

**UNJUK KERJA ALAT PENGERING MODEL AIT (AISIAN INSTITUTE
OF TECHNOLOGY) UNTUK PENGERINGAN KERUPUK**

(Skripsi)

Oleh :

Wisnu Ismoyo



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

UNJUK KERJA ALAT PENGERING MODEL AIT (ASIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) UNTUK PENGERINGAN KERUPUK

OLEH

WISNU ISMOYO

Salah satu tahapan dalam pembuatan kerupuk adalah proses penjemuran, proses ini biasanya dilakukan dengan penjemuran dibawah sinar matahari secara langsung. Metode seperti ini akan bermasalah ketika tiba tiba turun hujan maka sebagian kerupuk akan terkena air hujan. Selain itu penjemuran secara langsung juga kurang higienis karena rentan terkena debu dan kotoran. Untuk mengatasi permasalahan itu diperlukan metode pengeringan dengan ruangan tertutup.

Alat pengering model AIT merupakan sebuah desain alat pengering yang dikembangkan oleh Asian Institute of Technology Bangkok. Pengering ini termasuk kedalam jenis pengering pasif dan jenis pengering campuran. Pada alat pengering ini terdapat dua bagian yaitu bagian kolektor dan bagian ruang pengering, dimana pada bagian ruang pengering dibuat transparan sehingga kerupuk akan terkena sinar matahari secara langsung. Penelitian ini menggunakan kolektor seluas 2x3 m dengan ketinggian 20 cm dan ukuran ruang pengering 1x2 m dengan ketinggian 2 m dimana didalamnya terdapat 4 rak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan pada rak bagian atas akan lebih cepat kering dibandingkan dengan rak bagian bawah. Kapasitas maksimal alat pengering model AIT ini untuk pengeringan kerupuk adalah 7.8 kg. Nilai efisiensi dari kolektor adalah sebesar 21,5 % - 53,27 % dan efisiensi ruang pengering sebesar 3,89 % - 23,15 %. Efisiensi ini sangat bergantung pada kondisi cuaca yang mempengaruhi intensitas radiasi matahari.

Kata Kunci : pengering model AIT, pengeringan kerupuk, efisiensi pengering

ABSTRACT

THE USE OF DRYER AIT (ASIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) MODEL FOR CRACKERS DRYING

BY

WISNU ISMOYO

One of the stages in making crackers is the process of drying it outdoor. This process is usually performed by drying it outdoor under sunlight directly. This method will be inconvenient when it suddenly rains and most crackers will be exposed to rain. In addition, direct drying is also less hygienic since it is vulnerable to be exposed to dust and dirt. Therefore, it is necessary to have a drying method in a closed room.

The dryer AIT model is a design of dryer which is developed by Asian Institute of Technology Bangkok. The dryer belongs to indirect and mixture types of dryer. It also has 2 parts, such as collector part and drying space part which are made transparent, so that crackers will be exposed to sunlight directly. Besides, in the research, collector 2x3 m in width whose height is 20 cm with the space size 1x2 m in width whose height is 2 m with 4 racks inside.

Results of the research show that the drying on the upper rack will be dried faster than lower rack. The maximum capacity of this dryer model AIT for drying crackers is 7.8 kg. The efficiency percentage from the collector is 21.5% - 53.27% and from the drying room is 3.89% - 23.15%. Those efficiencies really depend on weather condition that affects the intensity of sun radiation.

Key words: *dryer model AIT, crackers drying, drying efficiency*

**UNJUK KERJA ALAT PENGERING MODEL AIT
(ASIAN INSTITUTE TECHNOLOGY) UNTUK
PENGERINGAN KERUPUK**

Oleh

WISNU ISMOYO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

**Judul Skripsi : UNJUK KERJA ALAT PENGERING
MODEL AIT (ASIAN INSTITUTE
TECHNOLOGY) UNTUK
PENGERINGAN KERUPUK**

Nama Mahasiswa : Wisnu Ismoyo

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115021072


Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Amrizal, S.T., M.T.
NIP 19700202 199803 1 004


Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.
NIP 19690801 199903 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Amrizal, S.T., M.T.



Anggota Penguji : Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.



Penguji Utama : Dr. Amrul, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Juli 2017

PERNYATAAN PENULIS

Skripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam Pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor Nomor 3187/H26/DT/2010

Yang membuat pernyataan



Wisnu Ismoyo

NPM. 1115021072

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung Tengah pada tanggal 23 juli 1993, sebagai anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Sarimin (Alm) dan Ibu Istiqomah. Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Nurul Huda Bandar Agung diselesaikan pada tahun 1999, pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD N 1 Bandar Agung pada tahun 2005, pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP N 3 Way Pengubuan pada tahun 2008 dan pendidikan tingkat sekolah menengah atas diselesaikan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Muhammadiyah 2 Metro pada tahun 2009.

Pada tahun 2011, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota Bidang Diklat (2013-2014). Penulis melakukan Kerja Praktek di PT Gunung Madu Plantation Lampung Tengah pada tahun 2014.

*Skripsi ini ku persembahkan kepada Ibunda, Adik
tercinta, dan para Sahabat yang selalu memberikan
dukunagan serta doanya*

MOTO

*“Sebaik baiknya manusia adalah yang bermanfaat bagi
sesamanya “*

*“Jangan hanya menghitung apa yang telah hilang, tetapi
pikirkan apa yang masih kita miliki”*

“Sepiro gedhening sengsoro yen tinompo amung dadi cobo”

*“Ketika dunia jahat kepadamu, maka berusahalah untuk
mengatasinya, karena tidak ada orang yang akan
membantumu jika kau sendiri tidak berusaha”*

SANWACANA

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis. Skripsi ini yang berjudul “Unjuk Kerja Alat Pengering Model AIT (Asian Institute of Technology) untuk Pengeringan Kerupuk” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Keberhasilan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang memberikan kontribusi kontribusi besar bagi terselesaikannya penelitian ini. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ahmad Su’udi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Dr. Amrizal, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Utama atas kesediaannya memberikan bimbingan, arahan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua atas kesediaannya memberikan bimbingan, arahan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.

5. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T., selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran dan masukannya guna penyempurnaan dalam penulisan laporan ini.
6. Bapak Martinus, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
7. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu yang berharga selama penulis duduk di bangku kuliah.
8. Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
9. Ibundaku tercinta dan adikku atas segala dukungan dan doanya serta kasih sayangnya kepada penulis.
10. Supra Hadi (rengkek) yang telah sama-sama berjuang dan membantu dalam penelitian ini.
11. Seluruh anggota MATALAM yang turut membantu penulis dalam proses pembuatan alat pengering model AIT.
12. Rekan rekan Teknik Mesin angkatan 2011 yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis, terima kasih semuanya salam “Solidarity Forever”.
13. Masyarakat Desa Gunung Timbul, Kecamatan Tumijajar, Tulang Bawang Barat yang telah membantu dalam penelitian ini.
14. Tim KKN Desa Aji Jaya KNPI (Hendra, Retno, Reni, Windy) yang masih meberi samangat kepada penulis saat ini.
15. Sahabat Kosan DotA (Gomek, Bang Cendi, Eko, Awan) yang selalu memberi dukungan dan keceriaan, terima kasih atas kerja samanya demi tim.

16. Seluruh penghuni Asrama Puri Agung yang selalu memberikan semangat, dukungan serta bantuannya kepada penulis.

17. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis dengan segala kerendahan hati menyadari dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung 20 Juli 2017

Penulis

Wisnu Ismoyo

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kerupuk	6
2.2 Pengeringan	9
2.3 Jenis-jenis Pengering Surya	11
2.4 Analisa Kadar Air Dalam Produk	15
2.5 Perpindahan Panas	18
2.5.1 Perpindahan Panas Konduksi	18
2.5.2 Perpindahan Panas Konveksi	20
2.5.3 Perpindahan Panas Radiasi	21

2.6	Analisa Energi Selama Pengeringan	23
2.6.1	Energi Radasai Matahari	23
2.6.2	Energi pada Kolektor	24
2.6.3	Energi pada Ruang Pengering	25
2.6.4	Kecepatan Aliran Udara	26
2.7	Efisiensi Alat Pengering	27
2.7.1	Efisiensi Ruang Pengering	27
2.7.2	Efisiensi Kolektor	27
2.8	Kelembaban Udara	28
III.	METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.2	Diagram Alir Penelitian	35
3.3	Desain Alat Pengering	27
3.4	Spesifikasi Alat pengering	37
3.5	Simulasi Alat Pengering	37
3.6	Alat Ukur	38
3.7	Prosedur Pengujian	40
3.8	Data Pengujian	41
3.9	Perhitungan	41
3.9.1	Efisiensi ruang pengering	41
3.9.2	Efisiensi kolektor	42
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Berat Akhir Kerupuk	43
4.2	Grafik Pengujian	47

4.3 Efisiensi Alat Pengering	61
4.4 Simulasi Aliran Udara	65
V. SIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Simpulan	68
5.2 Saran	69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Syarat mutu kerupuk (SNI/01-4307-1996)	7
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	32
Tabel 4.1 Waktu pengujian	43
Tabel 4.2 Berat akhir kerupuk	45
Tabel 4.3 Efisiensi dan laju pengeringan	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kerupuk bawang	7
Gambar 2.2. Alat pengering tenaga surya model AIT	10
Gambar 2.3 Jenis-jenis pengering surya	13
Gambar 2.4 Desain pengering surya	13
Gambar 2.5 Perpindahan panas konduksi	19
Gambar 2.6 Perpindahan panas konveksi	21
Gambar 2.7 Perpindahan panas radiasi	22
Gambar 2.8 <i>Bulb</i> pada termometer	29
Gambar 2.9 Sling	30
Gambar 2.10 Garis sifat udara pada <i>Psychrometric Chart</i>	31
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	34
Gambar 3.2 Spesifikasi kolektor	35
Gambar 3.3 Spesifikasi ruang pengering	36
Gambar 3.4 Desain alat pengering model AIT	36

