



Unit DPT Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER

**PERKIRAAN UMUR SIMPAN FLAKE UBI KAYU  
(*Manihot esculenta* Crantz) DENGAN  
MODEL SORPSI ISOTERMIS**

**KARYA ILMIAH TERTULIS  
(SKRIPSI)**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk  
Menyelesaikan Pendidikan Program Strata Satu  
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Oleh :

*Nool Qurniasari*  
NIM : 001710101112

Hodah  
Pembelian

Terima

Tgl. 29 Juni 2004

*Self*

5  
Klasifikasi  
664.768  
QUR  
P

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

2004

**DOSEN PEMBIMBING :**

*Dr. Ir. Maryanto, M. Eng (DPU)*

*Triana Lindriati, ST (DPA I)*

*Ir. Sih Yuwanti, MP (DPA II)*



Diterima oleh :

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER**

Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

---

Dipertahankan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 21 Juni 2004

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

Dr. Ir. Maryanto, M.Eng

NIP. 131 276 660

Anggota I

Triana Lindriati, ST

NIP. 132 207 762

Anggota II

Ir. Sih Yuwanti, MP

NIP. 132 086 416

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian



Ir. Hj. Siti Hartanti, MS

NIP. 130 350 763

**HALAMAN MOTTO**

*Pelajarilah oleh kamu akan ilmu, sebab mempelajari ilmu itu memeberikan rasa takut kepada Allah, menuntutnya merupakan ibadah, mengulang-ulangnya merupakan tasbih, pembahasannya merupakan jihad, mengajarkannya kepada orang yang belum tahu merupakan sedekah dan menyerahkannya kepada ahlinya merupakan pendekatan diri kepada Allah.*

*(Riwayat Ibnu Abdil Barr)*

*Kepuasan terletak pada usaha, bukan pada hasil. Usaha dengan keras adalah kemenangan yang hakiki.*

*(M. Gandhi)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ilmiah ini kupersembahkan kepada :

- ☺ Kedua orang tuaku tercinta, Ayahanda **Sudarmadji** dan Ibunda **Wahyu Narti** terima kasih atas kasih sayang, bimbingan, nasehat, dukungan, serta do'a yang tulus dan ikhlas buat ananda.
- ☺ Saudara-saudara ananda, Mas **Zudy** & Mbak **Hernik**, Mbak **Renny** & Mas **Indra** dan adik tercinta **Lukman**, kalian adalah bagian dari hidup ananda.
- ☺ Keponakan ananda, **Hilmi** dan **Ilmi** tingkah kalian membuat tante tersenyum.
- ☺ Nenek **Siti Fatimah** do'a dan kasih sayangmu menguatkan langkah ananda.
- ☺ Almamater tercinta.



Special thanks to :

- ☺ *DSN* thanks 4 your love, your support, your days & thanks 4 everything  
I wish.... our dreams will cometrue
- ☺ Sobatku QQ (kuakui curhat sama kamu bikin hatiku lega), Ika (makasih ya udah nemenin olah raga pagi), lin (akhirnya Q-ta pulang juga ke LA), Dessy, Lanny & Santy (kebaikan kalian takkan perna aku lupakan)
- ☺ Temen seperjuanganku selama penelitian Yudo & Lukman (makasih ya udah bantuin ngepers), Linda, Sulis & Rani (kapan Q-ta bikin Flake lagi)
- ☺ Temen-2ku dikostan: Mala (makasih ya udah nemenin aku tidur tiap malem), Tina, Vita, Pipit, Ami & Estik (kapan ke warnet lagi) & semua penghuni Meti yang tlah memberikanku keceriaan.
- ☺ Temen-2ku KKN (Ical, Sohib, Yono, Lussy & Sita) kapan Q-ta jalan-jalan lagi.
- ☺ Temen-2 THP & TEP angkatan 2000.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T. yang telah memberikan rahmat dan ridho-Nya sehingga dapat terselesaikannya Karya Ilmiah Tertulis dengan judul "**PERKIRAAN UMUR SIMPAN FLAKE UBI KAYU (*Manihot esculenta Crantz*) DENGAN MODEL SORPSI ISOTERMIS**".

Karya Ilmiah Tertulis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Dalam proses penulisan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan dan fasilitas dari berbagai pihak. Pada kesempatan yang baik ini, dengan penuh rasa hormat dan rendah hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Hj. Siti Hartanti, MS., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
2. Ir. Susijahadi, MS., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
3. Dr. Ir. Maryanto, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU)
4. Triana Lindriati, ST., selaku Dosen Pembimbing Anggota I (DPA I) dan dosen wali yang telah membimbing penulis selama kuliah
5. Ir. Sih Yuwanti, MP., selaku Dosen Pembimbing Anggota II (DPA II)
6. Bapak-bapak dan ibu-ibu dosen yang telah memberikan tambahan ilmu tak tertulis harganya
7. Segenap teknisi labolatorium, Mas Mistar, Mbak Wim, Mbak Ketut, Mbak Sari, Mas Tasor, Mas Dian, Pak Min dan Mbak Widi yang telah banyak membantuku hingga terselesainya naskah skripsi ini
8. Segenap karyawan dan karyawanati Fakultas Teknologi Pertanian yang telah membantu memperlancar studiku
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu kelancaran penulisan Karya Tulis Ilmiah ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang



bersifat membangun demi kesempurnaan tulisan ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat kepada penulis khususnya dan masyarakat pada umumnya.

Penulis

Jember, Juni 2004





DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
DOSEN PEMBIMBING .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
RINGKASAN .....	xiv
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Ubi kayu ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) .....	4
2.2 Koro Pedang .....	5
2.3 Flake .....	5
2.4 Aktivitas Air .....	7
2.5 Sorpsi Isotermik .....	9
2.6 Kadar Air Bahan .....	11
2.7 Kadar Air Kesetimbangan .....	11
2.7.1 Persamaan Oswin .....	12
2.7.2 Persamaan Chung-Pfost .....	12
2.7.3 Persamaan Chen-Clayton .....	13
2.8 Bahan Pengemas .....	13

2.8.1 Plastik Polipropilen.....	13
2.8.2 Plastik Polietilen.....	14
2.9 Penentuan Umur Simpan.....	15

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Alat dan Bahan.....	17
3.1.1 Alat.....	17
3.1.2 Bahan.....	17
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.3 Tahapan Penelitian.....	17
3.3.1 Pembuatan Flake Ubi Kayu.....	17
3.3.2 Penentuan Aktivitas Air ( $a_w$ ) Bahan.....	20
3.3.3 Pembuatan kurva Sorpsi Isotermis.....	20
3.4 Metode Penelitian.....	21
3.4.1 Penentuan Persamaan Sorpsi Isotermis.....	21
3.4.2 Penentuan Umur Simpan.....	22

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Aktivitas Air ( $a_w$ ) Sampel.....	24
4.2 Kurva Sorpsi Isotermis.....	27
4.3 Penentuan Umur Simpan.....	30

**V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Kimia Ubi Kayu Per 100 Gram Bahan .....	4
2. Komposisi Koro Pedang ( <i>Canavalia ensiformis DC</i> ) g/ 100 g Bahan yang Dapat Dimakan .....	5
3. Komposisi Kimia <i>Flake</i> Jagung Per 100 Gram Bahan.....	6
4. Aktivitas Air dari Berbagai Larutan Garam Jenuh pada Suhu 20°, 25° dan 30° C .....	8
5. Daya Tembus Plastik Polietilen Terhadap N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> O .....	14
6. Permeabilitas Uap Air Kemasan Plastik Polietilen dan Polipropilen pada Konsisi Suhu 30 °C.....	23
7. Kadar Air Keseimbangan <i>Flake</i> Ubi Kayu dari Persamaan Oswin .....	31
8. Kadar Air Keseimbangan <i>Flake</i> Ubi Kayu dari Persamaan Chung-Pfost .....	31
9. Kadar Air Keseimbangan <i>Flake</i> Ubi Kayu dari Persamaan Chen-Clayton.....	31
10. Hasil Perhitungan Umur Simpan <i>Flake</i> Ubi Kayu Komposisi 70:30 Pada Kondisi Suhu 30 ± 1°C .....	32
11. Hasil Perhitungan Umur Simpan <i>Flake</i> Ubi Kayu Komposisi 75:25 Pada Kondisi Suhu 30 ± 1°C .....	33
12. Hasil Perhitungan Umur Simpan <i>Flake</i> Ubi Kayu Komposisi 80:20 Pada Kondisi Suhu 30 ± 1°C .....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Hubungan Kecepatan Reaksi dengan <i>Water Activity</i> dalam Bahan Makanan .....	9
2. Bentuk Umum Isotherm Sorpsi Air pada Bahan Pangan (Labuza, 1981) dalam Purnomo, 1995 .....	10
3. Diagram Alir Pembuatan <i>Flake</i> Ubi Kayu .....	19
4. Kurva Aktivitas Air ( $a_w$ ) <i>Flake</i> Ubi Kayu Komposisi 70:30 .....	24
5. Kurva Aktivitas Air ( $a_w$ ) <i>Flake</i> Ubi Kayu Komposisi 75:25 .....	24
6. Kurva Aktivitas Air ( $a_w$ ) <i>Flake</i> Ubi Kayu Komposisi 80:20 .....	25
7. Kurva Sorpsi Isotermis <i>Flake</i> Ubi Kayu Komposisi 70:30 .....	27
8. Kurva Sorpsi Isotermis <i>Flake</i> Ubi Kayu Komposisi 75:25 .....	28
9. Kurva Sorpsi Isotermis <i>Flake</i> Ubi Kayu Komposisi 80:20 .....	28



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Hasil Perhitungan Rata-Rata Kadar Air Awal dan Kadar Air Kritis.....	39
2. Data Hasil Perhitungan Rata-Rata Kadar Air Kesetimbangan.....	39
3. Data Rata-Rata Perubahan Berat Sampel <i>Flake</i> Ubi Kayu Pada $a_w$ Garam Jenuh Yang Berbeda.....	40
4. Penurunan Persamaan Matematis Model Oswin, Chung-Pfost dan Chen-Clayton.....	41
5. Perhitungan Penentuan Kadar Air Kesetimbangan Berdasarkan Model-Model Persamaan.....	43
6. Perhitungan Penentuan Umur Simpan <i>Flake</i> Ubi Kayu.....	48

“Perkiraan Umur Simpan Flake Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) dengan Model Sorpsi Isotermis”, Novi Qurniasari (001710101112), Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Maryanto, M. Eng, Triana Lindriati, ST., dan Ir. Sih Yuwanti, MP.

## RINGKASAN

*Flake* ubi kayu merupakan produk kering yang memiliki kadar air rendah. *Flake* secara alamiah bersifat higroskopis, karakteristik hidrasi ini pada umumnya digambarkan sebagai kurva sorpsi isotermis yang dapat memberikan gambaran hubungan antara kadar air bahan dan kelembaban relatif seimbang (ERH) ruang tempat penyimpanan atau aktivitas air ( $a_w$ ) pada suhu tertentu. Sehingga kita bisa menentukan umur simpan suatu produk.

Tujuan penelitian adalah untuk menentukan nilai aktivitas air ( $a_w$ ) dan kurva sorpsi isotermis *flake* ubi kayu serta umur simpan *flake* ubi kayu dalam berbagai jenis bahan pengemas dan RH lingkungan.

Penelitian ini terdiri dari empat tahap. Tahap pertama adalah pembuatan *flake* ubi kayu, tahap kedua adalah penentuan aktivitas air ( $a_w$ ) sampel dimana pengukuran  $a_w$  sampel dilakukan dengan metode cawan Conway dan garam yang digunakan adalah NaOH ( $H_2O$ ),  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ,  $NaBr \cdot 2H_2O$  dan KCl, tahap ketiga adalah pembuatan kurva sorpsi isotermis dan tahap keempat adalah perhitungan umur simpan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas air ( $a_w$ ) *flake* ubi kayu berkisar 0,21-0,29, dan kurva yang terbentuk adalah sigmoid Kurva sorpsi isotermis *flake* ubi kayu berbentuk sigmoid (menyerupai huruf S) dan menunjukkan kurva sorpsi isotermis adsorpsi. Sedangkan umur simpan *flake* ubi kayu paling lama adalah komposisi 75:25 disimpan menggunakan kemasan HDPE pada RH 85% selama 284 hari, sedangkan umur simpan *flake* ubi kayu paling pendek adalah komposisi 75:25 dan 80:20 disimpan menggunakan kemasan LDPE pada RH 95% selama 21 hari.





## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penduduk Indonesia pada tahun 2035 diperkirakan akan bertambah menjadi 2 kali lipat dari jumlahnya sekarang, menjadi  $\pm$  400 juta jiwa. Dengan meningkatnya jumlah penduduk maka kebutuhan pangan akan mengalami peningkatan. Oleh karena itu perlu peningkatan pengembangan pangan alternatif. Salah satu alternatif teknologi pengolahan pangan yang mulai populer dimasyarakat adalah *flake*. Salah satu kelebihan produk *flake* adalah mempunyai fungsi ganda, yaitu bisa digunakan untuk sarapan pagi, misalnya dicampur dengan air susu, namun dapat juga dianggap sebagai makanan ringan yang bisa dikonsumsi langsung. *Flake* juga merupakan makanan siap saji yang praktis, mudah dan cepat dalam penyajiannya serta awet. Umumnya bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan *flake* adalah jagung dan gandum, namun tidak menutup kemungkinan penggunaan ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz).

Indonesia merupakan daerah tropis yang lembab tidak mudah untuk membudidayakan gandum, sehingga Indonesia harus mengimpor gandum dari negara lain. Krisis ekonomi membuat harga gandum terus meningkat, sehingga dalam memenuhi kebutuhan bahan baku pembuatan *flake* dan jenis pangan lainnya mengalami kesulitan. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah ketergantungan terhadap import gandum yaitu perlu dilakukan diversifikasi penggunaan maupun substitusi dengan bahan dasar lain seperti umbi-umbian. Hal ini sesuai dengan program pemerintah khususnya dalam mengatasi masalah kebutuhan dan ketahanan pangan, terutama non-beras.

Ubi kayu merupakan komoditas pertanian yang tumbuh subur di Indonesia. Produksi ubi kayu cukup tinggi, sehingga ubi kayu dapat digunakan sebagai bahan makanan alternatif. Karena ubi kayu mempunyai kandungan protein yang relatif rendah, maka untuk membuat *flake* perlu adanya upaya untuk memperkaya kandungan proteinnya. Menurut Karyadi dan Muhilal (1985) penambahan kacang-kacangan sebagai sumber protein akan menutup kekurangan



tersebut. Salah satu jenis kacang-kacangan yang dapat digunakan adalah koro pedang.

Koro pedang merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan dan dapat tumbuh di lahan yang kering. Tanaman ini sangat toleran terhadap tekstur tanah dan dapat tumbuh di atas tanah yang berpasir atau di atas tanah liat yang keras (Maesan, Van der dan Somaatmadja, 1993). Dipilih koro pedang karena di pasaran mudah didapat, harganya murah dan koro pedang merupakan lagume yang memiliki nutrisi lengkap yaitu protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral dengan jumlah yang memadai. Oleh karena itu, koro pedang dapat digunakan dalam pembuatan *flake* dengan tujuan untuk meningkatkan kandungan gizinya dan memperbaiki karakteristik *flake* yang dibuat.

*Flake* ubi kayu merupakan produk kering yang memiliki kadar air rendah. Menurut Winarno et. al.,(1980) pada umumnya pengawetan bahan pangan mempunyai hubungan erat dengan kadar air yang dikandungnya. Oleh karena itu, kadar air sangat berpengaruh terhadap mutu bahan pangan dan umur simpan, dimana hal ini merupakan salah satu sebab mengapa di dalam pengolahan bahan pangan air tersebut sering dikeluarkan atau dikurangi dengan cara penguapan atau pengeringan. Kadar air mempunyai hubungan erat dengan aktivitas air ( $a_w$ ), dimana aktivitas air merupakan jumlah air bebas yang digunakan mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Oleh sebab itu, pengetahuan tentang aktivitas air diperlukan untuk mengendalikan perubahan-perubahan dalam bahan pangan baik yang bersifat kimiawi, fisik maupun mikrobiologik, sehingga dapat diproduksi *flake* yang awet dan tetap bergizi serta dapat disimpan pada suhu kamar.

*Flake* secara alamiah bersifat higroskopis, artinya dapat menyerap air dari udara. Karakteristik hidrasi ini pada umumnya digambarkan sebagai kurva sorpsi isotermis yang dapat memberikan gambaran hubungan antara kadar air bahan dan kelembaban relatif seimbang (ERH) ruang tempat penyimpanan atau aktivitas air ( $a_w$ ) pada suhu tertentu. Dan dari data sorpsi isotermis dengan menggunakan persamaan Oswin dapat dihitung umur simpan suatu produk.



## 1.2 Permasalahan

Salah satu faktor yang mempengaruhi umur simpan suatu bahan adalah kadar air. Kadar air berhubungan erat dengan aktivitas air dan hubungan keduanya digambarkan dalam kurva sorpsi isotermis. Dengan mengetahui kurva sorpsi isotermis kita dapat menghitung umur simpan suatu bahan berdasarkan kurva sorpsi isotermis.

Pengemasan sangat menentukan umur simpan suatu produk. Salah satu komponen yang paling penting dalam pengemasan adalah jenis bahan pengemas dan RH lingkungan. Dengan mengetahui jenis bahan pengemas dan RH lingkungan yang berbeda suatu bahan pangan dapat mempunyai umur simpan yang berbeda. Karena *flake* ubi kayu merupakan produk baru, maka belum diketahui umur simpannya, sehingga perlu dipelajari perkiraan umur simpan *flake* ubi kayu dalam berbagai jenis bahan pengemas dan RH lingkungan.

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan nilai aktivitas air ( $a_w$ ) *flake* ubi kayu.
2. Menentukan kurva sorpsi isotermis *flake* ubi kayu.
3. Memperkirakan umur simpan *flake* ubi kayu dalam berbagai jenis bahan pengemas dan RH lingkungan.

## 1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai nilai aktivitas air ( $a_w$ ) dan kurva sorpsi isotermis *flake* ubi kayu.
2. Memberikan informasi mengenai umur simpan *flake* ubi kayu dalam berbagai jenis bahan pengemas dan RH lingkungan.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz)

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) berasal dari Brazilia. Sebenarnya tanaman ini mulai dibudidayakan di Indonesia sejak abad ke-17. Namun baru memasyarakat tahun 1952, terutama di P. Jawa. Memasyarakatnya ubi kayu di kalangan petani karena dua hal. Pertama, tanaman ini mudah sekali dibudidayakan. Kedua, kandungan karbohidratnya tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan makanan pengganti beras terutama ketika musim paceklik (Najiyati dan Danarti, 2000).

Tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) tergolong dalam divisi *Spermatophyta*, kelas *Dicotyledonae*, famili *Euphorbiaceae*, genus *Manihot*, dengan spesies *esculenta* dan *utilissima* dengan berbagai varietas (Suliantari dan Rahayu, 1990).

Komposisi kimia ubi kayu biasanya bervariasi tergantung dari varietas dan faktor luar seperti iklim, kesuburan dan sebagainya. Komposisi kimia ubi kayu dari varietas putih dan kuning dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Komposisi Kimia Ubi Kayu Per 100 Gram Bahan**

Komponen	Jumlah	
	Putih	Kuning
Karbohidrat (%)	34,7	37,9
Protein (%)	1,2	0,8
Lemak (%)	0,3	0,3
Kalsium (mg/100g)	33	33
Phospor (mg/100g)	40	40
Vitamin A (SI)	-	385
Air (%)	62,5	60

*Sumber:* Suliantari dan Rahayu, 1990.

Ubi kayu termasuk tumbuhan penghasil pati digunakan sebagai sumber karbohidrat. Kadar pati ubi kayu akan sangat dipengaruhi oleh waktu panen. Kadar amilopektin ubi kayu sangat tinggi dan mengandung amilosa 23 % (Tjokroadikoesoemo, 1986).



## 2.2 Koro Pedang

Koro-koroan adalah biji kering dari polong-polongan (*leguminosae*) yang dapat dimakan. Koro-koroan bermanfaat sekali sebagai bahan pangan yang kaya akan protein nabati. Biji polong-polongan dicirikan oleh kandungan proteinnya tinggi berkisar antara 18-35%. Komposisi kimia koro pedang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Koro Pedang (*Canavalia ensiformis DC*)

Koro Pedang	Jumlah per 100 gram bahan
Protein (g)	13.42
Lemak (g)	1.56
Karbohidrat (g)	62.35
Air (g)	10
Abu (g)	12.67

Sumber: Van Der Maesen dan Somaatmadja, 1993

Di dalam koro atau tanaman dari keluarga kacang-kacangan pada umumnya terdapat pula beberapa jenis senyawa pengganggu bila dikonsumsi. Kandungan yang disebut sebagai "senyawa antigizi" itu meliputi: tripsin inhibitor, hemaglutinin, polifenol (tanin), asam fitat dan sianida.

Secara umum adanya senyawa antigizi pada koro akan menimbulkan cita-rasa yang kurang disukai serta mengurangi bioavailabilitas nutrisi di dalam tubuh. Untuk itu sebelum koro dikonsumsi maka perlu dilakukan beberapa perlakuan pendahuluan guna menghilangkan atau mengurangi aktivitas senyawa antigizi tersebut yaitu dengan perendaman dengan air, pengupasan kulit dan pengukusan (Suara Merdeka, 2002).

## 2.3 Flake

Jones dan Amos (1967) menyatakan, karakteristik *flake* antara lain tipis, cembung, mudah patah dan berwarna coklat keemasan, biasanya digunakan untuk produk siap hidang sarapan pagi. Produk ini biasanya dimakan dengan menuangkan susu segar di atasnya atau dicampur dengan buah kering maupun buah segar, maupun dapat dimakan sebagai makanan ringan (Munarso dan Mujisihono, 1993). Untuk memenuhi selera penyajian *flake* yang direndam dalam susu maka perlu ditetapkan sifat-sifat produk olahan yang dikehendaki, antara lain



kerenyahan, perubahan selama perendaman dan cita-rasa (Damardjati dan Widowati, 1994).

*Flake* adalah salah satu produk kering berbentuk bulat, pipih dengan tepi yang tidak beraturan, berkadar air rendah serta mempunyai daya rehidrasi dan terbuat dari bahan utama tepung (Winarno, 1992). *Flake* mempunyai kadar air yang rendah, sehingga umur simpan *flake* cukup lama. Kadar air *flake* yang memenuhi persyaratan dari kadar air makanan ringan berbentuk *flake* yaitu sekitar 3-5% (Wodrooff and Bohr, 1975). Kadar air ini tidak merusak senyawa nutrisi yang ada di dalam *flake* bahkan dengan kadar air yang rendah itu dapat menurunkan  $a_w$  sehingga pertumbuhan mikroorganismenya terhambat.

Komposisi kimia makanan siap hidang berbentuk *flake* belum ditentukan standarnya dalam SNI. Salah satu produk *flake* yang terbuat dari tepung jagung yang beredar di Inggris mempunyai komposisi seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3. Komposisi Kimia Flake Jagung Per 100 Gram Bahan**

Komponen	Kadar
Karbohidrat (gram)	80,5
Protein (gram)	8,5
Lemak (gram)	1,4
Air (%)	3,0
Abu (gram)	2,9
Serat kasar (gram)	1,4
Fe (miligram)	0,5
Niacin (miligram)	1,59
Vitamin B1 (miligram)	11,0
Riboflavin (miligram)	14,0
Energi (kkal)	364,0

Sumber: Kent, 1975.

Proses pembuatan *flake* dari biji-bijian dapat dilakukan pada biji utuh, partikel-partikel besar ataupun tepung. Pembuatan *flake* dari tepung sereal yang dikombinasikan dengan sedikit air dan dimasak, bahan tersebut dapat dibuat menjadi agregat-agregat kecil atau pelet yang dapat diubah dengan gilingan untuk menghasilkan *flake*. *Flake* yang diperoleh kemudian dikeringkan atau dipanggang untuk mengurangi kadar air, menimbulkan aroma dan kadang-kadang untuk menghasilkan efek melembung (*puffing*) (Muchtadi, 1988). Penggunaan tepung dalam pembuatan *flake* bertujuan untuk meningkatkan daya rehidrasi yang timbul



akibat adanya pati di dalam tepung yang telah mengalami gelatinisasi (Winarno, 1992).

