

**KARAKTERISTIK KURVA SORPSI ISOTERMIS PADA
TEPUNG BERAS ORGANIK**

**HARTONO A
G042211002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

HALAMAN PENGAJUAN TESIS
KARAKTERISTIK KURVA SORPSI ISOTERMIS PADA
TEPUNG BERAS ORGANIK

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Keteknikan Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

HARTONO A

G042211002

Kepada

PROGRAM STUDI MAGISTER KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024

TESIS

KARAKTERISTIK KURVA SORPSI ISOTERMIS PADA TEPUNG BERAS ORGANIK

Disusun dan diajukan oleh

HARTONO A
G042211002

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Keteknikan Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 17 Januari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui
Komisi Penasihat,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong., M.Sc
NIP. 19600101 198503 1014

Dr. Ir. Iqbal, STP., M.Si., IPM
NIP. 19781225 200212 1 001

Ketua Program Studi
Magister Keteknikan Pertanian

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin,

Dr. Ir. Iqbal, STP., M.Si., IPM
NIP. 19781225 200212 1 001



Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc
NIP. 19631231 198811 1 005

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul “Karakteristik Sorpsi Isothermis pada Tepung Beras Organik” adalah benar karya yang saya buat dengan arahan dari Komisi Pembimbing Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong., M.Sc dan Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si., IPM. Karya Ilmiah ini tidak pernah diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang digunakan dalam karya ilmiah ini yang berasal dan atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka Tesis ini. Sebagian dari Tesis ini telah dipublikasikan pada judul “Rancang Bangun Inkubator Untuk Pengamatan Sorpsi Isothermis Berbasis Kaidah Expert”

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa Tesis kepada Universitas Hasanuddin

Makassar, Januari 2024



Hartono A

G042211002

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penyelesaian Tesis ini tidak terlepas dari keterlibatan berbagai pihak baik secara langsung maupun dalam bentuk moril. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan permohonan maaf, terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. **Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong., M.Sc** selaku ketua komisi pembimbing atas bimbingan, arahan, masukan, teladan, perhatian, nasehat, kesempatan dan waktunya yang telah dicurahkan selama proses penyusunan tesis mulai dari awal hingga selesai
2. **Dr. Ir Iqbal, S.TP.,M.Si., IPM** selaku anggota komisi atas dukungan support, dan motivasinya yang senantiasa memberikan masukan dalam penyusunan Tesis ini.
3. **Prof. Dr. Ir. Mursalim., IPU, Dr. Ir. Abdul Waris., MT dan Dr.rer.nat. Olly Sani Hutabarat, S.TP., M.Si** selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan arahan dan masukan untuk perbaikan tesis ini.
4. **Bapak Ibu Dosen dan Staff Departemen Teknologi Pertanian** atas supportnya selama penelitian dan penyusunan tesis ini.
5. **Rekan-Rekan mahasiswa S1 dan S2** yang telah meluangkan waktu dan bantuannya dalam penyelesaian tesis ini.
6. **Kedua Orang Tua dan saudara/saudari** yang telah memberikan motivasi dalam penyelesaian Tesis ini.
7. **Adinda Dwi Idriani Muhlis** yang telah memberikan dukungan dan support dalam penyelesaian tesis ini

Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan mereka dengan kebaikan dan pahala yang berlipat ganda, Aamiin

ABSTRAK

HARTONO (G042211002) “Karakteristik Kurva Sorpsi Isothermis Pada Tepung Beras Organik” dibimbing oleh JUNAEDI MUHIDONG dan IQBAL