Gambar 3.5 Timbangan	38
Gambar 3.6 Termokopel	39
Gambar 3.7 Pyranometer	39
Gambar 4.1 Kerupuk dengan kadar air 58.784 %	44
Gambar 4.2 Kerupuk dengan kadar air 12%	45
Gambar 4.3 Posisi penempatan alat ukur	47
Gambar 4.4 Temperatur dan kelembaban pengujian 1 hari pertama	48
Gambar 4.5 Temperatur dan kelembaban pengujian 1 hari kedua	49
Gambar 4.6 Temperatur dan kelembaban pengujian 2 hari pertama	49
Gambar 4.7 Temperatur dan kelembaban pengujian 2 hari kedua	50
Gambar 4.8 Temperatur dan kelembaban pengujian 3 hari pertama	50
Gambar 4.9 Temperatur dan kelembaban pengujian 3 hari kedua	51
Gambar 4.10 Temperatur dan kelembaban pengujian 4 hari pertama	51
Gambar 4.11 Temperatur dan kelembaban pengujian 4 hari kedua	52
Gambar 4.12 Temperatur dan kelembaban pengujian 5	52
Gambar 4.13 Kadar air pengujian 1 hari pertama	55
Gambar 4.14 Kadar air pengujian 1 hari kedua	55
Gambar 4.15 Kadar air pengujian 2 hari pertama	56

Gambar 4.16 Kadar air pengujian 2 hari kedua	56
Gambar 4.17 Kadar air pengujian 3 hari pertama	57
Gambar 4.18 Kadar air pengujian 3 hari kedua	57
Gambar 4.19 Kadar air pengujian 4 hari pertama	58
Gambar 4.20 Kadar air pengujian 4 hari kedua	58
Gambar 4.21 Kadar air pengujian 5	59
Gambar 4.22 Simulasi aliran dengan loyang	66
Gambar 4.21 Simulasi aliran tanpa loyang	66

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerupuk merupakan salah satu makanan ringan yang sangat populer di Indonesia, pada umumnya bahan dasar pembuatan kerupuk adalah tepung tapioka yang dicampur dengan perasa sehingga dapat dihasilkan kerupuk dengan berbagai rasa. Tahapan dalam proses pembuatan bahan baku kerupuk hingga siap untuk dimakan terdiri atas tiga proses utama yaitu pembuatan, pengeringan dan penggorengan. Pada proses pengeringan biasanya dijemur di bawah sinar matahari secara langsung dengan waktu sekitar 1 sampai 2 hari. Pengeringan di luar ruangan secara terbuka seperti ini sangat rawan dengan adanya kotoran yang akan menempel pada kerupuk yang sedang dikeringkan. Kotoran tersebut bisa berasal dari debu maupun hewan yang hinggap pada kerupuk yang sedang dijemur.

Salah satu upaya untuk mengurangi kotoran yang dapat menempel pada kerupuk selama proses pengeringan dapat dilakukan dalam oven namun cara ini akan menambah biaya operasional yang digunakan untuk keperluan bahan bakar oven pemanas. Cara lain yang lebih hemat biaya yaitu dengan menggunakan alat pengering tenaga surya. Alat pengering tenaga surya merupakan sebuah alat memanfaatkan intensitas radiasi matahari sebagai sumber energi dalam

melakukan pengeringan. Alat pengering ini tidak membutuhkan bahan bakar dan ruangan pengeringnya tertutup sehingga kerupuk dapat terhindar dari debu dan kotoran.

Pada umumnya alat pengering surya dibagi dibagi menjadi tiga jenis yaitu alat pengering surya langsung, alat pengering surya tidak langsung dan alat pengering surya campuran. Alat pengering surya langsung merupakan sebuah alat pengering dimana terdapat ruang pengering dengan dinding transparan, radiasi matahari akan memanaskan udara dalam ruang pengering dan udara tersebut akan memanaskan bahan yang akan dikeringkan. Kemudian alat pengering surya tidak langsung merupakan alat pengering dimana terdapat bagian kolektor yang berfungsi sebagai pengumpul radiasi matahari untuk diteruskan ke ruang pengering, ruang pengering pada alat pengering jenis ini tertutup dan terisolasi untuk mencegah panas keluar. Sedangkan gabungan dari dua jenis alat pengering diatas adalah alat pengering campuran yaitu dimana dinding ruang pengering dibuat transparan dan terdapat kolektor sebagai pengumpul panas.

Pada penelitian ini jenis pengering yang digunakan adalah alat pengering model AIT, yaitu alat pengering yang dikembangkan oleh Asian Institute Technology Bangkok. Alat pengering model AIT ini termasuk dalam jenis pengering campuran dengan aliran udara yang terjadi dalam alat pengering merupakan aliran udara alami. Penelitian ini akan dilakukan analisis mengenai unjuk kerja alat pengering model AIT yang terdapat di Desa Gunung Timbul, Tumijajar, Tulang Bawang Barat. Untuk mengetahui unjuk kerja tersebut dibutuhkan beberapa data yang diambil langsung di lapangan sebanyak lima kali

percobaan. Data-data tersebut adalah intensitas radiasi yang diambil dengan menggunakan pyranometer, data temperatur meliputi temperatur masuk ruang pengering, temperatur keluar kolektor dan temperatur lingkungan yang diambil dengan menggunakan thermometer dan pengambilan data kelembaban sebagai indikasi baik tidaknya proses pengeringan.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui unjuk kerja kolektor surya pada alat pengering model AIT.
2. Mengetahui unjuk kerja ruang pengering pada alat pengering model AIT dengan kerupuk sebagai bahan yang akan dikeringkan.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Udara yang mengalir pada ruang pengering merupakan aliran alami dan tidak ada rugi-rugi panas.
2. Sumber panas pada ruang pengering berasal dari kolektor dan radiasi matahari langsung.
3. Pengujian dilakukan dengan produk olahan berupa kerupuk.
4. Kadar air kerupuk diasumsikan seragam.
5. Pengujian dilakukan pada alat pengering model AIT di Desa Gunung Timbul, Tumijajar, Tulang Bawang Barat.

6. Pengeringan dilakukan dalam kisaran waktu 6 jam yaitu pukul 09.00 sampai dengan pukul 15.00 WIB.

1.4 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun menjadi lima bab. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan, ruang batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi mengenai materi yang mendukung mengenai proses pelaksanaan Tugas Akhir ini.

III. METODOLOGI

Bab ini berisi tentang tempat dan waktu pelaksanaan, alat dan bahan, komponen, prosedur pembuatan, dan diagram alir pelaksanaan penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi data-data yang didapat dilapangan dan pembahasan masalah dari hasil pengamatan proses pengeringan karet dan melakukan beberapa analisa dari hasil pengamatan.

V. PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan hasil akhir dari pembahasan masalah dan memberi saran.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan sumber-sumber yang menjadi referensi penulis dalam menyusun penelitian ini.

LAMPIRAN

Memuat data-data yang mendukung penulisan laporan ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerupuk

Kerupuk merupakan salah satu makanan ringan yang sangat populer di Indonesia, pada umumnya bahan dasar pembuatan kerupuk adalah tepung tapioka yang dicampur dengan perasa sehingga dapat dihasilkan kerupuk dengan berbagai rasa seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Tahapan dalam proses pembuatan bahan baku kerupuk hingga siap untuk dimakan terdiri atas tiga proses utama yaitu pembuatan, pengeringan dan penggorengan. Pada umumnya pembuatan kerupuk adalah sebagai berikut : Bahan berpati dilumatkan bersama atau tanpa bumbu, kemudian dimasak (direbus atau dikukus) dan dicetak berupa lempengan tipis yang disebut kerupuk kering. Sebelum dikonsumsi, kerupuk kering digoreng atau dipanggang terlebih dahulu. Ikan, telur dan daging adalah bahan penyedap yang dapat digunakan pada pembuatan kerupuk. Merica, bawang putih, bawang merah dan garam merupakan bumbu utama (Warintek, 2016).



Gambar 2.1 Kerupuk bawang

Kondisi kerupuk yang diproduksi harus memenuhi syarat dari Badan Standardisasi Nasional (SNI/01-4307-1996) yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Syarat mutu kerupuk

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan	
			Mentah	Sudah Digoreng
1.	Keadaan:			
1.1	Bau	-	normal	normal
1.2	Rasa	-	normal	normal
1.3	Warna	-	normal	normal
1.4	Kenampakan	-	renyah	renyah
1.5	Keutuhan	% b/b	min. 95	min. 85

2.	Benda-benda asing	-	tidak boleh ada	tidak boleh ada
3.	Air	% b/b	maks. 12	maks. 8
4.	Abu tanpa garam	% b/b	maks. 1	maks. 1
5.	Bahan tambahan makanan			
5.1	Pewarna	-	Sesuai SNI 01-0222-1995 dan Peraturan Men Kes No. 722/Men.Kes/Per/IX/88	
5.2	Boraks	-	tidak ternyata	tidak ternyata
6.	Cemaran logam			
6.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 2,0	maks. 2,0
6.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 30,0	maks. 30,0
6.3	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40,0	maks. 40,0
6.4	Seng (Zn)	mg/kg	maks. 40,0	maks. 40,0
6.5	Raksa (Hg)	mg/kg	maks. 0,03	maks. 0,03
7.	Arsen (As)	mg/kg	maks. 1,0	maks. 1,0
8.	Cemaran mikroba:			
8.1	Angka lempeng total	koloni/g	maks. 10 ⁶	maks. 10 ⁵

8.2	E. Coli	APM/g	< 3	< 3
8.3	Kapang	koloni/g	maks. 10^5	maks. 10^4

2.2 Pengerinan

Pengerinan merupakan suatu proses yang bertujuan untuk mengurangi kadar air pada suatu produk hingga pada tingkat tertentu, sehingga dapat mencegah terjadinya proses pembusukan dan dapat disimpan dalam waktu yang relatif lama. Proses pengerinan dilakukan dengan cara memanfaatkan energy panas untuk mengurangi kadar air dalam produk yang akan dikeringkan. Kadar air produk harus dikurangi hingga hanya tersisa 5 sampai 10% untuk menonaktifkan mikroorganismenya yang ada dalam produk tersebut (Yani, 2009).

