

**PENGERINGAN PASIF BUAH BELIMBING**

**Andi Aenul Yakin  
G41116311**



**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

# **PENGERINGAN PASIF BUAH BELIMBING**

**Andi Aenul Yakin  
G41116311**



Skripsi  
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknologi Pertanian  
Pada  
Departemen Teknologi Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGERINGAN PASIF BUAH BELIMBING**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ANDI AENUL YAKIN**

**G411 16 311**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 01 Maret 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

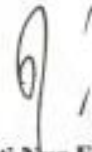
Menyetujui,

**Pembimbing Utama,**



**Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong, M.Sc.**  
NIP. 19600101 198503 1 014

**Pembimbing Pendamping,**



**Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, M.P.**  
NIP. 19681007 199303 2 002

**Ketua Program Studi,**



**Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si., IPM**  
NIP. 19781225 200212 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Andi Aenul Yakin

NIM : G411 16 311

Program Studi : Keteknikan Pertanian

Jenjang : S1

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **Pengeringan Pasif Buah Belimbing** adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi saya terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain yang saya gunakan dengan melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 14 Maret 2022



10000  
METERAL TEMPEL  
048EAJX750325017  
Andi Aenul Yakin

## ABSTRAK

ANDI AENUL YAKIN (G411 16 311). Pengeringan Pasif Buah Belimbing. Pembimbing: JUNAEDI MUHIDONG dan SITTI NUR FARIDAH.

Belimbing ialah salah satu varietas tanaman yang tumbuh pada wilayah tropis khususnya di wilayah Indonesia. Salah satu upaya untuk mencegah terjadinya pembusukan buah belimbing yang tidak banyak dimanfaatkan yaitu dengan proses pengeringan yang merupakan penanganan pasca panen. Pengurangan kadar air pada bahan disebut sebagai proses pengeringan. Prinsip dari pengeringan yaitu adanya perbedaan kandungan antara uap air bahan dan udara yang menyebabkan terjadinya penguapan air. Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan model pengeringan Page, Newton dan Henderson Pabis. Page yang sesuai terhadap pola penurunan kadar air buah belimbing. Hasil yang diperoleh dari tiga model yang diuji (Newton, Henderson Pabis, dan Page), model Page memiliki nilai  $R^2$  yang sangat tinggi dan pola penurunan *moisture ratio* belimbing manis maupun wuluh selama proses pengeringan relatif sama, sehingga pola Page adalah pola yang sangat cocok digunakan menggambarkan model penyusutan kadar air buah belimbing. Rata-rata nilai konstanta  $a$  dan  $k$  belimbing manis masing-masing sebesar 0,243941 dan 1,152682 sedangkan belimbing wuluh sebesar 0,224278 dan 1,228131.

**Kata Kunci:** Belimbing, Pengeringan, Model

## ABSTRACT

ANDI AENUL YAKIN (G411 16 311). *Passive Drying of Stars*. Supervised by: JUNAEDI MUHIDONG and SITTI NUR FARIDAH.

*Starfruit is one of the plant varieties that grow in tropical areas, especially in the territory of Indonesia. One of the efforts to prevent star fruit rot that is not widely used is the drying process which is post-harvest handling. Reducing the moisture content of the material is referred to as the drying process. The principle of drying is that there is a difference in the content of water vapor in the material and air which causes evaporation of water. This study aims to determine the drying model of Page, Newton and Henderson Pabis. Page which is suitable for the pattern of decreasing the water content of star fruit. The results obtained from the three tested models (Newton, Henderson Pabis, and Page), the Page model has a very high  $R^2$  value and the pattern of decreasing the moisture ratio of sweet starfruit and wuluh during the drying process is relatively the same, so that the Page pattern is a very suitable pattern for visualizing shrinkage models. star fruit water content. The average value of constants  $a$  and  $k$  of sweet star fruit are 0,243941 and 1,152682, respectively, while wuluh starfruit is 0,224278 and 1,228131.*

