

**PENERAPAN MODEL OSWIN  
PADA KADAR AIR SETIMBANG  
IKAN KAKAP PUTIH (*Lates calcarifer*) KERING**

**KARYA ILMIAH TERTULIS  
(SKRIPSI)**



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



Buku UPT Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER

Oleh :

**Anna Diyah Pratiwi**  
NIM. 991710201072

Medi  
Perbelian  
Tgl. 10 OCT 2003  
No. Induk  
Klass  
631  
PRA  
P.c.1  
Sy/

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2003**



**DOSEN PEMBIMBING**

- Ir. SISWIJANTO, MP. (DPU)
- Ir. SURYANTO, MP. (DPA I)
- Dr. SISWOYO. S, STp. M.Eng (DPA II)

Diterima oleh :

Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Sebagai Karya Ilmiah Tertulis

Dipertahankan pada :

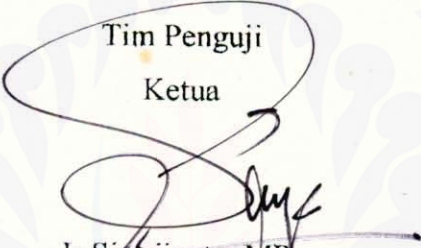
Hari : Rabu

Tanggal : 10 September 2003

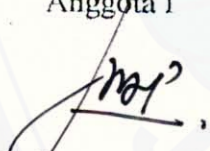
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian

Tim Penguji

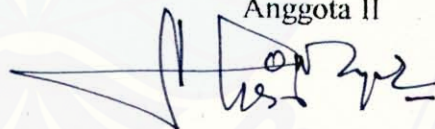
Ketua

  
Ir. Siswijanto, MP  
NIP. 131 802 225

Anggota I


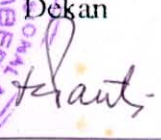
  
Ir. Suryanto, MP  
NIP. 131 759 841

Anggota II

  
Dr. Siswoyo, S, STp, M.Eng  
NIP. 132 090 696

Mengesahkan

Dekan

  
  
Ir. Hj. Siti Hartanti, M.S.  
NIP. 130 350 763

## Motto

Sesuatu untuk dikerjakan.....

Seseorang untuk dicintai.....

Sesuatu untuk diharapkan.....

itulah kebahagiaan. (By Immanuel Kant)

Kamu tidak benar-benar kalah hingga kamu berhenti mencoba. (Mikke Dikta)

Kepuasan sebenarnya terletak pada usaha yang kita lakukan, bukan pada pencapaiannya.

(By Moh. K. Gandhi)

Pohon yang besarnya sepelukan tumbuh dari benih yang kecil saja. Menara setinggi sembilan tingkat dibangun mulai dari seonggak tanah. Perjalanan seribu langkah dimulai dari satu langkah. (Lauzi)

## PERSEMBAHAN

Berkat Rahmat dan Ridho-Nya, terselesaikanlah karya kecil ini. Terima kasih *Dinda* ucapkan pada:

*Bapak dan ibu-koe* atas semua dukungan, support dan cintanya. Karena tanpa itu, takkan mungkin semua dapat ku raih.

*Bu' Chay* sekeluarga, ..... terima kasih atas semua nasihat, amanat, serta do'anya.

Adikku yang kusayangi.... *Yuli & Dika*  
Kalian harus lebih dari ini !!!!

*Wid ~ koe*..... Atas segala kesabaran, kasih sayang dan dorongan untuk yang terbaik. Terima kasih banyak atas *Cintanya*.

Teman -koe, Lina, Rahma, Rika, Dwi, Herni, Yenny, Irma, Tutik, Arie, Anik dan Tante.

Sahabat-sahabatku, Handri, Anip, dan Atin .... makasih atas bantuannya.

Teman-teman TEP '99, terima kasih atas semua dukungannya selama ini.

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya, yang telah memberikan kemampuan dan kesabaran kepada saya untuk menyelesaikan Karva Ilmiah Tertulis yang berjudul "*Peneranan Model Oswin Pada Kadar Air setimbang Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*) Kering*" guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program pendidikan srata satu di Fakultas Teknologi Pertanian.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, bimbingan dan masukkan dalam membantu pelaksanaan Karya Ilmiah Tertulis ini hingga terselesaikan penyusun laporan ini.

1. Ir. Siswijanto, MP. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian dan Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan mendukung hingga selesainya penulisan skripsi ini.
2. Ir. Suryanto, MP. selaku Dosen Pembimbing Anggota I yang telah banyak membimbing dan membina hingga selesainya penulisan skripsi ini.
3. Dr. Siswoyo S, STp. M.Eng selaku Dosen Pembimbing Anggota II yang telah memberikan masukan dan koreksi dalam penulisan skripsi ini.
4. Ir. Hj. Siti Hartanti, MS. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian.
5. Teknisi Laboratorium Teknik Pertanian dan karyawan Fakultas Teknologi Pertanian yang telah membantu.
6. Teman-teman angkatan 1999 yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terima kasih atas segala bantuan yang kalian berikan.

Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan berguna bagi pihak yang membutuhkan.

September 2003

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN DOSEN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>RINGKASAN</b> .....	xv
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Keadaan Umum Ikan .....	4
2.2 Komposisi Daging Ikan .....	5
2.3 Ikan Kakap .....	5
2.4 Pengawetan dengan Pengeringan .....	5
2.5 Macam-macam Pengeringan .....	6
2.5.1 Pengeringan Alami .....	6
2.5.2 Pengeringan Buatan .....	6
2.6 Keuntungan dan Kerugian Makanan yang Dikeringkan .....	7
2.6.1 Keuntungan .....	7
2.6.2 Kerugian .....	7

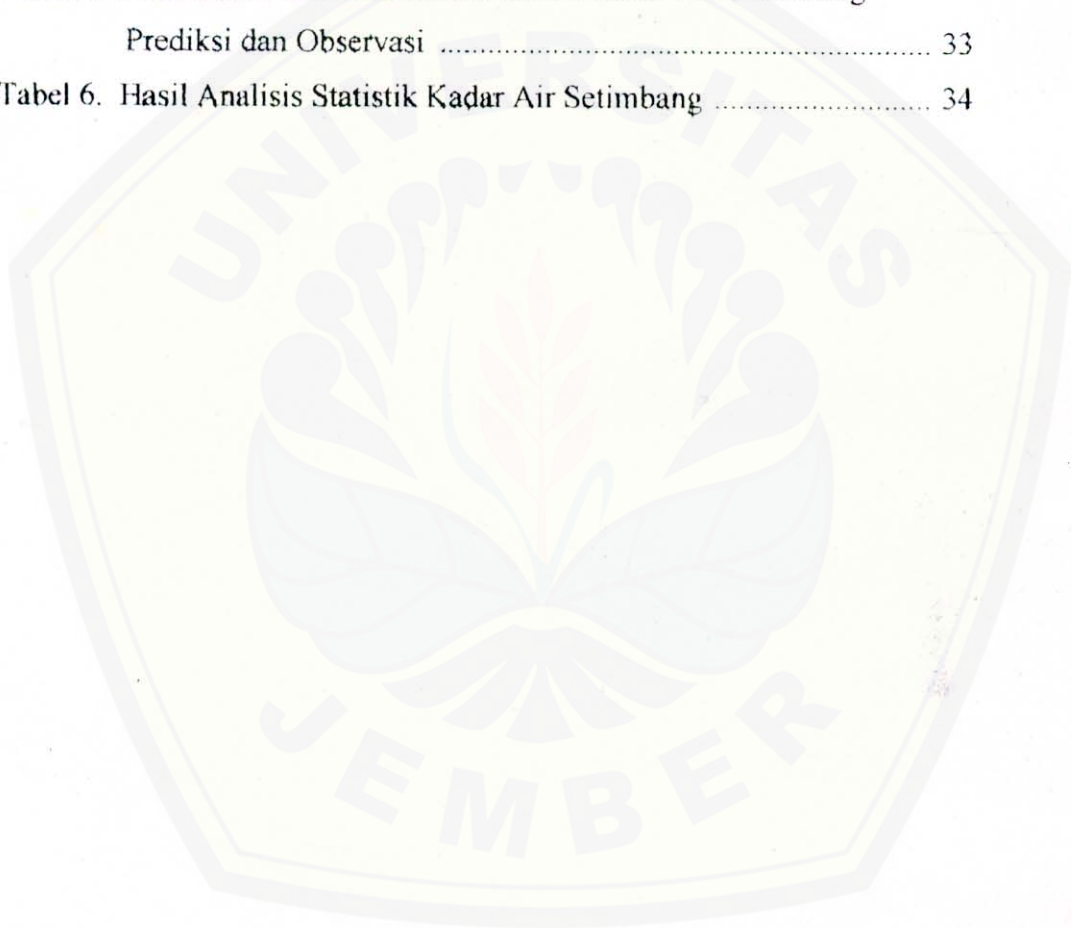
2.7	Alat Pengering.....	8
2.8	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengeringan .....	8
2.9	Kerusakan yang terjadi Selama Pengeringan .....	8
2.10	Proses Pengeringan.....	9
2.11	Periode Pengeringan.....	10
2.11.1	Tahap Kecepatan Konstan.....	10
2.11.2	Tahap Kecepatan Menurun .....	10
2.12	Kadar Air.....	11
2.12.1	Kadar Air Dasar Basah.....	11
2.12.2	Kadar Air Dasar Kering .....	11
2.13	Aktivitas Air.....	11
2.13.1	Definisi Aktivitas Air .....	11
2.13.2	Histerisis.....	12
2.14	Kadar Air Setimbang.....	14
<b>III.</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>17</b>
3.1	Waktu dan Tempat .....	17
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	17
3.2.1	Alat .....	17
3.2.2	Bahan.....	17
3.3	Pendekatan Teori.....	17
3.4	Pelaksanaan Penelitian .....	19
3.4.1	Gambar Konstruksi Alat.....	19
3.4.2	Penelitian Pendahuluan .....	19
3.4.3	Metode Penelitian .....	20
3.5	Parameter yang Diukur.....	21
3.6	Metode Analisis Interpretasi Data.....	21
3.7	Uji Validitas Model.....	21
3.7.1	Analisis Grafis .....	21
3.7.2	Uji Modulus Deviasi .....	22



