

**“MODEL KURVA ISOTERMIS TEPUNG UMBI PORANG
(*Amorphopallus muelleri B*)”**

**FADILA
G041191022**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

MODEL KURVA ISOTERMIS TEPUNG UMBI PORANG
(Amorphopallus muelleri B)

FADILA
G041191022



Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Departemen Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar

DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL KURVA ISOTERMIS TEPUNG UMBI PORANG (*Amorphopallus muelleri B*)

Disusun dan diajukan oleh

FADILA
G041191022

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada 27 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

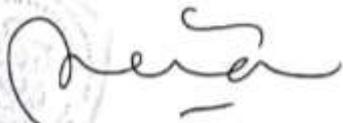
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong, M.Sc.
NIP. 19600101 198503 1 014


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

Ketua Program Studi
Teknik Pertanian


Diyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D
NIP. 198101292009122003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fadila
NIM : G041191022
Prog Studi : Teknik Pertanian
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Model Kurva Isotermis Tepung Umbi Porang (*Amorphopallus muelleri B*) adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 27 Februari 2023

Yang Menyatakan



Fadila

Fadila

ABSTRAK

Fadila (G041191022). Model Kurva Isotermis Tepung Umbi Porang (*Amorphopallus muelleri B*). Pembimbing: JUNAEDI MUHIDONG dan IQBAL.

Umbi porang (*Amorphopallus muelleri B*) merupakan umbi-umbian dari famili *Araceae* yang memiliki kandungan glukomanan tinggi (15-64% basis kering). Hal yang dapat dilakukan untuk memperpanjang umur simpan tepung umbi porang dengan melakukan proses penepungan. Tujuan penelitian Model Kurva Isotermis Tepung Umbi Porang (*Amorphopallus muelleri B*) ini yaitu, untuk mengetahui model kurva isotermis yang digunakan untuk menduga besaran kadar air kesetimbangan dalam hubungannya dengan RH tempat penyimpanan. Metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan menyimpan sampel tepung umbi porang pada desikator dengan selang RH 17-80%. Penyimpanan dilakukan sampai kadar air sampel mencapai kondisi setimbang. Parameter kadar air dan penentuan model terbaik berdasarkan R^2 tertinggi nilai akhir penyimpanan sampel umbi porang selama di dalam desikator. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa kadar air suatu bahan dipengaruhi oleh suhu dan RH penyimpanan. Untuk menentukan model terbaik di tunjukan dengan model yang memiliki nilai R^2 tertinggi. Model Henderson dan model *Chung-pfost* merupakan model yang memiliki nilai R^2 tertinggi. Nilai yang diperoleh pada suhu 30 °C sebesar 0,9556 dan pada suhu 40 °C sebesar 0,9838 Model dengan nilai R^2 tertinggi menandakan bahwa model tersebut merupakan model terbaik dan sesuai yang dapat digunakan untuk menggambarkan penyerapan air terbaik pada tepung umbi porang.

Kata Kunci: Umbi Porang, Pengerinan, Penyimpanan, Model Kurva Isotermis.

ABSTRACT

Fadila (G041191022). *Isothermic Model of Porang Tuber (Amorphopallus muelleri B) Flour*. Supervised by: JUNAEDI MUHIDONG and IQBAL

Porang tuber (Amorphopallus muelleri B) is a tuber from the Araceae family which has a high glucomannan content (15-64% dry basis). Things that can be done to extend the shelf life of porang tuber flour are by doing the flouring process. The purpose of this research is the isothermic curve model of Porang tuber (Amorphopallus muelleri B) flour, namely, to determine the isothermic curve model used to estimate the equilibrium moisture content in relation to the RH of storage. The research method used was to store samples of porang tuber flour in a desiccator with an RH interval of 17-80%. Storage was carried out until the water content of the sample reached an equilibrium condition. Parameters of water content and determination of the best model based on the highest R^2 value at the end of storage of porang tuber samples while in the desiccator. Based on the results of the research that has been done, it shows that the water content of a material is affected by temperature and storage RH. To determine the best model, it is shown with the model that has the highest R^2 value. The Henderson model and model Chung-pfost is the model that has the highest R^2 value. The value obtained at 30 °C is 0.9556 and at 40 °C is 0.9838. The model with the highest R^2 value indicates that the model is the best and appropriate model that can be used to describe the best water absorption in porang tuber flour.

Keywords: *Porang Tuber, Drying, Storage, Curve Model Isothermic.*

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat kasih sayang-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, hanya Dialah sebaik-baik penolong. Pada kesempatan kali ini penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak yang berkontribusi dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini:

1. **Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong, M.Sc.** dan **Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si., IPM** selaku dosen pembimbing yang membimbing penulis selama melakukan penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga rangkumnya skripsi ini.
2. **Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc** dan **Ir. Samsuar, S.TP., M.Si** selaku dosen penguji yang memberikan arahan kepada penulis tentang penyusunan skripsi ini yang baik dan benar.
3. **Husnul Mubarak, S.TP., M.Si** selaku dosen pembimbing akademik penulis yang telah memberikan arahan kepada penulis selama mengikuti perkuliahan.
4. **Imam Suelfikhar, S.T.** selaku staf laboratrium *processing* teknik pertanian yang telah membantu penulis dalam proses penelitian.
5. **Staf Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian** yang telah memberikan ilmu, pengalaman serta telah memfasilitasi penulis selama menjadi mahasiswa dan dalam proses penyelesaian penelitian.
6. **Amperiani, S.TP, Afni Afifah, S.TP, Selpiah, Dwi Mentari Thamsyul, Dwi Wulandari Thamsyul dan Afdaliah Wahid** serta semua teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir dan penyusunan skripsi ini.
7. **Keluarga Besar UKM Keilmuan dan Penalaran Ilmiah (UKM KPI) Unhas** yang telah senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis selama perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Skripsi ini penulis persembahkan untuk orangtua tercinta yakni **Zainuddin** dan **Mardia** yang menitipkan harapan besar di pundak penulis serta kasih sayang dan doanya tidak pernah terputus terpanjatkan untuk penulis.

