

**Perkiraan umur simpan tepung galek yang dikemas dalam berbagai
kemasan plastik berdasarkan kurva isotherm sorpsi lembab**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagai persyaratan
guna memperoleh derajat Sarjana Teknologi Pertanian
Di Fakultas Pertanian
Universitas Sebelas Maret**

Jurusan/Program Studi Teknologi Hasil Pertanian



Oleh :

ELIS SEPTIANINGRUM

NIM: H0604020

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

SURAKARTA

2008

**PERKIRAAN UMUR SIMPAN TEPUNG GAPLEK YANG DIKEMAS
DALAM BERBAGAI KEMASAN PLASTIK BERDASARKAN KURVA
ISOTERM SORPSI LEMBAB**

**yang dipersiapkan dan disusun oleh
Elis Septianingrum
H0604020**

**telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
pada tanggal : 23 September 2008
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Susunan Tim Penguji

Ketua

Anggota I

Anggota II

Ir. Bambang Sigit A., MSi
NIP : 131 955 591

R. Baskara Katri Anandito, S.TP, MP
NIP : 132 318 019

Ir. Basito, MSi
NIP : 131 285 883

Surakarta, Oktober 2008

Mengetahui
Universitas Sebelas Maret Surakarta
Fakultas Pertanian
Dekan

Prof. Dr. Ir. H. Suntoro, MS
NIP : 131 124 609

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul **“Perkiraan Umur Simpan Tepung Gaplek yang Dikemas dalam Berbagai Kemasan Plastik Berdasarkan Kurva Isoterm Sorpsi Lembab”**.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa untuk mencapai gelar Sarjana Stratum Satu (S-1) pada program studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Selama penelitian dan penulisan skripsi, penulis banyak mendapatkan bantuan, saran serta dukungan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Suntoro, MS. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Ir. Kawiji, MP. selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta
3. Bapak Ir. Basito, MSi selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Penguji atas bimbingan dan bantuannya.
4. Bapak Ir. Bambang Sigit A., MSi selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, serta saran yang berharga sehingga terselesaikannya skripsi ini
5. Bapak R. Baskara Katri Anandito, S.TP, MP selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, serta saran yang berharga sehingga terselesaikannya skripsi ini
6. Kedua orangtuaku dan kedua adikku atas semua dukungan dan doanya.
7. Teman - teman THP 2004, THP 2005, THP 2006 serta THP 2007 yang selalu menyemangatiku, teman belajar dan berbagi pengalaman
8. Semua staf dan karyawan dilingkungan jurusan THP pada khususnya dan FP UNS pada umumnya.

9. Semua pihak yang telah membantu dan membimbing hingga skripsi ini diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran penulis harapkan demi perbaikan. Semoga karya kecil ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surakarta, September 2008

Penulis

Setiap peristiwa di jagad raya ini adalah potongan2 mozaik.
Tersebar disana - sini, tersebar dalam rentang waktu dan ruang2.
Namun perlahan-lahan ia akan bersatu membentuk sosok seperti
montase Antoni Gaudi
Betapa sempurna Tuhan telah mengatur potongan -potongan
mozaik hidupku,
Demikian indahnya Tuhan bertahun-tahun telah memeluk mimpi-
mimpiku, telah menyimak harapan2 sepi dalam hatiku, dan akhirnya
telah terlahir karya ini sebagai salah satu bagian dari pecahan mozaik
mimpi2ku.

(disadur dari novel "Sang Pemimpi", karya Andrea Hirata)

Dedicated to...

Kedua orang tuaku tercinta, kedua adikku tersayang, serta segenap keluarga, & sahabat-sahabatku. Terima kasih atas semua dukungan, semangat, dan Doanya selama ini.

Special thanks to....

ALLah SWT

Terimakasih atas semua rencana - rencana yang telah kau buat dalam hidupku..dan terimakasih telah menjagaku selalu dalam lindungan iman dan islammu..amien...

My Lovely Family

Mamah dan papah, terimakasih atas curahan kasih sayang, perhatian, dorongan semangat, dan pengorbanan yang tidak henti-hentinya diberikan demi kebahagiaan elis dan adik2, serta pelajaran2 berharga yang ga akan ditemui di bangku sekolah. Terimakasih untuk selalu mengingatkanku dan menyebut namaku disetiap doa dan tahajudmu... elis akan berusaha menjadi anak yang berbakti untuk ma2h & pa2h
love u mah,,pah...

De'Arif & De'Lia, kalian adalah sumber inspirasiku. Terimakasih atas dukungan dan doanya, terimakasih karena selalu memberikan keceriaan dalam keluarga. Mba elis sayang kalian...

Mbah Solo, terimakasih atas kasih sayang dan perhatiannya selama ini. Terimakasih untuk kesabarannya menghadapi elis dan terimakasih untuk masakannya yang lezat.

Mbah Akung dan Mbah Uti, mereka yang menjadi teladanku dalam menjalani idup ini, dengan kesabaran dan ketegarannya mengarungi lika-liku kehidupan., terimakasih atas kesabarannya ikut merawatku dari kecil, memberikan kasih sayang, doa, dan perhatian.

Abbi, Terimakasih untuk semua perhatian dan kasih sayangnya selama ini, makasih juga untuk laptopnya (membantu banget buat nyelesein skripsi, browsing internet,& chating hee..). ketidak sempurnaan yang kita lewati membuatku mengerti dan mampu pahami akan kekuasaan dan kebesaran Tuhan atas kehidupan manusia...

Dosen THP UNS

Pak Basito, pembimbing akademik sekaligus pembimbing penguji. makasih y pak atas bimbingan, support, masukan2, n nasehat yg

diberikan kepada saya . . . *Pak Bambang*, pembimbing utamaku terimakasih atas dukungan, nasehat dan kesabarannya dalam membimbing, maaf ya pak kalo selama dibimbing sering buat kesal, Terimakasih sudah diajari banyak hal tentang fisika dan matematika, *Papi BasKaRa*...pembimbing pendampingku yang baik hati, tempat cuRhatQ, makasih ya PaPi atas dukungan, bimBinGanna dan nasehatnya selama ini...*Pak anam*, dosen pembimbing PKM yang sabar dalam membimbing, *Bu Pi2n*, dosen terfavorit, terimakasih atas bantuan dan kesempatan yang diberikan,

Sahabat-sahabatku

Depe & mas anto, teman seperjuanganku, yang selalu menemani selama penelitian, ngolah data, semhas, teman berpusing-pusing ria, teman diskusi walopun kadang2 ada berantem2nya, temen muTer2 carI syaRat buat semHas, penDadaran, n yudIsium, serta mz anTo yang bantuin terselenggaranya hajat besarku dan depe *ERa*, teman baikku, sodaraku, mbakyuku yang nduttz, lucu, baik hati, sabar, wanita yang tegar dan kuat, tapi tukang nangis jg... Terimakasih untuk selalu bersamaku dalam senang maupun sedih. Untuk hari2 yang kita lalui bersama, untuk pengertiannya, dan nasehatnya. makasih juga buat printer dan kamar yang jadi tempat melepas lelahku selepas kuliah. ayo nduts kita maen ke bekasi...

Jeng anik, temanku sing tambah kemayu aja setelah maz youd melingkarkan cin2 di jari manisnya...cie2 aku kapan ya??makasih ya udah bantuin muTer2 carI syaRat buat semHas, penDadaran, n yudIsium, makasih juga udah sempet jadi tukang ojekku.

Lia dan danik, kedua temanku yang lucu dan baik hati, teman seperjuanganku sewaktu magang di Cilacap, makasih udah kasih aku keceriaan selama magang sehingga capek dan lelahku tak terasakan. kenangan kita di pantai teluk penyuga akan terlupa. ayo lia, ma2h tetep semangat...

Punk, makasih ya cinta buat semuanya, buat perhatian, bantuannya, dan semangatnya, jeng kangen nich, ayo shopping2 & jalan2 lagi...

Rosty, tea ku yang cute, imute, dan baik hati..makasih udah ngajarin aku dunia maya dan all about computer. Ayo donk tea semangat!!skripsi kita kan sama...

Depi, makasih udah bantuin aku penelitian ya..makasih juga udah mijemin aku film2 jadi aku bias dapet hiburan.ayo dep semangat..

Dee, makasih ya dee udah bantuin aku, makasih juga udah baik banget nganter jemput aku ngampus kalo aku lagi ga bawa motor, hore..akhirnya cita2 kita wisuda bareng kesampean juga...

*ira Cemplukzz...*temenku yang murah senyum, temen perjuanganku ngerjain pkm, terimakasih ya buat semuanya..

Siswanti, tim menda2k skripsiku bersama depe dan anik juga..akhirnya perjuangan kita berhasil juga sis. Makasih udah jadi tempatku berkeluh kesah dan berbagi ilmu...

Lela, desi, minang, makasih ya untuk kebersamaan dan bantuannya slama ini, *Arlin*, ayo semangat buat cari kerjanya, *Arien*, jangan bersedih ya, Tuhan pasti kasih jalan yang terbaik, *Lukita*, mo2 ayo semangat buat penda2rannya, sukses ya sama po2..*ika, pit3, mba ida, mba fia, iwak* ayo semangat, kalian pasti bias, *Ahmad, Christian, umar, irfan, danar, dananG, hasim, sigma*, kalian ber8 adalah cowo2 yang beruntung masuk THP, cemanGaD!!*Dewi, mila,wi2n, ayu, dian* makasih ya atas persahabatan kita, *dina, erna, nita, nur, evi*, ayo kita bareng2 ke jogja lagi naik pramek...

Radit, Bayu, wahyu, antin, hura, makasih ya udah bantuin aku selama aku dijogja, makasih juga atas support dan doanya.*Lisa, Wi2, elis,eyen dan eli*, fifa 4 ewa ya...miss u all..*yuli, evi dan suri*,temanku berbagi cerita, senang dan sedih, makasih buat kebersamaan yang selalu kita jaga...

semua pihak yang telah membantuku dalam penelitian dan Penulisan SkRipsi ini y9 tDk dapt aQ sebutkan satu persatu, trimakaciH smuanya.....

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xii
SUMMARY	xiii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
II. LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	5
1.....	Ubik
ayu.....	5
2.....	Gapl
ek.....	7
3.....	Tepu
ng Gaplek	8
4.....	Baha
n Makanan Kering.....	8
5.....	Kad
ar Air dan Aktivitas Air (a_w)	9
6.....	Isote
rm Sorpsi Lembab (ISL)	11
7.....	Peng
emasan.....	16

8.....	Umu
r Simpan	22
B.	Kera
angka Berfikir	24
C.	Hipo
tesis.....	25
III. METODE PENELITIAN	
A.	Tem
pat dan Waktu Penelitian	26
B.	Baha
n dan Alat	26
C.	Taha
p Penelitian.....	26
D.	Anal
isa Data.....	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Kurva Isoterm Sorpsi Lembab	32
B. Kadar Air Lapis Tunggal BET.....	35
C. Penentuan Permeabilitas Kemasan Terhadap Uap Air	36
D. Perkiraan Umur Simapan Tepung Gaplek	38
E. Keterkaitan Kurva ISL, Kadar Air Lapis Tunggal BET, Permeabilitas Kemasan terhadap Uap air dengan Umur Simpan Tepung Gaplek	34
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1.	Kandungan Gizi dalam Tiap 100 gr Ubikayu dan Berbagai Produk Olahannya.....	5
2.	Standar Mutu Gapek (Departemen Perdagangan dan Koperasi.....	7
3.	a_w Minimum Pertumbuhan Beberapa Jenis Mikrobial.....	15
4.	Daya tembus dari Plastik Tipis yang Fleksibel Terhadap N_2 , O_2 , CO_2 dan H_2O	18
5.	Aktivitas Air (a_w) Beberapa Larutan Garam Jenuh pada Suhu $28^\circ C$	27
6.	Kadar Air Seimbang Tepung Gapek dalam Berbagai a_w pada Suhu $28^\circ C$	32
7.	Hubungan A_w dengan $[a_w/(1 - a_w)Ka]$ Tepung gapek.....	57
8.	Permeabilitas Kemasan Terhadap Uap Air pada Suhu $28^\circ C$,	37

	RH = 75%.....	
9.	Umur Simpan Tepung Gaplek dalam Berbagai Kemasan Plastik.....	40

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.	Tipe-tipe Kurva Isoterm Sorpsi Lembab.....	12
2.	Isoterm Sorpsi Air Bahan Pangan dengan Kadar Air Rendah.....	13
3.	Grafik Hubungan Antara Pertumbuhan Mikroorganisme versus a_w	15
4.	Kurva Isoterm Sorpsi Lembab <i>Cassava Chips</i> pada Suhu 30 ⁰ C.....	16
5.	Formasi Rantai Lurus dari Molekul Makro Polietilen.....	19
6.	Bagan Alat Penentuan Kadar Air Keseimbangan.....	27
7.	Bagan Alat Penentuan Permeabilitas Kemasan.....	29
8.	Kurva Isoterm Sorpsi Lembab Tepung Gaplek pada suhu 28 ⁰ C.....	33

9.	Kurva Hubungan antara a_w dengan $[a_w / (1 - a_w)M]$ Tepung gaplek.....	35
10.	Penentuan M_e Tepung Gaplek pada Suhu 28°C dan RH 78% menggunakan kurva ISL.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Analisa Kadar Air.....	47
2.	Analisis Kadar Air Awal Tepung Gaplek.....	48
3.	Persamaan Regresi Pengaruh Suhu terhadap a_w Larutan Garam Jenuh.....	49
4.	Data Penimbangan Sampel Tiap Hari.....	51
5.	Data Analisa Kadar Air Tepung Gaplek pada Berbagai Aktivitas Air (a_w).....	52
6.	Perhitungan Kadar Air Tepung Gaplek pada Berbagai Aktivitas Air (a_w).....	53
7.	Perhitungan Kadar Air Lapis Tunggal (BET).....	57
8.	Penentuan Permeabilitas Berbagai Kemasan Plastik Terhadap Uap Air.....	58

9.	Perhitungan Umur Simpan Tepung Gaplek dalam Berbagai Kemasan Plastik.....	67
10.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	68

**PERKIRAAN UMUR SIMPAN TEPUNG GAPLEK
YANG DIKEMAS DALAM BERBAGAI KEMASAN PLASTIK
BERDASARKAN KURVA ISOTERM SORPSI LEMBAB**

**Elis Septianingrum
H0604020**

RINGKASAN

Tepung gaplek merupakan hasil olahan ubikayu yang mempunyai nilai nutrisi yang cukup baik. Tepung gaplek mempunyai sifat higroskopis sehingga selama penyimpanan maupun distribusi mudah mengalami kerusakan akibat penyerapan uap air dari lingkungannya. Kerusakan yang dimaksud disini adalah tumbuhnya jamur pada tepung gaplek. Kerusakan yang dialami akan menyebabkan turunnya mutu tepung gaplek dan berpengaruh terhadap tingkat penerimaan konsumen terhadap tepung gaplek. Dengan mengetahui pola penyerapan uap air melalui penentuan kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL), maka diharapkan dapat digunakan untuk memperkirakan umur simpan tepung gaplek.