#### 2.4 Aktivitas Air

Syarief (1993), menyatakan aktivitas air atau *Water activity* ( $a_w$ ) adalah jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya. Hukum RAOULT menyatakan bahwa aktivitas air berbanding lurus dengan jumlah mol zat yang terlarut, dan berbanding terbalik dengan jumlah mol pelarut.

$$a_w = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

Dimana :  $n_1$  = jumlah mol zat terlarut

$n_2$  = jumlah mol pelarut (air)

$n_1 + n_2$  = jumlah mol larutan

aktivitas air dapat dinyatakan dengan perbandingan antara tekanan uap air dari larutan ( $P$ ) dengan tekanan uap air murni ( $P_0$ ) pada suhu yang sama :

$$a_w = \frac{P}{P_0}$$

dalam keadaan setimbang, maka

$$a_w = \frac{RHs}{100} = \frac{P}{P_s}$$

dimana:  $a_w$  = aktivitas air

$RHs$  = kelembaban relatif dalam keadaan kesetimbangan (%)

$P_s$  = tekanan uap jenuh

Purnomo (1995), menyatakan  $a_w$  dari bahan pangan adalah untuk mengukur besarnya air terikat pada bahan pangan atau komponen bahan pangan tersebut, dimana  $a_w$  dari bahan pangan cenderung berimbang dengan  $a_w$  lingkungan sekitarnya.

Pengukuran aktivitas air ( $a_w$ ) terhadap suatu bahan pangan sampai saat ini masih berdasarkan pada pengukuran kelembaban relatif setimbang dari bahan tersebut terhadap lingkungannya. Oleh karena itu ekstrapolasi menjadi cara pengukuran yang lebih penting daripada tekniknya.



Pada umumnya pengukuran  $a_w$  dengan memakai kurva kalibrasi atau peralatan yang dipakai, harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan larutan garam jenuh. Berbagai jenis garam dan asam dapat digunakan untuk mengontrol  $a_w$  atau RH kesetimbangan seperti tercantum pada Tabel 4.

**Tabel 4. Aktivitas Air dari Berbagai Larutan Garam Jenuh pada Suhu 20°, 25° dan 30° C**

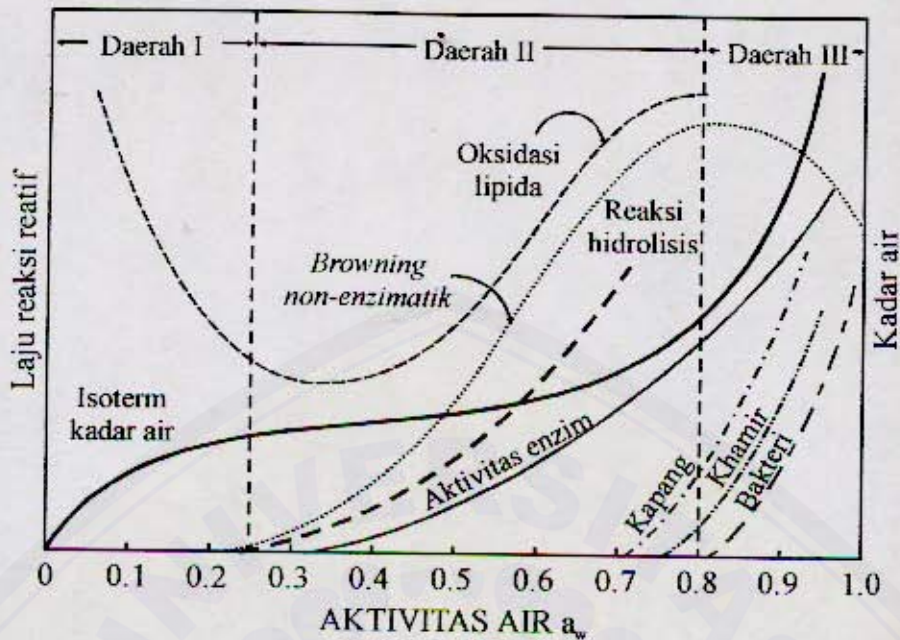
Larutan Jenis Garam Jenuh	20° C	25° C	30° C
NaOH	0.0698	0.0695	0.0687
LiCl	0.1140	0.1115	0.1116
KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> (1,5 H <sub>2</sub> O)	0.2310	0.2260	0.2200
MgCl <sub>2</sub>	0.3030	0.3273	0.3238
NaI	0.3918	0.3775	0.3625
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.5447	0.5286	0.5133
KI	0.6986	0.6876	0.6785
NaNO <sub>3</sub>	0.7513	0.7379	0.7275
NaCl	0.7542	0.7532	0.7521
KBr	0.8177	0.8071	-
KCl	0.8513	0.8432	0.8353
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.8690	0.8595	0.8640
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	0.8660	0.8640	0.8630
BaCl <sub>2</sub>	0.9069	0.9026	-
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.9220	0.9270	0.9110
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.9720	0.9690	0.9660
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0.9793	0.9800	0.9706

Sumber : Syarief (1980).

Larutan garam jenuh ini mempunyai keuntungan dalam mempertahankan suatu kelembaban yang konstan selama jumlah garam yang ada masih di atas tingkat kejenuhannya. Walaupun demikian, kemurnian garam, luas permukaan cairan dan volume larutan garam jenuh juga penting sekali jika pengukuran yang tepat dikehendaki (Buckle, et. al., 1987).

Aktivitas air mempengaruhi laju reaksi reaktif dari berbagai reaksi kimia maupun pertumbuhan mikroba. Menurut Labuza, 1971 didalam Winarno (1992), ambang batas tingkat aktivitas air ( $a_w$ ) dalam hubungannya dengan kecepatan reaksi kerusakan. Hubungan kecepatan reaksi dengan *water activity* dalam bahan makanan dapat dilihat pada Gambar 1.





**Gambar 1. Hubungan kecepatan reaksi dengan *water activity* dalam bahan makanan**

### 2.5 Sorpsi Isotermik

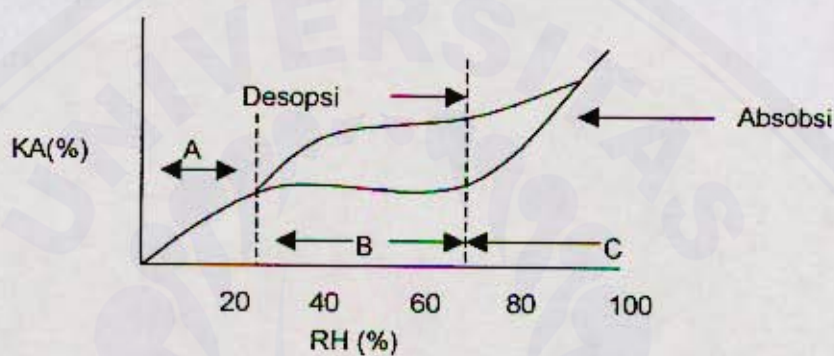
Secara alamiah, komoditas pertanian baik sebelum maupun sesudah diolah bersifat higroskopis, yaitu dapat menyerap air dari udara sekeliling, dan juga sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung ke udara. Secara umum sifat-sifat hidratisasi ini digambarkan dengan kurva isotermik, yaitu kurva yang menunjukkan hubungan antara kadar air bahan dengan kelembaban relatif kesetimbangan ruang tempat penyimpanan bahan (RHs) atau aktivitas air ( $a_w$ ), pada suhu tertentu (Syarif dan Halid, 1993).

Menurut Adnan (1982), setiap bahan mempunyai kurva isotherm sorpsi lembab yang berbeda. Hal ini berarti bahwa pada  $a_w$  yang sama dua bahan yang berbeda dapat mempunyai perbedaan kadar air yang besar. Bentuk khas isothermi berbentuk S, makanan yang berkadar air tinggi sampai menengah mempunyai nilai  $a_w$  yang tinggi dan yang berkadar air sedang sampai rendah berada pada bagian datar dari isothermi (Winarno, 1989).



Kurva Isotermi Sorpsi Lembab (ISL) dapat dibuat dengan mengumpulkan data air seimbang dari kelembaban relatif yang sangat rendah sampai ke kelembaban relatif 100%. Bentuk kurva ISL sering dipengaruhi cara pendekatannya. Kurva desorpsi dimulai pada kadar air yang tinggi, sedangkan sebaliknya seperti tampak pada kurva adsorpsi. Perbedaan kurva tersebut disebabkan karena cara pendekatannya merupakan suatu anomali yang disebut histeresis (Adnan, 1982).

Menurut Purnomo (1995), hubungan besarnya  $a_w$  dan kadar air dalam bahan pangan pada suhu tertentu digambarkan seperti pada Gambar 2



**Gambar 2. Bentuk Umum Isotherm Sorpsi Air pada Bahan Pangan (Labuza, 1981) dalam Purnomo, 1995.**

Kurva di atas menunjukkan bahwa bahan pangan yang mempunyai nilai  $a_w$  yang sama dapat mempunyai kadar air yang berbeda. Daerah A mempunyai nilai  $a_w$  di bawah 0.20 ( $ERH = 20\%$ ), sedang daerah B mempunyai nilai  $a_w$  antara 0.20 sampai 0.60 dan daerah C mempunyai nilai  $a_w$  di atas 0.60. Ditinjau dari aspek keterikatan air, maka di daerah A, air terdapat dalam bentuk satu lapis (*monolayer*), dengan molekul air terikat sangat erat. Kadar air bahan pangan di daerah A ini berkisar antara 5%-10%. Di daerah tersebut air sulit sekali diuapkan. Di daerah B air terikat kurang erat dan merupakan lapisan-lapisan. Air yang terdapat dalam daerah ini berperan sebagai pelarut, oleh karena itu aktivitas enzim dan pencoklatan non-enzimatis dapat terjadi. Daerah C disebut juga sebagai daerah kondensasi kapiler. Di daerah ini air terkondensasi pada struktur bahan



pangan hingga kelarutan komponen menjadi lebih sempurna. Keadaan dimana air dalam kondisi bebas ini dapat membantu proses kerusakan (Purnomo, 1995).

Isoterm sorpsi air bahan pangan dapat diperoleh dengan dua cara. Cara pertama : bahan makanan dengan kadar air yang diketahui dibiarkan mencapai kesetimbangan dengan sisa ruang dalam wadah tertentu yang tertutup sangat rapat. Tekanan uap parsial uap airnya diukur dengan manometer, atau RH dari sisa ruang tersebut diukur dengan higrometer listrik, *Point cells*, atau psikrometer rambut. Cara kedua : sampel dalam jumlah kecil diletakkan pada beberapa ruangan yang tetap RH-nya. Setelah kesetimbangan tercapai, kadar air bahan kemudian diukur secara gravimetris atau cara lain. Dengan demikian kita mendapatkan hubungan antara kadar air bahan dan RH dalam keadaan kesetimbangan (Winarno, 1996).

## 2.6 Kadar Air Bahan

Menurut Syarief (1993), kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan, yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) adalah perbandingan antara berat air di dalam bahan pangan tersebut dengan berat bahan pangan basah atau berdasarkan berat kering (*dry basis*) adalah perbandingan antara berat air di dalam bahan pangan tersebut dengan berat keringnya. Berat bahan kering adalah berat bahan basah setelah dikurangi dengan berat airnya. (Winarno, 1993).

Menurut Winarno (1992), penetapan kandungan air dapat dilakukan dengan beberapa cara. Hal ini tergantung pada sifat bahannya. Pada umumnya penentuan kadar air dilakukan dengan mengeringkan bahan dalam oven pada suhu 105 - 110° C selama 3 jam atau sampai didapat berat yang konstan. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan.

## 2.7 Kadar Air Kesetimbangan

Jika suatu bahan hasil pertanian dengan kadar air mula-mula tertentu ditempatkan dalam lingkungan dengan suhu dan kelembaban tertentu, maka kadar air bahan tersebut akan berubah sampai mencapai kadar air kesetimbangan antara



air dalam bahan dengan air di udara. Kadar air kesetimbangan (KAK) atau *Equilibrium Moisture Content* (EMC) adalah keseimbangan antara kadar air bahan dengan suhu dan kelembaban udara sekelilingnya (Taib, 1988).