Kurva sorpsi isothermis penting untuk diketahui sebagai dasar dalam pendugaan waktu pengeringan dan pengemasan tepung beras organik selama penyimpanan. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh suhu 30 °C, 40 °C dan 50 °C pada ruang penyimpanan dengan tingkat kelembaban (RH) yang berbeda terhadap karakteristik kurva sorpsi isothermis tepung beras organik. Tepung beras organik disimpan dalam desikator yang memiliki tingkat kelembaban yang berbeda-beda dengan kisaran 10% sampai dengan 80%, kemudian ditempatkan pada ruang yang memiliki suhu 30 °C, 40 °C dan 50 °C. Pengaturan kelembaban didapatkan dengan menggunakan larutan garam jenuh NaOH, MgCl₂, K₂CO₃, NaNO₂, NaCl dan KCL, sedangkan untuk pengaturan suhu digunakan sumber panas berupa lampu pijar. Semakin tinggi nilai RH larutan garam yang digunakan maka nilai kadar air kesetimbangan bahan juga semakin tinggi menyebabkan banyaknya uap air disekeliling tepung beras. Namun sebaliknya jika suhu penyimpanan semakin tinggi maka kadar air kesetimbangan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena molekul air lebih aktif dan meningkatkan level energi sehingga menjadi kurang stabil dan cenderung melepaskan ikatan dengan materil tepung. Kurva sorpsi isothermis tepung beras bertipe absorpsi karena proses sorpsi air oleh bahan dimulai dari bahan kering, dimana grafik yang dihasilkan memiliki bentuk sigmoid yang mencerminkan pola isothermis tipe II yang merupakan model kurva makanan kering dengan karbohidrat tinggi. Penentuan model terbaik untuk kurva sorpsi isothermis tepung beras organik adalah model Chung-Pfost dengan nilai R² tertinggi dan nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) yang terendah.

Kata Kunci: Tepung beras organik, sorpsi isothermis, suhu, kelembaban

ABSTRACT

HARTONO (G042211002) "Characteristics of Isotherms Sorption Curves in Organic Rice Flour" supervised by JUNAEDI MUHIDONG and IQBAL

The isothermic sorption curve is important to understand as a basis for estimating the drying and packaging time of organic rice flour during storage. This research was carried out to study the effect of storage temperatures (30 °C, 40 °C and 50 °C) and different levels of humidity (RH) on the characteristics of the isothermic absorption curve of organic rice flour. Organic rice flour was stored in a desiccator with different humidity levels, ranging from 10% to 80%, then placed in a room with a temperature of 30 °C, 40 °C and 50 °C. Varying humidity levels were achieved by using several saturated salt solutions of NaOH, MgCl₂, K₂CO₃, NaNO₂, NaCl and KCl. The temperature level was controlled using an incandescent lamp as heat source. The higher the RH value of the salt solution used, the higher the equilibrium water content of the material. This leads to the increase of water vapor on the rice flour. On the contrary, if the storage temperature was higher, the equilibrium water content would decrease due to water molecules become more active and increase the energy level. As a result, the water molecules became less stable and tend to break bonds with flour material. The type of isotherm sorption curve of rice flour was absorption type due to the water sorption process of the material started from the dry material. The resulted graph had a sigmoid curve which reflected the type II isotherm pattern, which is a curve model of dry food with high carbohydrates. The best model for the isotherm sorption curve of organic rice flour was the Chung-Pfost model which had the highest R² value and the lowest Root Mean Squared Error (RMSE).

Keywords: Organic rice flour, isothermic sorption, temperature, humidity

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Beras Organik	4
2.2 Tepung Beras	6
2.3 Aktifitas Air	6
2.4 Kadar Air	8
2.5 Kurva Sorpsi Isotermis.....	10
2.6 Persamaan Kurva Sorpsi Isotermis	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	14
3.3.1 Pembuatan Ruang Penyimpanan	14
3.3.2 Persiapan Tepupng Beras	16
3.3.3 Penentuan Kada Air Awal.....	16
3.3.4 Pengaturan Kelembaban Relatif (RH)	16
3.3.5 Pengukuran Sorpsi Isotermis.....	16

3.3.6 Permodelan Matematika.....	17
3.3.7 Penentuan Model Terbaik.....	18
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	20
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Inkubator	22
4.2 Pengujian Kenaikan Suhu	21
4.3 Kadar Air Keseimbangan dan Kurva Sorpsi Isotermis	22
4.4 Penentuan Model Terbaik	26
BAB V KESIMPULAN	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Model Matematika Kurva Sorpsi Isotermis	13
2. Nilai a_w Setiap Larutan Garam	23
3. Nilai Kadar Air Kesetimbangan Tepung Beras Pada Beberapa Nilai A_w	24
4. Parameter Penentuan Model Terbaik Tepung Beras	26

