

SORPSI ISOTERMI DENDENG SAPI GILING

© Heck epica milk IPB University

Waka Cipta Ilmiah dan Penelitian

a. Diketahui dengan sebagian besar dalam ilmu dan teknologi lainnya

b. Pengaruh ilmu dan pengetahuan pada teknologi pertanian, penelitian kritis dan riset dalam ilmu dan teknologi

2. Diketahui teknologi dan pengetahuan yang relevan dengan teknologi pertanian dan teknologi

Oleh

ROTUA EVA IRENE

F 27. 0654



1994

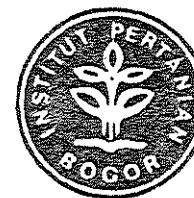
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

SORPSI ISOTERMI DENDENG SAPI GILING

Oleh
ROTUA EVA IRENE
F 27. 0654



199

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR



Rotua Eva Irene. F. 27.0654. Sorpsi Isotermi Dendeng Sapi Giling. Di bawah bimbingan Ir. Putiati Mahdar, MAppSc dan Ir. Rizal Alamsyah, MSc.

Ringkasan

Salah satu cara pengawetan daging sapi yang sudah dilakukan di Indonesia adalah pengolahan dendeng sapi. Dendeng sapi adalah produk tradisional daging kering yang merupakan kombinasi antara proses penambahan gula, garam (*curing*) dan rempah-rempah dengan proses pengeringan. Secara alami dendeng dapat menyerap dan melepaskan sebagian air dari dan ke lingkungan yang umumnya di gambarkan dengan kurva sorpsi isotermi.

Dengan mengetahui kurva sorpsi isotermi dendeng sapi, maka dapat diketahui tingkat kadar air yang dapat dicapai pada aktivitas air yang diinginkan ataupun tidak diinginkan, perubahan - perubahan penting kandungan air yang dinyatakan dalam aktivitas air seperti terjadinya reaksi oksidasi, reaksi pencoklatan, reaksi aktivitas enzim dan reaksi mikrobiologi.

Beberapa bahan pangan menunjukkan fenomena histeresis yaitu nilai Aw yang diperoleh berbeda pada pengukuran makanan dengan kadar air yang sama yang tergantung pada bagaimana cara tercapainya kadar air keseimbangan tersebut, baik dengan cara adsorpsi ataupun dengan cara desorpsi.



o Hei epma

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar air keseimbangan statis dendeng sapi giling pada suhu 30 dan 40°C, pada Rh yang berbeda (32, 43, 62, 63.5, 75, 80, 81% untuk adsorpsi dan 11, 32, 43, 62, 63.5, 75 % untuk desorpsi) dan untuk menentukan model sorpsi isotermi yang tepat untuk produk dendeng sapi giling.

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa daging segar, gula, bumbu seperti lengkuas, lada, asam jawa, ketumbar, bawang putih dan bawang merah. Pembuatan dendeng sapi giling pada penelitian ini berdasarkan hasil penelitian Muchtadi dan Setiawati (1985). Cara pengeringan yang dilakukan adalah pengeringan dengan oven pada suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ sampai kadar air $\pm 5\%$ untuk cara adsorpsi dan kadar air $\pm 31\%$ untuk cara desorpsi.

Kadar air keseimbangan dendeng sapi giling didapat dengan metoda statis, yaitu dengan menggunakan desikator dan pengaturan Rh menggunakan larutan garam-garam jenuh. Penentuan kadar air keseimbangan dilakukan pada suhu 30 dan 40 °C serta Rh (32, 43, 62, 63.5, 75, 80, 81%) untuk adsorpsi dan (11, 32, 43, 62, 63.5, 75 %) untuk desorpsi.

Enam model sorpsi isotermi yaitu model Caurie, Bradley, Halsey, Oswin, Clen-Clayton dan GAB telah dikembangkan dalam percobaan ini. Nilai konstanta dihitung dengan metoda kuadrat terkecil dan model yang cocok ditentukan dengan kriteria modulus deviasi (P).



Dengan diketahuinya nilai konstanta persamaan-

persamaan tersebut, maka diperoleh bentuk kurva sorpsi isotermi dendeng sapi giling seperti pada Gambar 18 sampai Gambar 29. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kurva sorpsi isotermi dendeng sapi giling (adsorpsi dan desorpsi) berada pada daerah multilayer.

Modulus deviasi (P) berfungsi untuk menunjukkan ketepatan suatu persamaan dalam menggambarkan sorpsi isotermi dari dendeng sapi giling. Dengan memperhatikan nilai modulus deviasi (P) di bawah lima, maka model sorpsi isotermi untuk dendeng sapi giling cara adsorpsi adalah model Caurie, Halsey, Oswin dan untuk desorpsi adalah model persamaan Caurie dan Halsey. Sedangkan yang paling tepat atau model yang mempunyai modulus deviasi terkecil adalah model Caurie, yang bentuk persamaannya adalah sebagai berikut :

Untuk dendeng sapi giling dengan cara adsorpsi :

- Suhu 30°C dengan modulus deviasi 2.298

$$\ln M_e = \ln (3.611) + 2.811 Aw$$

- Suhu 40°C dengan modulus deviasi 4.380

$$\ln M_e = \ln (3.083) + 2.999 Aw$$

Untuk dendeng sapi giling dengan cara desorpsi :

- Suhu 30°C dengan modulus deviasi 4.435

$$\ln M_e = \ln (4.641) + 2.487 Aw$$

- Suhu 40°C dengan modulus deviasi 3.569

$$\ln M_e = \ln (3.908) + 2.718 Aw$$



Untuk mendapatkan hasil yang lebih tepat, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan tingkat suhu yang lebih bervariasi yaitu lebih kecil dari 30°C dan lebih tinggi dari suhu 40°C , sehingga diperoleh perbedaan kadar air keseimbangan yang lebih jelas pada taraf nyata 1% dan perlu dibuatnya perhitungan kadar air keseimbangan dengan menggunakan simulasi komputer.

SORPSI ISOTERMI DENDENG SAPI GILING

Oleh

ROTUA EVA IREN

E 27.0654

SKRIPS

Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar
Sarjana pada jurusan **MEKANISASI PERTANIAN**
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

1994

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R



INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

SORPSI ISOTERMI DENDENG SAPI GILING

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar
Sarjana pada jurusan **MEKANISASI PERTANIAN**
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

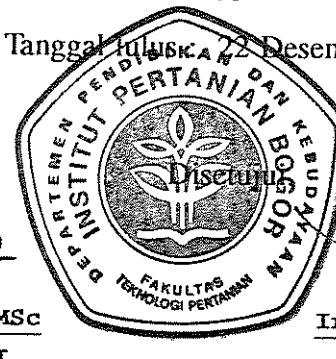
Oleh :

ROTUA EVA IRENE

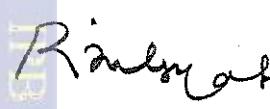
F. 27.0654

Lahir pada tanggal 18 Juni 1972

Tanggal 22 Desember 1994




Ir. Putiati Mahdar, MAppSc
Dosen Pembimbing I


Ir. Rizal Alamsyah, MSc

Dosen Pembimbing II



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan kasih-Nya penulis dapat menyelesaikan tulisan skripsi ini. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penulisan skripsi ini berdasarkan penelitian yang dilaksanakan pada bulan Juli sampai September 1994 di Laboratorium Pangan dan Gizi PAU dan Pusbangtepa Institut Pertanian Bogor.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Putiati Mahdar, MAppSc., sebagai dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan bimbingan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Ir. Rizal Alamsyah, MSc., sebagai dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan bimbingan kepada penulis.
3. Dr. Ir. Armansyah Tambunan, MAgri., sebagai dosen penguji.
4. Dr. Ir. Atjeng Syarieff, MSAE., yang telah memberikan saran kepada penulis.
5. Bapa, mama, Togi, Simon dan Frits yang telah memberikan kasih sayang dan dorongan kepada penulis.



6. Teman-teman yang ada di Gladys atas kerjasama dan bantuan kepada penulis.
7. Semua pihak yang telah membantu hingga selesaiya penulisan skripsi ini.

Tulisan ini disadari jauh dari sempurna, saran dan masukan akan ditanggapi dengan senang hati. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Bogor, Desember 1994

Penulis



	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR SIMBOL	ix
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. DAGING	4
B. DENDENG	4
C. KADAR AIR BAHAN	11
D. KADAR AIR KESEIMBANGAN (Me)	12
E. SORPSI ISOTERMI	13
F. LARUTAN GARAM JENUH	17
G. KEMANTAPAN BAHAN PANGAN SELAMA PENYIMPANAN	19
H. MODEL SORPSI ISOTERMI	20
I. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI SORPSI ISOTERMI	27

III. METODA PENELITIAN	29
A. TEMPAT DAN WAKTU	29
B. BAHAN DAN ALAT	29
C. METODA PENELITIAN	31
D. PENENTUAN SORPSI ISOTERMI	42
E. UJI KETEPATAN MODEL	45
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A. KADAR AIR KESEIMBANGAN DENDENG SAPI GILING	46
B. MODEL PERSAMAAN SORPSI ISOTERMI DENDENG SAPI GILING	49
C. EVALUASI KURVA SORPSI ISOTERMI	55
D. PENGARUH RH DAN SUHU TERHADAP KADAR AIR KESEIMBANGAN DENDENG SAPI	69
V. KESIMPULAN DAN SARAN	72
A. KESIMPULAN	72
B. SARAN	73
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	79



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi daging sapi dan dendeng sapi tiap seratus gram bahan	9
Tabel 2. Komposisi bumbu dendeng sapi	10
Tabel 3. Kelembaban nisbi larutan garam jenuh	18
Tabel 4. Nilai k dan n beberapa komoditi pertanian	23
Tabel 5. Kadar air keseimbangan dendeng sapi giling secara adsorpsi	46
Tabel 6. Kadar air keseimbangan dendeng sapi giling secara desorpsi	47
Tabel 7. Nilai konstanta dari persamaan adsorpsi isotermi dendeng sapi giling	50
Tabel 8. Nilai konstanta dari persamaan desorpsi isotermi dendeng sapi giling	51
Tabel 9. Nilai modulus deviasi (P)	55

**DAFTAR GAMBAR**

Halaman

Gambar 1.	Diagram alir pembuatan dendeng	8
Gambar 2.	Daerah A, B dan C pada sorpsi isotermi air suatu bahan pangan	16
Gambar 3.	Bentuk umum sorpsi isotermi suatu bahan pangan	17
Gambar 4.	Sorpsi isotermi corn meal	28
Gambar 5.	Oven pengering	30
Gambar 6.	Desikator yang berisi larutan garam jenuh	30
Gambar 7.	Neraca analitik	32
Gambar 8.	Alat press	32
Gambar 9.	Pencetakan lembaran daging sapi giling	33
Gambar 10.	Dendeng yang siap untuk dikeringkan	33
Gambar 11.	Dendeng hasil pengeringan (% bk)	34
Gambar 12.	Diagram alir proses pembuatan dendeng sapi giling	35
Gambar 13.	Diagram alir pembuatan larutan garam jenuh	36
Gambar 14.	Alat percobaan penentuan kadar air keseimbangan pada suhu dan Rh tetap	37
Gambar 15.	Desikator di dalam inkubator 30°C	38
Gambar 16.	Desikator di dalam inkubator 40°C	39
Gambar 17.	Diagram alir prosedur penelitian	41

Gambar 18. Kurva adsorpsi model Caurie	57
Gambar 19. Kurva adsorpsi model Bradley	58
Gambar 20. Kurva adsorpsi model Halsey	59
Gambar 21. Kurva adsorpsi model Oswin	60
Gambar 22. Kurva adsorpsi model Clen-Cleyton	61
Gambar 23. Kurva desorpsi model Caurie	62
Gambar 24. Kurva desorpsi model Bradley	63
Gambar 25. Kurva desorpsi model Halsey	64
Gambar 26. Kurva desorpsi model Oswin	65
Gambar 27. Kurva desorpsi model Clen-Cleyton	66
Gambar 28. Kurva sorpsi isotermi model Caurie pada suhu 30°C	67
Gambar 29. Kurva sorpsi isotermi model Caurie pada suhu 40°C	68



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

1. Cara perhitungan untuk mencari konstanta sorpsi isotermi	80
2. Cara perhitungan modulus deviasi	81
3. Cara perhitungan analisa ragam	82
4. Analisa ragam kadar air keseimbangan adsorpsi dendeng sapi giling pada suhu 30 ^o C dan 40 ^o C	84
5. Analisa ragam kadar air keseimbangan desorpsi dendeng sapi giling pada suhu 30 ^o C dan 40 ^o C	84

Walaupun dilindungi Undang-Undang
4. Dilakukan dengan cara tidak ada hak untuk menyalin dan memperdulikannya

6. Penggunaan untuk memperdulikannya adalah
b. Penggunaan untuk memperdulikannya adalah
2. Dihargai menggunakan dan memperdulikannya adalah untuk kebutuhan akademik



I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Daging merupakan salah satu komoditi pertanian yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan protein, karena daging mengandung protein yang bermutu tinggi, yang mampu menyumbang asam amino esensial yang lengkap. Industri produksi daging terus meningkat, berdasarkan Biro Pusat Statistik pada tahun 1993 jumlah sapi potong mencapai 1 271 600 ekor (Biro Pusat Statistik, 1993). Sudah selayaknya jika produksi yang terus meningkat tersebut juga diikuti dengan peningkatan teknologi pengolahan dan pengawetan.

Tujuan dari pengolahan dan pengawetan daging adalah untuk memperpanjang daya simpan dan untuk meningkatkan cita rasa yang sesuai dengan selera konsumen diharapkan dapat memperluas rantai pemasaran daging olahan tersebut. Salah satu cara pengolahan (pengawetan) daging sapi yang sudah dilakukan di Indonesia adalah pengolahan dendeng sapi yang telah diproduksi cukup meluas serta dikonsumsi oleh berbagai lapisan masyarakat.

Dendeng adalah produk tradisional daging kering yang merupakan kombinasi antara proses penambahan gula,

Tujuan dari pengolahan dan pengawetan daging adalah untuk memperpanjang daya simpan dan untuk meningkatkan cita rasa yang sesuai dengan selera konsumen diharapkan dapat memperluas rantai pemasaran daging olahan tersebut. Salah satu cara pengolahan (pengawetan) daging sapi yang sudah dilakukan di Indonesia adalah pengolahan dendeng sapi yang telah diproduksi cukup meluas serta dikonsumsi oleh berbagai lapisan masyarakat.

Dendeng adalah produk tradisional daging kering yang merupakan kombinasi antara proses penambahan gula,

garam (*curing*) dan rempah-rempah dengan proses pengeringan. Secara alami, dendeng tersebut dapat menyerap air dari udara sekeliling dan juga sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung ke udara. Sifat-sifat tersebut umumnya digambarkan dengan kurva sorpsi isotermi, yaitu kurva yang menunjukkan hubungan antara kadar air bahan dengan kelembaban relatif keseimbangan ruang tempat penyimpanan bahan (ERH) atau aktivitas air (*aw*), pada suhu tertentu. Model sorpsi isotermi telah banyak diteliti dan dikembangkan untuk bahan-bahan pangan. Nilai tetapan yang akan mempengaruhi bentuk kurva sorpsi isotermi secara perhitungan untuk setiap bahan pangan berbeda sesuai dengan komposisi yang dikandung dalam bahan tersebut. Pada umumnya kurva sorpsi isotermi bahan pangan berbentuk sigmoid (menyerupai huruf S) dan khas untuk setiap bahan pangan (Syarif. R, 1993).

Kurva sorpsi isotermi tidak hanya menunjukkan pada kadar air berapa dapat dicapai tingkat *aw* yang diinginkan ataupun yang tidak diinginkan, tetapi juga menunjukkan terjadinya perubahan-perubahan penting kandungan air yang dinyatakan dalam *aw*, seperti terjadinya reaksi oksidasi, reaksi pencoklatan, reaksi aktivitas enzim dan reaksi mikrobiologi. Sehingga dengan diketahuinya kadar air keseimbangan bahan



pangan, maka data-data tersebut dapat digunakan untuk membantu mendesain peralatan, keperluan pengemasan dan menduga karakteristik bahan pangan selama penyimpanan. Penelitian sorpsi isotermi dendeng sapi giling ini perlu dilakukan mengingat penelitian tersebut selama ini dirasakan masih kurang dan juga untuk melengkapi informasi penelitian tentang sorpsi isotermi.

B. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar air keseimbangan statis dendeng sapi giling pada suhu 30 dan 40°C pada berbagai tingkat kelembaban relatif (Rh) (32, 43, 62, 63.5, 75, 80 dan 81%) untuk adsorpsi dan Rh (11, 32, 43, 62, 63.5, 75%) untuk desorpsi dan menentukan model sorpsi isotermi yang sesuai untuk produk dendeng sapi giling, sehingga dapat diketahui pada tingkat kadar air berapa dicapai aw yang diinginkan ataupun tidak diinginkan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. DAGING

Daging merupakan bahan pangan yang memiliki nilai gizi tinggi. Disamping itu kandungan zat-zat gizinya mudah dicerna dan diserap oleh tubuh (Briggs, 1985).

Berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik (1993) jumlah ternak di Indonesia pada tahun 1993 berturut-turut untuk sapi, kerbau dan kambing adalah : 10 665 400, 3 310 900 dan 11 483 400 ekor. Sedangkan jumlah ternak yang dipotong berturut - turut adalah : 1 271 600, 188 100 dan 1 368 000 ekor (Biro Pusat Statistik, 1993). Untuk memanfaatkan jumlah produksi daging yang terus meningkat, maka perlu diikuti dengan peningkatan teknologi pengolahan dan pengawetan daging yang memadai.

B. DENDENG

Dendeng merupakan salah satu produk olahan dan sekaligus produk awetan daging secara tradisional di Indonesia yang mempunyai daya terima tinggi di beberapa negara Asia. Pada umumnya dendeng yang ada di pasaran adalah dendeng sapi, baik itu dendeng sapi giling maupun dendeng sapi iris. Dendeng sapi giling adalah produk daging berbentuk lembaran yang terbuat dari gilingan daging segar yang diberi bumbu dan

dikeringkan. Sedangkan dendeng sapi iris adalah produk daging berbentuk sayatan yang terbuat dari irisan daging segar yang diberi bumbu dan dikeringkan (Direktorat Standarisasi, Normalisasi dan Pengendalian Mutu, 1982).

Proses pembuatan dendeng belum dibakukan, tetapi pada umumnya menyangkut pengirisan daging dengan ketebalan kira-kira 3-5 mm, diikuti pencampuran dengan garam, gula serta ramuan bumbu seperti lengkuas, ketumbar, bawang merah, lada dan bawang putih yang diikuti dengan proses pengeringan sampai kadar air 25% bk (Direktorat gizi, Departemen Kesehatan RI, 1981). Seluruh proses tersebut dapat disarikan sebagai kombinasi antara proses *curing* dan pengeringan.

Curing adalah proses pemberian garam dan perendaman dalam larutan garam. Bahan *curing* yang utama adalah NaCl. Garam digunakan sebagai bahan pengawet karena garam akan membantu mengurangi kadar air dalam daging dan menghambat pertumbuhan bakteri dimana beberapa ion air akan bergabung dengan molekul-molekul garam sehingga air tidak dapat lagi digunakan sebagai media reaksi. Garam juga memberikan cita rasa yang diinginkan. Jika dalam proses *curing* hanya digunakan garam, maka akan dihasilkan produk yang keras, kering, gelap dan asin sehingga rasanya tidak lezat. Untuk itu



Untuk itu perlu penambahan gula untuk melembutkan produk dan mengurangi penguapan air (Desrosier, 1977). Ditambahkan oleh Ashbrook (1955), gula selain memberi rasa dan aroma, juga akan mengurangi rasa asin yang berlebihan dari proses *curing*. Akan tetapi adanya gula akan menimbulkan reaksi Maillard yaitu reaksi antara gula pereduksi dengan asam amino yang akan menyebabkan warna coklat pada daging (AMIF, 1960). ✓

Produk olahan daging lainnya yang mirip dengan dendeng diantaranya adalah : biltong, yakni produk daging kering yang diasin dan diolah oleh masyarakat suku bangsa di Afrika Selatan; Charqui, diproduksi secara tradisional di Amerika Selatan; Pemmican, diproduksi secara tradisional dari daging kerbau di daerah Amerika Utara. Adanya penambahan gula dan ramuan bumbu yang memberikan cita rasa spesifik, membedakan dendeng dari produk biltong, charqui dan pemmican. Yang menguntungkan dari produk-produk seperti ini adalah bahwa produk tersebut disesuaikan dengan kebiasaan makan dari masyarakat yang memproduksinya, semua produk tersebut dibuat dengan teknik-teknik industri rumah yang akan memberikan kesempatan kerja dalam suatu daerah tertentu (Buckle et al, 1985 di dalam Handoko, 1988).

