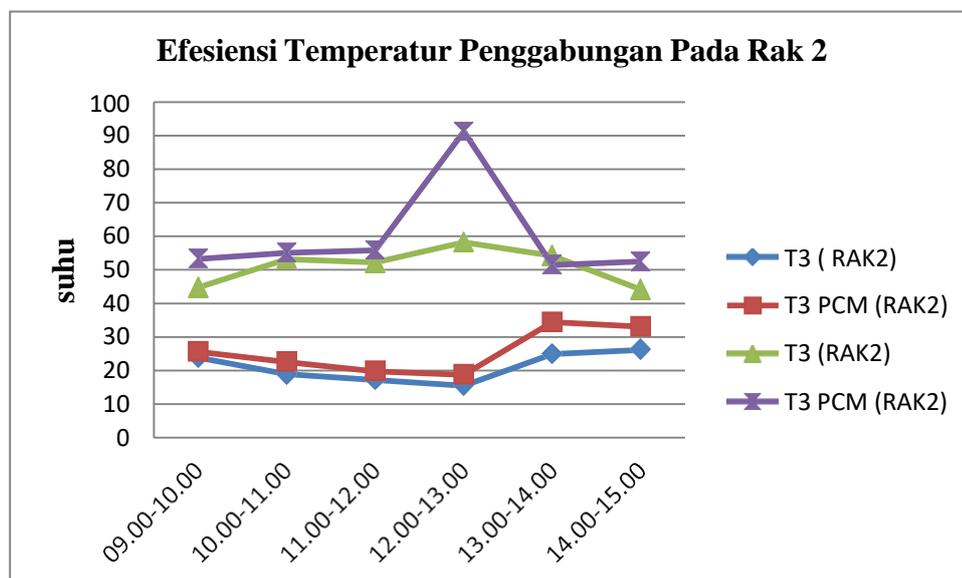
Gambar 4. 18 Grafik Penelitian Daging Ikan Tongkol Pakai Pcm
(Sumber : Penelitian 2022)

Berdasarkan tabel 4.12 dan grafik 4.18 di atas, hasil pengujian temperatur ruang pengering tiap rak, pada 1 kali pengujian daging ikan tongkol untuk temperaturnya lebih meningkat dibandingkan pengujian tidak pakai pcm, dari pengujian tiap rak menunjukkan bahwa suhu mulai meningkat di siang hari 52,3°C, untuk rak 1, rak 2 suhunya 91,2 °C dan rak 3 suhunya 88,8 °C meningkat pada jam 12.00-13.00 WIB. Peningkatan radiasi panas matahari dan bantuan panas pcm tersebut terjadi saat waktu menjelang siang hari dan mengalami penurunan saat menjelang sore hari. Namun dapat juga terjadi penurunan yang tidak menentu, seperti saat kondisi cuaca berawan atau mendung.

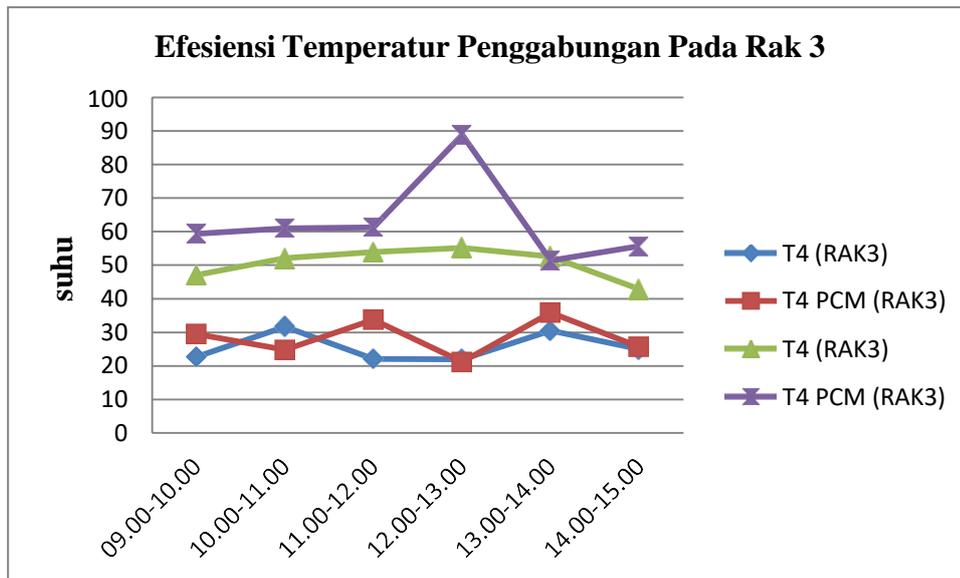
4.6 Efisiensi Solar Kolektor Dengan Sudut 15°C