<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	23
4.1 Hasil Penelitian.....	23
4.2 Isoterm Sorpsi Lembab (ISL).....	24
4.3 Penentuan Nilai Konstanta $c$ dan $n$ pada Persamaan Oswin .....	26
4.4 Uji Validitas .....	30
4.4.1 Kadar Air Setimbang Ikan Kakap Kering Prediksi.....	30
4.4.2 Analisis Grafis.....	31
4.4.3 Analisis Statistik.....	34
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	35
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran.....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	36
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 1. Komposisi Kimia Daging Ikan .....	1
Tabel 2. Kadar Air Setimbang Observasi Ikan Kakap Putih Kering.....	24
Tabel 3. Nilai Konstanta $c$ dan $n$ pada Berbagai Variasi Suhu .....	28
Tabel 4. Kadar Air Setimbang Observasi Ikan Kakap Putih Kering .....	30
Tabel 5. Nilai Koefisien Determinasi antara Kadar Air Setimbang Prediksi dan Observasi .....	33
Tabel 6. Hasil Analisis Statistik Kadar Air Setimbang .....	34



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 1. Komposisi Kimia Daging Ikan .....	1
Tabel 2. Kadar Air Setimbang Observasi Ikan Kakap Putih Kering.....	24
Tabel 3. Nilai Konstanta $c$ dan $n$ pada Berbagai Variasi Suhu .....	28
Tabel 4. Kadar Air Setimbang Observasi Ikan Kakap Putih Kering .....	30
Tabel 5. Nilai Koefisien Determinasi antara Kadar Air Setimbang Prediksi dan Observasi .....	33
Tabel 6. Hasil Analisis Statistik Kadar Air Setimbang .....	34



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kurva sorpsi isotermis .....	12
Gambar 2. Gambar konstruksi alat .....	19
Gambar 3. Grafik hubungan kadar air setimbang dengan RH .....	25
Gambar 4. Grafik hubungan $A_w$ dan kadar air setimbang pada $30^{\circ}\text{C}$ ..	27
Gambar 5. Grafik hubungan $A_w$ dan kadar air setimbang pada $40^{\circ}\text{C}$ ..	27
Gambar 6. Grafik hubungan $A_w$ dan kadar air setimbang pada $50^{\circ}\text{C}$ ..	28
Gambar 7. Grafik hubungan suhu dan konstanta $n$ .....	29
Gambar 8. Grafik hubungan suhu dan konstanta $c$ .....	29
Gambar 9. Grafik hubungan kadar air setimbang prediksi dan observasi dengan kelembaban .....	31
Gambar 10. Grafik hubungan KAS observasi dan prediksi pada $30^{\circ}\text{C}$ .....	32
Gambar 11. Grafik hubungan KAS observasi dan prediksi pada $40^{\circ}\text{C}$ .....	32
Gambar 12. Grafik hubungan KAS observasi dan prediksi pada $50^{\circ}\text{C}$ .....	33

DAFTAR NOTASI

$A$	= luas permukaan area ( $m^2$ )
$A_w$	= aktifitas air (desimal)
$C$	= konstanta pengeringan = 0 untuk <i>planar simetris</i> = 1 untuk <i>cylinder body</i> = 2 untuk <i>sphere</i>
$c, n$	= konstanta persamaan Oswin
$D_v$	= koefisien difusivitas massa ( $m^2/jam$ )
$\frac{dM}{dt}$	= kecepatan pengeringan ( $kg/s$ )
$\frac{dM}{dr}$	= perubahan massa perjari-jari ( $kg/m$ )
$E, F, C$	= konstanta persamaan Chung
ERH	= kelembaban relatif berimbang (%)
$f_v$	= koefisien transfer massa ( $kg/m^2sPa$ )
$P_s$	= tekanan pada $T_s$ ( $kg/m^2$ )
$H$	= koefisien transfer panas konveksi ( $W/m^2°C$ )
$h_{fg}$	= panas laten penguapan ( $J/kg$ )
$Me$	= kadar air setimbang (%)
$m$	= kadar air mula-mula (%)
$m_I$	= kadar air akhir (%)
$m_{wb}$	= kadar air dasar basah (%)
$m_{db}$	= kadar air dasar kering (%)
$P$	= tekanan uap air dari larutan pada suhu $T$ (atm)
$P_o$	= tekanan uap air murni pada suhu $T$ (atm)
$P_a$	= tekanan pada $T_a$ (atm)
$P_v$	= tekanan uap (atm)
$P_{vs}$	= tekanan uap jenuh (atm)
$T_a$	= suhu udara ( $°C$ )

- $T_s$  = suhu lingkungan ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $r$  = koordinat dari benda (m)  
 $W_a$  = jumlah air bahan (gr)  
 $W_b$  = jumlah bahan basah (gr)  
 $W_a$  = bobot air bahan (gr)  
 $W_k$  = bobot kering bahan (gr)



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Kadar Air Awal .....	37
Lampiran 2. Data Kadar Air Setimbang .....	38
Lampiran 3. Hubungan antara Aw dengan Kadar Air Setimbang .....	39
Lampiran 4. Data Kadar Air Prediksi dan Observasi .....	41
Lampiran 5. Konstanta c dan n .....	42
Lampiran 6. Cara menghitung Kadar Air Setimbang Prediksi .....	43
Lampiran 7. Listing Program untuk Menghitung Konstanta pada Persamaan Oswin .....	44
Lampiran 8. Jurnal .....	48



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagian besar wilayah Indonesia terdiri atas lautan. Perairan Indonesia meliputi 70% dari total wilayah yang dapat menghasilkan 8 juta ton ikan setiap tahun. Potensi perikanan tersebut baru dimanfaatkan 40% dengan produksi 1,8 juta ton, dengan kata lain pemanfaatannya belum optimal. Oleh karena itu, perlu adanya pemanfaatan sumber daya laut secara optimal (Syarif, R dan Irawati, A 1988).

Sejak beberapa abad yang lalu manusia telah memanfaatkan ikan sebagai salah satu bahan pangan yang banyak mengandung protein. Protein ikan sangat diperlukan oleh manusia. Menurut Afrianto, E dan Evi, A, (1989), daging ikan mempunyai komposisi kimia sebagai berikut.

Tabel 1. Komposisi Kimia Daging Ikan

Komposisi Kimia	%
Air	60-84
Protein	18-30
Lemak	0,1-2,2
Karbohidrat	0-1
Vitamin dan mineral	sis

Bagi tubuh manusia, daging ikan mempunyai beberapa fungsi, yaitu dapat membantu pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh serta mempertinggi daya tahan tubuh terhadap serangan penyakit. Kekurangan daging ikan dapat berakibat timbulnya penyakit busung lapar, kekurangan gizi, terhambatnya pertumbuhan mata serta menurunkan kecerdasan anak. Ada beberapa keuntungan jika kita memanfaatkan ikan sebagai sumber makanan. Daging ikan tidak berbahaya bagi manusia, juga bagi orang-orang yang kelebihan kolesterol. Daging ikan dapat dengan cepat dan mudah disajikan dalam berbagai bentuk hidangan. Selain keuntungan di atas, ikan mempunyai beberapa kelemahan, yaitu daging ikan mempunyai kadar air yang tinggi (80%) dan pH tubuh mendekati netral. Daging ikan mengandung asam lemak tak jenuh yang sifatnya sangat mudah mengalami



oksidasi. Oleh karena itu, ikan mempunyai kelemahan cepat membusuk. Kelemahan tersebut menghambat usaha pemasaran hasil perikanan. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha untuk meningkatkan daya simpan dan daya awet produk perikanan pada pascapanen melalui proses pengolahan dan pengawetan (Afrianto, E dan Evi, A, 1989).

Ikan kakap hidup di seluruh benua. Sebagai sumber protein, ikan kakap banyak dicari konsumen. Di Jakarta, permintaan ikan kakap segar mencapai 70 ton perbulan dan di Bali mencapai 30 ton perbulan. Di luar negeri, seperti di Singapura dan Hongkong telah mengkonsumsi sekitar 60 ribu ton dan 150 ribu ton pertahun secara berturut-turut (Murtidjo, 1997).

Pengeringan merupakan cara pengawetan tertua yang sering diterapkan manusia. Pengawetan melalui pengeringan yang dilakukan nenek moyang dahulu banyak belajar dengan meniru kenyataan alami, sehingga manusia mengembangkan pengeringan sebagai salah satu cara praktis untuk mengawetkan makanan (Anonim, 1999).

## 1.2 Permasalahan

Kandungan air dan protein yang cukup tinggi menyebabkan ikan mudah busuk. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan konsumen, penanganan ikan perlu dilakukan agar bisa sampai ke tangan konsumen atau pabrik pengolahan dalam keadaan segar atau mendekati segar. Ikan kakap banyak dicari dan masakannya sangat disenangi konsumen. Tetapi masih diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui nilai kadar air setimbang pada ikan kakap putih kering.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui Kadar Air Setimbang pada ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) kering.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat menambah informasi tentang karakteristik ikan dalam penanganan pascapanen sehingga dapat memperpanjang pengawetan ikan.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Keadaan Umum Ikan

Setelah dipanen ikan sangat cepat mengalami pembusukan. Di bawah kulit terdapat kelenjar-kelenjar yang selalu mengeluarkan lendir jika lingkungan sekelilingnya tidak cocok. Lendir terdiri dari *Glukoprotein* yang merupakan substrat yang cocok bagi bakteri, sehingga setelah akumulasi lendir biasanya diikuti kerusakan oleh bakteri. Pengeluaran lendir dari tubuh ikan menandakan kalau ikan tersebut tidak bisa digunakan lagi. Setelah diangkat dari dalam air, ikan mengalami akumulasi asam laktat dan berbagai hasil proses metabolisme dalam darahnya dan ototnya sehingga sistem sarafnya lumpuh dan ikan mati. Setelah ikan mati terjadi perubahan-perubahan yang urutannya tidak selalu sama, sesuai keadaan penyimpanan ikan, antara lain.

a. *Rigor mortis*

Setelah ikan mati, tidak terjadi aliran oksigen di dalam jaringan darahnya. Akibatnya, di dalam tubuh ikan tidak terjadi reaksi glikogenolisis yang dapat menghasilkan ATP. Terhentinya aliran oksigen ke dalam jaringan peredaran darah menyebabkan terjadinya kematian ikan.

b. *Autolisis*

*Autolisis* adalah proses penguraian organ-organ tubuh ikan oleh enzim-enzim yang terdapat di dalam tubuh ikan sendiri.

c. Fase pembusukan

Fase pembusukan adalah perubahan yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri.

Hasil tangkapan ikan umumnya dimanfaatkan sebagai bahan untuk pengalengan, pengasinan, pengasapan, pengeringan dan sebagian dipasarkan dalam keadaan segar (Afrianto, E dan Evi, A, 1989).