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Lima tipe adsorpsi isothermis <i>van der waals</i>	8
2. Kurva sorpsi isothermis secara umum	11
3. Inkubator (Ruang penyimpanan)	15
4. Sistem ruang penyimpanan	15
5. Simulasi penyimpanan sampel di dalam inkubator	17
6. Tampilan Desikator/Toples kaca yang berisi larutan garam jenuh	17
7. Diagram alur pengamatan kurva sorpsi isothermis	20
8. Inkubator	21
9. Hasil pengujian kenaikan suhu pada inkubator	22
10. Grafik kadar air kesetimbangan tepung beras	25
11. Grafik kurva sorpsi isothermis tepung beras berdasarkan model Chung-Pfost	27
12. Grafik kurva sorpsi isothermis tepung beras berdasarkan model Oswin	28
13. Grafik kurva sorpsi isothermis tepung beras berdasarkan model Halsey	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beras organik merupakan salah satu produk pertanian yang sangat digemari oleh masyarakat dikarenakan kandungan gizi yang tinggi dan juga terbebas dari penggunaan zat kimia baik itu penggunaan pupuk dan pestisida kimia, semua bahan yang digunakan dalam proses budidayanya adalah murni terbuat dari bahan alami. Pada umumnya pertanian organik dibudidayakan di lahan yang memiliki batas alam dengan lahan pertanian sekitarnya sehingga penentuan lahan untuk pertanian organik harus spesifik. Kebanyakan lahan pertanian organik dibuat di daerah pegunungan yang memiliki sumber air tersendiri dan terhindar dari kontaminasi penggunaan bahan-bahan kimia.

Banyak penelitian yang dilakukan mengenai beras organik namun masih berfokus pada tahap budidaya sedangkan untuk penanganan pasca panen masih sangat kurang. Penanganan pasca panen untuk pertanian khususnya beras organik harus mendapatkan perhatian khusus karena lokasi pertanian organik memiliki variasi iklim yang sangat fluktuatif mulai dari suhu maupun kelembaban relatifnya. Dimana faktor-faktor tersebut sangat berdampak pada lama penyimpanan beras organik ditambah lagi pada tahap budidayanya tidak menggunakan bahan kimia sehingga sangat rentan untuk ditumbuhi mikroba atau jamur. Menurut Laylah dan Samsuddin (2014), Penyimpanan beras dilakukan untuk mempertahankan agar beras dalam kondisi yang baik dalam jangka waktu yang lebih lama. Penanganan pasca panen yang kurang baik akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada beras selain itu akan tumbuh jamur atau mikroorganisme pengganggu lainnya. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa dalam tahap penyimpanan gabah atau beras organik sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban lingkungan penyimpanan.

Beras organik selain dikonsumsi langsung juga dapat dibuat tepung beras, dimana tepung beras organik yang kaya akan gizi dan manfaatnya dapat dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai bahan

olahan. Salah satu yang perlu ditekankan adalah penentuan kadar air keseimbangan menggunakan kurva sorpsi isothermis karena berhubungan dengan lama penyimpanan dan kualitas dari tepung beras organik. Selain itu sifat higroskopis tepung beras organik yaitu dapat menyerap uap air disekelilingnya ataupun melepas uap air dari dalam bahan ke udara selama tahap penyimpanan mengidentifikasi bahwa tepung beras organik harus mendapat perlakuan yang tepat sehingga perlu diketahui sifat-sifat tersebut melalui kurva sorpsi isothermis.

Berdasarkan pernyataan tersebut maka dilakukan penelitian ini untuk mempelajari karakteristik penyerapan air pada tepung beras organik yang disimpan pada suhu 30 °C, 40 °C dan 50 °C dengan tingkat kelembaban yang berbeda-beda. Data hasil pengukuran akan dimodelkan berdasarkan beberapa model perhitungan untuk mendapatkan karakteristik isothermis dari tepung beras organik. Sehingga akan diperoleh model kurva isothermis yang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan berbagai variasi suhu dan kelembaban yang sesuai untuk penyimpanan tepung beras organik.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh suhu 30 °C, 40 °C dan 50 °C pada ruang penyimpanan dengan tingkat kelembaban dan aktifitas air yang berbeda terhadap karakteristik kurva sorpsi isothermis tepung beras organik.