Untuk menambah aroma dan cita rasa pada dendeng, sering berbagai macam bumbu diantaranya ketumbar dan bawang putih ditambahkan pada campuran curing. Bawang putih selain sebagai penambah cita rasa juga bersifat bakteriostatik. Komponen bumbu mengakibatkan cita rasa yang lebih disukai.

Akibat proses pengolahan tersebut, maka nilai kalori produk menjadi lebih dari dua kali lipat jika dibandingkan dengan daging mentah. Selain itu terjadi peningkatan kadar protein dan karbohidrat (per berat basah) sejalan dengan menurunnya kandungan air. Di samping itu juga terjadi peningkatan kadar kalsium, fosfor serta zat besi, sedangkan vitamin A menjadi rusak total (Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI, 1981). Pada Tabel 1 disajikan komposisi daging sapi dan dendeng sapi per seratus garam bahan

Dendeng termasuk makanan yang dibuat dengan cara pengeringan dan digolongkan dalam golongan *Intermediate Moisture Food (IMF)*, yaitu suatu makanan yang mempunyai kadar air antara 15 sampai 50 persen, bersifat plastis dan tidak kering. Dendeng tidak perlu direhidrasi lebih dahulu sebelum dikonsumsi, tetapi perlu dimasak dan stabil dalam penyimpanan. Cara pembuatan dendeng sapi pada dasarnya adalah sama, hanya penggunaan komposisi bumbu yang berbeda-beda tergantung selera

(Gambar 1). Komposisi bumbu berbeda-beda tergantung selera, seperti terlihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan dendeng iris.

Pada proses pembuatan dendeng giling pada dasarnya sama dengan proses pembuatan dendeng sapi iris, perbedaannya hanyalah daging bukannya diiris melainkan digiling bersamaan dengan dicampurnya bumbu, kemudian campuran tersebut dicetak sehingga terbentuk lembaran (3-5 mm) selanjutnya dikeringkan. Sedangkan komposisi bumbu dendeng giling sama dengan dendeng sapi iris, tergantung selera.

Tabel 1. Komposisi daging sapi dan dendeng sapi tiap seratus garam bahan

Komponen	Daging sapi	Dendeng sapi
Kalori (kkal)	207	433
Protein (g)	18.8	55
Lemak (g)	14.0	9
Karbohidrat (g)	0	10.5
Kalsium (mg)	11	30
Fosfor (mg)	170	370
Besi (mg)	2.8	5.1
Vitamin A (SI)	30	0
Vitamin B1 (mg)	0.08	0.1
Vitamin C (mg)	0	0
Air (g)	66	25

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (1981)

Perbedaan dendeng sapi giling dibandingkan dendeng sapi iris selain pada proses pembuatannya juga pada penampakannya, dimana dendeng sapi giling lebih meresap ke dalam daging, karena bumbu dicampur rata bersama daging yang telah digiling dan serat pada dendeng sapi giling tidak terlihat jelas (teksturnya lebih halus) dibandingkan dengan dendeng sapi iris. Pada penelitian ini yang digunakan adalah dendeng sapi giling.

Dendeng seringkali mengalami kerusakan seperti timbulnya ketengikan, warna coklat yang kurang menarik dan kontaminasi mikroba. Ketengikan dapat terjadi karena proses oksidasi oleh oksigen terhadap asam lemak



Tabel 2. Komposisi bumbu dendeng sapi

Bumbu dendeng sapi	Komposisi bumbu			
	I ^a	II ^b	III ^c	IV ^d
Gula merah	30%	5 ons	45 gr	25%
Garam dapur	2.5%	1.25 ons	30 gr	5%
Lengkuas	2.5%	-	-	2%
Lada	1%	0.5 ons	-	-
Ketumbar	1.5%	0.5 ons	6.67 gr	2%
Bawang putih	1.5%	0.5 ons	4 siung	3%
Bawang merah	5%	0.5 ons	9 siung	-
Asam jawa	3%	-	-	-
Jahe	-	0.25 ons	20 gr	0.1%

I^a Muchtadi dan Setiawati, (1985)

II^b BPPTP, (1983)

III^c Rini Caturwati, (1980)

IV^d Dewi Natalia, (1983)

tidak jenuh dalam lemak. Kontaminasi mikroba pada dendeng dapat terjadi pada setiap tahap dalam pengolahannya, terutama sebelum tahap pengeringan. Labuza et al, (1985) melaporkan bahwa oksidasi terhadap lemak dapat terjadi lebih cepat pada bahan makanan yang mengandung lemak dengan kadar air yang tinggi yaitu bahan makanan dengan aktivitas air (aw) 0.6 - 0.85. Untuk itu perlu penanganan produk yang lebih ditingkatkan, seperti pengontrolan kondisi lingkungan dan penggunaan bahan kemasan.



C. KADAR AIR BAHAN

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan basis basah (*wet basis*). atau berdasarkan basis kering (*dry basis*). Kadar air basis basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100%, sedangkan kadar air berdasarkan basis kering dapat lebih dari 100%.

Kadar air bahan pangan dapat diukur dengan berbagai cara. Metode pengukuran yang umum dilakukan di laboratorium adalah dengan pemanasan di dalam oven. Pengukuran kadar air secara praktis di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan *moisture tester*, yaitu alat pengukur kadar air secara elektronik. Kadar air berat basah dapat ditetapkan dengan persamaan berikut :

$$ka = \frac{Ba}{Ba + Bk} \times 100\% = \frac{Ba}{Bt} \times 100\% \quad \dots \dots \dots /1$$

dimana : ka = kadar air basis basah (%)

Ba = berat air dalam bahan (g)

Bk = berat bahan kering (g)

Bt = berat total = $Ba + Bk$, (g)

Ka = kadar air basis kering (%)

Jumlah air yang diuapkan adalah berat bahan sebelum pengeringan dikurangi berat bahan setelah pengeringan, sebagaimana persamaan berikut :



$$Ka = \frac{Ba/Bk \times 100\%}{100 - ka} = \frac{100 ka}{(100 - ka)} \dots \dots /2/$$

D. KADAR AIR KESEIMBANGAN

Kadar air keseimbangan suatu bahan didefinisikan sebagai kadar air suatu bahan dimana tekanan uap air seimbang dengan udara lingkungannya (Heldman *et al*, 1981). Kelengasan nisbi pada saat tercapainya kadar air keseimbangan disebut kelengasan nisbi keseimbangan (ERH). Jika kelengasan nisbi udara lebih tinggi dari pada kelengasan nisbi bahan maka bahan akan menyerap air (adsorpsi). Dan sebaliknya, jika kelengasan nisbi udara lebih rendah dari pada kelengasan nisbi bahan, maka bahan akan menguapkan (desorpsi) (Handerson *et al*, 1976). Kadar air keseimbangan berguna untuk menentukan bertambahnya atau berkurangnya kadar air bahan pada kondisi suhu dan Rh tertentu (Brooker *et al*, 1981).

Konsep kadar air keseimbangan ini penting dalam proses pengolahan pangan dan hasil pertanian seperti pengeringan, pengemasan serta kemantapan bahan selama penyimpanan (Handerson dan Perry, 1976). Disamping itu kadar air keseimbangan dapat dipakai untuk menentukan tekanan uap bahan dan menduga tingkah laku bahan selama penyimpanan. Pengaruh suhu nyata terhadap kadar air keseimbangan yaitu semakin tinggi suhu pada kelengasan



nisbi konstan akan menurunkan kadar air keseimbangan (Brooker et al, 1981).

Menurut Brooker et al (1974), ada dua cara untuk menentukan kadar air keseimbangan, yaitu dengan metoda statis dan metoda dinamis. Pada metoda statis, bahan dibiarkan mencapai kadar air keseimbangan sendiri pada lingkungan dan udara diam (tetap). Sedangkan metoda dinamis, bahan diletakkan pada lingkungan dimana terjadi mekanisme pergerakan udara.

Kadar air keseimbangan suatu bahan dapat dicapai dengan dua cara yaitu dengan cara adsorpsi dan desorpsi. Kadar air keseimbangan adsorpsi adalah kadar air keseimbangan yang terjadi karena bahan menyerap air, kadar air keseimbangan desorpsi adalah kadar air keseimbangan yang terjadi karena bahan kehilangan air.

E. SORPSI ISOTERMI

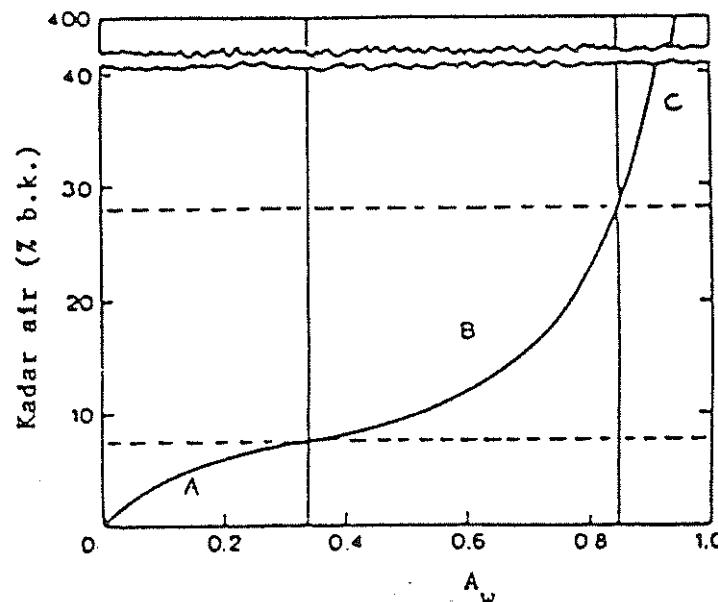
Dalam bahan pangan dibedakan dua macam air yaitu air bebas dan air terikat. Air bebas adalah air yang mempunyai sifat tekanan uap sama dengan tekanan uap murni dan terdapat pada permukaan bahan.

Aktivitas air (aw) adalah keadaan yang berhubungan dengan jumlah air yang dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroorganisma sehingga kandungan air dalam bahan pangan tersebut dapat mempengaruhi daya tahan

tempat penyimpanan bahan atau aktivitas air (aw) pada suhu tertentu (Gambar 2). Bentuk kurva sorpsi isotermi adalah khas bagi setiap bahan pangan. Sorpsi isotermi dari kondisi di atas (Gambar 2) dapat dibagi menjadi beberapa bagian tergantung dari keadaan air dalam bahan pangan tersebut.

Daerah A menyatakan adsorpsi bersifat satu lapis molekul air (monolayer) yaitu pada kisaran aw 0 - 0.20, daerah B menyatakan terjadinya pertambahan lapisan-lapisan di atas satu lapis molekul air (multilayer) yaitu pada kisaran aw 0.20-0.70 dan di daerah C kondensasi air pada pori-pori bahan mulai terjadi (kondensasi kapiler) pada kisaran aw > 0.7. Air yang terkandung pada daerah monolayer adalah air yang terikat pada permukaan (air adsorpsi) yang sangat stabil dan tidak dapat dibekukan pada suhu berapapun. Daerah ini merupakan ambang batas ketengikan, sebab air yang ada sangat terbatas, hanya cukup untuk melindungi produk dari senyawa O_2 . Air yang terkandung pada daerah multilayer kurang kuat terikat dibandingkan dengan daerah monolayer. Daerah teraman pada daerah ini berada pada kisaran aw 0.20 - 0.55. Daerah kondensasi kapiler mengandung air bebas yang cukup banyak, sehingga sangat optimal bagi beberapa reaksi biokimia, mikroba dan reaksi fisik (Syarif. R, 1993). Tetapi tidak ada suatu





Gambar 2. Daerah A, B dan C pada sorpsi isotermi air suatu bahan pangan (Duckworth, 1974 di dalam Marlina, 1992).

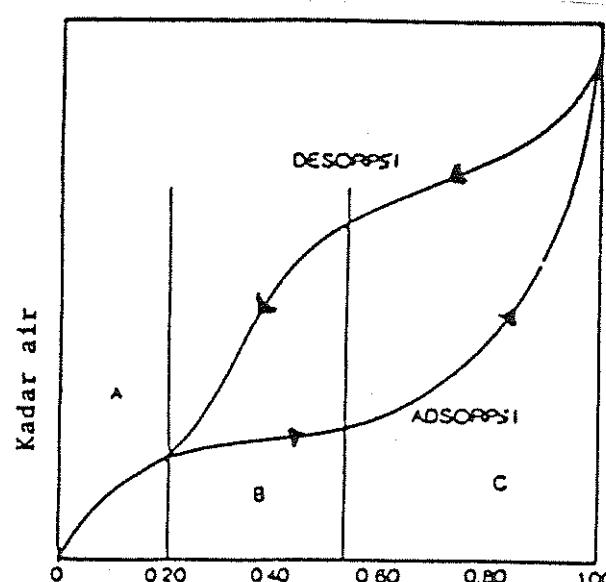
nilai kelembaban relatif tertentu yang dapat dijadikan ukuran dari batas satu daerah dengan lainnya.

Pada umumnya kurva sorpsi isotermi bahan pangan berbentuk sigmoid (menyerupai huruf S). Makanan yang berkadar air tinggi sampai menengah mempunyai nilai aw yang tinggi dan yang berkadar air sedang sampai rendah berada pada bagian datar dari isoterm.

Beberapa bahan pangan menunjukkan fenomena histeresis yaitu nilai aw yang diperoleh berbeda pada pengukuran makanan dengan kadar air yang sama yang tergantung pada bagaimana cara tercapainya kadar air keseimbangan

tersebut, baik itu dengan cara adsorpsi ataupun dengan cara desorpsi (Gambar 3).

Fenomena histeresis diperlihatkan oleh perbedaan harga-harga kadar air seimbang yang diperoleh dari proses adsorpsi dan desorpsi. Umumnya pada kelembaban relatif atau aktivitas air (aw) yang sama, kadar air seimbang yang diperoleh dari proses desorpsi lebih besar dari proses adsorpsi (Benado dan Rizvi, 1985).



Gambar 3. Bentuk umum kurva sorpsi isotermi suatu bahan panaskan.

LARUTAN GARAM TENJIL

Larutan garam jenuh biasanya digunakan untuk mempertahankan kelembaban ruang penyimpanan (Helen dan Gilbert, 1985). Larutan garam jenuh tersebut diperoleh dengan jalan melarutkan garam-garam dalam jumlah yang



berlebih ke dalam air destilasi. Larutan garam jenuh ini mempunyai keuntungan dalam mempertahankan suatu kelembaban relatif yang konstan dan tidak dipengaruhi

Tabel 3. Kelembaban nisbi larutan garam jenuh

Garam	Rumus kimia	Suhu (°C)	
		30	40
Lithium Klorida	LiCl	11	11
Magnesium Klorida	MgCl ₂	32	32
Kalium Karbonat	K ₂ CO ₃	43	43
Natrium Nitrit	NaNO ₂	63.5	62
Natrium Klorida	NaCl	75	75
Amonium Sulfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	81	80

Sumber : Palipane dan Driscoll, 1992

oleh terjadinya desorpsi maupun adsorpsi selama jumlah garam yang ada masih di atas tingkat kejenuhannya.

Larutan garam yang tertera pada Tabel 2 telah dipilih karena garam-garam ini mempunyai kisaran kelembaban yang cukup luas dalam tahapan yang merata, biasanya dapat diperoleh dalam bentuk murni dan mem berikan perubahan Rh yang kecil dengan berubahnya suhu.



G. KEMANTAPAN BAHAN PANGAN SELAMA PENYIMPANAN

Kadar air suatu bahan pangan akan ditentukan oleh keadaan lingkungan ruang tempat penyimpanannya. Bahan pangan tersebut akan menyerap uap air atau melepaskan uap air ke sekitarnya tergantung dari keadaan kelembaban ruang simpan. Dengan demikian terdapat hubungan yang saling berkaitan antara air bahan pangan dengan kelembaban relatif ruang simpan.

Pixton (1967) di dalam Marlina (1992) mengemukakan bahwa apabila ruang simpan mempunyai kelembaban relatif diatas 75%, maka bahan yang akan disimpan di dalamnya akan rusak karena pertumbuhan jamur, sedangkan bila kelembaban tersebut dapat diusahakan lebih rendah dari 70%, maka daya simpan bahan akan menjadi lebih baik. Karena itu Pixton (1967) di dalam Marlina (1992) menyatakan bahwa kadar air bahan yang dianggap aman bagi penyimpanan adalah kadar air yang berkesimbangan dengan kelembaban relatif \pm 70%.

Keterangan di atas memberikan kesan bahwa kemantapan bahan pangan selama penyimpanan dapat diatasi dengan jalan mengusahakan agar kadar air bahan pangan rendah sekali. Tetapi pada kondisi tersebut, kerusakan dalam bentuk lain seperti auto-oksidasi lemak dapat terjadi. Hal ini akan berakibat bahan pangan berbau tidak sedap atau tengik.



Dari keterangan-keterangan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa kadar air bahan pangan yang baik untuk penyimpanan adalah apabila sama dengan nilai kadar air yang berkesimbangan dengan kelembaban relatif 70%, sedangkan nilai minimumnya sama dengan nilai kadar air dimana adsorpsi bersifat satu lapis molekul air.

H. MODEL SORPSI ISOTERMI

Model matematika untuk kadar air keseimbangan atau sorpsi isotermi telah banyak dikemukakan oleh para ahli baik secara teoritis, semi teoritis maupun empiris. Nilai dari suatu model sorpsi isotermi tergantung pada dua hal, yaitu : 1) kemampuannya secara matematis untuk menguraikan sorpsi isotermi, dan 2) kemampuan tetapan-tetapan dalam model tersebut untuk menjelaskan fenomena secara teoritis.

Kegunaan suatu model sorpsi isotermi tergantung pada tujuan pemakai. Pemakai yang menginginkan kemulusan kurva (*curve-fitting*) yang tinggi tidak begitu menganggap penting terhadap penggunaan model teoritis. Model yang lebih sederhana dan lebih sedikit jumlah tetapan yang dievaluasi akan lebih mudah penggunaannya.



Langmuir (1918) di dalam Kumendong (1986) dari percobaannya mengenai adsorpsi gas pada permukaan mika, gelas dan platina menghasilkan bentuk persamaan adsorpsi lapisan tunggal (monolayer) yang merupakan dasar dari teori-teori selanjutnya. Dengan pendekatan kinetik dan asumsi kecepatan penguapan sama dengan kecepatan kondensasi, persamaan Langmuir adalah :

$$W = W_s \left(\frac{b \times Aw}{K_i + (b \times Aw)} \right) \dots \dots \dots /4/$$

dimana:

W = jumlah gas O_2 yang diadsorpsi (ml/g zat padat)

W_s = jumlah gas yang diadsorpsi pada lapisan tunggal (kg gas/ kg bahan padat)

$$b = \frac{K_0}{R \times T} \exp \left(\frac{Q_s}{R \times T_0} \right)$$

dimana : K_0 = konstanta Boltzman

R = tetapan gas

Q_s = panas adsorpsi pada permukaan homogen

K_i = invers tekanan uap air murni pada suhu T

T = suhu absolut (K)

Model Langmuir tidak sesuai untuk sebagian besar bahan pangan karena di dalam bahan pangan Q_s tidak tetap, adanya interaksi antara molekul-molekul yang diadsorpsi dan kemungkinan adsorpsi maksimum jauh lebih



besar dari pada adsorpsi lapisan tunggal (Labuza, 1968 di dalam Kumendong, 1986).

Branauer, Emmet dan Teller (1938) di dalam Peleg.M (1985) yang kemudian sering disingkat dengan BET, memperluas asumsi Langmuir dengan tambahan bahwa adsorpsi tidak hanya bersifat satu lapis molekul air saja, tetapi juga membentuk lapisan molekul ganda. Dengan adanya tambahan ini, maka penggunaan isoterme BET untuk menyatakan sorpsi air pada bahan pangan dapat mencakup daerah kelembaban relatif yang lebih luas bila dibandingkan dengan isoterme Langmuir. Bentuk persamaan isoterme BET untuk sorpsi bahan pangan adalah :

$$\frac{W}{M_0} = \frac{C}{(1-Qw)} \frac{x}{(1-Aw + Aw C)} \dots \dots \dots /5/$$

dimana : W = kadar air (%)

M_0 = kadar air pada sorpsi air bersifat satu lapis molekul (%)

Aw = aktivitas air

C = konstanta

Model BET dapat dipakai untuk menentukan kadar air pada lapisan tunggal dan pada bahan pangan dengan aktivitas air 0.05 (Peleg.M, 1992).