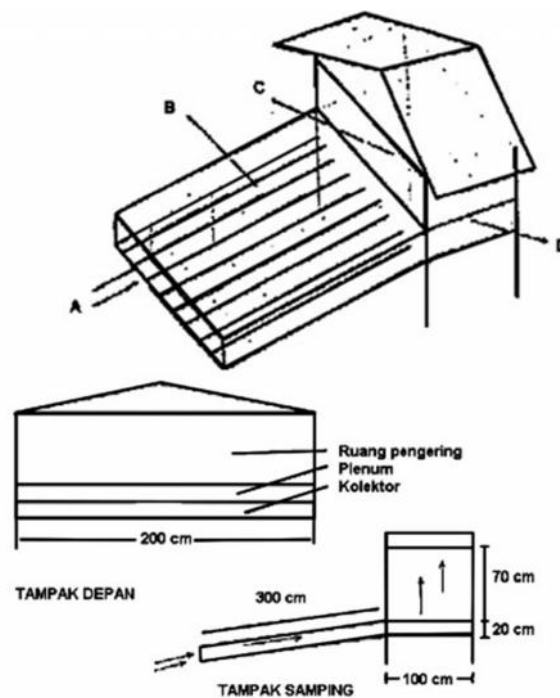
Proses pengerinan memiliki beberapa keuntungan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi kerusakan dan pembusukan akibat mikroorganismenya.
2. Mengurangi biaya pengemasan dan pendinginan untuk menjaga kualitas produk.
3. Biaya transportasi dan penyimpanan lebih mudah.
4. Menjamin ketersediaan produk yang bersifat musiman.

Selain keuntungan diatas, proses pengeringan juga memiliki beberapa kekurangan antara lain:

1. Warna produk berubah.
2. Kandungan vitamin lebih rendah, karena vitamin rentan terhadap panas.
3. Terjadi pengerasan pada permukaan produk sedangkan bagian dalamnya masih basah.
4. Mutu lebih rendah daripada bahan pangan segar.

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan alat pengering salah satunya memuat alat pengering tenaga surya model AIT dari Asian Institute Technology Bangkok. Desain asli dari alat pengering model AIT ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Alat Pengering Tenaga Surya Model AIT (Wahyudi, 2014)

Prinsip kerja dari alat pengering ini sebagai berikut : cahaya matahari memanaskan udara dari seng gelombang di bagian kolektor. Udara panas yang relatif ringan akan mengalir ke ruang pengering untuk menguapkan air pada kerupuk. Udara pada ruang pengering mengalir ke bagian atas ruang pengering dan keluar melalui ventilasi. Cahaya matahari juga memanasi bahan di ruang pengering secara langsung dari plastik transparan.

Alat pengering model AIT ini memiliki desain yang sedikit berbeda dibandingkan dengan alat pengering model lain. Pada alat pengering model AIT permukaan ruang pengering dibuat transparan. Tujuan permukaan ruang pengering dibuat transparan adalah agar dapat memaksimalkan penggunaan radiasi matahari, sehingga sumber panas tidak hanya berasal dari kolektor saja, melainkan juga didapat dari radiasi matahari langsung. Alat pengering ini tidak membutuhkan biaya tambahan seperti bahan bakar atau listrik sehingga lebih hemat biaya. Namun proses pengeringan sangat bergantung pada intensitas radiasi matahari, ketika cuaca mendung atau hujan alat pengering ini tidak dapat menghasilkan panas.

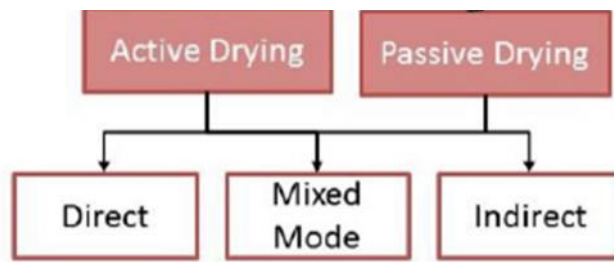
2.3 Jenis-jenis Pengering Surya

Secara umum pengering surya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu pengering surya aktif dan pengering surya pasif seperti terlihat pada Gambar 2.3. Pengering surya aktif merupakan pengering yang aliran udaranya tidak hanya terjadi secara alami namun juga dibantu dengan alat lain biasanya berupa *blower*, dengan kata lain pada pengering jenis ini perpindahan konveksi yang terjadi

merupakan konveksi paksa. Sedangkan pada pengering surya pasif udara dalam ruang pengering terjadi secara alami karena massa udara panas yang lebih rendah sehingga akan cenderung naik ke atas dan keluar melalui lubang ventilasi.

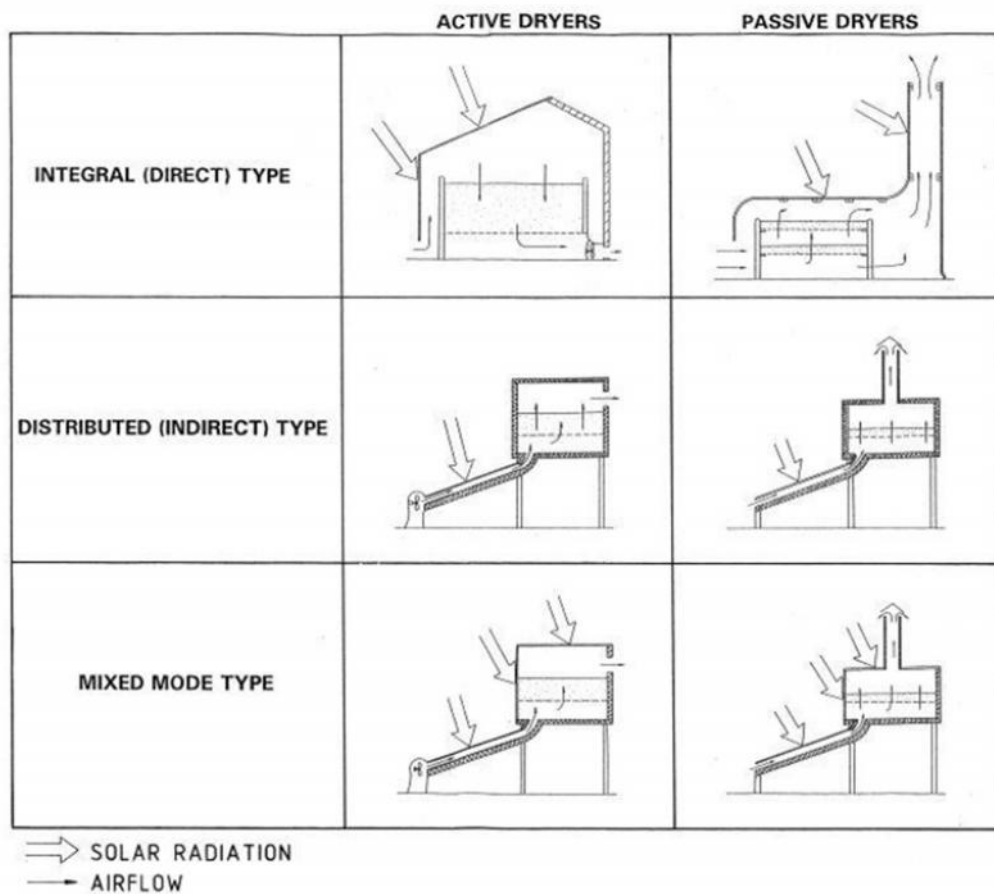
Untuk masing-masing jenis pengering baik pasif maupun aktif dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu tipe *direct*, *indirect* dan campuran.

1. Pada pengering tipe *direct* bahan yang akan dikeringkan ditempatkan dalam suatu ruangan dengan atap yang terbuat dari bahan transparan sehingga radiasi matahari akan langsung mengenai bahan yang akan dikeringkan dan permukaan ruang pengering bagian dalam.
2. Pada pengering surya tipe *indirect* radiasi matahari tidak secara langsung memanaskan bahan yang akan dikeringkan, radiasi akan diterima oleh kolektor dan sehingga membuat suhu udara dalam kolektor meningkat sehingga udara akan mengalir ke ruangan pengering dan membuat udara dalam ruang pengering menjadi meningkat. Udara panas inilah yang digunakan untuk mengeringkan bahan pada ruang pengering.
3. Pengering tipe campuran merupakan kombinasi antara pengering tipe *direct* dan pengering tipe *indirect*. Pada pengering jenis ini radiasi matahari akan langsung mengenai bahan yang akan dikeringkan dan terdapat pula kolektor surya yang terhubung ke ruangan pengering, sehingga tingkat pengeringan akan berlangsung lebih cepat untuk tingkat radiasi yang sama.