Gambar 4.19 Grafik Efisiensi Temperatur Penggabungan Pada Rak 1



Gambar 4.20 grafik efisiensi temperatur penggabungan pada rak 2



Gambar 4.21 grafik efisiensi temperatur penggabungan pada rak 3

Pada grafik 4.19, 4.20 dan 4.21 efisiensi temperatur di atas, dengan menggunakan sudut yang sama jika dibandingkan antara temperatur solar collector saja dan temperatur solar collector dengan PCM, bisa dikatakan bahwasanya temperatur solar collector dengan PCM lebih memiliki efisiensi yang lebih tinggi temperaturnya selama proses pengujian tidak turun secara drastis pada saat terjadi perubahan cuaca.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian pada alat pengering solar collector menggunakan phasa change material dan tidak menggunakan phasa change material untuk mengeringkan produk hasil pertanian, yaitu:

1. Dari hasil penelitian alat pengering solar collector tidak pakai phasa change material (PCM). Menghasilkan temperatur rata-rata untuk setiap rak memiliki temperatur yang berbeda. Temperatur untuk rak 1 rata-rata 18,2°C Untuk rak 2 rata-rata temperaturnya 21,1°C dan temperatur rak 3 rata-rata temperaturnya 25,6°C. Pada pengujian menggunakan bahan daun kelor dari jam 09.00-15.00 wib barat awal keseluruhan 598gram dan berat akhir yang berkurang 167gram. Sedangkan yang menggunakan phasa change material (PCM). Menghasilkan temperatur rata-rata untuk setiap rak memiliki temperatur yang berbeda. Temperatur untuk 1 rak rata-rata 23,9°C Untuk rak 2 rata –rata temperaturnya 25,7°C dan temperatur rak 3 rata-rata temperaturnya 28,4°C. Pada pengujian menggunakan bahan daun kelor dari jam 09.00-15.00 wib barat awal keseluruhan 1760gram dan berat akhir yang berkurang 249gram.
2. Berdasarkan hasil penelitian alat pengering solar collector tidak pakai phasa change material (PCM). Menghasilkan temperatur rata-rata untuk setiap rak memiliki temperatur yang berbeda. Temperatur untuk 1 rak 49,9°C Untuk rak 2 rata-rata temperaturnya 51.1°C dan temperatur rak 3

rata-rata 50,6°C. Pada pengujian menggunakan bahan daging ikan tongkol dari jam 09.00-15.00 wib barat awal keseluruhan 649,5gram dan berat akhir yang berkurang 455gram. Sedangkan yang menggunakan phasa change material (PCM). Menghasilkan temperatur rata-rata untuk setiap rak memiliki temperatur yang berbeda. Temperatur untuk rak 1 rata-rata 51,9°C, untuk rak 2 rata-rata temperaturnya 59,9°C dan untuk rak 3 rata-rata temperaturnya 62,9°C. Pada pengujian menggunakan bahan daging ikan tongkol dari jam 09.00-15.00 wib barat awal keseluruhan 487,5gram dan berat akhir yang berkurang 365gram.

3. Temperatur solar collector saja dan temperatur solar collector dengan PCM, dengan menggunakan sudut yang sama pada rak 1, 2 dan 3. Bisa dikatakan bahwasanya temperatur solar collector dengan PCM lebih memiliki efesiensi yang lebih tinggi temperaturnya selama proses pengujian tidak turun secara drastis pada saat terjadi perubahan cuaca.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini yaitu:

1. Apabila potensi energi termal yang dihasilkan oleh kolektor dipengaruhi oleh kondisi cuaca, maka untuk mengatasi kendala ini dapat menggunakan lampu halogen sebagai pengganti energi termal.
2. Jika mata hari mulai berpindah dari timur ke barat, maka perlu dipasangkan roda pada alat pengering supaya mempermudah untuk memindahkannya .