Handerson (1952) di dalam Syarief. A (1993) secara empiris telah menemukan bahwa persamaan yang menggambarkan hubungan antara kadar air keseimbangan bahan (Me)

besar dari pada adsorpsi lapisan tunggal (Labuza, 1968 di dalam Kumendong, 1986).

Branauer, Emmet dan Teller (1938) di dalam Peleg.M (1985) yang kemudian sering disingkat dengan BET, memperluas asumsi Langmuir dengan tambahan bahwa adsorpsi tidak hanya bersifat satu lapis molekul air saja, tetapi juga membentuk lapisan molekul ganda. Dengan adanya tambahan ini, maka penggunaan isoterme BET untuk menyatakan sorpsi air pada bahan pangan dapat mencakup daerah kelembaban relatif yang lebih luas bila dibandingkan dengan isoterme Langmuir. Bentuk persamaan isoterme BET untuk sorpsi bahan pangan adalah :

$$\frac{W}{Mo} = \frac{C}{(1-Qw)} \frac{x}{(1-Aw + Aw C)} \dots \dots \dots /5/$$

dimana : W = kadar air (%)

Mo = kadar air pada sorpsi air bersifat satu lapis molekul (%)

Aw = aktivitas air

C = konstanta

Model BET dapat dipakai untuk menentukan kadar air pada lapisan tunggal dan pada bahan pangan dengan aktivitas air 0.05 (Peleg.M, 1992).

Henderson (1952) di dalam Syarieff. A (1993) secara empiris telah menemukan bahwa persamaan yang menggambarkan hubungan antara kadar air keseimbangan bahan (Me)

$$1 - Aw = \exp(-kT M e^{-n}) \quad \dots \dots \dots /6/$$

dimana :

M = kadar air keseimbangan (%)

T = suhu absolut ($^{\circ}$ R)

k, n = konstanta nilainya tergantung dari jenis komoditinya, seperti pada Tabel 4

Persamaan Handerson berlaku untuk biji-bijian pada seluruh Aw.

Persamaan Kuhn (1964) di dalam Isse et al., (1992) merupakan kombinasi persamaan yang berdasarkan teori kapiler dengan yang lainnya untuk membuat persamaan tersebut dalam mencakup keseluruhan isotermi. Persamaan tersebut adalah :

$$M_e \equiv (P_1/\ln A_w) + P_2 \dots \dots /7/$$

Tabel 4. Nilai k dan n beberapa komoditi pertanian

Jenis komoditi	k	n
Kapas	4.91×10^{-5}	1.70
Jagung pipilan	1.10×10^{-5}	1.90
Sorgum	3.40×10^{-6}	2.31
Kedelai	3.20×10^{-5}	1.52
Gandum	5.59×10^{-7}	3.03

Sumber : Handerson (1952) di dalam Syarie. A (1993)

$$M_E = P(1) + P(2) A_W \dots \dots \dots /8/$$

Berlaku untuk pengemasan teh, wortel, daging kering (Kumendong, 1986).

dimana : $P(1)$ dan $P(2)$ adalah tetapan

Model persamaan Smith (1974) di dalam Isse et al, 1992 berlaku untuk bahan biopolimer (isotermi daerah 3) dimana persamaan tersebut adalah :

$$M_e = P(2) - P(1) \ln (1 - \Delta_w) \quad \quad \quad /9/$$

dimana : $P(1)$ dan $P(2)$ adalah tetapan

Persamaan ini telah digunakan untuk menggambarkan desorpsi isotermi gandum dengan kelembaban relatif antara 50% sampai 95% dan untuk kacang tipe Virginia dengan kelembaban relatif di atas 30% (Lamauro, 1984).

Harkins-Jura (1944) membuat suatu model persamaan sorpsi isotermi dengan pertimbangan adanya distribusi gaya pada permukaan bahan (Labuza, 1968 di dalam Syarieff. A, 1993). Cocok untuk biji-bijian ($Aw > 40\%$). Persamaan ini dinyatakan dalam bentuk :

Model Caurie berlaku untuk bahan pangan pada selang Aw 0.0 - 0.85 (Lamauro, 1984). Model Caurie adalah :

$$M_E = P(1) \exp(-P(2) \times A_W) \dots \dots \dots /11/$$

Menurut Situmorang (1990), bentuk-bentuk persamaan adsorpsi isotermi bunga cengkeh dari model Caurie pada Rh antara 11% sampai 79.98% adalah sebagai berikut :

ln Me = 1.67 - 0.99 Aw (pada suhu 32°C)

$\ln M_e = 1.44 - 1.55 Aw$ (pada suhu $40^\circ C$)

Bradley (1936) di dalam Lamauro (1984) menurunkan persamaan isotermi yang berlaku untuk bahan pangan pada daerah kelembaban relatif 5 - 95%. Bentuk persamaannya dimana :

dimana : $P(1)$ dan $P(2)$ adalah tetapan.

Persamaan ini mengasumsikan bahwa pada permukaan dimana sorpsi terjadi adalah dalam keadaan polar.

Persamaan Halsey (1948) di dalam Isse et al (1992) digunakan untuk bahan makanan dengan kelembaban relatif antara 10 - 81 %. Persamaan ini adalah :

$$A_w = \exp \left(-P(1)/(M_e) - P(2) \right) \dots \dots \quad /13/$$

dimana : $P(1)$ dan $P(2)$ adalah tetapan

Persamaan Oswin berlaku untuk bahan pangan pada Rh antara 0 sampai 85%. Dalam penelitian yang dilakukan Kumendong (1986) terhadap jagung varietas arjuna dan gabah varietas IR-36 pada Rh antara 11.3% sampai 79%, diperoleh bentuk-bentuk persamaan adsorpsi isoterミ dari model Oswin sebagai berikut :



Untuk suhu 25°C

- Gabah : $Me = 4.77383 (Aw / (1-Aw))^{0.18553}$
- Jagung : $Me = 4.72305 (Aw / (1-Aw))^{0.19012}$

Untuk suhu 30°C

- Gabah : $Me = 4.79622 (Aw / (1-Aw))^{0.19049}$
- Jagung : $Me = 4.65328 (Aw / (1-Aw))^{0.19397}$

Untuk suhu 35°C

- Gabah : $Me = 5.18857 (Aw / (1-Aw))^{0.20736}$
- Jagung : $Me = 4.46813 (Aw / (1-Aw))^{0.19415}$

Clen dan Clayton (1972) di dalam Lamauro (1984) membuat model persamaan yang berlaku untuk semua aktivitas air. Persamaan tersebut adalah :

$Aw = \exp(-P(1) \exp(-P(2) Me)) \dots \dots \dots /14/$
dimana : $P(1)$ dan $P(2)$ adalah tetapan

Van Der Berg dan Bruin (1981) memperkenalkan suatu model persamaan sorpsi isotermi GAB (Guggenheim, Anderson, de Boer). Model ini dapat menerangkan sorpsi isotermi bahan pangan sampai aw 0.9. Bentuk persamaan GAB adalah :

$$\frac{Me}{Ws} = \frac{C}{(1-Aw \times K)} \frac{K}{(1-Aw \times K + Aw \times C \times K)} \dots \dots /15/$$

dimana : C = konstanta Guggenheim

K = tetapan yang dipengaruhi oleh energi adsorpsi lapisan jamak

Ws = jumlah gas yang diadsorpsi pada adsorpsi lapisan tunggal (kg gas/kg bahan padat)



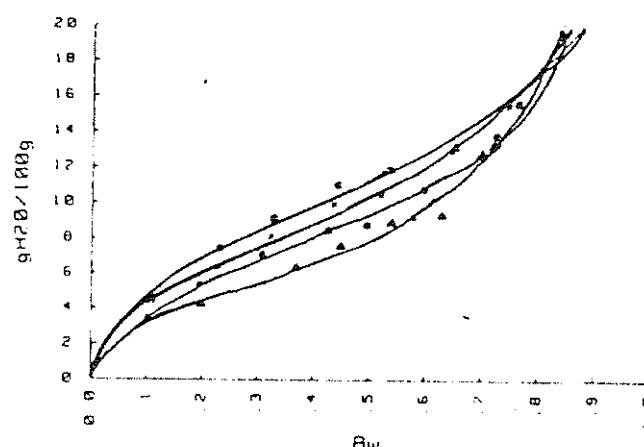
I. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI SORPSI ISOTERMI

Sorpsi isotermi dipengaruhi oleh perbedaan komposisi bahan (Brooker et al, 1974). Biji-bijian berkadar lemak tinggi akan menyerap air lebih sedikit dibandingkan dengan biji-bijian berkadar pati tinggi. Seperti contoh, pada suhu 25°C dengan Rh 70% kedelai memiliki kadar air keseimbangan 11.5 % (bk) dan pada kondisi yang sama, gandum mempunyai kadar air ke seimbangan 13.9 % (bk).

Dari hasil penelitian Labuza et al (1985) terhadap corn meal dapat disimpulkan bahwa dengan kenaikan suhu dari 25, 35, 45 dan 65°C ternyata menggeser kurva adsorpsi isotermi ke bawah sehingga akan menyebabkan berkurangnya kadar air keseimbangan (Gambar 4). Demikian juga untuk kurva desorpsi, dengan naiknya suhu dari 10, 20, 30 dan 40°C pada penelitian Palipane dan Driscoll (1992) terhadap kacang Macadamia akan menggeser kurva ke bawah sehingga menyebabkan berkurangnya kadar air keseimbangan desorpsi.

Young dan Nelson (1967) dari hasil penelitian terhadap gandum menyatakan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air keseimbangan pada kelembaban relatif rendah lebih lama dibandingkan dengan kelembaban relatif tinggi.

Proses pengolahan juga mempengaruhi kurva sorpsi isotermi. Penelitian yang dilakukan Simarmata.L (1994) terhadap biji mete menunjukkan bahwa kadar air ke seimbangan dari mete gelondong lebih tinggi dari pada kadar air keseimbangan kacang berkulit ari maupun kacang mete. Pengaruh proses pengolahan terhadap kurva sorpsi isotermi juga dibuktikan oleh Atmawinata (1979) yang meneliti sorpsi isotermi biji coklat, dimana didapat kesimpulan bahwa kadar air keseimbangan biji



Gambar 4. Kurva adsorpsi corn meal pada suhu $\otimes 25$, $\times 35$, $\bullet 45$ dan $\blacktriangle 65$ $^{\circ}\text{C}$.

coklat tanpa fermentasi berbeda dengan biji coklat fermentasi. Mazza (1982) menyatakan adsorpsi isotermik kentang dipengaruhi oleh metoda pengeringannya, suhu dan penambahan gula. Produk kering beku akan menyerap lebih banyak uap air dari pada produk yang dikeringkan dengan oven hampa.



III. METODA PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Pangan dan Gizi PAU dan di Pusbangtepa IPB pada bulan Juli-September 1994.

B. BAHAN DAN ALAT

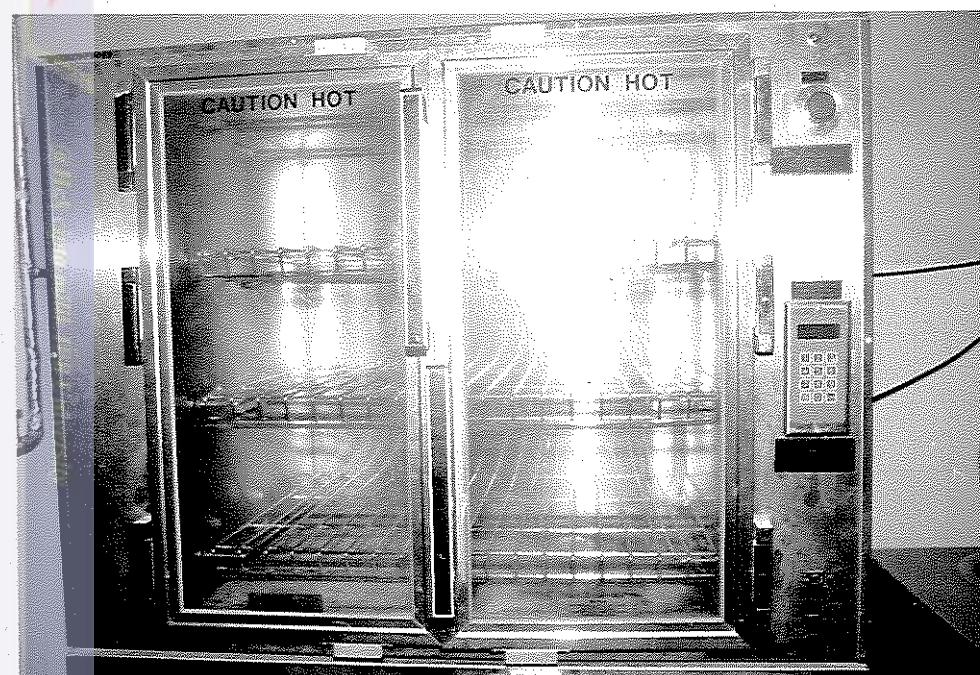
1. Bahan

Bahan utama yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa daging sapi segar, garam, gula, bumbu seperti lengkuas, lada, asam jawa, ketumbar, bawang putih, bawang merah.

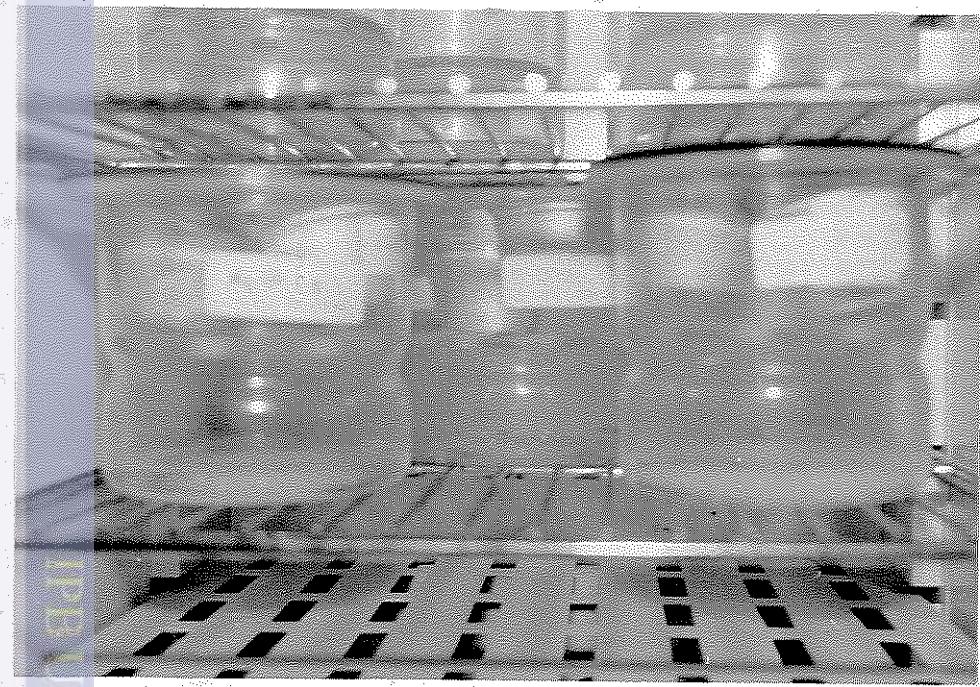
Untuk memperoleh kelembaban nisbi tertentu dipakai larutan jenuh garam-garam anorganik yaitu Lithium klorida (LiCl), Magnesium klorida ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), Kalium karbonat (K_2CO_3), Natrium nitrit (NaNO_2), Natrium klorida (NaCl) dan Amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) (Tabel 3).

2. Alat

Peralatan yang digunakan selama penelitian mencakup peralatan untuk pembuatan dendeng (pisau, talenan, penghancur bumbu, wadah berukuran besar, oven (Gambar 5)), desikator kecil (diameter 10 cm),



Gambar 5. Oven pengering.



Gambar 6. Desikator yang berisi larutan garam jenuh.



tinggi 10 cm (Gambar 6)), wadah aluminium, inkubator yang memiliki simpangan suhu $\pm 1^{\circ}\text{C}$, neraca analitik (Gambar 7), alat press (Gambar 8) dan oven untuk pengukuran kadar air.

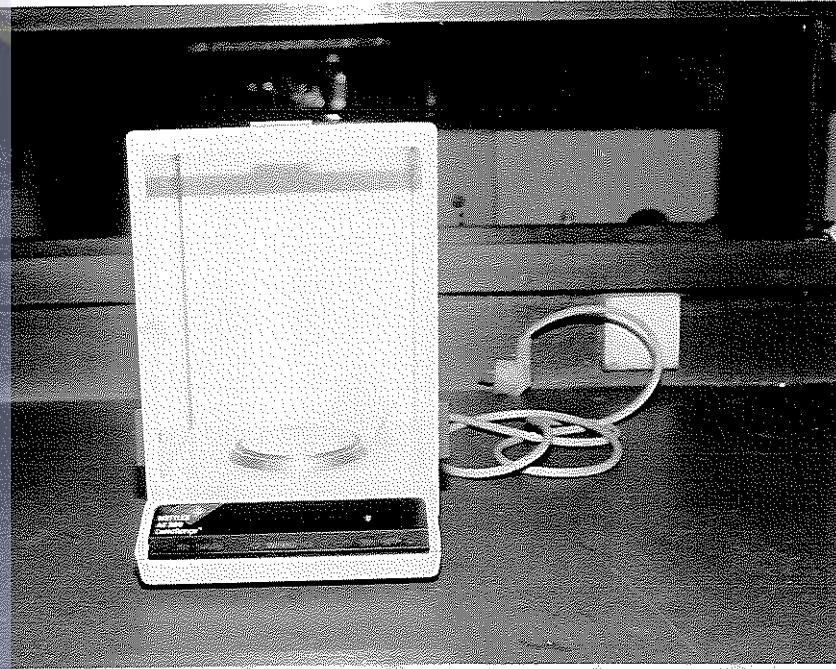
C. METODA PENELITIAN

1. Pembuatan dendeng sapi giling

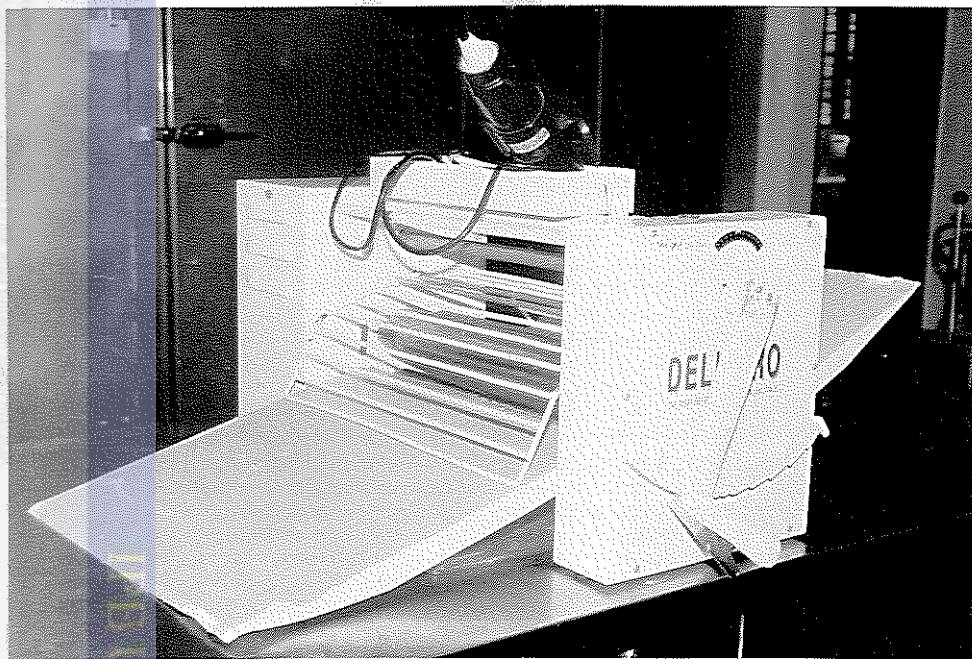
Daging sapi yang segar dibersihkan, lalu di giling dan dicampur dengan garam, gula serta bumbu-bumbu. Kemudian dipress sehingga diperoleh lembaran daging dengan ketebalan 3 sampai 5 mm (Gambar 9). Dioven dengan menggunakan wadah aluminium dan wadah yang berlubang-lubang dengan tujuan agar pengeringan lebih seragam, kemudian di potong-potong (Gambar 10 & 11), sedangkan diagram alir proses pembuatan dendeng dapat dilihat pada Gambar 12. Komposisi bahan penelitian berdasarkan hasil penelitian Muchtadi dan Setiawati (1985).