Gambar 2.3 Jenis-jenis pengering surya

Untuk lebih jelasnya bentuk desain dari masing masing tipe pengering yang telah dijelaskan diatas dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Desain pengering surya (Huselstein, 2016)

Jenis pengeringan dikelompokkan berdasarkan temperatur dalam ruang pengering tersebut beroperasi dapat dibedakan menjadi pengeringan temperatur tinggi dan pengeringan temperatur rendah.

1. Pengering temperatur tinggi

Pengering dengan temperatur tinggi digunakan apabila kita menginginkan pengeringan dalam waktu yang singkat. Biasanya digunakan untuk produk yang tidak boleh terlalu lama kontak dengan udara pengeringan. Temperatur operasi yang tinggi seperti ini, jika udara pengeringan terus berkontak dengan produk saat telah dicapai kadar air yang diinginkan, maka akan terjadi pengeringan berlebih. Oleh karena itu pengeringan jenis ini dilakukan hingga produk mencapai kadar air yang diinginkan kemudian didinginkan kembali. Pengeringan temperatur tinggi biasanya dibagi dalam dua metode pengeringan yaitu *batch* dan *continuous-flow*. Dalam pengeringan *batch* produk dimasukkan dalam sebuah keranjang kemudian ditempatkan dalam ruangan pengering, setelah dicapai kadar air yang diinginkan keranjang tersebut dikeluarkan untuk didinginkan. Pada pengeringan *continuous-flow* produk akan dijatuhkan dengan adanya gravitasi maka produk akan turun kebawah, selama turun kebawah produk dipanaskan dengan udara panas dari pengering. Karena pengeringan jenis ini membutuhkan suhu yang tinggi maka biasanya sumber panas didapat dari bahan bakar fosil atau elemen pemanas listrik, meskipun ada beberapa yang di desain dengan menggunakan energi panas matahari.

2. Pengering temperatur rendah

Pada pengering temperatur rendah kadar air dalam produk dikurangi secara bertahap oleh udara pengering dengan aliran udara yang melewati ventilasi konstan. Dengan demikian pengering ini dapat mentoleransi panas sumber yang bervariasi. Pengering temperatur rendah memungkinkan produk untuk dikeringkan dalam jumlah yang banyak dan sangat cocok untuk produk yang akan disimpan dalam waktu lama. Kemampuan untuk mentoleransi sumber panas yang bervariasi ini memungkinkan pengering temperatur rendah beroperasi dengan menggunakan pans sumber dari energi matahari. Dengan demikian banyak pengering surya menggunakan prinsip pengeringan suhu rendah.

2.4 Analisa Kadar Air Dalam Produk

Tujuan utama dari pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam suatu produk. Pengurangan kadar air ini bertujuan agar produk dapat disimpan dengan waktu yang cukup lama. Produk yang tidak dikeringkan akan lebih mudah busuk dibandingkan dengan produk yang dikeringkan. Pengeringan biasanya dilakukan pada produk olahan makanan.

Untuk dapat mengetahui banyaknya kadar air dalam suatu produk dapat digunakan dua macam cara yaitu analisa kadar air basis basah (MC_{wb}) dan analisa kadar air basis kering (MC_{dw}). Kadar air basis basah dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara massa air dalam produk dengan massa produk sebelum

dikeringkan. Secara matematis kadar air basis basah dapat ditulis seperti pada Persamaan 2.1 (Yani, 2009):

$$MC_{wb} = \frac{M_o - M_d}{M_o} \quad (2.1)$$

Sedangkan kadar air basis kering adalah perbandingan antara massa air dalam produk dengan massa produk yang telah dikeringkan. Secara matematis dinyatakan dengan Persamaan 2.2.

$$MC_{db} = \frac{M_o - M_d}{M_d} \quad (2.2)$$

Dimana :

MC_{wb} adalah kadar air basis basah

MC_{db} adalah kadar air basis kering

M_o adalah massa produk sebelum dikeringkan

M_d adalah massa produk setelah dikeringkan

Dari dua persamaan diatas maka dapat diketahui bahwa hubungan antara kadar air basis basah dan kadar air basis kering ditunjukkan pada Persamaan 2.3 dan 2.4.

$$MC_{wb} = 1 - \left[\frac{1}{MC_{db} + 1} \right] \quad (2.3)$$

$$MC_{db} = \left[\frac{1}{1 - MC_{wb}} \right] - 1 \quad (2.4)$$

Untuk menentukan kadar air dari suatu produk dapat dilakukan pengujian laboratorium dengan metode oven. Pengujian ini dilakukan dengan cara memanaskan sampel produk sebanyak 5 gram produk dalam oven selama 2 jam, sehingga kandungan air pada produk hilang. Sebelum dilakukan penimbangan cawan tempat meletakkan produk harus diasukkan kedalam desikator, hal ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan air pada cawan sehingga diperoleh massa cawan yang konstan. Setelah diketahui massa awal sebelum dan sesudah dikeringkan maka kadar air dapat diketahui dengan Persamaan 2.1 dan 2.2.

Untuk keperluan pengujian atau eksperimen pengeringan, dimana massa produk diukur setiap saat, kadar air setiap saat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.5.

$$MC_{twb} = 1 - \left[\frac{(1 - MC_{owb})M_0}{M_t} \right] \quad (2.5)$$

Dimana :

MC_{twb} adalah kadar air basis basah pada waktu ke t

MC_{owb} adalah kadar air awal basis basah

M_t adalah massa produk pada waktu ke t

Dengan mengetahui kadar air awal dan kadar air akhir dari kerupuk maka jumlah dari kandungan air dalam kerupuk yang harus diuapkan dapat diketahui dengan Persamaan 2.6 (Fadhil, 2015).

$$W_{air} = \frac{w_1(m_{c1} - m_{c2})}{100\% - m_{c2}} \quad (2.6)$$

Dimana :

w_{air} adalah massa air yang harus diuapkan

w_1 adalah massa kerupuk sebelum dikeringkan

m_{c1} adalah kadar air kerupuk sebelum dikeringkan

m_{c2} adalah kadar air kerupuk kering

2.5 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan perpindahan energi panas yang terjadi antar benda sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Perpindahan panas dapat dibedakan menurut media perpindahannya menjadi tiga jenis yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Sebagai gambaran mengenai tiga cara perpindahan panas dalam sebuah kolektor surya, panas matahari diserap oleh pelat kolektor secara radiasi. Panas mengalir secara konduksi di sepanjang pelat kolektor. Kemudian panas dipindahkan ke fluida di sekitar pelat dalam hal ini berupa udara secara konveksi, apabila sirkulasi dibantu dengan *blower* maka disebut dengan konveksi paksa.

2.5.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi merupakan perpindahan panas yang terjadi tanpa diikuti media perantaranya seperti terlihat pada Gambar 2.5. Perpindahan panas konduksi umumnya terjadi pada benda padat seperti logam, kaca dan lain

sebagainya, namun tidak menutup kemungkinan dapat terjadi pada fluida dengan syarat zat perantara tidak ikut berpindah atau bergerak. Panas mengalir secara konduksi dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur lebih rendah. Besarnya laju perpindahan panas secara konduksi dapat dinyatakan dengan hukum Fourrir seperti pada Persamaan 2.7 (J.P. Holman.2010) :

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.7)$$

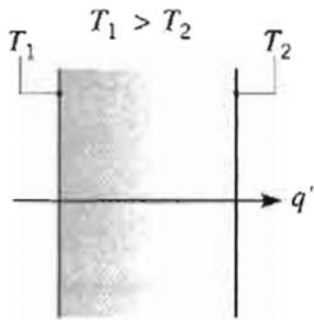
Dimana :

q = laju perpindahan panas konduksi (Watt)

k = konduktivitas termal (W/m.K)

A = luas penampang tegak lurus aliran panas (m^2)

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = gradient temperatur dalam arah aliran panas (-K/m)



Gambar 2.5 Perpindahan panas konduksi

Konduktivitas termal dari setiap material pasti akan memiliki nilai yang berbeda. Pada umumnya nilai konduktivitas termal material logam lebih besar

dibandingkan dengan material nonlogam. Semakin besar konduktivitas termal suatu material maka semakin mudah material tersebut meneruskan panas. Oleh sebab itu benda logam sering digunakan sebagai bahan konduktor dan bahan nonlogam sebagai isolator. Bahan konduktor merupakan bahan yang mudah menghantarkan panas, sedangkan bahan isolator merupakan bahan yang menghambat panas.

2.5.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi merupakan perpindahan panas yang terjadi pada permukaan benda padat dengan fluida yang bergerak disekitarnya seperti terlihat pada Gambar 2.6. Dalam sebuah kolektor surya udara yang mengalir diatas suatu permukaan logam panas merupakan salah satu contoh terjadinya konveksi. Apabila aliran udara disebabkan oleh adanya pengaruh dari luar maka disebut dengan konveksi paksa, dan apabila aliran udara disebabkan oleh perbedaan masajenis antara udara panas dan udara dingin disebut konveksi alami.

Secara umum laju perpindahan panas secara konveksi dapat diketahui dengan hukum pendinginan Newton yang ditunjukkan pada Persamaan 2.8 (Incropera.2007) :

$$q = hA(T_s - T_\infty) \quad (2.8)$$

Dimana :

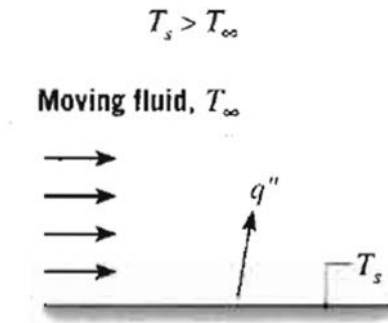
q = laju perpindahan panas konveksi (W)

h = koefisien konveksi (w/m^2K)

A = luas permukaan (m^2)

T_s = temperatur permukaan (K)

T = temperatur fluida sekitar (K)



Gambar 2.6 Perpindahan panas konveksi

2.5.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan radiasi merupakan perpindahan panas yang terjadi tanpa melalui perantara seperti terlihat pada Gambar 2.7. Energi panas pada radiasi berupa gelombang elektromagnetik, gelombang elektromagnetik ini dapat merambat waupun tanpa perantara.