## 2.2 Komposisi Daging Ikan

Ikan merupakan sumber protein hewani yang cukup potensial, karena mengandung protein sekitar 18%–30%. Umumnya bagian ikan yang dapat dimakan berkisar 45%–50%. Dari jumlah protein yang dikandung daging ikan, 20%–30% diantaranya adalah protein sarkoplasma yang dapat larut dalam air, 70%–80% protein struktural yang larut dalam larutan garam encer (Martin, 1982).

## 2.3 Ikan Kakap

Ikan kakap hidup di lautan bebas dengan jumlah yang melimpah. Karena perkembangan teknologi, ikan kakap yang biasanya hidup di laut sudah dapat dibudidayakan di tambak ataupun keramba. Terdapat dua macam ikan kakap, yaitu ikan kakap merah (*Lutjanus sanguineus*) dan ikan kakap putih (*Lates calcarifer*). Ikan kakap merah hidup di laut bebas, sedang ikan kakap putih dapat hidup di tambak ataupun keramba. Secara umum, ikan kakap termasuk jenis pemangsa, sehingga ikan kakap dimasukkan ke golongan *carnivora*. Ikan kakap memangsa hewan-hewan kecil yang hidup di sekitarnya. Ikan kakap mempunyai gigi yang tajam, dan bertubuh ramping (Murtidjo, 1997).

## 2.4 Pengawetan dengan Pengeringan

Bahan hasil pertanian mudah mengalami kerusakan, antara lain disebabkan karena serangan insekta dan mikroorganisme. Pengawetan yang dilakukan oleh nenek moyang dahulu memanfaatkan tenaga surya. Belajar dari kenyataan alami ini, manusia mengembangkan pengeringan sebagai salah satu cara praktis untuk mengawetkan makanan. Proses pengeringan dapat dilakukan dengan menggunakan panas alami dan buatan. Panas alami yang digunakandengan memanfaatkan sinar matahari, misalnya pada pengeringan sale pisang, sale kesemek dan kurma yang didatangkan dari negara padang pasir. Proses pengeringan dengan sinar matahari telah dilakukan sejak zaman dahulu sampai sekarang. Pengeringan dengan panas buatan ialah dengan alat pengering khusus yang dirancang untuk pengeringan tersebut. Dahulu, digunakan tungku api untuk

mengeringkan bahan hasil pertanian. Selain di atas tungku, sering pula pengeringan dikeringkan dengan jalan diangin-anginkan (Anonim, 1999).

## 2.5 Macam-macam Pengeringan

Proses pengeringan bahan makanan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengeringan alami dan pengeringan buatan.

### 2.5.1 Pengeringan Alami

Pengeringan ini memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber panas, sehingga membutuhkan waktu yang berbeda-beda karena cuaca yang berbeda-beda pula. Cara ini masih banyak digunakan di negara-negara berkembang, terutama di daerah tropis yang memiliki kesempatan paling besar mendapat sinar matahari sepanjang tahun. Pengeringan ini mempunyai keuntungan biaya yang dikeluarkan tidak mahal, karena sinar matahari diperoleh secara cuma-cuma. Selain itu tidak diperlukan keahlian khusus seperti operator mesin pengering. Tetapi pengeringan ini juga mempunyai kekurangan, yaitu waktu yang diperlukan tidak selalu tetap. Hal ini kadang dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar. Selain itu, tempat pengeringan yang dibutuhkan relatif lebih luas. Kebersihan bahan tidak dapat dijaga, karena pada proses pengeringan dilakukan di udara terbuka, sehingga mungkin juga ada debu, kotoran, ataupun serangga yang masuk (Anonim, 1999).

### 2.5.2 Pengeringan Buatan

Pada pengeringan ini, udara dihembuskan dengan alat penghembus. Untuk menghasilkan produk tertentu atau tingkat kekeringan tertentu, maka suhu, kelembaban dan kecepatan udara diatur dan disesuaikan dengan kebutuhan. Pola dan cara kerja alat pengering buatan berbeda-beda dan sangat bervariasi. Pengeringan buatan terutama dilakukan oleh industri besar yang bermodal besar. Pengeringan buatan sering pula dikombinasikan dengan pengeringan alami, misalnya pada pengeringan kopra. Pengeringan ini mempunyai beberapa keuntungan, yaitu suhu dan aliran udara dapat diatur, sehingga pengeringan dapat

dikontrol dan kerusakan dapat dikurangi. Selain itu juga tidak memerlukan areal yang luas dan kebersihan bahan dapat lebih terjamin. Tetapi, pengeringan ini juga mempunyai kerugian, yaitu tenaga kerja dan keahlian, sehingga membutuhkan biaya yang tidak sedikit pula (Anonim, 1999).

## 2.6 Keuntungan dan Kerugian Makanan yang Dikeringkan

Makanan yang dikeringkan mempunyai keuntungan dan kerugian sebagai berikut.

### 2.6.1 Keuntungan

Manfaat makanan yang dikeringkan sebagai berikut.

- a. Daya simpan lebih lama dan praktis dalam penyimpanan, karena sebagian besar air (sekitar 90%-99%) hilang sewaktu pengeringan.
- b. Pengangkutan lebih ringan, sehingga secara langsung menghemat biaya.
- c. Biaya yang diperlukan relatif kecil.
- d. Tidak memerlukan cara sterilisasi khusus.
- e. Bahan-bahan yang dikeringkan tidak memerlukan persyaratan yang khusus dalam penyimpanannya.
- f. Pemakaian bahan kering lebih praktis (Anonim, 1999).

### 2.6.2 Kerugian

Kerugian yang mungkin timbul akibat pengeringan adalah kerusakan pada bahan yang dikeringkan tidak dapat diketahui dengan segera, sebelum pembungkus dibuka. Kerusakan yang mungkin timbul dikarenakan bahan ditumbuhi jamur atau jasad renik lainnya, atau menyerap air (Anonim, 1999).

## 2.7 Alat Pengering

Untuk mengeringkan bahan, terdapat banyak macam alat, antara lain.

a. Alat pengering lemari.

Berbentuk mirip lemari biasa dengan ruang disekat-sekat, dan diletakkan baki atau nampan tempat bahan dikeringkan. Alat ini cukup tahan lama dan fleksibel. Biasanya digunakan di laboratorium.

b. Alat pengering terowongan.

Paling banyak dipakai untuk mengeringkan sayur dan buah-buahan. Pengering ini memiliki panjang 17 sampai 25 meter. Lori yang berisi baki tempat bahan yang dikeringkan bergerak sepanjang terowongan tadi. Udara panas dihembuskan melalui lori tersebut.

c. Pengering kiln.

Merupakan bangunan bertingkat dua. Lantai atas untuk meletakkan bahan yang dikeringkan. Panas dihasilkan dari tungku api di lantai dasar (Anonim, 1999).

## 2.8 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengeringan

Untuk berhasilnya pengeringan, harus diperhatikan berbagai faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi keadaan bahan makanan yang akan dikeringkan, udara di sekelilingnya, perlakuan sebelum pengeringan dan alat pengeringnya. Bahan hasil pertanian yang akan dikeringkan harus diusahakan agar tetap dalam keadaan yang sebaik-baiknya, terutama dalam pemilihan jenis, kondisi bahan dan tingkat kematangan. Keadaan udara sekelilingnya sangat berpengaruh, terutama pada hasil pengeringan alami (Anonim, 1999).

## 2.9 Kerusakan yang Terjadi Selama Pengeringan

Jika pada pengeringan memperhatikan semua faktor dengan seksama, maka kerusakan dapat dihindarkan. Tetapi, perubahan dalam bahan keringnya dapat terjadi, terutama kerusakan dalam komposisi bahan yang dikeringkan. Beberapa vitamin akan berkurang, bahkan hilang, antara lain vitamin C. Suhu pengeringan yang terlalu tinggi menyebabkan protein hilang. Ketengikan

merupakan masalah pada makanan, terutama pada bahan yang berlemak. Untuk menghindarinya perlu diberi anti oksidan. Peristiwa enzimatik dapat terjadi pada pengeringan. Pencoklatan terjadi pada kadar air di atas 30%, untuk mencegahnya perlu ditambahkan belerang. Pada suhu yang terlalu tinggi, dapat terjadi *Case Hardening*, yaitu adanya lapisan yang keras pada permukaan bahan. Oleh sebab itu, suhu pengeringan perlu diperhatikan agar tidak terjadi pengerasan lapisan luar (Anonim, 1999).

### 2.10 Proses Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga memperlambat laju kerusakan biji-bijian. Hal-hal yang mempengaruhi pengeringan adalah suhu, kelembaban udara, laju aliran udara dan kadar air awal. Makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengering, maka makin cepat pengeringan. Makin tinggi suhu udara pengering maka energi panas yang dibawa udara makin besar, sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Jika kelembaban udara tinggi, maka perbedaan tekanan uap air dari dalam bahan dan di luar bahan menjadi kecil. Hal tersebut menghambat perpindahan uap air dari dalam bahan ke udara. Kemampuan udara membawa uap air semakin besar jika perbedaan antara kelembaban nisbi udara pengering dengan udara sekitar bahan semakin besar. Bila udara tidak mengalir, maka kandungan uap air di sekitar bahan yang dikeringkan makin jenuh sehingga pengeringan makin lambat. Proses pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air. Cara ini dilakukan dengan menurunkan kelembaban nisbi udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan lebih besar daripada tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan ini menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara. Selama proses pengeringan terjadi dua proses, yaitu:

- a. proses perpindahan panas, yaitu proses penguapan uap air dari bahan atau proses perubahan bentuk cair ke bentuk gas,
- b. proses perpindahan massa, yaitu perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara (Taib, 1987).



## 2.11 Periode Pengeringan

Selama bahan dikeringkan, terjadi dua tahap pengeringan, yaitu tahap pengeringan konstan dan tahap pengeringan menurun.

### 2.11.1 Tahap Kecepatan Konstan

Menurut Handerson dan Perry (1955) dalam Astuti (2001), kecepatan pengeringan konstan dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{dM}{dt} = f_v \cdot A (P_s - P_a) = \frac{H \cdot A (T_a - T_s)}{h_{fg}} \quad (1)$$

Kecepatan konstan adalah kecepatan pengeringan jika perbandingan laju kehilangan air selalu tetap pada tiap rentang waktu tertentu.