2. Penentuan sorpsi isotermi

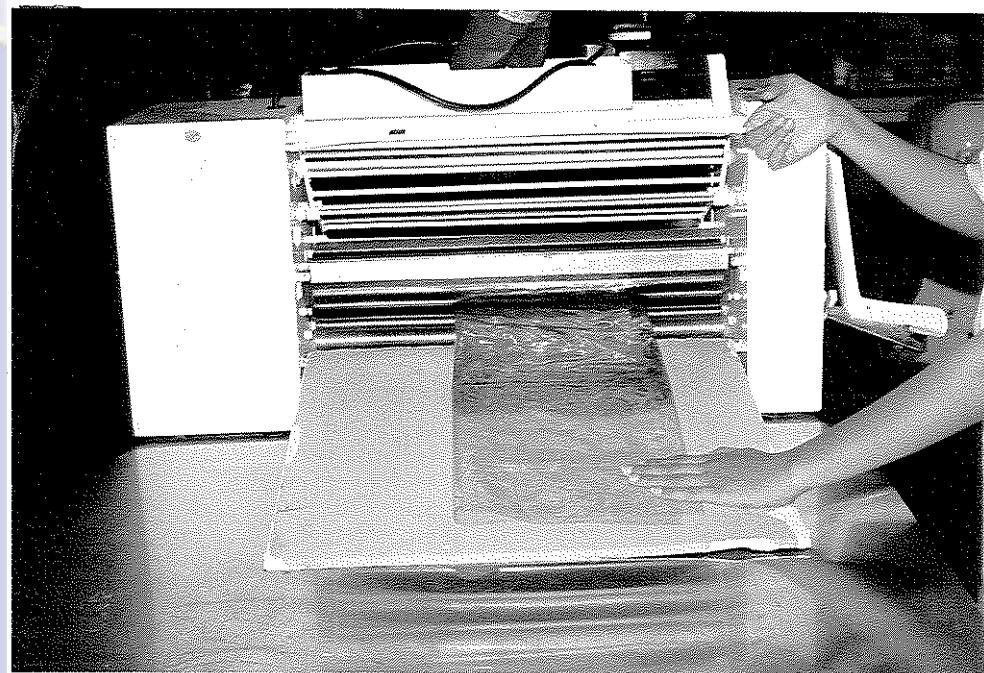
Teknik dasar yang digunakan dalam percobaan ini adalah pengukuran berat contoh bahan selama berada dalam lingkungan yang tetap yaitu suhu dan Rh dipertahankan tetap. Untuk mendapatkan suhu yang tetap dipakai inkubator dengan simpangan



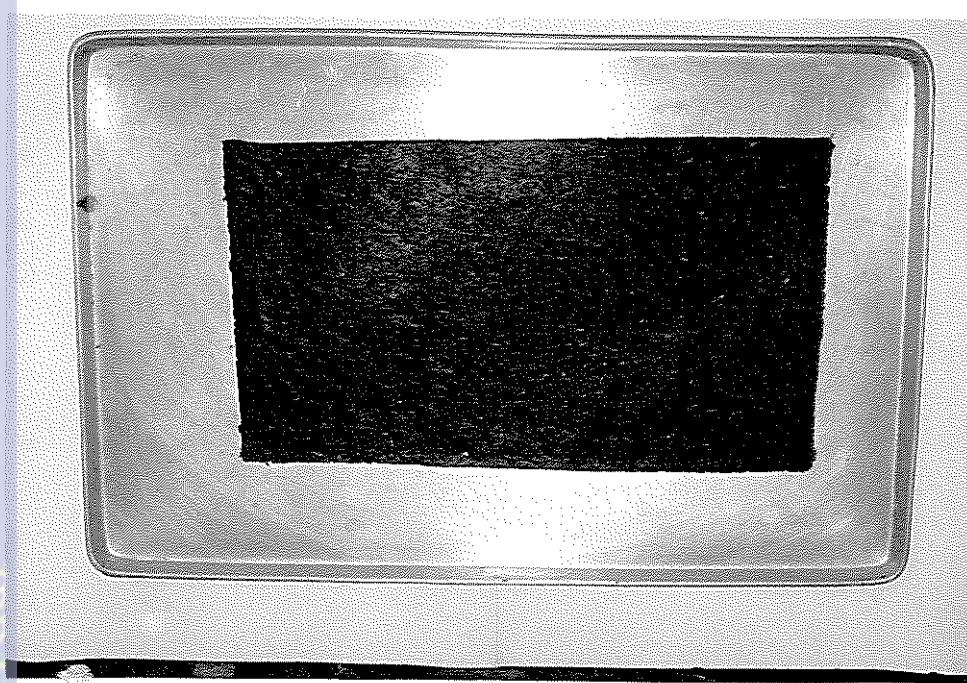
Gambar 7. Neraca analitik.



Gambar 8. Alat press.



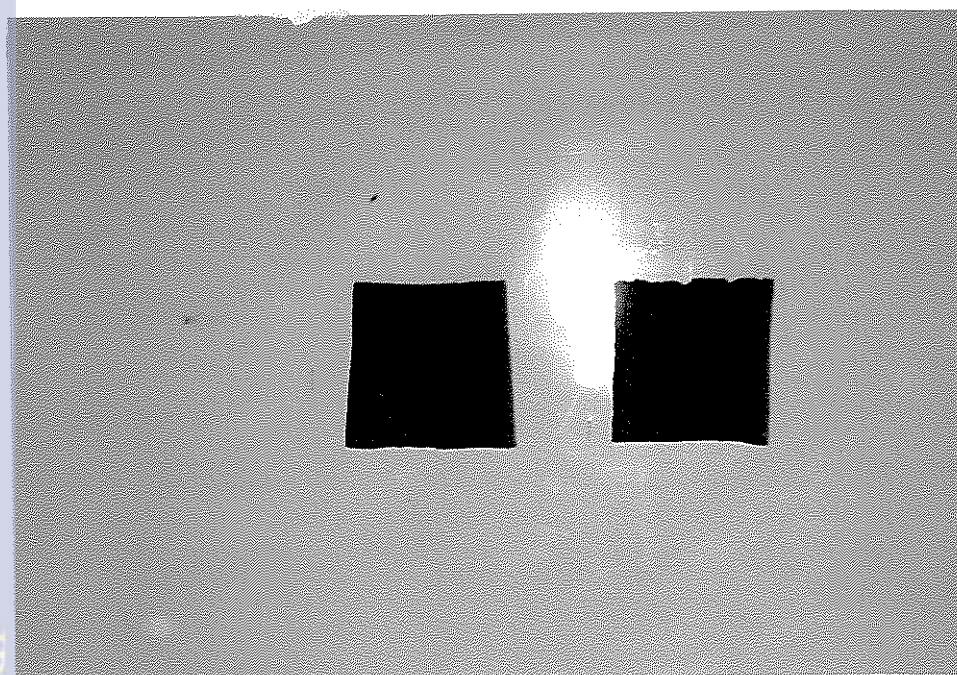
Gambar 9. Pencetakan lembaran daging sapi giling.



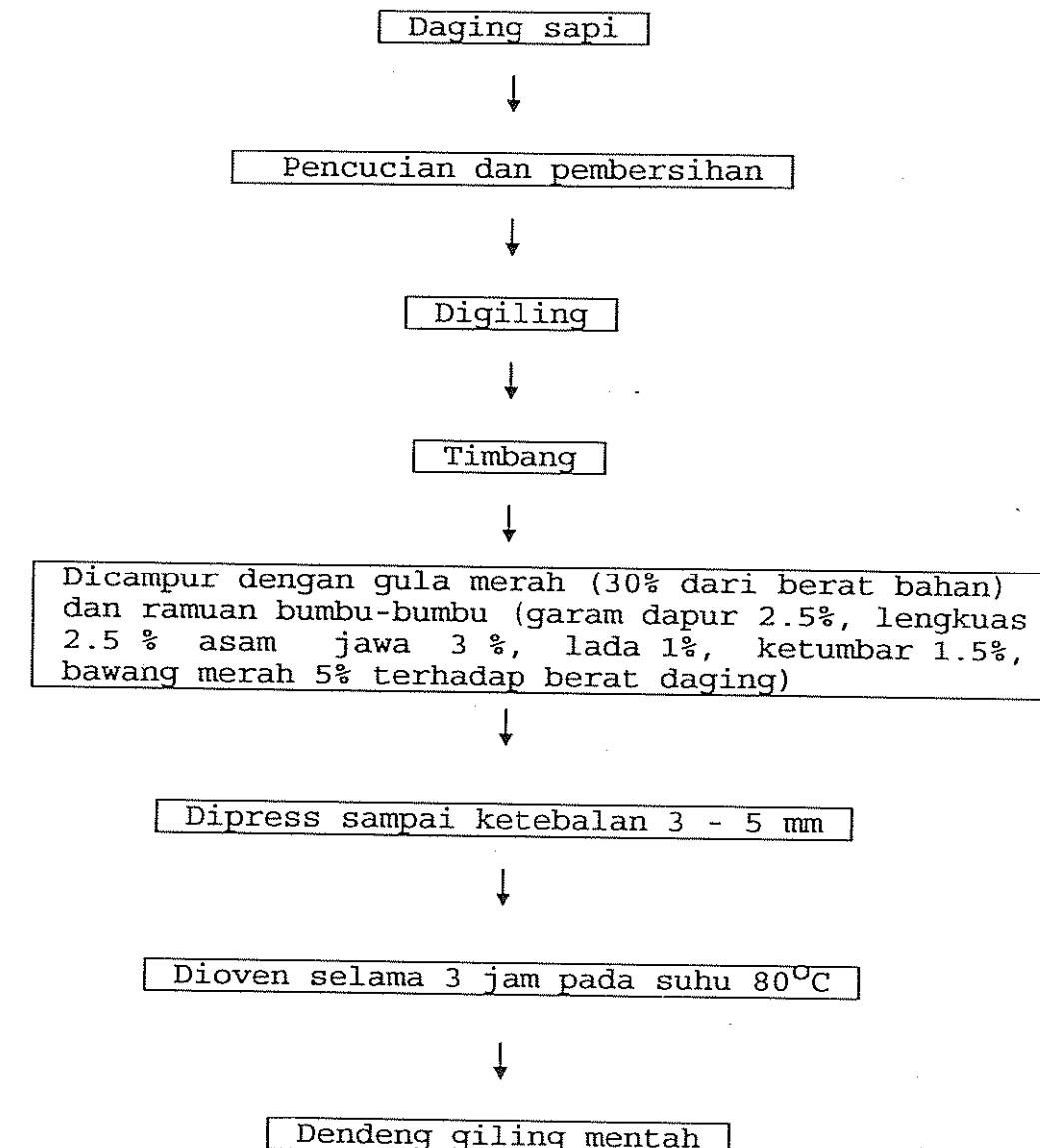
Gambar 10. Dendeng yang siap untuk dikeringkan.

$\pm 1^{\circ}\text{C}$. Untuk percobaan ini digunakan dua tingkat suhu yaitu suhu 30°C dan 40°C . Pemilihan suhu penelitian didasarkan pertimbangan bahwa suhu di Indonesia berkisar pada suhu tersebut di atas.

Tahap penelitian didahului dengan persiapan larutan jenuh garam-garam dalam jumlah berlebih ke air destilasi yang berfungsi sebagai pengatur kelembaban ruang penyimpanan (seperti pada Gambar 13). Kelebihan garam - garam diperlukan untuk



Gambar 11. Dendeng hasil pengeringan.



Gambar 12. Diagram alir proses pembuatan dendeng sapi giling.

menjaga kejemuhan larutan sehingga kelembaban relatif yang dihasilkan akan tetap dan tidak dipengaruhi oleh terjadinya adsorpsi maupun desorpsi. Larutan-larutan jemuhan ini kurang lebih sebanyak 150-200 ml dimasukkan ke dalam desikator.

150 - 200 ml garam
 $(LiCl, MgCl_2, K_2CO_3, NaNO_2, NaCl \text{ dan } (NH_4)SO_4)$

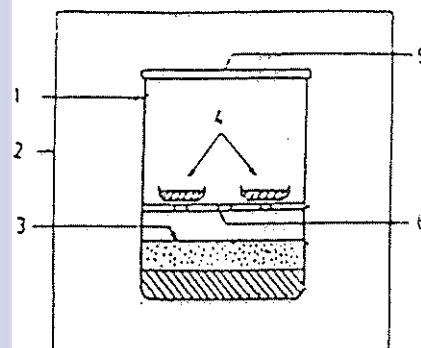
Masing-masing garam dimasukkan ke dalam desikator yang berisi air destilasi

Garam tidak larut lagi

Larutan garam jenuh (Rh 11 = 81%)

Gambar 13. Diagram alir pembuatan larutan garam jenuh.

Penelitian dilakukan dengan pendekatan adsorpsi dan desorpsi. Untuk pembuatan isoterm adsorpsi, digunakan dendeng sapi giling dengan kadar air $\pm 31\%$. Dendeng sapi untuk semua perlakuan dipotong kecil-kecil (± 2.0 cm), kemudian ditimbang dalam cawan aluminium yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukkan ke dalam desikator yang telah berisi larutan jenuh garam-garam tadi. Desikator kemudian disimpan dalam inkubator pada suhu $30 \pm 1^\circ\text{C}$. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada suhu $40 \pm 1^\circ\text{C}$ (Gambar 14, 15 dan 16).



Keterangan :

1. Desikator
2. Inkubator
3. Larutan garam jenuh
4. Wadah aluminium
5. Tutup desikator
6. Sekat yang berlubang

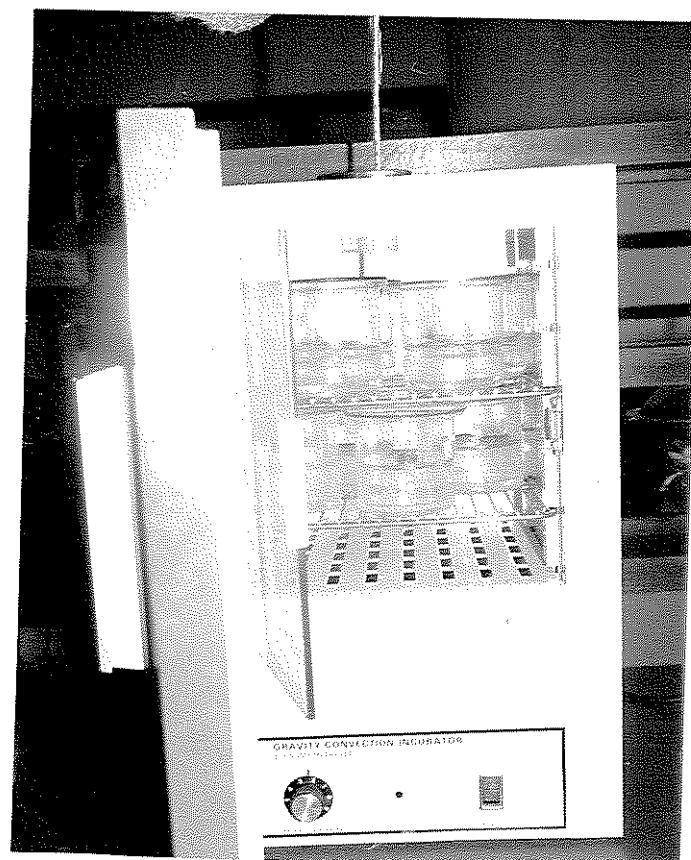
Gambar 14. Alat percobaan penentuan kadar air keseimbangan pada suhu dan Rh tetap.

Pengukuran dilakukan setiap 24 jam sekali, dimana wadah yang berisi dendeng sapi giling



ditimbang. Penimbangan dihentikan apabila keseimbangan telah tercapai yang ditunjukkan dengan tidak terjadinya perubahan berat atau adanya perubahan berat yang kecil sekali (0.005) (Syarief. R, 1993).

Dendeng sapi yang telah mengalami keseimbangan ditentukan kadar airnya dengan menggunakan metoda oven vakum (AOAC, 1970 di dalam Slamet, 1984) dengan cara memanaskannya pada suhu 105°C selama 3 jam, lalu didinginkan dalam desikator yang berisi



Gambar 15. Desikator di dalam inkubator 30°C .

silika gel dengan tujuan untuk menyerap uap air dari bahan selama 15 menit, ditimbang. Kadar air keseimbangan didapat jika perubahan berat lebih kecil dari 0.0005 (AOAC, 1979 di dalam Slamet. S, 1984). Kadar air keseimbangan bahan ditetapkan berdasarkan basis kering (% bk) :

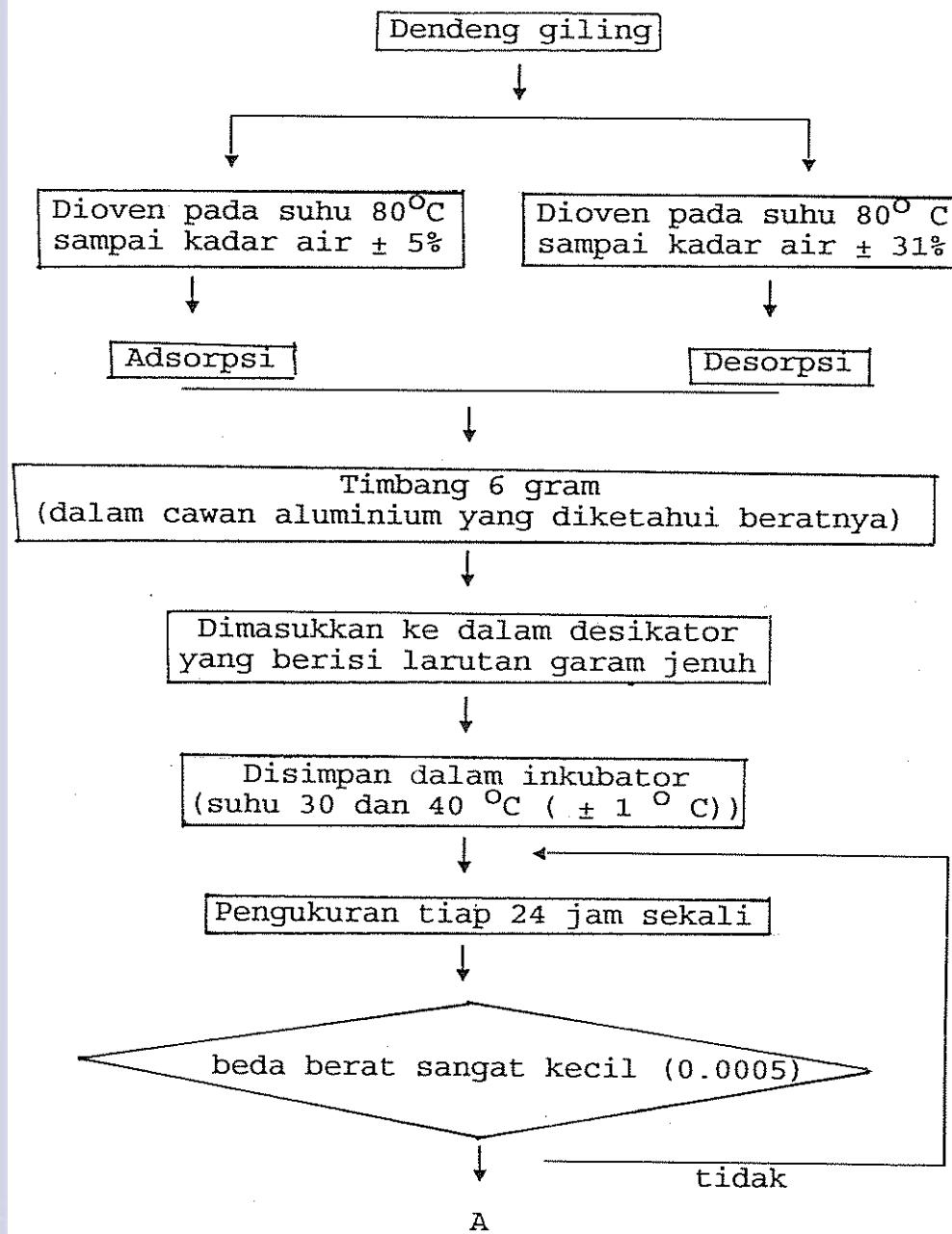
$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat akhir}} \times 100 \%$$