**Key Words:** *Starfruit, Drying, Modeling*

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT., karena atas rahmat dan nikmat-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **Pengeringan Pasif Buah Belimbing**. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari doa dan dukungan serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua tercinta, Ayahanda **Andi Abd. Azis** dan Ibunda **Hadijah** yang selalu tulus memberikan kasih sayang yang begitu besar dan senantiasa mendoakan penulis serta memberikan dukungan baik berupa moril maupun materil, hingga penulis mampu mencapai tahap ini.
2. **Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong, M.Sc** dan **Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, M.P.**, sebagai dosen pembimbing atas kesabaran dalam memberikan petunjuk dan arahan dari penyusunan proposal, penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai.
3. **Prof. Dr. Ir. Salengke, M. Sc.** dan **Diyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D.**, sebagai dosen penguji yang banyak membantu, serta memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. Saudara-Saudari dari **“REAKTOR 16”** yang telah banyak memberikan pengalaman hidup serta memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi.
5. Teman seperjuangan, **Sutra, Nayah, Eka, Jihan, Ratna** dan **Herlin** yang selalu memberikan bantuan berupa tenaga dan ide mulai dari penyusunan skripsi hingga penyelesaian skripsi.
6. **Nurfadilah Alawiah** yang selalu memberikan bantuan dan motivasi baik berupa tenaga, ide serta doa dan tempat berbagi kisah selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.

Semoga Allah SWT, senantiasa membalas kebaikan mereka dengan lebih baik dan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat untuk semuanya. Aamiin.

Makassar, 14 Maret 2022

Andi Aenul Yakin

## RIWAYAT HIDUP



**Andi Aenul Yakin**, lahir di Bantaeng pada tanggal 01 Mei 1997 yang merupakan anak ketiga dari lima bersaudara dari pasangan bapak Andi abd. Azis dan ibu Hadijah. Penulis menempuh pendidikan formal pertama pada tingkat sekolah dasar yaitu di SDN 47 Batulabbu pada tahun 2004-2010. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di MTSN Bantaeng pada tahun 2010-2013. Kemudian, melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di MAN Bantaeng pada tahun 2013-2016. Setelah menyelesaikan pendidikan formal tingkat sekolah, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin, Makassar pada tahun 2016 sebagai salah satu mahasiswa di Prodi Keteknikan Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian. Penulis aktif dalam bidang akademik dengan mengikuti berbagai seminar, menjadi asisten laboratorium dalam arahan *Agriculture Engineering Study Club* (AESC). Penulis juga aktif dalam organisasi mahasiswa internal kampus. Selain itu pernah menjadi ketua pada pelaksanaan program kreativitas mahasiswa yang lolos pendanaan. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Desember 2019, di Kelurahan Sapayya, Kecamatan Bungayya, Kabupaten Gowa.



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	v
PERSANTUNAN .....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
1. PENDAHULUAN	
1.1. LatarBelakang.....	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tanaman Belimbing .....	3
2.2. Kematangan Buah Belimbing.....	4
2.3. Pengeringan .....	4
2.4. Jenis-Jenis Pengeringan.....	6
2.5. Model Pengeringan Lapisan Tipis .....	8
2.6. Kadar Air .....	10
3. METODE PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat.....	11
3.2. Alat dan Bahan .....	11
3.3. Parameter Observasi .....	11
3.4. Prosedur Penelitian .....	12
3.3. Bagan Alir Penelitian.....	14
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pengaruh Suhu dalam penurunan kadar air .....	15
4.2. Pola Penurunan Kadar Air .....	16
4.3. Pola Penurunan <i>Moisture ratio</i> (MR).....	17

4.4. Pengujian Model Pengeringan.....	18
4.5. Validasi Model Pengeringan .....	20
5. PENUTUP	
Kesimpulan .....	23
DAFTAR PUSTAKA .....	24
LAMPIRAN.....	25

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Model Matematika Pengeringan Lapisan Tipis .....	8
Tabel 4-1. Hasil Analisa Model Persamaan Pengeringan Belimbing .....	20
Tabel 4-2. Hasil Analisis Perbandingan MR Prediksi dengan MR Observasi Belimbing Wuluh .....	21
Tabel 4-3. Hasil Analisis Perbandingan MR Prediksi dengan MR Observasi Belimbing Wuluh .....	22