### 2.11.2 Tahap Kecepatan Menurun

Kecepatan menurun terjadi setelah tahap kecepatan konstan. Titik kritis terjadi antara kecepatan konstan dan kecepatan menurun. Titik kritis adalah jumlah air minimum yang akan mempertahankan air bebas yang mengalir pada permukaan sampai perpindahan uap air maksimum selama pengeringan. Kecepatan menurun dari pengeringan melibatkan gerakan air dan bahan sampai ke permukaan oleh difusi cair dan perpindahan air dari permukaan. Pengeringan pada kecepatan menurun sebagian besar diatur oleh bahan dan melibatkan gerakan air dan bahan sampai ke permukaan oleh difusi cair dan adanya perpindahan air dari permukaan. Menurut Hall (1980) dalam Suryanto (1998), ada sejumlah persamaan pengeringan yang dapat dipergunakan untuk mengetahui proses pengeringan selama periode laju menurun, antara lain pengembangan model matematis berdasar pengeringan kapiler dari produk yang porous, dimana gerakan dari cairan atau difusi uap air yang ditentukan oleh besarnya  $D_v$  atau koefisien difusi Luikov, et, al., 1966. Bila  $D_v$  dianggap konstan, maka persamaan yang sederhana dapat ditulis :

$$\frac{dM}{dt} = D_v \frac{d^2 M}{dr^2} + \frac{C}{r} \frac{dM}{dr} \quad (2)$$

## 2.12 Kadar Air

Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan. Dalam hal ini terdapat dua metode untuk menentukan kadar air bahan, yaitu berdasar bobot basah (*wet basis*) dan berdasar bobot kering (*dry basis*).

### 2.12.1 Kadar Air Dasar Basah ( $m_{wb}$ )

Kadar air dasar basah adalah perbandingan berat air di dalam bahan dengan berat bahan pangan basah.

$$m_{wb} = \frac{W_a}{W_b} \times 100\% \quad (3)$$

### 2.12.2 Kadar Air Dasar Kering ( $m_{db}$ )

Kadar air dasar kering adalah perbandingan antara berat air di dalam bahan pangan dengan berat bahan keringnya. Berat bahan kering adalah berat bahan setelah dikurangi berat airnya.

$$m_{db} = \frac{W_a}{W_k} \times 100\% \quad (4)$$

## 2.13 Aktivitas Air

### 2.13.1 Definisi Aktivitas Air

Scoot (1957) dalam Purnomo (1995) menggunakan aktivitas air sebagai petunjuk adanya sejumlah air dalam bahan pangan yang dibutuhkan bagi pertumbuhan mikroorganisme. Aktivitas air erat kaitannya dengan air dalam bahan pangan. Air dalam bahan pangan berperan sebagai pelarut dari beberapa komponen dan ikut sebagai bahan reaksi. Pengurangan air baik secara pengeringan atau penambahan bahan penguap air bertujuan mengawetkan bahan pangan. Kriteria ikatan air dalam aspek daya awet bahan dapat ditinjau dari kadar air, konsentrasi, tekanan osmotik, kelembaban relatif dan aktivitas air. Aktivitas air didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan uap air dari larutan dengan tekanan uap air murni pada suhu yang sama.

$$A_w = \frac{P}{P_0} \quad (5)$$

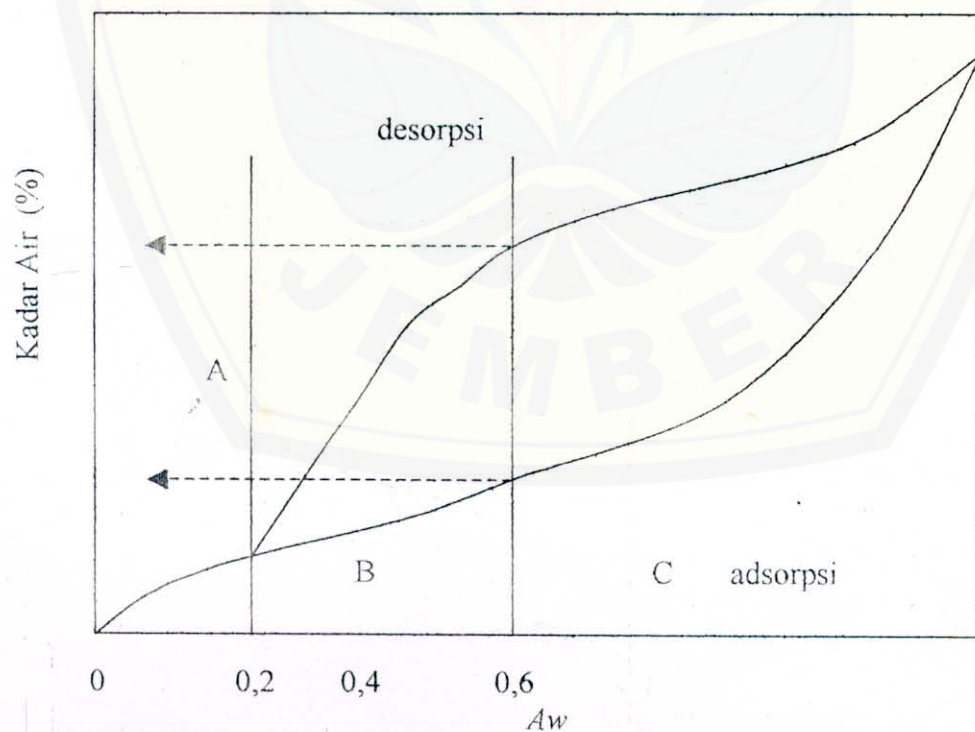
Parameter ini juga dapat didefinisikan sebagai kelembaban relatif berimbang (*Equilibrium Relative Humidity = ERH*) dibagi seratus.

$$A_w = \frac{ERH}{100} \quad (6)$$

$A_w$  dari bahan pangan untuk mengukur terikatnya air pada bahan pangan, dan cenderung untuk berimbang dengan  $A_w$  lingkungan sekitar (Purnomo, 1995).

### 2.13.2 Histerisis

Sorpsi kadar air isotermis merupakan kurva yang sangat penting dalam mempelajari hubungan antara kadar air dan aktivitas air. Pengolahan bahan pangan secara desorpsi yaitu bila dimulai dengan kadar air tertinggi, dimana pada akhir proses bahan pangan mencapai kadar air dan aktivitas air yang diharapkan, sedang pada adsorpsi adalah sebaliknya.



Gambar 1. Kurva isotermis sorpsi lembab

Gambar 1 menunjukkan bahwa bahan pangan yang mempunyai nilai  $A_w$  yang sama dapat mempunyai kadar air yang berbeda. Daerah A mempunyai nilai  $A_w$  dibawah 0,20, sedang di daerah B mempunyai  $A_w$  antara 0,20 sampai dengan 0,60 dan daerah C mempunyai nilai  $A_w$  diatas 0,60. Ditinjau dari aspek keterkaitan air, maka daerah A terdapat air pada satu lapis dengan molekul air terikat sangat kuat. Kadar air bahan pangan di daerah A 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 di daerah tersebut berperan sebagai pelarut. Daerah C disebut sebagai daerah kondensasi kapiler. Di daerah ini air terkondensasi pada struktur bahan pangan hingga kelarutan bahan pangan sampai sempurna. Keadaan ini air dalam kondisi bebas dapat membantu kerusakan (Purnomo, 1995).

Pada gambar 1 terlihat bahwa semakin tinggi aktifitas air maka penyerapan uap air dari lingkungan ke bahan semakin besar, sehingga kadar air menjadi naik. Dan jika aktifitas air semakin kecil, maka penguapan uap air dari bahan ke lingkungan semakin rendah, sehingga kadar air turun. Efek histerisis dari bahan penting penggunaannya, baik secara teori ataupun prakteknya. Secara teori dapat menerangkan proses sorpsi dari bahan yang tidak dapat kembali. Secara praktek dapat mengungkapkan penjelasan efek histerisis pada perusakan secara kimia dan mikrobiologis bahan pangan (Hall, 1957).

Adsorpsi isoteremis sangat dipengaruhi oleh suhu pada pengeringan dan makin tinggi suhu pengeringan maka makin rendah kemampuan menyerap air. Selanjutnya ditemukan bahwa pemanasan pada suhu  $65^{\circ}\text{C}$ ,  $80^{\circ}\text{C}$  dan  $95^{\circ}\text{C}$  menunjukkan bahwa makin tinggi suhu pemanasan makin turun kemampuan sorpsi. Peningkatan suhu pengolahan akan menurunkan kemampuan menahan air yang mungkin disebabkan oleh perubahan-perubahan akibat pemanasan yang tidak dapat kembali lagi. Secara umum bentuk kurva sorpsi isoteremis bahan pangan kering adalah sigmoid (S), dengan alur kurva desorpsi dan adsorpsi berbeda. Perbedaan antara kedua kurva ini disebut histerisis. Beberapa bahan pangan yang menunjukkan sorpsi histerisis yang menggambarkan nilai  $A_w$  yang berbeda dapat diperoleh pada pengukuran bahan pangan dengan kadar air yang

sama, dan hal ini tergantung pada cara tercapainya kadar air tersebut. Telah ditemukan bahwa komposisi bahan pangan, suhu isotermis dan kondisi selama penyimpanan berpengaruh pada sorpsi histerisis bahan pangan tersebut. Pengaruh kenaikan suhu menurunkan jumlah atau besarnya histerisis dan membatasi keberadaannya sepanjang kurva sorpsi kadar air isotermis (Purnomo, 1995).

#### 2.14 Kadar Air Setimbang

Suatu bahan berada pada keadaan setimbang, jika laju kehilangan air bahan menuju kondisi lingkungan sama dengan laju air yang didapat dari udara sekelilingnya. Jadi dapat disimpulkan bahwa kadar air setimbang adalah keseimbangan antara kadar air dengan suhu dan kelembaban udara sekelilingnya (Taib, 1987).

Berbagai cara telah digunakan untuk menetapkan nilai kadar air setimbang produk makanan. Cara untuk menghitung kadar air setimbang dapat dilakukan dengan cara dinamis ataupun statis. Pada metode dinamis, udara bergerak secara mekanis. Metode statis membutuhkan waktu beberapa minggu sebelum mencapai kesetimbangan. Pada suhu dan kelembaban nisbi yang tinggi bahan mungkin tercetak sebelum tercapai kesetimbangan. Sedangkan pada metode dinamis biasanya lebih cepat sehingga lebih disukai. Agar dapat menentukan nilai kadar air setimbang isoterm pada percobaan, maka kondisi termodinamik dari udara haruslah dijaga agar tetap konstan. Suhu udara secara termostatis dapat terkontrol. Larutan garam akan mengatur tekanan uap air dari udara di sekeliling sampel. Apabila air menguap, beberapa garam akan mengendap, tetapi kelembaban relative larutan di atasnya tidak mengalami perubahan. Sangatlah penting untuk menggunakan berbagai macam garam untuk menentukan range kelembaban relative dari 0%-100%. Produk mencapai titik kesetimbangan dengan menguapkan air dari bahan. Ketika bahan menyerap air di lingkungan yang mempunyai kelembaban tinggi, maka terjadi peristiwa adsorpsi. Bila terjadi kebalikannya, maka disebut desorpsi. Ada perbedaan yang nyata antara adsorpsi dan desorpsi, yaitu nilai desorpsi lebih tinggi daripada adsorpsi. Perbedaan antara desorpsi dan adsorpsi disebut histerisis (Purnomo, 1995).