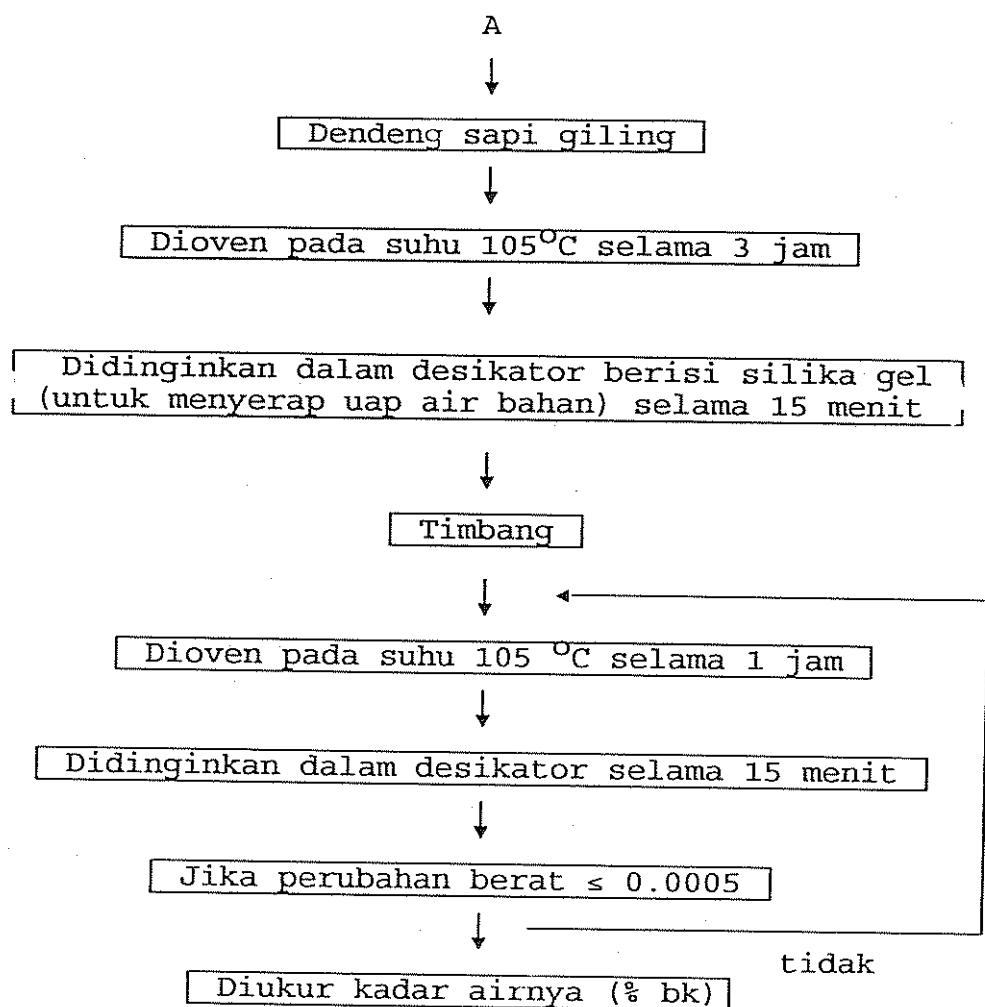


Gambar 16. Desikator di dalam inkubator suhu 40°C.

Dua ulangan penentuan dilakukan untuk memperoleh kadar air keseimbangan setiap contoh pada setiap suhu. Maka diperoleh berbagai nilai kadar

air dari dendeng sapi giling yang berkesimbangan dengan kelembaban relatif tertentu pada masing-masing suhu. Diagram alir metoda penelitian dapat dilihat pada Gambar 17.





Gambar 17. Diagram alir prosedur penelitian.

3. Penentuan Rh penelitian

Kelembaban relatif (Rh) yang diinginkan diperoleh dengan menggunakan larutan garam jenuh. Percobaan ini menggunakan enam macam Rh yang dibuat dari enam macam larutan garam jenuh pada suhu 30°C dan 40 °C menurut percobaan Palipane dan Driscoll (1992) seperti pada tabel 3, 5 dan 6. Dimana pada

perlakuan adsorpsi Rh yang digunakan yaitu 32, 43, 62, 63.5, 75, 80 dan 81%. Sedangkan untuk perlakuan desorpsi Rh yang digunakan 11, 32, 43, 62, 63.5 dan 75%.

D. PENENTUAN MODEL SORPST TSOTERMI

Persamaan yang digunakan dalam menentukan model sorpsi isotermi adalah model Caurie, Bradley, Halsey, Oswin dan Chen-Clayton. Pemilihan ini didasarkan pada penelitian sebelumnya bahwa model ini cocok untuk kelembaban relatif antara 10 - 85%, sehingga mewakili ketiga daerah yang dibagi oleh Labuza.

Persamaan non linier dari persamaan yang ada dibuat dalam bentuk persamaan linier, sehingga dapat ditentukan nilai tetapannya atau konstantanya dengan menggunakan metoda kuadrat terkecil.

Persamaan Caurie dari persamaan (11) diubah menjadi

yang merupakan persamaan garis lurus dengan bentuk umum

$$Y = a + b X \quad \text{dimana} \quad$$

$$Y = \ln (Me) \quad ; \quad X = Aw$$

$$a = \ln P(1), \quad P(1) = e^{ks} (a)$$

$$b = -P(2)$$



Dengan menggunakan metoda kuadrat terkecil akan didapatkan nilai konstanta $P(1)$ dan $P(2)$ yaitu :

$$b = \frac{n (\sum X_i Y_i) - ((\sum X_i) (\sum Y_i))}{n (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \dots \dots /17/$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \dots \dots \dots \dots /18/$$

Persamaan Bradley dari persamaan (12) diubah menjadi bentuk linier, yaitu :

$$\log (\ln(1/A_w)) = \log P(2) + \log P(1) M_e \dots \dots \dots \dots /19/$$

dimana : $Y = \log (\ln(1/A_w))$ dan $X = M_e$

$$a = \log P(2) \text{ dan } b = \log P(1)$$

Persamaan Halsey dari persamaan (13) diubah menjadi persamaan sebagai berikut :

$$\ln (1/A_w) = P(1) / M_e + P(2) \dots \dots \dots \dots /20/$$

$$\log (\ln(1/A_w)) = \log P(1) - P(2) \log M_e \dots \dots \dots \dots /21/$$

dimana : $Y = \log (\ln(1/A_w))$ dan $X = \log M_e$

$$a = \log P(1), \quad P(1) = 10^a$$

$$b = -P(2)$$

Persamaan Oswin dari bentuk

$$M_e = P(1) \times (A_w / (1 - A_w)) + P(2) \dots \dots \dots \dots /22/$$

diubah menjadi bentuk sebagai berikut :

$$\ln M_e = \ln P(1) + P(2) \ln (A_w / (1 - A_w)) \dots \dots \dots \dots /23/$$

dimana : $Y = \ln M_e$ dan $X = \ln (A_w / (1 - A_w))$

$$a = \ln P(1) \text{ dan } b = P(2)$$

Persamaan Clen-Clayton dari persamaan (14) diubah menjadi bentuk linier adalah sebagai berikut :

$$\ln(\ln(1/A_w)) = \ln P(1) - P(2) Me \dots \dots \dots /24/$$

dimana : $Y = \ln M_e$ dan $X = \ln (Aw / (1 - Aw))$

a = $\ln P(1)$ dan b = $-P(2)$

Persamaan GAB dari persamaan (15) diubah menjadi bentuk linier adalah sebagai berikut :

$$\frac{Aw}{Me} = \frac{1}{C K Ws} + \frac{(CK-2K)}{C K Ws} Aw + \frac{(K^2-CK^2)}{C K Ws} Aw^2 \dots \dots /25/$$

dimana : $X_1 = Aw$; $X_2 = Aw^2$; $Y = Aw/M\epsilon$

$$b_0 = \frac{1}{C \ K \ W_s} ; \ b_1 = \frac{(CK - 2K)}{C \ K \ W_s} ; \ b_2 = \frac{(K^2 - CK^2)}{C \ K \ W_s}$$

Untuk mencari nilai b_0 , b_1 dan b_2 digunakan persamaan linier simultan :

$$n b_0 + b_1 \sum X_1 i + b_2 \sum X_2 i = \sum Y i$$

$$b_0 + b_1 \sum x_1 i + b_2 \sum x_1 i^2 + b_3 \sum x_1 x_2 = \sum x_1 i y_i$$

$$b_0 \Sigma X_2 i + b_1 \Sigma X_1 X_2 + b_2 \Sigma X_2 i^2 = \Sigma X_2 i Y_i$$

Setelah nilai b_0 , b_1 dan b_2 didapat, selanjutnya dapat dibuat persamaan umum M_e sebagai fungsi aktivitas air (A_w), sehingga dari persamaan ini konstanta C , K dan W_s diperoleh.

E. UJI KETEPATAN MODEL

Untuk menguji ketepatan suatu persamaan sorpsi isotermi, digunakan kriteria modulus deviasi (P) yaitu:

$$P_{\text{var}} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|M_i - M_{\text{pi}}|}{M_i} \quad \dots \dots \dots /26/$$

dimana : M_i = kadar air hasil penelitian

M_{pi} = kadar air hasil dugaan persamaan yang dihasilkan

n = jumlah data

Jika $P < 5$ maka persamaan yang dievaluasi dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya atau sangat tepat, jika $5 < P < 10$ maka persamaan yang dievaluasi agak tepat dan jika $P > 10$ maka persamaan yang dievaluasi tidak menggambarkan keadaan yang sebenarnya (Lamauro, 1984).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. KADAR AIR KESEIMBANGAN DENDENG SAPT GITING

Penentuan kadar air keseimbangan dendeng sapi giling dilakukan dengan metoda statis pada dua tingkat suhu yaitu suhu 30°C dan 40°C dan masing-masing suhu terdiri dari kelembaban relatif (Rh) 32, 43, 62, 63.5, 75, 80, 81% untuk adsorpsi, Rh 11, 32, 43, 62, 63.5, 75% untuk desorpsi.

Data yang diperoleh merupakan data perubahan berat menurut interval waktu sampai mencapai keadaan keseimbangan pada kondisi suhu dan Rh tertentu, yaitu bila perubahan berat yang terjadi lebih kecil atau sama dengan 0.005. Penelitian tersebut dilakukan satu kali dengan dua contoh ulangan. Rata - rata kadar air keseimbangan yang dapat disajikan pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Kadar air keseimbangan dendeng sapi giling secara adsorpsi pada berbagai suhu dan kelembaban relatif

Suhu 30°C		Suhu 40°C	
Rh (%)	Me (% bk)	Rh (%)	Me (% bk)
32	9.257	32	8.417
43	11.500	43	10.248
63.5	21.385	62	21.095
75	29.736	75	29.000
81	35.760	80	33.517

Tabel 6. Kadar air keseimbangan dendeng sapi giling secara desorpsi pada berbagai suhu dan kelembaban relatif

Suhu 30°C			Suhu 40°C		
Rh (%)	Me (% bk)	Rh (%)	Me (% bk)		
11	6.522	11	5.512		
32	9.480	32	8.843		
43	13.150	43	12.124		
63.5	22.929	62	22.010		
75	30.767	75	30.000		

Berdasarkan data kadar air keseimbangan pada Tabel 5 dan Tabel 6 dapat dikatakan bahwa semakin meningkatnya kelembaban relatif akan menyebabkan kadar air keseimbangan akan meningkat. Misalnya pada Tabel 5, kenaikan Rh dari 32% sampai 43% pada suhu tetap (30°C) akan menaikkan kadar air keseimbangan dari 9.257% (bk) menjadi 11.500 % (bk). Hal ini disebabkan karena lingkungan yang banyak mengandung uap air mengakibatkan migrasi uap air ke bahan lebih besar yaitu untuk mencapai kadar air keseimbangan dengan lingkungannya.

Selama mencapai kadar air keseimbangan terjadi proses adsorpsi dan desorpsi. Dimana pada proses adsorpsi terjadi pengikatan kadar air bahan selama mencapai keseimbangan, hal ini disebabkan karena kelembaban relatif lingkungan lebih tinggi dari pada kelembaban relatif bahan. Sedangkan pada proses desorpsi terjadi penurunan kadar air keseimbangan bahan



selama mencapai keseimbangan, hal ini disebabkan karena kelembaban relatif lingkungan lebih rendah dari kelembaban keseimbangan bahan. Untuk bahan-bahan yang mengalami desorpsi, pada lingkungan yang banyak mengandung uap air (kelembaban relatifnya tinggi) menyebabkan bahan hanya sedikit melepaskan air sehingga kadar air keseimbangan lebih cepat dicapai.

Waktu yang dibutuhkan dendeng sapi giling untuk mencapai kadar air keseimbangan pada kelembaban relatif rendah lebih lama dibandingkan dengan kelembaban relatif lebih tinggi. Hal ini berlaku pada kedua metoda pendekatan baik itu secara adsorpsi maupun secara desorpsi.

Dari kedua tabel menunjukkan bahwa kadar air keseimbangan dendeng sapi giling secara desorpsi pada suhu dan Rh yang sama, lebih tinggi dari pada kadar air keseimbangan dendeng sapi giling secara adsorpsi. Hal ini sesuai dengan fenomena histeresis, dimana pada suhu dan aktivitas air yang sama mempunyai kadar air keseimbangan yang berbeda.

Pada Rh dipertahankan konstan maka kenaikan suhu konstan mengakibatkan penurunan kadar air bahan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6. Dimana pada Rh yang sama (32%) kadar air keseimbangan turun dari 9.257 % (bk) menjadi 8.417% (bk) (secara



adsorpsi) dan dari kadar air keseimbangan 9.480% (bk) menjadi 8.843% (bk) (secara desorpsi).

Kadar air keseimbangan tertinggi dari dendeng sapi giling diperoleh pada suhu 30°C dan Rh 81% (adsorpsi) sebesar 35.760% (bk). Sedangkan kadar air keseimbangan terendah diperoleh pada suhu 40°C pada Rh 11% (desorpsi) sebesar 5.512% (bk).

B. MODEL PERSAMAAN SORPSI ISOTERMI DENDENG SAPI GILING

Brooker et al (1974) menyatakan bahwa dalam prakteknya belum ada persamaan sorpsi isotermi yang cukup mewakili pada semua selang suhu dan kelembaban relatif. Persamaan yang diperoleh secara empiris mempunyai ketepatan yang lebih baik, maka dalam aplikasinya persamaan empiris lebih banyak digunakan.

Model-model persamaan sorpsi isotermi Caurie, Bradley, Halsey, Oswin, Clen-Clayton digunakan untuk mencari model yang cocok dalam menggambarkan sorpsi isotermi dendeng sapi giling. Nilai-nilai konstanta dari persamaan-persamaan yang dievaluasi berdasarkan metoda kuadrat terkecil seperti tertera pada Lampiran 1. Nilai-nilai konstanta tersebut dievaluasi pada kondisi suhu dan Rh yang berbeda secara adsorpsi maupun desorpsi.

Dengan diketahuinya nilai-nilai konstanta dari persamaan-persamaan tersebut di atas, maka dapat dibuat



bentuk modifikasi persamaan model persamaan Caurie, Bradley, Halsey, Oswin dan Clen-Clayton untuk suhu 30°C dan 40°C.

Tabel 7. Nilai - nilai konstanta persamaan adsorpsi isotermi dendeng sapi giling

Persamaan	Konstanta	Suhu 30°C	Suhu 40°C
Caurie (pers 16)	P(1) P(2)	3.611 - 2.811	3.083 - 2.999
Bradley (pers 19)	P(1) P(2)	0.940 1.845	0.940 1.765
Halsey (pers 21)	P(1) P(2)	16.558 1.201	11.803 1.103
Oswin (pers 23)	P(1) P(2)	14.541 0.636	13.640 0.680
Clen-Clayton (pers 24)	P(1) P(2)	1.839 0.062	1.756 0.062

Tabel 8. Nilai - nilai konstanta persamaan desorpsi isotermi dendeng sapi giling

Persamaan	Konstanta	Suhu 30°C	Suhu 40°C
Caurie (pers 16)	P(1) P(2)	4.641 - 2.487	3.908 - 2.718
Bradley (pers 19)	P(1) P(2)	0.927 2.729	0.927 2.576
Halsey (pers 21)	P(1) P(2)	21.330 1.250	14.859 1.144
Oswin (pers 23)	P(1) P(2)	16.451 0.503	15.549 0.550
Clen-Clayton (pers 24)	P(1) P(2)	2.724 0.076	2.578 0.076

Setelah menggunakan persamaan GAB (desorpsi) ternyata tidak didapatkan nilai konstantanya karena hasil persamaan bernilai akar negatif dan tidak semua bahan bisa menggunakan model persamaan GAB, dan pada kondisi penelitian ini, persamaan GAB untuk desorpsi tidak sesuai.

1. Dari persamaan Caurie dihasilkan :

$$* \ln M_e = \ln (3.083) + 2.999 \Delta w \quad /28/$$

2. Dari persamaan Bradley dihasilkan :

$$* Me = \frac{\log (\ln (1/Aw)) - \log 1.845}{\log 0.940} \dots \dots \dots /29/$$

$$* \text{ Me} = \frac{\log (\ln(1/A_w)) - \log 1.762}{\log 0.940} \dots \dots \dots /30/$$

3. Dari persamaan Halsey dihasilkan

$$* \log M_e = \frac{\log 16.558 - \log (\ln(1/A_w))}{1.201} \dots \dots /31/$$

$$* \log M_e = \frac{\log 11.803 - \log (\ln(1/A_w))}{1.103} \dots \dots /32/$$

4. Dari persamaan Oswin dihasilkan :

$$* \quad \text{Me} = 14.541 \quad (\text{Aw} / (1 - \text{Aw}))^{0.636} \quad \dots \dots \dots / 33/$$

$$* \quad \text{Me} = 13.640 \quad (\text{Aw} / (1 - \text{Aw}))^{0.680} \quad \dots \dots \dots / 34 /$$

5. Dari persamaan Chen-Clayton dihasilkan

$$* \text{ Me} = \frac{-\ln(\ln(1/A_w)) + \ln 1.839}{0.062} \dots \dots \dots /35/$$

$$- \ln (\ln (1/A_w)) + \ln 1.756$$

* Me = /36/

1. Dari persamaan Cauchy dihasilkan :

* $\ln M_e = \ln (4.641) + 2.487 Aw$ /37/

* $\ln M_e = \ln (3.908) + 2.718 \text{ Aw}$ /38/

2. Dari persamaan Bradley dihasilkan

$$* \text{ Me} = \frac{\log (\ln (1/A_w)) - \log 2.729}{\log 0.927} \dots \dots \dots /39/$$

$$* \text{ Me} = \frac{\log (\ln(1/A_w)) - \log 2.576}{\log 0.927} \dots \dots \dots /40/$$

3. Dari persamaan Halsey dihasilkan :

$$* \log M_e = \frac{\log 21.330 - \log (\ln(1/A_w))}{1.201} \dots \dots /41/$$

$$* \log M_e = \frac{\log 14.859 - \log (\ln(1/A_w))}{1.144} \dots \dots /42/$$

4. Dari persamaan Oswin dihasilkan

$$* \quad M_e = 16.451 \quad (A_w / (1 - A_w))^{0.503} \quad \dots \dots \dots / 43/$$

$$* \quad M_e = 15.549 \quad (A_w / (1 - A_w))^{-0.550} \quad /44/$$

5. Dari persamaan Chen-Clayton dihasilkan

$$* \text{ Me} = \frac{-\ln(\ln(1/Aw)) + \ln 2.724}{0.076} \text{, /45/}$$

$$= \ln(\ln(1/\Delta w)) + \ln 2.578$$

* Me = /46/



Untuk mengetahui ketepatan dari model-model yang dievaluasi, digunakan kriteria modulus deviasi (P). Nilai modulus deviasi (P) menunjukkan ketepatan suatu persamaan dalam menggambarkan sorpsi isotermi dari dendeng sapi giling. Jika nilai modulus deviasi (P) kurang dari lima, maka model tersebut sangat tepat dalam menggambarkan keadaan sorpsi isotermi yang sebenarnya. Bila nilai P antara lima dan sepuluh maka model persamaan tersebut kurang tepat dan bila P lebih besar dari sepuluh, maka model tersebut tidak tepat. Besarnya nilai modulus deviasi dari masing-masing persamaan dapat dilihat pada Tabel 9.