Laju perpindahan radiasi termal antara dua benda ideal (hitam sempurna) adalah sebagai berikut :

$$q = \sigma A(T_1^4 - T_2^4) \quad (2.9)$$

Dimana :

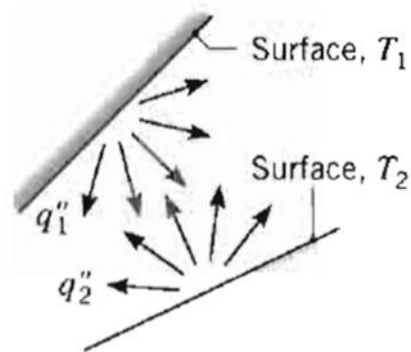
q = perpindahan panas radiasi (W)

σ = konstanta Stefan-Boltzman ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

A = luas permukaan (m^2)

T_1 = temperatur permukaan benda 1 (K)

T_2 = temperatur permukaan benda 2 (K)



Gambar 2.7 Perpindahan panas radiasi

Emisivitas merupakan perbandingan yang diradiasikan oleh suatu material dibandingkan dengan benda hitam pada temperatur yang sama, benda hitam memiliki emisivitas bernilai 1. Kenyataannya permukaan yang berwarna hitam bukan merupakan pemancar ataupun penyerap yang sempurna dari radiasi termal. Permukaan semacam itu (kelabu) ditandai oleh fraksi-fraksi dari jumlah ideal yang dipancarkan (, emisivitas) dan diserap (, absorpsivitas). Misalnya perpindahan panas yang terjadi dalam sebuah kolektor surya adalah perpindahan panas radiasi dari pelat penyerap ke pelat penutup kaca. Untuk pelat parallel semacam itu digunakan Persamaan 2.10 (Arismunandar,1995).

$$q = \frac{\sigma A(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \quad (2.10)$$

Dimana :

ε_1 = emisivitas pelat penyerap

ε_2 = emisivitas kaca

2.6 Analisa Energi Selama Pengeringan

Selama proses pengeringan terjadi terdapat perpindahan energi panas yang berasal dari mata hari kemudian diterima oleh kolektor dan diteruskan ke ruang pengering dimana terdapat produk yang akan dikeringkan hingga akhirnya keluar melalui ventilasi. Pada proses tersebut terdapat berbagai analisa energi yang terjadi selama proses pengeringan.

2.6.1 Energi Radiasai Matahari

Matahari memberikan sumber energi panas yang digunakan selama proses pengeringan. Jumlah energi radiasi matahari yang digunakan dalam proses pengeringan ini terbatas hanya pada energi matahari yang ditangkap oleh kolektor. Besar energi radiasi matahari yang ditangkap kolektor dapat dihitung dengan Persamaan 2.11.

$$Q_{radiasi} = I \times A_{kolektor} \quad (2.11)$$

Selain itu juga terdapat energi radiasi pada permukaan loyang paling atas yang dapat diketahui dengan Persamaan 2.12.

$$Q_{loyang} = I \times A_{loyang} \quad (2.12)$$

Dimana :

Q_{radiasi} = Energi matahari yang dipancarkan (W)

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

A_{kolektor} = Luas permukaan kolektor (m^2)

A_{loyang} = Luas permukaan loyang paling atas (m^2)

2.6.2 Energi pada Kolektor

Pada alat pengering energi radiasi matahari digunakan untuk menaikkan temperatur udara pada kolektor. Udara panas inilah yang digunakan sebagai media untuk mengeringkan kerupuk. Besar energi panas yang mengalir dalam alat pengering ini dapat dihitung dengan Persamaan 2.13.

$$Q_{\text{kolektor}} = m \times Cp \times \Delta T \quad (2.13)$$

Dimana :

Q_{kolektor} = Energi panas yang dihasilkan oleh kolektor (W)

m = Laju aliran massa udara (kg/s)

Cp = kalor jenis udara ($\text{J}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

T = selisih temperatur masuk dan temperatur keluar kolektor ($^\circ\text{C}$)

2.6.3 Energi pada Ruang Pengering

Pada saat proses pengeringan massa dari kerupuk semakin lama akan semakin turun. Hal ini dikarenakan terjadinya perubahan molekul air yang terdapat pada kerupuk menjadi uap sehingga kadar air dalam kerupuk menjadi berkurang. Selama proses berubahnya air menjadi uap dibutuhkan sejumlah energi yang berasal dari udara panas yang mengalir dari kolektor. Energi yang terjadi selama peneringan terdapat dua macam yaitu energi pemanasan dan energi penguapan. Energi pemanasan dapat ditentukan dengan persamaan 2.14 (Fitri, 2014).

$$Q_{pemanasan} = m_{kerupuk} \times Cp \times \Delta T \quad (2.14)$$

Sedangkan besar energi yang dibutuhkan untuk penguapan dapat dihitung dengan Persamaan 2.15.

$$Q_{penguapan} = m_{air} \times h_{fg} \quad (2.15)$$

Dimana :

$Q_{pemanasan}$ = Energi yang dibutuhkan untuk memanaskan kerupuk (W)

$Q_{penguapan}$ = Energi yang dibutuhkan untuk menguapkan kandungan air (W)

$m_{kerupuk}$ = Massa kerupuk yang dikeringkan (kg)

Cp = Kalor jenis kerupuk (2,263 kJ/kg.°C)

m_{air} = Massa air yang diuapkan (kg)

h_{fg} = Enthalpi air (J/kg)

2.6.4 Kecepatan Aliran Udara

Aliran udara yang terjadi dalam alat pengering model AIT ini merupakan aliran alami dimana kecepatannya sangat kecil, sehingga tidak mampu terbaca dengan anemometer. Sebagai pendekatan dalam menentukan kecepatan aliran udara dapat menggunakan Persamaan 2.16 (Huselstein, 2016) :

$$0,33 \cdot C_{ch} \left(\frac{v^2}{2d} \right) = 0,0308g(T_{ch} - T_{amb}) \quad (2.16)$$

Dimana :

$\bar{\rho}_{ch}$ = Massa jenis rata-rata udara di cerobong/ventilasi (kg/m³)

v = Kecepatan aliran udara (m/s)

g = Percepatan grafitasi (m/s²)

T_{ch} = Temperatur udara pada cerobong/ventilasi (°C)

T_{amb} = Temperatur udara sekitar alat pengering (°C)

Massa jenis rata-rata udara di cerobong/ventilasi dengan temperatur antara 25-90 °C dapat ditentukan dengan Persamaan 2.17.

$$\rho_{ch} = 1,11363 - 0,00308T \quad (2.17)$$

2.7 Efisiensi Alat Pengering

Efisiensi merupakan perbandingan antara energi yang berguna untuk sistem dengan sumber energi yang diberikan. Istilah efisiensi digunakan karena pada suatu sistem pasti terdapat rugi-rugi yang tidak diinginkan, semakin besar rugi-rugi tersebut maka semakin kecil efisiensi sistem.

2.7.1 Efisiensi Ruang Pengering

Efisiensi ruang pengering merupakan perbandingan antara energi yang berguna selama pengeringan dibandingkan dengan energi yang dihasilkan kolektor dan energi radiasi pada permukaan loyang paling atas. Efisiensi pengeringan dapat dihitung dengan Persamaan 2.18.

$$\eta_{\text{ruang pengering}} = \frac{Q_{\text{pemanasan}} + Q_{\text{penguapan}}}{Q_{\text{kolektor}} + Q_{\text{loyang}}} \times 100\% \quad (2.18)$$

2.7.2 Efisiensi Kolektor

Efisiensi pada kolektor diperoleh dari perbandingan antara energi panas yang dihasilkan oleh kolektor dibandingkan dengan energi radiasi matahari. Efisiensi kolektor dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.19.

$$\eta_{\text{kolektor}} = \frac{Q_{\text{kolektor}}}{Q_{\text{radiasi}}} \times 100\% \quad (2.19)$$

2.8 Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan banyaknya jumlah kandungan uap air yang terdapat pada udara. Udara merupakan campuran antara udara kering dan uap air. Kelembaban udara dapat dinyatakan dalam dua cara yaitu kelembaban absolut dan kelembaban spesifik. Kelembaban absolut merupakan cara yang digunakan untuk menyatakan massa uap air dalam campuran udara, biasanya dinyatakan dalam gram per meter kubik (g/m^3). Kelembaban relatif didefinisikan sebagai perbandingan fraksi molekul uap air di dalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama, atau perbandingan antara tekanan parsial uap air yang ada di dalam udara dengan tekanan jenuh uap air yang ada pada temperatur yang sama. Kelembaban relatif dapat dikatakan sebagai kemampuan udara untuk menerima kandungan uap air, jadi semakin besar RH semakin kecil kemampuan udara tersebut untuk menyerap uap air. Pengertian lain, Kelembaban udara relatif (atau RH, *Relative Humidity*), adalah rasio antara tekanan uap air aktual pada temperatur tertentu dengan tekanan uap air jenuh pada temperatur tersebut (Putra, 2004).