Suatu bahan hasil pertanian dapat mempunyai kadar air setimbang berbeda pada tingkatan suhu yang berbeda pula. Kadar air setimbang dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara dalam ruang pengering, suhu dan kelembaban nisbi udara, jenis bahan dan tingkat kematangan (Taib, 1987).

Keseimbangan kelembaban antar biji jagung dengan udara di dalam ruang simpan akan selalu terjadi. Bila RH udara dalam ruang simpan cukup tinggi sedangkan kadar air biji rendah, maka biji akan menyerap air dari ruang simpan, sehingga kadar air biji naik. Demikian pula yang terjadi sebaliknya. Kandungan air pada biji-bijian menimbulkan tekanan uap air yang bervariasi dalam biji yang tergantung pada kadar air dan jenis biji-bijian. Perbandingan antara tekanan uap pada biji-bijian dengan tekanan uap jenuh pada suhu tertentu disebut keseimbangan kadar air (*Equilibrium Moisture Content*) (Handerson dan Perry, 1995 dalam Anonim, 2001). Keseimbangan kadar air penting diketahui karena kegunaannya dalam proses penyimpanan. Setiap jenis biji-bijian mempunyai keseimbangan kadar air yang berbeda-beda pada setiap kelembaban relatif tertentu. Hal ini disebabkan molekul dalam tiap biji-bijian dan jumlah aqir yang diserap berbeda, tergantung pada protein, pati, selulosa, dan lemak. Padahal, setiap kenaikan kadar air biji 1% akan mengurangi umur biji setengahnya (Harrington, 1973 dalam Anonim, 2001).

Beberapa model persamaan untuk menghitung kadar air setimbang yang dikemukakan oleh Brooker (1992) dalam Astuti (2001) antara lain :

a. Persamaan Harkins – Jura

Didasarkan pada teori potensial sebagai berikut :

$$\ln \frac{P_v}{P_{vs}} = d - \frac{e}{v^2} \quad (7)$$

## b. Persamaan BET (Brunaur Emmet Teller)

Karel (1975) menjelaskan bahwa cara terbaik untuk memperkirakan penyerapan dalam jumlah air terikat pada suatu bahan dengan persamaan :

$$\frac{aw}{m(1-aw)} = \frac{1}{m_1c} + \frac{c-1}{m_1c} \times aw \quad (8)$$

Berhasil baik untuk bahan dengan nilai kadar air kurang dari 20% dasar basah.

## c. Persamaan Handerson

Berupa persamaan empiris dan banyak digunakan pada biji-bijian.

$$1-aw = \exp(-c \cdot m^n) \quad (9)$$

## d. Persamaan Oswin

$$m=c \left( \frac{aw}{1-aw} \right)^n \quad (10)$$

## e. Persamaan Chung

$$m = E - F \ln(- (T+C) \ln RH) \quad (11)$$

## f. Persamaan Kelvin

Kelvin (1971) membuat model berdasarkan pada teori kondensasi kapiler yang menerangkan hubungan antara tekanan uap di atas air kapiler (P) dan tekanan uap jenuh (Po). Bentuk persamaan kelvin sebagai berikut.

$$\ln \frac{P}{Po} = \frac{2\sigma V \cos \alpha}{rRoT \Delta s} \quad (12)$$

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan Juli 2003 di Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian menggunakan alat dan bahan sebagai berikut.

##### 3.2.1 Alat

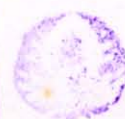
- a. Timbangan analitis
- b. Toples
- c. Oven
- d. Thermohigrometer
- e. Eksikator
- f. Sensor suhu dan kelembaban berbasis komputer
- g. Pisau
- h. Kawat

##### 3.2.2 Bahan

- a. Ikan kakap putih segar
- b. Garam jenuh  $MgCl_2$  (RH 43%),  $NaNO_2$  (RH 74%), KCl (RH 86%),  $K_2SO_4$  (RH 95%).

#### 3.3 Pendekatan Teori

Perlakuan untuk memberi suhu lingkungan diasumsikan sebagai suhu penyimpanan. Ada tiga variasi suhu penyimpanan, yaitu 30°C, 40°C dan 50°C. Hasil perhitungan kadar air setelah keluar dari oven dianggap sebagai kadar air setimbang.





Persamaan Oswin dinyatakan sebagai berikut:

$$Me = c \left( \frac{Aw}{1 - Aw} \right)^n \quad (3.1)$$

Untuk menentukan nilai konstanta  $c$  dan  $n$ , maka persamaan (3.1) diubah ke persamaan linier sederhana, yang dituliskan sebagai berikut:

$$y = a + bx \quad (3.2)$$

Jika persamaan (3.1) diliniarkan menjadi

$$\ln Me = \ln c + n \ln \left( \frac{Aw}{1 - Aw} \right) \quad (3.3)$$

Keterangan :  $y = \ln Me$

$a = \ln c$

$b = \text{konstanta } n$

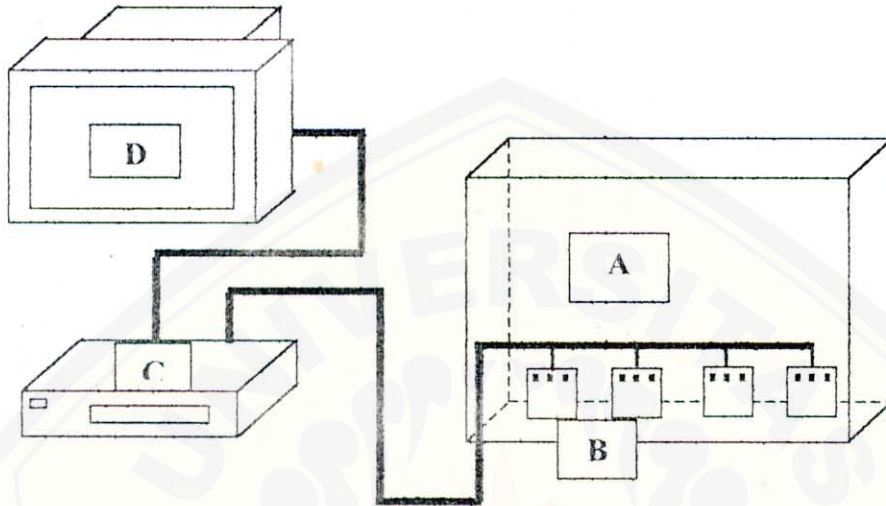
$x = \ln \left( \frac{Aw}{1 - Aw} \right)$

Plotting antara  $\ln Me$  dengan  $\ln \left( \frac{Aw}{1 - Aw} \right)$  sehingga didapat konstanta  $c$  dan  $n$  pada berbagai variasi suhu (yang diasumsikan sebagai suhu penyimpanan). Konstanta  $c$  didapat dari *anti ln intercept* dan konstanta  $n$  didapat dari gradien grafik tersebut. Setelah konstanta  $c$  dan  $n$  diketahui, maka dengan mensubstitusikan konstanta  $c$  dan  $n$  ke persamaan (3.1) nilai kadar air setimbang prediksi dapat diketahui (Astuti, 2001).

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan sebagai berikut.

#### 3.4.1. Konstruksi Alat



Gambar 2. Gambar Konstruksi Alat

Keterangan: A = Oven  
 B = Toples yang berisi ikan kering  
 C = Data logger  
 D = Komputer

#### 3.4.2 Penelitian Pendahuluan

Dilakukan untuk mendapatkan produk ikan kakap kering dan menghitung kadar airnya. Langkah-langkahnya sebagai berikut.

- Siapkan 0,5 kg ikan kakap segar.
- Belah, buang durinya.
- Gantungkan daging ikan di kawat, kemudian masukkan ke oven  $50^{\circ}\text{C}$ , sampai ikan kering (kadar air kurang dari 10%).
- Setelah ikan kering, keluarkan kemudian hitung kadar airnya.
- Siapkan botol kosong, keringkan dalam oven selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam eksikator dan ditimbang (a gram),
- Ambil 3 gram sampel dihaluskan dan dimasukkan ke botol kosong yang telah dikeringkan, kemudian timbang (b gram),

- g. Hitung berat bahan b-a ( c gram),
- h. Botol timbang dimasukkan dalam oven 110<sup>0</sup>C selama 24 jam. Keluarkan kemudian dinginkan dalam eksikator. Jika sudah konstan kemudian timbang (d gram),
- i. Hitung berat kering mutlak d-a (e gram)
- j. Kadar air bahan dapat dihitung sebagai berikut.

$$m_{wb}(\%) = \frac{c-e}{c} \times 100\% \quad (3.12)$$

### 3.4.3 Metode Penelitian

#### a. Pengaturan kondisi kelembaban

Untuk mendapatkan kondisi kelembaban nisbi setimbang dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Menyiapkan lima toples beserta tutupnya.
- 2) Menimbang garam jenuh MgCl<sub>2</sub> (RH 43%), NaNO<sub>2</sub> (RH 74%), KCl (RH 86%), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(RH 95%) untuk masing-masing RH dalam toples.
- 3) Menutup toples rapat-rapat agar tidak ada udara yang masuk sehingga bisa mempengaruhi kondisi RH yang akan diberikan oleh garam-garam jenuh tersebut.
- 4) Membiarkan toples-toples tersebut selama satu hari untuk mendapatkan kelembaban yang setimbang.
- 5) Mengukur RH dalam toples-toples tersebut setelah satu hari. RH yang dihasilkan sebagai RH lingkungan.

#### b. Metode untuk mengukur kadar air setimbang

- 1) Sampel berupa ikan kakap kering ditimbang sebanyak tiga gram.
- 2) Memasukkan sampel kecil ke dalam masing-masing toples yang terisi garam jenuh dan sudah diketahui masing-masing RH-nya, lalu menutupnya rapat-rapat.
- 3) Memasukkan toples dalam oven pengatur suhu dengan suhu 30<sup>0</sup>C.
- 4) Membiarkan toples-toples tersebut selama enam hari atau selama kadar air setimbang.

- 5) Bahan yang keluar dari oven diuji dengan metode gravimetri. Kadar air yang didapat adalah kadar air setimbang.
- 6) Ulangi langkah 1) sampai dengan 5) dengan suhu oven  $40^{\circ}\text{C}$  dan  $50^{\circ}\text{C}$ .