Makassar, 27 Februari 2023

Fadila

RIWAYAT HIDUP



Fadila, Lahir di Tombang, 24 Januari 2001 dari pasangan bapak Zainuddin dan Ibu Mardia, penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah SD Negeri 93 Tombang pada tahun 2007-2013 dan melanjutkan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 12 Palopo pada tahun 2013-2016 dan melanjutkan sekolah menengah atas di SMA Negeri 2 Palopo, pada tahun 2016-2019, setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Prog Studi Keteknikan Pertanian pada tahun 2019 dengan bantuan beasiswa BIDIKMISI dari pemerintah.

Selama masa perkuliahan, penulis tidak hanya aktif dalam proses akademik saja namun juga aktif berorganisasi baik internal kampus maupun eksternal kampus, mulai dari organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa Keilmuan dan Penalaran Ilmiah (UKM KPI) Unhas, Ikatan Lembaga Penelitian dan Penalaran Mahasiswa Indonesia (ILP2MI), Komunitas Penalaran Ilmiah Fakultas Pertanian Unhas dan Komunitas Mahasiswa Bertani Unhas.

Semasa aktif berkuliah penulis juga turut andil dalam mengikuti kompetisi karya tulis ilmiah tingkat nasional maupun internasional diantaranya adalah menjadi finalis IKAB Nasional *Scientific Writing and Youth Competition*, Finalis Pekan Inovasi Pelajar Nasional oleh *Indonesian Invention and Innovation Promotion Association* (INNOPA), Peserta Kemah Budaya Kaum Mudah Regional V Kategori Aplikasi Kemendikbud, Juara 1 Lomba Essay Pekan Ilmiah Mahasiswa, *Brozen Medal Reseach Output Video Competition* Malaysia, Juara 1 Lomba Teknologi Tepat Guna, Juara 3 *National Competition of Food and Agiculture Innovation* dan *Special Awardee in Essay Writing Contest* Philippine.

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
PERSANTUNAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Umbi Porang (<i>Amorphopallus muelleri B</i>).....	3
2.2 Kandungan Umbi Porang.....	5
2.3 Pengeringan.....	6
2.4 Penyimpanan.....	8
2.5 Kadar Air	9
2.5.1 Kadar Air Basis Basah (K_{abb})	10
2.5.2 Kadar Air Basis Kering (K_{abk}).....	10
2.6 Tepung Umbi Porang (Penepungan).....	11
2.7 Model Isotermis	11
2.7.1 Aktivitas Air.....	12
2.7.2 Kadar Air Keseimbangan dan Kelembaban.....	13
2.7.2.1 Rasio Kelembaban	14
2.7.2.2 Kelembaban Relatif.....	16

3. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Waktu dan Tempat.....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Prosedur Penelitian	19
3.3.1 Tahap Persiapan	19
3.3.2 Proses Pengeringan	19
3.3.3 Prosedur Penepungan.....	20
3.3.4 Prosedur Penyimpanan.....	20
3.3.5 Parameter Pengamatan.....	20
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	23
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Pengaruh Suhu dan RH Terhadap Kadar Air.....	24
4.2 Pengujian Model Terbaik	27
4.3 Observasi dan Prediksi pada model Henderson suhu 30 °C dan 40 °C..	28
5. PENUTUP	30

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tanaman Umbi Porang	3
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 3. Kadar Air Kesetimbangan Tepung Umbi Porang pada Suhu 30 °C dan 40 °C K_{abb}	25
Gambar 4. Kadar Air Kesetimbangan Tepung Umbi Porang pada Suhu 30 °C dan 40 °C K_{abk}	26
Gambar 5. Prediksi Model Henderson Vs Data Pengamatan pada Suhu 30 °C...28	
Gambar 6. Prediksi Model <i>Chung-Pfost</i> Vs Data Pengamatan pada Suhu 40 °C.28	
Gambar 7. Sampel Tepung Umbi Porang pada Suhu 30 °C dan 40 °C.....	38
Gambar 8. Sampel Tepung Umbi Porang pada Larutan NaOH dengan Suhu 30 °C dan 40 °C.....	38
Gambar 9. Sampel Tepung Umbi Porang pada Larutan MgCL ₂ dengan Suhu 30 °C dan 40 °C.....	39
Gambar 10. Sampel Tepung Umbi Porang pada Larutan K ₂ CO ₂ dengan Suhu 30 °C dan 40 °C.....	40
Gambar 11. Sampel Tepung Umbi Porang pada Larutan NaNO ₂ dengan Suhu 30 °C dan 40 °C.....	40
Gambar 12. Sampel Tepung Umbi Porang pada Larutan NaCl dengan Suhu 30 °C dan 40 °C.....	41
Gambar 13. Sampel Tepung Umbi Porang pada Larutan KCl dengan Suhu 30 °C dan 40 °C.....	41
Gambar 14. Penyimpanan Sampel pada Suhu 30 °C	42
Gambar 15. Penyimpanan Sampel pada Suhu 40 °C	42
Gambar 16. Penyimpanan Menggunakan Oven dengan Suhu 105 °C Selama 72 jam.....	43
Gambar 17. Proses Memasukkan Sampel ke dalam Oven	43
Gambar 18. Proses Pengambilan Data Menggunakan Timbangan Digital	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar Mutu <i>Chip</i> Umbi Porang.....	4
Tabel 2. Standar Mutu untuk Tepung Umbi Porang	4
Tabel 3. Model Matematika Kurva Isotermis	17
Tabel 3. Hasil Pengukuran Kadar Air Sebelum Penyimpanan	24
Tabel 4. Hasil Pengukuran (K_{abb}) Tepung Umbi Porang	25
Tabel 5. Hasil Pengukuran (K_{abk}) Tepung Umbi Porang	25
Tabel 6. Nilai Konstanta R^2	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengukuran Kadar Air Rata-rata Sebelum Penyimpanan	34
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Rata-rata K_{abk}	34
Lampiran 3. Hasil Pengukuran Rata-rata K_{abb}	35
Lampiran 4. Hasil Pengujian Model Henderson Suhu 30 °C	35
Lampiran 5. Hasil Pengujian Model Henderson Suhu 40 °C.....	36
Lampiran 6. Hasil Pengujian Model <i>Oswin</i> Suhu 30 °C	36
Lampiran 7. Hasil Pengujian Model <i>Oswin</i> Suhu 40 °C	37
Lampiran 8. Hasil Pengujian Model <i>Chung-Pfost</i> Suhu 30 °C	37
Lampiran 9. Hasil Pengujian Model <i>Chung-Pfost</i> Suhu 40 °C	38
Lampiran 10. Dokumentasi Sampel Penelitian.....	38
Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian	42