Penentuan kurva ISL tepung gaplek dilakukan dengan termogravimetri statis menggunakan beberapa larutan garam jenuh yang disimpan pada suhu 28⁰C. Persamaan polynomial pangkat tiga digunakan untuk mengplot hubungan antara kadar air dan aktivitas air tepung gaplek sehingga didapat persamaan kurva ISL.

Persamaan BET digunakan untuk menentukan kadar air lapis tunggal tepung gaplek tersebut. Tepung gaplek dikemas dalam plastik Polietilen (PE) dengan ketebalan 0,03 mm; 0,05 mm; 0,07 mm dan 0,08 mm; plastik Polipropilen (PP) dengan ketebalan 0,02 mm; 0,03 mm; 0,04 mm; 0,05 mm, dan 0,08 mm dan kantung kain blacu yang telah ditentukan permeabilitasnya pada suhu 28^oC RH 75,62%. Umur simpan diperkirakan dengan kurva ISL dengan kondisi penyimpanan diasumsikan pada suhu 28^oC RH 78%.

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa tepung gaplek mempunyai kurva ISL berbentuk sigmoid dengan persamaan $y = 220,92 x^3 - 224,68 x^2 + 77,267 x - 0,0188$. Permeabilitas plastik polietilen (PE) dengan ketebalan 0,03 mm; 0,05 mm; 0,07 mm dan 0,08 mm; plastik Polipropilen (PP) dengan ketebalan 0,02 mm; 0,03 mm; 0,04 mm; 0,05 mm, dan 0,08 mm; kantung kain blacu serta kontrol dalam gH₂O/hari m²mmHg berturut-turut adalah 0,795; 0,68; 0,49; 0,46; 0,81; 0,675; 0,58; 0,51; 0,4; 4,99; 9,05. Umur simpan tepung gaplek yang dikemas dengan plastik polietilen (PE) dengan ketebalan 0,03 mm; 0,05 mm; 0,07 mm dan 0,08 mm; plastik Polipropilen (PP) dengan ketebalan 0,02 mm; 0,03 mm; 0,04 mm; 0,05 mm, dan 0,08 mm; serta kantung kain blacu serta kontrol berturut-turut adalah 133 hari, 155 hari, 215 hari, 230 hari, 130 hari, 157 hari, 182 hari, 207 hari, 264 hari, 21 hari, 11 hari

Kata kunci : tepung gaplek, kurva ISL, permeabilitas, umur simpan.

THE PREDICTION OF SHELF LIFE OF GAPLEK FLOUR PACKAGED IN VARIOUS PLASTIC BASED ON MOISTURE SORPTION ISOTHERM CURVE

**ELIS SEPTIANINGRUM
H0604020**

SUMMARY

Gaplek flour is the result of cassava processing having a sufficiently good nutrition. It has hygroscopic property so that during the storage and distribution it is easily damaged as a result of vapour adsorption from its environment. The damage mentioned here is the mould growing on the *gaplek* flour. The damage encountered will result in the decreased quality of *gaplek* flour and affect the consumer reception level to the flour. By recognizing the vapour adsorption pattern through the determination of moisture sorption isotherm, it is expected to use in estimating the shelf life of *gaplek* flour.

The moisture sorption isotherm curve of *gaplek* flour was determination with static thermogravimetry by using several saturated salt solution stored at 28^oC. The 3rd degree polynomial was used to plot the relationship between the water level and water activity of dried cassava flour in order to obtain the

moisture sorption isotherm curve equation. The BET equation was used to determine the single layer water level of gaplek flour. The gaplek flour was packaged in polyethylene (PE) plastic with 0.03 mm; 0.05 mm; 0.07 mm and 0.08 mm thickness; polypropylene plastic (PP) with 0.03 mm; 0.04 mm; 0.05 mm and 0.08 mm thickness and *blacu* cloth with predefined permeability at 28°C RH 75.62%. The shelf life was predicted using moisture sorption isotherm curve with storage condition assumed at 28°C RH 78%.

The result of research shows that at *gaplek* flour has sigmoid-shaped moisture sorption isotherm curve with the equation $y = 220,92 x^3 - 224,68 x^2 + 77,267 x - 0,0188$. The permeability of polyethylene (PE) plastic with 0.03 mm; 0.05 mm; 0.07 mm and 0.08 mm thickness; of polypropylene plastic (PP) with 0.03 mm; 0.04 mm; 0.05 mm and 0.08 mm thickness and of *blacu* cloth as well as control in gH₂O/day m²mmHg with predefined are 0.795; 0.68; 0.49; 0.46; 0.86; 0.675; 0.58; 0.51; 0.4; 4.99; 9.05, respectively. The shelf life of dried cassava flour packaged with polyethylene (PE) plastic with 0.03 mm; 0.05 mm; 0.07 mm and 0.08 mm thickness; of polypropylene plastic (PP) with 0.03 mm; 0.04 mm; 0.05 mm and 0.08 mm thickness and of *blacu* cloth as well as control are 133, 155, 215, 230, 130, 157, 182, 207, 264, 21, and 11 days, respectively.

Keywords: *gaplek* flour, moisture sorption isotherm curve, permeability, shelf life.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.

Ubikayu (*Manihot utilisima*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh baik di daerah tropis seperti Indonesia. Tanaman ubikayu dapat tumbuh dan berproduksi di daerah dataran rendah sampai dataran tinggi, dari ketinggian 10.000 sampai 1.500 meter di atas permukaan laut dan sangat cocok dikembangkan di lahan- lahan marjinal, kurang subur, dan kurang sumber air (Khudori, 2003).

Penanaman dan pemeliharaan ubikayu relatif mudah dan mampu berproduksi tinggi sekalipun ditanam di tanah kritis. Hasil produksi ubikayu merupakan hasil terbesar kedua setelah padi, sehingga mempunyai potensi sebagai sumber karbohidrat yang penting bagi bahan pangan dan industri

(Nurhaida dalam Warigiono, 1990). Ubikayu mampu menghasilkan 30-60 ton/ha sedangkan beras 4-6 ton/ha (Khudori, 2003). Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Departemen Pertanian, produksi ubikayu di Indonesia pada tahun 2007 sebanyak 18,9 juta ton dengan luas panen 1,14 juta ha (Anonim^a, 2008).

Tanaman ubikayu dapat dimanfaatkan mulai dari daun sampai umbi segarnya. Ubikayu dalam keadaan segar tidak tahan lama dan biasanya hanya mempunyai masa simpan selama 2 sampai 3 hari saja. Untuk pemasaran yang memerlukan waktu lama, ubi kayu harus diolah terlebih dahulu menjadi bentuk lain yang lebih awet, seperti gaplek, tepung gaplek, tapioka (tepung singkong), tapai, *peuyeum*, keripik singkong dan lain-lain.

Tepung gaplek merupakan hasil olahan ubi kayu yang diperoleh dari menumbuk atau menggiling gaplek sehingga diperoleh tepung dengan ukuran maksimum 100 mesh. Dalam 100 gr tepung gaplek, mengandung kalori 363 kalori; karbohidrat 88,2 gr; protein 1,10 gr; lemak 0,5 gr, air 9,1%; kalsium 84 gr, dan fosfor 125 gr (Anonim^b, 1981). Nutrisi dan kandungan gizi tepung gaplek yang cukup baik tersebut menjadikan tepung gaplek dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk membuat berbagai produk makanan

1

menambahkan, industri ubikayu mempunyai pangsa pasar yang baik sebagai bahan pangan instan berbentuk tepung seperti tiwul instan. Selain itu, tepung gaplek juga dapat dimanfaatkan sebagai tepung komposit (campuran). Dewasa ini penelitian mengenai pemanfaatan tepung komposit untuk membuat mie, kue, biskuit, roti dan beberapa produk makanan lain mulai banyak diminati. Sebagai tepung komposit, tepung gaplek dapat dicampur dengan tepung lainnya seperti tepung terigu, tepung beras, tepung maizena, tepung pisang dan tepung kacang hijau.

Tepung gaplek juga memiliki potensi untuk dapat diolah menjadi produk non pangan. Tepung gaplek dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol. Aplikasi etanol sebagai bahan additive BBM di beberapa negara Eropa, Amerika, dan Brazilia menunjukkan etanol sangat

cocok meningkatkan oktan BBM baik bensin maupun solar (Anonim^c, 2003). Di Kabupaten Kapuas, tepung galek dimanfaatkan untuk pembuatan lem pada pabrik kayu lapis (Khudori,2003). Melihat potensi ubikayu yang cukup baik tersebut, maka dimungkinkan pemasaran produk olahan ubikayu dalam bentuk tepung galek ini akan semakin meningkat.

Dengan mengolah ubikayu menjadi tepung galek maka akan dihasilkan bahan dengan kadar air sekitar 9,1%, sehingga lebih mudah dalam pengangkutan dengan biaya yang lebih murah serta daya simpan yang lebih lama. Namun disisi lain, Tepung galek yang mempunyai kadar air sekitar 9,1% tersebut cenderung mempunyai sifat higroskopis seperti bahan makanan kering pada umumnya, yaitu suatu sifat mudah menyerap uap air dari lingkungan.

Perubahan sifat bahan makanan yang dikeringkan dapat dipengaruhi oleh komposisi kimia dan kondisi lingkungannya. Menurut data dari Stasiun Meteorologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta, menunjukkan bahwa rata – rata kelembaban wilayah Kecamatan Jumantono Kabupaten Karanganyar, Surakarta adalah 78%. Kelembaban yang cukup tinggi itu mengakibatkan perubahan sifat dari tepung galek terutama karena terjadinya penyerapan uap air yang cukup besar. Jika kenaikan kadar air tepung galek akibat penyerapan uap air dari lingkungan tersebut mencapai kadar air kritis, maka tepung galek diasumsikan akan mengalami kerusakan yaitu tumbuhnya jamur pada tepung galek. Kerusakan yang dialami akan menyebabkan turunnya mutu tepung galek dan berpengaruh terhadap tingkat penerimaan konsumen terhadap tepung galek. Dengan mengetahui pola penyerapan uap air melalui penentuan kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL), maka diharapkan dapat digunakan untuk memperkirakan umur simpan tepung galek.

Umur simpan merupakan periode waktu dimana wadah dan bahan makanan yang ada didalamnya masih dalam kondisi yang dapat diterima oleh konsumen atau layak dijual dibawah kondisi penyimpanan tertentu (Downes dan Harte, 1982). Selama penyimpanan, distribusi, maupun

pemasaran tepung gablek, perlu diperhatikan untuk dapat mengurangi kerusakan dan memperpanjang umur simpan atau waktu pemasarannya. Salah satu upaya untuk memperpanjang umur simpan tepung gablek adalah dengan pengemasan. Bahan pengemas yang digunakan biasanya adalah plastik, karena kemasan plastik mudah diperoleh serta harganya yang relatif lebih murah daripada jenis pengemas yang lainnya, misalnya karton dan gelas. Jenis pengemas plastik yang ada dipasaran banyak sekali macamnya. Oleh karena itu, untuk memilih kemasan plastik yang sesuai, maka perlu dilakukan penelitian.

B. Perumusan Masalah.

1. Bagaimana pola penyerapan uap air oleh tepung gablek berdasarkan kurva ISL?
2. Bagaimana sifat dari kemasan plastik (permeabilitas terhadap uap air) yang digunakan untuk mengemas tepung gablek ?
3. Berapa umur simpan tepung gablek yang dikemas dalam berbagai kemasan plastik?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan.
 - a. Mempelajari pola penyerapan uap air oleh tepung gablek melalui kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL).
 - b. Mengetahui permeabilitas jenis bahan pengemas plastik terhadap uap air untuk mengemas tepung gablek.
 - c. Menentukan umur simpan tepung gablek yang dikemas dalam berbagai kemasan plastik berdasarkan kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL).

2. Manfaat

- a. Dapat mengetahui pola penyerapan uap air tepung gaplek melalui penentuan kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL).
- b. Dapat mengetahui perkiraan umur simpan tepung gaplek yang dikemas dalam berbagai kemasan plastik.

BAB II **LANDASAN TEORI**

Tinjauan Pustaka

Ubikayu

Ubikayu (*Manihot utilisima*), adalah pohon tahunan tropika dan subtropika dari keluarga Euphorbiaceae. Umbinya dikenal luas sebagai makanan pokok penghasil karbohidrat dan daunnya sebagai sayuran. Ubikayu merupakan umbi atau akar pohon yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm, tergantung dari jenis ubikayu yang ditanam. Daging umbinya berwarna putih atau kekuning-kuningan (Anonim^d, 2007).

Sifat fisik dan kandungan nutrisi ubikayu memungkinkan dihasilkan aneka ragam hasil olahan yang pada gilirannya dapat membuka alternatif ekonomi bagi pengembangan ubikayu dan hasil olahannya. Tabel 1 menyajikan data kandungan gizi ubikayu dan berbagai produk olahannya dalam tiap 100 gr

Tabel 1. Kandungan Gizi dalam Tiap 100 gr Ubikayu dan Berbagai Produk Olahannya

Kandungan	Ubikayu biasa	Ubikayu kuning	Gaplek	Tepung gaplek
Kalori (kal)	146	157	338	363
Protein (g)	1,2	0,8	1,5	1,10
Lemak (g)	0,3	0,3	0,7	0,5
Karbohidrat (g)	34,7	37,9	81,3	88,20
Kalsium (mg)	33	33	80	84
Fosfor (mg)	40	40	60	125
Zat besi (mg)	0,7	0,7	1,9	1
Vitamin A (SI)	0	385	0	0
Vitamin B1 (mg)	0,06	0,06	0,04	0,04
Vitamin C (mg)	30	30	0	0
Air (g)	62,5	60	14,5	9,1
Bagian yang dapat dimakan (%)	75	75	100	100

Sumber: (Anonim^b, 1981).

Beberapa penelitian menyatakan bahwa nutrisi atau kandungan gizi

5

Data Direktorat Gizi Depkes dalam anonim^c (1981) menyebutkan kalori beras giling, tepung terigu, dan tepung gaplek rata-rata mencapai 360 kalori. Kandungan karbohidrat tepung gaplek lebih tinggi, mencapai 88,2 gram, sementara beras giling 78,9 gram dan tepung gandum 77,3 gram. Berdasarkan kandungan kalsium, tepung gaplek masih lebih unggul. Kandungan fosfornya sangat tinggi, sedikit di bawah beras giling dan di atas tepung terigu. Kandungan zat besi tepung gaplek juga hampir sama dengan kedua produk tersebut (Siswono, 2005).