Apabila dijumpai lebih dari satu model persamaan yang memiliki nilai P lebih kecil dari lima, maka model yang terbaik adalah model dengan nilai P terkecil. Dengan melihat Tabel 9, persamaan yang tepat untuk dendeng sapi giling adsorpsi adalah model Caurie, Halsey dan Oswin. Dan untuk dendeng sapi giling desorpsi, model persamaan yang tepat adalah Caurie dan Halsey.

C. EVALUASI KURVA SORPSI ISOTERM

Tabel 9. Nilai modulus deviasi (P) dendeng sapi giling

Persamaan	Suhu (°C)	Adsorpsi	Desorpsi
Caurie	30	2.298	4.435
	40	4.380	3.569
Nilai P rata-rata		3.339	4.002
Bradley	30	6.860	20.530
	40	6.900	22.036
Nilai P rata-rata		6.880	21.283
Halsey	30	3.625	4.699
	40	6.041	5.029
Nilai P rata-rata		4.833	4.864
Oswin	30	3.120	10.290
	40	5.560	9.871
Nilai P rata-rata		4.340	10.080
Clen-Clayton	30	6.830	20.516
	40	6.851	22.069
Nilai P rata-rata		6.840	21.292

Dari keseluruhan model persamaan yang dievaluasi, maka model Caurie adalah model persamaan yang paling tepat untuk kedua perlakuan (adsorpsi maupun desorpsi), hal ini diperoleh karena nilai modulus deviasi pada model persamaan Caurie adalah terkecil. Nilai modulus



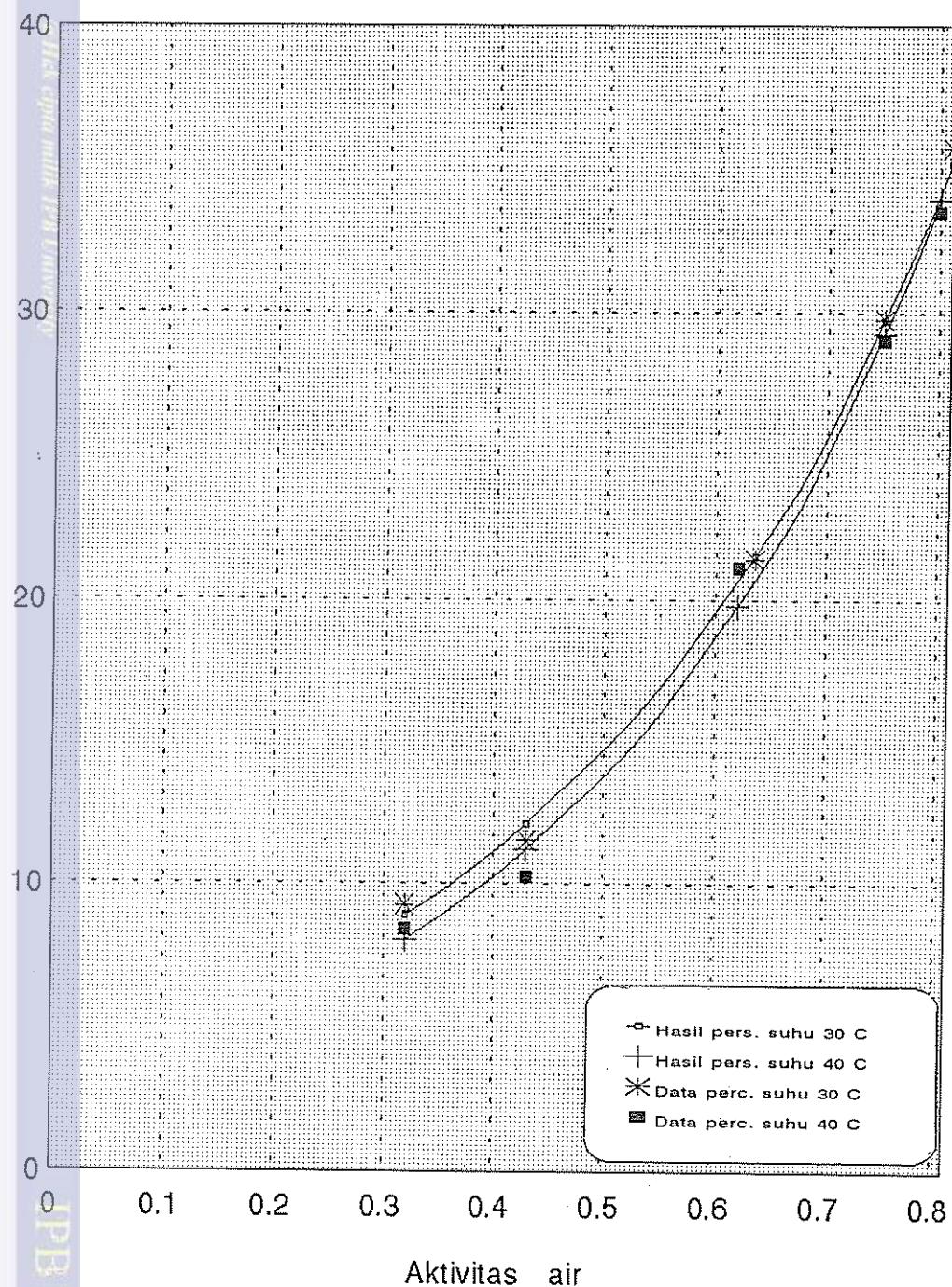
deviasi (P) untuk model persamaan GAB (adsorpsi) pada suhu 30°C dan 40°C sebesar 5.495 dan 6.177.

Kurva sorpsi adsorpsi isotermi dendeng sapi giling dapat dilihat pada Gambar 18 sampai 22, sedangkan kurva desorpsi isotermi dendeng sapi giling dapat dilihat pada Gambar 23 sampai 27. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa secara umum kenaikan suhu pada Rh konstan akan menggeser kurva sorpsi isotermi ke bawah sehingga terjadi penurunan kadar air keseimbangan bahan. Demikian juga sebaliknya, jika suhu diturunkan dengan Rh konstan maka kurva sorpsi isotermi akan bergeser ke atas, sehingga kadar air keseimbangan akan bertambah.

Pada gambar-gambar di atas terlihat bahwa peningkatan kelembaban relatif atau aktivitas air pada suhu tetap akan mengakibatkan kadar air keseimbangan semakin tinggi, misalnya pada Gambar 18 terlihat kenaikan kadar aktivitas air dari 0.32 - 0.81 pada suhu 30°C akan menyebabkan naiknya kadar air keseimbangan dari 8.877% (bk) menjadi 35.195% (bk).

Pada Gambar 28 dan 29 dapat dilihat fenomena histeresis, yaitu pada suhu dan Rh yang sama dihasilkan kadar air keseimbangan yang berbeda. Dimana kadar air keseimbangan dengan metoda pendekatan dengan cara desorpsi lebih tinggi dari pada dengan cara adsorpsi.

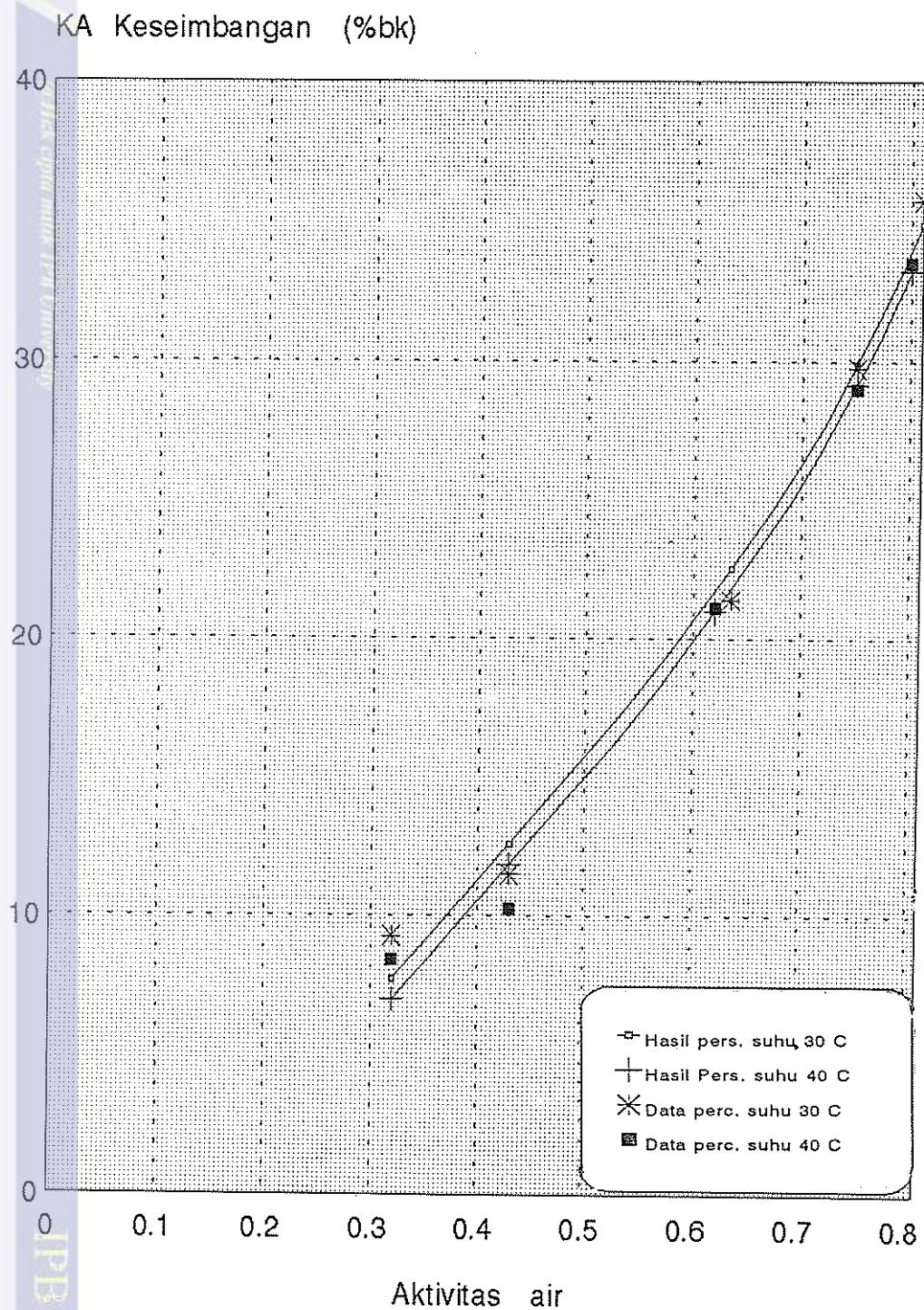
KA Keseimbangan (%bk)



Gambar 18. Kurva adsorpsi model Caurie

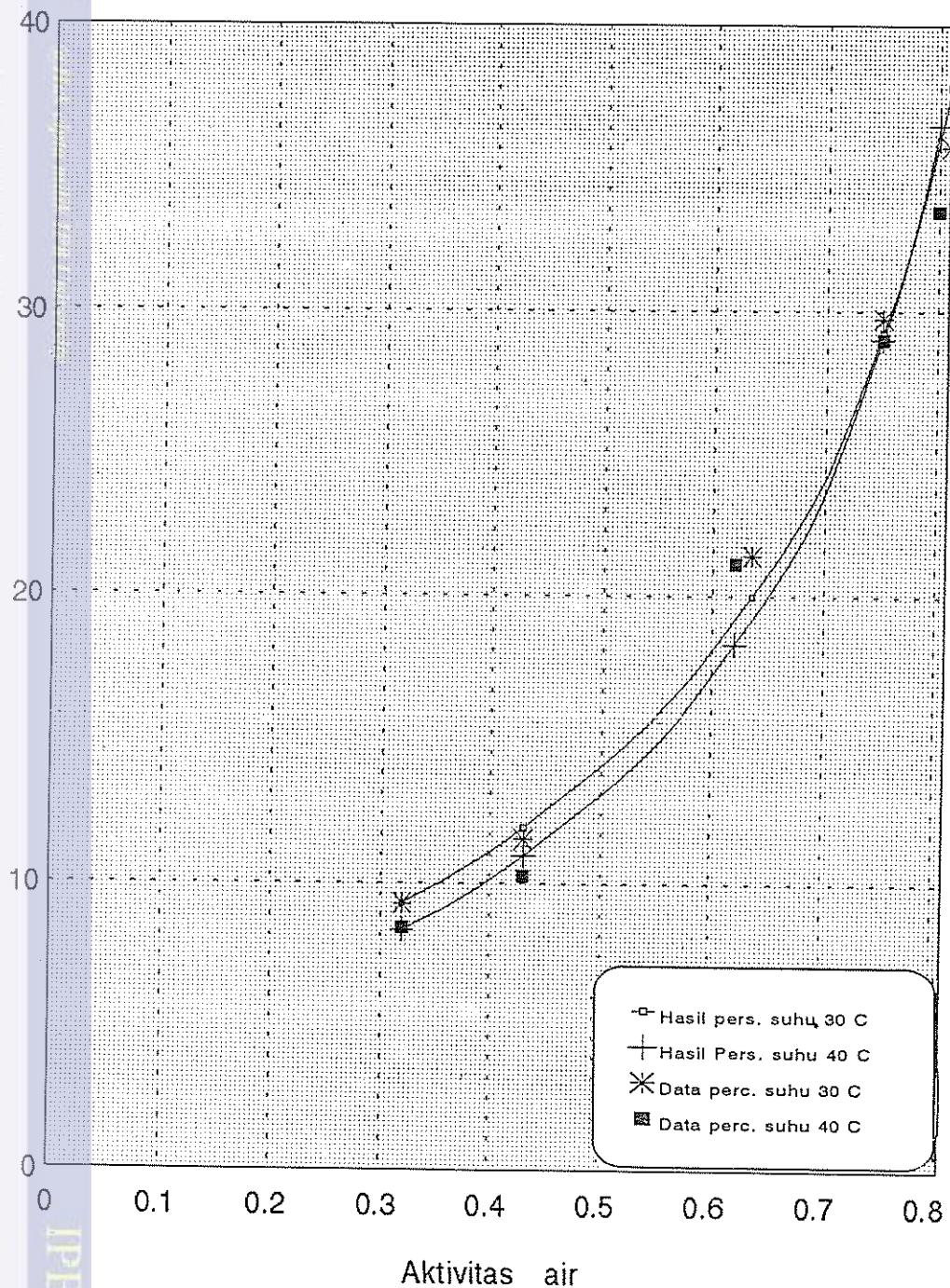


Hasil Cetak Mahasiswa Jurusan Pertanian
1. Diketahui massa tumbuhan sebesar 100 g dan massa tanah sebesar 100 g. Jika massa tanah dan massa tumbuhan sama-sama
a. Pengaruh massa tanah terhadap kapasitas penyerapan massa tanah pada tanah
b. Pengaruh massa tanah terhadap kapasitas penyerapan massa tanah pada tanah
2. Diketahui massa tanah sebesar 100 g dan massa tumbuhan sebesar 100 g. Jika massa tanah dan massa tumbuhan
a. Pengaruh massa tanah terhadap kapasitas penyerapan massa tanah pada tanah
b. Pengaruh massa tanah terhadap kapasitas penyerapan massa tanah pada tanah



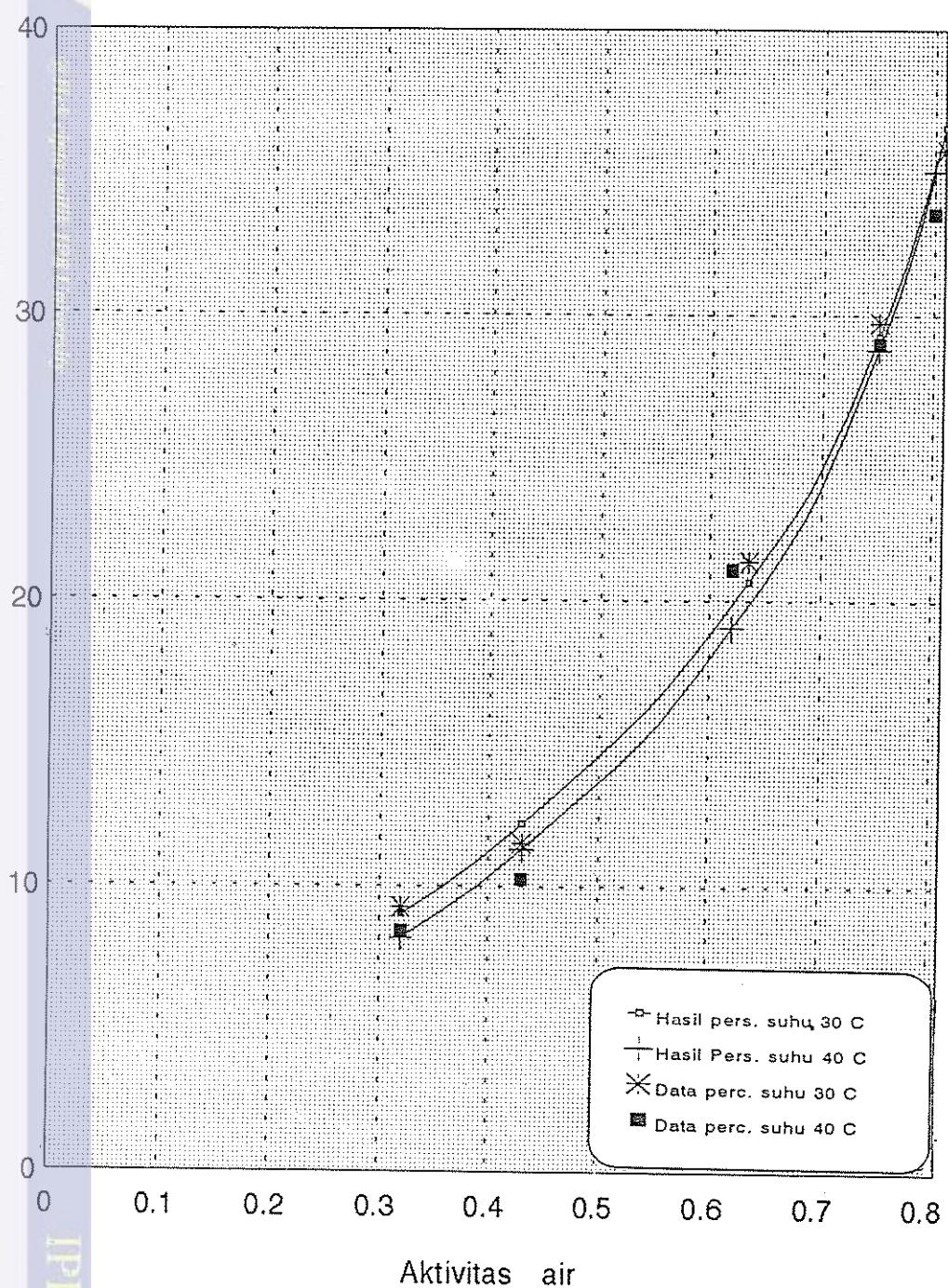
Gambar 19. Kurva adsorpsi model Bradley

KA Keseimbangan (%bk)



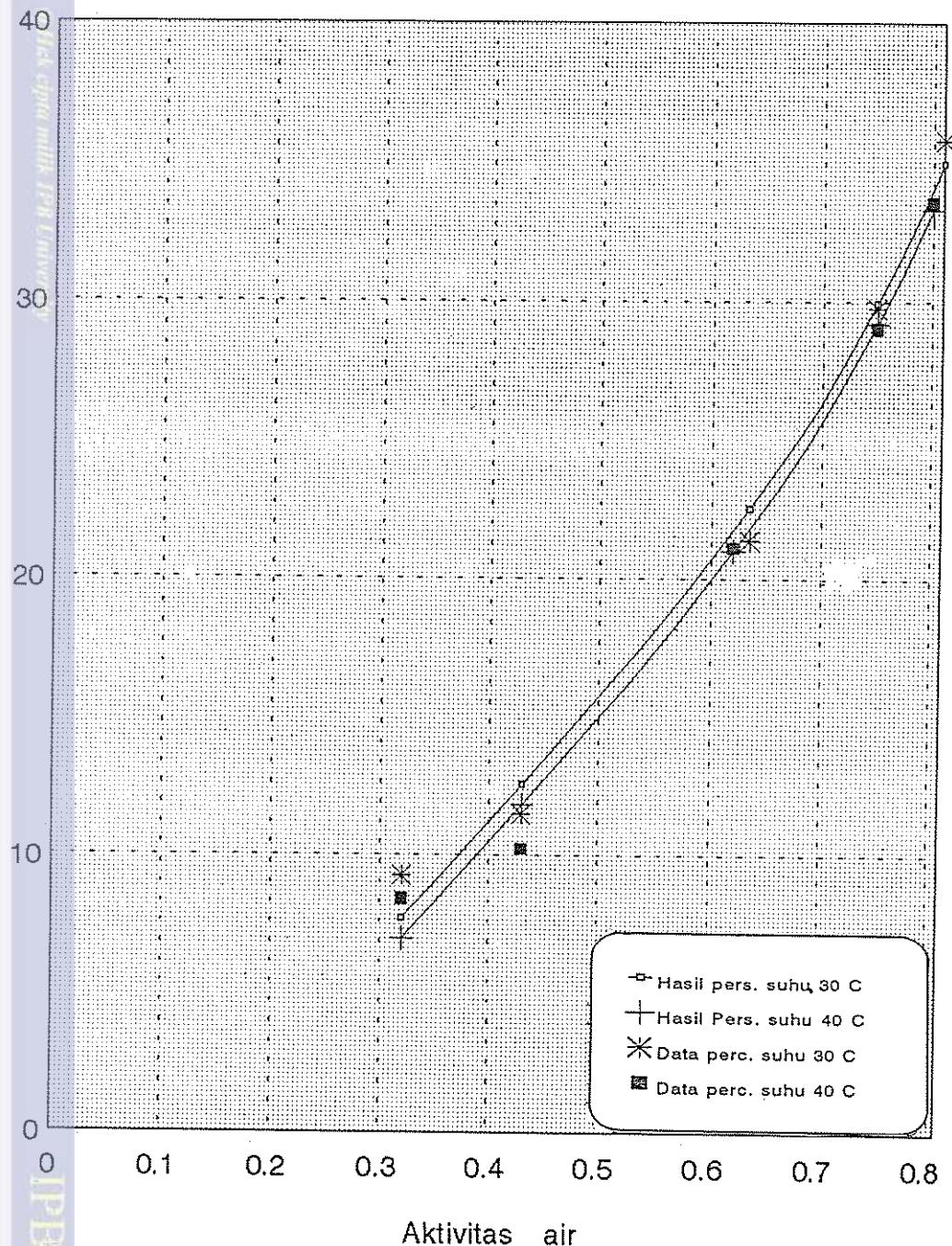
Gambar 20. Kurva adsorpsi model Halsey

KA Keseimbangan (%bk)



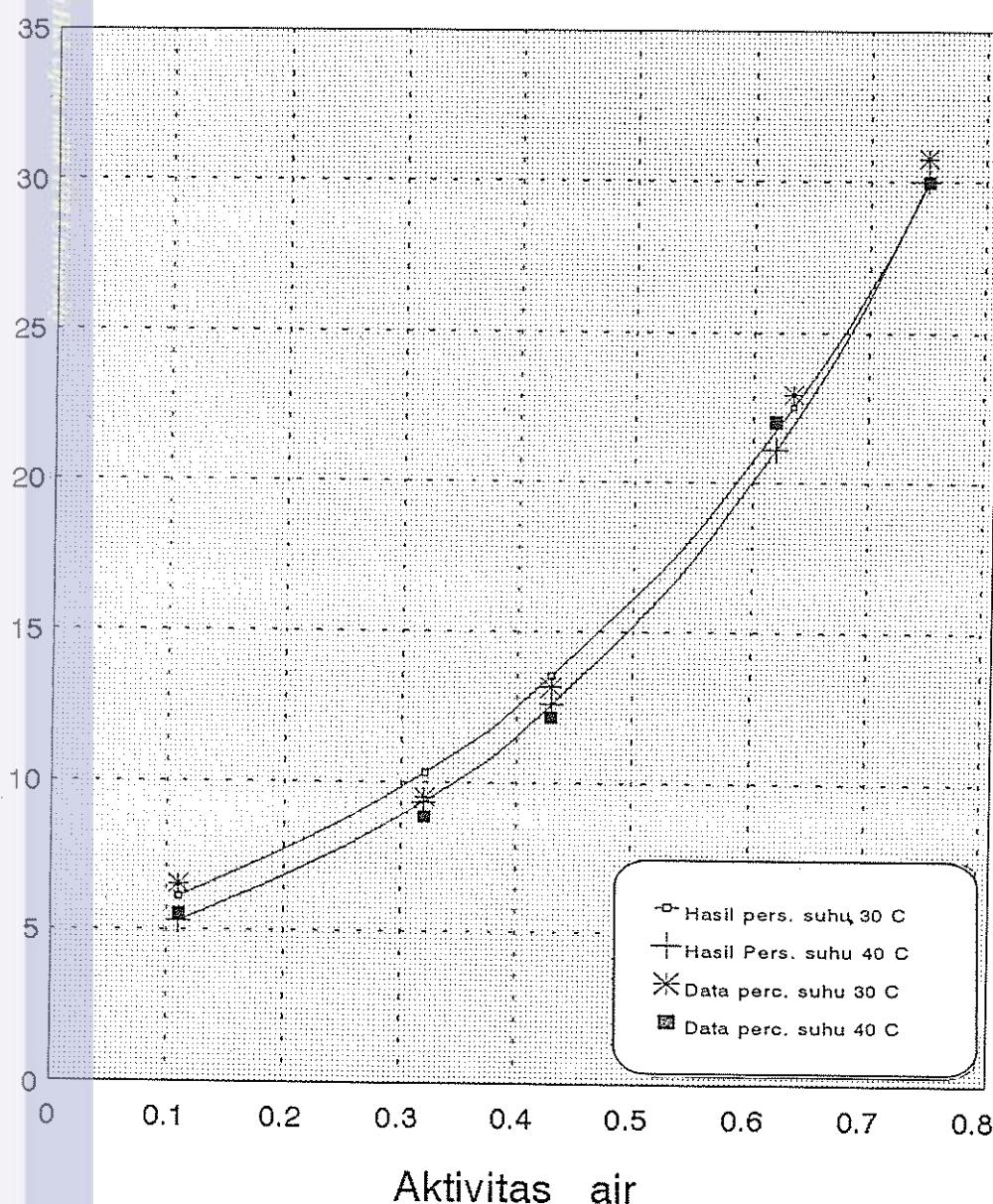
Gambar 21. Kurva adsorpsi model Oswin

KA Keseimbangan (%bk)



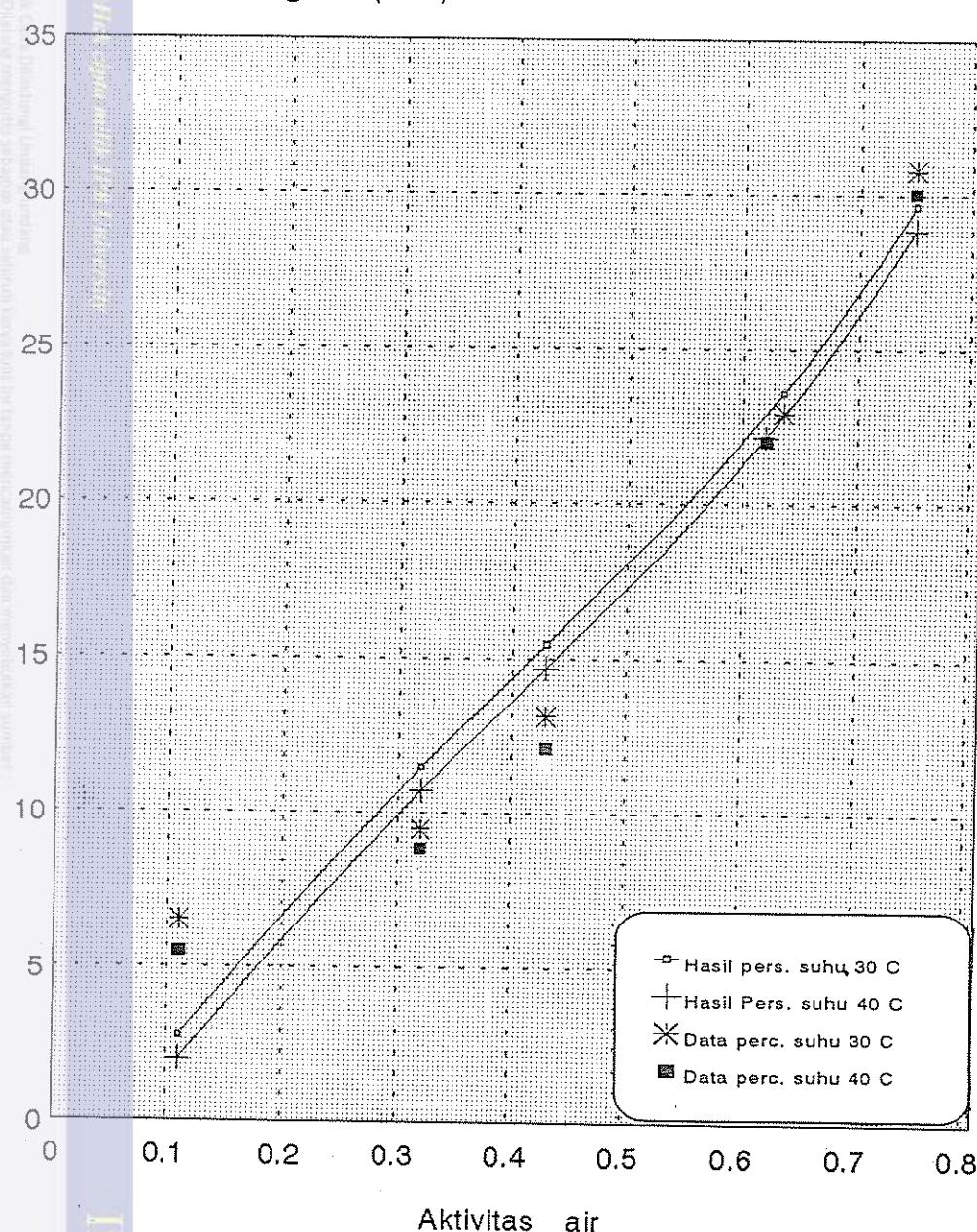
Gambar 22. Kurva adsorpsi model Clen-Cleyton

KA Keseimbangan (%bk)



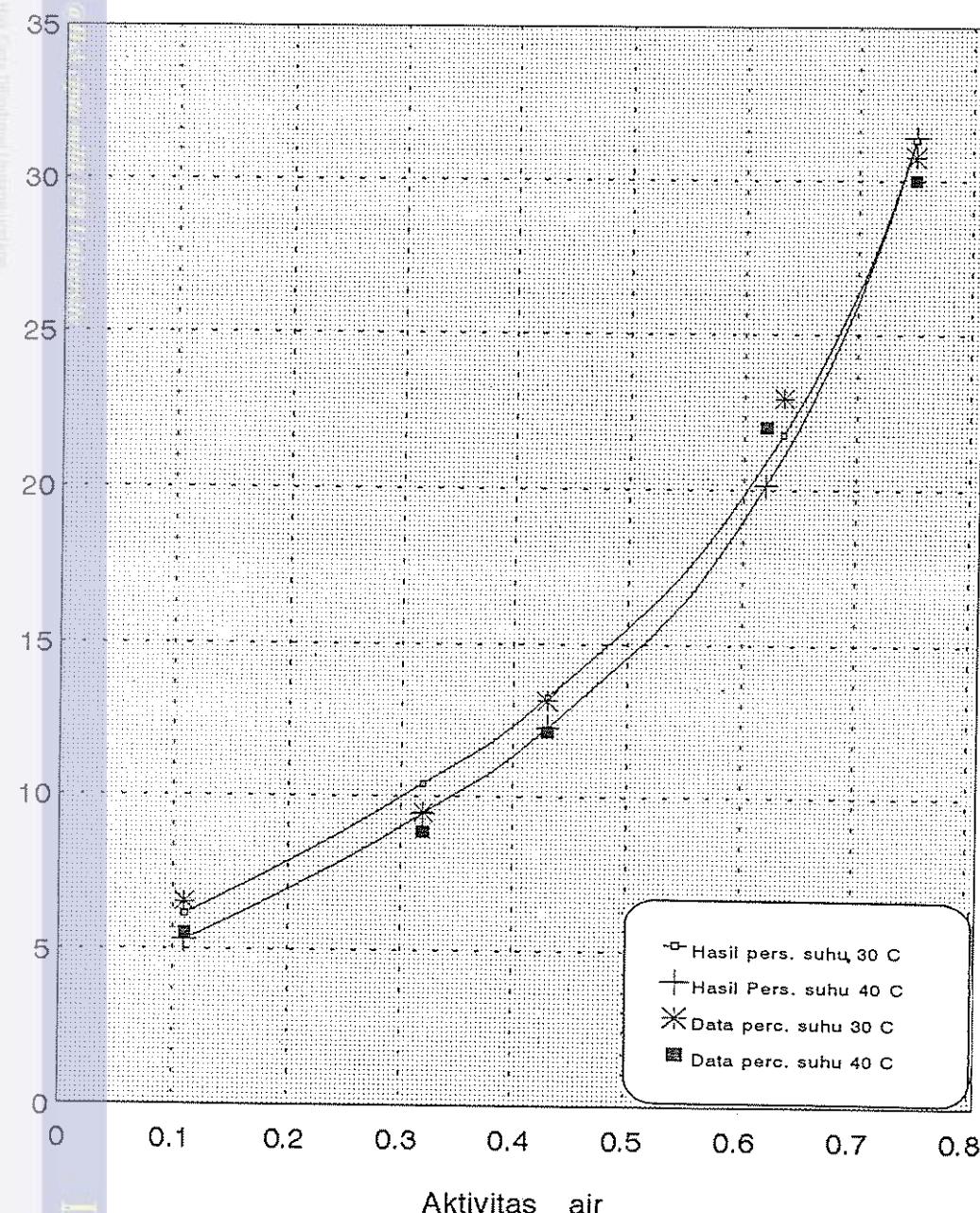
Gambar 23. Kurva desorpsi model Caurie

KA Keseimbangan (%bk)

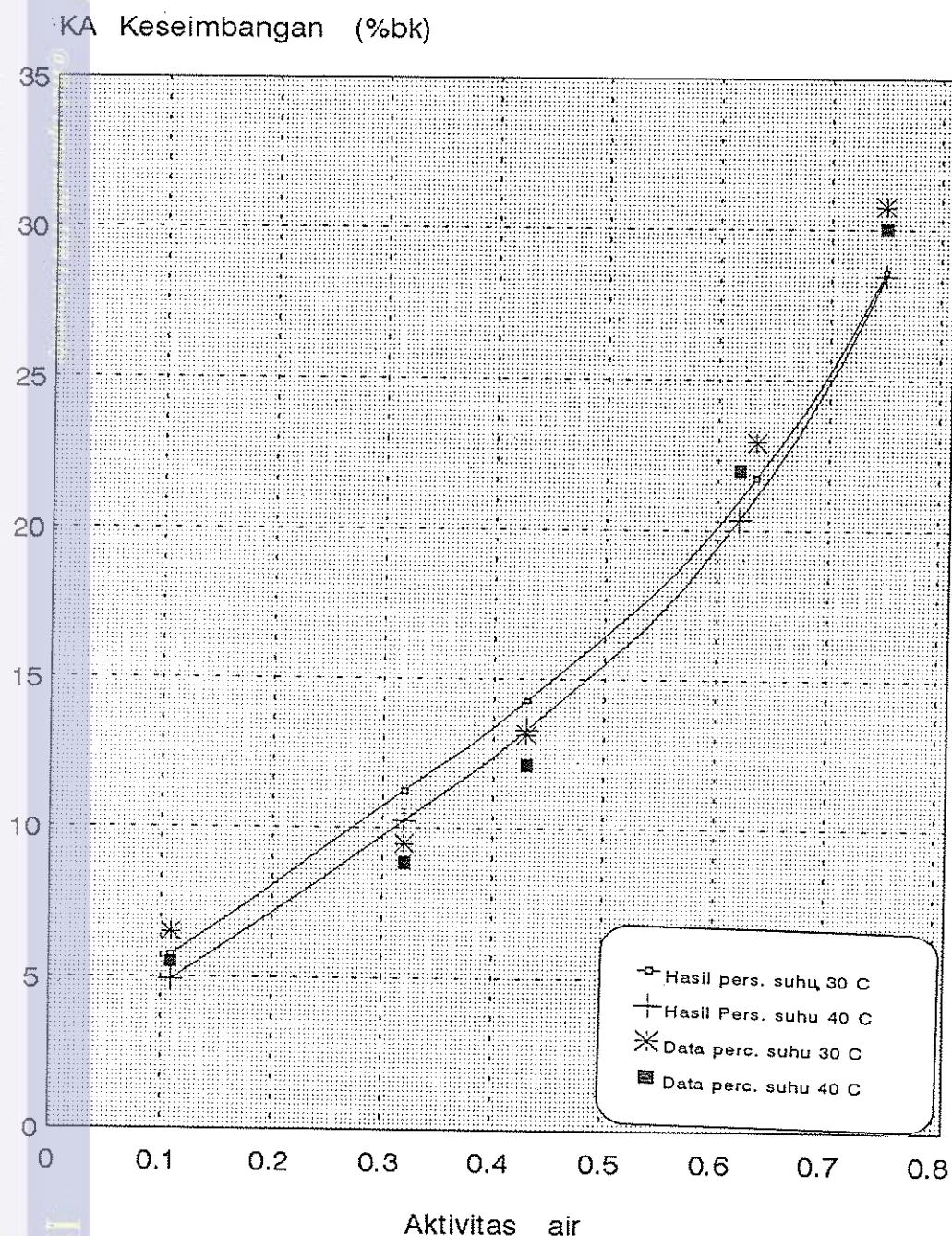


Gambar 24. Kurva desorpsi model Bradley

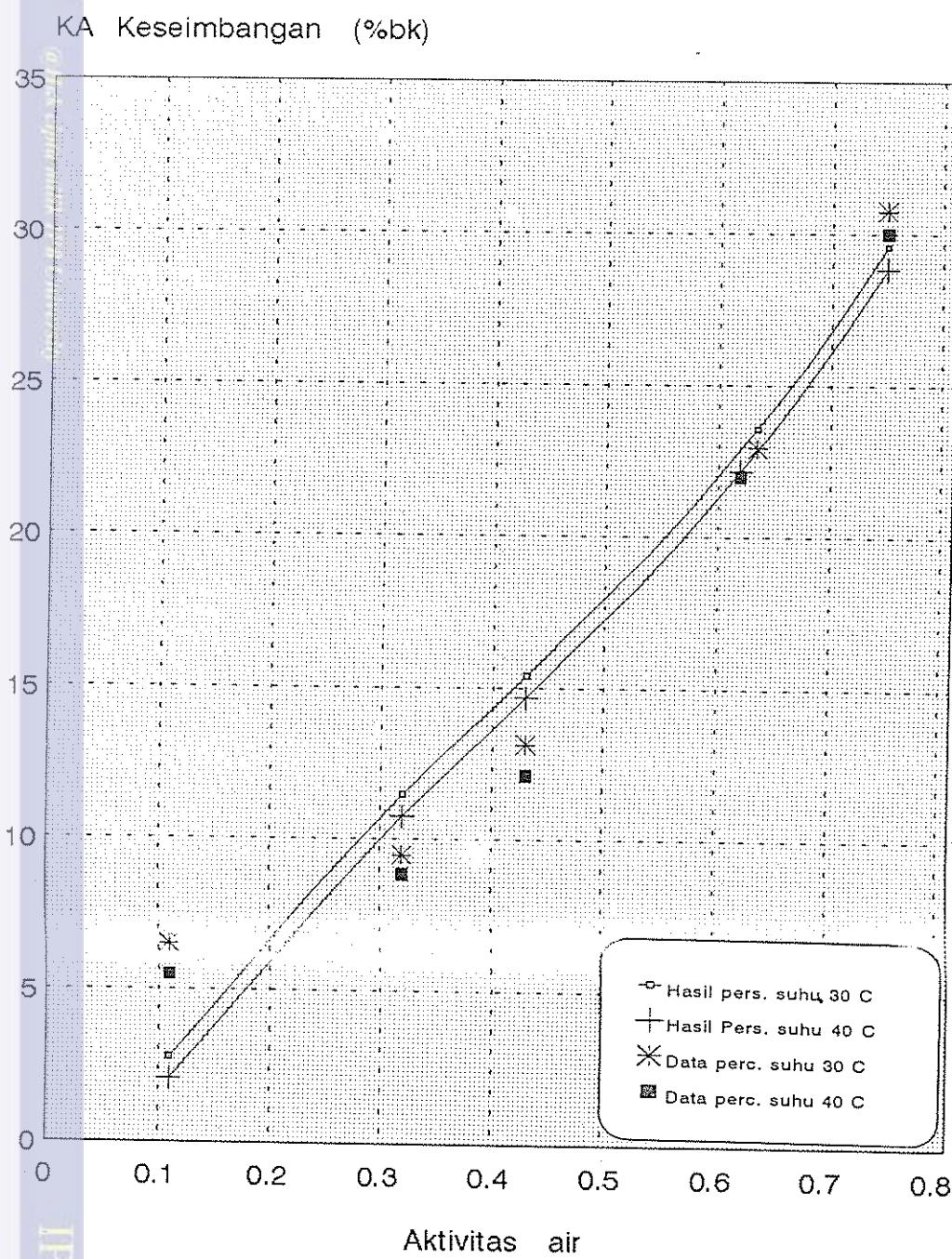
KA Keseimbangan (%bk)