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Belimbing manis ( <i>Averrhoa corambola L.</i> ).....	3
Gambar 2-2. Belimbing wuluh ( <i>Averrhoa bilimbi L.</i> ) .....	4
Gambar 2-3. Indeks kematangan buah belimbing.....	4
Gambar 2-4. <i>Structure of a passive cabinet food solar dryer</i> .....	6
Gambar 2-5. <i>Typical solar energy dryer designs</i> .....	8
Gambar 3-1. Desain alat pengering <i>passive tipe direct</i> .....	11
Gambar 3-2. Bagan Alir Penelitian .....	14
Gambar 4-1. Pengaruh suhu terhadap penurunan kadar air pada belimbing wuluh dan belimbing manis ulangan pertama .....	15
Gambar 4-2. Pengaruh suhu terhadap penurunan kadar air pada belimbing wuluh dan belimbing manis ulangan kedua.....	15
Gambar 4-3. Pola Penurunan Kadar Air Basis Basah (KA-bb) pada belimbing wuluh dan belimbing manis ulangan pertama .....	16
Gambar 4-4. Pola Penurunan Kadar Air Basis Basah (KA-bb) pada belimbing wuluh dan belimbing manis ulangan kedua.....	16
Gambar 4-5. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering (KA-bk) pada belimbing wuluh dan belimbing manis ulangan pertama .....	17
Gambar 4-6. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering (KA-bk) pada belimbing wuluh dan belimbing manis ulangan kedua.....	18
Gambar 4-7. Pola penurunan <i>Moisture Ratio</i> (MR) belimbing manis dan belimbing wuluh ulangan pertama.....	19
Gambar 4-8. Pola penurunan <i>Moisture Ratio</i> (MR) belimbing manis dan belimbing wuluh ulangan kedua .....	19
Gambar 4-9. Grafik Perbandingan Nilai MR Prediksi dengan MR Observasi Belimbing Manis.....	21
Gambar 4-10. Grafik Perbandingan Nilai MR Prediksi dengan MR Observasi Belimbing Wuluh.....	22

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Hasil Pengukuran.....	25
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	29

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Tanaman belimbing ialah tanaman yang tumbuh pada daerah atau tempat beriklim tropis. Tanaman belimbing terbagi beberapa jenis diantaranya belimbing dan belimbing wuluh atau belimbing sayur (*Averrhoa bilimbi L.*) manis (*Averrhoa corambola L.*). Tanaman belimbing termasuk pada jenis tanaman yang dapat berbuah dan berbunga di sepanjang tahun sehingga dapat menghasilkan buah yang melimpah. Dengan menghasilkan buah yang banyak mengakibatkan pembusukan sebelum dimanfaatkan pada buah sehingga terbuang sia-sia. Kedua jenis belimbing ini dapat dimanfaatkan untuk penambahan cita rasa diberbagai produk olahan pangan, selain itu belimbing dapat diolah menjadi rujak, salad maupun jeli.

Salah satu upaya untuk mencegah terjadinya pembusukan buah belimbing yang tidak banyak dimanfaatkan yaitu dengan proses pengeringan yang merupakan penanganan pasca panen. Proses pengeringan ialah upaya yang dilakukan untuk pengurangan kadar air yang ada pada suatu bahan. Prinsip dari pengeringan yaitu terdapat perbedaan kandungan antara udara dan uap air yang ada pada suatu bahan yang menyebabkan terjadinya penguapan air. Untuk bahan dengan kadungan uap air yang lebih besar, pada saat pengeringan berlangsung, karena adanya perbedaan uap air bahan dan udara sehingga kandungan uap air bahan mengalami proses penguapan ke udara yang memiliki kandungan air yang lebih kecil menyebabkan kandungan air pada bahan berkurang (Agus, 2012).