2.8.1 *Psychrometric Chart*

Psychrometric merupakan bidang yang mempelajari cara untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan termodinamika pada suatu gas yang didalamnya terdapat campuran gas dan uap. Salah satu contohnya adalah udara yang ada disekitar kita, udara tersebut merupakan campuran antara udara kering dan uap air. Sifat-sifat yang dapat diketahui dari *Psychrometric Chart* adalah *Dry Bulb*

Temperature, Wet Bulb Temperature, Dew Point, Relative Humidity, Humidity Ratio, Enthalpy, dan Volume Spesifik.

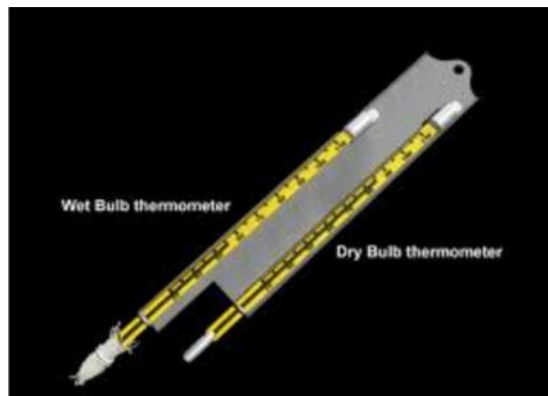
Dry Bulb Temperature (DBT) adalah suhu yang terbaca pada termometer *bulb* biasa dengan *bulb* pada keadaan kering. *Bulb* merupakan bagian bawah termometer dimana digunakan sebagai penampungan cairan termometer seperti terlihat pada Gambar 2.8. Cara kerja termometer ini yaitu memanfaatkan sifat pemuaian cairan termometer (misalkan: air raksa), air raksa akan memuai dan naik pada pipa kapiler dan dikonversikan ke satuan suhu celcius, kelvin atau fahrenheit.



Gambar 2.8 *Bulb* pada termometer

Wet Bulb Temperature (WBT) dalam bahasa Indonesia berarti temperatur bola basah. Sesuai dengan namanya temperatur diukur dengan menggunakan termometer yang *bulbnya* dalam keadaan basah, hal ini dapat dilakukan dengan menutup *bulb* dengan kain basah kemudian dialiri dengan udara yang akan diukur temperaturnya. Perpindahan panas terjadi dari udara ke kain basah pada *bulb* termometer dan akan menguapkan air pada kain basah tersebut, kemudian uap air tersebut akan memuaikan cairan raksa pada *bulb* termometer.

Untuk mengukur *Dry Bulb Temperature* dan *Wet Bulb Temperature* sekaligus biasanya digunakan alat bernama sling yang dapat dilihat pada Gambar 2.9. Sling yaitu dua termometer yang disatukan pada sebuah tempat. Satu termometer untuk mengukur *Dry Bulb Temperature* dan satu termometer untuk mengukur *Wet Bulb Temperature*.



Gambar 2.9 Sling

Dew Point merupakan suhu dimana kondisi udara telah mencapai titik jenuh, jika udara tersebut mengalami pelepasan kalor sedikit saja maka uap air akan mengembun.

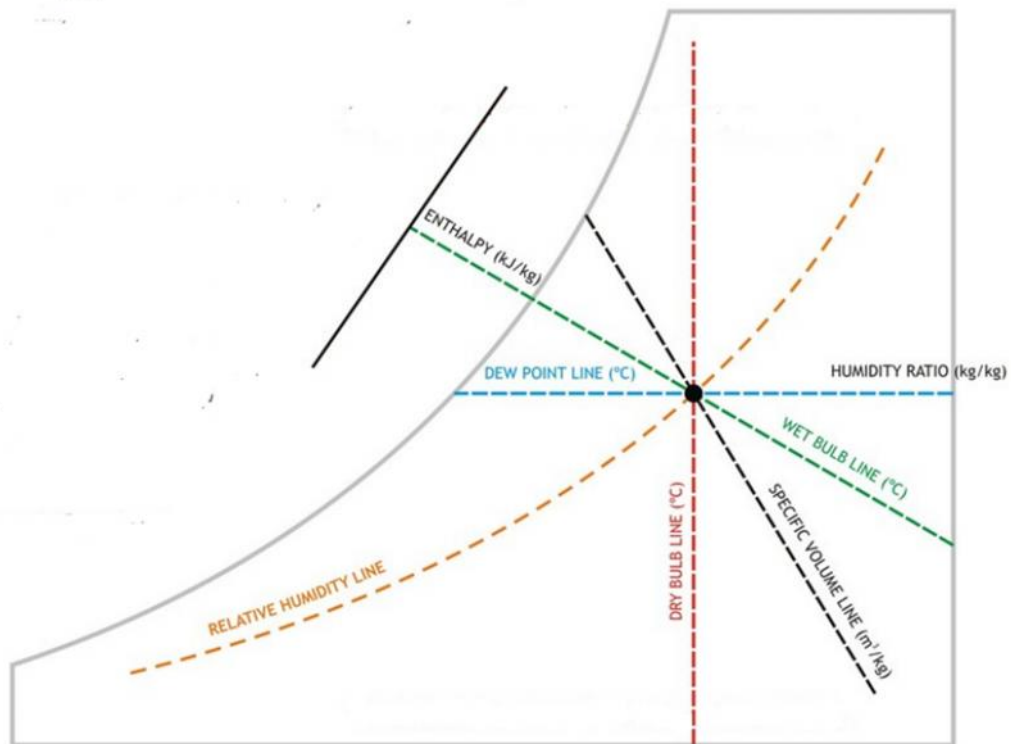
Humidity Ratio (w) merupakan ukuran massa uap air yang ada dalam satu satuan udara kering (gram/kg).

Relative Humidity (RH) merupakan perbandingan antara fraksi mol udara basah pada suhu dan tekanan yang sama dinyayakan dalam satuan perse (%).

Volume spesifik (v) merupakan besarnya volume udara dalam satuan massa (m^3/kg).

Enthalphy (h) merupakan banyaknya kalor dalam satu satuan massa udara. Enthalphy ini merupakan total energi dari uap air dan udara kering.

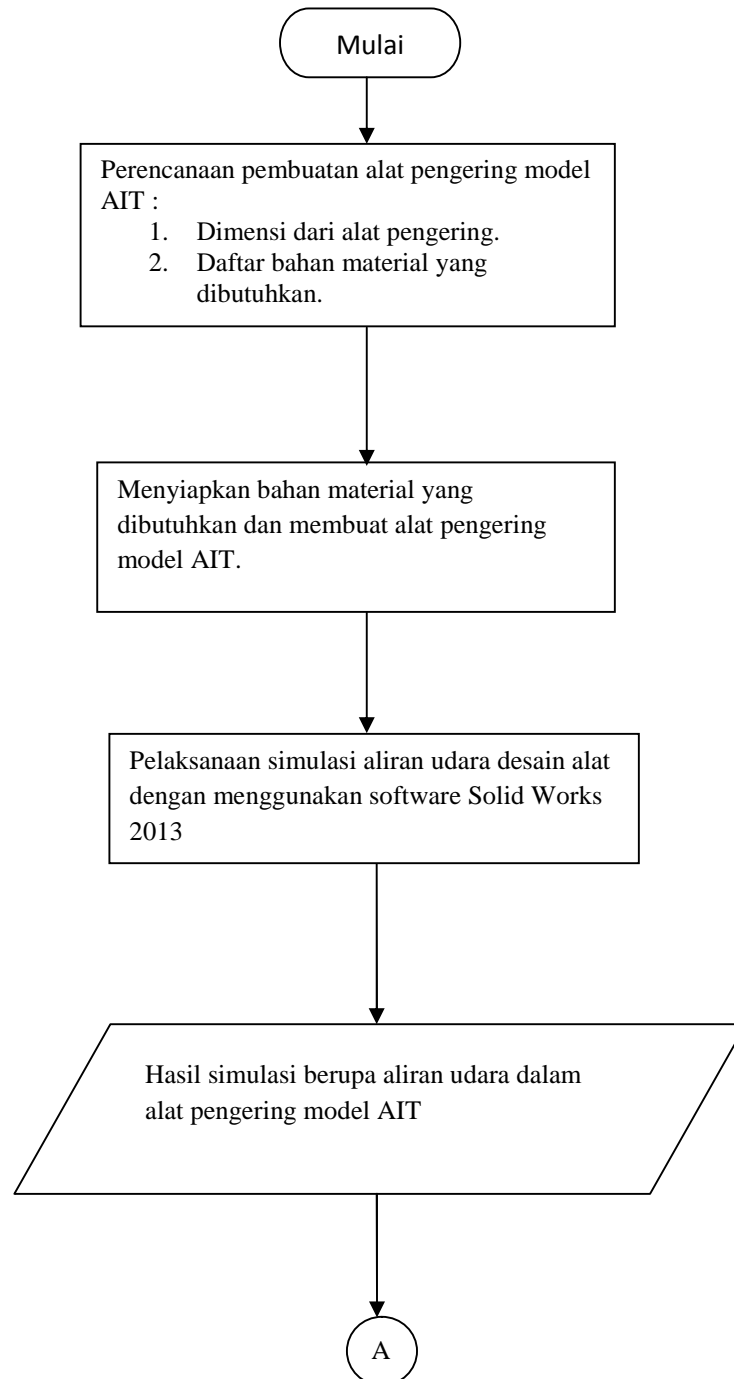
Untuk mengetahui sifat-sifat dari udara kita dapat menggunakan *Psychrometric Chart* seperti terlihat pada Gambar 2.10. Kita harus mengetahui sedikitnya dua sifat udara dengan demikian sifat-sifat udara lainnya dapat diketahui dari *Psychrometric Chart*. Sifat-sifat udara yang belum diketahui dapat dicari dengan menemukan titik perpotongan antara dua sifat yang diketahui, di titik tersebut sifat-sifat udara lainnya dapat diketahui.

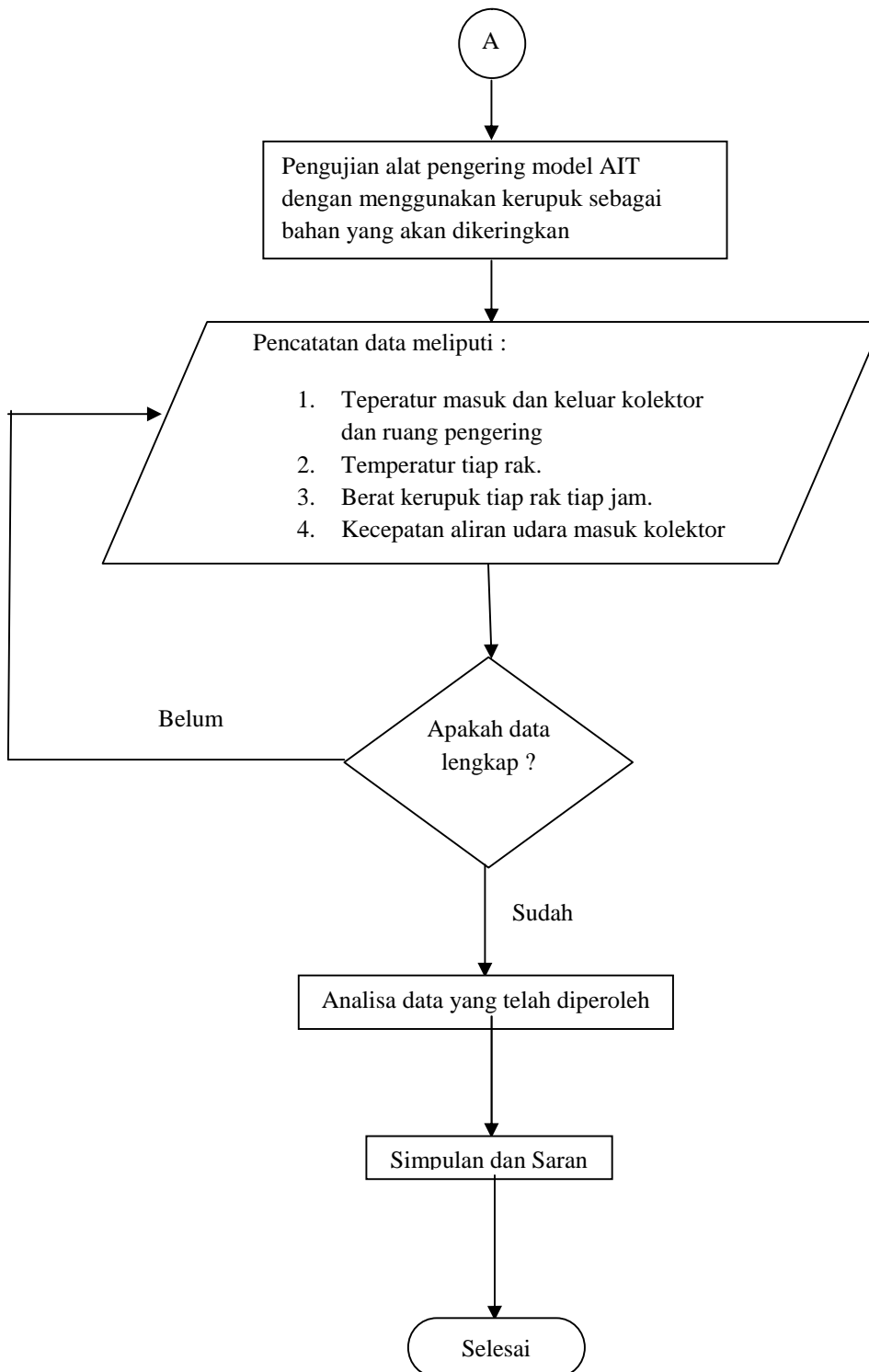


Gambar 2.10 Garis sifat udara pada *Psychrometric Chart*

3.2 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar alur dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini :



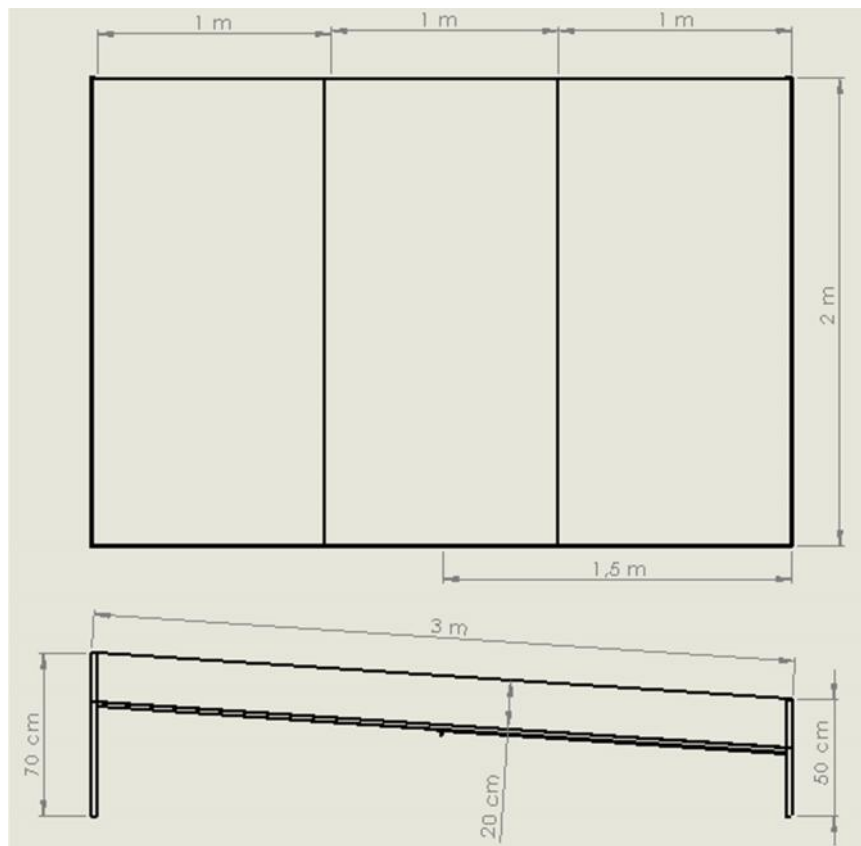


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

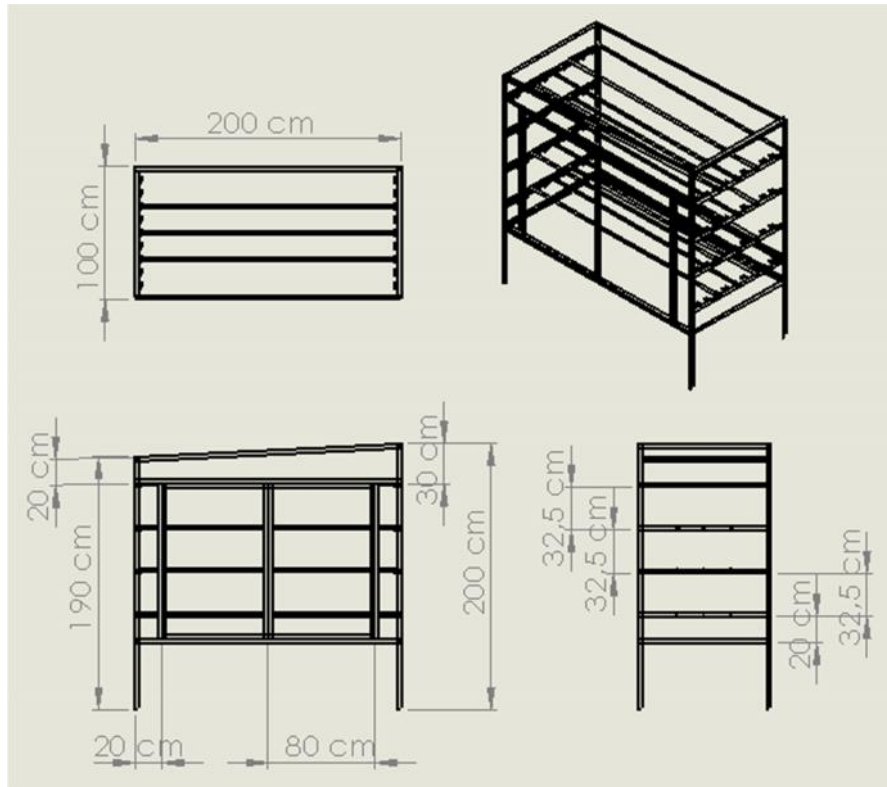
3.3 Desain Alat Pengering

Alat pengering ini mengadaptasi dari pengering model AIT yang dikembangkan oleh Asian Institute Technology Bangkok. Terdapat beberapa perbedaan antara desain asli dari pengering model AIT dan pengering yang telah dibuat. Perbedaan yang paling mendasar yaitu rangka dari alat pengering yang dibuat menggunakan besi siku, hal ini dimaksudkan agar rangka pengering lebih kokoh. Selain itu terdapat beberapa perbedaan bentuk dan dimensi dari beberapa bagian pengering.

