

F/TPG
2004
097

SKRIPSI

**PENENTUAN UMUR SIMPAN BUBUK LADA PUTIH DALAM
BERBAGAI KEMASAN PLASTIK DENGAN METODE AKSELERASI**

Oleh
EKO FEMBRIANTO
F02400083



2004

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PANGAN DAN GIZI
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

RINGKASAN

Umur simpan (waktu kadaluwarsa) produk pangan didefinisikan sebagai selang waktu antara saat produksi hingga saat konsumsi dimana produk berada dalam kondisi yang memuaskan pada sifat-sifat penampakan, rasa, aroma, tekstur, dan nilai gizi. Terdapat dua metode penentuan umur simpan, yaitu 1) Metode ESS (*Extended Storage Studies*), jika respon diamati tanpa pengaturan dan pengontrolan kondisi lingkungan penyimpanan dan 2) Metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*), bila kondisi penyimpanan terkontrol. Keunggulan metode ASLT adalah waktu penentuan yang lebih pendek dan biaya yang lebih rendah.

Untuk menduga umur simpan suatu produk perlu dilakukan pengukuran terhadap penurunan parameter mutu produk yang diuji. Parameter yang diukur adalah parameter yang paling cepat mempengaruhi penerimaan konsumen. Data hasil pengukuran tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam model atau persamaan penentuan waktu kadaluwarsa yang sesuai. Dalam penelitian ini, bubuk lada putih yang diuji merupakan produksi PT. Tripper Nature. Bubuk lada putih merupakan produk rempah-rempah yang memiliki kadar air rendah dan sensitif terhadap perubahan kadar air. Oleh karena itu, kriteria kadaluwarsa bubuk lada putih yang diuji adalah peningkatan kadar air yang menyebabkan penggumpalan produk sehingga persamaan penentuan umur simpannya mengikuti model fisik. Model persamaan Labuza merupakan pemodelan berdasarkan perubahan fisik, yaitu untuk produk pangan yang sensitif terhadap perubahan kadar air. Model Labuza memanfaatkan karakteristik *sorpsi isothermis* bubuk lada putih untuk menentukan umur simpan dengan berdasarkan kadar air kritis.

Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk persamaan Labuza antara lain : 1) kadar air kesetimbangan (% b/k) (m_e), 2) kadar air awal (% b/k) (m_i), 3) kadar air kritis (% b/k) (m_c), 4) konstanta permeabilitas uap air kemasan (k/x), 5) luas permukaan kemasan (A), 6) berat kering produk dalam kemasan (W_s), 7) tekanan uap jenuh (P_0), 8) kemiringan kurva *sorpsi isothermis* (b) yang diasumsikan linier antara m_i dan m_e . Dari hasil analisis didapatkan nilai kadar air awal bubuk lada putih sebesar 10.01% dengan kadar air kritis sebesar 13.00%. Penentuan kadar air kesetimbangan untuk menentukan kemiringan (*slope*) kurva *sorpsi isothermis* dilakukan dengan cara menyimpan sampel pada berbagai RH. Model persamaan yang menggambarkan fenomena *sorpsi isothermis* pada bubuk lada putih dengan tepat adalah model Caurie yang memberikan nilai MRD (*Mean Relative Determination*) terkecil, yaitu sebesar 3.37.

Kemasan yang dipakai adalah plastik LDPE, MDPE, HDPE, dan PP. Umur simpan bubuk lada putih yang disimpan pada RH 75%; 85%; dan 90% pada kemasan LDPE berturut-turut adalah 203 hari; 119 hari; 97 hari, pada kemasan MDPE berturut-turut adalah 339 hari; 198 hari; 162 hari, pada kemasan HDPE berturut-turut adalah 1018 hari; 595 hari; 486 hari, dan pada kemasan PP berturut-turut adalah 550 hari; 322 hari; 263 hari. Secara umum proses penelitian

memperlihatkan bahwa metode akselerasi membantu memprediksi umur simpan secara lebih cepat dibandingkan metode *Extended Storage Studies*.

Penghitungan total kapang kamir memakai metode hitungan cawan memperlihatkan jumlah total kapang kamir yang kecil pada bubuk lada putih pada berbagai a_w . Hal ini diduga disebabkan oleh pengaruh zat anti mikroba yang dimiliki oleh sesquiterpene pada lada putih.

**PENENTUAN UMUR SIMPAN BUBUK LADA PUTIH DALAM
BERBAGAI KEMASAN PLASTIK DENGAN METODE AKSELERASI**

Oleh

EKO FEMBRIANTO

F02400083

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada Departemen Teknologi Pangan dan Gizi

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

2004

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

PENENTUAN UMUR SIMPAN BUBUK LADA PUTIH DALAM
BERBAGAI KEMASAN PLASTIK DENGAN METODE AKSELERASI

Oleh

EKO FEMBRIANTO

F02400083

SKRIPSI

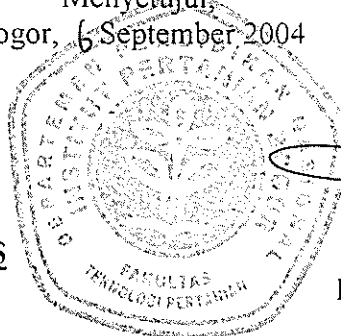
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
Pada Departemen Teknologi Pangan dan Gizi
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

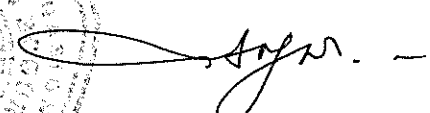
Dilahirkan pada tanggal 22 September 1982
Di Bandar Lampung

Tanggal lulus : 6 September 2004

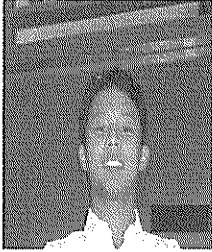
Menyetujui,
Bogor, 6 September 2004


Dr. Ir. Adil Basuki Ahza, MS
Pembimbing Akademik I




Dr. Ir. M. Arpah, MSi
Pembimbing Akademik II

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung pada tanggal 22 September 1982. Anak pertama dari tiga bersaudara ini memiliki hobi membaca, bermain, makan, berorganisasi, dan berjalan-jalan.. Setelah menyelesaikan pendidikan di SMUN 2 Bandar Lampung, penulis melanjutkan studi di Departemen Teknologi Pangan dan Gizi Fateta IPB (melalui jalur UMPTN) selama sekitar 4 tahun. Sedikit prestasi yang pernah diraih antara lain *The Best Student of LIA English Course* Bandar Lampung, Juara II *Business Plan*, Finalis PKM Nasional, dan 5 Lulusan Terbaik Pelatihan HACCP. Selama kuliah, penulis aktif di berbagai organisasi seperti BEM IPB, BEM Fateta, Yayasan Progress Insani, dan DKM Al-Hurriyyah IPB. Penulis juga pernah mengikuti berbagai macam pelatihan seperti *Good Laboratory Practices*, kursus bahasa Inggris, HACCP serta pernah menjadi Koordinator Desa pada saat mengikuti program KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Kabupaten Lebak, Banten.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Kedua orang tua penulis Drs. Sudarwin dan Arita Mahmud yang telah memberikan kasih sayang yang tak terbalas sejak kecil sampai saat ini. Tak lupa kepada kedua adikku Andi dan Ari.
2. Dr. Adil Basuki Ahza selaku pembimbing akademik yang telah banyak memberikan arahan dan masukan yang berguna selama ini. *Thank you sir.*
3. Dr. M. Arpah dan Dr. Yadi Haryadi selaku dosen pembimbing ke-2 dan dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan saran-saran berharga dalam penyelesaian skripsi.
4. Teman-teman TPG'37 dan Golongan C. Terima kasih atas kebersamaannya.
5. Teman-teman satu bimbingan Pak Adil. Terima kasih atas rasa kekeluargaannya.
6. Kakak dan adik kelas di TPG serta seluruh civa TPG. Terus maju bersama yang lain.
7. Sanak saudara dan kerabat serta tetangga penulis.
8. Para pembimbing dan teman-teman satu perguruan yang telah memotivasi dan menghiasi kehidupan penulis dengan kebaikan.
9. Para pejuang dakwah di Fateta dan di IPB. Terima kasih atas persaudaraannya.
10. Kawan-kawan satu kost (Pondok Nangka, Fatahi!lah, Muhandis, dan Senior Camp). Terima kasih atas bantuannya.
11. Sahabat-sahabatku di BEM IPB 2001-2002, BEM Fateta 2002-2003, Yayasan Progress Insani, dan DKM Al-Hurriyyah IPB yang telah banyak mengajarkan arti keikhlasan dan profesionalisme.
12. Sahabat-sahabatku di BEM IPB 2003-2004. Sungguh indah perjalanan kita.
13. Kawan-kawanku selama KKN di Lebak. Terima kasih atas pelajarannya.
14. Keluarga besar PK Sejalitera atas nikmat ukhuwah dan perjuangan.
15. Teman-teman alumni Rohis SMUN 2 Bandar Lampung selaku saudara seperjuangan di kota kelahiran penulis.
16. Pihak-pihak lain yang telah mengisi kehidupan penulis. Terima kasih banyak.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, berkat rahmat-Nya tugas akhir (skripsi) ini dapat terselesaikan. Skripsi ini memberikan gambaran mengenai metode penentuan umur simpan bubuk lada putih dengan metode akselerasi. Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan yang terjadi sehingga pembaca perlu kritis dalam melihat informasi yang disampaikan. Namun, besar harapan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca yang memerlukannya.

Bogor, September 2004

Eko Fembrianto

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. LADA PUTIH	3
B. PENGGUMPALAN (<i>CAKING</i>)	5
C. AKTIVITAS AIR	5
D. UMUR SIMPAN (WAKTU KADALUWARSA)	6
E. METODE AKSELERASI (ACCELERATED STORAGE STUDIES)	7
F. PENENTUAN UMUR SIMPAN DENGAN PENDEKATAN KADAR AIR KRITIS	7
G. KEMASAN PLASTIK	11
H. PERMEABILITAS UAP AIR (k/x)	12
I. MODEL PERSAMAAN KURVA <i>SORPSI ISOTHERMIS</i>	13
III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN	15
A. WAKTU DAN TEMPAT	15
B. BAHAN DAN ALAT	15
C. METODE PENELITIAN	17
1. Penentuan kadar air awal	17
2. Pengukuran kadar <i>volatile oil</i>	17
3. Penentuan kurva <i>sorpsi isothermis</i>	18
4. Penentuan model <i>sorpsi isothermis</i>	19
5. Uji ketepatan model	20
6. Penentuan kadar air kritis	20

7. Penentuan umur simpan	21
8. Penentuan total kapang kamir	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
A. Kadar air awal	24
B. Kadar <i>volatile oil</i>	24
C. Kadar air kesetimbangan dan model kurva <i>sorpsi isothermis</i>	24
D. Uji ketepatan model	31
E. Penentuan kadar air kritis	32
F. Penentuan umur simpan	32
G. Total kapang kamir	33
V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
A. Kesimpulan	34
B. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Biji lada putih	4
Gambar 2. Kurva <i>sorpsi isothermis</i> secara umum	10
Gambar 3. Bubuk lada putih	15
Gambar 4. Beberapa peralatan yang digunakan	16
Gambar 5. <i>Humidity chamber</i> yang digunakan	19
Gambar 6. Desain <i>humidity chamber</i>	19
Gambar 7. Diagram alir metode penelitian	23
Gambar 8. Kurva <i>sorpsi isothermis</i> bubuk lada putih	26
Gambar 9. Kurva <i>sorpsi isothermis</i> bubuk lada putih model Oswin dan percobaan	29
Gambar 10. Kurva <i>sorpsi isothermis</i> bubuk lada putih model Henderson dan percobaan	30
Gambar 11. Kurva <i>sorpsi isothermis</i> bubuk lada putih model Hasley dan percobaan	30
Gambar 12. Kurva <i>sorpsi isothermis</i> bubuk lada putih model Chen-Clayton dan percobaan	30
Gambar 13. Kurva <i>sorpsi isothermis</i> bubuk lada putih model Caurie dan percobaan	31
Gambar 14. Grafik pasangan nilai-nilai X dan Y dan persamaan regresi liniernya	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai permeabilitas berbagai kemasan plastik	12
Tabel 2. Larutan garam jenuh untuk penetapan kurva <i>sorpsi isothermis</i>	18
Tabel 3. Data kadar air kesetimbangan bubuk lada putih	25
Tabel 4. Model persamaan kurva <i>sorpsi isothermis</i>	28
Tabel 5. Kadar air kesetimbangan bubuk lada putih pada model <i>sorpsi isothermis</i>	29
Tabel 6. Nilai MRD berbagai model <i>sorpsi isothermis</i>	31
Tabel 7. Umur simpan bubuk lada putih pada berbagai nilai RH	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Contoh perhitungan mencari konstanta model <i>sorpsi</i> <i>Isothermis</i>	37
Lampiran 2. Kuesioner uji organoleptik	39
Lampiran 3. Hasil uji organoleptik	40
Lampiran 4. Contoh perhitungan M_e dan perhitungan umur simpan	42
Lampiran 5. Hasil pengamatan total kapang kamir bubuk lada putih	43
Lampiran 6. Standar mutu bubuk lada putih (SNI 01-0004-1995)	44

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Rempah-rempah terdiri dari daun kering, batang, kulit, bunga, buah, biji, pucuk, rhizoma dari berbagai tanaman yang memiliki *flavor* khas. Dalam dunia pangan, hanya sedikit rempah-rempah yang ditambahkan dalam makanan. Akan tetapi, rempah-rempah mampu memberi pengaruh yang signifikan pada rasa dan aroma karena kandungan minyak atsiri yang dimilikinya sehingga rempah-rempah menjadi sangat penting dalam dunia pangan. Apalagi di masa sekarang dimana citarasa menjadi faktor yang sangat penting dalam menentukan kualitas makanan.