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi bagi masyarakat dan usaha-usaha pertanian ataupun industri mengenai suhu dan kelembaban dalam ruang penyimpanan yang sesuai untuk penyimpanan dan pengeringan tepung beras organik dan dibuatnya suatu alat yang dapat digunakan mahasiswa untuk melakukan praktikum atau penelitian.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pola penyerapan air sorpsi isothermis tepung beras organik pada suhu 30 °C, 40 °C dan 50 °C dengan tingkat kelembaban dan aktifitas air yang berbeda...?
- b. Bagaimana karakteristik kurva sorpsi isothermis tepung beras organik pada suhu, kelembaban dan aktifitas air yang berbeda dan model yang paling sesuai untuk tepung beras organik...?
- c. Bagaimana pengaruh suhu, kelembaban dan aktifitas air pada ruang penyimpanan terhadap bentuk kurva sorpsi isothermis yang dihasilkan...?

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beras Organik

Beras organik adalah beras yang dihasilkan dari padi yang dibudidayakan secara organik atau tanpa menggunakan pestisida dan bahan-bahan yang mengandung zat-zat berbahaya. Keunggulan beras organik dari beras non organik adalah memiliki nutrisi dan mineral tinggi, karbohidrat, kandungan glukosa dan proteinnya mudah terurai sehingga aman dan sangat baik dikonsumsi oleh penderita diabetes, mencegah kanker, jantung, asam urat, darah tinggi dan vertigo (Waryat dan Yossi, 2017).

Beras organik berasal dari tanaman padi yang merupakan Famili *Poacecea* atau suku rumput-rumputan yang sangat kaya akan kandungan karbohidrat, berikut klasifikasi tanaman padi (Wahyu dan Resita, 2010)

Kindom : *Plantae* (tumbuhan)
Subkindom : *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi : *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)
Divisi : *Magnoliophita* (Tumbuhan berbunga)
Kelas : *Liliopsida* (Berkeping satu/monokotil)
Sub kelas : *Commelinidae*
Ordo : *Poales*
Famili : *Poaceae* (suku rumput-rumputan)
Genus : *Oryza*
Spesies : *Oryza sativa* L

Menurut Waryat dan Yossi (2017), terdapat beberapa kelebihan beras organik, yaitu:

- a. Diproses melalui teknologi pertanian yang ramah lingkungan, aman bagi kesehatan dan tidak mencemari lingkungan
- b. Terhindar dari penggunaan pupuk kimia, pestisida dan bahan-bahan kimia berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan
- c. Bebas dari rekayasa genetik
- d. Bebas dari pewangi, pengawet, pemutih dan zat pewarna kimia berbahaya.

- e. Beras organik murni tidak mudah basi atau menimbulkan bau busuk disimpan dalam rentang waktu yang relatif lama
- f. Aroma dan cita rasanya lebih wangi dan lebih pulen
- g. Mempunyai kandungan nutrisi yang tinggi, kaya vitamin dan serat
- h. Beras organik mampu mencegah kolestrol dalam tubuh

Beras merupakan struktur bahan hayati yang kaya akan nutrisi dan masih melakukan proses metabolisme. Oleh sebab itu pada tahap penyimpanan dapat mengalami perubahan yang berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitasnya. Beras akan mengalami perubahan sifat fisikokimiawi dan mutunya pada penyimpanan selama 2-3 bulan. Hal ini dikarenakan adanya proses penyerapan uap air dari lingkungan ke dalam beras selama penyimpanan (Wahyu dan Resita, 2010). Kadar air beras sangat berpengaruh terhadap sifat beras lainnya, kadar air rata-rata beras adalah 14% (bb). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar air beras organik antara 11-14%. Pada kadar air di bawah 14% beras memiliki umur simpan yang relatif lebih lama. kadar air erat hubungannya dengan masa simpan beras. Nilai kadar air beras yang aman untuk disimpan kurang dari 6 bulan yaitu sekitar 13%, sedangkan kadar air beras yang aman untuk disimpan lebih dari 6 bulan adalah 12% (Waryat dan Yossi, 2017).

Perubahan komposisi kimia beras selama penyimpanan disebabkan oleh kegiatan enzim dalam biji yang masih aktif setelah padi dipanen, perlakuan pasca panen padi mempengaruhi sifat-sifat kimiawi, fisikokimia dan sifat fungsional beras. Kecepatan dan besarnya perubahan sifat-sifat beras terutama disebabkan oleh pengaruh suhu penyimpanan, kelembapan udara dan kadar air. Makin tinggi suhu dan kadar air, makin besar perubahan yang terjadi. Selama penyimpanan kadar amilosa mengalami peningkatan, disebabkan oleh suhu yang semakin meningkat dan lama penyimpanan (Wahyu dan Resita, 2010).