Di masa lalu, umbi ubikayu diekspor ke Eropa untuk bahan baku wiski kelas rendah. Selain itu, ubikayu juga diproses menjadi produk tapioka olahan, seperti *paarl*, *seeds*, *vlokken*, dan *shifting*. Amerika Serikat (AS), mengolah tepung tapioka untuk berbagai keperluan, antara lain industri kayu, tekstil, sampai industri bahan perekat.

Saat ini ubikayu banyak diekspor ke AS dan Eropa dalam bentuk tapioka. Negara-negara tersebut, memanfaatkan ubikayu sebagai bahan baku

industri pembuatan tepung tapioka dan tepung gaplek serta bahan pembuatan alkohol, etanol, dan gasohol. Tepung tapioka juga digunakan dalam industri lem, industri kimia, dan tekstil (Khudori, 2003).

Sebaliknya, di dalam negeri, ubikayu biasanya hanya digunakan sebagai pakan ternak dan bahan pangan nomor tiga setelah beras dan jagung. Beberapa daerah sudah menggunakan ubikayu sebagai bahan baku industri yang tingkat kebutuhannya mulai bersaing dengan kebutuhan pangan langsung. Produk antara (*Intermediate Product*), seperti gaplek, tepung gaplek, tepung tapioka, dan gaplek *chips*, merupakan produk-produk yang memiliki peluang untuk dikembangkan di daerah sentra. Disamping itu, ubikayu dapat diolah menjadi berbagai macam jenis makanan, seperti *eyek-eyek*, dan *opak* yang diproduksi dalam skala industri rumah tangga (Rukmana, 1997).

Panen umbi ubikayu pada umumnya jatuh dalam musim kemarau, di Jawa dalam bulan Juli sampai September, pada waktu dimana banyak terdapat panas matahari dan jarang ada hujan turun. Agar dapat disimpan lama dan tidak lekas menjamur, ubikayu dapat dibuat gaplek (Pakpahan, 1992). Damardjati dan Widowati (1993) menambahkan bahwa gaplek yang dibuat secara tradisional mempunyai mutu yang rendah (berwarna cokelat kehitaman), cepat diserang serangga, dan hanya mempunyai masa simpan selama 1-2 bulan.

Gaplek

Gaplek sangat populer di daerah Jawa yang kekurangan air sebagai bahan makanan pokok. Berdasarkan bentuknya gaplek dapat dibagi menjadi 5 kelompok, yaitu gaplek gelondong, gaplek chips (iris tipis), gaplek pelet, gaplek tepung, dan gaplek kubus. Pada umumnya gaplek gelondong dan pelet digunakan sebagai bahan baku pakan ternak, sedangkan gaplek dalam bentuk tepung digunakan sebagai bahan makanan. Gaplek dalam bentuk chips digunakan sebagai bahan industri pati, dekstrin, dan glukosa (Oramahi dalam Supriyadi, 2007).

Cara membuat gaplek adalah terlebih dahulu umbinya dikupas dan dibelah membujur menjadi dua atau empat belahan kemudian dijemur hingga kering. Umbi yang belum kering benar dan kemudian disimpan akan menjamur dan membusuk, sedang warnanya tidak putih lagi, melainkan menjadi biru kehitam-hitaman. Penjemuran dapat dilakukan di atas lantai penjemuran, atau batu-batu besar, diatas genting, dan lain-lain, dalam waktu 1-2 minggu, tergantung keadaan cuaca atau panas matahari (Darjanto dan Murjiati, 1980).

Tabel 2. Standar Mutu Gaplek (Departemen Perdagangan dan Koperasi)

Mutu	Kadar air (w/w, %maks)	Kadar tepung (w/w, %maks)	Kadar Serat (w/w, %maks)	Kadar Kotoran (w/w, %maks)
I	14	70	4	4
II	14	68	5	5,5
III	15	65	6	7,0

Sumber : Adi Widjono (1982) dalam Warigiono, dkk (1990).

Keterangan : berlaku untuk gaplek gelondong, chips, tepung dan pellets.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap penyimpanan gaplek selama 8 bulan oleh petani di Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, diperoleh bahwa hama gaplek pada waktu disimpan di gudang adalah *Dinoderus* sp, *Tribolium confusum*, *Sitophilus* sp. dan *Palorus* sp. Serangan hama tersebut terjadi terutama disebabkan oleh kurang memadainya kondisi ruang penyimpanan. Gaplek akan diserang oleh hama menjadi potongan-potongan kecil yang mudah remuk dan sebagian menjadi bubuk. Di samping serangan hama, gaplek yang kurang kering mudah ditumbuhi jamur. Umbi yang dikeringkan dalam bentuk gelondongan tanpa dipotong-potong, ukurannya besar dan tebal serta masih basah pada bagian tengahnya, merupakan media yang baik untuk pertumbuhan jamur (Makfoeld, 1982).

Tepung Gaplek

Tepung gaplek merupakan hasil olahan ubi kayu yang diperoleh dari menumbuk atau menggiling gaplek sehingga diperoleh tepung dengan ukuran maksimum 100 mesh (Anonim^b, 1981). Dalam Suismono dan Wibowo (1991) disebutkan bahwa tingkat kerusakan dalam penyimpanan pada bentuk tepung

relatif lebih kecil dibandingkan bentuk gaplek glondong karena hama gudang cenderung menggerek dengan membuat lubang pori

Bahan Makanan Kering.

Bahan makanan kering merupakan hasil pengawetan bahan makanan dengan cara pengeringan. Pengeringan adalah proses pengeluaran air dari dalam bahan pangan dengan jalan menguapkan air yang terkandung dalam bahan tersebut sebagian atau seluruhnya (Priyanto, 1988). Dengan proses pengeringan, kadar air bahan menjadi rendah sehingga aktivitas airnya turun dan bahan menjadi awet bila disimpan (Muljohardjo, 1988).

Bahan makanan kering mempunyai nilai aktivitas air (a_w) antara 0-0,6, sedang bahan makanan semi basah memiliki nilai a_w 0,6-0,9, dan bahan makanan basah memiliki nilai a_w 0,9-0,98 (Labuza, 1984). Rendahnya nilai a_w bahan makanan kering menjadikannya tidak mudah rusak selama penyimpanan dan pemasaran. Harga a_w yang rendah berarti jumlah air yang tersedia sebagai pelarut dalam reaksi kimia sangat kecil sehingga reaksi-reaksi kimia yang mungkin terjadi akan terhambat.

Kadar Air dan Aktivitas Air (a_w)

Berdasarkan teori perubahan fase, maka kandungan air bahan makanan yang ditempatkan di udara terbuka akan berubah sampai mencapai kondisi seimbang dengan kelembaban nisbi udara disekitarnya. Perubahan kadar air dalam bahan makanan terhadap lingkungannya dapat terjadi secara desorpsi maupun adsorpsi. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas molekul airnya (Suyitno, 1995).

Air dalam suatu bahan makanan terdapat dalam berbagai bentuk, yaitu:

1. Air bebas, terdapat dalam ruang antar sel dan inter granular dan pori – pori yang terdapat dalam bahan.
2. Air yang terikat secara lemah karena terserap (teradsorpsi) pada permukaan koloid makromolekuler seperti protein, pectin, pati, selulosa. Selain itu air juga terdispersi diantara koloid tersebut dan merupakan pelarut zat – zat yang ada dalam sel. Air yang ada dalam bentuk ini masih

tetap mempunyai sifat air bebas dan dapat dikristalkan pada proses pembekuan.

3. Air dalam keadaan terikat kuat, yaitu membentuk hidrat. Ikatannya bersifat ionik sehingga relatif sukar dihilangkan atau diuapkan. Air ini tidak membeku meskipun pada 0°F.

Air yang terdapat dalam bentuk bebas dapat membantu terjadinya proses kerusakan bahan makanan, misalnya proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatik, bahkan oleh aktivitas serangga perusak. Oleh karenanya, kadar air bahan merupakan parameter yang absolut untuk dapat dipakai meramalkan kecepatan terjadinya kerusakan bahan makanan. Dalam hal ini dapat digunakan pengertian a_w (aktivitas air) untuk menentukan kemampuan air dalam proses – proses kerusakan bahan makanan (Sudarmadji, dkk, 1989).

Aktivitas air (a_w) adalah potensi kimia relatif dari air. Pemakaian kata relatif dimasukkan untuk memudahkan penjelasan bahwa air murni/air bebas a_w –nya ditetapkan sebesar satu. Air yang terikat oleh / dalam bahan makanan memiliki a_w kurang dari satu (Suyitno, 1995).

Menurut Syarief dan Hariyadi (1993), aktivitas air atau *water activity* (a_w) adalah jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikrobia untuk pertumbuhannya. Sebagaimana diketahui, bahwa kandungan air suatu bahan tidak dapat digunakan sebagai indikator nyata dalam menentukan ketahanan simpan. Istilah aktivitas air digunakan untuk menjabarkan air yang tidak terikat atau bebas dalam suatu sistem yang dapat menunjang reaksi biologis dan kimiawi. Air yang terkandung dalam bahan pangan, apabila terikat kuat dengan komponen bukan air lebih sukar digunakan baik untuk aktivitas mikrobiologis maupun aktivitas kimia hidrolitik.

Aktivitas air dinyatakan sebagai perbandingan antara tekanan uap air bahan (P) dengan tekanan uap air murni (P_o) pada suhu yang sama. Perbandingan ini juga menggambarkan kelembaban relatif seimbang atau Equilibrium Relative Humidity (ERH) udara sekitar bahan terhadap kadar air bahan. (Adnan, 1982). Apabila kadar air suatu bahan sudah mencapai keseimbangan dengan udara sekelilingnya, maka a_w dalam bahan sama dengan

a_w udara tersebut. Oleh karena itu, a_w suatu bahan dapat ditentukan berdasarkan kelembaban nisbi seimbang udara ERH dibagi 100.

$$a_w = P / P_o$$

$$ERH = P / P_o \times 100$$

$$a_w = ERH / 100$$

Keterangan :

P = Tekanan uap air bahan.

P_o = Tekanan air murni pada suhu yang sama.

ERH = Equilibrium Relative Humadity.

Pengendalian dan pengukuran a_w didasari pada pengendalian kelembaban nisbi udara. Menurut Bell dan Labuza (2000) ada lima cara untuk mengontrol a_w atau RH yaitu

- a. Desikator kering berisi kobal klorida dan fosforus pentaoksida untuk mendapatkan $a_w = 0$.
- b. Desikator atau wadah tertutup berisi larutan garam jenuh yang menghasilkan kondisi a_w dari 0,03 sampai 0,98.
- c. Larutan asam sulfat (H_2SO_4) pada berbagai tingkat konsentrasi.
- d. Larutan gliserol pada berbagai tingkat konsentrasi.
- e. Humidifier mekanis.

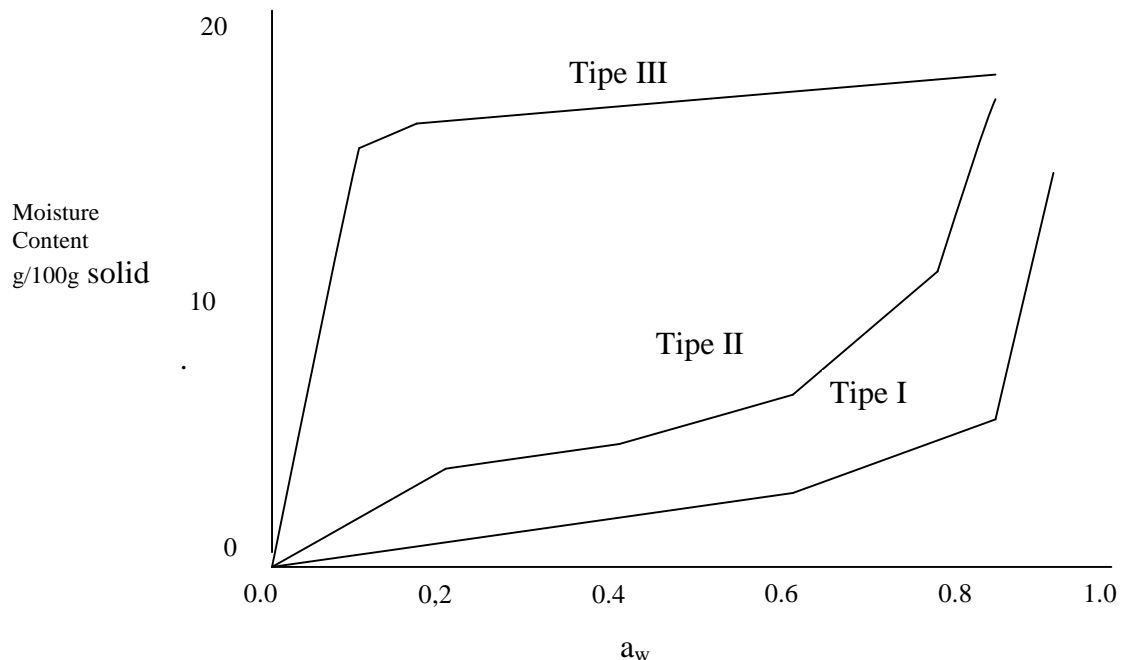
Isoterm Sorpsi Lembab (ISL)

6.1. Pola Isoterm Sorpsi Lembab

Sorpsi isotermis air adalah kurva yang menghubungkan kadar air dengan aktivitas air suatu bahan pada suhu tertentu. Sorpsi isotermis sangat penting dalam merancang proses pengeringan, terutama dalam menentukan titik akhir pengeringan serta meramal perubahan-perubahan yang mungkin terjadi terhadap bahan makanan selama bahan tersebut disimpan (Labuza, 1984).

Menurut Labuza (1984), secara umum ada tiga klasifikasi kurva Isoterm Sorpsi Lembab (Gambar 1). Kurva Isoterm Sorpsi Lembab tipe I adalah suatu isoterm adsorpsi untuk bahan berbentuk kristal, misalnya gula murni. Bahan tersebut hanya sedikit menyerap air sampai a_w -nya mencapai sekitar 0,7 – 0,8. Hal ini karena pengikatan air hanya terjadi di permukaan kristal.

Pada sebagian besar makanan, seperti sereal dan bahan makanan kering mengikuti pola sigmoid yang tampak pada kurva isoterm tipe II. Penyerapan air bahan jenis ini dipengaruhi secara kumulatif oleh efek – efek fisika – kimia sehingga tampak terdapat dua lengkungan, yaitu pada a_w sekitar 0,2 – 0,4 dan a_w 0,6 – 0,7. Sedangkan kurva isoterm tipe III merupakan bentuk khas dari kelompok senyawa anti kempal (misalnya Ca Silikat) yang mampu menyerap banyak air. Pada tipe ini biasanya terjadi perubahan kadar air yang cukup besar pada perubahan nilai a_w yang cukup kecil (Labuza, 1984).