Salah satu jenis rempah-rempah yang sering digunakan adalah lada hitam dan lada putih. Perbedaan antara lada hitam dan lada putih ada pada proses pengolahannya. Lada hitam merupakan biji utuh kering tanaman *Piper nigrum* yang belum tua. Sedangkan lada putih merupakan biji utuh kering tanaman *Piper nigrum* yang sudah tua dimana bagian terluar dari perikarp telah dipisahkan setelah sebelumnya dilakukan fermentasi atau perendaman dalam air. Lada hitam dan lada putih bisa digunakan dalam bentuk bubuk atau tepung.

Dengan berkembangnya industri pangan, kebutuhan terhadap peningkatan mutu produk rempah-rempah khususnya lada akan terus meningkat. Salah satu upaya untuk memenuhi persyaratan mutu dalam rangka melindungi konsumen ialah dengan memberikan informasi mengenai umur simpan atau waktu kadaluwarsa produk tersebut. Waktu kadaluwarsa juga merupakan parameter penting untuk mengetahui ketahanan produk selama penyimpanan dan merupakan bagian dari konsep pemasaran produk serta berkaitan erat dengan usaha pengembangan jenis kemasan yang akan digunakan.

Pendugaan waktu kadaluwarsa dapat ditentukan dengan memakai metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis. Pada metode ini, umur simpan ditetapkan berdasarkan waktu pada saat kadar air produk sama dengan kadar air kritis. Kadar air kritis produk bubuk merupakan kadar air produk pada saat penampakannya sudah mulai menggumpal. Kondisi suhu dan

kelembaban relatif yang cukup tinggi digunakan untuk mempercepat tercapainya kadar air kritis (akselerasi).

Untuk memperpanjang umur simpan, kemasan yang digunakan memegang peranan penting. Menurut Syarief dan Irawati (1988), kemasan berfungsi sebagai : 1) wadah untuk menempatkan produk dan memberi bentuk sehingga memudahkan dalam penyimpanan, pengangkutan, dan distribusi; 2) memberi perlindungan terhadap mutu produk dari kontaminasi luar dan kerusakan; dan 3) menambah daya tarik produk.

B. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk menentukan umur simpan bubuk lada putih dalam berbagai kemasan plastik (LDPE, MDPE, HDPE, dan PP) dengan menggunakan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. LADA PUTIH

Tanaman lada sudah dikenal lama di wilayah Nusantara, bahkan perdagangan lada antara Jawa dengan China sudah terjadi sejak abad ke-12 dimana pada saat itu harga lada sangat tinggi. Bagian tanaman lada yang dimanfaatkan adalah buahnya. Buah lada yang sudah diolah berbentuk lada putih, lada hitam dan lada hijau. Lada putih merupakan biji utuh kering tanaman *Piper nigrum* yang sudah tua dimana bagian terluar dari perikarp telah dipisahkan setelah sebelumnya dilakukan fermentasi atau perendaman dalam air. Lada putih dapat dimanfaatkan sebagai bumbu dalam berbagai masakan (www.bi.go.id, 2004).

Tahap-tahap pengolahan hasil lada putih adalah sebagai berikut (www.bi.go.id, 2004) :

1. Perendaman.

Buah lada masak yang baru dipetik dimasukkan dalam karung goni direndam dalam bak yang airnya mengalir selama 7 - 10 hari atau rata-rata 8 hari untuk melunakkan kulit buah supaya mudah terlepas dari biji. Pada tahap ini perlu diperhatikan, bahwasanya air rendaman harus bersih dan mengalir agar dihasilkan lada yang baik (putih bersih). Penggunaan air rendaman yang kotor dan tidak mengalir akan menghasilkan lada putih yang kurang baik (kotor, warna abu-abu atau kecoklatan).

2. Pembersihan atau pencucian

Lada hasil rendaman, dikeluarkan dari karung dan dimasukkan dalam tampah atau ember, lalu kulitnya dipisahkan dari biji dengan menggunakan tangan. Kemudian lada tersebut dimasukkan dalam karung atau bakul pada air mengalir sambil digoyang-goyang supaya kulit hanyut atau terbuang ke luar. Setelah biji bersih dari kulit dan tangkai buah, kemudian lada ditiriskan sampai airnya tidak menetes lagi.

3. Pengeringan

Buah lada bersih kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 3 - 7 hari, sampai cukup kering. Pengeringan buah lada dilakukan dengan

mempergunakan tikar atau tampah/plastik atau mempergunakan lantai penjemuran yang dibuat lebih tinggi agar lebih efektif. Pada waktu proses pengeringan, tumpukan lada dibolak-balik atau ditipiskan dengan mempergunakan garuk dari kayu agar pengeringan lebih cepat dan merata. Lada dianggap kering, bila ditekan dengan kuat memberikan suara menggeretak dan pecah.

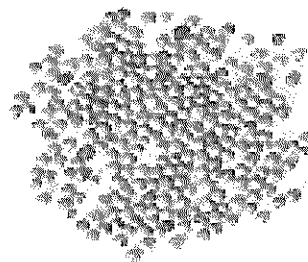
4. Pembersihan dan sortasi

Setelah lada cukup kering, kemudian lada ditampi dengan tampah, yaitu untuk membuang bahan-bahan yang ringan serta benda asing lainnya seperti tanah, pasir, daun kering, gagang, serat-serat dan juga sebagian lada enteng.

5. Pengemasan dan Penyimpanan

Selanjutnya lada yang telah kering dan bersih ini dimasukkan dalam karung atau wadah penyimpanan lain yang kuat dan bersih. Hasil kemas kemudian disimpan di ruangan simpan yang kering dan tidak lembab ($RH \pm 70\%$), dengan diberi alas dari bambu atau kayu setinggi ± 15 cm dari permukaan lantai sehingga bagian bawah karung tidak berhubungan langsung dengan lantai.

Pada pengolahan hasil lada putih, dari 100 kg lada basah yang masih bertangkai diperoleh antara 25 - 40 kg lada putih. Rendemen pengolahan hasil dari buah lada basah menjadi lada hitam dan lada putih tergantung pada jenis tanaman dan tua mudanya buah disamping cara pengolahan hasil itu sendiri (www.bi.go.id, 2004).



Gambar 1. Biji lada putih

B. PENGGUMPALAN (*CAKING*)

Penggumpalan (*caking*) merupakan masalah serius bagi produsen produk-produk bubuk atau tepung. Penggumpalan sering menyebabkan perubahan solubilitas, kenaikan oksidasi lemak dan aktivitas enzim, kehilangan cita rasa dan kerenyahan, penurunan kualitas organoleptik, dan penurunan umur simpan. Bagi konsumen, penggumpalan pada produk-produk tepung umumnya menjadi tanda bahwa produk tersebut sudah tidak aman dan rendah mutunya (Chung *et al.*, 2000).

Tepung menjadi menggumpal ketika permukaannya digerakkan oleh air yang menyebabkan jembatan antar partikel, membentuk paduan-paduan partikel sehingga terjadi penggumpalan. Apabila bahan makanan berbentuk tepung ditempatkan pada lingkungan dengan suhu yang cukup ekstrim, penggumpalan dapat terjadi walaupun kadar airnya tetap (Daulay, 2000).

C. AKTIVITAS AIR

Fennema (1985) memaparkan adanya hubungan yang erat antara kadar air dalam bahan pangan dengan umur simpannya. Pengurangan kadar air baik dengan pengeringan membantu memperpanjang umur simpan bahan pangan dengan cara mengurangi kerusakan mikrobiologis maupun kerusakan kimiawi.

Kadar air dan konsentrasi larutan dalam bahan pangan hanya sedikit berhubungan dengan sifat-sifat air yang terdapat dalam bahan pangan dan tidak dapat digunakan sebagai indikator nyata dalam menentukan ketahanan simpan meskipun sangat berpengaruh dalam menentukan umur simpan. Karenanya lalu muncul istilah aktivitas air (a_w) yang digunakan untuk menjabarkan air yang tidak terikat atau bebas dalam suatu sistem yang dapat menunjang reaksi biologis atau kimiawi. Air yang terkandung dalam bahan pangan apabila terikat kuat dengan komponen bukan air, akan lebih sukar digunakan baik untuk aktivitas mikrobiologis maupun aktivitas kimia (Syarief dan Halid, 1993). Menurut Yudhabuntara (2003), aktivitas air (a_w) merupakan jumlah air yang tersedia untuk pertumbuhan mikroba dalam pangan dan bukan berarti jumlah total air yang terkandung dalam bahan makanan. Air murni

mempunyai $a_w = 1.0$ dan bahan makanan yang sepenuhnya terdehidrasi memiliki $a_w = 0$.

Secara matematis, Labuza (1968) mendefinisikan aktivitas air dari suatu bahan pangan sebagai perbandingan antara tekanan uap air pada bahan pangan (P_f) dengan tekanan uap air murni (P_0) pada suhu yang sama :

$$a_w = P_f/P_0$$

Aktivitas air juga dapat didefinisikan sebagai kelembaban relatif kesetimbangan (Equilibrium Relative Humidity = ERH) dibagi dengan seratus (Labuza, 1968).

$$a_w = ERH/100$$

Aktivitas air menunjukkan sifat bahan itu sendiri, sedangkan ERH menggambarkan kondisi lingkungan di sekitar bahan yang berada dalam keadaan seimbang dengan bahan tersebut. Bertambah atau berkurangnya kandungan air suatu bahan pangan pada suatu kondisi lingkungan sangat tergantung pada ERH lingkungannya (Kumendong, 1986).

D. UMUR SIMPAN (WAKTU KADALUWARSA)

Menurut Institute of Food Technology (1974), umur simpan produk pangan adalah selang waktu antara saat produksi hingga saat konsumsi dimana produk berada dalam kondisi yang memuaskan pada sifat-sifat penampakan, rasa dan aroma, tekstur, dan nilai gizi. National Food Processor Association (1978), mendefinisikan umur simpan sebagai berikut : "Suatu produk dikatakan berada pada kisaran umur simpannya bilamana kualitas produk secara umum dapat diterima untuk tujuan seperti yang diinginkan oleh konsumen dan selama bahan pengemas masih memiliki integritas serta memproteksi isi kemasan". Floros (1993) menyatakan bahwa umur simpan adalah waktu yang diperlukan oleh produk pangan, dalam suatu kondisi penyimpanan, untuk sampai pada suatu level atau tingkatan degradasi mutu tertentu.

Menurut Syarief dan Halid (1993), hasil atau akibat dari berbagai reaksi kimiawi yang terjadi di dalam bahan pangan bersifat kumulatif dan tidak dapat

balik (*irreversible*) sehingga pada saat tertentu hasil reaksi tersebut membuat mutu bahan pangan tidak lagi dapat diterima konsumen.

Menurut Ellis (1994), penentuan umur simpan suatu produk dilakukan dengan mengamati produk selama penyimpanan sampai terjadi perubahan yang tidak dapat diterima lagi oleh konsumen. Penentuan umur simpan dilakukan dengan mengamati perubahan yang terjadi pada produk selama selang waktu tertentu. Syarief dan Halid (1993), menyatakan bahwa perubahan mutu makanan dapat diketahui dari perubahan faktor mutu tersebut. Oleh karenanya, dalam menentukan umur simpan suatu produk perlu dilakukan pengukuran terhadap faktor mutu produk tersebut.