2.2 Tepung Beras

Tepung beras adalah salah satu jenis bahan makanan yang banyak digunakan dalam proses pembuatan produk makanan khususnya makanan tradisional, tepung beras akan membentuk produk makanan dengan tekstur lembut dan tidak lengket. Warna dari tepung beras adalah *opaque* atau tidak menjadi bening setelah di masak (Ridawati dan Alsuhendra, 2019). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 3549-2009 tentang Tepung Beras (BSN 2009), warna dari tepung beras yang baik adalah putih khas tepung.

Tepung beras merupakan bahan makanan dari olahan beras yang proses pembuatannya tidaklah rumit. Tepung beras diperoleh dengan menggiling beras menggunakan penggiling *hammer mill*, kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 80 *mesh* sehingga menjadi tepung. Tepung kemudian di jemur atau dikeringkan hingga kadar air bahan mencapai 14%. Terdapat beberapa karakteristik dari tepung beras yaitu memiliki warna putih agak transparan, terasa lembut dan halus bila diraba dengan jari dan mengandung amilosa sekitar 20% (Ridawati dan Alsuhendra, 2019).

2.3 Aktivitas Air (A_w)

Aktivitas air atau *water activity* (a_w) adalah jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroba untuk proses pertumbuhannya. Istilah aktivitas air digunakan untuk menjabarkan air yang tidak terikat atau bebas dalam suatu sistem yang dapat menunjang terjadinya reaksi biologis dan kimiawi. Berbagai mikroorganisme mempunyai a_w minimum agar dapat tumbuh dengan baik, misalnya bakteri tumbuh pada a_w 0.90, khamir tumbuh pada a_w 0.80-0.90, dan kapang pada a_w 0.60-0.70 (Nuhdina dan Dian, 2018)

Aktivitas air (a_w) dinyatakan sebagai perbandingan antara tekanan uap larutan dengan tekanan uap air solven murni pada temperatur yang sama. Perbandingan ini juga menggambarkan kelembaban relatif seimbang atau *Equilibrium Relative Humidity* (ERH) udara sekitar bahan terhadap kadar air bahan, sehingga dalam keadaan seimbang besarnya a_w sama dengan *Equilibrium Relative Humidity* dibagi 100 (Nuhdina dan Dian, 2018).

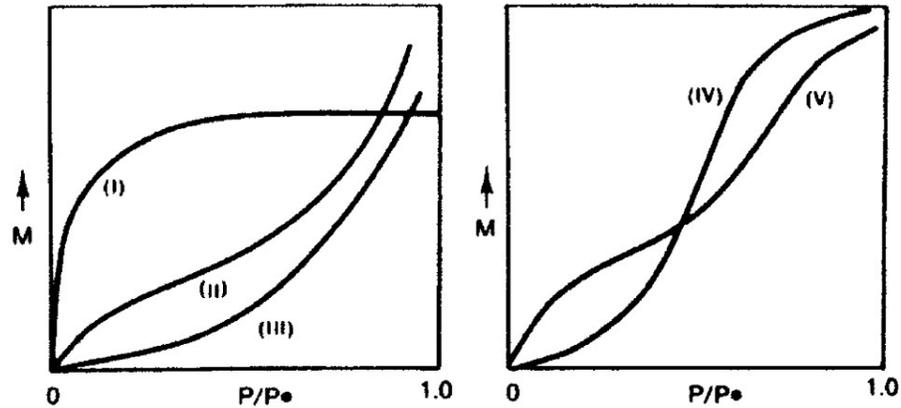
$$Aw = \frac{P}{P_0} = \frac{ERH}{100} \quad (1)$$

Keterangan:

Aw	= Aktivitas Air
P	= Kelembaban tekanan uap parsial dalam bahan
P ₀	= Tekanan jenuh uap murni
ERH	= <i>Equilibrium Relative Humidity</i>