Menurut Brooker, et. al. (1974), kadar air kesetimbangan dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara dalam ruang pengering, suhu dan kelembaban nisbi udara, jenis bahan yang dikeringkan serta tingkat kematangan.

Beberapa model persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung kadar air kesetimbangan diantaranya :

### 2.7.1 Persamaan Oswin

Menurut Oswin (1946) dalam Chirife dan Iglesias (1982), dalam menghitung kadar air kesetimbangan daging sapi selain persamaan BET (Brunaur-Emmet-Teller) dalam Henderson, persamaan Oswin juga dianjurkan dimana persamaannya yaitu :

$$M = c \left( \frac{a_w}{1 - a_w} \right)^n$$

Dimana : M = kadar air kesetimbangan (% bk)  
 c = konstanta persamaan BET  
 $a_w$  = aktivitas air  
 n = konstanta persamaan Oswin

### 2.7.2 Persamaan Chung-Pfost

Menurut Alibola (1986), model persamaan Chung-Pfost adalah sebagai berikut :

$$M = \frac{-1}{b} \ln \left[ \frac{T \ln RH}{-a} \right]$$

Dimana : M = kadar air kesetimbangan (% *dry basis*)  
 a,b = parameter dari model persamaan  
 T = temperatur (°K)  
 RH = kelembaban relatif



### 2.7.3 Persamaan Chen-Clayton

Lebih lanjut menurut Ajibola (1986), model persamaan Chen-Clayton adalah sebagai berikut :

$$M = \frac{-I}{cT^d} \ln \left[ \frac{\ln RH}{-aT^b} \right]$$

Dimana : M = kadar air kesetimbangan (%dry basis)

a,b,c,d = parameter dari model persamaan

RH = kelembaban relatif

T = temperatur (<sup>o</sup>K)

## 2.8 Bahan Pengemas

Bahan pengemas dapat dikelompokkan menjadi bahan pengemas yang terbuat dari logam, gelas, plastik dan kertas. Menurut Suprpti (2002), bahan pengemas plastik memiliki keunggulan yaitu daya atau kemampuan melindungi produk dari pengaruh fisik, kimia dan biologis di samping itu juga tidak bereaksi dengan produk yang dikemas.

Ada bermacam-macam jenis pengemas antara lain polietilen, polipropelen dan masing-masing jenis pengemas tersebut mempunyai sifat permeabilitas terhadap gas yang berbeda-beda (Buckle, et.al., 1978).

### 2.8.1 Plastik Polipropilen

Menurut Prince dan Schwegent (1970), polipropilen mempunyai sifat-sifat tahan sobek, tahan panas, elastis dan permeabel terhadap uap air dan oksigen. Berat jenis polipropilen antara 0.885-0.900; suhu maksimum 190<sup>o</sup>F- 220<sup>o</sup>F dan suhu minimum sebesar -60 <sup>o</sup>F. Plastik polipropilen mempunyai sifat permeabilitas terhadap gas lebih tinggi daripada plastik polietilen densitas tinggi. Permeabilitas polipropilen terhadap oksigen pada suhu 30<sup>o</sup> C sebesar 23 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>/mm/det/cmHg x 10<sup>10</sup> sedangkan terhadap uap air pada suhu 25<sup>o</sup> C sebesar 680 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>/mm/det/cmHg x 10<sup>10</sup> (Buckle, et.al., 1978).

Menurut Hanlon (1978), sifat-sifat utama polipropilen antara lain :

1. Ringan, mudah dibentuk, tembus pandang dan jernih dalam bentuk film



2. Permiabel gas sedang, tidak baik untuk makanan karena peka terhadap oksigen
3. Tahan terhadap asam kuat, basa dan minyak.

### 2.8.2 Plastik Polietilen

Polietilen adalah salah satu bahan pengemas yang dapat digynakan untuk mengemas bahan pangan. Pada umumnya berupa suatu kantong lentur, kedap air dan tahan terhadap bahan kimia (Purnomo dan Adiono, 1987).

Berdasarkan densitasnya polietilen di bagi menjadi :

1. Polietilen Densitas Rendah (LDPE : Low Density Polyethylen)

Merupakan polietilen yang dihasilkan melalui proses tekanan yang tinggi. LDPE adalah bahan yang keras, agak tembus cahaya, mempunyai daya rentang dan daya kembang yang baik, tahan tumbukan dan daya sobek. Disamping itu mempunyai ketahanan kimia yang baik sekali, terutama terhadap asam-asam alkali dan larutan morganis, tetapi sensitif terhadap hidrokarbon dan minyak atau lemak.

2. Polietilen Densitas Menengah (MDPE : Medium Density Polyethylen)

Mempunyai sifat lebih kaku daripada LDPE, juga memiliki suhu lebih tinggi.

3. Polietilen Densitas Tinggi (LDPE : High Density Polyethylen)

HDPE ini dihasilkan pada proses dengan suhu tinggi dan tekanan rendah (150-70° C, 10 atm). Polietilen ini memiliki sifat paling kaku daripada LDPE maupun MDPE. Disamping itu juga tahan terhadap suhu tinggi (120° C) sehingga dapat digunakan untuk produk yang disterilisasi.

Daya tembus dari plastik polietilen yang bersifat fleksibel terhadap oksigen, nitrogen, karbondioksida dan uap air dapat dilihat dalam Tabel 5.

**Tabel 5. Daya Tembus Plastik Polietilen Terhadap N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O**

Macam Plastik	Daya tembus (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> /mm/det/cmHg) x 10 <sup>10</sup>			
	N <sub>2</sub> 30°C	O <sub>2</sub> 30°C	CO <sub>2</sub> 30°C	H <sub>2</sub> O 25°C, 90% RH
Polietilen densitas rendah	19	55	352	800
Polietilen densitas tinggi	2.7	10.6	35	130

Sumber : Buckle, et.al (1987).



## 2.9 Penentuan Umur Simpan

Pada umumnya kualitas dari bahan makanan dan minuman akan berkurang selama dalam masa penyimpanan. Makanan dan minuman tersebut akan berkurang kualitasnya seiring waktu sampai produk tersebut menjadi kadaluarsa. Waktu dari masa produksi sampai produk menjadi kadaluarsa disebut umur simpan (Robertson, 1993).

Menurut Hine (1987), umur simpan adalah periode mulai dari pengemasan produk dan produk tersebut digunakan, sampai menjadi produk sisa yang masih bisa diterima oleh pengguna produk. Sedangkan Institut Teknologi Pangan di USA mempunyai definisi umur simpan sebagai periode mulai masa produksi di pabrik, pembelian pada pengecer, dimana produk dalam keadaan masih baik sesuai syarat-syarat nilai nutrisi, rasa, tekstur dan kenampakan.

Pada umumnya pengujian umur simpan dari produk makanan tersebut dari tiga kategori :

1. Pengujian didesain untuk menentukan umur simpan dari produk yang ada;
2. Pengujian didesain untuk memelajari pengaruh faktor spesifik dan kombinasi dari faktor-faktor tersebut seperti suhu penyimpanan, bahan pengemas atau zat aditif pada produk simpanan; dan
3. Pengujian dilakukan untuk menentukan umur simpan dari bentuk segarnya atau pengembangan produk baru (Robertson, 1993).

Ada beberapa pendekatan dasar untuk menentukan umur simpan dari produk makanan :

1. Studi literatur : umur simpan dari sebuah produk yang dihasilkan dianalogkan dengan literatur yang diterbitkan atau dengan data-data diperusahaan.
2. *Turnover time* : rata-rata lamanya waktu dimana produk habis pada saat penyimpanan di pengecer yang didapat dengan memonitor penjualan dari outlet-outlet eceran, dan dari sini umur simpan dapat diperkirakan.
3. Studi titik akhir : contoh acak dari produk diperoleh dari outlet-outlet pengecer, dan kemudian diuji di laboratorium untuk menentukan kualitas produk, dari sini perkiraan kelayakan umur simpan dapat diperoleh sejak



produk diekspose pada tekanan lingkungan sebenarnya yang dihadapi selama pengudangan dan pengeceran.

4. *Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)* : studi laboratorium dilakukan selama kondisi lingkungan yang dipercepat oleh faktor yang diketahui sehingga produk rusak lebih cepat daripada kecepatan normal. Pendekatan secara ASLT antara lain dengan menggunakan model :

- a. Model Arrhenius, merupakan suatu model yang digunakan untuk mempresentasikan hubungan antara kecepatan reaksi dan suhu (Robertson, 1993).
- b. Model sorpsi isotermis, merupakan suatu model dimana terdapat hubungan antara kadar air kesetimbangan makanan dengan kelembaban nisbi kesetimbangannya pada suhu tertentu (Winarno, 1989).

Lebih lanjut menurut Robertson (1993), umur simpan makanan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Heiss dan Eichner sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{m_e - m_i}{m_e - m_c}}{\frac{P}{X} \cdot \frac{A}{W_s} \cdot \frac{P_o}{b}}$$

Dimana :

- $\theta_s$  = waktu umur simpan (hari)
- $m_e$  = kadar air kesetimbangan produk (% bk)
- $m_i$  = kadar air awal produk (% bk)
- $m_c$  = kadar air kritis (% bk)
- $P/X$  = permeabilitas uap air kemasan ( $\text{g/m}^2\text{mmHg}/24 \text{ jam}$ )
- $A$  = luas permukaan kemasan ( $\text{m}^2$ )
- $W_s$  = berat bahan dalam kemasan (g)
- $P_o$  = tekanan jenuh uap air pada suhu penyimpanan (mmHg)
- $b$  = slope dari kurva sorpsi isotermis (yang diasumsikan linier).



### 3.1 Alat dan Bahan

#### 3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan *flake* adalah pisau, sendok, piring, panci, baskom plastik, loyang, talenan, kain saring, plastik, kompor, pressure cooker, timbangan, blender, gelas ukur, gilingan, stopwatch, dongkrak hidrolik, plat baja, plat pengatur ketebalan dan oven.

Peralatan yang digunakan untuk analisa adalah timbangan analitik, penjepit, eksikator, botol timbang, spatula dan cawan conway.

#### 3.1.2 Bahan

Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan *flake* adalah ubi kayu dan koro pedang, sedangkan bahan-bahan pembantu yang digunakan adalah beras jagung, gula, garam dan telur.

Bahan kimia yang digunakan untuk analisa aktivitas air ( $a_w$ ) *flake* ubi kayu adalah NaOH( $H_2O$ ) ( $a_w = 0.0687$ ),  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  ( $a_w = 0.3238$ ),  $NaBr \cdot 2H_2O$  ( $a_w = 0.577$ ), dan KCl ( $a_w = 0.8353$ ).

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

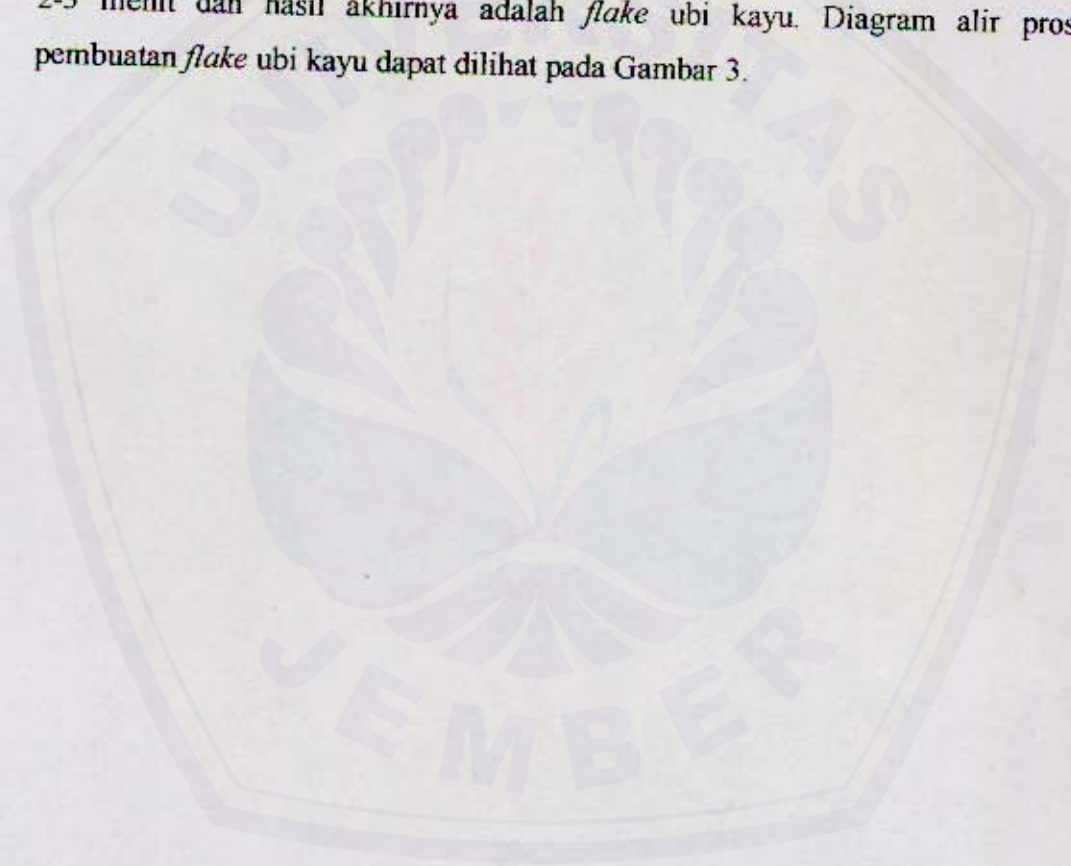
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Pengendalian Mutu Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Waktu penelitian pada bulan September sampai dengan November 2003.