Tipe pengeringan terdiri dari dua metode yaitu metode alami dengan penjemuran langsung dibawah sinar matahari (*sun drying*) dan pengeringan dengan metode buatan (*artificial drying*). Proses pengeringan dengan energi matahari salah satu cara pengeringan yang murah tanpa biaya energi yang dapat memberikan kualitas yang baik pada produk pertanian serta tidak memberikan dampak pada lingkungan. Pengeringan dengan sinar matahari terbagi menjadi dua yaitu pengeringan aktif dan pengeringan pasif. Pengeringan pasif merupakan proses pengeringan dengan aliran udara alami yang disebabkan oleh tekanan angin. Salah satu proses pengeringan ini menggunakan metode *Integral (direct)* merupakan proses pengeringan dengan menggunakan aliran udara dimana sinar

matahari masuk secara langsung dari atas ruang pengering maupun dari bawah ruang pengering (biasanya pengeringan model ini menggunakan media kaca).

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian pengeringan pasif buah belimbing untuk memperoleh model pengeringan yang cocok dengan karakteristik buah belimbing serta dapat mempelajari pola penurunan kadar air dari buah belimbing

## **1.2. Tujuan dan Kegunaan**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kesesuaian model pengeringan Newton, Henderson dan Pabis dan Page terhadap pola penurunan kadar air belimbing.

Kegunaan dari penelitian ini ialah sebagai acuan informasi bagi para petani dalam pengeringan belimbing.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tanaman Belimbing

Tanaman belimbing ialah salah satu tanaman hortikultura. Tanaman jenis ini dapat dijumpai pada kawasan Asia Tenggara khususnya di wilayah Indonesia yang memiliki iklim tropis. Tanaman jenis ini dapat tumbuh di berbagai daerah mulai dari pesisir hingga daerah ketinggian 500 m dpl. Berdasarkan jenisnya tanaman belimbing terbagi menjadi beberapa jenis yaitu belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) dan belimbing manis (*Averrhoa corambola L.*) (Rahardianto 2015).

Belimbing manis (*Averrhoa corambola L.*) termasuk dalam keluarga *Oxalidaceae* atau biasa disebut sebagai *star fruit* karena memiliki bentuk yang menyerupai bintang dan memiliki rasa yang manis segar seperti madu. Jenis belimbing memiliki banyak manfaat untuk kesehatan karena memiliki kandungan gizi yang sangat tinggi seperti air 90 gr, vitamin A 170 SI dan vitamin C 35 mg sehingga dapat mengatasi hipertensi, kolestrol, melancarkan sistem pencernaan dan mencegah kanker (Soleh, 2018).



Gambar 2-1. Belimbing manis (*Averrhoa corambola L.*).

Menurut Rahardianto (2015), tanaman belimbing manis memiliki klasifikasi yaitu:

Divisi	: <i>Magniliophyta</i>
Sub divisi	: Magnoliopsida
Kelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Geraniales</i>
Famili	: <i>Oxalidaceae</i>
Genus	: <i>Averrhoa</i>
Spesies	: <i>Averrhoa carambola L.</i>

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) merupakan buah yang jarang dikonsumsi karena memiliki kandungan kadar air dan asam yang sangat tinggi



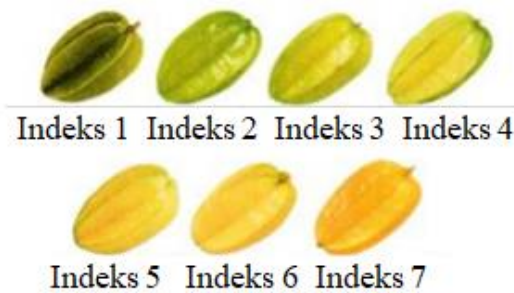
sehingga untuk daya simpan buah relatif singkat. Belimbing wuluh dapat ditanam dipekarangan rumah sehingga tidak memerlukan perawatan khusus. Apabila belimbing wuluh berbuah secara optimal maka akan menghasilkan buah yang banyak berkisar 2.000-4.000 buah/tahun. Belimbing wuluh dapat dipanen pada umur 34 hari setelah pemakaran bunga (Andrea *et.all*, 2019).