### 3.5 Parameter yang Diukur

- a. Kadar air bahan awal.
- b. Suhu oven.
- c. Kadar air setimbang ikan kakap kering pada berbagai variasi suhu.
- d. Kelembaban lingkungan.

### 3.6 Metode Analisis Interpretasi Data

- a. Menentukan kadar air setimbang observasi.
- b. Membuat kurva isoterm sorpsi lembab dari hubungan kadar air setimbang dengan RH.
- c. Menentukan nilai  $c$  dan  $n$ .
- d. Dari nilai  $c$  dan  $n$  dimasukkan ke persamaan, maka didapat nilai kadar air setimbang prediksi.
- e. Membandingkan nilai kadar air setimbang observasi dengan prediksi.

### 3.7 Uji Validitas Model

Untuk mengetahui kevalidan data digunakan analisis grafis dan statistik

#### 3.7.1 Analisis Grafis

Untuk mendapat koefisien determinasi ( $R^2$ ) analisis grafis yang dilakukan adalah analisis *scatter plot* dengan  $M_e$  observasi pada sumbu Y dan  $M_e$  prediksi pada sumbu X.

### 3.7.2 Uji Modulus Deviasi

Untuk mengetahui kevalidan data digunakan uji model dengan modulus deviasi (P).

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \|M_o - M_p | M_o\| \quad (3.18)$$

Untuk mengetahui sebaran galat digunakan standart deviasi sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{(P_i - P)^2}{n-1}} \quad (3.19)$$

Keterangan :  $M_o$  = kadar air setimbang observasi (%)

$M_p$  = kadar air setimbang prediksi (%)

S = standar deviasi

n = jumlah data

Bila nilai P kurang dari lima, maka persamaan yang dievaluasi dapat menggambarkan persamaan yang sebenarnya dengan sangat tepat. Bila nilai P antara lima sampai dengan sepuluh, maka persamaan yang dievaluasi dapat menggambarkan keadaan sebenarnya dengan tepat. Bila P lebih besar dari sepuluh, maka persamaan yang didapat tidak layak digambarkan (Astuti, 2001).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hubungan antara  $A_w$  dan kadar air setimbang dapat ditunjukkan dengan kurva isoterm sorpsi lembab.
2. Data kadar air setimbang dapat digunakan untuk analisis kadar air pada suhu antara  $30^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $50^{\circ}\text{C}$ .
3. Pada kisaran RH yang sama, peningkatan suhu penyimpanan akan menurunkan kadar air setimbang bahan.
4. Persamaan dari hasil analisis regresi tentang hubungan konstanta  $c$  dan  $n$  dengan fungsi  $T$  adalah sebagai berikut:

$$c(T) = -0,3298T + 33,88$$

$$n(T) = 0,0064T + 0,0944$$

5. Nilai modulus deviasi sebesar 2,52 untuk perlakuan suhu  $30^{\circ}\text{C}$ , 3,88 untuk perlakuan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dan 8,37 untuk perlakuan  $50^{\circ}\text{C}$ . Hal ini menunjukkan bahwa data valid.

### 5.2 Saran

Data kadar air setimbang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, misalnya perancangan alat pengering atau proses penyimpanan.



DAFTAR PUSTAKA

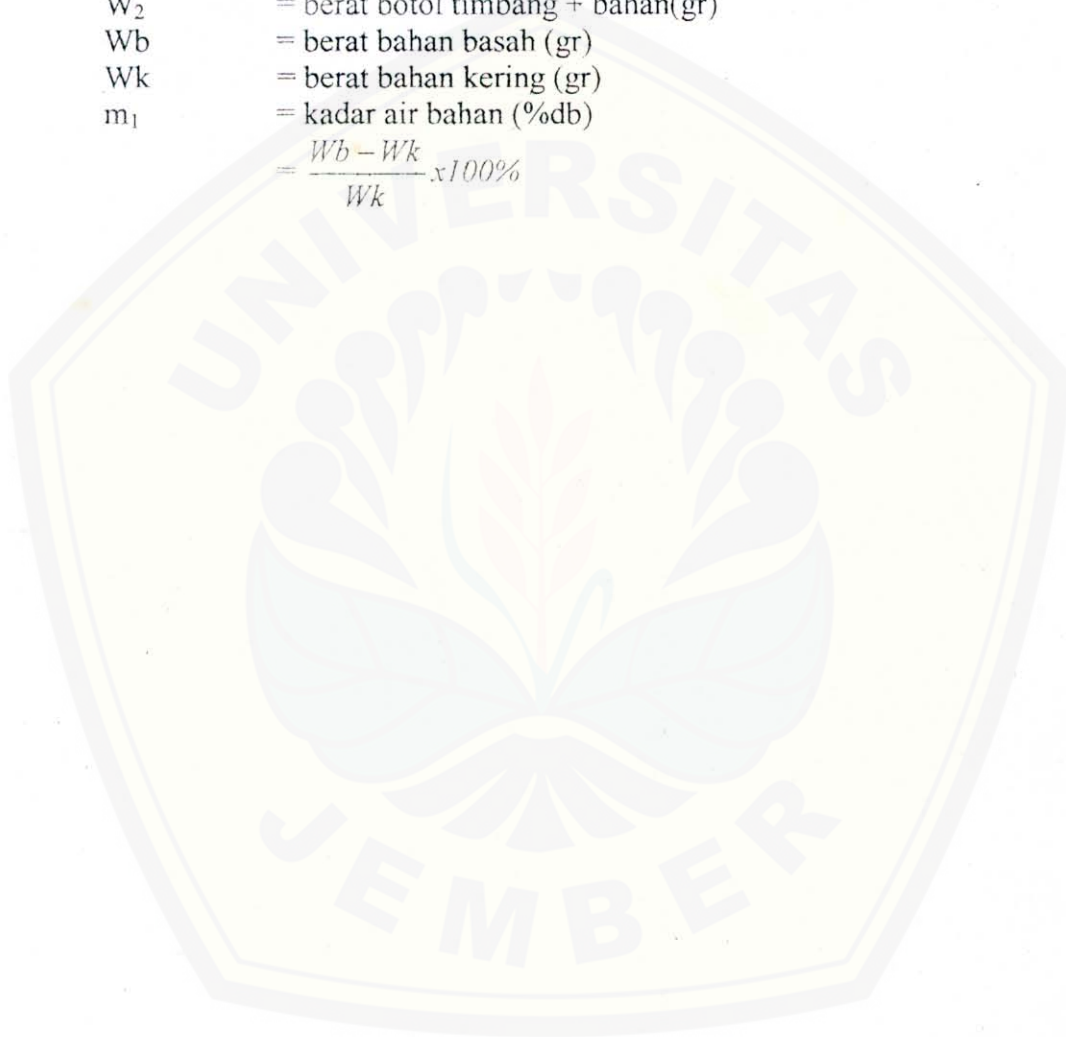
- Anonim. 1999. *Dasar-dasar Pengawetan*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Anonim. 2001. *Masalah Penyimpanan Jagung*. Bogor: <http://pustaka.bogor.net/publ/jp3/jp203-32.htm>
- Afrianto, E dan Evi, A. 1989. *Pengawetan dan Pengolahan Ikan*. Jakarta : Kanisius.
- Astuti, D.S., 2001. "Penggunaan Persamaan Oswin Tentang Hubungan Aw dan EMC pada Daging Sapi". Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Hall, C. W. 1957. *Drying Farm Corps*. Edward Brothers Co. Michigan.
- ..... . 1980. *Drying and Storage of Agricultural Crops*. Avi Publishing Company, Inc. Westport Connecticut.
- Martin, R. E. 1982. *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Product*. Avi Publishing Company, Inc. Westport Connecticut.
- Murtidjo, B.A. 1997. *Budidaya Kakap di Tambak dan Keramba*. Jakarta: Kanisius.
- Purnomo, H. 1995. *Aktivitas Air dan Perannya dalam Pengawetan Pangan*. Jakarta: UI – Press.
- Suryanto. 1998. "Kajian Perilaku Pengeringan Bahan Pertanian Berbentuk Ceriping Dengan Alat Pengering Fluidized-Bed". Jember: Lembaga Penelitian.
- Syarif, R dan Irawati, A. 1988. *Pengolahan Bahan dalam Industri Pertanian*. Jakarta: Mediatama Sarana Perkasa.
- Taib, G. 1987. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Pertanian*. Jakarta: PT. Mediyatama Sarana Perkasa.

Lampiran 1. Data Kadar Air Awal

Ulangan	$W_1$	$W_2$	$W_b$	$W_3$	$W_k$	$m_1$
1	13,26	14,90	1,64	14,82	1,56	5,44
2	13,15	15,49	2,30	15,35	2,17	6,24
3	13,16	14,86	1,70	14,73	1,58	7,91
rata-rata						6,53

Keterangan:

- $W_1$  = berat botol timbang (gr)
- $W_2$  = berat botol timbang + bahan(gr)
- $W_b$  = berat bahan basah (gr)
- $W_k$  = berat bahan kering (gr)
- $m_1$  = kadar air bahan (%db)

$$= \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\%$$




Lampiran 2. Data Kadar Air Setimbang  
Pada Suhu 30<sup>0</sup>C

Aw	Brk awal	Brk Akh	Wm1	Wd	Wm2	mdb	mdb <sub>rata</sub>
0,44	2,81	3,38	0,18	2,63	0,75	22,22	22,68
	2,68	3,19	0,17	2,51	0,68	21,44	
	2,53	3,12	0,16	2,36	0,76	24,36	
0,72	3,39	4,41	0,22	3,17	1,24	28,21	28,92
	2,95	3,90	0,19	2,76	1,14	29,28	
	3,94	5,21	0,26	3,69	1,52	29,28	
0,83	1,88	3,07	0,12	1,76	1,38	42,65	42,39
	2,06	3,50	0,13	1,93	1,48	43,43	
	3,47	5,50	0,23	3,24	2,26	41,11	
0,94	3,20	6,17	0,21	2,99	3,18	51,56	50,87
	3,88	6,71	0,25	3,63	3,08	45,94	
	2,41	5,01	0,16	2,25	2,76	55,11	

Pada Suhu 40<sup>0</sup>C

Aw	Brk awal	Brk Akh	Wm1	Wd	Wm2	mdb	mdb <sub>rata</sub>
0,42	1,54	1,79	0,10	1,44	0,35	19,44	18,07
	1,23	1,40	0,08	1,15	0,29	17,78	
	1,59	1,79	0,10	1,49	0,31	17,01	
0,68	1,32	1,70	0,09	1,23	0,46	27,22	24,39
	1,64	1,98	0,11	1,53	0,46	22,93	
	1,42	1,73	0,09	1,33	0,40	23,04	
0,81	2,50	3,62	0,16	2,34	1,28	35,36	40,90
	1,33	2,42	0,09	1,24	1,18	48,77	
	1,88	2,87	0,12	1,76	1,11	38,57	
0,92	1,57	2,74	0,10	1,47	1,28	46,53	46,09
	1,65	2,84	0,11	1,55	1,29	45,59	
	1,61	2,80	0,11	1,51	1,29	46,15	