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air suatu bahan sampai mencapai kadar air tertentu sehingga mengurangi tingkat kerusakan produk akibat adanya aktivitas biologi dan kimia. Pengeringan pada dasarnya adalah proses transfer energi yang digunakan untuk menguapkan air dalam bahan, memungkinkan untuk mencapai jumlah air tertentu sehingga kerusakan makanan dapat dikurangi. Perpanjangan umur simpan ini disebabkan oleh penurunan aktivitas mikroorganisme dan enzim karena tidak tercukupi air untuk fungsinya. Proses pengeringan bukanlah proses sterilisasi akan tetapi proses pengurangan kadar air. Produk yang telah dikeringkan harus tetap dijaga agar kadar airnya tetap rendah dan kualitas produk tetap terjaga.

Salah satu aspek penting dalam proses pengeringan adalah kesetimbangan kadar air bahan. Kadar air kesetimbangan suatu bahan terjadi ketika tekanan uap air dalam bahan sama dengan tekanan uap air di sekitarnya (RH dan suhu). Setiap bahan makanan memiliki karakteristik kandungan air yang seimbang dengan lingkungannya.

Kadar air kesetimbangan ini juga penting selama proses penyimpanan bahan dalam jangka waktu yang agak lama. Ruang penyimpanan yang memiliki RH yang tinggi akan menyebabkan bahan beradaptasi dengan kondisi ini melalui peningkatan kadar air bahan sampai terjadi kesetimbangan dengan lingkungannya. Kadar air yang tinggi akan menyebabkan bahan rentan terhadap penjamuran.

Umbi porang menjadi salah satu tanaman semak herbal dengan umbi bawah tanah yang dapat ditemukan di kawasan hutan dan saat ini banyak dibudidayakan terutama di Indonesia. Umbi porang atau yang biasa dikenal dengan nama ilmiah *Amorphopallus muelleri B* merupakan salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pangan, hias dan obat. Tumbuhan porang biasanya dipanen pasca tanaman tumbang, hal ini karena kadar glukomanan paling tinggi saat tanaman tumbang. Umbi porang memiliki potensi besar dalam bidang produksi namun belum dikelola dengan baik dan optimal, padahal umbi porang merupakan bahan baku pembuatan serbuk mannan yang bernilai ekonomis tinggi.

Umbi porang mengandung glukomanan yang tinggi. Glukomanan merupakan zat berupa karbohidrat kompleks dan serat larut air yang merupakan sumber terpenting di Indonesia sendiri dan konon berasal dari tumbuhan di Polandia. Glukomanan, yang digunakan dalam industri makanan, memiliki daya serap air yang sangat baik, merupakan salah satu serat makanan paling tebal, dan memberikan efek gel. Sebelumnya digunakan untuk pengikat, pengental, pengawet dan pengganti lemak. Ini juga dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti perekat dan bahan film yang dapat dimakan.

Kadar air kesetimbangan tepung umbi porang belum banyak dikaji. Olehnya itu, penelitian ini dimaksudkan untuk melihat kadar air kesetimbangan tepung umbi porang pada berbagai tingkat RH dan suhu ruang penyimpanan. Model kadar air kesetimbangan bahan menurut tingkat RH pada suhu tetap (isothermis) akan dievaluasi. Evaluasi dilakukan untuk menentukan model terbaik dari beberapa alternatif model yang ada dan dapat mewakili karakteristik dari tepung umbi porang yang diuji.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian Model Kurva Isotermis Tepung Umbi Porang (*Amorphopallus muelleri B*) ini yaitu untuk mengetahui model kurva isotermis yang digunakan dalam menduga besaran kadar air kesetimbangan yang berhubungan dengan RH tempat penyimpanan.

Kegunaan dari penelitian Model Kurva Isotermis Tepung Umbi Porang (*Amorphopallus muelleri B*) yang dilakukan ini adalah sebagai referensi pemodelan penyimpanan tepung umbi porang dan menjadi bahan informasi pembuatan tepung umbi porang pada industri.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umbi Porang (*Amorphopallus muelleri B*)

Umbi porang (*Amorphopallus muelleri B*) merupakan umbi-umbian dari famili Araceae yang memiliki kandungan glukomanan tinggi (15-64% basis kering). Porang merupakan tanaman herbal dengan umbi bawah tanah yang dapat ditemukan di kawasan hutan dan saat ini banyak dibudidayakan terutama di Indonesia. Umbi porang atau juga dikenal dengan nama ilmiah *Amorphopallus muelleri B* merupakan salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pangan, hias dan obat. Tanaman porang biasanya dipanen setelah tanaman tumbang, hal ini dikarenakan kandungan glukomanan paling tinggi pada saat tanaman rebah. Umbi porang memiliki potensi yang besar dalam bidang produksi, namun belum dikelola dan dimanfaatkan dengan baik dan optimal, padahal umbi wporang merupakan salah satu bahan baku pembuatan serbuk mannan yang bernilai ekonomis tinggi (Yuniwati *et al.*, 2021).

Tumbuhan ini adalah tumbuhan herbal berumur panjang dengan bentuk daun seperti daun tecca. Tumbuhan ini dapat hidup di mana saja, misalnya di tepi pohon jati, di bawah semak bambu, di tepi sungai, di semak-semak dan di bawah naungan yang bervariasi. Untuk hasil umbi porang yang tinggi, diperlukan naungan 50-60% dari tanaman lain yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman porang. Tanaman ini dapat tumbuh dari dataran rendah sampai 1000 meter di atas permukaan laut, pada masa pertumbuhannya membutuhkan suhu antara 25 °C - 35 °C, sedangkan curah hujan bulannya yaitu 300 mm - 500 mm (Yasin, 2021).



Gambar 1. Tanaman Umbi Porang (*Amorphopallus muelleri B*)
(Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia, 2013).

Tanaman porang termasuk famili *Araceae* yang termasuk dalam genus *Amorphophallus*. Taksonomi porang menurut (Rahman *et al.*, 2021).