Gambar 2-2. Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*).

## 2.2. Kematangan Buah Belimbing

Pemanenan buah belimbing dapat dilakukan setelah buah berumur 65 sampai 90 hari setelah pembungaan yang dapat ditandai dengan perubahan warna pada buah tergantung varietasnya seperti warna hijau berubah menjadi warna kuning, mengukur tingkat kematangan buah dapat dilakukan dengan melihat tekstur buah dimana semakin tinggi nilai tekstur maka semakin meningkat kematangan buah. Pengukuran tekstur buah menggunakan alat pnetrometer (Rahardianto 2015).



Gambar 2-3. Indeks kematangan buah belimbing.

## 2.3. Pengeringan

Pengeringan ialah upaya yang dilakukan untuk dapat mengurangi presentasi kadar air yang terdapat pada suatu bahan pertanian dengan memanfaatkan energi panas yang dikeringkan oleh media pengering dan terjadi secara simultan. Hal ini dikarenakan banyaknya kandungan air yang terdapat pada bahan dapat mempermudah tumbuhnya mikroba yang dapat menghambat daya simpan. Untuk memperpanjang daya simpan suatu bahan maka perlu dilakukan proses pengeringan

bahan dimana kandungan air yang ada pada bahan dikurangi sampai pada batas tertentu sehingga dapat memperlambat terjadinya proses kerusakan pada bahan sebelum diolah akibat aktivitas kimia dan biologis. Prinsip dari pengeringan yaitu adanya perbedaan kandungan antara uap air bahan dan udara yang menyebabkan terjadinya penguapan air. Aliran udara merupakan salah satu faktor untuk mempercepat proses pengeringan yang terjadi (Ishak, 2013).

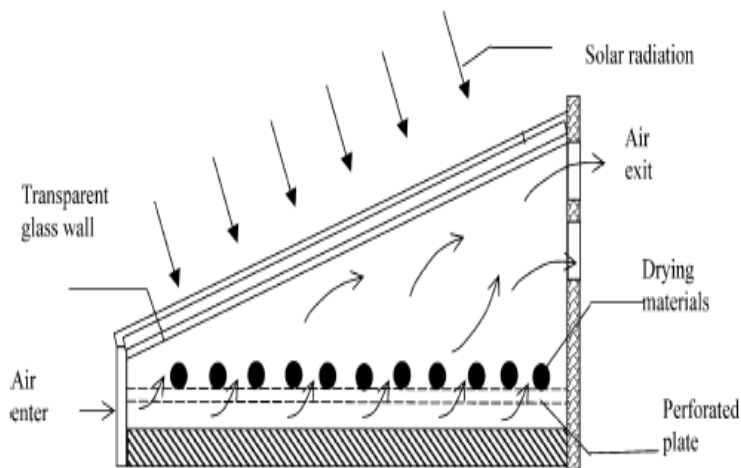
Proses pengeringan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kelembaban udara, laju aliran udara, tekanan udara, suhu dan lama pengeringan serta luas permukaan. Luas permukaan juga dapat mempengaruhi proses pengeringan hal ini dikarenakan pada bahan yang dikeringkan dapat terjadi pengecilan ukuran yang mengakibatkan air lebih mudah berdifusi. Proses pengeringan dapat berlangsung cepat apabila kecepatan aliran udara dan suhu tinggi. Suhu udara yang tinggi membawa energi panas yang besar sehingga proses penguapan dapat berlangsung cepat dan kadar air pada bahan berkurang, begitupun dengan kecepatan aliran udara yang tinggi dapat mempercepat proses pemindahan massa uap air bahan ke atmosfer. Kelembaban berpengaruh pada proses penguapan air, semakin tinggi kelembaban udara menyebabkan terjadinya penghambatan uap air dari dalam bahan karena adanya perbedaan tekanan uap air yang ada didalam maupun diluar bahan (Hani, 2012).

Pengeringan tenaga surya merupakan suatu cara pengeringan dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai peyeras panas sehingga penggunaan matahari yang lebih maksimal. Pengeringan surya dapat mengeringkan hasil pertanian tanpa menggunakan bahan bakar. Pengeringan surya terbagi menjadi dua kelompok yaitu pengeringan pasif dan aktif. Pengeringan pasif merupakan pengeringan yang terjadi di dalam ruang pengering dimana sumber udaranya terjadi secara alami dengan adanya perbedaan tekanan udara yang dipanaskan. Sedangkan pengeringan aktif merupakan pengeringan dengan aliran udara buatan yang memerlukan tambahan alat seperti kipas dan *blower* yang digunakan untuk mengalirkan udara pengering ke bahan yang dikeringkan (konveksi paksa). Pada pengeringan aktif dapat melakukan pengeringan dalam jumlah yang besar dan dapat digabungkan dengan sumber energi lain apabila tidak ada energi surya sedangkan pengeringan pasif dapat mengeringkan bahan dalam jumlah yang kecil (Sugiono dkk, 2014).

Beberapa peneliti melaporkan penelitian yang terkait pengeringan pasif seperti Alonge (2012), yang menyatakan dalam judul *An Indirect Passive Solar*

*Dryer for Drying* merupakan pengeringan di mana hasil pertanian ditempatkan dalam pengeringan tertutup sehingga terlindungi. Dalam pengeringan pasif sumber energi berasal dari sinar matahari yang merupakan sumber energi yang mudah didapatkan dan berlimpah tidak ada habisnya. Tujuan dari pengeringan yaitu untuk mempertahankan kualitas dari bahan sehingga tidak menyebabkan pembusukan. Untuk penyimpanan jangka panjang, tanaman pangan harus dikeringkan hingga 12 hingga 14% dari kadar air (basah) untuk sebagian besar tanaman, dengan kadar air awal 30-80%.

Menurut Chua (2003), menyatakan pengeringan pasif adalah salah satu pengeringan bahan langsung terkena sinar matahari. Pengeringan pasif baik digunakan dalam pengeringan hasil pertanian antara lain buah seperti pisang, nanas, mangga. selain itu pengeringan pasif juga baik digunakan untuk sayuran seperti wortel, kacang dan kentang. Jenis pengering memiliki ruang pengering yang dangkal, terisolasi dengan lubang didalamnya yang memungkinkan udara masuk dan keluar dari kotak yang ditutupi oleh penutup seperti kaca atau plastik yang transparan. Sampel makanan diletakkan pada baki sehingga udara dapat mengalir pada bahan.



Gambar 2-4. *Structure of a passive cabinet food solar dryer.*

## 2.4. Jenis-Jenis Pengeringan

Proses pengeringan dapat dibedakan beberapa jenis salah satunya pengeringan menggunakan energi surya yang menjadi 3 bagian diantaranya:

1. Pengeringan dengan menggunakan sinar matahari (*Natural Solar Energy Dryer*)

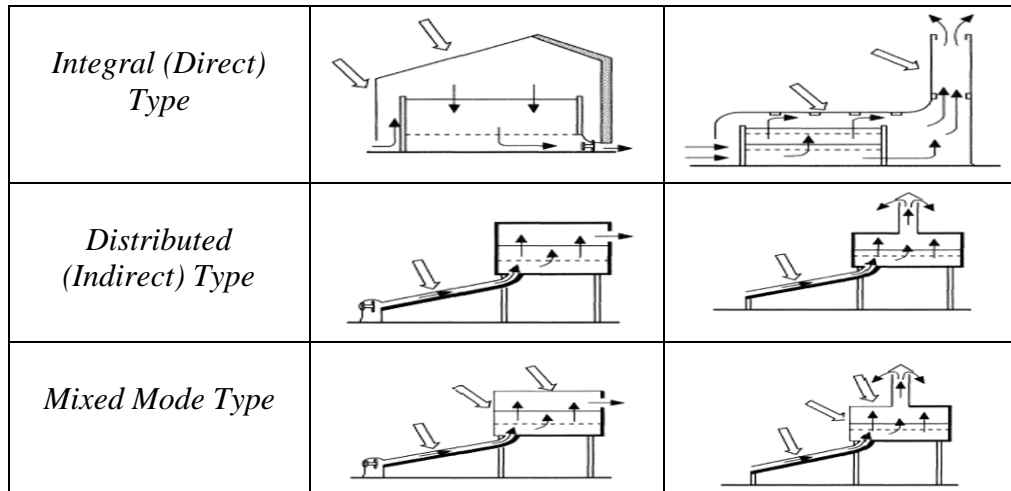
Pengeringan dengan menggunakan sinar matahari (*Natural Solar Energy Dryer*) merupakan proses pengeringan dengan menggunakan sinar matahari untuk penjemuran secara kontan, sehingga bahan pertanian yang dikeringkan terpapar langsung oleh sinar matahari. Pengeringan dengan memanfaatkan sinar matahari langsung dapat dilakukan diatas tanah atau lantai ataupun menggunakan rak.