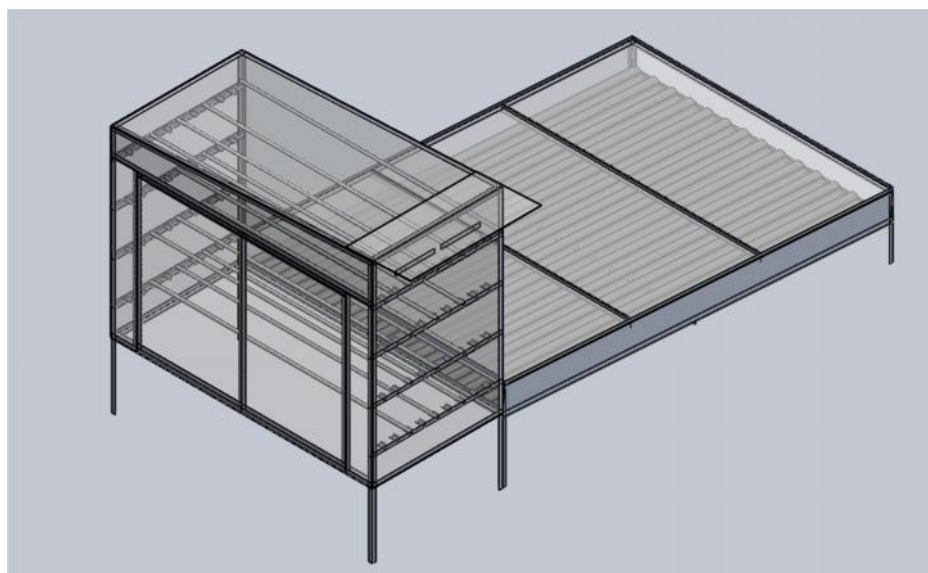
Gambar desain dari alat pengering model AIT yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.2 sampai dengan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Spesifikasi kolektor



Gambar 3.3 Spesifikasi ruang pengering



Gambar 3.4 Desain alat pengering model AIT

3.4 Spesifikasi Alat pengering

Alat pengering yang telah dibuat di Fakultas Teknik Universitas Lampung ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Panjang	: 4 m
Lebar	: 2 m
Tinggi	: 2 m
Luas kolektor	: 2x3 m
Ruang pengering	: 1x2x1,5 m
Sumber panas	: Kolektor surya
Jumlah rak	: 4
Jumlah loyang	: 6

3.5 Simulasi Alat Pengering

Berdasarkan desain yang sudah dibuat selanjutnya akan dilakukan simulasi alat pengering dengan menggunakan software Solid Works 2014. Dari simulasi ini akan diperoleh pola aliran udara dalam alat pengering model AIT.

3.6 Alat Ukur

Alat serta bahan yang akan digunakan dalam pengujian unjuk kerja Alat Pengering Model AIT ini adalah sebagai berikut :

1. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat dari kerupuk sebelum dan sesudah dikeringkan, sehingga akan didapat berat air yang mampu diuapkan oleh Alat Pengering Model AIT ini.



Gambar 3.5 Timbangan

2. Termokopel

Termokopel pada dasarnya sama seperti thermometer pada umumnya, pada termokopel terdapat kawat dimana akan memudahkan dalam pengambilan data temperatur pada tempat yang sempit sekalipun.



Gambar 3.6 Termokopel

3. Pyranometer

Pyranometer digunakan untuk mengukur jumlah radiasi matahari yang terjadi selama proses pengeringan. Pyranometer harus ditempatkan di dekat alat pengering agar jumlah radiasi yang diterima alat pengering dan pyranometer sama.



Gambar 3.8 Pyranometer

3.7 Prosedur Pengujian

Proses pengujian Alat Pengering Model AIT ini dilakukan di Desa Gunung Timbul, Kecamatan Tumijajar, Tulang Bawang Barat. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan panas dari radiasi matahari secara langsung dengan menggunakan kerupuk sebagai media yang akan dikeringkan. Pengujian dilakukan selama 7 jam dalam satu hari dimulai pada pukul 09.00 sampai dengan 16.00 WIB dengan data yang akan diambil setiap satu jam sekali dan akan diulangi sebanyak 5 kali pengujian sehingga diperoleh data yang lebih akurat.

Adapun langkah - langkah dalam melakukan pengujian Alat Pengering Model AIT adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian kadar air pada kerupuk sehingga dapat ditentukan berat akhir dari kerupuk setelah dikeringkan.
2. Menyiapkan peralatan pengujian dan memastikan semuanya berfungsi dengan baik.
3. Menempatkan pyranometer di dekat kolektor agar besar radiasi yang diterima pyranometer sama dengan radiasi yang diterima kolektor.
4. Meletakkan termokopel pada lubang udara masuk kolektor, lubang udara keluar kolektor, lubang udara keluar ruang pengering dan pada setiap rak di ruang pengering.
5. Mencatat data temperatur seatiap lima belas menit sekali.
6. Menimbang berat kerupuk pada masing masing rak dan mencatat hasilnya lima belas menit sekali
7. Mengulangi pengujian sebanyak 5 kali proses pengeringan produk.

8. Melakukan analisa terhadap data-data yang telah diperoleh.

3.8 Data Pengujian

Setelah dilakukan pengujian dan didapatkan hasil seperti tabel diatas, maka selanjutnya data akan diolah dan disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut :

1. Grafik radiasi matahari terhadap waktu
2. Grafik temperatur terhadap waktu
3. Kadar air tiap rak terhadap waktu

3.9 Perhitungan

Dari data yang telah diperoleh saat pengujian kemudian akan dilakukan perhitungan sebagai berikut :

3.9.1 Efisiensi ruang pengering

Efisiensi dari ruang pengering dapat dihiung dengan menggunakan persamaan 2.18

$$\eta_{\text{ruang pengering}} = \frac{Q_{\text{pemanasan}} + Q_{\text{penguapan}}}{Q_{\text{kolektor}} + Q_{\text{loyang}}} \times 100\% \quad (2.18)$$

Dimana :

$$Q_{\text{pemanasan}} = m_{\text{kerupuk}} \times Cp \times \Delta T \quad (2.14)$$

$$Q_{penguapan} = m_{air} \times h_{fg} \quad (2.15)$$

$$Q_{kolektor} = m \times Cp \times \Delta T \quad (2.13)$$

$$Q_{loyang} = I \times A_{loyang} \quad (2.12)$$

3.9.2 Efisiensi kolektor

Efisiensi dari kolektor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$\eta_{kolektor} = \frac{Q_{kolektor}}{Q_{radiasi}} \times 100\% \quad (2.15)$$

Dimana :

$$Q_{kolektor} = m \times Cp \times \Delta T \quad (2.12)$$

$$Q_{radiasi} = I \times A_{kolektor} \quad (2.11)$$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Setelah melakukan pengujian maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Efisiensi harian kolektor pada alat pengering model AIT ini adalah sebesar 21,5 % - 53,27 %.
2. Efisiensi ruang pengering pada alat pengering model AIT ini adalah sebesar 3,89 % - 23,15 %.
3. Laju pengeringan pada alat pengering model AIT sebesar 0.46 – 0.07 kg/jam.
4. Nilai efisiensi sangat tergantung pada intensitas radiasi yang diterima oleh alat pengering.
5. Pengeringan pada rak paling atas lebih cepat dibandingkan pada rak yang ada dibawahnya.
6. Menukar loyang dalam ruang pengering setiap 15 menit akan mempercepat proses pengeringan dan waktu pengeringan lebih seragam.

5.2 Saran

Setelah melakukan pengujian dengan menggunakan kerupuk sebagai media yang dikeringkan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ruang pengering sebaiknya dimanfaatkan secara maksimal, hal ini dapat meningkatkan efisiensi pengeringan.
2. Perawatan berkala dibutuhkan untuk menjaga efisiensi dari Alat pengering model AIT. Perawatan meliputi membersihkan kaca pada semua bagian alat pengering dan mengecat ulang seng pada kolektor.
3. Untuk menambah efisiensi dari alat pengering dapat ditambahkan fan hisap atau *blower* untuk memperlancar sirkulasi udara selama pengeringan.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, Winarto. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Pradnya Paramita. Jakarta.

Akarslan ,Feyza.2012. *Solar-Energy Drying Systems*. InTech : Rijeka, Croatia.

Cengel, Yunus, Boles, Michael A. 1992. *Thermodynamic: An Engineering Approach Second Edition*. Mc Graw Hill, Inc. New York City.

Fadhil,Rizal.2015. *Unjuk Kerja Ruang Pengering Hibrida Untuk Pengeringan Ikan Teri*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Fitri, Mariza.2014. *Pembuatan Alat Pengering Kerupuk Tipe Vertikal Menggunakan Seng Sebagai Kolektor Surya*. Politeknik Negeri Bandung. Bandung.

Holman, J.P. 2010. *Heat Transfer Tenth Edition*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.

Huselstein, Samantha.2016. *Development of a System Model for an Indirect*

Passive Solar Dryer with Experimental Validation. Rochester Institute of Technology.

Incropera, Frank P dan De Witt, Davit P. 2007. *Fundamental Of Heat And Mass Transfer Sixth Edition.* Jhon Wiley & Sons, Inc. New York.

Wahyudi, Tri.2014. *Rancang Bangun Alat Pengering Ikan Untuk Kelompok Nelayan Dusun Nirwana.* Universitas Tanjungpura. Pontianak.

Yani, Endri.2009. *Penghitungan Efisiensi Kolektor Ssurya pada Pengering Surya Tipe Aaktif Tidak Langsung Pada Laboratorium Surya ITB_*Universitas Andalas. Padang.

Dede Putra, <https://www.academia.edu/8033212/Higrometer-dan-kelembaban-relatif>

<http://warintek.ristekdikti.go.id/pangan/pangan.htm>