Gambar 25. Kurva desorpsi model Halsey

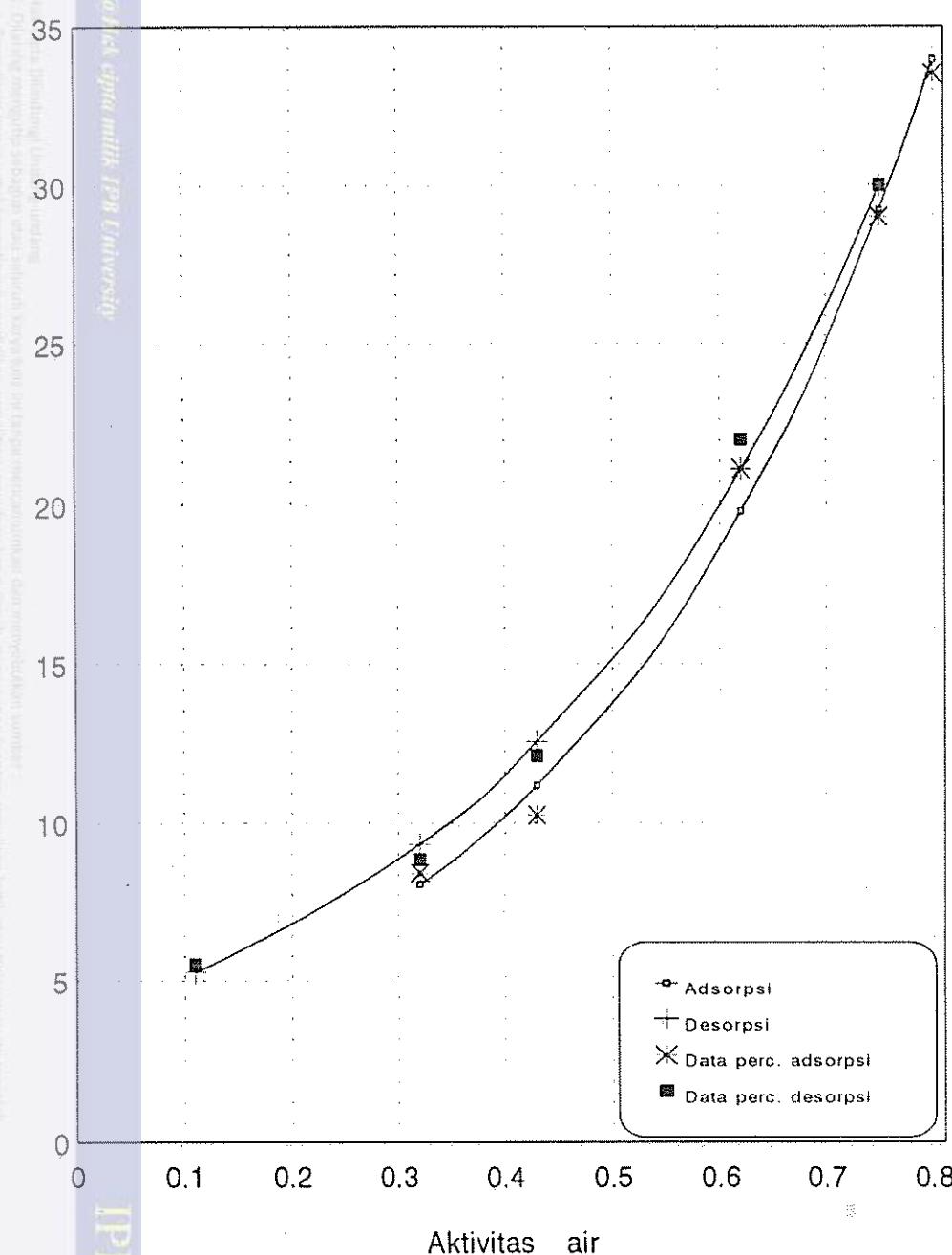


Gambar 26. Kurva desorpsi model Oswin



Gambar 27. Kurva desorpsi model Clen-Cleyton

KA Keseimbangan (%bk)



Gambar 29. Kurva sorpsi isoterme model Caurie pada suhu 40°C



Dari Gambar 18 sampai Gambar 29 dapat dilihat secara umum bahwa kurva sorpsi isotermi dendeng sapi giling baik itu adsorpsi maupun desorpsi berada pada daerah multilayer (daerah B seperti pada Gambar 2), untuk Gambar 24 dan 27 bentuk kurva adalah sigmoid. Pada Gambar 20, 23 dan 25 terjadi keadaan dimana kurva pada suhu 30°C bersinggungan dengan kurva pada suhu 40°C. Hal ini dapat disebabkan karena pengukuran Rh dari data sekunder (pengukuran tidak langsung), karakteristik bahan (terjadinya reaksi Maillard), kurangnya data penelitian Rh yang lebih bervariasi.

D. PENGARUH RH DAN SUHU TERHADAP KADAR AIR KESEIMBANGAN DENDENG SAPI GILING

Untuk melihat pengaruh Rh dan suhu terhadap kadar air keseimbangan maka dapat dilakukan pengujian secara statistik dengan analisa ragam yaitu klasifikasi dua arah. Analisa ragam tersebut dipilih karena dapat menjelaskan hubungan antara Rh dan suhu.

Pengaruh perbedaan suhu dan Rh pada kadar air keseimbangan dendeng sapi giling dapat dilihat pada Lampiran 4 dan 5. Dari Lampiran 4 terlihat bahwa f hitung dari nilai tengah baris (Rh) dan nilai tengah kolom (suhu) yaitu 927.773 dan 10.527 mempunyai nilai lebih besar dari pada f tabel yang bernilai 6.39 dan 7.71 pada taraf nyata 0.05. Ini berarti bahwa

perbedaan Rh dan suhu pada pendekatan secara adsorpsi sangat berpengaruh terhadap kadar air keseimbangan adsorpsi dendeng sapi giling. Pada Lampiran 5, terlihat bahwa f_{hitung} dari nilai tengah baris (Rh) dan nilai tengah kolom (suhu) yaitu 14513.714 dan 135.714 mempunyai nilai lebih besar dari pada f tabel yang bernilai 6.39 dan 7.71 pada taraf nyata 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa suhu dan Rh sangat berpengaruh terhadap kadar air keseimbangan desorpsi dendeng sapi giling.

Salah satu bentuk penerapan model sorpsi isotermi adalah untuk menduga suhu dan kadar air keseimbangan dendeng sapi giling baik itu kadar air keseimbangan adsorpsi maupun desorpsi bila disimpan pada kondisi Rh tertentu. Syarieff. R (1993) mengatakan kisaran Rh yang paling aman untuk penyimpanan adalah pada Rh 20 - 50% (bk). Sedangkan menurut Atmawinata (1979) kadar air bahan pangan yang baik untuk penyimpanan adalah apabila maksimumnya sama dengan kadar air keseimbangan dengan Rh 70%.

Nilai kadar air keseimbangan adsorpsi dan desorpsi yang diperoleh dengan menggunakan metoda Caurie pada suhu 30 dan 40°C bila Rh ruang penyimpanan sebesar 55% yaitu sebesar :

* Adsorpsi	16.946% (bk) pada suhu 30°C
	16.046% (bk) pada suhu 40°C
* Desorpsi	18.226% (bk) pada suhu 30°C
	17.425% (bk) pada suhu 40°C

Dari nilai kadar air keseimbangan yang diperoleh di atas dapat dilihat bahwa nilai yang dihasilkan tidak berbeda jauh dari pendekatan adsorpsi maupun desorpsi. Hal ini berarti dengan menggunakan metoda adsorpsi maupun desorpsi akan diperoleh kadar air keseimbangan sekitar 16 sampai 18% (bk).



A. KESIMPULAN

1. Model - model persamaan sorpsi isotermi yang di evaluasi yaitu Caurie, Bradley, Halsey, Oswin, Clen-Cleyton dan GAB dan dari perhitungan modulus deviasi ternyata model yang paling tepat diantara keenam model tersebut di atas untuk menggambarkan adsorpsi dan desorpsi dendeng sapi giling adalah model Caurie dimana persamaan yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\ln M_e = \ln P(1) - P(2) Aw$$

Untuk adsorpsi isotermi adalah :

- Suhu 30°C $\ln M_e = \ln (3.611) + 2.811 Aw$
- Suhu 40°C $\ln M_e = \ln (3.083) + 2.999 Aw$

Untuk desorpsi isotermi adalah :

- Suhu 30°C $\ln M_e = \ln (4.641) + 2.487 Aw$
- Suhu 40°C $\ln M_e = \ln (3.908) + 2.718 Aw$

2. Kenaikan Rh pada suhu yang sama akan menaikkan kadar air keseimbangan dendeng sapi demikian juga sebaliknya. Penurunan suhu pada Rh yang sama akan menaikkan kurva sorpsi isotermi, dengan demikian bertambah juga kadar air keseimbangan dendeng sapi giling.

V. KESIMPULAN DAN SARAN



3. Pada proses desorpsi, pada kondisi suhu dan Rh yang sama mempunyai kadar air keseimbangan yang lebih tinggi dari kadar air keseimbangan adsorpsi.
4. Model persamaan GAB untuk dendeng sapi giling pada kondisi penelitian ini tidak dapat digunakan (khususnya untuk cara desorpsi).
5. Berdasarkan analisa ragam dengan klasifikasi dua arah dapat disimpulkan bahwa suhu dan Rh sangat mempengaruhi kadar air keseimbangan dendeng sapi giling.

B. SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan Rh pengukuran langsung yang lebih bervariasi, agar penyimpanan yang diperoleh dari model yang didapat relatif kecil atau diperoleh dari model yang didapat relatif kecil atau sesuai dengan kurva sorpsi isotermi secara teoritis.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan tingkat suhu yang lebih bervariasi yang lebih kecil dari 30°C dan lebih tinggi dari 40°C agar dapat diperoleh perbedaan kadar air keseimbangan yang lebih nyata. Dimana pada suhu 30°C dan 40°C pada kondisi Rh yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf nyata 0.01.

3. Perlu dibuat program komputer mengenai peningkatan dan penurunan kadar air dendeng sapi giling selama penyimpanan pada kondisi statis yang dapat digunakan pada berbagai tingkat suhu dan Rh.



DAFTAR PUSTAKA

- AMIF. 1960. The Science of Meat and Meat Products. W.H. Freeman and Co. San Fransisco.
- Benado dan Rizvi. 1985. Thermodynamis properties of water on rice as calculated from reversible and irreversible isoterm. J. Food Sci. 50 : 101 - 105.
- Biro Pusat Statistik. 1991. Statistik Indonesia. Jakarta.
- Briggs, G.M. 1985. Muscle foods and human health. Food Tech. 39(2) : 54.
- BPPTP. 1983. Seri Teknologi Pangan II. IPB. Bogor.
- Brooker et al., 1974. Drying Cereal Grain. The AVI Pub. Co. Inc. Westport, Connecticut.
- Buckle et al., 1985. Food Science, Terjemahan, H. Purnomo dan Adiono. Ilmu Pangan. UI-Press. Jakarta.
- Buckle dan H. Purnomo. 1986. Measurement of non-enzymic browning reaction of dehidrated and intermediate moisture meat . J.Sci. Food and Agric. 37 : 165.
- Desroir, N.W. 1977. Meat Technology, Elements of Food Technology. The AVI Publishing Company, Inc., Westport Connecticut.
- Dewi Natalia. 1992. Pembuatan dan penyimpanan dendeng lemuru. Skripsi. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor.
- Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI. 1981. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Bhratara Karya Aksara. Jakarta.

- Dumanaw, F. M. 1991. Penentuan model sorpsi isotermi cabe merah (*Capsicum annuum* L) dengan metoda dinamis. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Handoko, K. 1988. Perubahan nilai gizi protein dendeng sapi selama penyimpanan terhadap suhu ruang. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Heldman, D. R. dan R. P. Sing. 1981. Food Process Engineering. 2nd Edition. The AVI Publishing Company Inc. Westport. Connecticut.
- Helen, H.J. dan Gilbert, S.G. 1985. Moisture sorption of dry bakery product by invers gas chromatography. J. Food Sci. 50 : 454 - 457.
- Handerson dan Perry. 1976. Agricultural Process Engineering. The Avi Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.
- Isse et al.,. 1983. Devived sorption isoterm concept an alternative way to describe sorption isoterm data. J. Food Process Engineering. 16 : 147 - 157.
- Kumendong, J. 1986. Model sorpsi isotermi jagung dan gabah serta penerapannya dalam penyimpanan. Tesis MS. Fakultas Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Kuncoro. 1985. Mempelajari isoterm sorpsi air dan pengaruh kelapa serpih. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Bogor.
- Labuza et al.,. 1985. Effect of temperatur on the moisture sorption isotermis and water activity shift of two dehydrated foods. J. Food Sci. 50 : 385 - 391.

- Lamauro. 1984. Diffusion of water in food during storage. Thesis. Minesota. USA.
- Marlina. 1992. Penentuan sorpsi isoterme kelapa parut kering dari kelapa khina-1, khina-2 dan khina-3. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- M. Peleg. 1988. An emperical model for the description of moisture sorption curves. *J. Food Sci.* 53 : 1216 - 1217.
- M. peleg. 1993. Assessment of semi - empirical four parameters general model for sigmoid sorption isoterms. *J. Food Process Engineering.* 16 : 21-37.
- Muchtadi, D dan E. Setiawaty. 1985. Studies on "Dendeng" an Indonesia tradisional preserved product. I. *Media Teknologi Pangan.* 1(2) : 23.
- Palipane and Driscoll. 1992. Moisture sorption characteristics of in shell macadamia nuts. *J. Food Engineering.* 18 : 63 - 67.
- Purnomo, H. 1986. Effect of spesies on non-enzymatic browning of intermediate moisture model system. *Media Teknologi Pangan.* II (4) : 23 - 28.
- Rini Caturwati. 1980. Mempelajari pengaruh bahan pengawet dan cara pengeringan terhadap mutu dendeng kodok. Skripsi. Jurusan Teknologi Pengolahan Pangan dan Gizi. IPB.
- Syarief, A. 1993. Model persamaan kadar air keseimbangan desorpsi lada. *Keteknikan pertanian.* VIII(1): 42-49.
- Syarief, R. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan.* Arcan. PAU. Bogor.





Walpole. 1990. Pengantar Statistika. Edisi ke - 3. PT Gramedia. Jakarta.

Walpole, Minitab, dan Minitab Statistical Software
a. Diketahui bahwa ada dua buah tas yang masing-masing berisi 100 butir kacang.
b. Pengambilan sampel acak menggunakan pendekatan penarikan sederhana, penarikan berulang, penarikan berulang secara sistematis.
2. Diketahui bahwa seorang penulis buku mengambil 1000 kata dari buku yang ia tulis. Dalam buku tersebut terdapat 1000 kata.



L A M P I R A N

Waka Cipta Ilmu dan Universitas
1. Diketahui dengan sebagian besar dalam daya tanah ini dapat menyerapkan air dengan baik. 2.
a. Pengaruh tanah untuk meningkatkan produktivitas pertanian berupa tanah, pemeliharaan tanah dan pengembangan teknologi
b. Pengaruh tanah terhadap hasil tanaman yang besar IPB University
2. Diketahui menggunakan teknologi pertanian dalam meningkatkan hasil tanaman dan teknologi pertanian yang besar IPB University



Lampiran 1. Cara perhitungan untuk mencari konstanta sorpsi isotermi.

Sebagai contoh :

Data kadar air keseimbangan adsorpsi (% bk) dendeng sapi giling pada suhu 30°C dengan metoda Halsey.

Aw	Me	Y = log (ln(1/Aw))	X = log Me
0.32	9.257	0.057	0.966
0.43	11.500	- 0.074	1.061
0.635	21.385	- 0.343	1.330
0.75	29.736	- 0.541	1.473
0.81	35.760	- 0.676	1.553

$$b = \frac{n (\sum X_i Y_i) - (\sum X_i) (\sum Y_i)}{n (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

$$a = y - b x$$

dimana :

$$b = \frac{5 (-2.326) - (6.383) (-1.577)}{5 (8.409) - (40.743)}$$

$$b = -1.201$$

$$b = - P(2) ; P(2) = 1.201$$

$$a = 1.219$$

$$a = \log P(1) ; P(1) = 16.558$$



Lampiran 2. Cara perhitungan modulus deviasi (P)

Sebagai contoh :

Data kadar air keseimbangan adsorpsi (% bk) dendeng saapi giling pada suhu 30°C dengan metoda Halsey.

Aw	Mi	Mpi
0.32	9.257	9.279
0.43	11.500	11.929
0.635	21.385	19.979
0.75	29.736	29.204
0.81	35.760	37.831

$$P = 100/n \sum \frac{|Mi - Mpi|}{Mi}$$

$$P = 100/5 \left(\frac{|9.257 - 9.279|}{9.257} + \frac{|11.500 - 11.929|}{11.500} \right)$$

$$+ \frac{|21.385 - 19.979|}{21.385} + \frac{|29.736 - 29.204|}{29.736} + \frac{|35.760 - 37.831|}{35.760})$$

$$P = 3.625$$

Untuk perhitungan modulus deviasi (P) dari model sorpsi isotermi lainnya, digunakan cara yang sama seperti di atas.



Lampiran 3. Cara perhitungan analisa ragam klasifikasi dua arah

Sebagai contoh :

Data hubungan antara suhu dan Rh pada pendekatan secara adsorpsi pada dendeng sapi giling.

Rh	Suhu	30°C	40°C	Total
1		9.257	8.417	17.674
2		11.500	10.248	21.748
3		21.385	21.095	42.480
4		29.736	29.000	58.736
5		35.760	33.517	69.277
Total		107.638	102.277	209.915

$$\begin{aligned} JKT &= 9.257^2 + 11.500^2 + \dots + 33.517^2 - 209.915^2/10 \\ &= 1017.092 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKB &= (17.674^2 + 21.748^2 + \dots + 69.277^2)/2 - 209.915^2/12 \\ &= 1013.127 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKK &= (107.638^2 + 102.277^2)/5 - 209.915^2/12 \\ &= 2.874 \end{aligned}$$

$$JKG = 1017.092 - 1013.127 - 2.874 = 1.091$$

Lampiran 3. Lanjutan

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	f hitung
Nilai tengah baris	JKB	$r - 1$	$S1 = JKB/r-1$	$S1/S3$
Nilai tengah kolom	JKK	$c - 1$	$S2 = JKK/c-1$	$S2/S3$
Galat	JKG	$\frac{r - 1}{c - 1}$	$S3 = \frac{JKG}{(r-1)(c-1)}$	
Total	JKT	$rc - 1$		



Lampiran 4. Analisa ragam kadar air keseimbangan adsorpsi dendeng sapi giling pada suhu 30°C dan 40°C

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	f hitung	f (5%) tabel
Nilai tengah baris (Rh)	1013.127	4	253.282	927.773	6.39
Nilai tengah kolom (suhu)	2.874	1	2.874	10.527	7.71
Galat	1.091	4	0.273		
Total	1017.092	9			

Lampiran 5. Analisa ragam kadar air keseimbangan desorpsi dendeng sapi giling pada suhu 30°C dan 40°C

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	f hitung	f (5%) tabel
Nilai tengah baris (Rh)	812.770	4	203.192	14513.714	6.39
Nilai tengah kolom (suhu)	1.900	1	1.900	135.714	7.71
Galat	0.056	4	0.014		
Total	814.726	9			