## 2. Sistem pengeringan surya aktif (*Active Solar Energy Dryer*)

Sistem pengeringan surya aktif (*Active Solar Energy Dryer*) merupakan proses pengeringan yang menggunakan sinar matahari pada ruang pengering yang dirancang untuk menggabungkan pompa atau kipas yang digunakan untuk mentrasfer energi matahari dari area kolektor kebedengan pengeringan dalam bentuk udara panas. Pengeringan surya aktif bergantung pada energi matahari sebagai sumber panasnya, sedangkan untuk sirkulasi udara menggunakan kipas atau ventilator. Pengeringan ini dapat beroperasi dalam skala besar (Balasuadhakar et.all, 2016).

## 3. *Passive Solar Energy Dryer*

Pengeringan surya pasif merupakan proses pengeringan dengan aliran udara alami yang disebabkan oleh tekanan angin. Pengeringan pasif cocok digunakan untuk pengeringan produk pertanian dalam jumlah kecil. Pengeringan surya pasif dikelompokkan kedalam 3 jenis, yaitu *Hybrid (mixed)*, *Integral (Direct)* dan *Distributed (Indirect)*. *Integral (direct)* adalah proses pengeringan dengan menggunakan aliran udara sehingga sinar matahari masuk secara langsung baik dari atas ruang pengering maupun dari bawah (biasanya menggunakan media kaca). Saat sinar matahari jatuh ke permukaan kaca maka terjadi tiga hal yaitu sebagian cahaya diserap, sebagian cahaya dipantulkan kembali dari kaca, dan sebagian cahaya dipantulkan kembali ditularkan. Sedangkan *Distributed (Indirect)* merupakan mekanisme pengeringan, dimana dalam metode ini udara atmosfer dipanaskan dalam pelat datar (kolektor) kemudian udara panas dari kolektor dialirkan. Udara yang masuk pada ruang pengering dapat menjadi udara yang panas hal ini dikarenakan kolektor yang digunakan pada tahapan distribusi (Balasuadhakar et.all, 2016).



Gambar 2-5. Typical solar energy dryer designs.

## 2.5. Model Pengeringan Lapisan Tipis

Pengeringan lapisan tipis merupakan proses salah satu mekanisme pengeringan dengan cara bahan dihamparkan dalam ketebalan satu lapis sehingga pengeringan dapat berlangsung secara merata ke seluruh bahan (Hani, 2012).

Beberapa macam model pengeringan lapisan tipis yang digunakan dalam produk pertanian, diantaranya:

Tabel 2-1. Model Matematika Pengeringan Lapisan Tipis

No.	Nama Model	Model Matematika
1.	Newton	$MR = \exp(-kt)$
2.	Page	$MR = \exp(-kt^n)$
3.	Modified Page	$MR = \exp[-(kt)^n]$
4.	Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$
5.	Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + c$
6.	Two term	$MR = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$
7.	Two term eksponential	$MR = a \exp(-kt) = (i - a) \exp(kbt)$
8.	Wang and Singh	$MR = M_0 + at + bt^2$
9.	Approximation of diffusion	$MR = a \exp(-kt) + (i - a) \exp(-kbt)$
10.	Verma et al.	$MR = a \exp(-kt) + (i - a) \exp(-gt)$
11.	Modified Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-ct) + c \exp(-ht)$
12.	Hii et al.	$MR = a \exp(-kt^n) + c \exp(-gt^n)$
13.	Midilli et al.	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$

Sumber: Dash et.al, 2013.