Aktivitas air merupakan faktor penting yang mempengaruhi kestabilan makanan kering selama penyimpanan. Secara umum dapat dikatakan bahwa kadar air dan aktivitas air sangat berpengaruh dalam penentuan umur simpan suatu produk pangan karena faktor ini akan mempengaruhi sifat fisik, sifat fisiko-kimia, perubahan-perubahan kimia, kerusakan mikrobiologis, dan perubahan enzimatik terutama pada makanan yang tidak diolah. Sifat-sifat yang dimaksud di atas diantaranya, kekerasan, kekeringan, dan pencoklatan non-enzimatik. Menurut Labuza (1982), hubungan antara aktivitas air dan mutu makanan yang dikemas adalah sebagai berikut:

1. Pada selang aktivitas air sekitar 0.7 – 0.75 atau lebih, mikroorganisme berbahaya dapat mulai tumbuh dan produk menjadi beracun.
2. Pada selang aktivitas air sekitar 0.6 – 0.7, jamur dapat mulai tumbuh.
3. Aktivitas air sekitar 0.35 – 0.5 dapat menyebabkan makanan ringan hilang kerenyahannya.
4. Pada selang aktivitas air 0.4 – 0.5, produk pasta yang terlalu kering akan mudah hancur dan rapuh selama dimasak atau karena guncangan mekanis.



Gambar 1. Lima tipe adsorpsi isothermis *van der Waals* (Muhtaseb *et al*, 2002)

Aktivitas air (a_w) atau air terikat dalam suatu bahan pangan dapat menggambarkan derajat aktivitas air dalam bahan pangan, baik kimia dan biologis. Daya simpan suatu hasil pertanian sangat erat kaitannya dengan kadar air dan aktifitas air dalam bahan pangan tersebut. Tinggi rendahnya nilai aktivitas air akan mempengaruhi umur simpan dan kualitas dari bahan pangan atau makanan. Range nilai aktivitas air yaitu 0-1, semakin besar nilai aktivitas air maka semakin kecil daya tahan bahan begitu pula sebaliknya semakin kecil nilai aktivitas air maka semakin lama daya simpan bahan pangan (Leviana *et al*, 2017).

2.4 Kadar Air

Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan. Dalam hal ini terdapat dua metode untuk menentukan kadar air bahan tersebut yaitu berdasarkan bobot kering (*dry basis*) dan berdasarkan bobot basah (*wet basis*). Dalam menentukan kadar air bahan hasil pertanian biasanya dilakukan berdasarkan bobot basah (*wet basis*). Dalam perhitungan ini berlaku rumus sebagai berikut: (Taib *et al*, 1988)

$$KA = \frac{W_a}{W_b} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

- KA = Kadar air bahan berdasarkan bobot basah (%)
- Wa = Bobot air bahan (gr)
- Wb = Bobot bahan basah (gr)

Di dalam suatu analisis bahan, kadar air bahan ditentukan berdasarkan sistem bobot kering. Hal ini disebabkan karena perhitungan berdasarkan bobot basah mempunyai kelemahan yaitu bobot basah bahan selalu berubah ubah setiap saat, sedangkan bobot kering bahan akan selalu tetap. Dalam perhitungan kadar air bahan berdasarkan bobot kering berlaku rumus sebagai berikut: (Taib *et al*, 1988)

$$KA = \frac{W_a}{W_k} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

- KA = Kadar air bahan berdasarkan bobot kering (%)
- Wa = Bobot air bahan (gr)
- Wk = Bobot bahan kering (gr)

Kadar air dalam bahan pangan sangat erat kaitannya dengan indeks kestabilan khususnya saat penyimpanan. Kadar air mempunyai peranan penting pada bahan pangan karena dapat mempengaruhi penampakan, tekstur dan cita rasa pada bahan pangan dan umur simpan. Bahan pangan kering menjadi lebih awet dan tidak cepat mengalami kerusakan karena kadar air yang terkandung di dalamnya rendah (Ulul *et al*, 2021).

Kadar air dalam bahan pangan memiliki peranan penting antara lain sebagai berikut (Sobari, 2018).