Gambar 1. Tipe-tipe Kurva Isoterm Sorpsi Lembab (Labuza, 1984).

Untuk menggambarkan kurva ISL ada beberapa persamaan yang dapat digunakan, antara lain persamaan Henderson, Polinomial Pangkat Tiga dan Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB)(Labuza, 1984).

Menurut labuza (1984), bentuk umum persamaan Polinomial Pangkat Tiga adalah :

$$M = A a_w^3 + B a_w^2 + C a_w + D$$

Dimana A, B, C merupakan konstanta - konstanta.

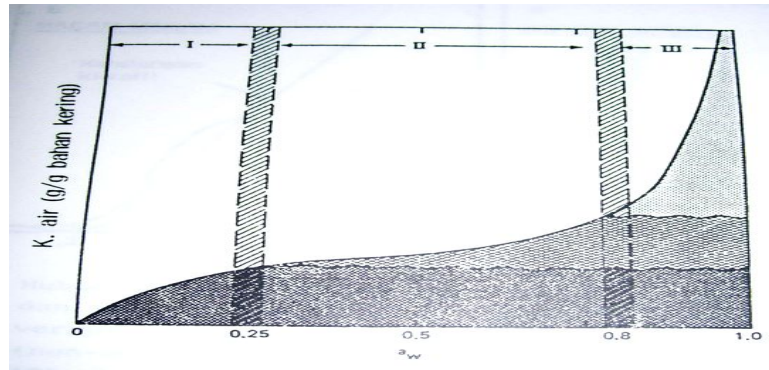
6.2. Penggunaan Kurva Isoterm Sorpsi lembab

6.2.1. Stabilitas Bahan Makanan Pada Kadar Air Lapis Tunggal

Air yang terikat pada bahan makanan dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu air terikat primer, air terikat sekunder, dan air terikat tersier. Klasifikasi ini didasarkan pada posisi molekul air terikat dengan gugus aktif bahan makanan :

- Daerah IL-1 ($a_w < 0,25$), dimana air terdapat dalam bentuk lapis tunggal yaitu molekul air terikat sangat kuat sehingga sulit diuapkan. Pada daerah ini walaupun kerusakan-kerusakan lainnya dapat dihambat, namun oksidasi lemak akan meningkat dengan menurunnya nilai a_w . Karena air tidak lagi sebagai barier sehingga O_2 dapat lebih mudah mengadakan kontak dengan lemak.
- Daerah IL-2 (a_w antara 0,25-0,75), air terikat kurang kuat dimana kerusakan mikrobiologis dapat dicegah namun pada bagian atas dari daerah ini kerusakan kimiawi maupun enzimatik dapat berjalan cepat. Sedangkan pada bagian bawah IL-2 dapat dikatakan sebagai daerah yang paling stabil dimana kecepatan ketiga kerusakan tersebut paling kecil.

- Daerah IL-3 (a_w diatas 0,75), air dalam keadaan bebas (tidak terikat) atau disebut sebagai kondensasi kapiler sehingga laju kerusakan bahan makanan secara mikrobiologi, kimiawi maupun enzimatik berlangsung dengan cepat (Suyitno, 1995).



Gambar 2. Isoterm Sorpsi Air Bahan Pangan dengan Kadar Air Rendah (Fennema, 1976).

Kadar air suatu bahan dimana air berada dalam posisi terikat primer disebut kadar air lapis tunggal. Penelitian terhadap kecepatan reaksi – reaksi kimia dan bahan makanan menunjukkan bahwa bagi sebagian besar bahan makanan kering apabila kadar airnya berada di bawah kadar air lapis tunggal maka kerusakannya sangat kecil dan dapat diabaikan. Kadar air lapis tunggal dapat ditentukan dari persamaan Brunauer-Enmet-Teller (BET), dan umumnya berkisar antara a_w 0,2 – 0,4 (Labuza, 1984).

6.2.2. Perhitungan Kadar Air Lapis Tunggal BET

Kadar air lapis tunggal suatu produk pangan dapat diketahui dengan mengikuti konsep BET yaitu teori tentang adsorpsi molekul gas oleh benda padat. Kadar air lapis tunggal BET dapat diperhitungkan dari isoterm sorpsi lembabnya. Menurut Labuza (1984), persamaan umum BET adalah sebagai berikut :

$$\frac{a_w}{(1-a_w)M} = \frac{1}{Mo.C} + \frac{(C-1)}{Mo.C} .a_w$$

Keterangan: a_w = Aktivitas air pada suhu T
M = Kadar air (db) pada a_w , dan T

C = Konstanta energi adsorpsi untuk tiap bahan

Mo = Kadar air lapis tunggal

Persamaan di atas dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{a_w}{(1-a_w)M} = I + S.a_w$$

dengan I = Titik potong dan S = Slope (kemiringan garis).

Jadi hubungan antara $a_w/(1-a_w) M$ vs a_w , merupakan sebuah garis lurus (linear). Dengan diketahuinya nilai S dan I dari grafik yang dibuat persamaan umum BET tersebut, maka kadar air lapis tunggal BET dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Mo = \frac{1}{I + S}$$

6.2.3. Pertumbuhan Mikroorganisme

Dalam kaitan antara a_w dengan pertumbuhan mikroorganisme, maka dikenal suatu harga a_w kritis yang menunjukkan bahwa di bawah a_w tersebut mikroorganisme tidak dapat tumbuh. Bagi sebagian besar bahan makanan, a_w kritis ini berkisar antara 0,6-0,7. Oleh karena itu dengan data tentang kurva isoterm sorpsi lembab dapat diperkirakan jumlah air maksimum yang masih dapat diserap oleh bahan makanan yang bersangkutan sampai batas aman selama penyimpanan (Labuza, 1984).

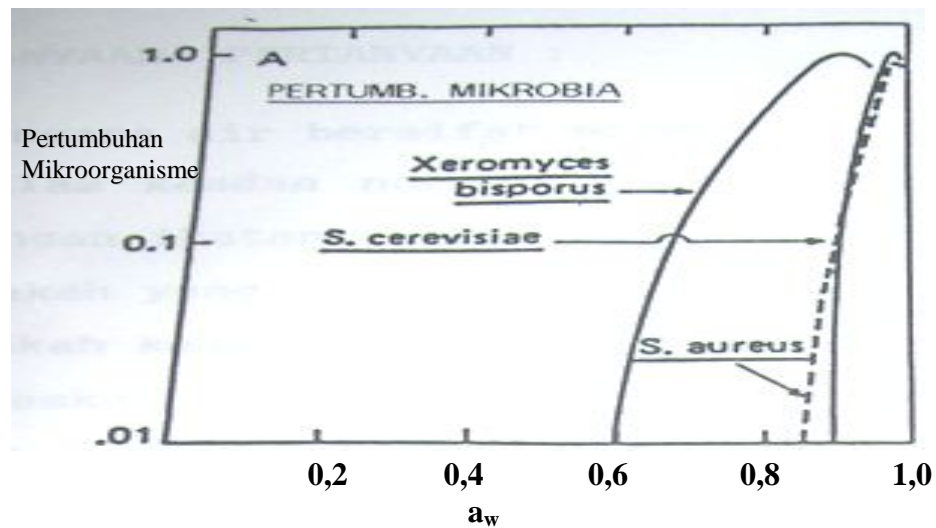
Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikrobia. Aktivitas air (a_w) merupakan salah satu faktor penting bagi pertumbuhan mikrobia. Mikrobia dapat tumbuh pada kisaran a_w tertentu. Tabel 3 menunjukkan a_w minimum bagi pertumbuhan beberapa jenis mikrobia.

Tabel 3. a_w Minimum Pertumbuhan Beberapa Jenis Mikrobia

Organisme	A_w minimum
-----------	---------------

Bakteri	0,91
Ragi	0,88
Jamur	0,80
Bakteri Halofilik	0,75
Fungi Xerofilik	0,65
Ragi Osmofilik	0,60

Bone (1981) dalam Adnan (1982)



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Pertumbuhan Mikroorganismes versus a_w

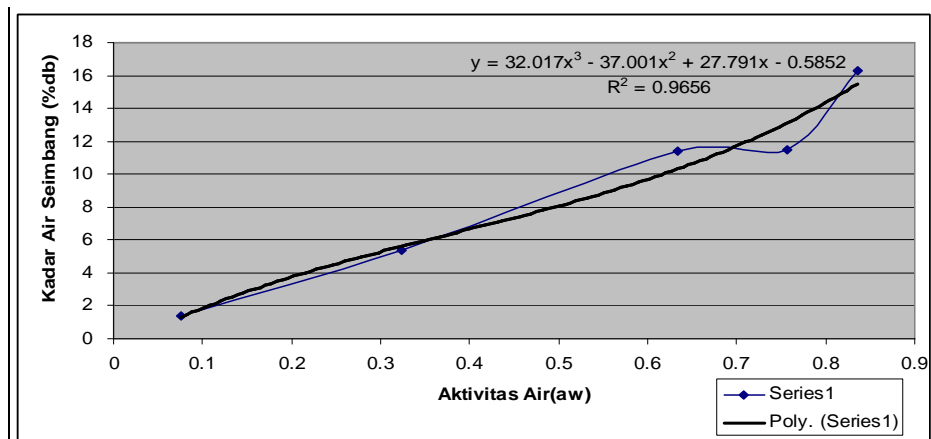
6.2.4. Contoh Kurva Isotermis Sorpsi Lembab pada Bahan Pangan

Contoh kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL) berdasarkan persamaan polinomial pangkat tiga pada produk pangan dapat dilihat pada gambar 4. Gambar 4 menunjukkan kurva Isoterm Sorpsi Lembab (Adsorpsi) *Cassava Chips* pada suhu 30⁰C.

Kurva ISL adsorpsi *Cassava Chips* pada suhu 30⁰C tersebut memiliki persamaan polinomial pangkat tiga sebagai berikut :

$$y = 32,017 x^3 - 37.001 x^2 + 27,791x - 0, 5852$$

Nilai A = 32,017, B = - 37.001, C = 27,791, dan D = - 0, 5852.



Gambar 4. Kurva Isoterm Sorpsi Lembab *Cassava Chips* pada Suhu 30°C (Nugraha, 2005)

Pengemas

Pada umumnya tujuan pengemasan adalah memelihara aseptabilitas bahan pangan misalnya warna, tekstur dan cita rasa ; dan memelihara nilai gizinya selama transportasi dan distribusi (Ketaren, 1986).

Untuk membatasi dan mengendalikan pengaruh kondisi lingkungan terhadap produk sampai batas tertentu, dapat ditempuh dengan melakukan pengemasan menggunakan bahan pengemas dan cara pengemasan yang baik atau sesuai.

Persyaratan dan spesifikasi wadah atau pembungkus berbeda menurut jenis bahan hasil industri dan tujuan utamanya. Tetapi pada umumnya ditujukan untuk menghindari kerusakan yang disebabkan oleh mikroba, fisik, kimia, biokimia, perpindahan uap air dan gas, sinar UV dan perubahan suhu. Selain itu kemasan harus ekonomis, mampu menekan ongkos produksi, mudah dikerjakan secara maksimal, tidak mudah bocor, penyok, dan mudah dalam penyimpanan, pengangkutan dan distribusi (Syarief, Rizal dan Anies Irawati, 1988).

7.1. Permeabilitas Kemasan Terhadap Uap Air

Permeabilitas bahan kemasan perlu diketahui untuk menentukan umur simpan suatu bahan yang dikemas dan kriteria kemunduran mutu bahan yang dikemas, karena dengan diketahuinya permeabilitas bahan kemasan maka dapat dihitung jumlah uap air yang masuk dalam jangka waktu tertentu

sehingga juga dapat diketahui berapa kenaikan kadar air bahan dikemas yang juga mempengaruhi kerusakan bahan nantinya. Untuk makanan kering yang disimpan dalam kemasan akan menyerap uap air dari lingkungan menuju keseimbangan.

Permeabilitas kemasan terhadap uap air dinyatakan dalam kecepatan perpindahan uap air (*WVTR/Water vapour Transmission rate*) yaitu banyaknya uap air yang dapat melewati suatu kemasan per hari pada kondisi atmosfer tertentu dan dinyatakan sebagai gram H₂O/hari/m². Konstanta permeabilitas (k/x) dinyatakan dalam berat uap air yang dapat menembus suatu kemasan per hari pada beda tekanan parsial air sebesar 1 mmHg dan dinyatakan sebagai H₂O/hari.m².mmHg untuk tebal dan suhu serta kelembaban relative tertentu. oleh karena itu, WVTR harus dikonversi menjadi (k/x).

Permeabilitas kemasan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\frac{k}{x} = \frac{\Delta W / \Delta \theta}{A \cdot P_{out}}$$

Keterangan : k/x = Permeabilitas kemasan (g H₂O/hari.m².mmHg)

$\Delta W / \Delta \theta$ = Slope (g H₂O /hari)

A = Luas kemasan (m²)

P out = Tekanan uap air pada suhu penyimpanan x RH
(mmHg) (Supriyadi, 1993).

Tabel 4. Daya tembus dari Plastik Tipis yang Fleksibel Terhadap N₂, O₂, CO₂ dan H₂O.

Plastik Tipis	Daya Tembus (cm ³ /cm ² /mm/det/cmHg) x 10 ¹⁰			
	N ₂	30°C O ₂	CO ₂	25°C, 90 Rh H ₂ O

Polyethylene (kerapatan rendah)	19	55	352	800
Polyethylene (kerapatan tinggi)	2,7	10,6	35	130
Polystyrene	2,9	11,0	88	12000
Polyamide	0,1	0,38	1,6	7000
Polypropylene	-	23,0	92	680
PVC	0,4	1,2	10	1560
Polyester	0,05	0,22	1,53	1300
Polyvinyledene chloride	0,0094	0,053	0,29	14
Rubber Hydrochloride	0,08	0,3	1,7	240
Polyvinil Acetat	-	0,5	-	100000
Ethyl Cellulose	84	265	2000	130000
Cellulose Acetat	2,8	7,8	68	75000

Buckle and Edwards, (1987).

7.2. *Bahan Pengemas Plastik*

Bahan pengemas yang kini digunakan secara luas adalah plastik karena mudah didapatkan dan harganya relatif murah. (Benning, 1983). Kemasan plastik praktis penggunaannya, mudah diperoleh, murah, ringan, bersih, tahan terhadap kelembaban dan gas, tahan terhadap suhu tinggi dan rendah, serta elastis dan tidak mudah sobek (Pantastico, 1986).