Keterangan:

MR : *Moisture Ratio*

t : Interval waktu pengeringan

Konstanta a : Henderson dan Pabis, *Logarithmic, Two term, Two term, eksponensial, Approximation of diffusion, Verma et al., Modified Hederson and Pabis, Hii et al., Midilli et al.*

Konstanta n : Page, Hii et al., *Modified Page*

Konstanta c : Verma et al., Hii et al.

Konstanta h : *Modified Hederson and Pabis*

Berdasarkan model diatas terdapat beberapa model yang sering digunakan dalam penelitian pengeringan lapisan tipis produk pertanian, yaitu:

a. Model Newton

Model Newton atau biasa disebut dengan model Lewis. Model ini termasuk model yang sederhana. Pada proses pengeringan terjadi penurunan uap air karena adanya perbedaan antara kelembaban dan kadar air kesetimbangan maka penurunan uap air pada bahan dapat diketahui pada suhu konstan. Hal ini berdasarkan hukum Newton tentang pendinginan dimana laju hilangnya uap air dari produk pertanian yang dikelilingi oleh udara pada suhu konstan (kesetimbangan termal). Model ini menggambarkan pengeringan hasil pertanian pada gandum, jagung, kacang mete, umbi-umbian dan biji-bijian atau sereal.

$$MR = \exp(-kt) \quad (1)$$

keterangan:

MR.<sub>Newton</sub> = Rasio kelembaban (*moisture ratio*) dari Model Newton,

k = Konstanta pengeringan dan

t = Waktu pengeringan (jam).

b. Model Page

Model Page merupakan perubahan dari model Newton yang bertujuan untuk memperbaiki kekurangan dari model sebelumnya. Untuk model ini sesuai dengan pengeringan hasil pertanian seperti jagung pipil, talem sorgum, beras, dan kentang.

$$MR = \exp(-kt^n) \quad (2)$$

keterangan:

MR.<sub>Page</sub> = Kelembaban (*moisture ratio*) dari Model Page,

k = Konstanta pengeringan,

n = Nilai bervariasi tergantung pada materi yang digunakan dan  
 t = Waktu pengeringan (jam).

c. Model Henderson dan Pabis

Model ini merupakan model yang paling sederhana diantara model lain dalam pengeringan hasil-hasil pertanian yang memperhatikan karakteristik dari produk makanan dan bahan pertanian.

$$MR = a \exp (-kt) \tag{3}$$

keterangan:

MR.Henderson-Pabis = Rasio kelembaban (*moisture ratio*) dari model Henderson-Pabis,

$\alpha$  dan  $k$  = Konstanta pengeringan dan

t = Waktu pengeringan (jam).

## 2.6. Kadar air

Kadar air suatu bahan merupakan banyaknya kandungan air dalam persatuan bobot bahan yang dapat dinyatakan dalam dua metode yaitu persen berat basah atau persen berat kering. Kadar air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dalam proses pengeringan bahan dimana banyaknya air yang diuapkan dan lamanya proses pengeringan (Amiruddin, 2013).

Pengukuran kadar air dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu metode oven-vakum, destilasi atau dapat diukur langsung dengan alat *moisture meter* (Hani, 2012). Persamaan dalam penentuan kadar air adalah sebagai berikut:

$$K_{abk} = \frac{W_t - W_d}{W_d} \times 100\% \tag{4}$$

Keterangan:

$K_{abk}$  = Kadar air basis kering (%)

$W_t$  = Berat total (gram)

$W_d$  = Berat padatan (gram)

$$K_{abb} = \frac{W_t - W_d}{W_t} \times 100\% \tag{5}$$

Keterangan:

$K_{abb}$  = Kadar air basis basah (%)

$W_t$  = Berat total (gram)

$W_d$  = Berat padatan (gram)