### 3.3 Tahapan Penelitian

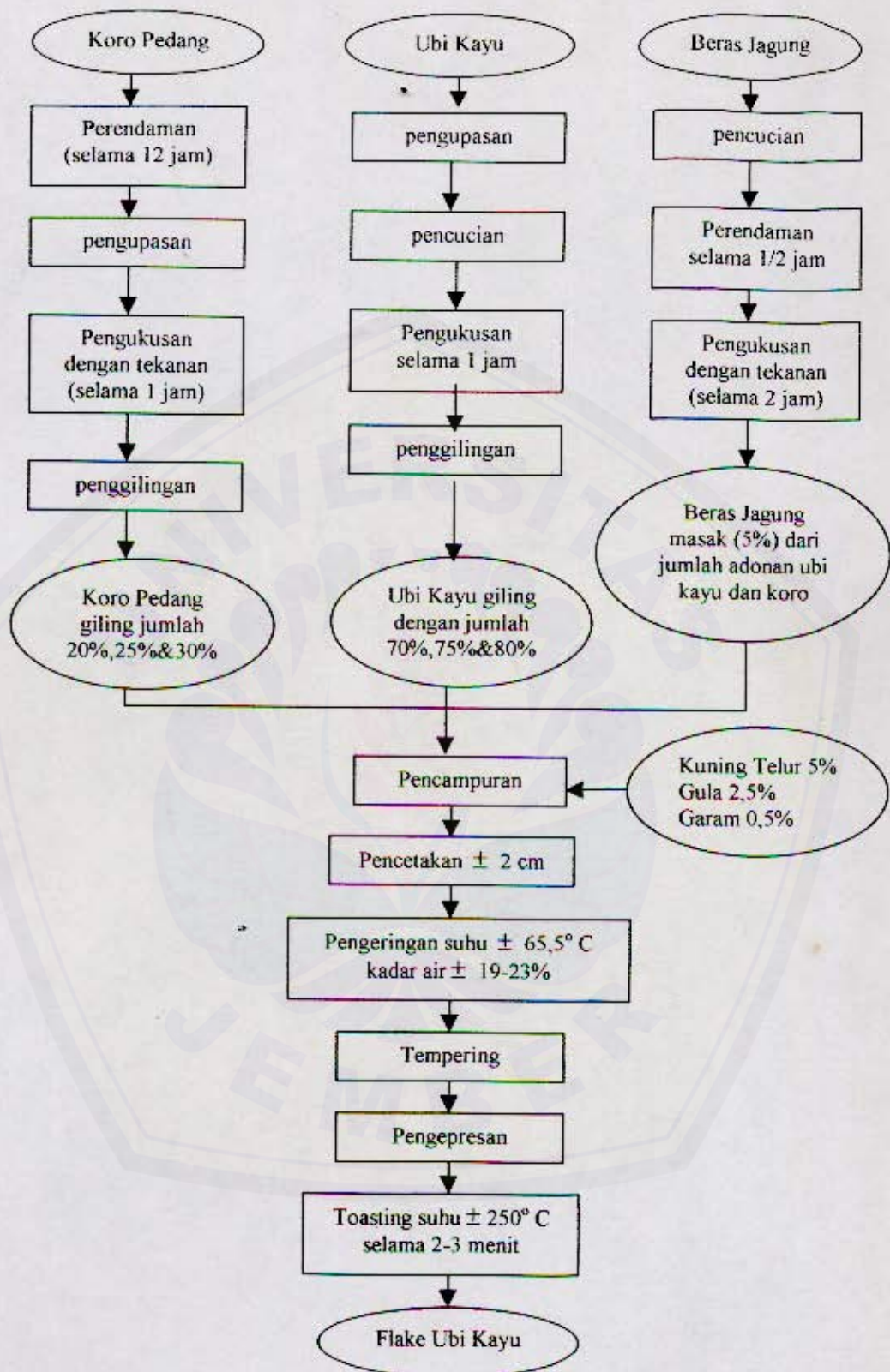
#### 3.3.1 Pembuatan Flake Ubi Kayu

Proses pembuatan *flake* ubi kayu adalah mula-mula dilakukan pengukusan ubi kayu yang sudah dibersihkan dari kulit dan kotoran selama 1 jam. Kemudian ditambahkan beras jagung yang sudah direndam selama 1/2 jam dan dikukus dengan pengukus tekanan selama 2 jam yang berfungsi melunakkan

bahan dan koro pedang yang sebelumnya direndam 12 jam, dikuliti dan dikukus dengan pengukus tekanan selama 1 jam. Tahap selanjutnya dilakukan pencampuran bahan dengan ditambahkan telur, gula dan garam dengan komposisi 5%, 2.5% dan 0.5% menjadi satu adonan yang kemudian digiling dengan penggiling daging. Hasil gilingan dipotong kecil-kecil  $\pm 2$  cm lalu di oven dengan suhu  $65.5^{\circ}\text{C}$  sampai kadar air mencapai  $\pm 19-23\%$ . Setelah keluar dari oven untuk menghilangkan uap panas *flake* dilakukan tempering agar diperoleh bentuk pipih yang baik pada saat dipres, selanjutnya bahan dipres dengan dongkrak hidrolik. Untuk mematangkan *flake* ubi kayu dilakukan toasting pada suhu  $250^{\circ}\text{C}$  selama 2-3 menit dan hasil akhirnya adalah *flake* ubi kayu. Diagram alir proses pembuatan *flake* ubi kayu dapat dilihat pada Gambar 3.







Gambar 3. Diagram Alir Pembuatan *Flake* Ubi Kayu

### 3.3.2 Penentuan Aktivitas Air ( $a_w$ ) Bahan

Pengamatan aktivitas air ( $a_w$ ) sampel dilakukan dengan menggunakan alat Cawan Conway. Sebanyak 1 gram sampel yang telah dipotong kecil-kecil diletakkan pada masing-masing cawan conway yang telah diisi larutan garam jenuh NaOH(H<sub>2</sub>O) ( $a_w = 0.0687$ ), MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O ( $a_w = 0.3238$ ), NaBr.2H<sub>2</sub>O ( $a_w = 0.577$ ), dan KCl ( $a_w = 0.8353$ ) yang nilai  $a_w$ -nya berkisar antara perkiraan  $a_w$  sampel. Selanjutnya cawan conway yang berisi sampel disimpan suhu ruang ( $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ) sampai mencapai kesetimbangan. Pengamatan dilakukan dengan menimbang sampel pada cawan conway selama 2, 4 dan 6 jam, kemudian penimbangan dilanjutkan setelah 24 jam sampai kesetimbangan tercapai (tidak ada kenaikan dan penurunan berat) (Purnomo, 1995).

Nilai aktivitas air ( $a_w$ ) sampel dapat diketahui dengan membuat grafik interpolasi antara perubahan berat sampel dengan nilai  $a_w$  masing-masing garam jenuh. Grafik perpotongan antara tiga variasi waktu pengamatan sampel yaitu 2, 4 dan 6 jam dengan sumbu x (nilai  $a_w$  garam jenuh) merupakan nilai  $a_w$  dari sampel (Purnomo, 1995).

### 3.3.3 Pembuatan Kurva Sorpsi Isotermis

Tahap ketiga ini dilakukan dengan mengukur kadar air kesetimbangan dimana sampel dalam keadaan setimbang yang ditandai dengan tidak ada perubahan berat. Kemudian kadar air diukur dengan menggunakan metode gravimetri.

Botol timbang dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan didinginkan dalam eksikator kemudian ditimbang (a gram). Timbang sampel yang telah dihaluskan sebanyak 1-2 gram dalam botol timbang (b gram). Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100-105°C selama 24 jam. Didinginkan dalam eksikator selama 15 menit dan ditimbang. Perlakuan ini diulangi sampai mencapai berat konstan (c gram). Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan (Sudarmadji, et.al., 1984).



Kadar air dalam bahan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kadar air (\% bk)} = \frac{b - c}{c - a} \times 100\%$$

Dimana :  
 a = berat botol (gram)  
 b = berat botol + sampel (gram)  
 c = berat botol + sampel kering (gram)

Sedangkan pengukuran kadar air kritis dilakukan dengan meletakkan sampel pada lingkungan terbuka sampai sampel menjadi rusak atau terjadi pertumbuhan kapang, kemudian diukur kadar airnya menggunakan metode gravimetri (Wijaya dan Ferry, 1998).

Model kurva sorpsi isoteremis lembab dari sampel dapat dibuat dengan menghubungkan nilai kadar air kesetimbangan sampel dengan besar RH larutan garam jenuh.

### 3.4 Metode Penelitian

#### 3.4.1 Penentuan Persamaan Sorpsi Isoteremis

Penentuan model persamaan sorpsi isoteremis menggunakan tiga persamaan matematis yaitu persamaan Oswin, Chen-Clayton dan Chung-Pfost, dimana persamaannya adalah sebagai berikut :

##### 1. Persamaan Oswin

$$\ln m = \ln (c) + n \ln \left( \frac{a_w}{1 - a_w} \right)$$

##### 2. Persamaan Chung - Pfost

$$\ln m = \left( \ln \left( \frac{-1}{b} \right) - \ln(\ln(-a)) \right) + \ln(\ln(T \ln RH))$$

##### 3. Persamaan Chen - Clayton

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) - \ln(\ln(-a T^b)) + \ln(\ln(\ln(RH)))$$

Untuk menguji ketetapan persamaan sopsi isothermis tersebut digunakan *Mean Relative Determination (MRD)*;

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{M_i - M_{pi}}{M_i} \right|$$

Dimana :  $M_i$  = kadar air hasil percobaan  
 $M_{pi}$  = kadar air hasil perhitungan  
 $n$  = jumlah data

Jika nilai  $MRD < 5$  maka model sorpsi isothermis tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya atau sangat tepat. Jika  $5 < MRD < 10$  maka model tersebut agak tepat dan jika  $MRD > 10$  maka model tersebut tidak tepat menggambarkan keadaan yang sebenarnya (Isse et.al., 1983).

### 3.4.2 Penentuan Umur Simpan

Umur simpan hingga produk mencapai batas kadar air kritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Heiss dan Eichner (Robertson, 1993) sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{m_e - m_i}{m_e - m_c}}{\frac{P}{X} \cdot \frac{A}{W_s} \cdot \frac{P_o}{b}}$$

Dimana :

- $\theta_s$  = waktu umur simpan (hari)
- $m_e$  = kadar air kesetimbangan produk (% berat kering)
- $m_i$  = kadar air awal produk (% berat kering)
- $m_c$  = kadar air kritis (% berat kering)
- $P/X$  = permeabilitas uap air kemasan ( $g/m^2 mmHg/24$  jam)
- $A$  = luas permukaan kemasan ( $m^2$ )
- $W_s$  = berat bahan dalam kemasan (g)
- $P_o$  = Tekanan jenuh uap air pada suhu penyimpanan (mmHg), yang diperoleh berdasarkan tabel *vapor pressure* pada suhu  $30^\circ C$
- $B$  = slope dari kurva sopsi isothermis (yang diasumsikan linier)



Untuk perkiraan umur simpan *flake* ubi kayu digunakan berbagai jenis bahan pengemas yang diketahui nilai permeabilitas kemasannya yaitu dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Permeabilitas Uap Air Kemasan Plastik Polietilen dan Polipropilen pada Kondisi Suhu 30 °C**

Jenis Kemasan	Permeabilitas Kemasan (g/m <sup>2</sup> mmHg/24 jam)
<i>Density Polyethylene</i> (LDPE)	0.5
<i>Medium Density Polyethylene</i> (MDPE)	0.3
<i>Polypropilene</i> (PP)	0.185
<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)	0.1

Sumber: Modern Plastic Encyclopedia

Alasan pemilihan jenis kemasan ini terutama karena nilai permeabilitas terhadap uap air rendah dan banyak digunakan dalam pengemasan bahan pangan (Buckle, et.al., 1987).