Wadah yang dibuat dari plastik dapat berbentuk film (lembaran plastik), kantung, wadah dan bentuk-bentuk lain seperti botol, kaleng, stoples dan kotak. Kini penggunaan plastik sangat luas karena relatif murah ongkos produksinya, mudah dibentuk menjadi aneka model, mudah penanganannya dalam sistem distribusi dan bahan bakunya mudah diperoleh (Syarief, Rizal dan Anies Irawati, 1988)

Salah satu jenis plastik yang banyak digunakan adalah polielefin. Plastik golongan ini, seperti polietilen (PE), polipropilen (PP), dan kopolimer lain merupakan jenis plastik yang paling banyak dipakai pada industri makanan. Banyak digunakan sebagai film, cetakan, pelapis, perekat, dan tutup.

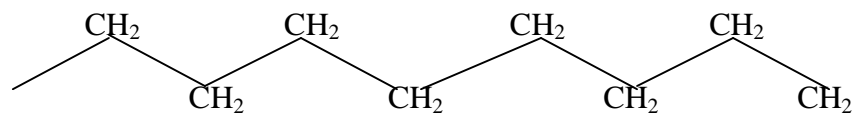
7.2.1. **Polietilen**

Etilen merupakan senyawa utama yang digunakan pada pembuatan plastik ini. Rantai polimer dapat bercabang atau lurus. Polimer rantai lurus

menghasilkan densitas tinggi, sedangkan semakin banyak rantai cabangnya, polimer etilen akan semakin rendah densitasnya (Brown, 1992).

Polietilen dibuat dengan cara polimerisasi dari gas etilen yang merupakan hasil samping dari industri minyak dan batu bara. Terdapat dua macam proses polimerisasi yang dilakukan dan menghasilkan dua macam produk yang berbeda. Pertama, polimerisasi yang dijalankan dalam bejana bertekanan tinggi (1000-3000 atmosfer), menghasilkan molekul makro dengan banyak percabangan, yaitu campuran dari rantai lurus dan rantai bercabang. Cara kedua, polimerisasi dalam bejana bertekanan rendah (10-40 atmosfer), menghasilkan molekul makro berantai lurus dan tersusun parallel (Suyitno, 1990).

Menurut Suyitno (1990), formula molekul dari polietilen adalah $(CH_2)_n$, walaupun rantai molekul makro dikatakan lurus namun kenyataannya susunan atom-atom karbon tersebut dalam formasi zig-zag (Gambar 5).



Gambar 5. Formasi Rantai Lurus dari Molekul Makro Polietilen
(Suyitno, 1990)

Adanya rantai-rantai cabang dalam molekul makro akan mencegah saling menumpuknya rantai sehingga kerapatan (densitas) dari bahan menjadi rendah. Oleh sebab itu, polietilen densitas rendah (PEDR) dihasilkan dari proses polimerisasi pada tekanan tinggi. Polietilen densitas rendah adalah bahan yang bersifat kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaannya terasa agak berlemak. Pada suhu kurang dari 60⁰C, sangat resisten terhadap sebagian besar senyawa kimia. Diatas suhu tersebut polimer ini menjadi larut dalam pelarut hidrokarbon dan hidrokarbon klorida. Daya proteksinya terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik bagi gas-gas yang lain seperti oksigen.

Polietilen densitas tinggi (PEDT) yang dihasilkan dengan polimerisasi pada tekanan dan suhu rendah (50°C - 75°C) memakai katalisator Ziegler, sifat lebih kaku, lebih keras, kurang tembus cahaya, dan kurang terasa berlemak. Plastik ini mempunyai daya tahan lebih baik terhadap minyak dan lemak, titik lunak lebih tinggi, akan tetapi daya tahan terhadap pukulan (impact) dan permeabilitas uap airnya lebih rendah (Suyitno, 1990).

Sifat-sifat baik yang dimiliki PE, antara lain :

1. Permeabilitas uap air dan air rendah
2. Mudah dikelim panas
3. Fleksibel
4. Dapat digunakan untuk penyimpanan beku (-50°C)
5. Transparan sampai buram
6. Dapat digunakan sebagai bahan laminasi dengan bahan lain

Kelemahannya :

1. Permeabilitas oksigen agak tinggi
2. Tidak tahan terhadap minyak (Terutama LDPE).

(Syarief, Rizal dan Anies Irawati, 1988).

Polietilen merupakan bahan kemasan yang penting karena harganya relatif murah, kuat, transparan dan mudah direkatkan atau dibentuk dengan panas. Polietilen dibedakan atas polietilen berkerapatan tinggi dan polietilen berkerapatan rendah. Polietilen berkerapatan tinggi mempunyai sifat permeabilitas rendah dan stabilitas tinggi terhadap panas, biasanya untuk kemasan yang bersifat kaku. Polietilen berkerapatan rendah sangat fleksibel pembentukan dan penggunaannya sehingga baik untuk kemasan sebagai kantong (Priyanto, 1988).

7.2.2. Polipropilen

Polipropilen (PP) merupakan salah satu jenis termoplastik yang pertama kali direkomersialkan pada tahun 1950-an. Polipropilen dibuat dengan polimerisasi katalitik dari monomer propilen menggunakan panas dan tekanan. Polipropilen banyak digunakan untuk pengemas makanan yang bersifat kaku (Brown, 1992).

Polipropilen dihasilkan dengan polimerisasi gas polipropilen murni dengan Ziegler-Natta katalis. Polipropilen merupakan plastik dengan densitas antara 0,9-0,91. Polipropilen mempunyai sifat tingkat kekakuan yang baik, kuat, permukaan mengkilap, dan kenampakan yang bening (Kondo, 1990).

Menurut Supriyadi (1993), polipropilen mempunyai sifat tingkat kekakuan baik, kuat, dan transparan pada bentuk film, tahan terhadap panas, relative sulit ditembus uap air, akan tetapi mudah sekali ditembus oleh gas. Polipropilen baru akan meleleh pada suhu 162°C sehingga dapat digunakan sebagai kemasan kantong yang tahan terhadap proses pemanasan suhu tinggi seperti sterilisasi. Sifat tahan terhadap suhu tinggi membawa konsekuensi menjadi sulit direkatkan dengan menggunakan panas.

Polipropilen bersifat lebih keras dan titik lunaknya lebih tinggi dari pada PEDT, lebih kenyal namun daya tahannya terhadap kejutan lebih rendah terutama pada suhu rendah. Tidak mengalami *stress cracking* oleh perubahan kondisi lingkungan, tahan terhadap sebagian besar senyawa kimia, kecuali pelarut aromatik dan hidrokarbon klorida dalam keadaan panas. Sedangkan sifat permeabilitasnya terletak antara PEDR dan PEDT. Permukaannya yang keras dan licin membuatnya sulit ditulisi atau ditemplei tinta (Suyitno, 1990).

7.2.3. Kantung Kain Blacu

Kantung – kantung yang terbuat dari kain blacu pada umumnya mempunyai kapasitas antara 10 sampai 50 kg. Kain blacu tidak mudah sobek, dan karena mempunyai lubang-lubang yang kecil, sering digunakan sebagai bahan pengepak tepung – tepung seperti tepung terigu, tepung jagung, atau tepung beras dan bahkan di beberapa negara digunakan sebagai bahan pengepak beras. Disamping kuat (tidak mudah sobek), kain blacu mempunyai sifat fleksibel dan dapat dicetak serta mudah dikerjakan secara masal (Hudaya dan Siti, 1983).

8. Umur Simpan

Umur simpan adalah selang waktu sejak barang diproduksi hingga produk tersebut tidak layak diterima atau telah kehilangan sifat khususnya. Umur simpan didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh suatu produk pangan menjadi tidak layak dikonsumsi jika ditinjau dari segi keamanan, nutrisi, sifat fisik, dan organoleptik, setelah disimpan dalam kondisi yang direkomendasikan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan

1. Jenis & karakteristik produk pangan
 - a. Produk yang mengalami pengolahan akan lebih tahan lama dibanding produk segar.
 - b. Produk yang mengandung lemak berpotensi mengalami *rancidity*, sedang produk yang mengandung protein & gula berpotensi mengalami reaksi *maillard* (warna coklat).
2. Jenis & karakteristik bahan kemasan
Permeabilitas bahan kemas terhadap kondisi lingkungan (Uap air, cahaya, aroma, oksigen).
3. Kondisi lingkungan
 - a. Intensitas sinar (UV) menyebabkan terjadinya ketengikan dan degradasi warna.
 - b. Oksigen menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi.

(Anonim^e, 2007).

Bagi suatu produk yang sudah dikemas, maka umur simpannya dipengaruhi selain oleh sifat dan kondisi kritis juga ditentukan oleh proteksi dari kemaannya. Dalam hal ini permeabilitas uap air dari system kemasan sangat menentukan umur simpannya. Jadi suatu produk yang sudah dikemas, umur simpannya dipengaruhi oleh sifat produk (ISL), kadar air kritis, kemasan (permeabilitas), dan suhu serta RH udara (Labuza, 1984).

Downes dan Giacini, (1987), menyatakan bahwa umur simpan produk kering dapat diperkirakan dengan asumsi :

1. Umur simpan hanya tergantung pada a_w dan kadar air saja.
2. Kadar air produk terkemas akan mengalami keseimbangan dengan RH udara dalam kemasan.
3. RH udara dalam kemasan dipengaruhi oleh permeabilitas kemasan.
4. Hubungan antara kadar air produk dan RH dapat dijelaskan dengan kurva ISL.

Menurut Labuza (1984), umur simpan produk dalam kemasan dapat diprediksi berdasarkan teori difusi atau penyerapan gas oleh atau dari produk :

$$\ln \left[\frac{(Me - Mo)}{(Me - Mc)} \right] = (k / x) \left(\frac{A}{Ws} \right) \left(\frac{Po}{b} \right) \theta$$

Keterangan : Me = Kadar air pada kondisi seimbang dengan suhu dan RH udara Luar (g air / 100 g bahan kering), berdasarkan perkiraan garis lurus

Mo = Kadar air awal produk (g air / 100g)

Mc = Kadar air kritis (g air / 100 g bahan kering)

k/x = Permeabilitas kemasan (g air / hari. M² mm Hg)

A = Luas permukaan kemasan (m²)

Ws = Berat produk dalam kemasan (g)

Po = Tekanan uap air murni pada suhu pengujian (mmHg)

b = Slope kurva ISL di daerah operasi penyimpanan

θ = Umur simpan (hari)

Labuza (1984).

Penggunaan kurva ISL untuk memperkirakan umur simpan produk makanan telah dilakukan oleh Nugraha (2005) terhadap produk *Cassava* Chips dan diketahui bahwa umur simpan Cassava Chips yang dikemas dengan plastik Polipropilen 0,08 mm adalah 330 hari; menggunakan pengemas Polipropilen 0,05 adalah 260 hari; menggunakan pengemas Polietilen 0,08 mm adalah 134 hari dan menggunakan pengemas Polietilen 0,03 mm adalah 78 hari

B. Kerangka Berfikir

Ubikayu (*Manihot utilisima*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh baik di daerah tropis seperti Indonesia. Penanaman dan pemeliharaan ubikayu relatif mudah dan mampu berproduksi tinggi sekalipun ditanam di tanah kritis. Ubikayu dalam keadaan segar tidak tahan lama dan biasanya hanya mempunyai masa simpan selama 2 sampai 3 hari saja. Hal ini disebabkan kandungan air dalam ubikayu cukup tinggi yaitu lebih dari 50%. Untuk pemasaran yang memerlukan waktu lama, ubi kayu harus diolah terlebih dahulu menjadi bentuk lain seperti tepung gaplek.

Tepung gaplek dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk membuat berbagai produk makanan seperti *tiwul*, *gogik*, *gronjol*, *candil*, *cenil* dan bubur liat. Anonim-b (2003) menambahkan, industri ubikayu mempunyai pangsa pasar yang baik sebagai bahan pangan instan berbentuk tepung seperti tiwul instan. Selain itu, tepung gaplek juga dapat dimanfaatkan sebagai tepung komposit (campuran). Melihat potensi ubikayu yang cukup baik tersebut, maka dimungkinkan pemasaran produk olahan ubikayu dalam bentuk tepung gaplek ini akan semakin meningkat.

Tepung gaplek yang memiliki kadar air sekitar 9,1% cenderung bersifat higroskopis, terlebih dengan kondisi lingkungan di daerah Karanganyar, Surakarta yang memiliki kelembaban rata-rata 78%. Hal tersebut menyebabkan perubahan sifat dan berpengaruh terhadap umur simpan tepung gaplek.

Selama penyimpanan, distribusi, maupun pemasaran tepung gaplek, perlu diperhatikan untuk dapat mengurangi kerusakan dan memperpanjang umur simpan atau waktu pemasarannya. Salah satu upaya untuk

memperpanjang umur simpan tepung galek adalah dengan pengemasan. Bahan pengemas yang digunakan biasanya adalah plastik, karena kemasan plastik mudah diperoleh serta harganya yang relatif lebih murah daripada jenis pengemas yang lainnya, misalnya karton dan gelas. Jenis pengemas plastik yang ada dipasaran banyak sekali macamnya. Oleh karena itu, untuk memilih kemasan plastik yang sesuai, maka perlu dilakukan penelitian.

Dengan mengetahui pola penyerapan uap air melalui penentuan kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL), diharapkan dapat digunakan untuk memperkirakan umur simpan tepung galek dan untuk itu perlu dilakukan analisis kadar air seimbang tepung galek dan uji permeabilitas berbagai kemasan plastik terhadap uap air. Persamaan polynomial pangkat tiga digunakan untuk mengplot hubungan antara kadar air dan aktivitas air tepung galek sehingga didapat persamaan kurva ISL. Persamaan BET digunakan untuk menentukan kadar air lapis tunggal tepung galek tersebut. Umur simpan tepung galek ditentukan dengan persamaan (Labuza, 1986).

C. Hipotesa.

Berdasarkan kurva ISL, umur simpan tepung galek yang dike dalam berbagai kemasan plastik berbeda.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penelitian ini dilaksanakan selama Bulan Maret sampai April 2008.

B. Bahan dan Alat

1. Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung galek yang diperoleh dari Pasar Lokal. Bahan untuk pengemas adalah jenis plastik polietilen (PE) dengan ketebalan 0,03 mm; 0,05 mm; 0,07 mm dan 0,08 mm; plastik polipropilen (PP) dengan ketebalan 0,02 mm; 0,03 mm; 0,04 mm; 0,05 mm, dan 0,08 mm; serta kantung kain blacu. Sedangkan bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah LiCl, MgCl₂, K₂CO₃, NaNO₂, NaCl, KCl, dan toluena serta untuk mengukur permeabilitas kemasan digunakan silica gel.

2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk analisa kadar air yaitu oven, botol timbang dan neraca analitik. Untuk pembuatan kurva isotermi sorpsi lembab digunakan toples yang tertutup rapat, penyangga, cawan alumunium, kotak penyimpanan dan neraca analitik. Untuk penentuan permeabilitas kemasan digunakan toples, penyangga, dan cawan WVP.

C. Tahap Penelitian

1. Analisa Kadar Air Seimbang (*Equilibrium Moisture Content*)

Satu sampai dua gram tepung galek dimasukkan dalam cawan alumunium yang sebelumnya telah dioven sampai berat konstan. Selanjutnya, cawan alumunium berisi sampel dimasukkan toples yang telah terisi oleh larutan garam jenuh pada berbagai tingkat a_w . Larutan

26

Kemudian toples ditutup rapat dan disimpan pada suhu 28°C. Aktivitas air (a_w) beberapa larutan garam jenuh pada suhu 28 °C ditunjukkan pada

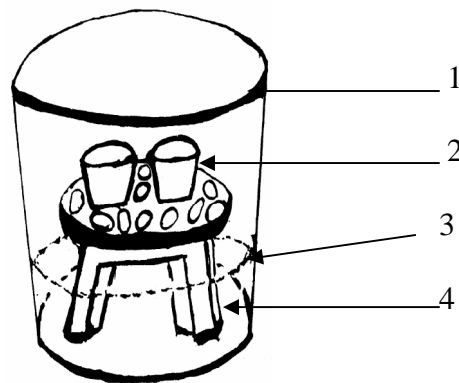
table 5

25

Larutan Garam Jenuh	Aktivitas Air (a_w)
LiCl	0,1124
MgCl	0,3256
K ₂ CO ₃	0,4412
NaNO ₃	0,6495
NaCl	0,7562



Susunan alat untuk analisis sifat ISL ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6.

Bagan Alat Penentuan Kadar Air Keseimbangan

1. Tutup; 2. Cawan Alumunium; 3. Larutan Garam Jenuh; 4. Penyangga

Selama penyimpanan, perubahan berat sampel dipantau mulai hari ke-7 dan selanjutnya tiap hari sampai berat konstan. Pada toples dengan larutan garam yang mempunyai RH lebih dari 60%, diberi 5 ml toluena yang dimasukkan dalam cawan tersendiri. Toluena yang ditambahkan dimaksudkan agar sample tidak ditumbuhi jamur. Setelah mencapai berat konstan, maka dilakukan analisis kadar air (db) untuk masing-masing sample. Kadar air ini dinamakan kadar air seimbang (*equilibrium moisture content*).

2. Pembuatan Kurva ISL

Pembuatan kurva ISL menggunakan metode termogravimetri statis. Data kadar air seimbang dan a_w yang telah diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya diplotkan dalam bentuk grafik dengan persamaan polynomial pangkat tiga. Grafik tersebut dinamakan kurva ISL dengan a_w sebagai sumbu X dan kadar air seimbang sebagai sumbu Y. Dari kurva ISL tersebut dapat diketahui persamaan kurva ISL menurut Polinomial pangkat tiga dengan bentuk umum sebagai berikut:

$$M = A a_w^3 + B a_w^2 + C a_w + D$$

Dimana A, B, C merupakan konstanta - konstanta.

Dimana A, B, C dan D adalah konstanta persamaan. Konstanta persamaan tersebut hanya merupakan konstanta matematis dan tidak memiliki makna fisika apapun (Van den Berg dan Bruin, 1981). Masing-masing bahan akan memiliki konstanta persamaan yang berbeda-beda

3. Penentuan Kadar Air Lapis Tunggal BET.

Data yang didapat dari penentuan kurva ISL adalah a_w dan kadar air seimbang. Untuk menentukan kadar air lapis tunggal BET diperlukan data $a_w / (1-a_w)M$. Selanjutnya dibuat kurva regresi linier dengan a_w sebagai sumbu X dan $a_w / (1-a_w)M$ sebagai sumbu Y. Dari kurva tersebut didapat persamaan garis lurus.

Kadar air lapis tunggal BET ditentukan dengan menggunakan rumus (Labuza, 1984):

$$Mo = \frac{1}{I + S}$$

Keterangan : Mo = Kadar air lapis tunggal BET, % berat kering (db)

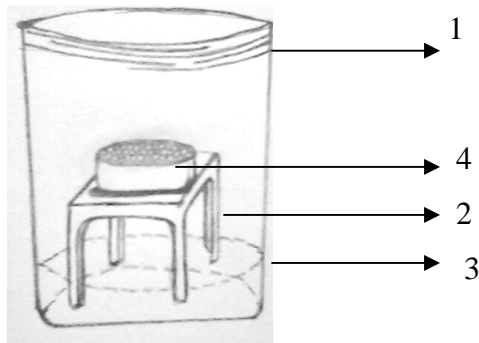
I = Intersep kurva regresi linier

S = Slope kurva regresi linier

4. Penentuan Permeabilitas Kemasan Terhadap Uap Air.

Kemasan yang digunakan adalah polietilen dengan ketebalan 0,03 mm; 0,05 mm; 0,07 mm; dan 0,08 mm, polipropilen dengan ketebalan 0,02 mm; 0,03 mm; 0,04 mm; 0,05 mm, dan polipropilen 0,08 mm, serta kantung kain blacu. Untuk menentukan permeabilitas kemasan, digunakan desikan berupa silica gel. Silica gel dimasukkan dalam cawan WVP lalu kemudian ditutup dengan kemasan yang akan ditentukan permeabilitasnya terhadap uap air. Silica gel beserta cawan dan yang telah ditutup kemasan kemudian ditimbang untuk mengetahui berat awal dan selanjutnya dimasukkan dalam toples tertutup yang berisi larutan NaCl. Susunan alat

untuk penentuan permeabilitas kemasan ditunjukkan gambar 7. Penentuan permeabilitas kemasan ini dilakukan pada suhu 28°C dan RH 75,62%. Untuk mengatur RH ruangan dalam toples agar mencapai 75,62% maka digunakan larutan NaCl.



Gambar 7.

Bagan Alat Penentuan Permeabilitas Kemasan

1. Tutup; 2.Penyangga; 3.Larutan NaCl; 4.Silika Gel

Selanjutnya setiap hari, silica gel dan cawan yang telah ditutup kemasan ditimbang untuk mengetahui perubahan berat silica gel. Perubahan berat tersebut menunjukkan bahwa ada uap air yang diserap oleh silica gel. Untuk menentukan permeabilitas kemasan terhadap uap air diperlukan minimal lima data. Setelah didapatkan lima data, maka dibuat grafik dengan berat total silica gel dan kemasan sebagai sumbu Y, sedangkan waktu pengamatan sebagai sumbu X. Dari grafik tersebut nantinya dapat diketahui slope.

Untuk menghitung permeabilitas kemasan, maka digunakan rumus dibawah ini (Labuza, 1984):

$$k/x = \frac{\Delta W / \Delta \theta}{AxP_{out}}$$

Keterangan k/x = permeabilitas kemasan (g H₂O/hari.m².mmHg)

$\Delta W / \Delta \theta$ = Slope (g H₂O /hari)

A = Luas penampang kemasan (m²)

P out = Tekanan uap air pada suhu penyimpanan x RH (mmHg)

4. Penentuan Umur Simpan.

Pada penentuan umur simpan diasumsikan bahwa selama penyimpanan, suhu dan RH tetap, yaitu pada 28°C dan RH = 78%. Penentuan umur simpan tepung gaplek menggunakan rumus yaitu :

$$\ln \left[\frac{(Me - Mo)}{(Me - Mc)} \right] = (k / x) \left(\frac{A}{Ws} \right) \left(\frac{Po}{b} \right) \theta$$

Keterangan : Me = Kadar air pada kondisi seimbang dengan suhu dan RH udara luar (g air / 100 g bahan kering), berdasarkan perkiraan garis lurus

Mo = Kadar air awal produk (g air / 100g)

Mc = Kadar air kritis (g air / 100 g bahan kering)

k/x = Permeabilitas kemasan (g air / hari. M² mm Hg)

A = Luas permukaan kemasan (m²)

Ws = Berat produk dalam kemasan (g)

Po = Tekanan uap air murni pada suhu pengujian (mmHg)

b = Slope kurva ISL di daerah operasi penyimpanan

θ = Umur simpan (hari)

Labuza (1984).

D. Analisa Data

Dari data yang diperoleh, akan dilakukan analisa secara deskriptif sehingga dapat menjelaskan bagaimana pola penyerapan uap air tepung gaplek dan bagaimana perkiraan umur simpan tepung gaplek yang dikemas dalam berbagai kemasan plastik.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kurva Isoterm Sorpsi Lembab.

Isoterm sorpsi lembab (ISL) adalah istilah yang digunakan dalam bidang pangan yang berkaitan dengan sifat higroskopis dari suatu produk bahan makanan. Isoterm disini berarti suhu tetap, sorpsi berarti penyerapan dan lembab adalah uap air. Jadi ISL menjelaskan karakter suatu bahan makanan dalam kaitannya dengan penyerapan uap air pada suhu tertentu.

Untuk dapat mengetahui pola penyerapan uap air tepung gablek dilakukan dengan cara mengkondisikan tepung gablek pada berbagai tingkat aktivitas air (a_w) dengan menggunakan garam jenuh pada suhu 28°C . Selama penyimpanan akan terjadi pelepasan uap air dari larutan garam dan penyerapan uap air oleh tepung gablek maupun sebaliknya. Hal ini akan berlangsung terus menerus sampai kadar air tepung gablek mengalami keseimbangan dengan kadar air pada ruang penyimpanan. Keadaan seimbang disini mempunyai arti kecepatan penyerapan uap air dari udara ke dalam produk dan kecepatan uap air yang keluar dari produk ke udara sudah sama besar, atau dengan kata lain berat dari produk sudah konstan.

Dari hasil analisis sifat ISL tepung gablek, diperoleh data hubungan antara kadar air seimbang tepung gablek dengan aktivitas air pada suhu 28°C yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kadar Air Seimbang Tepung Gablek dalam Berbagai a_w pada Suhu 28°C

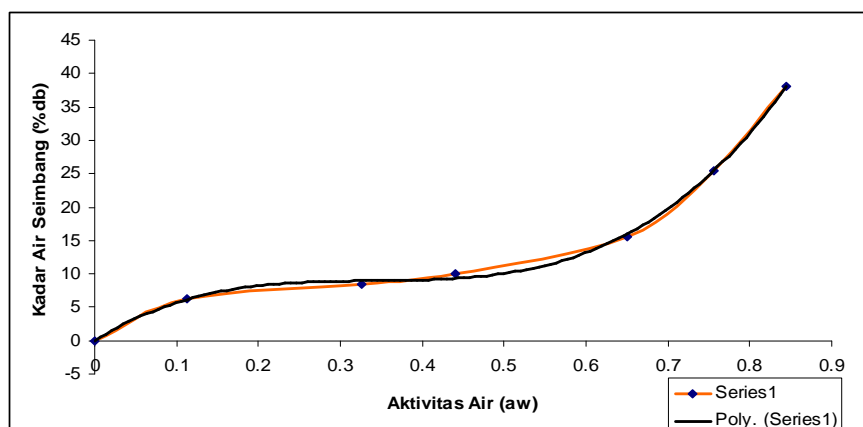
a_w	Kadar Air Seimbang (%db)
0	0
0,1124	6,1845
0,3256	8,4155
0,4412	10,0525
0,6495	15,5208
0,7562	25,5218
0,8447	38,1495

Dari tabel 6 dapat diketahui bahwa besarnya kadar air seimbang untuk masing-masing aktivitas air berbeda-beda. Semakin tinggi harga aktivitas air (a_w), maka kadar air seimbangnya semakin tinggi juga. Perbedaan besar kecilnya kadar air seimbang untuk masing-masing kelembaban relatif (RH)

dapat dijelaskan sebagai berikut. Sampel tepung gaplek apabila dibiarkan dalam suatu ruangan akan menyerap uap air dari lingkungan sampai terjadi keseimbangan antara kadar air tepung gaplek dengan kadar air dalam ruangan. Besar kecilnya kadar air yang diserap oleh tepung gaplek untuk mencapai keseimbangan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya kelembaban relatif (RH) ruangan. Semakin tinggi kelembaban ruangan maka jumlah uap air yang diserap bahan untuk mencapai keseimbangan semakin besar.

Dari data tabel 6, apabila diplotkan dalam bentuk grafik dengan persamaan Polinomial Pangkat Tiga akan terlihat seperti Gambar 8. Dari hasil plot ke dalam bentuk grafik hubungan antara aktivitas air (a_w) dengan kadar air seimbang tepung gaplek dengan menggunakan persamaan polinomial pangkat tiga tersebut diperoleh konstanta-konstanta persamaan sebagai berikut: $A = 220,92$; $B = -224,68$; $C = 77,267$; $D = -0,0188$. Konstanta-konstanta tersebut hanya merupakan konstanta matematis dan tidak memiliki makna fisika apapun (Van den Berg dan Bruin, 1981). Konstanta tersebut berbeda untuk masing-masing bahan pangan.

Dengan demikian persamaan Isoterm Sorpsi Lembab (ISL) tepung gaplek pada suhu 28°C berdasarkan model matematis polinomial pangkat tiga sebagai berikut : $y = 220,92 x^3 - 224,68 x^2 + 77,267 x - 0,0188$



Gambar 8. Kurva Isoterm Sorpsi Lembab Tepung Gaplek pada suhu 28°C

Berdasarkan klasifikasi kurva ISL menurut sifat bahan (Gambar 1), dapat diketahui bahwa kurva ISL tepung gaplek membentuk

kurva seperti huruf S (Sigmoid). Hal tersebut sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Labuza (1984), yaitu bahwa bahan makanan kering mempunyai kurva ISL berbentuk sigmoid. Tepung gaplek merupakan salah satu bahan makanan kering sehingga kurva ISL nya berbentuk sigmoid. Pada kurva bentuk sigmoid dari tepung gaplek tampak terdapat dua lengkungan yaitu yang pertama pada sekitar a_w 0,1 dan yang kedua pada a_w 0,6. Dua lengkungan pada kurva ini mengindikasikan adanya perubahan sifat fisika-kimia pengikatan air oleh bahan. Lengkungan pertama menunjukkan batas air terikat primer dan lengkungan kedua menunjukkan batas air terikat sekunder. Air terikat primer atau air terikat lapis tunggal terletak pada a_w di bawah 0,25, air terikat sekunder terletak antara a_w 0,25-0,75 dan air terikat tersier terletak pada a_w di atas 0,75 (Suyitno, 1995).

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa kurva ISL tepung gaplek pada daerah air terikat primer cenderung agak meningkat, mendatar pada daerah air terikat sekunder dan meningkat tajam pada daerah air terikat tersier.

Bentuk kurva yang mendatar pada daerah air terikat sekunder menandakan bahwa pada daerah tersebut, dengan kenaikan kadar air sedikit saja akan mengakibatkan kenaikan a_w yang cukup besar. Jadi dapat dikatakan bahwa pada daerah tersebut merupakan daerah rawan bagi penyimpanan atau distribusi tepung gaplek sebab adanya tambahan air sedikit saja sudah mengakibatkan kerusakan yang serius karena kenaikan a_w yang cukup tinggi.

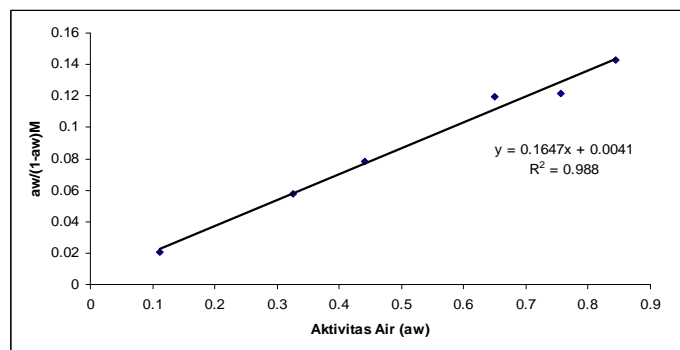
Di daerah air terikat primer dan tersier, kurva ISL tepung gaplek terlihat menanjak. Hal ini menandakan bahwa dengan kenaikan kadar air yang cukup besar hanya mengakibatkan sedikit kenaikan a_w . Namun bukan berarti pada wilayah air terikat tersier aman bagi penyimpanan dan distribusi tepung gaplek, karena aktivitas air (a_w) pada wilayah ini sudah cukup berpotensi bagi berlangsungnya reaksi kimiawi, enzimatik maupun mikrobiologis yang dapat menyebabkan kerusakan tepung gaplek.

B. Kadar Air Lapis Tunggal BET

Air dalam bahan makanan terdapat dalam tiga bentuk, yaitu air terikat primer, sekunder, dan tersier. Air yang terikat secara primer sering disebut air lapis tunggal. Kadar air lapis tunggal dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Brunauer-Ermet-Teller (BET).

Untuk mengetahui kadar air lapis tunggal BET tepung galek, maka diperlukan data seperti ditunjukkan pada Lampiran Tabel 7.

Jika data tersebut dibuat kurva regresi linear yang menghubungkan antara a_w dengan $[a_w / (1 - a_w)M]$ maka didapat slope (S) sebesar 0,0041 dan intersep (I) sebesar 0,1647. Kurva regresi linear hubungan antara a_w dengan $[a_w / (1 - a_w)M]$ ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Kurva Hubungan antara a_w dengan $[a_w / (1 - a_w)M]$ Tepung galek.

Untuk menghitung kadar air lapis tunggal BET, digunakan rumus sebagai berikut :

$$Mo = \frac{1}{I + S}$$

Jika data S dan I tersebut dimasukkan dalam rumus, maka didapatkan kadar air lapis tunggal dari tepung galek sebesar 5,92%(db) dan berada pada $a_w = 0,11$.

Kadar air lapis tunggal sangat penting artinya dalam penyimpanan dan distribusi bahan makanan. Apabila ditinjau berdasarkan daerah isotermnya, air lapis tunggal tepung galek tersebut berada dalam daerah IL-1 (Gambar 2), dimana air bersifat ionik. Air dalam tepung galek tersebut terikat dengan erat sekali sehingga tidak dapat digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme perusak, reaksi kimia, enzimatis, maupun reaksi biologis,

sehingga bahan makanan menjadi awet. Jadi agar umur simpan tepung gaplek menjadi lama, maka salah satu caranya adalah dengan mengeringkan tepung gaplek tersebut minimal sampai kadar air lapis tunggalnya yaitu sampai kadar air 5,92%.

Sebaliknya apabila pengeringan tepung gaplek belum mencapai kadar air lapis tunggalnya, maka kemungkinan stabilitas tepung gaplek terhadap reaksi kerusakan akan menurun. Hal ini dapat disebabkan karena tepung gaplek masih mengandung air bebas yang cukup banyak dan zat-zat yang terlarut didalamnya mulai bersifat mobil, sehingga reaksi-reaksi biokimia, enzimatik, maupun mikrobiologis yang mengarah pada proses kerusakan mulai dapat berlangsung (Adnan, 1982).

C. Penentuan Permeabilitas Kemasan Terhadap Uap Air.

Pengemasan merupakan salah satu cara memberikan kondisi yang tepat bagi pangan untuk mempertahankan mutunya dalam jangka waktu yang diinginkan (Buckle et al, 1987). Persyaratan utama dari bahan pengemas adalah memberikan perlindungan dan mempertahankan kualitas produk dalam kemasan tersebut. Selain itu harus memberikan nilai tambah terhadap penampilan produk yang dikemasnya (Benning, 1983).

Permeabilitas bahan kemasan perlu diketahui untuk menentukan umur simpan suatu bahan yang dikemas dan kriteria kemunduran mutu bahan yang dikemas. Dengan diketahuinya permeabilitas bahan kemasan maka dapat dihitung jumlah uap air yang masuk dalam jangka waktu tertentu sehingga dapat diketahui berapa kenaikan kadar air bahan yang dikemas yang nantinya dapat mempengaruhi kerusakan bahan pangan.

Pada penelitian ini kemasan plastik yang akan ditentukan permeabilitasnya terhadap uap air adalah plastik Polietilen (PE) dengan ketebalan 0,03 mm; 0,05 mm; 0,07 mm dan 0,08 mm; plastik Polipropilen (PP) dengan ketebalan 0,02 mm; 0,03 mm; 0,04 mm; 0,05 mm, dan 0,08 mm; serta kantung kain blacu sebagai pengemas yang biasa digunakan untuk mengemas tepung gaplek di pasar lokal. Kontrol digunakan sebagai pembanding. Semua kemasan yang digunakan dalam uji permeabilitas

mempunyai diameter 7,375 cm sehingga didapatkan luas permukaannya adalah $42,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

Penentuan permeabilitas tersebut dilakukan pada suhu 28°C dengan menggunakan larutan NaCl yang memiliki RH sebesar 75,62 %. Tekanan udara luar (P_{out}) ditentukan dengan mengalikan tekanan uap air pada suhu penyimpanan dengan RH. Menurut tabel uap air yang terdapat dalam labuza (1984), tekanan uap pada suhu 28°C sebesar 28,349 mmHg. Jadi P_{out} dalam penelitian ini adalah $28,349 \times 0,7562 = 21,438 \text{ mmHg}$.

Data hasil pengujian permeabilitas kemasan terhadap uap air ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Permeabilitas Kemasan Terhadap Uap Air pada Suhu 28°C , RH = 75%

Kemasan	Ketebalan (mm)	Luas (m^2)	Slope ($\text{gH}_2\text{O}/\text{hari}$)	WVP(k/x) ($\text{gH}_2\text{O}/\text{harim}^2\text{mmHg}$)	Rata-rata WVP
PE	0,03	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,0751	0,82	0,795
			0,0706	0,77	
	0,05	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,062	0,68	
	0,07	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,0446	0,49	
	0,08	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,0434	0,47	
			0,0411	0,45	
PP	0,02	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,0743	0,81	0,81
	0,03	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,0626	0,68	0,675
			0,0609	0,67	
	0,04	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,0534	0,58	0,58
	0,05	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,047	0,51	0,51
	0,08	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,0386	0,42	0,4
0,0351			0,38		
Kantung Kain Blacu	-	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,458	8,16	4,99
Kontrol	-	$4,27 \cdot 10^{-3}$	0,8283	9,05	9,05

Secara umum Plastik Polipropilen memiliki permeabilitas yang paling rendah diantara plastik polietilen dan kantung kain blacu. Hal ini

menunjukkan bahwa plastik polipropilen memiliki daya proteksi terhadap uap air yang lebih baik dibandingkan plastik polietilen maupun kantung kain blacu. Sifat-sifat polipropilen yang menjadi alasan banyak dipakai sebagai bahan pengemas adalah polipropilen memiliki harga rendah, keuletan, fleksibilitas, penampakan, kehalusan, inert terhadap bahan kimia, dan permeabilitas uap air yang rendah (Benning, 1983).

Disebutkan juga oleh Pantastico (1986) bahwa, dibandingkan dengan polietilen, polipropilen mempunyai kekuatan tarik dan kejernihan yang lebih baik serta permeabilitas uap air dan gas lebih rendah. Sifat-sifat polipropilen yang lain adalah tidak bereaksi dengan bahan, dapat mengurangi kontak antara bahan dengan oksigen, tidak menimbulkan racun dan mampu melindungi bahan dari kontaminan.

Dari data tersebut juga dapat diketahui bahwa kemasan polipropilen dengan ketebalan 0,08 mm memiliki permeabilitas terhadap uap air yang paling rendah dibandingkan kemasan yang lainnya. Jika dibandingkan menurut ketebalannya baik untuk kemasan polipropilen maupun polietilen, semakin tebal kemasan untuk jenis kemasan yang sama, maka semakin rendah permeabilitasnya terhadap uap air.

Kantung kain blacu yang biasa digunakan untuk mengemas tepung dipasar-pasar ternyata memiliki permeabilitas terhadap uap air yang cukup tinggi yaitu 4,99 gH₂O/hari m²mmHg. Dengan demikian kantung kain blacu sebenarnya kurang baik apabila digunakan untuk mengemas tepung gaplek yang memiliki sifat mudah menyerap uap air.

D. Perkiraan Umur Simpan Tepung Gaplek

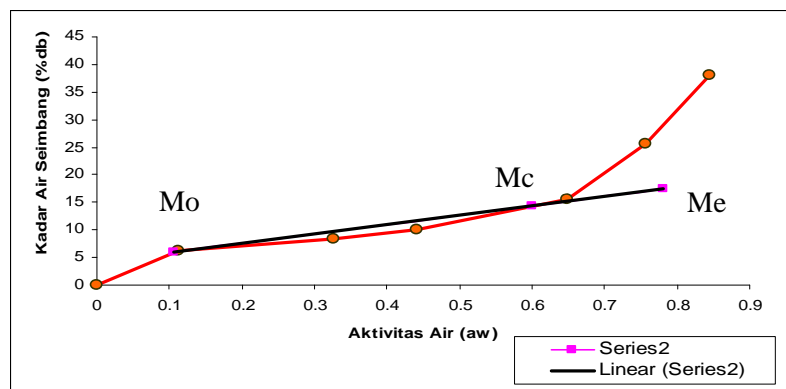
Menurut Labuza (1984), umur simpan sebuah produk dalam kemasan dapat diprediksikan berdasarkan teori difusi atau penyerapan oleh atau dari produk tersebut. Teori tersebut dijabarkan dalam persamaan matematika sebagai berikut:

$$\ln \frac{(M_e - M_o)}{(M_e - M_c)} = \left(\frac{k}{x} \right) \left(\frac{A}{W_s} \right) \left(\frac{P_o}{b} \right) \theta$$

Umur simpan dipengaruhi oleh sifat bahan atau produk, kemasan (permeabilitas) dan kondisi lingkungan (suhu dan kelembaban udara). Sifat produk meliputi kadar air awal (M_o) dan kadar air kritis (M_c). Dalam penelitian ini, kadar air awal tepung gaplek ditentukan sama dengan kadar air lapis tunggal BET, yaitu 5,92%(db). Kadar air kritis untuk tepung gaplek ditentukan dengan menggunakan a_w kritis untuk pertumbuhan mikroorganisme. Menurut Labuza (1984), a_w kritis untuk pertumbuhan mikroorganisme adalah berkisar 0,6 sampai 0,7. Jika diasumsikan a_w kritis sebesar 0,6, maka dengan menggunakan kurva ISL, didapatkan bahwa pada a_w 0,6 akan dicapai kadar air kritis sebesar 14,2%(db).

Selanjutnya untuk mengetahui umur simpan tepung gaplek, perlu data kadar air pada kondisi penyimpanan (M_e). Perhitungan M_e didasarkan pada kadar air di daerah kerja isotherm, yang diwakili oleh sebuah persamaan garis lurus pada kurva ISL yang melewati M_o dan M_c (Labuza, 1984). Kondisi penyimpanan tepung gaplek diasumsikan pada suhu 28°C dan RH = 78%. Gambar 10 menunjukkan besarnya M_e tepung gaplek.

Dari gambar 10 dapat diketahui bahwa kadar air pada kondisi penyimpanan (M_e) tepung gaplek sebesar 17,4% (db). Slope persamaan garis lurus yang melewati M_o , M_c , dan M_e pada kurva ISL tepung gaplek adalah sebesar 0,171



Gambar 10. Penentuan M_e Tepung Gaplek pada Suhu 28°C dan RH 78% menggunakan kurva ISL.

Untuk penyimpanan tepung gaplek, ukuran kemasan yang digunakan mengacu pada ukuran kemasan plastik yang biasa digunakan untuk mengemas tepung, yaitu kemasan dengan ukuran 26 cm x 14 cm, sehingga luas permukaan kemasannya adalah 0,0728 m². Berat tepung gaplek untuk tiap kemasan sebesar 1000 gram. Dengan memasukkan data-data yang diperoleh ke dalam rumus , maka umur simpan tepung gaplek dalam berbagai kemasan ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Umur Simpan Tepung Gaplek dalam Berbagai Kemasan Plastik

Jenis kemasan	Mo (%db)	Mc (%db)	Me (%db)	k/x	A (m ²)	Ws (gr)	Po (mmHg)	Slope ISL	Umur Simpan (Hari)
PE 0,03	5,92	14,2	17,4	0,795	0,0728	1000	28,349	0,171	133
PE 0,05	5,92	14,2	17,4	0,68	0,0728	1000	28,349	0,171	155
PE 0,07	5,92	14,2	17,4	0,49	0,0728	1000	28,349	0,171	215
PE 0,08	5,92	14,2	17,4	0,46	0,0728	1000	28,349	0,171	230
PP 0,02	5,92	14,2	17,4	0,81	0,0728	1000	28,349	0,171	130
PP 0,03	5,92	14,2	17,4	0,67	0,0728	1000	28,349	0,171	157
PP 0,04	5,92	14,2	17,4	0,58	0,0728	1000	28,349	0,171	182
PP 0,05	5,92	14,2	17,4	0,51	0,0728	1000	28,349	0,171	207
PP 0,08	5,92	14,2	17,4	0,4	0,0728	1000	28,349	0,171	264
Kantung Kain Blacu	5,92	14,2	17,4	8,16	0,0728	1000	28,349	0,171	21
Kontrol	5,92	14,2	17,4	9,05	0,0728	1000	28,349	0,171	11

Dari Hasil Perhitungan umur simpan, tepung gaplek yang dikemas dengan kemasan polipropilen yang mempunyai ketebalan 0,08 mm ternyata memiliki umur simpan yang lebih lama, yaitu 264 hari. Hal ini berhubungan dengan permeabilitas kemasan. Kemasan polipropilen dengan ketebalan 0,08 mm memiliki permeabilitas lebih rendah yaitu 0,4 gH₂O/harim²mmHg sehingga tepung gaplek membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai kadar air kritisnya dibanding apabila dikemas dengan kemasan lainnya yang memiliki permeabilitas lebih tinggi. Makin rendah permeabilitas kemasan maka kemampuan proteksi terhadap penyerapan uap air semakin tinggi, sehingga umur simpan produk makanan dalam kemasan tersebut semakin lama.

Penyimpanan tepung gaplek dalam kemasan plastik polipropilen ketebalan 0,08 mm pada suhu 28⁰C dan RH 78% dianjurkan pada kadar air 5,92%.

E. Keterkaitan Kurva ISL, Kadar Air Lapis Tunggal BET, dan Permeabilitas Kemasan terhadap Uap Air dengan Umur Simpan Tepung Gaplek.

Umur simpan dipengaruhi oleh sifat bahan atau produk, kemasan (permeabilitas) dan kondisi lingkungan (suhu dan kelembaban udara). Yang termasuk sifat bahan atau produk disini meliputi kadar air awal (M_0), kadar air kritis (M_c), dan Kadar air pada kondisi penyimpanan (M_e).

Kadar air awal yang dimaksud disini adalah kadar air awal untuk penyimpanan tepung gaplek. Kadar air awal tepung gaplek ditentukan sama dengan kadar air lapis tunggal BET. Dengan mengkondisikan kadar air awal dari tepung gaplek sama dengan kadar air lapis tunggal BET, maka diharapkan stabilitas dari tepung gaplek selama penyimpanan dapat terjaga, sehingga dapat memperpanjang umur simpannya. Hal tersebut sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Labuza (1970) dalam Adnan (1982) yang menyebutkan bahwa bahan makanan yang a_w atau kadar air-nya terletak pada lapisan monolayer atau lapis tunggal atau daerah IL-1 apabila ditinjau berdasarkan daerah isotherm, umumnya mempunyai stabilitas yang baik. Hal ini dikarenakan jumlah air bebas yang dapat dimanfaatkan untuk belangsungnya reaksi enzimatik, kimia, maupun mikrobiologi yang dapat memicu kerusakan jumlahnya sangat terbatas.

Kadar air kritis adalah kadar air dimana produk menunjukkan perubahan sifat yang mencolok (Suyitno, 1990). Bahan yang telah mencapai kadar air kritis menjadi rentan terhadap kerusakan. Kadar air kritis akan berbeda – beda untuk bahan pangan yang sama, tergantung pada jenis reaksi kerusakan tertentu (misalnya pertumbuhan mikroorganisme, pencoklatan non enzimatis, oksidasi lemak dan lain-lain). Kadar air kritis tepung gaplek adalah pada saat terjadi pertumbuhan jamur (a_w 0,6-0,7). Untuk mengetahui a_w kritis tersebut berada pada kadar air berapa, dapat ditentukan dengan menggunakan

kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL). Suatu bahan pangan akan menjadi awet apabila kadar airnya dijaga agar tidak melampaui kadar air kritisnya. Dalam hal ini dapat dilakukan dengan pengaturan a_w (pemberiaan humektan atau dengan pengemasan) maupun pengaturan RH ruang penyimpanan.

Kadar air pada kondisi penyimpanan (M_e) merupakan kadar air pada kondisi seimbang dengan suhu dan RH udara luar, berdasarkan persamaan garis lurus yang melewati M_o dan M_c pada kurva ISL. Besarnya nilai M_e dipengaruhi oleh kadar air awal (M_o), kadar air kritis (M_c) dan kondisi lingkungan penyimpanan (suhu dan kelembaban).

Sedangkan sifat dari kemasan yang dapat mempengaruhi umur simpan tepung galek yang dikemas adalah permeabilitas kemasan terhadap uap air. Semakin tinggi permeabilitas kemasan terhadap uap air berarti semakin banyak jumlah uap air yang dapat menembus kemasan dan kemudian diserap oleh tepung galek. Dengan semakin banyak uap air yang diserap oleh tepung galek, maka akan mengakibatkan naiknya a_w yang selanjutnya dapat memicu kerusakan serta memperpendek umur simpannya.

Dari uraian singkat diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa selain perlu diketahuinya nilai permeabilitas kemasan, pemahaman tentang Isoterm Sorpsi Lembab (ISL) dari suatu bahan pangan juga merupakan syarat mutlak yang diperlukan untuk menduga umur simpan bahan pangan yang dikemas yang rentan terhadap penyerapan uap air, seperti tepung galek.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kurva Isoterm Sorpsi Lembab tepung gaplek pada suhu 28⁰C memiliki bentuk sigmoid (tipe II) dengan persamaan kurvanya :
$$y = 220,92 x^3 - 224,68 x^2 + 77,267 x - 0,0188$$
2. Permeabilitas plastik polietilen (PE) dengan ketebalan 0,03 mm; 0,05 mm; 0,07 mm dan 0,08 mm; plastik Polipropilen (PP) dengan ketebalan 0,02 mm; 0,03 mm; 0,04 mm; 0,05 mm, dan 0,08 mm; kantung kain blacu serta kontrol dalam gH₂O/hari m²mmHg berturut-turut adalah 0,795; 0,68; 0,49; 0,46; 0,81; 0,675; 0,58; 0,51; 0,4; 4,99; 9,05.
3. Umur simpan tepung gaplek yang dikemas dengan plastik polietilen (PE) dengan ketebalan 0,03 mm; 0,05 mm; 0,07 mm dan 0,08 mm; plastik Polipropilen (PP) dengan ketebalan 0,02 mm; 0,03 mm; 0,04 mm; 0,05 mm, dan 0,08 mm; serta kantung kain blacu serta kontrol berturut-turut adalah 133 hari, 155 hari, 215 hari, 230 hari, 130 hari, 157 hari, 182 hari, 207 hari, 264 hari, 21 hari, 11 hari.
4. Umur simpan tepung gaplek dapat ditentukan dengan mempelajari kurva ISL, BET dan permeabilitas kemasan.

B. Saran.

1. Dapat dilakukan penelitian untuk membuktikan apakah perkiraan umur simpan tepung gaplek berdasarkan kurva ISL sesuai dengan umur simpannya yang sebenarnya.
2. Perlu diteliti bagaimanakah perkiraan umur simpan tepung gaplek baru dan tepung gaplek yang sudah disimpan lama berdasarkan kurva ISL.
3. Dapat dilakukan penelitian selanjutnya mengenai perkiraan umur simpan tepung gaplek dengan menggunakan parameter kadar air kritis yang lain misalnya pertumbuhan kutu pada tepung gaplek.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Mochamad, 1982. *Aktivitas Air dan Kerusakan Bahan Makanan*. Agritech. Yogyakarta.
- Anonim^a. 2008. *Produksi Singkong Belum Cukup Dukung Pengembangan Biofuel*. <http://www.kapanlagi.com>. Diakses tanggal 19 Juli 2008.
- Anonim^b. 1981. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI.
- Anonim^c. 2003. *Ubikayu Tak Hanya Tiwul*. Dalam Majalah Pangan. Vol. I-No.01-September 2003.
- Anonim^d. 2007. *Singkong*. <http://www.wikipedia.com>. Diakses pada hari Sabtu, tanggal 1 Desember 2007.
- Anonim^e. 2007. *Peramalan Umur Simpan*. <http://www.panganplus.com/artikel.php?aid=3>. Diakses pada hari Selasa, tanggal 20 November 2007.
- Anonim^f. 1996. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. Washinton DC.
- Bell, L. N dan Labuza T. P. 2000. *Moisture sorption : Practical aspect of Isoterm Measurement and Use*. American Association Cereal Chemist. Minnesota, USA
- Benning, C.J., 1983. *Plastik Film for Packaging Technology Application and Proses Economics*. Thecnomic Publishing Co. Inc, London.
- Brown, W.E, 1992. *Plastic in Food Packaging*. Marcel Dekker, Inc, New York.
- Buckle, K.A., Edwards R.A., Hileet G., dan Woottom M., 1987. *Food Science*. UI Press. Jakarta..
- Damardjati dan Widowati, 1993. *Pengembangan Teknologi Pengolahan Ubikayu dalam Menunjang Agroindustri Dipedesaan*. <http://www.bpkjatim.or.id/pages/standarisasi/gaplek.php>. Diakses pada hari Selasa, 15 Januari 2008.
- Darjanto dan Murjiati, 1980. *Khasiat, Racun dan Masakan Ketela Pohon*. Yayasan Dewi Sri. Bogor.
- Downes, T.W and Harte, B.R, 1982. *Food Packaging : Principles of Selection and*

- Downes, T.W., dan Giacin J, 1987. *Permeability and Self Life of Moisture Sensitive Product. School of Packaging*. Michigan State University. East Lansing.
- Fennema, O.R.,1976. *Food Chemistry*. Marcell Dekker, NY.
- Hudaya, Saripah dan Siti Setiasih Daradjati, 1983. *Dasar-Dasar Pengawetan 2*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pendidikan Menengah kejuruan. Jakarta.
- Ketaren, 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. UI Press, Jakarta.
- Khudori, 2003. *Mendongkrak Gengsi Singkong*. www.kompas.com. Diakses pada hari Rabu, tanggal 27 Februari 2008.
- Kondo, K., 1990. *Plastic Containers (Dalam Foods Packaging)*. Kadoya, T.Ed). Academic Press inc, San Diego.,- Tokyo.
- Labuza, T.P, 1984. *Moisture Sorption: Practical Asepticts of Isotherm Measurement and Use*. American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota.
- Makfoeld, Djamir1982. *Diskripsi Pengolahan Hasil Nabati*.Agritech. Yogyakarta.
- Muljohardjo. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan. Terjemahan: The Technology of Food Preservation*, Desroiser, N.W, 1969, UI Press. Jakarta.
- Nugraha, Akhid. 2005. *Prediksi Umur Simpan cassava Chips dalam Kemasan Plastik*. Skripsi Jurusan TPHP. FTP UGM. Yogyakarta.
- Pakpahan. 1992. *Cassava Marketing in Indonesia*. PSE. Bogor
- Pantastico, E.R., terjemahan Kamariyani, 1986. *Fisiologi Pengemasan Paska Panen Buah dan Sayuran Tropis*. Gadjah Mada Press, yogyakarta, 205 hal.
- Priyanto, G. 1988. *Teknik Pengawetan Pangan*. PAU Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rukmana. Rahmat. 1997. *Ubi Kayu Budidaya dan Pasca Panen*. Kanisius. Yogyakarta.
- Siswono (2005). *Nutrisi Tidak Hanya Ada di Nasi*. www.republika.co.id. Diakses pada hari selasa, tanggal 20 November 2007.
- Slamet-Sudarmadji, Bambang-Haryono, dan Suhardi, 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta.

- Supriyadi, Herman. 2007. *Potensi, Kendala dan Peluang Pengembangan Agroindustri Berbasis Pangan Lokal Ubikayu*. <http://ntb.litbang.deptan.go.id/2007/SP/potensikendala.doc>. Diakses pada hari Rabu, tanggal 23 Juli 2008.
- Supriyadi, 1993. *Dasar Pengemasan: Kemasan Plastik, Sifat Fisik dan Metode Pengujian*. FTP UGM. Yogyakarta.
- Suyitno, 1990. *Bahan – bahan Pengemas*. PAU Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta.
- Suyitno, 1995. *Serat Makanan dan Perilaku Aktivitas Air Bubuk Buah*. Disertasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Syarief, Rizal dan Anies Irawati, 1988. *Pengetahuan Bahan Untuk Industri Pertanian*. Mediatama Sarana Prakasa. Jakarta.
- Syarief, Rizal dan Hariyari Halid. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Arcan. Jakarta.
- Van den Berg dan Bruin S. 1981. *Water activity and Its Estimation in Food Systems : Theoretical Aspect*. dalam L. B. Rockland dan G. F. Steward. *Water Activity Influences on Food Quality*. Academic Press. NY.
- Warigiono, 1990. *Prosiding Seminar Nasional*. Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pra dan Pasca Panen Ubi Kayu. UPT-EPG. Lampung.

Lampiran 1. Analisa Kadar Air (Anonim^f, 1996)

1. Ditimbang sampel sebanyak 1-2 gram dalam botol timbang yang telah diketahui beratnya.
2. Dikeringkan dalam oven pada suhu 100-105 °C selama 2-5 jam tergantung bahannya.
3. Didinginkan dalam eksikator dan ditimbang.
4. Perlakuan ini diulangi sampai mencapai berat konstan (selisih penimbangan berturut-turut < 0,2 mg).
5. Penurunan berat merupakan banyaknya air dalam bahan.

Untuk menghitung kadar air sampel, maka digunakan rumus :

$$\text{❖ Kadar Air (\%wb)} = \frac{[(B + S) - (B + S)']}{[(B + S) - B]} \times 100 \%$$

$$\text{❖ Kadar Air (\%db)} = \frac{[(B + S) - (B + S)']}{(B + S)' - B} \times 100 \%$$

Keterangan :

(B+S) = Berat awal botol timbang dan sampel

(B+S)' = Berat konstan botol timbang dan sampel

B = Berat botol timbang

Lampiran 2. Analisis Kadar Air Awal Tepung Gaplek

Sampel	Ulangan	Berat Botol Timbang (gr)	Berat Sampel (gr)	Berat Sampel Konstan + Botol (gr)
Tepung Gaplek	I	20,0289	2,3347	22.1288
	II	22,3058	2,0279	24,1339

Perhitungan :

$$\text{❖ Kadar Air (\%db)} = \frac{[(B + S) - (B + S)']}{(B + S)' - B} \times 100 \%$$

$$\text{I. Kadar Air (\%db)} = \frac{[(20,0289 + 2,3347) - (22,1288)]}{(22,1288 - 20,0289)} \times 100 \%$$

$$= 11,1815 \text{ \%db}$$

$$\text{II. Kadar Air (\%db)} = \frac{[(22,3058 + 2,0279) - (24,1339)]}{(24,1339 - 22,3058)} \times 100 \%$$

$$= 10,9294 \text{ \%db}$$

$$\text{Rata-rata KA (\%db)} = \frac{11,1815 + 10,9294}{2} = 11,05545 \text{ \%db}$$