Kerajaan : Plantae
 Ordo : Alismatales
 Famili : Araceae
 Subfamili : Arecideae
 Bangsa : Thomsonieae
 Genus : *Amorphophallus*
 Spesies : *Muelleri Bum*

Standar mutu *chip* umbi porang dan tepung umbi porang menurut Standar Nasional Indonesia (2013) dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 1. Standar Mutu *Chip* Umbi Porang.

Kriteria Uji	Mutu
Kadar air maksimal	12%
Kadar mannan atas kering mutlak	35%
Benda asing maksimal	2%

Tabel 2. Standar Mutu untuk Tepung Umbi Porang.

Kriteria uji	Mutu
Kadar air	10.0
Kadar glukomanan	>88%
Kadar abu	4%
Kadar sulfit	<0,03%
Kadar timah	<0,003%
Kadar arsenik	<0,001%
Kalori	3 kcal/100 g
Viskositas (konsentrasi tepung 1%)	>35000 mpas
PH (pada konsentrasi 1%)	7
Kenampakan	Putih
Ukuran partikel	90 mesh

2.2 Kandungan Umbi Porang

Nilai gizi setiap 100 g umbi porang terdiri dari kandungan glukomanan 45%, kandungan protein 9,7%, 16 macam asam amino 7,8%, 7 asam amino esensial hingga 2,5% dan mengandung mineral seperti kalsium, fosfor, besi, seng, mangan, tinggi serat dan rendah kalori. Umbi porang kaya akan serat larut glukomanan. Kandungan glukomanan dalam bentuk tepung porang mencapai 70-90%. Adanya glukomanan pada umbi porang membuat umbi porang ini banyak dicari dan dimanfaatkan sebagai bahan tambahan suatu produk. Kandungan air pada umbi porang yang baru dipanen sekitar 70-80% yang dapat menyebabkan kerusakan umbi akibat aktivitas enzim. Umbi porang memiliki umur simpan berbulan-bulan jika berada di ruangan dengan suhu 10 °C, jika disimpan pada suhu tinggi 27 °C, berat umbi porang akan berkurang 25% (Yanuriati *et al.*, 2017).

Umbi porang mengandung 45-65% glukomanan. Glukomanan adalah zat berupa gula kompleks dan serat larut, sumber tertinggi di Indonesia, konon berasal dari tanaman porang. Digunakan dalam industri makanan, glukomanan sangat baik untuk menyerap air dan merupakan salah satu serat yang paling kental dan memberikan efek pembentuk gel. Glukomanan juga banyak digunakan dalam industri farmasi untuk manfaat kesehatannya. Ini juga digunakan sebagai perekat, sebagai bahan daun yang dapat dimakan, dan untuk banyak aplikasi lain yang sangat berguna (Handayani *et al.*, 2020).

Glukomanan atau Konjak Glukomanan (KGM) banyak digunakan dalam campuran makanan tradisional seperti mie, tahu dan agar-agar terutama di Asia. Tepung konjak adalah salah satu makanan tersehat dari Jepang, yang dikenal sebagai konyaku. Keunggulan tepung ini adalah menurunkan kolesterol darah, memperlambat pengosongan lambung dan mempercepat rasa kenyang, sehingga cocok sebagai campuran nutrisi bagi para pelaku diet dan sebagai pengganti gelatin bagi penderita diabetes (Aryanti *et al.*, 2015).

Glukomanan terdapat pada beberapa tumbuhan salah satunya porang yang termasuk dalam famili *araceae* dan merupakan tanaman umbi-umbian yang potensial dan prospektif di Indonesia. Kebutuhan pangan pokok yang utama dalam bentuk karbohidrat berasal dari beras, kemudian jagung dan biji-bijian lainnya.

Sumber karbohidrat berupa umbi-umbian dan termasuk umbi porang belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat (Yuniwati *et al.*, 2021).

2.3 Pengeringan

Proses pengeringan terdapat beberapa faktor untuk mendukung terjadinya proses pengeringan seperti suhu dimana proses pengeringan pada temperatur 50 °C, 60 °C dan 70 °C memperoleh hasil pengeringan yang menyebabkan mengurangnya kadar air dikarenakan tingginya suhu dan pori-pori bahan menjadi terbuka dan kepadatan udara menjadi longgar sehingga mempermudah air menguap dari bahan. Proses pengeringan berjalan dengan cepat ketika kelembaban yang ada dalam ruang pengering lebih rendah (kering udara). Proses pengeringan untuk menentukan kadar air akhir bahan yang ditentukan oleh kelembaban udara. Proses penyerapan akan dihentikan sampai kelembaban relatif setimbang dan kelembaban bahan tercapai pada titik konstan yang menandakan tidak adanya perubahan lagi (Lisa *et al.*, 2015).

Peningkatan umur simpan pada suatu bahan pangan maka sangat penting dilakukannya proses pengeringan. Pengeringan dapat bekerja dengan baik, jika pemanasan terjadi di setiap tempat dari bahan tersebut dan uap air yang diambil berasal dari semua permukaan bahan tersebut. Permukaan bahan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pengeringan. Makanan kering harus dipotong untuk memperkecil ukuran bahan sehingga dapat mempercepat pengeringan. Suhu pengeringan yang baik adalah antara 40 °C dan 75 °C. Pengeringan pada suhu di bawah 40°C akan merusak bahan dengan kelangsungan hidup mikroba dan jamur, dan pengeringan pada suhu di atas 75 °C akan merusak struktur fisik dan kimia karena perpindahan panas dan densitas mempengaruhi perubahan struktur sel. Aliran udara bertekanan uap bertindak sebagai pembawa panas, menguapkan kandungan air dalam bahan dan menghilangkan uap air dalam makanan. Waktu pengeringan saat menjemur menjadi hal yang sangat mengesankan. Pengeringan pada suhu tinggi dalam waktu yang relatif singkat mengurangi pembusukan makanan dibandingkan dengan waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu yang lebih rendah (Indriyani *et al.*, 2013).