Pada Suhu 50<sup>0</sup>C

Aw	Br awal	Br Akh	Wm1	Wd	Wm2	mdb	mdb <sub>rata</sub>
0,38	1,72	1,86	0,11	1,61	0,03	13,28	14,13
	1,69	1,85	0,11	1,58	0,17	14,62	
	1,19	1,30	0,07	1,11	0,47	14,80	
0,68	1,64	2,12	0,11	1,53	0,59	22,75	22,42
	1,76	2,12	0,11	1,64	0,47	22,36	
	1,36	1,65	0,08	1,27	0,38	23,16	
0,80	2,55	3,13	0,16	2,39	0,74	23,69	36,42
	1,25	2,32	0,08	1,17	1,15	49,32	
	0,95	1,39	0,06	0,89	0,50	36,24	
0,90	2,37	3,33	0,15	2,21	1,11	33,44	40,01
	1,92	3,29	0,13	1,80	1,49	45,31	
	1,26	2,00	0,08	1,17	0,83	41,30	

Keterangan :

- $B_1$  = berat bahan sebelum masuk oven (gr)
- $B_2$  = berat bahan setelah keluar dari oven (gr)
- $W_{m1}$  = berat air bahan awal (gr) =  $KA_{awal} \times B_1$
- $W_{m2}$  = berat air bahan akhir (gr) =  $B_2 - Wd$
- $m_{db}$  = kadar air bahan basis kering (%)
- =  $(W_{m2}/B_2) \times 100\%$



Lampiran 4. Data Kadar Air Prediksi dan Observasi  
Pada 30<sup>0</sup>C

Garam	Aw	1-Aw	Aw/1-Aw	me pred	me obs	obs-pre	(obs-pre)/obs	Pi	Pi-Prat	(Pi-Prat) <sup>2</sup>	S	P+S	P-S	Ket
MgCl2	0,44	0,56	0,79	22,39	22,68	0,30	0,01	0,33	1,19	1,41	0,48	2,52	1,57	Sangat Tepat
NaNO3	0,70	0,30	2,33	30,57	28,91	1,66	0,06	1,43	0,58	0,33				
KCl	0,83	0,17	4,88	44,77	42,39	2,38	0,06	1,40	0,55	0,30				
K2SO4	0,94	0,06	15,67	52,75	50,87	1,88	0,04	0,92	0,06	0,00				
								0,86		2,04				

Pada 40<sup>0</sup>C

Garam	Aw	1-Aw	Aw/1-Aw	me pred	me obs	obs-pre	(obs-pre)/obs	Pi	Pi-Prat	(Pi-Prat) <sup>2</sup>	S	P+S	P-S	Ket
MgCl2	0,42	0,58	0,72	18,48	18,07	0,40	0,02	0,55	0,81	0,65	0,65	4,39	3,10	Sangat Tepat
NaNO3	0,68	0,32	2,13	26,94	24,39	2,55	0,10	2,61	1,25	1,56				
KCl	0,81	0,19	4,26	41,39	40,90	0,48	0,01	0,30	1,07	1,14				
K2SO4	0,92	0,08	11,50	48,68	45,09	3,59	0,08	1,99	0,63	0,39				
								1,36		3,75				

Pada 50<sup>0</sup>C

Garam	Aw	1-Aw	Aw/1-Aw	me pred	me obs	obs-pre	(obs-pre)/obs	Pi	Pi-Prat	(Pi-Prat) <sup>2</sup>	S	P+S	P-S	Ket
MgCl2	0,38	0,62	0,61	14,20	14,13	0,06	0,00	0,11	0,26	0,07	0,91	8,37	6,55	Sangat Tepat
NaNO3	0,68	0,32	2,13	23,77	22,43	1,34	0,06	1,49	1,64	2,67				
KCl	0,80	0,20	4,00	34,89	38,42	3,53	0,09	2,30	2,16	4,65				
K2SO4	0,90	0,10	9,00	43,23	43,01	0,21	0,00	0,12	0,26	0,07				
								0,14		7,46				

## Lampiran 5. Kadar Air Setimbang Prediksi Suhu 30°C

ERH	Aw	1-Aw	Aw/(1-Aw)	c prediksi	n prediksi	KAS prediksi
44	0,44	0,56	0,78	23,98	0,29	22,39
72	0,72	0,28	2,57	23,98	0,29	31,44
83	0,83	0,17	4,88	23,98	0,29	37,77
94	0,94	0,06	15,67	23,98	0,29	52,75

## Suhu 40°C

ERH	Aw	1-Aw	Aw/(1-Aw)	c prediksi	n prediksi	KAS prediksi
42	0,42	0,58	0,72	20,69	0,35	18,48
68	0,68	0,32	2,13	20,69	0,35	26,94
81	0,81	0,19	4,26	20,69	0,35	34,39
92	0,92	0,08	11,50	20,69	0,35	48,68

## Suhu 50°C

ERH	Aw	1-Aw	Aw/(1-Aw)	c prediksi	n prediksi	KAS prediksi
38	0,38	0,62	0,61	17,39	0,41	14,20
68	0,68	0,32	2,13	17,39	0,41	23,77
80	0,80	0,20	4,00	17,39	0,41	30,89
90	0,90	0,10	9,00	17,39	0,41	43,23

## Lampiran 6. Cara Menghitung Kadar Air Setimbang Prediksi

a. Pada perlakuan suhu 30<sup>0</sup>C

Diketahui : ERH = 44

Ditanyakan : KAS prediksi ?

Jawab : Aw = ERH/100

$$= 44/100$$

$$= 0,44$$

$$c = -0,3298X + 33,88$$

$$= (-0,3298 \times 30) + 33,88$$

$$= 23,99$$

$$n = 0,0064X + 0,944$$

$$= (0,0064 \times 30) + 0,944$$

$$= 0,29$$

$$KAS = c (Aw/1-Aw)^n$$

$$= 23,99(0,44/1-0,44)^{0,29}$$

$$= 22,39$$

b. Pada perlakuan suhu 40<sup>0</sup>C

Diketahui : ERH = 68

Ditanyakan : KAS prediksi ?

Jawab : Aw = ERH/100

$$= 68/100$$

$$= 0,68$$

$$c = -0,3298X + 33,88$$

$$= (-0,3298 \times 40) + 33,88$$

$$= 20,69$$

$$n = 0,0064X + 0,944$$

$$= (0,0064 \times 40) + 0,944$$

$$= 0,35$$

$$KAS = c (Aw/1-Aw)^n$$

$$= 20,69(0,68/1-0,6844)^{0,35}$$

$$= 26,94$$

## Lampiran 7. Listing Program untuk Menghitung Konstanta pada Persamaan Oswin

\*Program untuk menghitung konstanta pada Persamaan Oswin pada bahan pada berbagai suhu

```
CLS
COLOR 9, 0
LOCATE 5, 15
PRINT STRING$(50, "~")
LOCATE 6, 15
PRINT " PROGRAM MENGHITUNG KADAR AIR SETIMBANG BAHAN"
LOCATE 7, 15
PRINT STRING$(50, "~")
*Proses pemasukan data
COLOR 7, 0
INPUT "MASUKKAN JUMLAH VARIASI SUHU YANG AKAN ANDA
HITUNG = ", v%

FOR i% = 1 TO v%
INPUT "Masukkan variasi suhu yang akan anda hitung (dalam derajat celcius) =
NEXT i%

CLS
FOR i% = 1 TO v%
CLS
COLOR 9, 0
LOCATE 3, 20
PRINT STRING$(40, "@")

LOCATE 4, 20
PRINT " Proses untuk memasukkan data"
LOCATE 5, 20
PRINT STRING$(40, "@")

COLOR 7, 0
PRINT "Anda memasukkan kadar air dan RH pada suhu";
PRINT t(i%);

PRINT "derajat celcius"
INPUT "Masukkan jumlah RH dan kadar air yang akan anda olah = ", r%
FOR h% = 1 TO r%
PRINT "Anda memasukkan data RH ke-", h%;
INPUT " = ", rh(i%)
PRINT "Anda memasukkan data kadar air ke-"; h%;
```

```
INPUT " = ", brt(i%)
```

```
'Proses perhitungan regresi yang pertama
```

```
aw(i%) = rh(i%) / 100
```

```
x1(i%) = LOG(aw(i%) / (1 - aw(i%)))
```

```
sigmax1(i%) = sigmax1(i%) + x1(i%)
```

```
y1(i%) = LOG(brt(i%))
```

```
sigmay1(i%) = sigmay1(i%) + y1(i%)
```

```
sigmaxy1(i%) = sigmaxy1(i%) + (x1(i%) * y1(i%))
```

```
jxk1(i%) = jxk1(i%) + (x1(i%)) ^ 2
```

```
jyk1(i%) = jyk1(i%) + (y1(i%)) ^ 2
```

```
NEXT h%
```

```
b(i%) = ((r% * sigmaxy1(i%) - ((sigmax1(i%)) * (sigmay1(i%)))) / ((r% *  
jxk1(i%)) - (sigmax1(i%)) ^ 2)
```

```
a(i%) = ((sigmay1(i%) * jxk1(i%)) - (sigmax1(i%) * sigmaxy1(i%))) / ((r% *  
jxk1(i%)) - (sigmax1(i%)) ^ 2)
```

```
NEXT i%
```

```
CLS
```

```
COLOR 3, 0
```

```
LOCATE 5, 25
```

```
PRINT STRING$(40, "+")
```

```
LOCATE 6, 25
```

```
PRINT " Hasil dari perhitungan pertama"
```

```
LOCATE 7, 25
```

```
PRINT STRING$(40, "+")
```

```
COLOR 7, 0
```

```
PRINT
```

```
PRINT
```

```
FOR i% = 1 TO v%
```

```
PRINT "Nilai n dan c pada suhu";
```

```
PRINT t(i%);
```

```
PRINT "derajat celcius"
```

```
PRINT "Nilai c = "; USING "#####.#####"; a(i%)
```

```
PRINT "Nilai n = "; USING "#####.#####"; b(i%)
```

```
NEXT i%
```

```
PRINT
```

```
PRINT
```

```
COLOR 9, 0
```

```
INPUT "Tekan sembarang tombol untuk melanjutkan proses",
```