DAFTAR PUSTAKA

1. Abd, M., Syuhada, A., & Zulfan. (2021). Unjuk kerja perlatan pengering haybrid (energi matahari dan gas) untuk pengeringan biji coklat. jurnal mekanova, vol.7, 145-151.
2. Afrizal, E., Herisiswanto, I., & Aziz, A. (2009). Kaji ekperimental perangkat pengering surya (*solar dryer*) jenis pemanas tidak langsung dengan penyimpan panas berubah fasa menggunakan rak bertingkat. Fakultas Teknik, Teknik Mesin. Riau: Universitas Riau.
3. Arikundo, F. R., & Hazwi, M. (2014). Rancang bangun prototype kolektor surya tipe plat datar untuk pengeringan hasil panas pada pengering produk pertanian dan perkebunan. jurnal e-dinamis, vol.8, 194-203.
4. Arsy, W. F. (2015). Studi eksperimen unjuk kerja kolektor surya plat datar dengan penambahan reflektor yang mempunyai sudut kemiringan kolektor (β) dan sudut kemiringan reflektor (θ_r) (studi kasus jurusan teknik mesin. Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Boer, W. (2019). Analisis kinerja kolektor surya terhadap ruang uji. Fakultas Teknik, Teknik Mesin. Medan: Universitas Sumatera Utara.
6. Burlian , F., Thamrin, I., & Chaimrman, H. (2018). Kajian eksperimental komparasi efesiensi kolektor surya dengan variasi sudut kemiringan. prosiding SNTTM XVII (hal. 145-152). Palembang: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

7. Burlian, F., & Firdaus, A. (2011). Kaji ekperimental alat pengering kerupuk tenaga surya tipe box menggunakan konsentrator cermin datar. prosiding seminar nasional AVoER ke-3 (hal. 95-109). Palembang: Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
8. Erlina, D. M., & Tazi, I. (2009). Uji model alat pengering tipe rak dengan kolektor surya (studi kasus untuk pengeringan cabai merah (*capsium annum var. longum*)). jurnal neutrino, vol.2, 1-14.
9. Foncesa, I. A. (2019). Analisis unjuk kerja *evacuated tube solar collector terkonsentrasi* dengan variasi PCM (paraffin dan beewax). Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin. Jember: Universitas Jember.
10. Hidayati, N., & Iskandar R. (2019). Pengaruh penggunaan kolektor plat datar pada pengering padi tipe drum dryer. jurnal sistem mekanik dan termal, vol.3, 2-9.
11. Hutapea, G., Ambarita, H., Napitupulo, F., & Gultom, M. (2019). Study experimental untuk alat pengering biji kopi tenaga surya sistem kontinu. jurnal dinamis, 7, 47-58.
12. Suprayitno, Aziz, A., & Mainil, R. I. (2016). Kaji eksperimental alat pengering tenaga surya aktif pemanas langsung (*direct solar dryer active*) berbentuk jajar genjang tipe kabinet. jom fteknik , vol.3, 1-4.
13. Yani, E., Abdurrachim, & Pratoto, A. (2009). Penghitungan efisiensi kolektor surya pada pengering surya tipe aktif tidak langsung pada laboratorium surya itb. TeknikA, vol.2, 20-25.

14. Zaini, Dailami, & Syuhada, A. (2014). Kaji eksperimental kolektor surya dengan paraffin sebagai penyimpan energi panas. jurnal ilmiah jurutera, vol.01, 56-65.
15. Sophyan, N. F. (2016). Rancang Bangun Alat Pengering Ikan Tipe Rak Menggunakan Kolektor Surya. Fakultas Sains Dan Teknologi, Jurusan Fisika. Makassar: Uin Alauddin Makassar.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : domuntasi



Proses pemotongan rangka



Proses pembuatan dinding



Proses mencat dinding



Proses pemasangan kaca



Alat pengering yang telah jadi

Lampiran 2 : dokumentasi pengujian



Proses pengecekan suhu



Proses penimbangan daun kelor



Proses penimbangan daging ikan



Proses pengeringan daun kelor



Proses pengeringan daging ikan



Sesi foto bersama tim

BIODATA PENULIS



Hanif Muslim, Lahir pada tanggal 07 September 1998 di Sinar Bahagia dari pasangan suami istri, Bapak Alfian dan Ibu Lismiana. Penulis Telah Menempuh Pendidikan di SD Negeri 9 Simeulue Barat lulus pada tahun 2011, SMP Negeri 3 Simeulue Barat Lulus pada tahun 2014, dan SMA Negeri 2 Simeulue Barat Lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2017 Penulis Melanjutkan Pendidikan S1 Universitas Teuku Umar di Jurusan Teknik Mesin Bidang Teknik Konversi energi, Fakultas Teknik, Melalui jalur SBMPTN.

Semasa Kuliah di UTU penulis juga aktif mengikuti berbagai seminar dan kuliah umum,. Alhamdulillah penulis telah menyelesaikan studi S1 Teknik Bidang Teknik Konversi Energi (TKE) sebagai bahan Tugas Akhir dengan Topik kaji eksperimental dan efisiensi alat pengering *solar collector* dengan *phase change material* (PCM) untuk sudut optimal dibawah bimbingan Bapak Maldi Saputra, ST., MT.

Jika Ingin Menyampaikan kritik dan saran yang bersifat membangun, penulis dapat dihubungi melalui email : hanifmuslim1723@gmail.com