Tingkat penguapan air dalam bahan selama proses pengeringan tergantung pada kenaikan suhu. Meningkatnya aliran udara dan suhu pengeringan

mempercepat pengeringan. Sebaliknya, penggunaan suhu tinggi membutuhkan banyak energi untuk pengeringan, sehingga kecepatan pengeringannya tinggi. Dengan mengurangi kadar air bahan maka aktivitas mikroorganisme berkurang sehingga daya tahan bahan menjadi berkelanjutan (Rusli *et al.* , 2018).

Pengeringan berperan penting dalam mengawetkan bahan pengolahan hasil pertanian sehingga skala industri. Menurut Taib (1998) terdapat beberapa tujuan pengeringan, sebagai berikut:

- a. Kualitas bahan menjadi lebih unggul.
- b. Waktu penyimpanan bahan lebih lama.
- c. Kegiatan panen dilakukan lebih cepat.
- d. Mempertahankan daya fisiologik bahan.
- e. Dapat menghemat biaya pengangkutan.

Dalam proses pengeringan terdapat beberapa parameter yang dapat mempengaruhi waktu pengeringan antara lain kelembaban, temperatur, kelembaban bahan kering dan kelembaban awal, aliran udara dan juga. Penguapan air dari bahan ke udara merupakan dasar dari proses pengeringan, yang disebabkan oleh perbedaan kandungan uap air di udara atau relatif rendahnya kelembaban relatif udara sehingga terjadi proses penguapan (Fatih, 2016).

Menurut Estiasih dkk. (2009) Dalam proses pengeringan terdapat beberapa faktor untuk mendukung terjadinya proses pengeringan seperti berikut :

a. Suhu

Proses pengeringan pada temperature 50 °C, 60 °C dan 70 °C memperoleh hasil pengeringan yang menyebabkan mengurangnya kadar air dikarenakan tingginya suhu dan pori-pori bahan menjadi terbuka dan kepadatan udara menjadi longgar sehingga mempermudah air menguap dari bahan.

b. Kelembaban Udara

Proses pengeringan berjalan dengan cepat ketika kelembaban yang ada dalam ruang pengering lebih rendah (kering udara). Proses pengeringan tuntut menentukan kadar air akhir bahan yang ditentukan oleh kelembapan udara. Proses penyerapan akan dihentikan sampai kelembaban relatif seimbang dan kelembaban bahan telah tercapai.

c. Penguapan Air

Penguapan adalah penurunan pada kelembaban udara dan kadar air yang bertujuan untuk mengurangi ketersediaan air pada proses pengeringan. Pengurangan air juga berguna untuk menurunkan bobot dan memperkecil volume.

2.4 Penyimpanan

Penyimpanan merupakan suatu tata cara menata, menyimpan, memelihara bahan makanan kering dan basah serta mencatat serta pelaporannya. Setelah menerima bahan makanan yang memenuhi syarat, harus segera dibawa ke ruang penyimpanan, gudang atau *cold storage*.

Faktor-faktor dalam Penyimpanan Bahan Makanan Menurut (Depkes. RI, 2013) faktor penting yang perlu diperhatikan dalam penyimpaaan bahan makanan, yaitu:

- a. Keadaan ruang penyimpanan dan peralatan harus cukup luas dan memiliki ruangan, termasuk tempat penyimpanan kering dan basah.
- b. Letaknya harus dekat dengan ruang penerimaan dari produksi.
- c. Ruangan harus bersih dan penyusunan peralatan dan bahan makanan harus sistematis dan teratur.
- d. Dilengkapi dengan peralatan dasar seperti timbangan dan ruang yang cukup luas untuk menyortir dan menimbang bahan makanan serta cukup lapang untuk lalu lintas petugas dan gerobak untuk masuk atau keluar makanan.
- e. Harus cukup ventilasi, sirkulasi udara, bebas dari serangga dan binatang pengerat. Sangat di anjurkan menggunakan alat sirkulasi udara di dinding.
- f. Harus mempunyai fasilitas cukup untuk menyimpan bahan segar seperti *refrigerator/freezer* dengan kondisi yang baik (temperatur baik).
- g. Suhu ruangan harus 19-20 °C untuk makanan kering dan 0-10 °C untuk makanan segar.
- h. Hindari tempat gelap dan lembab, karena kondisi ini mendukung munculnya organisme pembusuk, terutama tepung dan rempah-rempah yang rentan terjadinya kerusakan bahan yang cepat.

- i. Jendela di ruang penyimpanan harus berupa jendela geser, serta gordena yang tidak transparan, agar dapat melindungi makanan dari sinar matahari.

Penyimpanan bahan makanan yang memenuhi syarat diterima harus segera dibawa ke ruangan penyimpanan, gudang atau ruangan pendingin. Menurut (Bakri., *et al* 2018), yaitu:

- a. Bahan makanan harus diletakkan dalam tempat yang tetap, sesuai dengan sistematisa pemakaian bahan makanan. Tempat penyimpanan bahan makanan kering dan segar harusnya diletakkan terpisah.
- b. Penyusunan bahan makanan dapat diklasifikasikan menurut jenis bahan makanan dan sistematisa pemakaian bahan makanan. Bahan makanan yang sejenis diletakkan berdekatan dan bahan makanan yang sering digunakan sebaiknya diletakkan pada lokasi yang mudah dicapai petugas.

2.5 Kadar Air

Kadar air merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan umur simpan suatu produk pangan. Semakin tinggi kadar air bahan, semakin mudah untuk melihat masalah biologis dan reaksi kimia. Kelembaban memainkan peran kunci dalam tekstur, rasa dan penampilan bahan. Makanan yang mengandung lebih banyak air akan terkontaminasi oleh mikroorganisme, sehingga air dapat membantu mikroorganisme berkembang biak sehingga menyebabkan makanan berubah. Sifat fisik merupakan indeks kandungan bahan, yang menunjukkan jumlah air dalam bahan tersebut. Satuan kadar air biasanya dinyatakan dalam persentase berat. Berat basah (bb) didefinisikan sebagai banyaknya air per 100 g suatu bahan dasar, sedangkan berat kering (bk) didefinisikan sebagai banyaknya bahan yang telah mengalami proses pengeringan sampai berat bahan mencapai titik konstan dan tidak akan berubah lagi (Safrizal, 2010).

Proses perpindahan panas terjadi lantaran suhu bahan lebih rendah berdasarkan suhu udara yg mengalir pada sekitarnya. apabila tekanan parsial uap air pada bahan lebih besar berdasarkan tekanan parsial udara pada sekitarnya, uap air akan mengalir melalui bahan. Untuk menentukan berat kering suatu bahan, bahan ditimbang setelah berat tidak berubah lagi selama pengeringan menggunakan suhu

150 °C selama minimal 72 jam untuk mendapatkan berat kering dan berat konstan hasil penimbangan yang lebih akurat (Rahayuningtyas *et al.*, 2016).

Pada proses pengeringan, kadar air sampel mempengaruhi sedikit atau banyaknya air yang dapat menguap pada permukaan sampel dan mempengaruhi lama waktu pengeringan bahan. (Taib dkk., 1988). Kadar air bahan mempengaruhi kualitas dan penyimpanan makanan tersebut. Oleh karena itu, penting untuk menentukan kadar air sampel agar proses penanganan dan distribusi dapat dikelola dengan baik (Aprawardanhu, 2012). Untuk penentuan jumlah kadar air suatu bahan hasil pertanian yakni menentukan kadar air basis kering (*dry basis*) dan berdasarkan kadar air basis basah (*wet basis*). Dalam upaya penentuan kadar air bahan hasil pertanian dapat dilakukan dengan mengetahui kadar air basis basah (*wet basis*) yakni bobot basah yang didapatkan dari presentase berat air yang terdapat pada berat bahan dan berat awal dari bahan tersebut. Untuk penentuan kadar air basis kering sendiri dengan membandingkan berat air dan berat padatan, penghitungan kadar air basis kering dilakukan ketika bobot bahan tidak lagi mengalami perubahan selama proses pengeringan berlangsung (Taufiq, 2004).

2.5.1 Kadar Air Basis Basah (K_{abb})

Kadar air bahan dinyatakan dalam presentase berat bahan basah. Kadar air basis basah dapat ditentukan dengan persamaan:

$$K_{abb} = \frac{W_t - W_d}{W_d} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan,

K_{abb} = Kadar air basis basah (%).

W_t = Berat awal (g).

W_d = Berat Padatan (g).

2.5.2 Kadar Air Basis Kering (K_{abk})

Kadar air basis kering merupakan perbandingan berat air yang ada dalam bahan dengan berat padatan yang terdapat pada bahan. Kadar air basis kering dapat ditentukan dengan persamaan:

$$K_{abk} = \frac{W_t - W_d}{W_t} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan,

K_{abk} = Kadar air basis kering (%).

W_t = Berat awal (g).

W_d = Berat Padatan (g).

2.6 Tepung Umbi Porang (Penepungan)

Penepungan merupakan salah satu metode pengolahan bahan pangan pertanian menjadi barang setengah jadi yang dapat dijadikan bahan olahan untuk berbagai jenis makanan yang memiliki tujuan untuk mempermudah alokasinya dengan mentransformasikan bahan dengan ukuran lebih besar menjadi produk tepung (ukuran kecil) yang memiliki tingkat kehalusan tertentu. Keunggulan yang dimiliki oleh tepung ialah memudahkan dalam penyimpanan, umur simpan yang panjang, lebih mudah difortifikasi serta lebih mudah tercampur dengan bahan lain. Tepung porang adalah umbi porang yang telah melewati proses pengolahan mulai dari pengeringan sampai dengan penepungan, pada bentuk tepung umbi porang memiliki umur simpan yang relatif lama sehingga dapat dijadikan sebagai bahan campuran dalam berbagai produk (Yuniwati *et al.*, 2021).

Mesin penepungan terbagi menjadi 3 berdasarkan tingkat kehalusan, yang pertama menghasilkan partikel yang kasar ialah *crusher* (*crushing roll*). Jenis yang kedua untuk partikel yang semi halus menjadi halus ialah Ginder. Jenis yang ketiga untuk menghasilkan partikel yang sangat halus ialah ultra fine ginder. Pada penelitian ini menggunakan mesin penghalus *blender* yang dapat menghaluskan sampai berukuran 80 *mesh*. Penghalusan sekitar sampai ukuran 200 *mesh* dilakukan oleh *blender* halus. Mekanisme dengan kapasitas sedang suatu produk dan *crusher*, jika diperlukan untuk dihaluskan kembali biasanya dilakukan oleh ginder sehingga memiliki kualitas penepungan yang baik (Yuniwati *et al.*, 2021).

2.7 Model Isotermis

Umur simpan menentukan kualitas suatu bahan pangan khususnya pada tepung yang ditandai dari rasa dan bau yang masih dapat diterima konsumen. Isoterm dapat digunakan untuk menentukan umur simpan makanan berdasarkan kadar air kritisnya. Pendugaan umur simpan dimulai dengan menganalisis kadar air awal

(Mo) kemudian menentukan kadar air kritis (Mc), yang ditentukan dengan mengukur kadar air bahan sehingga kadar air kesetimbangan (Me) dapat ditentukan dengan spesifikasi tertentu kelembaban relatif. Kurva serapan air isothermal (RH) dengan model matematis dapat digambarkan dengan melihat hubungan antara kadar air kesetimbangan dengan aktivitas air (aw) pada sampel umbi porang yang telah diamati dan melihat perubahan kadar airnya (Setiaboma *et al.*, 2020)

2.7.1 Aktivitas Air

Pembusukan makanan biasanya merupakan proses mikrobiologis, kimia dan enzimatis atau kombinasi dari ketiga proses tersebut. Kelangsungan ketiga proses ini membutuhkan air, dan diketahui hanya air bebas yang dapat membantu proses tersebut.

Banyaknya kandungan air dalam bahan pertanian mempengaruhi ketahanan bahan terhadap serangan mikroba dan biasanya dinyatakan dengan “*water activity*” (aw) yang dimaksud dengan aw adalah jumlah air bebas bahan yang dapat digunakan oleh mikroba untuk proses pertumbuhannya. Untuk memperpanjang umur simpan bahan, sebagian air dikeluarkan dari bahan sehingga mencapai kadar air tertentu (Aini *et al.*, 2014).

Aktivitas air memiliki peranan penting dalam penyimpanan. Besarnya aktivitas air tersebut dapat dihitung dengan menggunakan salah satu dari kedua rumus dibawah ini:

$$A_w = \frac{P}{P_0} = \frac{E.R.H}{100} \quad (3)$$

Keterangan,

A_w = Aktivitas air,

P = Tekanan uap air dari bahan makanan,

P_0 = Tekanan jenuh uap air pada suhu yang sama,

E.R.H = Kelembaban relatif seimbang.

Dengan menggunakan hukum Raoult,

$$A_w = \frac{M_w}{(M_w + M_s)} \quad (4)$$

Keterangan,

M_w = Jumlah mol air,

M_s = Jumlah mol zat yang terlarut.

Dari rumus pertama, aktivitas air dapat ditentukan dengan mengukur jumlah kelembaban relatif kesetimbangan menggunakan berbagai jenis hidrometer, atau dengan menentukan titik embun, yang kemudian mencari jumlah kelembaban relatif kesetimbangan menggunakan grafik psikrometri. Selain itu, juga dapat dihitung dengan mengukur tekanan uap air bahan makanan secara monometrik. Menggunakan hukum Raoult untuk menentukan aktivitas air sangat cocok untuk formulasi penghasil bahan makanan (Witono *et al.*, 2013).

Besarnya aktivitas air (a_w) sama dengan kelembaban relatif dibagi dengan 100. Oleh karena itu kurva yang menghubungkan besarnya kelembaban relatif tertentu dengan kadar air seimbang pada hakikatnya juga menggambarkan hubungan besarnya kadar air dan aktivitas air yang terjadi. Kurva tersebut disebut isoterm sorpsi lembab (Aini *et al.*, 2014).

Isoterm penyerapan air makanan meliputi proses adsorpsi dan desorpsi molekul air pada suhu konstan. Proses adsorpsi berarti pergerakan molekul air dari keadaan bebas ke keadaan terikat dalam makanan. Pada saat yang sama, proses desorpsi adalah pergerakan molekul air dari keadaan terikat ke keadaan bebas.

2.7.2 Kadar Air Kesetimbangan dan Kelembaban

Bahan basah dari alat pengering mengalami penguapan dari seluruh permukaan. Pada titik tertentu penguapan ini akan berhenti molekul air tidak terserap pada permukaan bahan basah. Keadaan ini disebut keadaan kesetimbangan antara penguapan dan pengembunan (*Equilibrium Moisture Content*). Kesetimbangan ini terjadi pada suhu tertentu dan ditentukan oleh kelembaban relatif tertentu pada suatu bahan. Kadar air kesetimbangan suatu bahan dapat diartikan sebagai kadar air minimum yang dapat dikeringkan dibawah kondisi pengeringan yang tetap atau pada suhu dan kelembaban relatif yang tetap. Suatu bahan berada dalam keadaan setimbang ketika laju kehilangan air bahan menuju kondisi sekitarnya (*atmosfir*) sama dengan laju air yang diperoleh dari udara sekitar

bahan mencapai kesetimbangan dengan lingkungan sekitarnya disebut kelembaban relatif kesetimbangan (Kusnandar *et al.*, 2010).

Kelembaban mempengaruhi perpindahan cairan dari permukaan material. Ketika perbedaan tekanan uap antara cairan di dalam material dan uap di luar material kecil, perpindahan aliran cairan kecil. Tekanan uap tergantung pada kelembaban. Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Angka konsentrasi ini dapat dinyatakan sebagai kelembapan absolut, kelembapan spesifik, atau kelembapan relatif. Pengukur kelembaban disebut hygometer. Kelembaban udara ada 2 macam yaitu kelembaban mutlak dan kelembaban relatif, kelembaban mutlak adalah angka yang menyatakan banyaknya uap air dalam satuan g per meter kubik udara. Kelembaban Relatif (RH), angka yang dinyatakan sebagai persentase yang menunjukkan jumlah uap air yang sebenarnya ada di udara pada suhu tertentu dan jumlah maksimum yang dapat ditampung oleh udara (Gunawan *et al.*, 2020).

2.7.2. 1 Rasio Kelembaban

Rasio kelembaban (*Humidity ratio*) didefinisikan sebagai perbandingan massa uap air (W_w) dengan massa udara kering (W_a). Untuk menghitung rasio kelembaban digunakan persamaan gas ideal. Udara dianggap gas ideal karena suhunya lebih tinggi dibandingkan dengan suhu jenuhnya dan uap air dianggap gas ideal karena tekanannya cukup rendah dibandingkan dengan tekanan jenuhnya.

$$p_w v \left(\frac{W_w}{M_w} \right) R_0 T_{ab} \quad (5)$$

$$p_a v \left(\frac{W_a}{M_a} \right) R_0 T_{ab} \quad (6)$$

Keterangan,

P_w = Tekanan uap air (Pa),

P_a = Tekanan udara kering (Pa),

V = Volume (m^3),

W_a = Massa udara (Kg),

W_w = Massa uap air (Kg),

T_{ab} = Suhu ($^{\circ}K$),

R_0 = Konstanta gas (Nm/kg mol K),

M_a = berat mol udara kering (Nm/kg mol K),

M_w = Berat mol air (kg/mol).

Menurut hukum tekanan parsial Dalton, tekanan total adalah jumlah dari tekanan uap air (P_w) dan tekanan udara (P_a) dalam hal ini dapat digunakan rumus:

$$P = P_a + P_w \quad (7)$$

Keterangan,

P = Tekanan total (Pa),

P_a = Tekanan udara kering (Pa),

P_w = Tekanan uap air (Pa).

Persamaan 5 di substitusikan dengan persamaan 3 dan 4 sehingga persamaannya menjadi.

$$(P - P_a) V = \left(\frac{W_w}{M_w}\right) R_0 T_{ab} \quad (8)$$

$$(P - P_w) V = \left(\frac{W_a}{M_a}\right) R_0 T_{ab} \quad (9)$$

Rasio kelembaban dinotasikan dengan H sehingga persamaan:

$$H = \frac{W_w}{W_a} \quad (10)$$

Keterangan,

H = Rasio kelembaban (Kg uap air/kg Udara),

W_w = Massa uap air (Kg uap air),

W_a = Massa udara kering (Kg udara).