- a. Kadar air menentukan keawetan bahan
- b. Kadar air berkaitan dengan pemanfaatan bahan
- c. Kadar air berhubungan dengan kualitas bahan
- d. Kadar air menentukan nilai ekonomi bahan
- e. Kadar air menjadi penentu syarat sebuah produk dan *labeling*

Peningkatan kadar air melalui penyerapan uap air dari lingkungan menyebabkan produk pangan tersebut menurun mutunya. Penurunan mutu tersebut dapat diartikan bahwa produk pangan sudah mencapai batas umur simpannya karena sudah melewati batas kritis kadar airnya. Kandungan air dalam pangan memengaruhi pertumbuhan mikroba, termasuk mikroba pembusuk dan patogen maka pangan memiliki tingkat risiko keamanan yang berbeda beda. Pangan dengan kandungan air yang lebih besar

umumnya lebih mudah ditumbuhi mikroba sehingga lebih berisiko dari segi keamanan dan kesehatan serta ketahanan umur simpan bahan pangan menjadi lebih pendek (Kusnandar *et al*, 2010).

Pengukuran kadar air dalam bahan pangan dapat ditentukan dengan beberapa metode, yaitu: dengan metode pengeringan (*thermogravimetri*), metode destilasi (*thermovolumetri*), metode fisis dan metode kimiawi (*Karl Fischer Method*). Dari keseluruhan metode-metode yang dapat digunakan untuk penentuan kadar air bahan pangan, pada umumnya penentuan kadar air bahan pangan dilakukan dengan mengeringkan bahan dalam oven suhu 105-110 °C selama 3 jam atau sampai diperoleh berat konstan. Metode ini dikenal dengan metode pengeringan atau metode *thermogravimetri* yang mengacu pada SNI 01-2891-1992 (Kusnandar *et al*, 2010).

Grafik hubungan lama waktu pengeringan terhadap kadar air dan aktivitas air didapat hubungan grafik yang linier yang mana semakin tinggi suhu semakin banyak air dalam bahan yang teruapkan sehingga kadar air dalam bahan semakin menurun, begitupula dengan nilai aktivitas air semakin tinggi dan lama waktu pengeringan semakin kecil nilai aktivitas air dalam bahan pangan sehingga bahan terjaga (Leviana dan Vita, 2017).

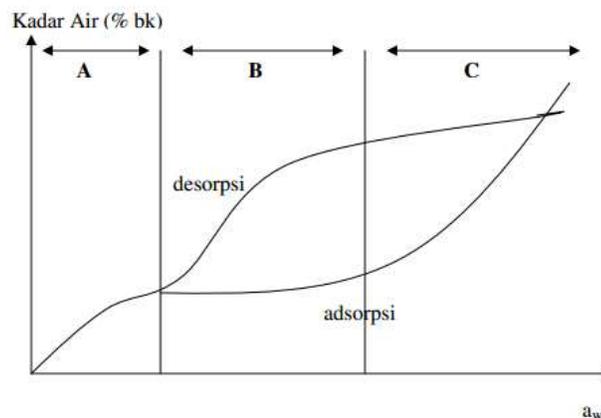
2.5 Kurva Sorpsi Isotermis

Kurva sorpsi isotermis adalah kurva yang menghubungkan kadar air kesetimbangan dengan kelembaban relatif lingkungan pada suhu tertentu. Setiap jenis bahan memiliki tipe kurva isothermis yang berbeda beda. Kurva ini kemudian dimodelkan dengan berbagai permodelan matematika yang dapat digunakan untuk mempelajari sorpsi isothermis lebih lanjut. Permodelan matematika tersebut juga dapat digunakan untuk mempelajari karakteristik proses penyerapan air pada produk dan juga dapat digunakan untuk menentukan umur simpan suatu produk. Kurva sorpsi isothermis sangat dipengaruhi oleh jenis garam pembentuk RH dan suhu lingkungan, pada jenis garam pembentuk RH tinggi kadar air kesetimbangan cenderung tinggi pula hal ini disebabkan karena semakin tinggi RH semakin banyak uap air di lingkungan sekitar. Semakin tinggi suhu penyimpanan kadar air kesetimbangan semakin menurun hal ini

dikarenakan dengan naiknya suhu menyebabkan molekul air aktif dan meningkatkan energinya sehingga kurang stabil dan cenderung menguap ke luar bahan (Novian, 2017).

Daya simpan suatu bahan pangan sangat di pengaruhi oleh suhu lingkungan yang ada di sekitarnya baik sebelum maupun setelah dilakukan pengolahan karena suhu lingkungan dapat mempengaruhi aktivitas enzim, bakteri, kimia dan biokimia pada bahan pangan. Pengaruh suhu lingkungan yang tidak sesuai dengan suhu penyimpanan suatu bahan pangan dapat menyebabkan perubahan rasa, tekstur dan aroma pada bahan pangan (Sobari, 2018).

Kurva sorpsi isothermis air penting untuk pendugaan waktu pengeringan, pengemasan dan kemantapan bahan selama penyimpanan. Kurva sorpsi isothermis air sangat berperan dalam pengeringan makanan, terutama untuk memprediksi umur simpan makanan yang mempunyai kadar air rendah. Model-model persamaan sorpsi isothermis air yang ada antara lain Langmuir, BET (*Brunauer-Emmett-Teller*), Henderson, GAB (*Guggenheim-Anderson-deBoer*) dan lain-lain. Masing-masing model mempunyai kesesuaian, seperti hanya berlaku pada daerah kelembaban relatif tertentu, pendekatannya satu arah yaitu adsorpsi atau desorpsi dan tidak seluruh model dapat diterapkan pada bahan pangan. Diantara persamaan tersebut yang paling sering digunakan untuk memprediksi ISA pada bahan pangan adalah model BET dan GAB (Aini *et al*, 2014).



Gambar 2. Kurva sorpsi isothermis secara umum (Fransisca, 2010)

Kadar air kesetimbangan yang terjadi akibat suatu bahan melepas kandungan airnya disebut desorpsi, sedangkan kadar air kesetimbangan yang tercapai saat suatu bahan menyerap kandungan air dari udara sekelilingnya disebut kadar air kesetimbangan adsorpsi. Kurva adsorpsi (penyerapan uap air) dan kurva desorpsi (pelepasan uap air) tidak pernah berhimpit, keadaan seperti ini disebut sebagai fenomena histerisis. Fenomena histerisis menjelaskan bahwa nilai a_w yang berbeda diperoleh pada pengukuran makanan dengan kadar air sama, tergantung pada bagaimana cara tercapainya kadar air tersebut melalui proses absorpsi atau desorpsi (Nuhdina, 2018).

Penentuan kadar air kesetimbangan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu metode statis dan metode dinamis. Berdasarkan metode statis, kadar air kesetimbangan bahan diperoleh pada keadaan udara diam dengan cara meletakkan sampel dalam tempat yang kondisi suhu dan RH-nya terkontrol. Metode statis biasanya digunakan untuk keperluan penyimpanan karena pada umumnya udara di sekitar bahan relatif tidak bergerak (diam). Pada metode statis, tercapainya kadar air kesetimbangan ditandai dengan konstannya bobot bahan. Bobot bahan dikatakan konstan apabila selisih bobot antara tiga kali penimbangan berturut-turut tidak lebih dari 2 mg/g untuk kondisi RH ≤ 90 % dan tidak lebih dari 10 mg/g untuk kondisi RH > 90 % (Fransisca, 2010).

2.6 Persamaan Kurva Sorpsi Isotermis

Terdapat beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk memodelkan persamaan hubungan antara EMC dengan ERH. Berdasarkan ketentuan *American Society of Agricultural Engineering (ASAE)*, persamaan yang dapat digunakan adalah sebagai berikut (Arabhoesseini *et al*, 2005).

Tabel 1. Model Matematika Kurva Isotermis

No	Nama Model	Model
1	Modified Henderson	$EMC = \left(-\frac{1}{C_1(T + C_2)} \ln(1 - ERH) \right)^{1/c_3}$
2	Modified Hasley	$EMC = \left(\frac{-\exp(C_1 + C_2T)}{\ln(ERH)} \right)^{1/c_3}$
3	Modified Oswin	$EMC = (C_1 + C_2T) \left(\frac{ERH}{1 - ERH} \right)^{1/c_3}$
4	Modified Chung-Pfost	$EMC = \frac{1}{C_1} \ln \left(\ln(ERH) \frac{(C_2 - T)}{C_3} \right)$
5	GAB Equation	$EMC = \frac{C_1 C_2 C_3 (ERH)}{[1 - C_2(ERH)][1 - C_1(ERH) + C_2 C_3 (ERH)]}$

Keterangan:

- EMC = *Equilibrium Moisture Content (%)*
- ERH = *Equilibrium Relative Humidity*
- C₁, C₂, C₃ = Koefisien persamaan
- T = Suhu (°C)