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif (Suryabrata, 1989). Hasil penelitian disusun dalam daftar, dianalisa dan dirata-rata dari seluruh ulangan serta dibuat grafik untuk kemudian diinterpretasikan sesuai dengan hasil pengamatan yang ada.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

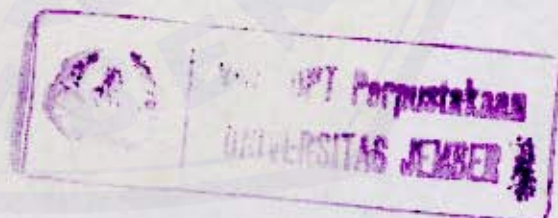
### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai umur simpan *flake* ubi kayu dengan model sorpsi isotermis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Aktivitas air ( $a_w$ ) *flake* ubi kayu yang dihasilkan berkisar 0.21-0.29.
2. Kurva sorpsi isotermis *flake* ubi kayu berbentuk sigmoid (menyerupai huruf S) dan menunjukkan kurva sorpsi isotermis adsorpsi.
3. Umur simpan *flake* ubi kayu paling lama adalah komposisi 75:25 disimpan menggunakan kemasan HDPE pada RH 85% selama 284 hari, sedangkan umur simpan *flake* ubi kayu paling pendek adalah komposisi 75:25 dan 80:20 disimpan menggunakan kemasan LDPE pada RH 95% selama 21 hari.

### 5.2 Saran

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang penyimpanan produk *flake* pada kondisi yang sebenarnya, sehingga dapat dilakukan penyesuaian konstanta persamaan Heiss dan Eichner dalam perhitungan umur berdasarkan hasil percobaan.





DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M. 1982. *Aktivitas Air dan Kerusakan Bahan Makanan*. Yogyakarta : Agritech.
- Ajibola, O. O. 1986. *Desorption Isotherms for Plantain at Several Temperatures*. dalam journal of Food Science. Vol. 51 No.1.
- Brooker, D. B., F. W. Bakker – Arkema and C. W. Hall. 1974. *Drying Cereal Grains*. The AVI Publishing Company, Inc., Westport. Connecticut.
- Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet, M. Wootton. 1987. *Ilmu Pangan*. diterjemahkan Oleh Purnomo, H.A. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Chirife, J. dan Iglesias, H.A. 1982. *Equations for Fitting Water Sorption Isotherm of Foods*. USA : Avi Publishing Company Inc.
- Darmadjati, D.S. dan S. Widowati. 1993. *Pembinaan Sistem Agroindustri Tepung Kasava pola Usaha Tani Inti Plasma di Kab. Ponorogo*. Laporan Penelitian Kerjasama Balitta Sukamandi dengan P.T Petro Aneke Usaha Sukamandi.
- Hanlon, J. F. 1978. *Handbook or Package Engineering Mc*. New York : Graw Hill Book Co.
- <http://www.google.com>. 2002. *Lagume Lokal Bergizi Tinggi*. <http://www.suaramerdeka.com> diakses 05/13/02.
- Isse, M.G., Schuchmann, H. dan Schubert, H. 1983. *Divided Sorption Isotherm Concept an Alternative Way to Describe Sorption Isotherm Data*. Journal Food Engineering. Vol. 16. 147-157.
- Jones, D. W. K, and Amos. 1967. *Modern Cereal Chemistry 6<sup>th</sup>*. London : edition, Food of Trade Press Ltd.
- Karyadi, D. dan Muhilal. 1985. *Kecukupan Gizi yang Dianjurkan*. Jakarta : PT. Gramedia.
- Kent, N. L. 1975. *Technologi of Cereal With Special Reference To Wheat*, 2<sup>nd</sup> edition. Sidney : Pergamon Press.
- Kinsella, J.E. 1985. *Phisicochemical and Function Properties of Oil Seed Proteins with Emphasis on Soy Proteins*. Dalam Aaron M. Althschul and Harold L Willeke (eds). New Protein Vol :5. New York : Academic Press, Inc.
- Muchtadi, T.R. 1988. *Teknologi Pemasaran Ekstrusi*. Bogor : Lembaga Sumber Daya Informasi, IPB.



## Digital Repository Universitas Jember

- Munarso, S. J. 1993. *Teknologi Pasca Panen dan Pengolahan Jagung*. Buletin Teknik Sukamandi Balai Teknologi Tanaman Pangan.
- Najiyati dan Danarti. 2000. *Palawija, Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Jakarta : Swadaya.
- Prince, J. F and G.W. Schningert. 1970. *The Science of Meat and Meat Product*. San Francisco : W. M Freeman and Co, 367.
- Purnomo, H. 1995. *Aktivitas Air dan Peranannya dalam Pengawetan Pangan*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Robertson, G.L., 1993. *Food Packaging : Principle and Practice*. New York : Marcel Dekker Inc.
- Smith, W. H. 1977. *Biscuit, Crackers and Cookies Technology, Production and Management*, Vol. 1. London : Applied Science Publisher Ltd.
- Sudarmadji, S.B., Haryono dan Suhardi. 1984. *Prosedur Analisis untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberty Press.
- Suprpti, L. M. 2002. *Tepung Kasava Pembuatan dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta : Kanisius.
- Suryabrata, S. 1989. *Metodologi Penelitian*. Jakarta : Paja Grafindo Persada.
- Syarief, R . 1980. *Etvdes Preliminaires Dela Game D'etalonnage Des Capteus D'humidite Al'aide de Deux Principes de Regulation de l'humidite Relative*. Raport de Stag de DESS de Genie Industriel – Universite de Nantes.
- Syarief, R. dan H. Halid. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*, kerjasama dengan pusat antar Universitas Pangan dan Gizi IPB. Bandung : Penerbit Arcam.
- Suliantari dan Rahayu P.W. 1990. *Teknologi Fermentasi Biji dan Umbi-Umbian*. Bogor : PAU Pangan dan Gizi IPB.
- Taib, G., G. Said dan S. Wiraatmadja. 1988. *Operasi Pengeringan pada Hasil Pertanian*. Jakarta : Mediyatama Sarana Perkasa.
- Winarno F. G., S. Fardiaz dan D. Fardiaz. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Van der Maesen, L. J. G., dan S. Samaatmadja. 1993. *Proses Sumber Daya Nabati Asia Tenggara I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- \_\_\_\_\_. 1989. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- \_\_\_\_\_. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.



# Digital Repository Universitas Jember

Wodfood, J.G and L.S. Bohr. 1975. *Commercial Fruit Processing*. the AVI Publishing Company, Inc. Westport. Connecticut.



**LAMPIRAN 1****Data Hasil Pengamatan Kadar Air Awal dan Kadar Air Kritis**

<b>Komposisi</b>	<b>Kadar air awal (%bk)</b>	<b>Kadar air kritis (%bk)</b>
70:30	6.65	14.80
75:25	3.90	14.04
80:20	6.05	13.98

**LAMPIRAN 2****Data Hasil Perhitungan Rata-Rata Kadar Air Keseimbangan**

<b>Komposisi</b>	<b>Kadar Air Keseimbangan (%bk)</b>			
	<b>NaOH (H<sub>2</sub>O) (RH = 6.87)</b>	<b>MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub> (RH = 32.38)</b>	<b>NaBr.2H<sub>2</sub>O (RH = 57.7)</b>	<b>KCl (RH = 83.53)</b>
70:30	4.38	7.04	11.93	30.94
75:25	2.31	5.74	8.08	24.01
80:20	4.13	7.18	11.54	31.89



## LAMPIRAN 3

Data Rata-Rata Perubahan Berat Sampel *Flake Ubi Kayu* Pada  $a_w$  Garam Jenuh Yang Berbeda

$a_w$	Komposisi 70:30			Komposisi 75:25			Komposisi 80:20		
	2 jam	4 jam	6 jam	2 jam	4 jam	6 jam	2 jam	4 jam	6 jam
0.0687	-0.0035	-0.0049	-0.0086	-0.0066	-0.0107	-0.0159	-0.0028	-0.005	-0.0059
0.3238	0.0026	0.0029	0.0022	0.0011	0.0021	0.0031	0.0021	0.0031	0.0036
0.5770	0.1108	0.1108	0.0153	0.0056	0.0094	0.0133	0.0103	0.0168	0.0208
0.8353	0.3292	0.0451	0.0576	0.0113	0.0259	0.066	0.0232	0.0409	0.0528

## LAMPIRAN 4

## Penurunan Persamaan Matematis Model Oswin, Chung-Pfost dan Chen-Clayton

## 1. Persamaan Oswin

$$m = c \left( \frac{a_w}{1 - a_w} \right)^n \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\ln m = \ln \left( c \left( \frac{a_w}{1 - a_w} \right)^n \right) \dots\dots\dots (1.2)$$

$$\ln m = \ln c + n \ln \left( \frac{a_w}{1 - a_w} \right) \dots\dots\dots (1.3)$$

## 2. Persamaan Chung - Pfost

$$m = \frac{-1}{b} \ln \left( \frac{T \ln RH}{-a} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{b} \ln \left( \frac{T \ln RH}{-a} \right) \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\ln m = \ln \frac{-1}{b} + \ln \ln \left( \frac{T \ln RH}{-a} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\ln m = \left( \ln \frac{-1}{b} - \ln \ln(-a) \right) + \ln \ln(T \ln RH) \dots\dots\dots (2.4)$$

## 3. Persamaan Chen - Clayton

$$m = \frac{-1}{c T^d} \ln \left( \frac{\ln RH}{-a T^b} \right) \dots\dots\dots (3.1)$$

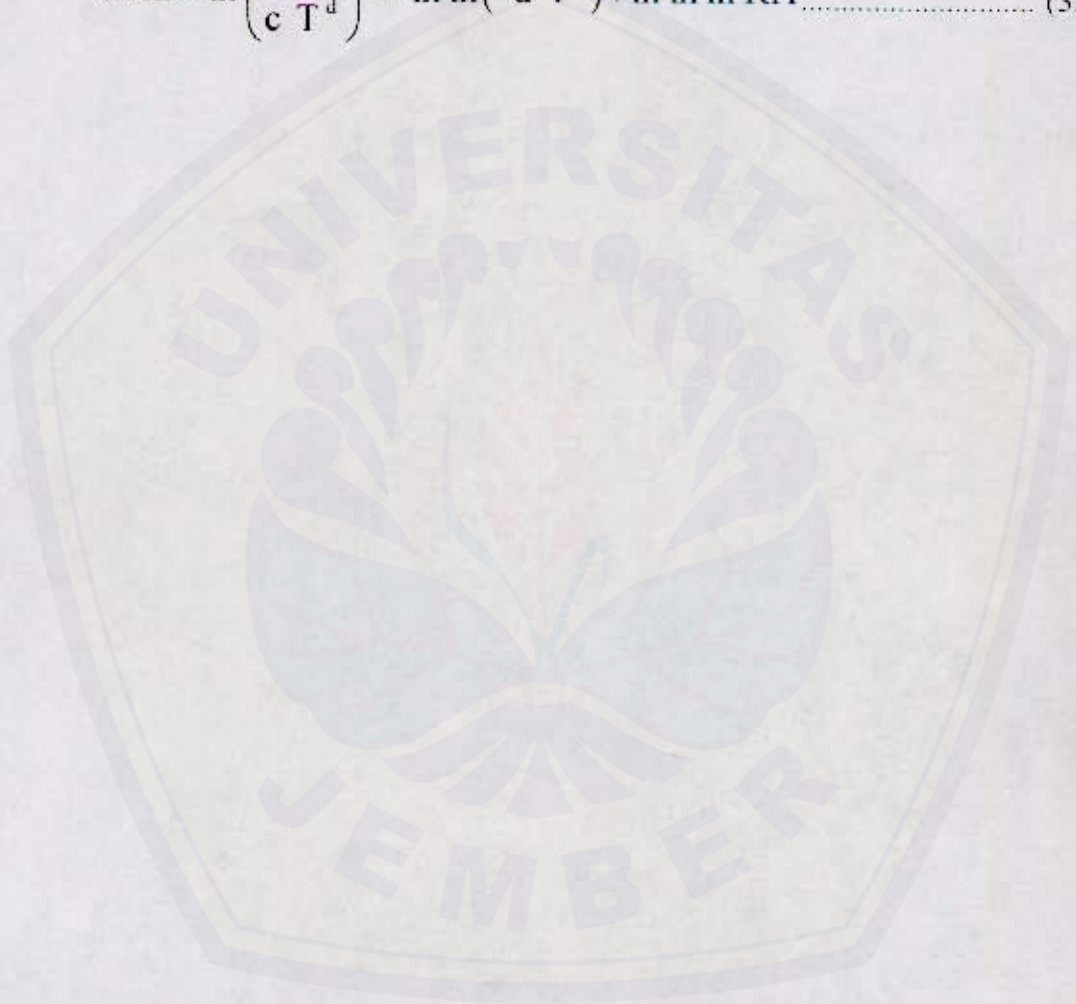
$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \ln \left( \frac{\ln RH}{-a T^b} \right) \right) \dots\dots\dots (3.2)$$



$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) + \ln \ln \left( \frac{\ln RH}{-a T^b} \right) \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) + \ln \ln \ln RH - \ln \ln (-a T^b) \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) - \ln \ln (-a T^b) + \ln \ln \ln RH \dots\dots\dots (3.5)$$



LAMPIRAN 5

PERHITUNGAN PENENTUAN KADAR AIR KESETIMBANGAN BERDASARKAN MODEL-MODEL PERSAMAAN

KOMPOSISI 70:30

RH	6.870	32.380	57.700	83.530
$a_w$	0.069	0.324	0.577	0.835
m	4.380	7.040	11.930	30.940

KOMPOSISI 75:25

RH	6.870	32.380	57.700	83.530
$a_w$	0.069	0.324	0.577	0.835
m	2.310	5.740	8.080	21.010

KOMPOSISI 80:20

RH	6.870	32.380	57.700	83.530
$a_w$	0.069	0.324	0.577	0.835
m	4.130	7.180	11.540	31.890

I. PERSAMAAN OSWIN

$$\ln m = n \ln c + n \ln (a_w/(1-a_w))$$

$$y = \ln m$$

$$a = n \ln c$$

$$b = n$$

$$x = \ln (a_w/(1-a_w))$$

KOMPOSISI 70:30

$\ln m$	$\ln (a_w/(1-a_w))$
1.477049	-2.6068323
1.951608	-0.7363628
2.479056	0.3104701
3.43205	1.6236653

dihasilkan persamaan linier :  $y = a + bx$

$$a = 2,4948$$

$$y = 2,4948 + 0,4538x$$

$$b = 0,4538$$

Contoh perhitungan mencari m atau me :

$$\text{Untuk } a_w 0,0687 : \ln m = 2,4948 + 0,42538 \ln (0,0687/(1-0,0687))$$

$$\ln m = 1,3209604$$

$$m = 3,7129232$$

$a_w$	$\ln m$	m atau me
0.0687	1.3209604	3.7129232
0.3238	2.1606386	8.67667648
0.577	2.6356913	13.9529553
0.8353	3.2316193	25.3206258

$$\text{MRD} = (100/4)*(((4,38-3,7129232)/4,38)+((7,04-8,67667648)/7,04)+((11,93-13,9529553)/11,93)+((30,94-25,3206258)/30,94))$$

$$\text{MRD} = 1,7032228$$

KOMPOSISI 75:25

$\ln m$	$\ln (a_w/(1-a_w))$
0.837248	-2.6068323
1.747459	-0.7363628
2.089392	0.3104701
3.17847	1.6236653

dihasilkan persamaan linier :  $y = a + bx$

$$a = 2,151$$

$$y = 2,151+0,5333x$$

$$b = 0,5333$$



Contoh perhitungan mencari m atau me :

Untuk  $a_w$  0,0687 :  $\ln m = 2,151 + 0,5333 \ln (0,0687/(1-0,0687))$

$\ln m = 0,7715186$

$m = 2,1399368$

$a_w$	$\ln m$	m atau me
0.0687	0.7715186	2.1399368
0.3238	1.7582977	5.8025513
0.577	2.3165737	10.1408691
0.8353	3.0169007	20.4278814

$$MRD = (100/4) * [((2,31-2,1399368)/2,31) + ((5,74-5,8025513)/5,74) + ((8,08-10,1408691)/8,08) + ((24,01-20,4278814)/24,01)]$$

MRD = 1.3286853

**KOMPOSISI 80:20**

$\ln m$	$\ln (a_w/(1-a_w))$
1.418277	-2.6068323
1.971299	-0.7363628
2.445819	0.3104701
3.462293	1.6236653

dihasilkan persamaan linier :  $y = a + bx$

$a = 2,4903$

$y = 2,4903 + 0,4708x$

$b = 0,4708$

Contoh perhitungan mencari m atau me :

Untuk  $a_w$  0,0687 :  $\ln m = 2,4903 + 0,4708 \ln (0,0687/(1-0,0687))$

$\ln m = 1,2630034$

$m = 3,5360257$

$a_w$	$\ln m$	m atau me
0.0687	1.2630034	3.5360257
0.3238	2.1436204	8.5302648
0.577	2.6364693	13.9638144
0.8353	3.2547216	25.9124001

$$MRD = (100/4) * [((4,13-3,5360257)/4,13) + ((7,18-8,5302648)/7,18) + ((11,54-13,9638144)/11,54) + ((31,89-25,9124001)/31,89)]$$

MRD = 1,6707824

**II, PERSAMAAN CHUNG - PFOST**

$\ln m = (\ln -1/b - \ln \ln(-a)) + \ln(\ln(T \ln RH))$

$y = \ln m$

$a = \ln -1/b - \ln \ln(-a)$

$x = \ln(\ln(T \ln RH))$

**KOMPOSISI 70:30**

$\ln m$	$\ln RH$	(303 K) $\ln RH$	$\ln (T (\ln RH))$	$\ln(\ln(T \ln RH))$
1.477049	1.9271641	583.9307	6.3697824	1.851565
1.951608	3.4775409	1053.6949	6.9600582	1.940188
2.479056	4.055257	1228.7429	7.1137469	1.962029
3.43205	4.4252058	1340.8374	7.2010496	1.974228

dihasilkan persamaan linier :  $y = ax + b$

$a = 12,636$

$y = 12,636x - 22,077$

$b = -22,077$

Contoh perhitungan mencari m atau me :

Untuk RH 6,87 :  $\ln m = 12,636 (\ln \ln (T \ln 6,87)) - 22,077$

$\ln m = 1,3193753$

$m = 3,7410836$

RH	ln m	m atau me
6.87	1.3193753	3.7410836
32.38	2.4392156	11.4640448
57.7	2.7151984	15.1076071
83.53	2.869345	17.6254768

$$MRD = (100/4)*[(((4,38-3,7410836)/4,38)+((7,04-11,4640448)/7,04)+((11,93-15,1076071)/11,93)+((30,94-17,6254768)/30,94))]$$

$$MRD = 5,5400747$$

**KOMPOSISI 75:25**

ln m	ln RH (303 K)	ln RH	ln (T (ln RH))	ln(ln(T ln RH))
0.837248	1.927164	583.930700	6.369782	1.851565
1.747459	3.477541	1053.694900	6.960058	1.940188
2.089392	4.055257	1228.742900	7.113747	1.962029
3.178470	4.425206	1340.837400	7.201050	1.974228

dihasilkan persamaan linier :  $y = ax + b$

$$a = 15,605$$

$$y = 15,605x - 28,186$$

$$b = -28,186$$

Contoh perhitungan mencari m atau me :

$$\text{Untuk RH 6,87 : } \ln m = 15,605 \ln(\ln(T \ln 6,87)) - 28,186$$

$$\ln m = 0,7076718$$

$$m = 2,0292612$$

RH	ln m	m atau me
6.87	0.7076718	2.0292612
32.38	2.0906337	8.0900402
57.7	2.4314625	11.3755066
83.53	2.6218279	13.7608546

$$MRD = (100/4)*[(((2,31-2,0292612)/2,31)+((5,74-8,0900402)/5,74)+((8,08-11,3755066)/8,08)+((24,01-13,7608546)/24,01))]$$

$$MRD = 6,7218159$$

**KOMPOSISI 80:20**

ln m	ln RH	(303 K) ln RH	ln (T (ln RH))	ln(ln(T ln RH))
1.418277	1.9271641	583.9307	6.3697824	1.851565
1.971299	3.4775409	1053.6949	6.9600582	1.940188
2.445819	4.055257	1228.7429	7.1137469	1.962029
3.462293	4.4252058	1340.8374	7.2010496	1.974228

dihasilkan persamaan linier :  $y = ax + b$

$$a = 13,196$$

$$y = 13,196x - 23,17$$

$$b = -23,17$$

Contoh perhitungan mencari m atau me :

$$\text{Untuk RH 6,87 : } \ln m = 13,196 \ln(\ln(T \ln 6,87)) - 23,17$$

$$\ln m = 1,2590057$$

$$m = 3,5219179$$

RH	ln m	m atau me
6.87	1.2632517	3.5369038
32.38	2.4327208	11.3898294
57.7	2.7209347	15.1945179
83.53	2.8819127	17.8483789

$$MRD = (100/4)*[(((4,13-3,5369038)/4,13)+((7,18-11,3898294)/7,18)+((11,54-15,1945179)/11,54)+((31,89-17,8483789)/31,89))]$$

$$MRD = 7,9772215$$



III, PERSAMAAN CHEN - CLAYTON

$$\ln m = \ln (1/c T^d) - \ln \ln (-a T^b) + \ln \ln \ln RH$$

$$y = \ln m$$

$$x = \ln \ln \ln RH$$

$$b = \ln (1/c T^d) - \ln \ln (-a T^b)$$

KOMPOSISI 70:30

RH	ln m	ln RH	ln ln RH	ln ln ln RH
6.87	1.6370531	1.9271641	0.6560495	-0.421519
32.38	2.0605135	3.4775409	1.2463254	0.220199
57.7	2.5510064	4.055257	1.400014	0.336482
83.53	3.4704124	4.4252058	1.4873168	0.396974

dihasilkan persamaan linier :  $y = b + ax$

$$a = 1,7861$$

$$y = 2,0973 + 1,7861x$$

$$b = 2,0973$$

Contoh perhitungan mencari m atau me :

$$\text{Untuk RH } 6,87 : \ln m = 2,0973 + 1,7861 \ln \ln \ln 6,87$$

$$\ln m = 1,344429$$

$$m = 3,8359799$$

RH	ln m	m atau me
6.87	1.344429	3.8359799
32.38	2.4905992	12.0685056
57.7	2.6982905	14.8543166
83.53	2.8063353	16.5491586

$$MRD = (100/4) * [(((4,38 - 3,8359799) / 4,38) + ((7,04 - 12,0685056) / 7,04) + ((11,93 - 14,8543166) / 11,93) + ((30,94 - 16,5491586) / 30,94))]$$

$$MRD = 9,2518218$$

KOMPOSISI 75:25

RH	ln m	ln RH	ln ln RH	ln ln ln RH
6.87	0.8878913	1.9271641	0.6560495	-0.421519
32.38	1.7715568	3.4775409	1.2463254	0.220199
57.7	2.1053529	4.055257	1.400014	0.336482
83.53	3.1855258	4.4252058	1.4873168	0.396974

dihasilkan persamaan linier :  $y = b + ax$

$$a = 2,2338$$

$$y = 1,666 + 2,2338x$$

$$b = 1,666$$

Contoh perhitungan mencari m atau me :

$$\text{Untuk RH } 6,87 : \ln m = 1,666 + 2,2338 \ln \ln \ln 6,87$$

$$\ln m = 0,7244109$$

$$m = 2,0635151$$

RH	ln m	m atau me
6.87	0.7244109	2.0635151
32.38	2.1578819	8.6527908
57.7	2.4176335	11.2192775
83.53	2.5527599	12.8424983

$$MRD = (100/4) * [(((2,31 - 2,0635151) / 2,31) + ((5,74 - 8,6527908) / 5,74) + ((8,08 - 11,219275) / 8,08) + ((24,01 - 12,8424983) / 24,01))]$$

$$MRD = 8,1039274$$

**KOMPOSISI 80:20**

RH	ln m	ln RH	* ln ln RH	ln ln ln RH
6.87	1.4182774	1.9271641	0.6560495	-0.421519
32.38	1.9712994	3.4775409	1.2463254	0.220199
57.7	2.4458193	4.055257	1.400014	0.336482
83.53	3.4622925	4.4252058	1.4873168	0.396974

dihasilkan persamaan linier :  $y = b + ax$

$$a = 1,879$$

$$y = 2,0757 + 1,8695x$$

$$b = 2,0671$$

Contoh perhitungan mencari m atau me :

$$\text{Untuk RH 6,87 : } \ln m = 2,0757 + 1,8695 \ln \ln 6,87$$

$$\ln m = 1,2876702$$

$$m = 3,6243327$$

RH	ln m	m atau me
6.87	1.2876702	3.6243327
32.38	2.487362	12.0295004
57.7	2.7047531	14.9506249
83.53	2.8178429	16.7407002

$$\text{MRD} = (100/4) \left[ \left( \frac{(4,13 - 3,6243327)/4,13}{(7,18 - 12,0295004)/7,18} \right) + \left( \frac{(11,54 - 14,9506249)/11,54}{(31,89 - 16,7407002)/31,89} \right) \right]$$

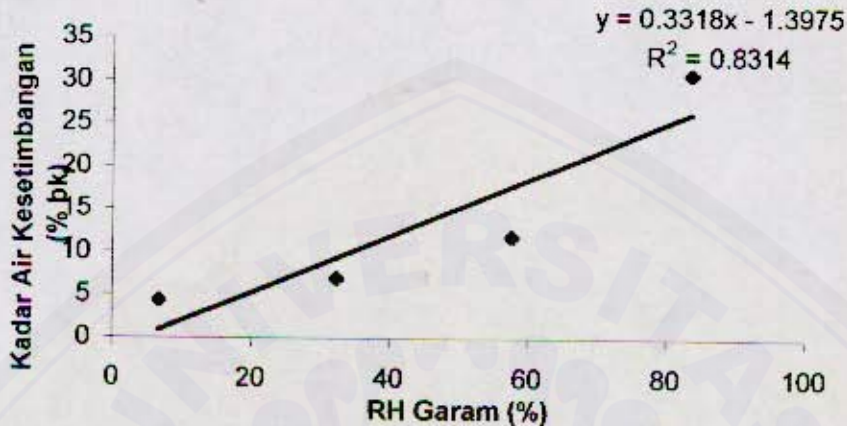
$$\text{MRD} = 9,3369942$$



LAMPIRAN 6  
PERHITUNGAN PENENTUAN UMUR SIMPAN FLAKE UBI KAYU

FLAKE UBI KAYU KOMPOSISI 70:30

RH	6.87	32.38	57.7	83.53
me	4.38	7.04	11.93	30.94



Slope antara kadar air kesetimbangan dengan RH garam jenuh (b) 0.3318  
 Kadar air awal (mi) = 6.65%  
 Kadar air kritis (mc) = 14.80%  
 Berat awal (Ws) = 200 gram  
 Tekanan jenuh = 31.8 mmHg (dari tabel uap jenuh pada suhu 30 derajat C)  
 Luas permukaan kemasan (A) = 0.0429 m<sup>2</sup>

Mencari me hasil perhitungan dari persamaan Oswin :

$$y = 2.4948 + 0.4538x$$

$$\ln me = 2.4948 + 0.4538 \ln (RH / (100 - RH))$$

RH 85%       $\ln me = 2.4948 + 0.4538 \ln (85 / (100 - 85))$        $\ln (85 / (100 - 85)) = 1.1734601$   
 $\ln me = 3.281962$   
 $me = 26.627966$

RH 95%       $\ln me = 2.4948 + 0.4538 \ln (95 / (100 - 95))$        $\ln (95 / (100 - 95)) = 2.944439$   
 $\ln me = 3.830986$   
 $me = 46.107998$

Contoh perhitungan masa simpan Flake Ubi Kayu untuk RH 85% dengan permeabilitas kemasan 0.1 (jenis kemasan HDPE) :

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{me - mi}{me - mc}}{\frac{P}{X} \cdot \frac{A}{Ws} \cdot \frac{Po}{b}}$$

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{26.628 - 6.65}{26.628 - 14.80}}{0.1 \cdot \frac{0.0429}{200} \cdot \frac{31.8}{0.3318}}$$

$$\theta_s = \frac{0.524162}{0.002056}$$

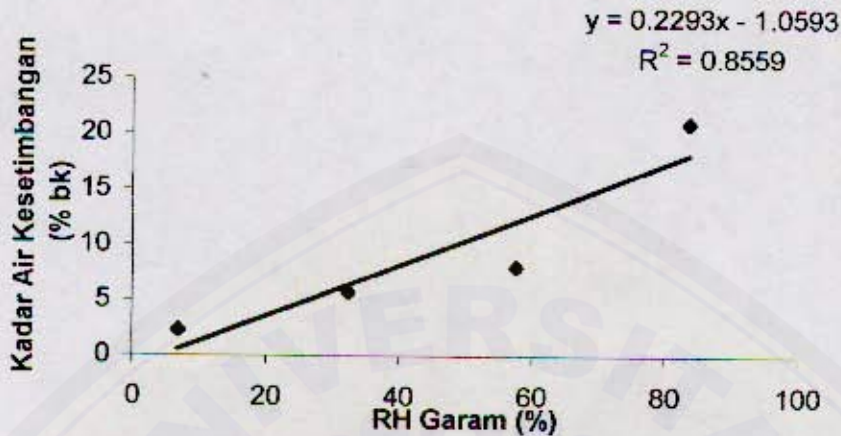
$$\theta_s = 255$$

Hasil Perhitungan Masa Simpan Flake Ubi Kayu

Jenis pengemas	P/X	RH 85%	RH 95%
HDPE	0.1	255	113
PP	0.185	138	60
MDPE	0.3	85	38
LDPE	0.5	51	23

**FLAKE UBI KAYU KOMPOSISI 75:25**

RH	6.87	32.38	57.7	83.53
me	2.31	5.74	8.08	21.01



Slope antara kadar air kesetimbangan dengan RH garam jenuh (b) 0.2293  
 Kadar air awal (mi) = 3.90%  
 Kadar air kritis (mc) = 14.04%  
 Berat awal (Ws) = 200 gram  
 Tekanan jenuh = 31.8 mmHg (dari tabel uap jenuh pada suhu 30 derajat C)  
 Luas permukaan kemasan (A) = 0.0429 m<sup>2</sup>

Mencari me hasil perhitungan dari persamaan Oswin :

$$y = 2.151 + 0.5333x$$

$$\ln me = 2.151 + 0.5333 \ln (RH/(100-RH))$$

RH 85%                       $\ln me = 2.151 + 0.5333 \ln (85/(100-85))$        $\ln (85/(100-85)) = 1.1734601$   
 $\ln me = 3.076063$   
 $me = 21.672908$

RH 95%                       $\ln me = 2.151 + 0.5333 \ln (95/(100-95))$        $\ln (95/(100-95)) = 2.944439$   
 $\ln me = 3.721269$   
 $me = 41.316805$

Contoh perhitungan masa simpan Flake Ubi Kayu untuk RH 85% dengan permeabilitas kemasan 0.1 (jenis kemasan HDPE) :

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{me - mi}{me - mc}}{\frac{P}{X} \cdot \frac{A}{Ws} \cdot \frac{Po}{b}}$$

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{21.675 - 3.90}{21.675 - 14.04}}{0.1 \cdot \frac{0.0429}{200} \cdot \frac{31.8}{0.2293}}$$

$$\theta_s = \frac{0.845199}{0.002975}$$

$$\theta_s = 284$$

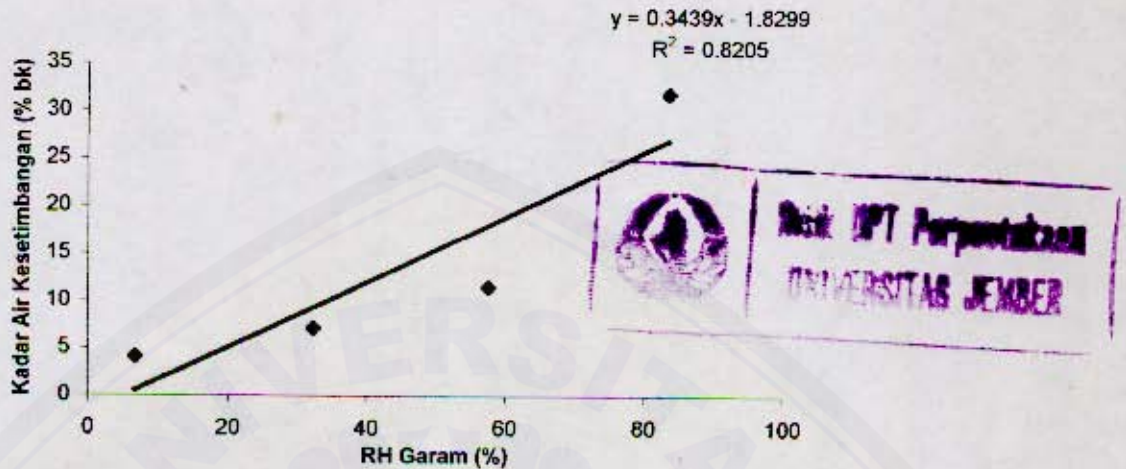
**Hasil Perhitungan Masa Simpan Flake Ubi Kayu**

Jenis pengemas	P/X	RH 85%	RH 95%
HDPE	0.1	284	106
PP	0.185	154	58
MDPE	0.3	95	35
LDPE	0.5	57	21



**FLAKE UBI KAYU KOMPOSISI 80:20**

RH	6.87	32.38	57.7	83.53
me	4.13	7.18	11.54	31.89



Slope antara kadar air kesetimbangan dengan RH garam jenuh (b) 0.3439  
 Kadar air awal (mi) = 6.05%  
 Kadar air kritis (mc) = 13.98%  
 Berat awal (Ws) = 200 gram  
 Tekanan jenuh = 31.8 mmHg (dari tabel uap jenuh pada suhu 30 derajat C)  
 Luas permukaan kemasan (A) = 0.0429 m<sup>2</sup>

Mencari me hasil perhitungan dari persamaan Oswin :

$$y = 2.4903 + 0.4708x$$

$$\ln me = 2.4903 + 0.4708 \ln (RH/(100-RH))$$

RH 85%       $\ln me = 2.4903 + 0.4708 \ln (85/(100-85))$        $\ln (85/(100-85)) = 1.1734601$   
 $\ln me = 3.306950$   
 $me = 27.301728$

RH 95%       $\ln me = 2.4903 + 0.4708 \ln (95/(100-95))$        $\ln (95/(100-95)) = 2.944439$   
 $\ln me = 3.876542$   
 $me = 48.257048$

Contoh perhitungan masa simpan Flake Ubi Kayu untuk RH 85% dengan permeabilitas kemasan 0.1 (jenis kemasan HDPE) :

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{me - mi}{me - mc}}{\frac{P}{X} \cdot \frac{A}{Ws} \cdot \frac{Po}{b}}$$

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{27.302 - 6.05}{27.302 - 13.98}}{0.1 \cdot \frac{0.0429}{200} \cdot \frac{31.8}{0.3439}}$$

$$\theta_s = \frac{0.467034}{0.001983}$$

$$\theta_s = 236$$

**Hasil Perhitungan Masa Simpan Flake Ubi Kayu**

Jenis pengemas	P/X	RH 85%	RH 95%
HDPE	0.1	236	105
PP	0.185	127	57
MDPE	0.3	78	35
LDPE	0.5	47	21