Dengan mensubstitusikan persamaan 8 dengan persamaan 6 dan 7 maka persamaan 8 menjadi:

$$\begin{aligned} H &= \frac{W_w}{W_a} \\ &= \frac{M_w}{M_a} \left(\frac{P-P_w}{P-P_a}\right) \\ &= \frac{M_w}{M_a} \left(\frac{P-P_w}{P(P-P_w)}\right) \\ &= \frac{M_w}{M_a} \left(\frac{P_w}{P-P_w}\right) \end{aligned} \quad (11)$$

Nilai $\frac{M_w}{M_a}$ adalah 0,622, maka persamaan rasio kelembaban menjadi

$$H = 0,622 \frac{P_w}{P-P_w} \quad (12)$$

Keterangan,

H = Rasio Kelembaban (Kg uap air/Kg udara),

P_w = Tekanan Parsial uap air (Pa),

P = Tekanan total (Pa).

2.7.2.2 Kelembaban Relatif

Dalam hal ini dapat digunakan rumus:

$$RH = \frac{P(t)}{P_s(t)} \quad (13)$$

Keterangan,

RH = Kelembaban relatif (%),

P (t) = Tekanan parsial uap air pada suhu T (atm),

P_s (t) = Tekanan parsial uap air jenuh pada suhu T (atm).

Kelembaban relatif, yang dinyatakan sebagai persentase kelembaban relatif, diperlukan untuk mengetahui kemampuan udara menahan air selama pengeringan karena udara hanya mengandung air dalam jumlah tertentu yang menyebabkan udara menjadi jenuh. Udara dapat dikatakan jenuh dengan uap air ketika kelembaban maksimum pada tekanan dan suhu tertentu. Jika air ditambahkan untuk menjenuhkan udara, maka harus ditambahkan sebagai kabut, bukan sebagai cairan. Hal ini dapat terjadi karena adanya penurunan suhu selama penyimpanan yang dapat meningkatkan jumlah air terikat yang diikuti dengan peningkatan suhu dalam aktivitas air (*aw*) (Hudji *et al.*, 2019)

Suhu dan kelembaban memiliki pengaruh yang signifikan terhadap umur simpan makanan. Kenaikan suhu di gudang mempercepat penurunan kadar air. Semakin tinggi suhu penyimpanan, semakin rendah kelembaban di dalam ruang penyimpanan dan sebaliknya. Tingkat aktivitas air dibawah 0,6 mempertahankan produk dengan baik selama penyimpanan, karena air yang tersisa tidak cukup untuk mendukung aktivitas enzim atau perkembangan mikroba sedangkan tingkat aktivitas air di atas 0,6 dapat mendukung perkembangan mikroba karena terdapatnya air yang berlebih pada bahan (Aini, 2017).

Maka karena itu, metode yang dapat digunakan untuk menentukan perkiraan umur simpan suatu bahan makanan dapat digunakan pemodelan kurva isoteremis.

Berikut ini terdapat beberapa model matematika kurva isotermis yang digunakan.

Tabel 3. Model Matematika Kurva Isotermis.

No	Nama Model Kurva Isotermis	Model
1	BET (Brunaue <i>et al.</i> 1940)	$w = \frac{w_m C a_w}{(1 - a_w)(1 - a_w + C a_w)}$
2	Hasley (Hasley 1948)	$w = \frac{-A}{(T \ln a_w)}$
3	Henderson (Henderson 1952)	$w = A[-\ln (B \log (1 - a_w))]^2$
4	Oswin (Oswin 1946)	$w = A \left[\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right]^B$
5	Smith (Smith 1947)	$w = A + B \log (1 - a_w)$
6	Anderson (Anderson 1946)	$w = \frac{ABC a_w}{1 + (B - 2) C a_w + (1 - B) C^2 a_w}$
7	Kuhn (Kuhn 1964)	$w = \left(\frac{A}{\ln a_w} \right) + B$
8	Chung and Pfof (Chung & Prost 1967)	$w = A \ln \left[\frac{B}{\ln a_w} \right]$

Sumber: Setiaboma *et al.*, 2020 dan Soleimanifard & Hamdami, 2018

Dimana w ialah kadar air basis kering (%), a ialah nilai konstanta, a_w adalah aktivitas air atau RH (%) dibagi 100.

Masing-masing model di atas memiliki beberapa penerapan, misalnya hanya berlaku untuk rentang kelembaban relatif tertentu, yaitu untuk mendapatkan data adsorpsi dan desorpsi, semua model dapat diterapkan pada makanan. Model GAB dan BET adalah model yang paling banyak digunakan untuk memprediksi isoterm penyerapan air. Misalnya model yang sering digunakan pada tepung adalah model Henderson dan Peleg. Model yang dapat digunakan untuk menggambarkan kurva permukaan serapan dan sifat termodinamika dapat menggunakan pemodelan BET, GAB dan *Caurie* (Hartanto, 2019).

Model Henderson adalah model empiris yang pertama kali diusulkan pada tahun 1952. Model ini memiliki dua konstanta, yaitu A dan B . Model Henderson dapat digunakan untuk mengkarakterisasi tiga isoterm lokal, yang menunjukkan bahwa masing-masing dapat mewakili jenis hidrasi tertentu (Hawa *et al.*, 2020).

Model *Chung-Pfost* pertama kali diusulkan pada tahun 1967 dan didasarkan langsung pada asumsi bagaimana perubahan energi absorpsi terkait dengan kadar air. Namun, model *Chung-Post* tidak dapat memprediksi pengaruh besaran temperatur karena penggunaan istilah temperatur (T) tidak menghilangkan ketergantungan temperatur konstanta a dan b (Hawa *et al.*, 2020).

Model *Oswin*, *Kuhn*, *Chung-Pfost*, *Hasley Chen-clayton*, *Henderson*, *Cauri* adalah model yang dapat menggambarkan kurva isothermal penyerapan air dalam produk kering. Model persamaan ini digunakan karena, berdasarkan penyelidikan sebelumnya, model tersebut dapat menggambarkan jalannya isoterm serapan air pada rentang nilai aktivitas yang luas. Berbeda dengan model GAB yang digunakan pada uji coba, karena model ini biasanya digunakan untuk produk dengan aktivitas air yang cukup besar (-0,9), sedangkan prediksi aktivitas air untuk produk tepung yang digunakan pada penelitian ini tidak terlalu besar karena kandungan airnya rendah (Sugiyono *et al.*, 2020).