Hasil analisis menggunakan metode-metode pendugaan umur simpan pangan dan diikuti dengan penentuan umur simpan pangan (*shelf life testing*) yang dilakukan secara laboratoris dan mengikuti prosedur dan standard tertentu menghasilkan tanggal, bulan, dan tahun kadaluwarsa (Arpah, 2001).

E. METODE AKSELERASI (*ACCELERATED STORAGE STUDIES*)

Metode penentuan umur simpan konvensional memerlukan waktu yang lama untuk menentukan batas penyimpanan akhir suatu produk pada kondisi normal. Untuk mempercepat waktu penentuan umur simpan tersebut maka digunakan metode akselerasi. Pada metode ini kondisi penyimpanan diatur di luar kondisi normal sehingga produk dapat lebih cepat rusak dan penentuan umur simpan dapat lebih cepat dilakukan (Arpah dan Syarief, 2000).

F. PENENTUAN UMUR SIMPAN DENGAN PENDEKATAN KADAR AIR KRITIS

Untuk menduga umur simpan suatu produk, perlu dilakukan pengukuran terhadap penurunan atribut atau parameter mutu produk yang diuji, disebut juga kriteria kadaluwarsa. Jenis parameter yang diuji tergantung pada jenis produknya. Untuk produk berlemak biasanya parameter yang digunakan ialah ketengikan. Produk yang disimpan dalam bentuk beku atau kondisi dingin (misalnya susu pasteurisasi) parameternya berupa pertumbuhan mikroba. Adapun produk yang berwujud bubuk atau kering parameter yang dipakai

adalah kadar airnya. Pada pengujian suatu produk, yang diuji tidak semua parameter, melainkan salah satu saja yakni parameter yang paling cepat mempengaruhi konsumen.

Bubuk lada putih berkadar air rendah sehingga sensitif terhadap perubahan kadar air. Oleh karena itu, kriteria kadaluwarsa bubuk lada putih yang diuji adalah peningkatan kadar air yang menyebabkan mutu produk menurun. Pengukuran kriteria kadaluwarsa akan disubstitusikan ke dalam model persamaan yang sesuai untuk mendapatkan umur simpan produk pada kondisi penyimpanan tertentu. Kriteria yang dipakai untuk bubuk lada putih bukan kadar *volatile oil* dan bukan pertumbuhan mikroba karena dalam standar mutu lada putih (SNI 01-0004-1995) tidak ada batas kritis kadar *volatile oil* dan karena mikroba tidak dapat tumbuh dengan baik pada bahan pangan berkadar air rendah seperti bubuk lada putih.

Model atau persamaan Labuza merupakan pemodelan berdasarkan perubahan fisik, yaitu untuk produk pangan yang sensitif terhadap perubahan kadar air. Model persamaan Labuza mengkorelasikan total jumlah penetrasi uap air dengan berat produk. Labuza (1982) menyatakan bahwa penambahan atau kehilangan kandungan air dari suatu bahan pangan pada suhu dan kelembaban (RH) yang konstan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\frac{dWH_2O}{dt} = \frac{k}{x}(P_{out} - P_{in})A$$

dengan :

dWH_2O/dt = jumlah air yang bertambah atau berkurang per hari (gram)

k/x = permeabilitas kemasan (g H₂O)/hari.in².mmHg)

A = luas permukaan kemasan (m²)

P_{out} = tekanan uap air di luar kemasan (mmHg)

P_{in} = tekanan uap air di dalam kemasan (mmHg)

Melalui penurunan matematika akan diperoleh persamaan untuk menentukan umur simpan produk, yaitu :

$$\text{umur simpan (hari)} = \frac{\ln\left(\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c}\right)}{\frac{k}{x} \frac{A}{W_s} \frac{P_o}{b}}$$

dengan :

m_e	= kadar air kesetimbangan (% b/k)
m_i	= kadar air awal (% b/k)
m_c	= kadar air kritis (% b/k)
W_s	= berat kering bahan (gram)
A	= luas permukaan kemasan (m^2)
k/x	= permeabilitas uap air kemasan ($g/m^2 \cdot \text{hari} \cdot \text{mmHg}$)
P_o	= tekanan uap jenuh (mmHg)
b	= slope kurva <i>sorpsi isothermis</i>

Menurut Labuza (1982), meningkatnya suhu dan kelembaban udara pada kondisi penyimpanan bahan pangan kering dapat digunakan sebagai metode untuk mempersingkat waktu perkiraan umur simpan suatu produk pangan (metode akselerasi). Pada metode ini, kondisi lingkungan penyimpanan memiliki kelembaban (RH) yang ekstrim. Dengan demikian, produk pangan kering yang disimpan akan mengalami penurunan mutu akibat penyerapan uap air. Menurut Mizrahi dan Karel (1977), penggunaan uji akselerasi dapat diaplikasikan pada produk kering seperti bubuk jika secara kontinyu kadar air produk berubah selama penyimpanan dan jika kecepatan kerusakan hanya tergantung pada kadar air dan suhu.

Umur simpan ditetapkan berdasarkan waktu pada saat kadar air produk sama dengan kadar air kritis. Kadar air kritis tepung merupakan kadar air produk pada saat penampakannya sudah menggumpal.

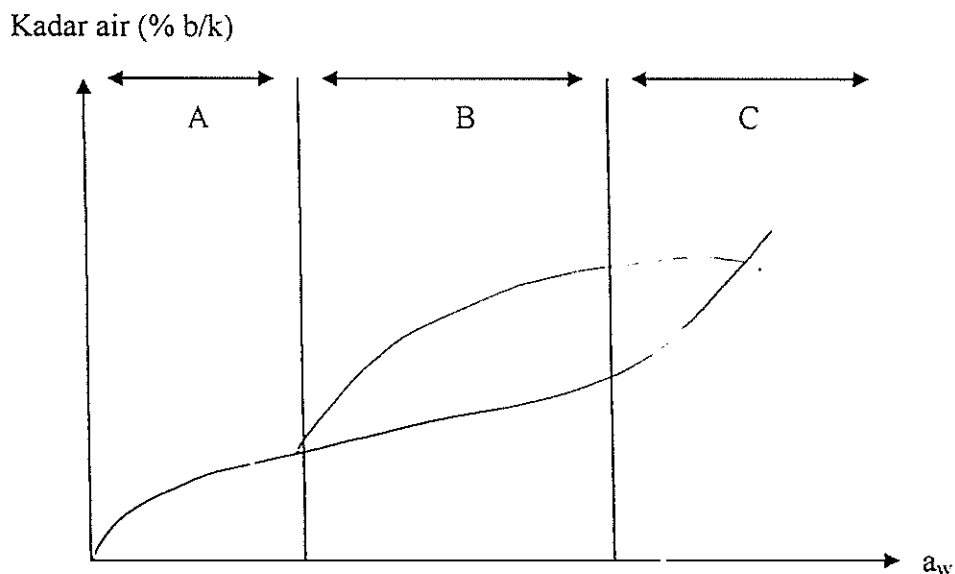
Faktor-faktor yang dibutuhkan untuk memperkirakan umur simpan suatu bahan pangan kering yang dikemas adalah sebagai berikut (Labuza, 1982) :

1. Kurva *sorpsi isothermis*

Karakteristik hidratisasi bahan pangan dapat diartikan sebagai karakteristik fisik yang meliputi interaksi antara bahan pangan dengan molekul air yang terkandung di dalamnya dan molekul udara sekitarnya. Secara umum sifat-sifat hidratisasi ini digambarkan dengan kurva *sorpsi*

isothermis, yaitu kurva yang menunjukkan hubungan antara kadar air bahan dengan kelembaban relatif kesetimbangan ruang tempat penyimpanan bahan (ERH) atau aktivitas air (a_w) pada suhu tertentu (Syarif dan Halid, 1993).

Hubungan antara besarnya a_w dengan kadar air dalam bahan pangan pada suhu yang konstan digambarkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva *sorpsi isothermis* secara umum (Labuza, 1982)

Kurva *sorpsi isothermis* dapat dibagi menjadi beberapa bagian tergantung dari keadaan air dalam bahan pangan tersebut. Daerah A menyatakan adsorpsi air bersifat satu lapis molekul air (monolayer), daerah B menyatakan terjadinya penambahan lapisan-lapisan di atas satu lapis molekul air (multilayer), dan daerah C merupakan daerah dimana kondensasi air pada pori-pori bahan mulai terjadi (kondensasi kapiler) (Syarif dan Halid, 1993). Kurva *sorpsi isothermis* ini diasumsikan sebagai garis linier dengan persamaan sebagai berikut (Labuza, 1982) :

$$m = ba + c_0$$

dengan :

m = kadar air bahan
 a = aktivitas air

b = slope kurva
 c_0 = intersep kurva

2. Permeabilitas kemasan (k/x)

$$\frac{gH_2O \cdot \text{ketebalan}}{\text{area} \cdot \text{hari} \cdot \text{tekanan uap}}$$

3. Rasio luas kemasan (A) dengan berat kering produk (W_s) ($A/W_s = m^2/g$ padatan)
4. Kadar air awal produk (m_i) dan kadar air kritis produk (m_c)
5. RH dan suhu tempat produk disimpan

Dari kondisi ini ditentukan kadar air kesetimbangan (m_e) dan tekanan uap jenuh (P_o). Kemudian dari nilai-nilai di atas umur simpan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{umur simpan (hari)} = \frac{\ln\left(\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c}\right)}{\frac{k}{x} \frac{A}{W_s} \frac{P_o}{b}}$$

G. KEMASAN PLASTIK

Produk kering terutama yang bersifat hidrofilik harus dilindungi terhadap masuknya uap air. Umumnya produk-produk ini mempunyai a_w yang rendah sehingga harus dikemas dalam kemasan yang mempunyai permeabilitas air yang rendah (Syarief *et. al.*, 1989).

Plastik merupakan bahan kemasan yang banyak digunakan dalam industri pengemasan. Jenis kemasan plastik yang digunakan untuk penentuan waktu kadaluwarsa ini ialah plastik dari jenis polietilen (LDPE, MDPE, HDPE) dan polipropilen (PP).

Polietilen (PE) adalah hasil polimerisasi etilen, berupa padatan yang jernih, dan dalam bentuk film terlihat transparan. Salah satu sifat yang penting adalah permeabilitasnya yang rendah terhadap uap air (Saccharow dan Griffin, 1970). Menurut Syarief *et. al.* (1989), berdasarkan densitasnya PE dibagi atas:

- 1) Plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*)

Dihasilkan melalui proses tekanan tinggi, mudah dikelim, dan paling banyak digunakan sebagai kantong.

2) Plastik MDPE (*Medium Density Polyethylene*)

Memiliki kekakuan yang lebih tinggi daripada plastik LDPE dan memiliki suhu leleh lebih tinggi daripada LDPE.

3) Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*)

Dihasilkan pada proses dengan suhu dan tekanan rendah (50-70⁰C, 10 atm). Paling kaku diantara ketiganya dan tahan terhadap suhu tinggi (maksimal 120⁰C) sehingga dapat digunakan untuk produk yang harus mengalami sterilisasi.

H. PERMEABILITAS UAP AIR (k/x)

Laju transmisi uap air atau *water vapour transmission rate* adalah jumlah uap air yang melewati satu unit permukaan luas dari suatu bahan selama satu satuan waktu pada kondisi suhu dan RH yang relatif konstan. Permeabilitas uap air adalah laju transmisi uap air dibagi dengan perbedaan tekanan uap air antara permukaan produk (ASTM, 1979).

Penentuan umur simpan bahan pangan dalam kemasan memerlukan pengetahuan mengenai transmisi uap air melalui permeabilitas kemasan. Laju transmisi uap air dan oksigen dari udara adalah faktor utama dalam melakukan kontrol umur simpan dari makanan kering dan produk pangan lain yang mengandung lipid atau komponen yang sensitif terhadap oksigen.

Nilai permeabilitas kemasan yang digunakan untuk penentuan umur simpan ditabulasikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai permeabilitas berbagai kemasan plastik

Jenis kemasan	Permeabilitas kemasan (g/m ² .hari.mmHg)
LDPE	0.5
MDPE	0.3
HDPE	0.1
PP	0.185

Sumber : Arpah (2001)

I. MODEL PERSAMAAN KURVA *SORPSI ISOTHERMIS*

Model matematika mengenai kadar air kesetimbangan atau *sorpsi isothermis* telah banyak dikemukakan oleh para ahli baik secara teoritis, semi teoritis maupun empiris. Model persamaan ini akan membantu dalam memperkirakan nilai kadar air kesetimbangan pada berbagai nilai aktivitas air (a_w).

Secara empiris Henderson mengemukakan persamaan yang menggambarkan hubungan antara kadar air kesetimbangan bahan pangan dengan kelembaban relatif ruang simpan. Persamaan ini merupakan salah satu persamaan yang paling banyak digunakan. Persamaan Henderson ini dapat berlaku pada kebanyakan bahan pangan terutama biji-bijian pada seluruh nilai a_w . bentuk persamaan tersebut adalah (Chirife dan Iglesias, 1978) :

$$1 - a_w = \exp(-KM^n)$$

dimana M adalah kadar air kesetimbangan (% bk), K dan n adalah konstanta.

Caurie dari hasil percobaannya mendapatkan sebuah persamaan yang dapat berlaku untuk kebanyakan bahan pangan pada selang a_w 0.00 sampai 0.85.

Persamaan tersebut adalah (Lamauro, 1984) :

$$\ln Me = \ln P(1) - P(2) a_w$$

Dimana P(1) dan P(2) adalah konstanta.

Hasley mengembangkan suatu persamaan yang dapat menggambarkan proses kondensasi pada lapisan *multilayer*. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk bahan makanan dengan kelembaban relatif antara 10 – 81%. Persamaannya adalah (Isse *et al.*, 1992) :

$$a_w = \exp[-P(1)/(Me)^{P(2)}]$$

dimana P(1) dan P(2) adalah konstanta.

Persamaan Oswin dapat berlaku pada bahan pangan pada RH antara 0 – 85% dan sesuai bagi kurva *sorpsi isothermis* yang berbentuk sigmoid (Chirife dan Iglesias, 1978). Model persamaan Oswin tersebut adalah

$$Me = P(1) [a_w/(1 - a_w)]^{P(2)}$$

Dimana P(1) dan P(2) adalah konstanta.

Lebih lanjut Chen dan Clayton juga telah membuat model persamaan matematika yang berlaku untuk bahan pangan pada semua nilai a_w . Persamaan tersebut adalah :

$$a_w = \exp [-P(1) \exp (P(2) Me)]$$

dimana P1) dan P(2) juga merupakan konstanta (Daulay, 2000).

Jika ingin mendapatkan kemulusan kurva *sorpsi isothermis* yang tinggi (menggambarkan fenomena sorpsi isothermis dengan tepat), maka model yang sederhana dan lebih sedikit jumlah parameternya akan lebih mudah penggunaannya (Labuza, 1968).

III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

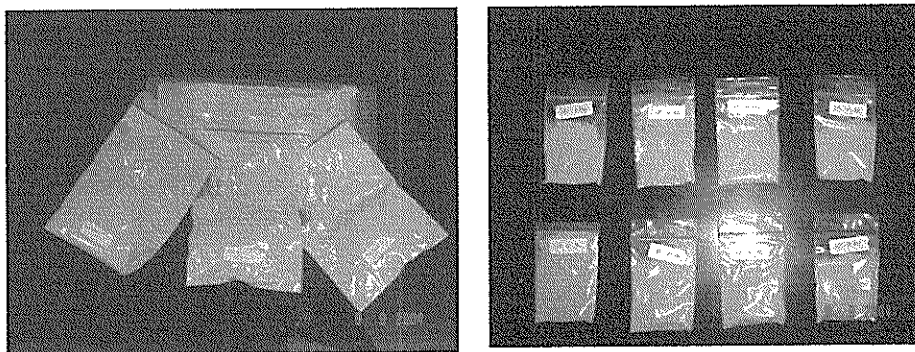
A. WAKTU DAN TEMPAT

Penelitian dan penyusunan laporan berlangsung mulai bulan Mei–Agustus 2004 bertempat di Laboratorium Gizi PAU IPB, Laboratorium Kimia Pangan, *Share Lab*, dan Laboratorium Mikrobiologi Departemen Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Darmaga, Bogor.

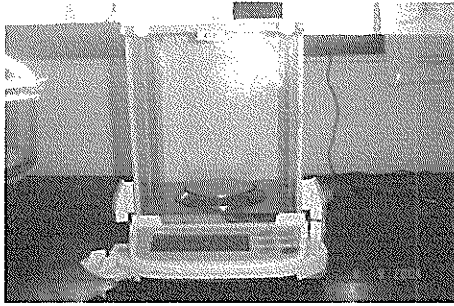
B. BAHAN DAN ALAT

Bahan yang digunakan adalah bubuk lada putih yang diperoleh dari sampel yang masih segar dan baru digiling (60 mesh). Bubuk ini berasal dari PT. Tripper Nature, Kawasan Industri Pulogadung. Bahan kimia yang digunakan adalah garam-garam (NaOH, MgCl₂, K₂CO₃, KI, NaCl, KCl, BaCl₂, K₂Cr₂O₇), media PDA (Potato Dextrose Agar), asam tartarat, vaseline, toluena, dan aquades. Bahan kimia diperoleh dari supplier bahan kimia untuk analisis di Kota Bogor.

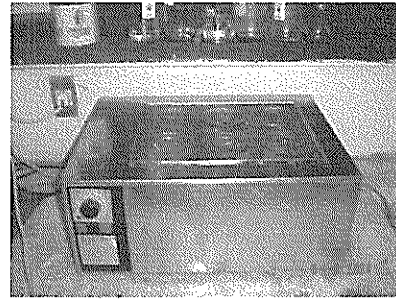
Adapun alat-alat yang digunakan ialah *hot plate*, cawan logam, desikator, penjepit cawan, dan timbangan analitik, *humidity chamber*, peralatan analisis mikrobiologik (cawan petri, pipet 1 ml, dan inkubator), peralatan destilasi, *stirrer* magnetik, dan alat-alat gelas (gelas erlenmeyer, gelas piala, gelas ukur).



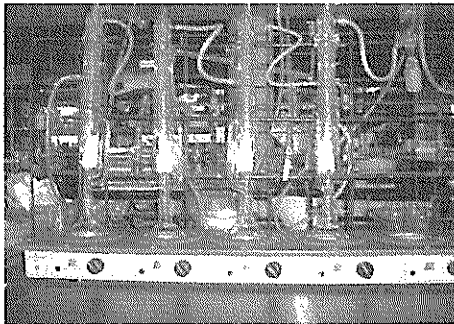
Gambar 3. Bubuk lada putih



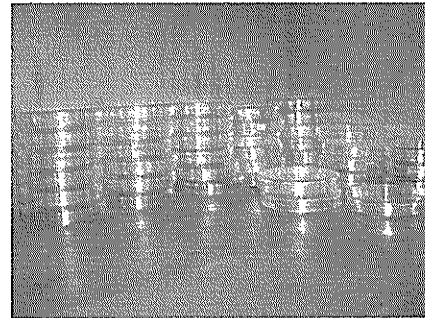
Neraca analitik



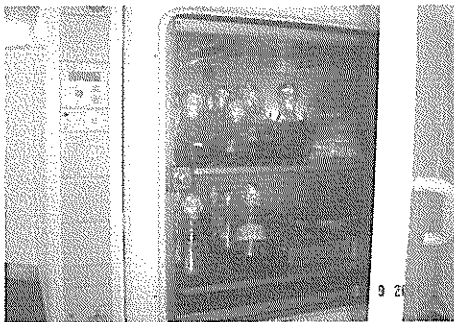
Water bath



Peralatan destilasi



Cawan petri



Inkubator



Beberapa peralatan gelas



Hot plate



Refrigerator

Gambar 4. Beberapa peralatan yang digunakan

C. METODE PENELITIAN

1. Penentuan Kadar Air Awal

Metode destilasi

Sampel ditimbang (w) sehingga kadar airnya sekitar 3-4 gram kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 60 ml toluena. Peralatan destilasi dirangkai dan refluks dengan suhu rendah selama 45 menit dan dengan suhu tinggi selama 60-90 menit. Setelah itu dibaca volume air yang terdestilasi (v) dan dihitung kadar airnya.

Untuk menjamin ketepatan hasil diperlukan pengukuran faktor destilasi (fd) dimana prosedurnya sama dengan di atas, tetapi sampel diganti dengan 4 ml akuades.

$$fd = \frac{4 \text{ ml}}{\text{volume air yang terbuka}}$$

$$\% \text{ kadar air (basis basah)} = \left(\frac{v}{w} \right) \times fd \times 100\%$$

2. Pengukuran Kadar *Volatile Oil* (Minyak Atsir)

Sampel rempah-rempah digiling halus dan diusahakan tidak terjadi kehilangan *volatile oil* akibat panas selama penggilingan. Sampel ditimbang secukupnya untuk menghasilkan *volatile oil* sebanyak 2-4 ml. Kemudian sampel dipindahkan ke dalam botol berukuran 1 liter dan ditambahkan aquades sebanyak setengah botol. Dimasukkan juga batangan *stirrer* lalu botol ditempatkan di dalam mantel pemanas.

Peralatan destilasi diatur sehingga kondensat tidak jatuh langsung ke atas permukaan cairan di dalam perangkap, tetapi jatuh melalui bagian sisinya. Destilasi dilakukan sampai dua kali pembacaan berturut-turut (selama interval 1 jam) tidak menunjukkan perbedaan kadar *volatile oil*-nya. Selanjutnya *volatile oil* didinginkan dan dibaca volume *volatile oil* yang terkumpul. Kadar *volatile oil* dinyatakan dengan rumus berikut :

$$\text{kadar volatile oil (\%)} = \frac{\text{volume volatile oil}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

3. Penentuan Kurva *Sorpsi Isothermis* (Arpah dan Syarief, 2000)

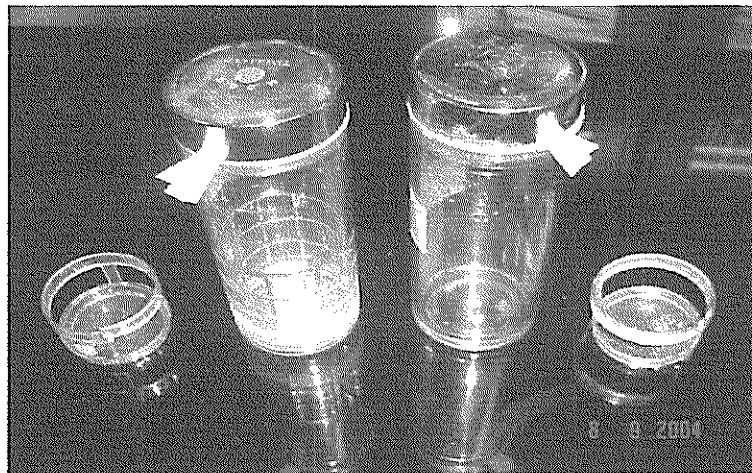
Preparasi larutan jenuh untuk penetapan kurva *sorpsi isothermis* dilakukan sebagai berikut : garam yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam desikator atau *humidity chamber* lainnya (misalnya “toples” kedap udara) sambil diaduk. Kemudian ditambahkan sejumlah air yang telah ditentukan jumlahnya sesuai dengan Tabel 2. Wadah sorpsi kemudian ditutup dan dibiarkan selama 24 jam pada suhu 30°C. Larutan garam yang sudah jenuh ditunjukkan dengan adanya garam yang tidak dapat larut lagi dalam air.

Sebanyak ± 5 gram produk (duplo) diletakkan pada cawan kering kosong yang telah diketahui beratnya. Cawan yang berisi sampel tersebut diletakkan dalam *humidity chamber* yang berisi larutan garam jenuh dengan 8 tingkat a_w (Tabel 3). *Humidity chamber* kemudian disimpan dalam *water bath* (30°C). Sampel dalam cawan kemudian ditimbang bobotnya secara periodik sampai diperoleh bobot yang relatif konstan atau kadar air kesetimbangan dicapai. *Humidity chamber* dan desainnya dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

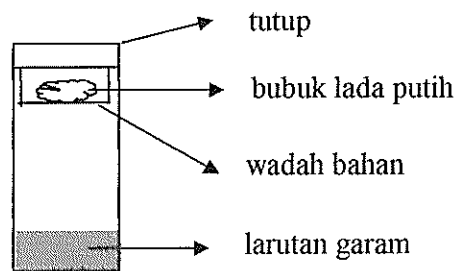
Tabel 2. Larutan garam jenuh untuk penetapan kurva *sorpsi isothermis*

Jenis garam	a_w	Kuantitas	
		Garam (gram)	Air (ml)
NaOH	0,06	150,0	85,0
MgCl ₂	0,32	200,0	25,0
K ₂ CO ₃	0,44	200,0	90,0
KI	0,69	200,0	50,0
NaCl	0,75	200,0	60,0
KCl	0,84	200,0	80,0
BaCl ₂	0,90	250,0	70,0
K ₂ Cr ₂ O ₇	0,98	250,0	50,0

Spiess dan Wolf (1987)



Gambar 5. *Humidity chamber* yang digunakan



Gambar 6. Desain *humidity chamber*

Sampel yang telah mencapai berat relatif konstan lalu ditentukan kadar airnya. Berdasarkan kadar air dan aktivitas air (a_w) kesetimbangan, dapat dibuat kurva *sorpsi isothermisnya*.

4. Penentuan Model *Sorpsi Isothermis* (Syarief dan Halid, 1993)

Persamaan yang dipilih dalam menentukan model *sorpsi isothermis* adalah persamaan yang dapat diaplikasikan pada bahan pangan, mempunyai parameter kurang atau sama dengan tiga serta dapat digunakan pada rentang kelembaban relatif (RH) yang lebar (0 – 95%) sehingga dapat mewakili ketiga daerah pada kurva *sorpsi isothermis* (Labuza, 1968).

Sebelumnya, model-model persamaan non linier yang digunakan diubah ke dalam bentuk linier sehingga dapat ditentukan nilai parameternya dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (Walpole, 1990).

5. Uji Ketepatan Model (Isse *et al.*, 1983)

Untuk menguji ketepatan suatu persamaan *sorpsi isothermis* digunakan metode *Mean Relative Determination* (MRD) :

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

dimana M_i adalah kadar air hasil percobaan, M_{pi} adalah kadar air hasil perhitungan, dan n adalah jumlah data. Jika nilai $MRD < 5$ maka model *sorpsi isothermis* itu 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 untuk menggambarkan keadaan yang sebenarnya (Isse *et al.*, 1983).

6. Penentuan Kadar Air Kritis

Pengukuran kadar air kritis dilakukan bersama-sama dengan penentuan kadar air kesetimbangan. Setelah kadar air kesetimbangan tercapai, sampel diuji tingkat penggumpalannya dengan uji organoleptik. Kadar air kritis bubuk merupakan kadar air produk pada saat penampakkannya sudah menggumpal.

Pengujian organoleptik yang dilakukan yaitu menggunakan uji perbandingan jamak (Multiple Comparison Test) dengan parameter tingkat penggumpalan. Pada pengujian ini, dua contoh atau lebih disajikan secara bersamaan untuk kemudian dibandingkan dengan contoh baku. Panelis membedakan seberapa jauh perbedaan kerenyahan sampel terhadap contoh baku dengan skala 1 sampai 9, yaitu dari amat sangat tidak menggumpal sampai amat sangat menggumpal. Contoh kuesioner uji organoleptik dapat dilihat pada Lampiran 2. Panelis yang digunakan adalah panelis semi terlatih yang merupakan mahasiswa TPG-IPB sebanyak 23 orang.

7. Penentuan Umur Simpan

Penelitian dilakukan untuk memperkirakan umur simpan dari bubuk lada putih yang dikemas dalam berbagai kemasan plastik yang disimpan pada suhu 30°C dan berbagai nilai RH (75%, 85%, 90%). Umur simpan diperkirakan berdasarkan laju perubahan kadar air dengan pendekatan yang menggunakan persamaan berikut :

$$\text{umur simpan (hari)} = \frac{\ln\left(\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c}\right)}{\frac{k}{x} \cdot \frac{A}{W_s} \cdot \frac{P_o}{b}}$$

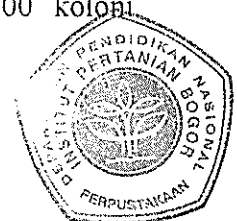
Keterangan :

m_e	= kadar air kesetimbangan (% b/k)
m_i	= kadar air awal (% b/k)
m_c	= kadar air kritis (% b/k)
W_s	= berat kering bahan (gram)
A	= luas permukaan kemasan (m ²)
k/x	= permeabilitas uap air kemasan (g m ² .hari.mmHg)
P_o	= tekanan uap jenuh (mmHg)
b	= slope kurva <i>sorpsi isothermis</i>

Umur simpan diperkirakan sebagai waktu pada saat kadar air produk sama dengan kadar air kritis.

8. Penentuan Total Kapang Kamir

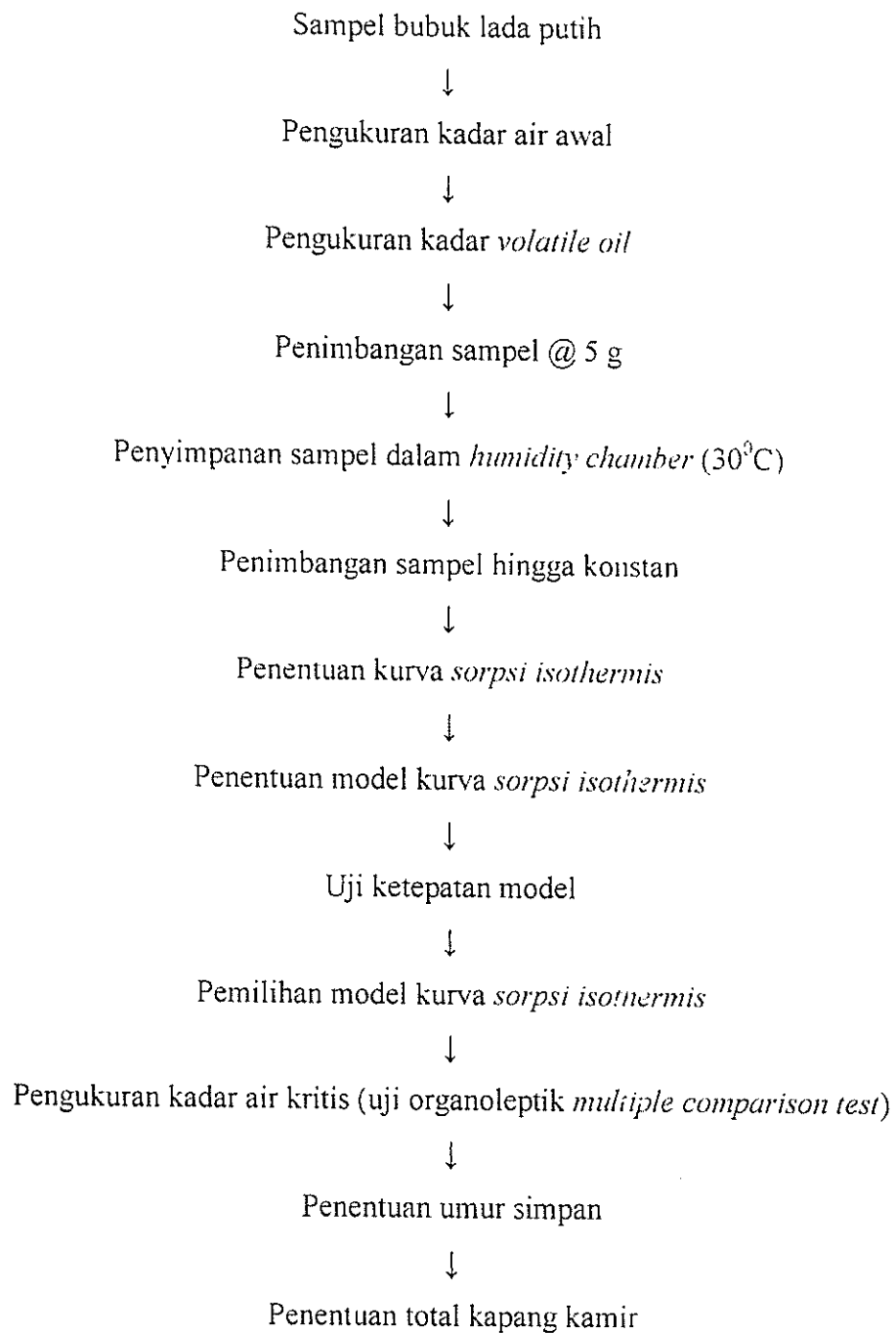
Penentuan total kapang kamir dilakukan pada sampel awal dan pada sampel yang disimpan pada RH 6%, 32%, 44%, 69%, 75%, 84%, 90%, dan 98%. Penentuan total kapang kamir dilakukan dengan metode *plate count* (metode tuang) pada media PDA (Potato Dextrose Agar). Bahan pangan yang diperkirakan mengandung lebih dari 300 sel mikroba per ml, per gram, atau per cm (jika dilakukan pengamatan pada permukaan luar bahan pangan), memerlukan perlakuan pengenceran sebelum ditumbuhkan pada medium agar di dalam cawan petri sehingga setelah inkubasi akan terbentuk koloni pada cawan tersebut dalam jumlah yang dapat dihitung, dimana jumlah yang terbaik adalah diantara 30 sampai 300 koloni



Pengenceran biasanya dilakukan secara desimal yaitu 1:10, 1:100, 1:1000, dan seterusnya. Pengambilan sampel bahan pangan dilakukan secara aseptik dan pada setiap pengenceran dilakukan pengocokan kira-kira sebanyak 25 kali untuk memisahkan sel-sel mikroba yang bergabung menjadi satu. Larutan yang digunakan untuk pengenceran adalah larutan garam fisiologis 0.85%.

Dari pengenceran yang dikehendaki, sebanyak 1 ml atau 0,1 ml larutan bubuk lada putih dipipet ke dalam cawan petri menggunakan pipet 1 ml. Sebaiknya waktu antara dimulainya pengenceran sampai menuangkan ke dalam cawan petri tidak lebih dari 30 menit. Kemudian ke dalam cawan tersebut dimasukkan agar cair PDA steril yang telah didinginkan sampai 47-50°C sebanyak 15-20 ml. Selama penuangan medium (secara aseptik), tutup cawan tidak boleh dibuka terlalu lebar untuk menghindari kontaminasi dari luar. Segera setelah penuangan cawan petri digerakkan di atas meja untuk menyebarkan sel-sel mikroba secara merata, yaitu dengan gerakan melingkar atau gerakan seperti angka delapan. Setelah agar memadat, cawan-cawan tersebut diinkubasikan di dalam inkubator (37°C) dengan posisi terbalik. Setelah 48 jam, jumlah koloni yang tumbuh dihitung.

Diagram alir penelitian secara umum dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir metode penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Air Awal

Hasil penelitian dengan metode destilasi menunjukkan bahwa bubuk lada putih memiliki kadar air awal sebesar sebesar $9.10\% \pm 0.0003$ (basis basah) atau $10.01\% \pm 0.005$ (basis kering). Nilai kadar air ini sesuai dengan standar ASTA (American Spices Trade Association) yakni di bawah 13% (basis basah).

B. Kadar *Volatile Oil*

Nilai kadar *volatile oil* bubuk lada putih sebesar 1.38%. Komponen *volatile oil* ini yang sebagian besarnya adalah sesquiterpene. Secara organoleptik, yang memiliki pengaruh penting adalah linalool, limonene, α -pinene and phenylpropanoids. Komponen-komponen tersebut memberikan aroma khas pada lada putih (Eur. Food Res. Technol., 1999).

C. Kadar Air Kesetimbangan dan Model Kurva *Sorpsi Isothermis*

Untuk menentukan nilai kadar air kesetimbangan, sampel bubuk lada putih disimpan di dalam delapan *humidity chamber* dengan delapan larutan garam jenuh yang memberikan kelembaban relatif (RH) dan a_w yang berbeda-beda yakni NaOH (a_w 0.06), MgCl₂ (a_w 0.32), K₂CO₃ (a_w 0.44), KI (a_w 0.69), NaCl (a_w 0.75), KCl (a_w 0.84), BaCl₂ (a_w 0.90), dan K₂Cr₂O₇ (a_w 0.98). Pemilihan garam ini bertujuan agar keterwakilan dari tiap daerah pada kurva *sorpsi isothermis* dapat tercapai yaitu daerah *monolayer*, *multilayer*, dan daerah kondensasi kapiler yang tergantung pada keadaan air dalam produk.

Selama penyimpanan, seluruh sampel bubuk lada putih menunjukkan kecenderungan penambahan berat kecuali sampel yang disimpan pada a_w 0.06, 0.32, dan 0.44. Sampel yang disimpan pada a_w 0.06, 0.32, dan 0.44 mengalami proses pelepasan uap air ke lingkungan. Hal ini terjadi karena sampel pada kondisi tersebut memiliki aktivitas air yang lebih tinggi dari kelembaban relatif lingkungannya sehingga untuk mencapai kondisi keseimbangan dengan

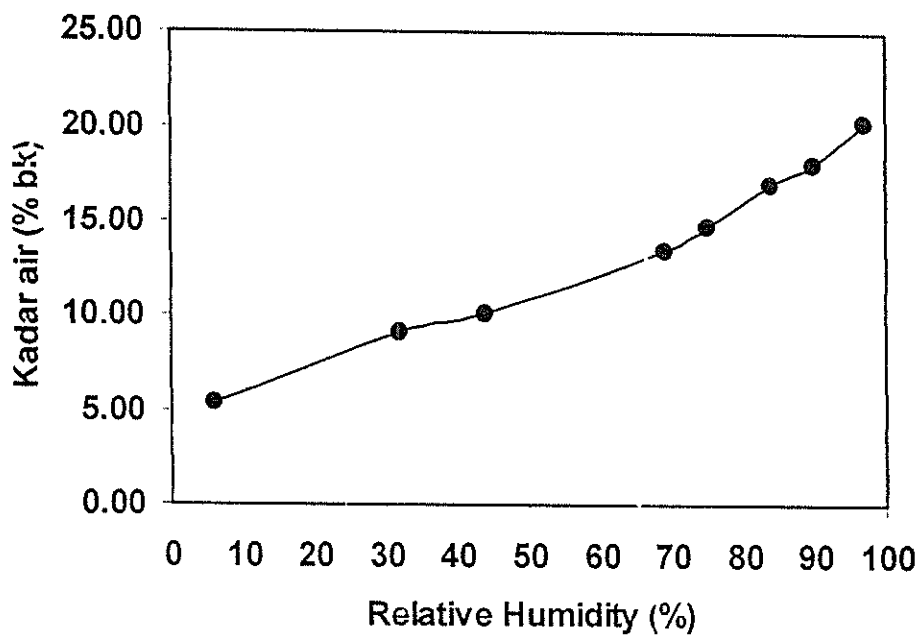
lingkungannya sampel akan melepaskan uap air. Penambahan dan penurunan berat sampel menunjukkan fenomena karakteristik hidratisasi. Menurut Syarief dan Halid (1993), karakteristik hidratisasi bahan pangan dapat diartikan sebagai karakteristik fisik yang meliputi interaksi antara bahan pangan dengan molekul air yang terkandung di dalamnya dan molekul air di udara (lingkungan) sekitarnya. Interaksi molekul air dengan sampel ini terjadi karena perbedaan RH sampel dengan lingkungan (humidity chamber). Transfer uap air dari lingkungan ke sampel atau sebaliknya akan terjadi selama penyimpanan tertentu sampai tercapai kondisi kesetimbangan. Hasil penimbangan yang konstan adalah indikator tercapainya kondisi kesetimbangan ini. Kadar air kesetimbangan bubuk lada putih yang disimpan pada larutan garam jenuh NaOH, MgCl₂, K₂CO₃, KI, NaCl, KCl, BaCl₂, K₂Cr₂O₇ tercapai pada hari ke-5. Hasil pengukuran kadar air kesetimbangan sampel pada masing-masing a_w (RH) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data kadar air kesetimbangan bubuk lada putih

Bubuk lada putih	Garam	a_w	Kadar air kesetimbangan (%bk)
	NaOH	0.06	5.39
	MgCl ₂	0.32	9.17
	K ₂ CO ₃	0.44	10.13
	KI	0.69	13.44
	NaCl	0.75	14.73
	KCl	0.84	16.96
	BaCl ₂	0.90	18.00
	K ₂ Cr ₂ O ₇	0.98	20.22

Nilai kadar air kesetimbangan ini jika diplotkan dengan nilai a_w atau RH ruang tempat penyimpanan bahan akan membentuk suatu kurva yang oleh Labuza (1982) disebut sebagai kurva *sorpsi isothermis*. Kurva *sorpsi isothermis* yang dihasilkan dari penelitian ditunjukkan pada Gambar 8.

Syarief dan Halid (1993) menjelaskan bahwa bentuk kurva *sorpsi isothermis* adalah khas bagi setiap produk bahan makanan. Akan tetapi pada umumnya berbentuk sigmoid (menyerupai huruf S). Bentuk sigmoid ini disebabkan karena pada umumnya bahan makanan terdiri dari campuran beberapa komponen.



Gambar 8. Kurva *sorpsi isothermis* bubuk lada putih

Berdasarkan kurva *sorpsi isothermis* dibuatlah kurva regresi linier untuk memperoleh nilai kemiringan atau slope kurva yang dibutuhkan untuk memenuhi persamaan penentuan umur simpan. Slope atau kemiringan kurva *sorpsi isothermis* ditentukan dengan mengasumsikan bahwa kurva tersebut berbentuk garis lurus (Labuza, 1982). Untuk membantu mendapatkan slope kurva, langkah selanjutnya adalah membuat model-model persamaan linier kurva *sorpsi isothermis* dari kadar air kesetimbangan yang didapatkan dari penelitian. Telah banyak model-model persamaan matematis yang telah dikembangkan untuk menjelaskan fenomena *sorpsi isothermis* secara teoritis. Namun dalam penelitian ini hanya akan dipilih 5 model persamaan matematis yaitu model Hasley, Chen-Clayton, Caurie, Henderson, dan Oswin. Model-model persamaan ini dipilih karena berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu mampu menggambarkan kurva *sorpsi isothermis* pada rentang nilai a_w yang luas (Chirife dan Iglesias, 1978; Van den Berg dan Bruin, 1981; Isse *et al.*, 1992). Selain itu, model-model persamaan ini mempunyai parameter kurang atau sama dengan tiga sehingga sesuai dengan pernyataan Labuza (1968) bahwa jika tujuan penggunaan kurva *sorpsi isothermis* tersebut adalah untuk mendapatkan kemulusan kurva yang tinggi (menggambarkan fenomena

sorpsi isothermis dengan tepat) maka model-model persamaan yang sederhana dan lebih sedikit jumlah paramaternya akan lebih cocok digunakan.

Guna mempermudah perhitungan, maka model-model persamaan matematis yang digunakan dimodifikasi bentuknya dari persamaan non linier menjadi persamaan linier sehingga nilai-nilai konstantanya dapat ditentukan menggunakan metode kuadrat terkecil. Metode kuadrat terkecil ini menurut Walpole (1993) dapat memilih suatu garis regresi terbaik di antara semua kemungkinan garis lurus yang dapat dibuat pada suatu diagram pencar. Modifikasi model-model *sorpsi isothermis* dari persamaan non linier menjadi persamaan linier dan contoh perhitungan untuk mencari konstanta model persamaan *sorpsi isothermis* dapat dilihat sebagai berikut (Daulay, 2000) :

1. Persamaan Hasley

$$a_w = \exp\left[\frac{-P(1)}{(Me)^{P(2)}}\right]$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum : $y = a + bx$

$$\log [\ln(1/a_w)] = \log P(1) - P(2) \log Me$$

$$\begin{array}{ll} \text{dimana :} & y = \log [\ln(1/a_w)] & x = \log Me \\ & a = \log P(1) & b = -P(2) \end{array}$$

2. Persamaan Chen Clayton

$$a_w = \exp\left[\frac{-P(1)}{\exp(P(2)Me)}\right]$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum : $y = a + bx$

$$\ln[\ln(1/a_w)] = \ln P(1) - P(2) Me$$

$$\begin{array}{ll} \text{dimana :} & y = \ln[\ln(1/a_w)] & x = Me \\ & a = \ln P(1) & b = -P(2) \end{array}$$

3. Persamaan Henderson

$$1 - a_w = \exp[-KMe^n]$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum : $y = a + bx$

$$\log [\ln(1/(1 - a_w))] = \log K + n \log Me$$

dimana : $y = \log [\ln(1/(1 - a_w))]$ $x = \log Me$
 $a = \log K$ $b = n$

4. Persamaan Caurie

$$\ln Me = \ln P(1) - P(2) a_w$$

dimana : $y = \ln Me$ $x = a_w$
 $a = \ln P(1)$ $b = -P(2)$

5. Persamaan Oswin

$$Me = P(1) \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^{P(2)}$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum : $y = a + bx$

$$\ln Me = \ln P(1) + P(2) \ln[a_w/(1 - a_w)]$$

dimana : $y = \ln Me$ $x = \ln[a_w/(1 - a_w)]$
 $a = \ln P(1)$ $b = P(2)$

Model-model persamaan kurva *sorpsi isothermis* yang dipilih tersebut menghasilkan persamaan kurva *sorpsi isothermis* yang diperlihatkan pada Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Model persamaan kurva *sorpsi isothermis*

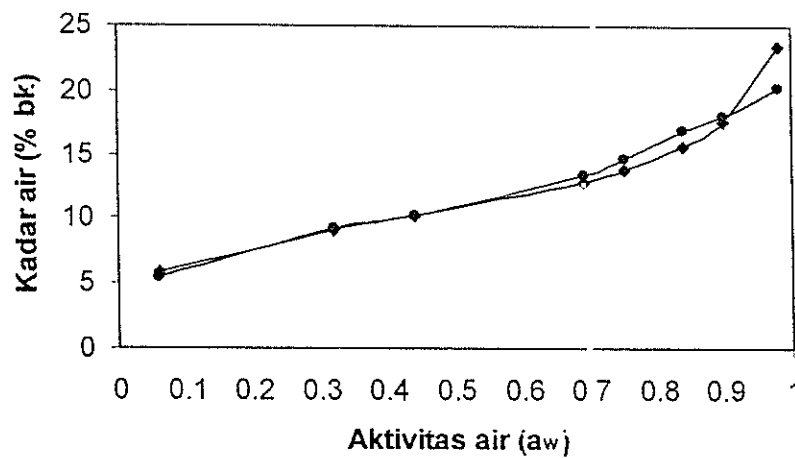
Model	Bubuk lada putih
Oswin	$\ln Me = 2.3759 + 0.2235 \ln[a_w/(1 - a_w)]$
Henderson	$\log [\ln(1/(1 - a_w))] = -3.2726 + 2.9255 \log Me$
Hasley	$\log [\ln(1/a_w)] = 2.2389 - 2.5176 \log Me$
Chen-Clayton	$\ln[\ln(1/a_w)] = 2.7187 - 0.2824 Me$
Caurie	$\ln Me = 1.6805 + 1.3661 a_w$

Hasil perhitungan kadar air kesetimbangan tepung dengan menggunakan model-model persamaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan kurva *sorpsi isothermis* dari masing-masing model persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 sampai 13.

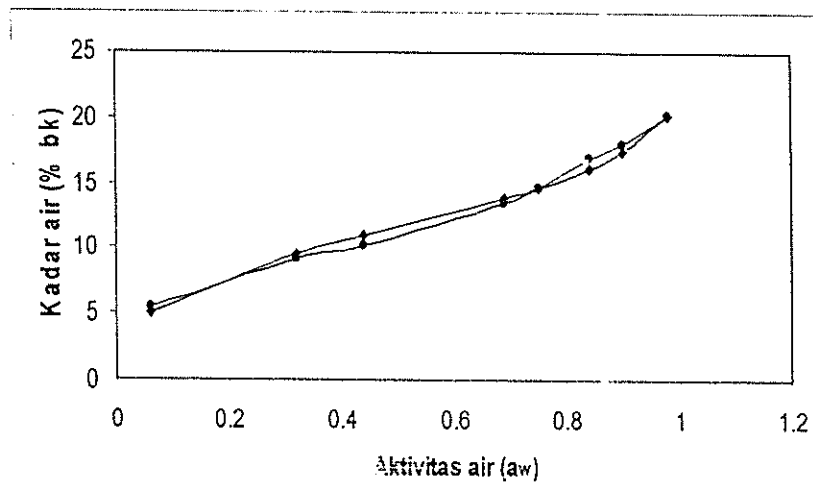
Tabel 5. Kadar air kesetimbangan bubuk lada putih pada model *sorpsi isothermis*

a_w	Kadar air kesetimbangan (% bk)					
	Percobaan	Oswin	Henderson	Hasley	Chen-Clayton	Caurie
0.06	5.39	5.813	5.082	7.43	5.966	5.824
0.32	9.17	9.088	9.484	7.362	9.163	8.314
0.44	10.13	10.196	10.914	8.375	10.325	9.796
0.69	13.44	12.871	13.868	11.482	13.136	13.777
0.75	14.73	13.763	14.689	12.706	14.039	14.954
0.84	16.96	15.58	16.181	15.524	15.813	16.912
0.90	18.00	17.584	17.458	18.923	17.595	18.357
0.98	20.22	23.406	20.184	30.974	21.989	20.206

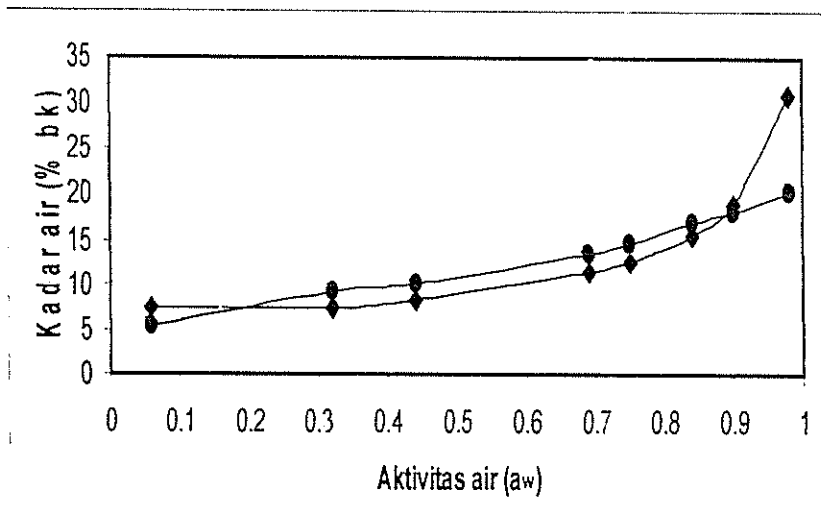
Keterangan : —◆— = kurva *sorpsi isothermis* bubuk lada putih model
 —●— = kurva *sorpsi isothermis* bubuk lada putih percobaan



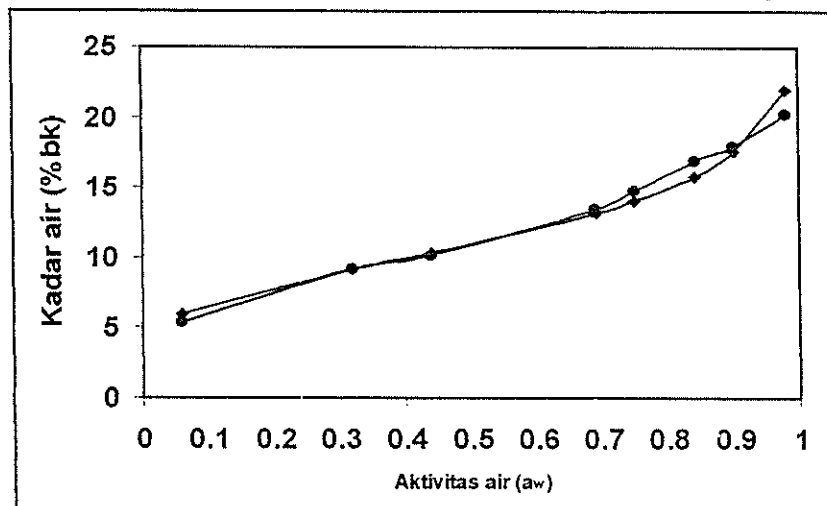
Gambar 9. Kurva *sorpsi isothermis* bubuk lada putih model Oswin dan percobaan



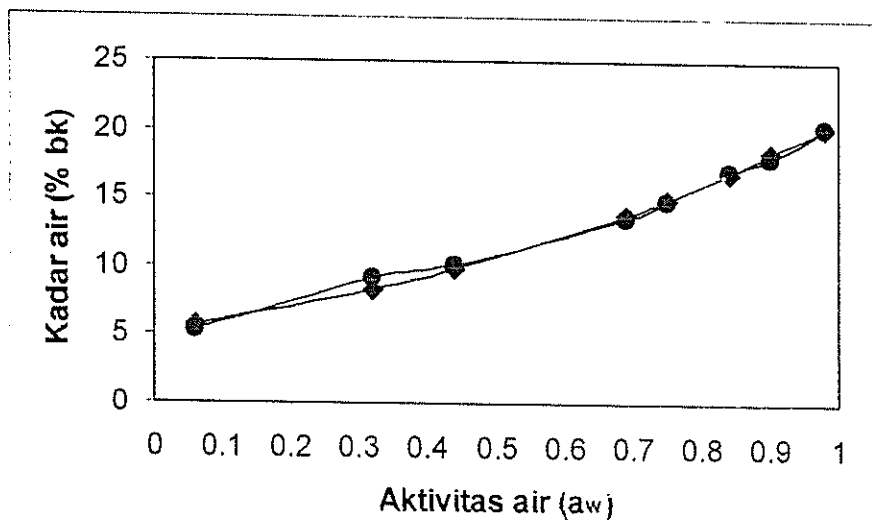
Gambar 10. Kurva *sorpsi isothermis* bubuk lada putih model Henderson dan percobaan



Gambar 11. Kurva *sorpsi isothermis* bubuk lada putih model Hasley dan percobaan



Gambar 12. Kurva *sorpsi isothermis* bubuk lada putih model Chen-Clayton dan percobaan



Gambar 13. Kurva *sorpsi isothermis* bubuk lada putih model Caurie & percobaan

D. Uji Ketepatan Model

Uji ketepatan model dengan menghitung nilai MRD tiap persamaan di atas dilakukan untuk memilih persamaan kurva *sorpsi isothermis* yang dapat menggambarkan fenomena *sorpsi isothermis* setepat mungkin. Hasil uji ketepatan memperlihatkan ada tiga model persamaan yang dapat menggambarkan secara tepat fenomena *sorpsi isothermis* pada bubuk lada putih secara tepat yakni model Henderson dengan MRD 3.52, model Chen-Clayton dengan MRD 4.67, dan model Caurie dengan MRD 3.37. Model Oswin menggambarkan secara agak tepat dengan MRD 5.80. Sedangkan model Hasley tidak mampu menggambarkan fenomena *sorpsi isothermis* karena memiliki MRD yang besar yakni 21.23.

Hasil perhitungan nilai MRD tiap model untuk bubuk lada putih dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai MRD berbagai model *sorpsi isothermis*

Model persamaan	MRD
Oswin	5.80
Henderson	3.52
Hasley	21.23
Chen-Clayton	4.67
Caurie	3.37

Dari hasil tersebut maka model persamaan Caurie dipilih (MRD terkecil) untuk menggambarkan keadaan dari fenomena *sorpsi isothermis* bubuk lada putih. Model persamaan *sorpsi isothermis* ini dapat membantu kita menentukan umur simpan pada berbagai nilai RH.

E. Penentuan Kadar Air Kritis

Kadar air kritis bubuk lada putih ditentukan berdasarkan pengamatan secara visual terhadap penampakan bubuk melalui uji organoleptik (multiple comparison test). Bubuk lada putih dikatakan sudah mencapai kadar air kritis apabila penampakannya sudah mulai menggumpal.

Hasil uji organoleptik terhadap penampakan sampel dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa lada memiliki kadar air kritis pada kisaran 16.96 – 18.00% (bk). Namun, nilai kadar air kritis bubuk lada putih yang dipakai dalam persamaan penentuan umur simpan adalah 13.00% (standar ASTA) karena standar tersebut yang digunakan dalam praktek perdagangan sebenarnya.

F. Penentuan Umur Simpan

Faktor lain yang diperlukan dalam menentukan umur simpan produk dengan pendekatan kadar air kritis adalah rasio luas kemasan terhadap berat produk (A/W_s), tekanan uap jenuh pada (P_o) pada kondisi penyimpanan, permeabilitas kemasan, dan slope kurva *sorpsi isothermis* (b). Rasio antara luas permukaan kemasan dengan berat kering bubuk lada putih (A/W_s) ialah $0.8 \text{ m}^2/2041 \text{ gram}$. Tekanan uap air pada suhu 30°C adalah 31.824 mmHg (Labuza, 1982). Nilai permeabilitas kemasan diperoleh dengan cara studi pustaka (Tabel 2). Sedangkan slope kurva *sorpsi isothermis* didapat dari persamaan kurva *sorpsi isothermis* yang dipilih, yakni persamaan Caurie ($b = 1.3661$). Kadar air kesetimbangan (M_e) pada RH 75%, 85%, dan 90% berturut-turut adalah 14.95, 17.15, dan 18.35.

Hasil perhitungan umur simpan bubuk lada putih pada berbagai jenis kemasan dan nilai RH diperlihatkan pada Tabel 7, sedangkan contoh perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil ini menunjukkan bahwa

semakin menurunnya kelembaban relatif (RH), umur simpan akan semakin lama dan semakin kecil nilai permeabilitas kemasan (k/x), umur simpan juga akan semakin lama. Umur simpan bubuk lada putih sangat dipengaruhi oleh kenaikan kadar air. Semakin menurun nilai RH dan semakin kecil permeabilitas kemasan, kenaikan kadar air lada putih akibat transfer uap air dari lingkungan ke bahan juga akan semakin lama sehingga umur simpannya pun lebih lama.

Tabel 7. Umur simpan bubuk lada putih pada berbagai nilai RH

Produk	Jenis kemasan	Permeabilitas kemasan ($g/m^2.hari.mmHg$)	Umur simpan pada berbagai RH (hari)		
			75%	85%	90%
Bubuk lada putih	LDPE	0.5	203	119	97
	MDPE	0.3	339	198	162
	HDPE	0.1	1018	595	486
	PP	0.185	550	322	263

G. Total Kapang Kamir

Penentuan total kapang kamir menunjukkan lada putih awal memiliki jumlah kapang kamir (standard plate count) sebesar 1.3×10^2 koloni/g, lada putih yang disimpan pada RH 6%; 32%; 44%; 69%; 75%; 84%; 90%; 98% memiliki jumlah kapang kamir berturut-turut adalah 7.0×10 ; 0; 0; 3.0×10 ; 0; 0; 0; 0 koloni/g. Hasil pengamatan total kapang kamir bubuk lada putih dapat dilihat pada Lampiran 5.

Adanya kapang pada sampel yang disimpan pada RH 0.06% dan tidak dideteksinya kapang kamir pada RH 75%, 84%, 90%, dan 98% memberikan pertanyaan besar karena kapang dan kamir mulai tumbuh pada a_w 0.6 (RH 60%). Kontaminasi dan panas yang berlebihan (proses aseptik) pada proses penentuan total kapang kamir diduga merupakan penyebabnya.

Sedikitnya total kapang kamir pada bubuk lada putih diperkirakan karena pengaruh sesquiterpene pada *volatile oil* yang dikandungnya. Sesquiterpene dilaporkan memiliki aktivitas anti mikroba terhadap fungi, bakteri, dan alga (Anke dan Sterner, 1991).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Kadar air awal (% bk) bubuk lada putih menggunakan metode destilasi ialah sebesar 10.01%. Pengukuran kadar *volatile oil* memberikan hasil 1.38%. Model persamaan yang dipilih untuk menggambarkan fenomena *sorpsi isothermis* pada bubuk lada putih adalah model Caurie ($\ln M_e = 1.6805 + 1.3661 a_w$) dengan MRD sebesar 3.37.

Umur simpan bubuk lada putih yang disimpan pada RH 75%; 85%; dan 90% pada kemasan LDPE berturut-turut adalah 203 hari; 119 hari; 97 hari, pada kemasan MDPE berturut-turut adalah 339 hari; 198 hari; 162 hari, pada kemasan HDPE berturut-turut adalah 1018 hari; 595 hari; 486 hari, dan pada kemasan PP berturut-turut adalah 550 hari; 322 hari; 263 hari. Secara umum proses penelitian memperlihatkan bahwa metode akselerasi membantu memprediksi umur simpan secara lebih cepat dibandingkan metode *Extended Storage Studies*.

Penghitungan total kapang kamir memakai metode hitungan cawan memperlihatkan jumlah total kapang kamir yang kecil pada bubuk lada putih pada berbagai a_w . Hal ini diduga disebabkan oleh pengaruh anti mikroba yang dimiliki oleh sesquiterpene pada lada putih.

B. SARAN

Perlu dilakukan penelitian penentuan umur simpan (waktu kadaluwarsa) dengan melihat perubahan kadar *volatile oil*, mengingat kemungkinan terjadinya kehilangan senyawa volatil selama penyimpanan. Selain itu perlu dilakukan penentuan umur simpan bubuk lada putih yang disimpan pada kemasan ganda, misalnya LDPE dan CFB (*Corrugated Fiber Board*) untuk mengetahui pengaruh kemasan sekunder (CFB), terutama berguna untuk keperluan aplikasi selama pemasaran. Penelitian *Extended Storage Studies* kemungkinan masih diperlukan untuk memvalidasi keakuratan prediksi umur simpan bubuk lada putih dengan metode akselerasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anke, H. dan O. Sterner. 1991. Comparison of the antimicrobial and cytotoxic activities of twenty unsaturated sesquiterpenine dialdehydes from plants and mushrooms. *Planta Medica* 57, pp 344-346.
- Arpah, M. 2001. Buku dan Monograf Penentuan Kadaluwarsa Produk Pangan. IPN Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Arpah, M. dan R. Syarief. 2000. Evaluasi Model-Model Pendugaan Umur Simpan Pangan dari Difusi Hukum Fick Unidireksional. *Buletin Tek. dan Ind. Pangan*, Agustus 2000.
- ASTM, 1979. Plastic-General test methods; nomenclature. Di dalam Annual book of ASTM standards: part 35. American Society for Testing Materials, Easton USA.
- Chirife, J. dan H.A. Iglesias. 1978. Equation for fitting water sorption isotherm of foods: part II-Evaluation of various two parameter models. *Journal of Food Technology*. 13:319-327.
- Chung, M.S., R.R. Ruan, P. Chen, S.H. Chung, T.H. Ahn, dan K.H. Lee. 2000. Study of caking in powdered foods using nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of Food Science*. 65 (1):1.
- Daulay, S. 2000. Aplikasi metode akselerasi untuk menentukan umur simpan (shelf life) tepung kedelai dan tepung komposit. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Eur. Food Res. Technology. 1999
- Fennema, O.R. 1985. Food chemistry. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Floros, J.D., N. V. Gnasekharan. 1993. Shelf life prediction of packaged foods. Chemical, biological, physical, and nutritional aspects di dalam (G. Charalambous, ed.). Elsevier Publ. London.
- IFT. 1974. Shelf-life of food. Report by The Institute of Food Technologist Expert Panel on Food Safety and Nutrition and The Committee on Public Information. IFT, Chicago, Illinois, August 1974. *J.Food Sci.* 39:861 (1974).
- Isse, M.G., H. Schuchmann, dan H. Schubert. 1983. Divided sorption isotherm concept an alternative way to describe sorption isotherm data. *Journal of Food Engineering*. 16:147-157.

- Kumendong, J. 1986. Model *sorpsi isothermis* jagung dan gabah serta penerapannya dalam penyimpanan. Tesis. Fakultas Pasca Sarjana IPB. Bogor. ✓
- Labuza, T.P. 1968. Sorption isotherm in foods. *Journal of Food Technology*. 22(3):263.
- Labuza, T.P. 1982. Shelf life dating of foods. Food and Nutrition Press Inc., Westport, Connecticut.
- Lamauro, 1984. Diffusion of water in food during storage. Thesis. Minnesota, USA.
- Mizrahi, S. dan M. Karel. 1977. Accelerated stability test of moisture sensitive product in permeable package by programming rate of moisture content increase. *Journal of Food Science*. 42 (4) : 458.
- Saccharow, S. dan R.C. Griffin. 1989. Principles of Food Packaging. The AVI Published Co. Inc. Westport, Connecticut.
- SNI 01-0004-1995. Standar Mutu Lada Putih.
- Spiess, W.E.L. and W. Wolf. 1987. Critical Evaluation of Methods to Determine Moisture Sorption Isotherm. Di dalam *Water Activity : Theory and Application to Food*. Marcell Dekker, Inc., New York.
- Syarief, R. dan Irawati, Z. 1988. Pengetahuan bahan untuk industri pertanian. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Syarief, R., S. Santausa dan St. Isyana B. 1989. Buku dan Monograf Teknologi Pengemasan Pangan. Lab Rekayasa Proses Pangan. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.
- Syarief, R. dan Y. Halid. 1993. Teknologi Penyimpanan Pangan. Penerbit Arcan, Bandung.
- Van den Berg, C. dan S. Bruin. 1981. Water activity and its estimation in food system: Theoretical aspects. Di dalam *Water activity : Influences on food quality*. Rockland, L.B. dan F.S. George (editor). Academic Press, New York.
- Walpole, R.E. 1995. Pengantar Statistika. PT Gramedia, Jakarta.
- www.bi.go.id. 2004
- Yudhabuntara, D. 2003. Pengendalian mikroorganisme dalam bahan makanan asal hewan. Makalah Pelatihan Pengawas Kesma_{vet}. Ditjen Bina Produksi Peternakan, Departemen Pertanian (tidak dipublikasikan).

Lampiran

Lampiran 1. Contoh perhitungan mencari konstanta model *sorpsi isothermis*

Persamaan Oswin

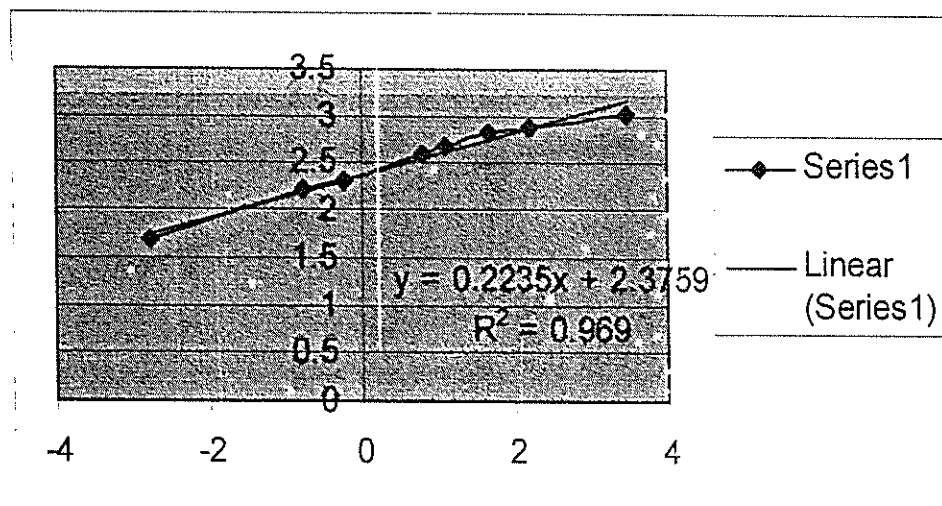
$$\ln Me = \ln P(1) + P(2) \ln[a_w/(1 - a_w)]$$

$$y = \ln Me \quad x = \ln[a_w/(1 - a_w)]$$

$$a = \ln P(1) \quad b = P(2)$$

a_w	$\ln[a_w/(1-a_w)]=X$	Me percobaan	$\ln Me=Y$
0.98	-2.752	5.392501	1.685
0.90	-0.754	9.170117	2.216
0.84	-0.241	10.12731	2.315
0.75	0.8	13.44339	2.598
0.69	1.099	14.72692	2.69
0.44	1.658	16.95599	2.831
0.32	2.197	18.00235	2.891
0.06	3.476	20.22403	3.007

Buat grafik nilai-nilai X dan Y kemudian dicari persamaan regresi liniernya.



Gambar 14. Grafik pasangan nilai-nilai X dan Y dan persamaan regresi liniernya

Dari hasil perhitungan diperoleh persamaan :

$$Y = 2.3759 + 0.2235 X \rightarrow \ln Me = \ln P(1) + P(2) \ln[a_w/(1 - a_w)]$$

$$R^2 = 0.969$$

Nilai-nilai X ($\ln[a_w/(1-a_w)]$) dimasukkan ke persamaan regresi linier di atas untuk mendapatkan nilai Y ($\ln Me$). Setelah itu nilai Y dikonversi untuk mendapatkan kadar air kesetimbangan ($Me = e^Y$).

X	Y	$e^Y = Me$
-2.752	1.761	5.818
-0.754	2.207	9.088
-0.241	2.322	10.196
0.8	2.555	12.871
1.099	2.622	13.763
1.658	2.746	15.58
2.197	2.867	17.584
3.476	3.153	23.406

sehingga persamaan model Oswin menjadi :

$$\ln Me = 2.3759 + 0.2235 \ln[a_w/(1 - a_w)]$$

Lampiran 3. Hasil uji organoleptik

Panelis	659	258	159	456	751	236	252	148
1	7	9	5	7	9	9	1	3
2	5	7	7	7	8	6	3	2
3	8	9	7	8	9	8	2	1
4	8	8	7	5	8	7	1	2
5	7	5	6	5	5	5	3	4
6	5	7	7	8	8	4	1	2
7	5	5	5	5	5	4	3	2
8	7	6	5	7	4	7	3	2
9	5	5	5	5	5	5	3	3
10	6	7	6	5	6	3	2	1
11	5	8	6	5	9	6	2	1
12	7	5	7	7	8	4	3	2
13	6	5	5	6	5	4	2	2
14	6	5	7	7	7	7	4	3
15	5	5	5	5	5	5	4	3
16	7	7	7	5	6	4	1	2
17	7	7	8	7	7	4	2	3
18	5	5	5	5	6	4	2	3
19	4	5	5	5	5	4	2	3
20	4	5	5	4	6	3	1	2
21	4	7	7	7	7	4	2	2
22	4	6	5	8	9	7	3	2
23	4	6	5	5	5	7	2	3
Total	131	144	137	138	152	121	52	53
Rata-rata	5.70	6.26	5.95	6	6.61	5.26	2.26	2.30

Keterangan kode:

659 = penyimpanan pada RH 6%

258 = penyimpanan pada RH 32%

159 = penyimpanan pada RH 44%

456 = penyimpanan pada RH 69%

751 = penyimpanan pada RH 75%

236 = penyimpanan pada RH 84%

252 = penyimpanan pada RH 90%

148 = penyimpanan pada RH 98%

Keterangan skor :

1 = Amat sangat menggumpal

2 = Sangat menggumpal

3 = Menggumpal

4 = Agak menggumpal

5 = Sama

6 = Agak tidak menggumpal

7 = Tidak menggumpal

8 = Sangat tidak menggumpal

9 = Amat sangat tidak menggumpal

Panelis mulai mendeteksi penggumpalan pada sampel yang disimpan pada a_w 0.84 dan 0.9 dengan skor antara 5.26 – 2.26 yaitu dari sama (dengan sampel awal) sampai sangat menggumpal. Pada a_w tersebut, bubuk lada mempunyai nilai kadar air sebesar 16.96 – 18.00% (bk) sehingga kadar air kritis sampel hasil uji organoleptik berada pada kisaran tersebut.

Lampiran 4. Contoh perhitungan Me dan perhitungan umur simpan

Me pada RH 75%

$$\ln Me = 1.6805 + 1.3661 a_w \rightarrow a_w = RH/100 = 75/100 = 0.75$$

$$\ln Me = 1.6805 + (1.3661 \times 0.75)$$

$$\ln Me = 2.705$$

$$Me = e^{2.705} = 14.954$$

Perhitungan umur simpan pada plastik LDPE dengan RH 75%

$$umur\ simpan = \frac{\ln\left(\frac{me - mi}{me - mc}\right)}{\frac{k}{x} \frac{A}{Ws} \frac{Po}{b}}$$

$$umur\ simpan = \frac{\ln\left(\frac{14.95 - 10.01}{14.95 - 13}\right)}{0.5 \times \frac{0.8}{2041} \times \frac{31.82}{1.37}}$$

Umur simpan = 203 hari

Lampiran 5. Hasil pengamatan total kapang kamir bubuk lada putih

a_w	Jumlah koloni	
	Pengenceran 10^{-1}	Pengenceran 10^{-2}
0.06	8	2
	7	1
0.32	0	0
	0	1
0.44	0	0
	1	1
0.69	2	0
	4	4
0.75	1	1
	0	0
0.84	0	0
	0	0
0.90	0	0
	0	0
0.97	0	0
	0	0
Lada putih segar	9	1
	17	1

Lampiran 6. Standar mutu bubuk lada putih (SNI 01-0004-1995)

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan	
			Mutu I	Mutu II
1	Cemaran binatang	-	Bebas dari serangga hidup maupun mati serta bagian-bagian yang berasal dari binatang	Bebas dari serangga hidup maupun mati serta bagian-bagian yang berasal dari binatang
2	Warna	-	Putih kekuning-kuningan	Putih kekuning-kuningan, putih keabu-abuan atau putih kecoklat-coklatan
3	Kadar benda asing, (b/b)	%	Maks. 1.0	Maks. 1.0
4	Kadar biji enteng, (b/b)	%	Maks. 2.0	Maks. 3.0
5	Kadar cemaran kapang, (b/b)	%	Maks. 1.0	Maks. 1.0
6	Kadar lada berwarna kehitam-hitaman. (b/b)	%	Maks. 1.0	Maks. 2.0
7	Kadar air, (b/b)	%	Maks. 13.0	Maks. 14.0
8	Kadar piperin, (b/b)	%	Dicantumkan sesuai dengan hasil analisa	Dicantumkan sesuai dengan hasil analisa
9	Kadar minyak atsiri, (v/b)	%	Dicantumkan sesuai dengan hasil analisa	Dicantumkan sesuai dengan hasil analisa