\*Proses perhitungan regresi akhir

CLS

COLOR 7, 0

FOR i% = 1 TO v%

x2(i%) = t(i%)

h2(i%) = a(i%)

y2(i%) = EXP(h2(i%))

sigmax2 = sigmax2 + x2(i%)

sigmay2 = sigmay2 + y2(i%)

sigmaxy2 = sigmaxy2 + ((x2(i%)) \* (y2(i%)))

jxk2 = jxk2 + (x2(i%)) ^ 2

jyk2 = jyk2 + (y2(i%)) ^ 2

NEXT i%

$$b1 = ((v\% * sigmaxy2) - (sigmax2 * sigmay2)) / ((v\% * jxk2) - (sigmax2)^2) a1$$

$$= ((sigmay2 * jxk2) - (sigmax2 * sigmaxy2)) / ((v\% * (jxk2)) - (sigmax2)^2)$$

COLOR 5, 0

LOCATE 5, 25

PRINT STRINGS(40, "+")

LOCATE 6, 25

PRINT " Hasil dari perhitungan akhir"

LOCATE 7, 25

PRINT STRINGS(40, "+")

PRINT

PRINT

COLOR 7, 0

PRINT "Nilai b dari garis regresi linier antara suhu dan n = "; USING "#####.#####"; b1

PRINT "Nilai a dari garis regresi linier antara suhu dan n = "; USING "#####.#####"; a1

PRINT

PRINT

FOR i% = 1 TO v%

x3(i%) = t(i%)

y3(i%) = b(i%)

sigmax3 = sigmax3 + x3(i%)

sigmay3 = sigmay3 + y3(i%)

sigmaxy3 = sigmaxy3 + (x3(i%) \* y3(i%))

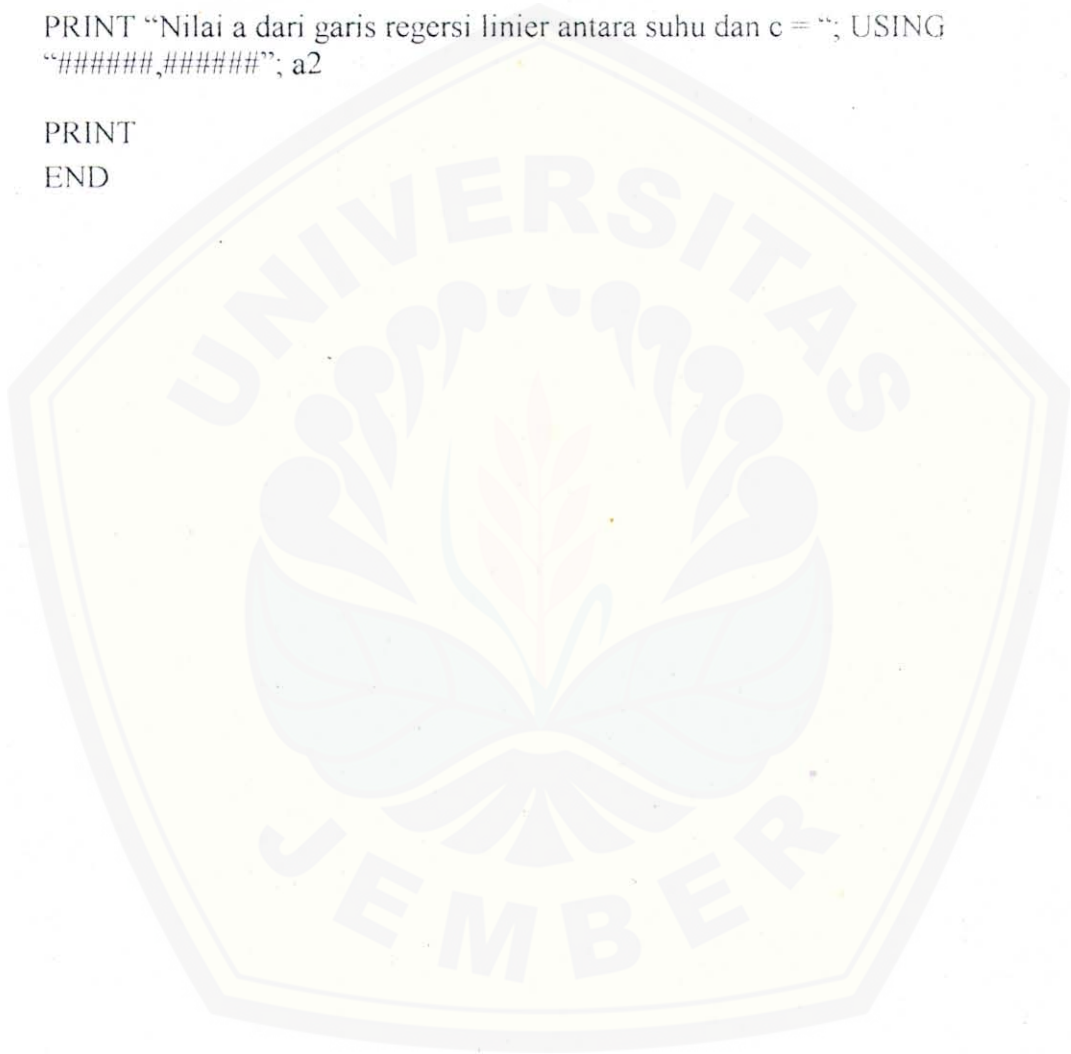
jxk3 = jxk3 + (x3(i%)) ^ 2

```
jy3 = jy3 + (y3(i%)) ^ 2
NEXT i%
b2 = ((v% * sigmaxy3) - (sigmax3 * sigmay3)) / ((v% * jxk3) - (sigmax3) ^ 2)
a2 = ((sigmay3 * jxk3) - (sigmax3 * sigmaxy3)) / ((v% * (jxk3)) - ((sigmax3) ^ 2))

PRINT "Nilai b dari garis regresi linier antara suhu dan c = "; USING
"#####,#####"; b2

PRINT "Nilai a dari garis regresi linier antara suhu dan c = "; USING
"#####,#####"; a2

PRINT
END
```



Lampiran 8. Jurnal

## MASALAH PENYIMPANAN JAGUNG

### Keseimbangan Kadar Air

Indonesia merupakan daerah tropis basah yang kelembapan nisbi (RH) udaranya berfluktuasi cukup tinggi, yaitu 60-97% baik antara siang dan malam maupun dari musim kemarau ke musim hujan (Syarif dan Kumendong, 1997). Kelembapan nisbi udara dalam ruang simpan yang cukup tinggi (70-80%) menyebabkan biji-bijian hanya tahan disimpan beberapa bulan (Sadjad dan Pian, 1980). Keseimbangan kelembapan antara biji jagung dengan udara di dalam ruang simpan akan selalu terjadi. Bila RH udara dalam ruang simpan cukup tinggi sedangkan kadar air biji rendah, maka biji akan menyerap air dari ruang simpan, sehingga kadar airnya naik. Demikian pula yang terjadi sebaliknya.

Kandungan air pada biji-bijian menimbulkan tekanan uap air yang bervariasi dalam biji yang tergantung pada kadar air dan jenis biji-bijian. Perbandingan antara tekanan uap pada biji-bijian dengan tekanan uap jenuh pada suatu suhu tertentu disebut keseimbangan kelembapan relatif atau keseimbangan kadar air ("equilibrium moisture content") (Henderson dan Perry, 1955). Keseimbangan kadar air penting diketahui karena kegunaannya dalam proses penyimpanan biji-bijian. Setiap jenis biji-bijian mempunyai nilai keseimbangan kadar air yang berbeda pada setiap kelembapan relatif tertentu. Hal ini disebabkan molekul dalam tiap biji-bijian dan jumlah air yang diserap berbeda tergantung pada protein, pati, selulosa, dan lemak (Harrington, 1973). Padahal, setiap kenaikan kadar air biji 1%, akan mengurangi umur biji setengahnya (Harrington, 1973).

Penelitian keseimbangan kadar air pada empat jenis biji-bijian: padi (varietas Cisadane), jagung (varietas Arjuna), kedelai (varietas Wilis), dan kacang hijau (varietas Bakti) telah dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Sereal Lain (Balitjas) pada tahun 1996/97. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keseimbangan kadar air padi pada 13% basis basah (bb) adalah pada RH udara 65-70%, jagung 13% bb pada RH udara 60-70%, kedelai 13% bb pada RH udara 45-50%, dan kacang hijau 13% bb pada RH udara 58-63% (Gambar 1) (Lando dan Arief, 1998).

Biji-bijian pertanian umumnya bersifat higroskopis, bila tekanan udara sekitarnya lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan uap air pada biji-bijian maka biji-bijian akan menyerap uap air, sebaliknya bila tekanan uap air sekitarnya lebih rendah dibandingkan dengan tekanan uap air pada biji-bijian maka akan melepaskan uap air (Driscoll, 1985; Harrington, 1988; Henderson dan Perry, 1955; Seo, 1995; Trim dan Robinson, 1994). Berdasarkan karakteristik keseimbangan kadar air tersebut, maka kadar jagung yang telah dikeringkan sampai kadar air 13% akan naik kembali, karena kelembapan udara di Indonesia mencapai 97%.

Fenomena tersebut disebut juga dengan sorpsi isotermi yang menggambarkan hubungan antara kadar air keseimbangan suatu bahan pertanian dengan RH udara sekelilingnya pada suhu udara tertentu (Syarif dan Kumendong, 1997).

### Kerusakan Penyimpanan

Kerusakan jagung yang biasa terjadi selama penyimpanan dapat digolongkan atas rusak fisik, biologis, dan kimiawi (Bayley, 1975 Dalam Thahir et al., 1988). Rusak fisik berupa keretakan endosperm yang terutama disebabkan oleh sering terjadinya perubahan kadar air selama penyimpanan akibat pengaruh cuaca, seperti panas, hujan, siang, dan malam. Rusak biologis disebabkan oleh kegiatan biologis selama penyimpanan seperti serangan hama, jamur, dan mikroba. Kerusakan biologis menyebabkan terjadi penurunan nilai pangan dan kontaminasi. Penurunan nilai pangan yang disebabkan serangan hama dalam bentuk endosperm yang dimakan hama dan sisanya berupa butir kutuan berbentuk biji cacat. Biji cacat ini mudah mengalami oksidasi asam lemak, menghasilkan asam lemak bebas dan memberikan bau tidak enak. Kontaminasi yang disebabkan oleh hama tikus merupakan sumber kontaminan.



Figure 1. Comparison of ...

*Jurnal Litbang Pertanian* 20 ( 3 ), 2001

<http://pustaka.bogor.net/publ/jp3/jp203-32.htm>



OPT Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER