



**PENERAPAN METODE KURVA SORPSI ISOTERMIS  
UNTUK PENDUGAAN UMUR SIMPAN  
DAGING TIRUAN SEMI BASAH**

**SKRIPSI**

Oleh

**Mifta Setia Arba`ani**

**NIM. 141710101012**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**PENERAPAN METODE KURVA SORPSI ISOTERMIS  
UNTUK PENDUGAAN UMUR SIMPAN  
DAGING TIRUAN SEMI BASAH**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Oleh

**Mifta Setia Arba`ani**

**NIM. 141710101012**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih kepada :

1. Allah SWT, puji syukur atas segala rahmat, hidayah serta Inayah-Nya;
2. Bapak dan Mama yang sangat saya cintai, yang selalu memberi doa restu, memberi semangat, motivasi dan dukungan selama ini;
3. Seluruh keluarga dan kerabat yang telah mendoakan, memotivasi dan memberi kasih sayang hingga saat ini;
4. Seluruh teman-teman dari saya lahir sampai saat ini yang telah bersedia menemani, saling menguatkan dan saling mendoakan;
5. Seluruh guru dan dosen yang telah mengajari saya pendidikan ilmiah dan moral;
6. Almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

### MOTTO

Sesungguhnya Allah sekali-kali tidak akan merubah sesuatu nikmat yang telah dianugerahkan-Nya kepada suatu kaum, hingga kaum itu merubah apa-apa yang ada pada diri mereka sendiri, dan sesungguhnya Allah Maha Mendengar lagi Maha Mengetahui.

(terjemahan Surat Al-anfal ayat 53)<sup>1)</sup>

Jangan berharap pada manusia untuk menjadi kuat, tetapi berharaplah kepada Allah untuk diberi kekuatan. Kekuatan yang kita miliki asalnya dari Allah.

---

\*Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al Qur'an dan Terjemahannya. Semarang: PTKumudasmoro Grafindo.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Mifta Setia Arba`ani

NIM : 141710101012

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penerapan Metode Kurva Sorpsi Isotermis untuk Pendugaan Umur Simpan Daging Tiruan Semi Basah” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 09 Januari 2019

Yang menyatakan

Mifta Setia Arba`ani

NIM 141710101012

**SKRIPSI**

**PENERAPAN METODE KURVA SORPSI ISOTERMIS  
UNTUK PENDUGAAN UMUR SIMPAN  
DAGING TIRUAN SEMI BASAH**

Oleh :

Mifta Setia Arba`ani

141710101012

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triana Lindriati, S.T., M.P.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Giyarto M.Sc.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Penerapan Metode Kurva Sorpsi Isotermis untuk Pendugaan Umur Simpan Daging Tiruan Semi Basah” karya Mifta Setia Arba`ani, NIM 141710101012 telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada :

hari, tanggal : Rabu, 9 Januari 2019

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Triana Lindriati, S.T., M.P  
NIP. 196808141998031001

Ir. Giyarto M.Sc  
NIP. 196607181993031013

Tim Penguji:

Penguji Utama

Penguji Anggota

Dr. Ir. Sih Yuwanti, M.P  
NIP. 196507081994032002

Dr. Maria Belgis, S.TP., M.P  
NIP. 760016850

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng

NIP. 196809231994031009

## RINGKASAN

**Penerapan Metode Kurva Sorpsi Isotermis untuk Pendugaan Umur Simpan Daging Tiruan Semi Basah;** Mifta Setia Arba ani: 141710101012; 2018; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian; Fakultas Tenologi Pertanian Universitas Jember.

Kriteria mutu produk pangan yang penting adalah keamanan, kesehatan, flavor, tekstur, warna, umur simpan, kemudahan, kehalalan dan harga. Informasi umur simpan produk bertujuan untuk memberikan jaminan mutu dan keamanan produk. Umur simpan produk pangan dapat diduga dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT), dengan prinsip mempercepat perubahan mutu pada parameter kritis. Metode ASLT dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan model Arrhenius atau kadar air kritis. ASLT dengan metode kadar air kritis atau disebut metode kurva sorpsi isotermis mensimulasikan kerusakan produk yang dikarenakan adanya perubahan kadar air oleh produk. Metode ini banyak digunakan untuk jenis produk yang memiliki kandungan air rendah. Namun, belum diketahui penggunaan metode ini untuk produk pangan semi basah seperti daging tiruan.

Daging tiruan dibuat dari protein nabati, seperti isolat protein kedelai yang memiliki karakteristik mirip daging asli. Untuk memperbaiki sifat daging tiruan sering ditambahkan kelompok karbohidrat. Penambahan karbohidrat dapat mempengaruhi karakteristik fisik, kimia dan fungsional daging tiruan yang dihasilkan. Tepung gembili (*Dioscorea esculenta, L.*) mengandung glukomanan dan senyawa fungsional seperti Dioscorin dan Diosgenin. Produk daging tiruan berbahan dasar tepung gembili dan isolat protein kedelai adalah produk baru, sehingga perlu kelengkapan informasi tentang umur simpannya. Daging tiruan sebagai produk ekstrusi yang mengandung sedikit lemak. Karakteristik daging tiruan tersebut menyebabkan pendugaan umur simpan tidak dapat dilakukan dengan metode ASLT dengan pendekatan Arrhenius. Metode yang mungkin dapat diterapkan yaitu metode kurva sorpsi isotermis, meskipun produk memiliki kadar air yang tinggi (semi basah).



Penelitian dilakukan dalam empat tahap. Penelitian diawali dengan pembuatan daging tiruan dengan formulasi rasio tepung gembili dan isolat protein kedelai sebanyak 10:90; 30:70 dan 50:50 (b/b). Tahap kedua dilakukan penentuan kadar air kritis dan kadar air kesetimbangan. Kadar air kritis diukur menggunakan metode gravimetri dan kadar air kesetimbangan diukur menggunakan metode cawan conway dengan menggunakan garam NaOH ( $a_w=0,06$ ),  $MgCl_2$  ( $a_w=0,32$ ),  $NaNO_2$  ( $a_w=0,75$ ), KCl ( $a_w=0,84$ ) dan  $K_2SO_4$  ( $a_w=0,97$ ). Tahap ketiga adalah pembuatan kurva sorpsi isoteris dan tahap terakhir adalah pendugaan umur simpan daging tiruan pada berbagai jenis kemasan (HDPE, PP, MDPE dan LDPE).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur simpan daging tiruan berkisar antara 29-155 hari. Hal ini menunjukkan metode kurva sorpsi isoteris tidak cocok digunakan untuk menghitung umur simpan daging tiruan berbahan dasar tepung gembili dan isolat protein kedelai karena pada kenyataannya sebelum mencapai batas umur simpan hasil perhitungannya, daging tiruan telah ditumbuhi jamur.

## SUMMARY

**Application of The Sorption Isotherm Curve Method to Estimation of Shelf Life of intermediate Moisture Artificial Meat;** Mifta Setia Arba ani: 141710101012; 2019; Department of Agricultural Product Technology, Faculty of Agriculture Technology University of Jember.

The important quality criteria for food products are safety, health, flavor, texture, color, shelf life, ease, legal and price. Information of shelf life is intend to give the safety and guarantee the product. The shelf life of food products can be estimated by using Accelerated Shelf Life Test (ASLT) method, with accelerating quality changes in critical parameters. The ASLT method can be done using the Arrhenius model approach or critical water content. ASLT with a critical moisture content method is also called as the isothermic sorption curve method, simulate the product damage because of transformation water content of product. This method often used for the type of product that has low water content. However, the use of this method for intermediate moisture food product is not yet known.

Artificial meat is a product made from vegetable protein, like isolate soy proteins has similar characteristics to real meat. To improve characteristic of artificial meat is often added a group of carbohydrates. The addition of carbohydrates can affect the physic, chemical and functinal characteristics of artificial meat produced. Lasser yam flour (*Dioscorea esculenta*, L.) contain glukomanan, and functional compound such as dioscorin and diosgenin. Artificial meat products which have the basic ingredients of lesser yam flour and soy protein isolates are new products so it needs information shelf life completeness. Artificial meat is an extrusion product that contains little fat. That characteristics of the artificial meat cause the estimation of shelf life cannot be done with the ASLT method with the Arrhenius approach. The possible method that can be applied is the isothermic sorption curve method. Although, this product has high water content (intermediate moisture food).

The study was conducted in four stages. The study began by making of artificial meat with the formulation of gembili flour and isolates of soy protein; 10:90, 30:70 and 50:50 (w/w). The second stage was determining the critical moisture content and equilibrium moisture content. The critical water content was measured using the gravimetric method and the equilibrium moisture content was measured using the conway cup method using NaOH salt ( $a_w = 0.06$ ),  $MgCl_2$  ( $a_w = 0.32$ ),  $NaNO_2$  ( $a_w = 0.75$ ),  $KCl$  ( $a_w = 0.84$ ) and  $K_2SO_4$  ( $a_w = 0.97$ ). The third stage was making of the isothermic sorption curve and the last step was estimating the artificial meat shelf life on various types of packaging (HDPE, PP, MDPE and LDPE).

The results showed that the shelf life of artificial meat ranged from 29-155 days. This shows that the sorption method is not suitable for calculating the shelf life of artificial meat which has the basic ingredients of gembili flour and soy protein isolates because in the real, before reaching the limit of shelf life from the result, artificial meat has arise by mold.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Metode Kurva Sorpsi Isotermis untuk Pendugaan Umur Simpan Daging Tiruan Semi Basah”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Jayus selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
3. Dr. Triana Lindriati, S.T., M.P. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, perhatian serta arahan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini;
4. Ir. Giyarto M.Sc selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu sabar memberi bimbingan, perhatian serta arahan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini;
5. Dr. Ir. Sih Yuwanti, M.P dan Dr. Maria Belgis, S.T., M.P selaku tim penguji, atas saran dan evaluasi demi perbaikan penulisan skripsi ini;
6. Seluruh staff dosen dan karyawan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bantuan, saran dan motivasi selama perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi;
7. Mama, Bapak, Mbak Shinta, Mbak Ulfah dan Mbak Frida yang selalu memberikan semangat dan motivasi atas penyelesaian pendidikanku;
8. Sahabat-sahabatku, Amelia Agustin, Siska Suryaningtyas, Ardiana Anggraeni, Etika Hanif, Nur Yanti, Fiska Fibi H yang selalu memotivasi dan membantu saya selama ini;

9. Keluarga UKMK DOLANAN yang telah banyak memberi pengalaman dan ilmu yang sangat luar biasa;
10. THP-C, keluargaku tersayang dimana menjadi tempatku mendapatkan teman dan banyak pengalaman yang sangat berharga selama perkuliahan;
11. Teman-teman Teknologi Pertanian angkatan 2014 yang telah memberikan dukungan, semangat, serta doa dan persahabatan
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga penulisan ini selanjutnya menjadi lebih baik. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi berbagai pihak.

Jember,  
Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING .....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN .....	viii
SUMMARY .....	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Balakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Daging Tiruan .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Umbi Gambili.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Isolat Protein Kedelai .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Kemasan Bahan Pangan.....</b>	<b>8</b>
2.4.1 Plastik Polipropilen.....	9
2.4.2 Plastik Polietilen .....	9
<b>2.5 Kerusakan Bahan Pangan Selama Penyimpanan.....</b>	<b>10</b>
2.4.1 Perubahan Fisik.....	10

2.4.2 Perubahan Kimiawi.....	11
2.4.3 Perubahan Akibat Mikroorganisme .....	12
<b>2.6 Aktivitas Air .....</b>	<b>12</b>
<b>2.7 Kadar Air.....</b>	<b>14</b>
<b>2.8 Kadar Air Kesetimbangan.....</b>	<b>14</b>
<b>2.9 Umur Simpan .....</b>	<b>15</b>
<b>2.10 Metode <i>Accelerated Shelf Life Testing</i> (ASLT).....</b>	<b>16</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan.....</b>	<b>19</b>
3.2.1 Alat Penelitian.....	19
3.2.3 Bahan Penelitian .....	19
<b>3.3 Pelaksanaan Penelitian.....</b>	<b>19</b>
3.3.1 Rancangan Penelitian.....	19
3.3.2 Pembuatan Tepung Umbi Gembili .....	20
3.3.3 Pembuatan Daging Tiruan .....	21
<b>3.4 Perhitungan Umur Simpan.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5 Prosedur Analisa.....</b>	<b>25</b>
3.5.1 Penentuan Kadar Air Kritis.....	25
3.5.2 Penentuan Kadar Air Kesetimbangan.....	26
<b>3.6 Analisa Data .....</b>	<b>26</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Kadar Air Kesetimbangan.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Kurva Sorpsi Isotermis.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 Pemilihan Persamaan Matematis.....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Umur Simpan .....</b>	<b>30</b>
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>34</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>34</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>42</b>

**DAFTAR TABEL**

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Komposisi zat gizi umbi gembili segar.....	6
Tabel 2.2 Komposisi asam amino isolat protein kedelai.....	8
Tabel 2.3 Kelembapan nisbi larutan garam jenuh.....	14
Tabel 3.1 Perbandingan tepung umbi gembili dan isolat protein kedelai .....	20
Tabel 3.2 Nilai permeabilitas uap air kemasan daging tiruan .....	25
Tabel 4.1 Kadar air kesetimbangan daging tiruan di berbagai RH.....	27
Tabel 4.2 Persamaan kurva sorpsi isotermis daging tiruan.....	30
Tabel 4.3 Nilai parameter perhitungan umur simpan.....	31
Tabel 4.4 Umur simpan daging tiruan dengan tepung gembili 10% dan ISP 90% .....	31
Tabel 4.5 Umur simpan daging tiruan dengan tepung gembili 30% dan ISP 70% .....	32
Tabel 4.6 Umur simpan daging tiruan dengan tepung gembili 10% dan ISP 90% .....	32

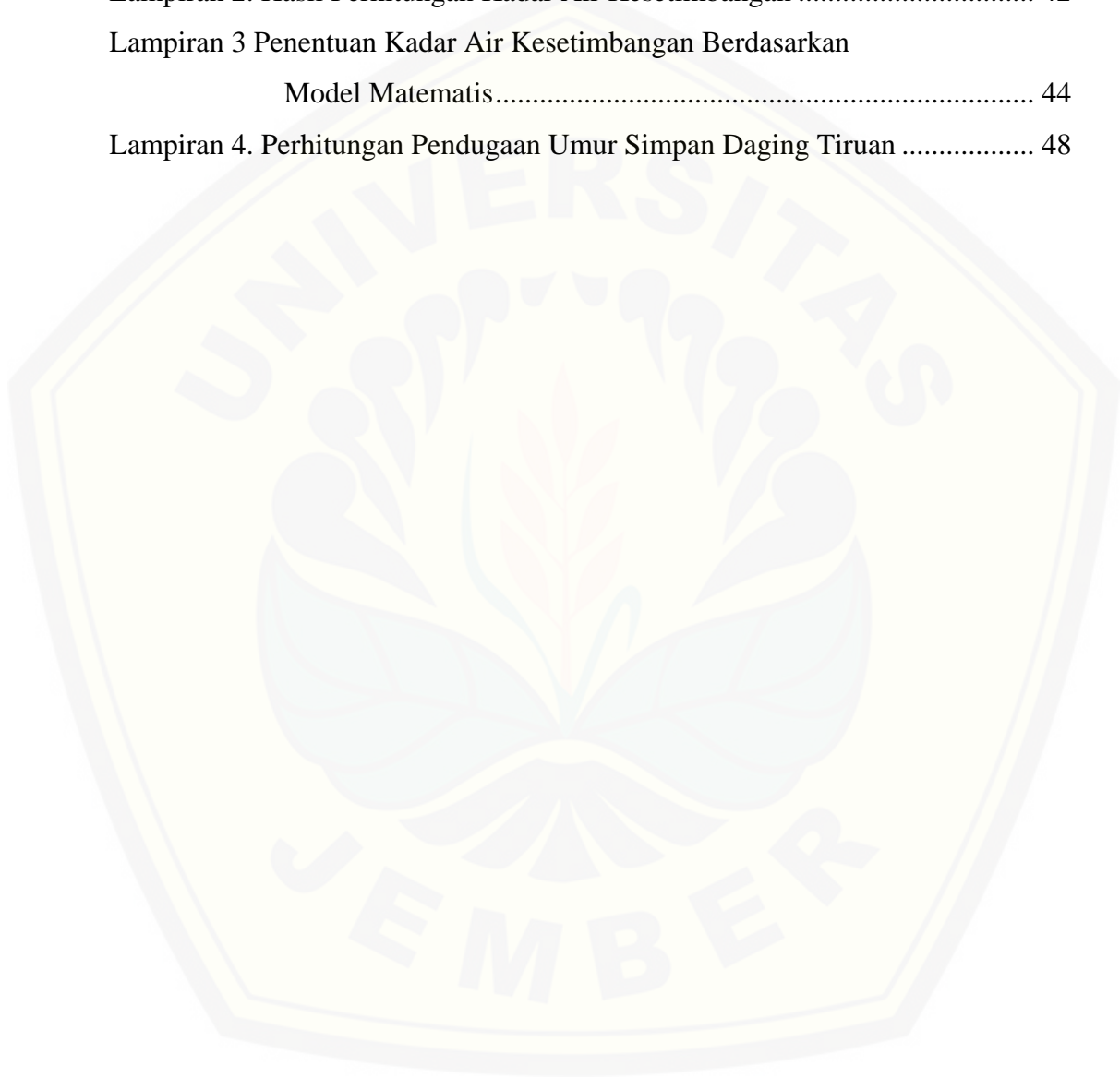


**DAFTAR GAMBAR**

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Kurva sorpsi isotermis secara umum .....	16
Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan tepung umbi gembili.....	20
Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan daging tiruan berbahan dasar tepung gembili dan isolat protein kedelai .....	21
Gambar 3.3 Diagram blok penghitungan umur simpan .....	22
Gambar 4.1 Kurva sorpsi isotermis daging tiruan dengan tepung gembili 10% dan isolat protein kedelai 90% .....	28
Gambar 4.2 Kurva sorpsi isotermis daging tiruan dengan tepung gembili 30% dan isolat protein kedelai 70% .....	28
Gambar 4.3 Kurva sorpsi isotermis daging tiruan dengan tepung gembili 50% dan isolat protein kedelai 50% .....	28

**DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Hasil Perhitungan Kadar Air Kritis .....	41
Lampiran 2. Hasil Perhitungan Kadar Air Kesetimbangan .....	42
Lampiran 3 Penentuan Kadar Air Kesetimbangan Berdasarkan Model Matematis.....	44
Lampiran 4. Perhitungan Pendugaan Umur Simpan Daging Tiruan .....	48



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengolahan bahan pangan pada industri komersial umumnya bertujuan memperpanjang masa simpan, mengubah atau meningkatkan karakteristik mutu produk, mempermudah penanganan dan distribusi serta memberikan lebih banyak pilihan dan ragam produk pangan di pasaran, meningkatkan nilai ekonomis bahan baku, serta mempertahankan atau meningkatkan mutu, terutama mutu gizi, daya cerna dan ketersediaan gizi. Kriteria mutu yang penting pada produk pangan adalah keamanan, kesehatan, flavor, tekstur, warna, umur simpan, kemudahan, kehalalan dan harga (Andarwulan dan Hariyadi, 2004). Pencantuman umur simpan sangat penting, hal ini terkait dengan keamanan dan untuk memberikan jaminan mutu produk pada saat produk sampai di tangan konsumen. Pengemasan makanan juga menentukan keamanan dan umur simpan suatu produk. Faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan makanan yang dikemas adalah jenis bahan pengemas dan kondisi lingkungan. Jenis bahan pengemas menentukan permeabilitas gas-gas yang berpengaruh terhadap kerusakan makanan (Lindriati dan Maryanto, 2016).

Umur simpan produk pangan dapat diduga dengan menggunakan dua metode, yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT). Metode ESS atau disebut juga dengan metode konvensional adalah penentuan kadaluwarsa dengan cara menyimpan produk pada kondisi normal, kemudian diamati perubahan mutu dan umur simpannya. Kekurangan dari metode ini adalah pendugaan memerlukan waktu yang lama. Metode ASLT adalah penentuan umur simpan produk pangan dengan cara mempercepat perubahan mutu pada parameter kritis. Metode ini menggunakan kondisi lingkungan tertentu yang dapat mempercepat penurunan mutu produk pangan (Arif, 2016). Metode ASLT dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan model Arrhenius atau kadar air kritis. ASLT dengan model Arrhenius banyak digunakan untuk pendugaan umur simpan produk pangan yang mudah rusak karena adanya reaksi kimia seperti oksidasi lemak, reaksi *Maillard*, denaturasi protein dan sebagainya.

Pendugaan umur simpan dengan metode ini biasa digunakan pada produk nugget (Amalia, 2012), tepung bumbu ayam goreng (Bagja dkk., 2015). ASLT dengan metode kadar air kritis atau disebut juga metode kurva sorpsi isotermis, mensimulasikan kerusakan produk yang dikarenakan adanya perubahan kadar air oleh produk (Kusnandar dkk., 2010). Metode ini dapat digunakan untuk menentukan umur simpan dari bandrek instan (Faridah dkk., 2013), biskuit (Kusnandar dkk., 2010), biji dan bubuk lada hitam (Rahayu dkk., 2005). Dengan kata lain, metode kurva sorpsi isotermis banyak digunakan untuk pendugaan umur simpan produk dengan kadar air yang rendah.

Daging tiruan adalah produk yang dibuat dari protein nabati yang memiliki karakteristik mirip daging asli. Daging tiruan berbasis protein nabati lebih aman dikonsumsi oleh orang penderita penyakit degeneratif dan dapat mengurangi risiko penyakit degeneratif serta harga daging tiruan juga lebih murah. Bahan utama pembuatan daging tiruan pada umumnya yaitu Isolat Protein Kedelai (IPK) (Singh, 2008). Penambahan karbohidrat dapat mempengaruhi karakteristik daging tiruan yang dihasilkan. Interaksi antara karbohidrat dan protein dengan adanya gaya geser dari ekstruder dapat membentuk jaringan matrik yang meningkatkan *chewiness* dan tekstur daging tiruan (Rareunrom dkk., 2008). Karbohidrat yang dapat ditambahkan pada daging tiruan salah satunya yaitu tepung gembili (*Dioscorea esculenta, L.*). Kelebihan umbi gembili adalah kandungan senyawa bioaktif di dalamnya. Senyawa bioaktif tersebut antara lain senyawa glukomanan, fenol, diosgenin dan dioscorinm, diketahui dapat menekan penyerapan kolesterol, serta berperan sebagai antioksidan yang menangkal radikal hidroksil dan radikal superoksida (Raju dan Chinthalapally, 2012). Umbi gembili juga mengandung PLA (polisakarida larut air) yang tidak dapat terdegradasi secara enzimatik (Herlina dkk., 2013). Produk daging tiruan berbahan dasar tepung gembili dan isolat protein kedelai adalah produk baru yang belum ada di pasaran, oleh karena itu umur simpan produk tersebut belum diketahui.

Daging tiruan adalah produk ekstrusi yang mengandung sedikit lemak. Penelitian sebelumnya menunjukkan daging tiruan yang dibuat dari isolat protein kedelai 15 % dan tepung kacang merah 85%, memiliki kandungan protein sebesar

11,6%, serat 1,90%, lemak 1,48% dan memiliki daya cerna 29,80% (Utama, 2016). Daging tiruan berbahan dasar tepung kacang merah 70% dan tepung terigu 30% mengandung protein sebesar 10,43%, kadar lemak 0,58%, kadar karbohidrat 81,45% dan kadar abu 2,98% (Nuraidah, 2013). Karakteristik dari daging tiruan tersebut menyebabkan pendugaan umur simpan tidak dapat dilakukan dengan metode ASLT dengan pendekatan Arrhenius. Metode yang mungkin dapat diterapkan yaitu metode kurva sorpsi isotermis, meskipun umumnya metode ini digunakan untuk pendugaan umur simpan produk berkadar air rendah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Daging tiruan berbahan dasar isolat protein kedelai dan tepung gembili adalah produk baru yang masih belum ada di pasaran, sehingga umur simpan dari produk ini masih belum diketahui. Pada pembuatan daging tiruan, komposisi karbohidrat dan protein yang berbeda dimungkinkan menghasilkan umur simpan yang berbeda. Bahan pengemas daging tiruan dapat juga mempengaruhi umur simpannya. Daging tiruan adalah produk ekstrusi yang mengandung sedikit lemak, sehingga tidak dapat dilakukan pendugaan umur simpan dengan metode Arrhenius. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu adanya penelitian mengenai pendugaan umur simpan daging tiruan semi basah menggunakan metode kurva sorpsi isotermis dengan formulasi daging tiruan yang berbeda dan penyimpanan daging tiruan yang disimulasikan menggunakan berbagai jenis bahan pengemas.

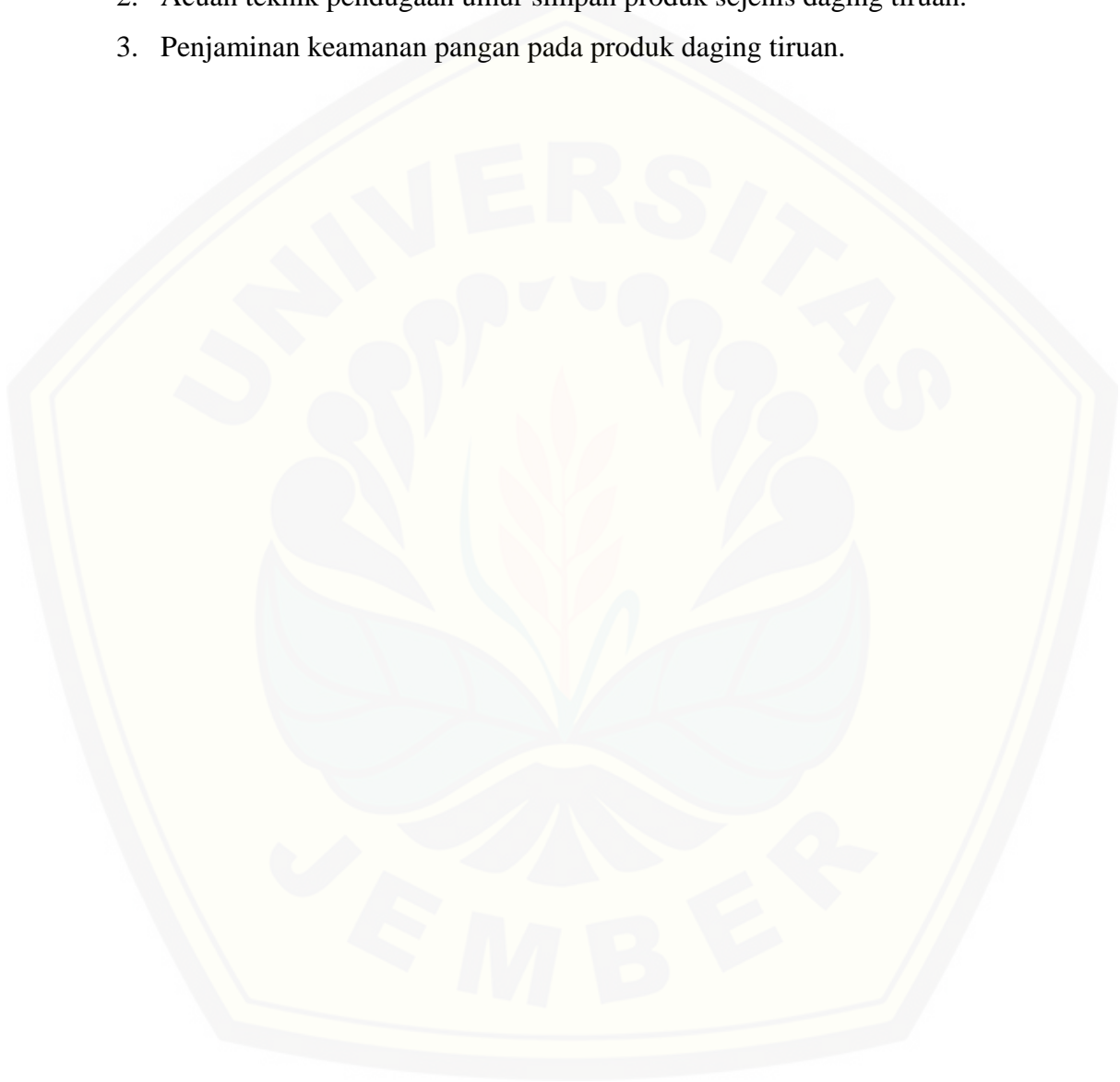
## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penerapan metode kurva sorpsi isotermis dalam pendugaan umur simpan daging tiruan hasil variasi formulasi tepung gembili dan isolat protein kedelai dengan berbagai jenis bahan pengemas.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Sumber informasi mengenai tanggal kadaluwarsa pada produk daging tiruan dan produk sejenis.
2. Acuan teknik pendugaan umur simpan produk sejenis daging tiruan.
3. Penjaminan keamanan pangan pada produk daging tiruan.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Daging Tiruan

Daging tiruan terbuat dari protein nabati (kacang-kacangan, jamur minyak sayur dan sereal), memiliki karakteristik mirip daging asli (Asgar dkk., 2010). Daging tiruan pertama kali dibuat oleh Husden dan Hoer pada tahun 1972 dengan protein kedelai (Astawan, 2004). Daging tiruan dapat juga dibuat dari kombinasi kacang kedelai, kacang hijau india dan lathyrus (Khurram dkk., 2003), atau kombinasi jamur tiram dan gluten (Kusuma dan Widjarnako, 2013). Daging tiruan dapat diformulasikan sedemikian rupa sehingga memiliki nilai gizi yang lebih baik, lebih homogen dan lebih tahan lama. Daging tiruan tidak mengandung kolesterol dan kadar asam lemak tidak jenuhnya tinggi sehingga baik untuk kesehatan serta memiliki harga yang lebih rendah. Tekstur daging tiruan dapat dirasakan dalam mulut berupa butiran atau serabut seperti daging asli. Kekerasan atau keempukan daging tiruan dapat diatur melalui formula bahan pembuatan daging tiruan. Pencampuran daging tiruan dengan daging asli, daging tiruan dapat diolah menjadi berbagai olahan produk daging seperti sosis, hamburger, rendang, bakso, opor dan produk-produk lainnya (Hudaya, 1999).

Tahapan pembuatan daging tiruan meliputi pembuatan konsentrat atau isolat protein, pembuatan protein pekar atau protein pintal dan penambahan komponen lain pada protein pekar untuk membentuk daging tiruan (Astawan, 2004). Protein pekar dan protein pintal adalah produk daging yang umumnya dibuat dari isolat protein kedelai. Protein pekar disebut juga dengan nama *Texturized Vegetable Protein* (TVP), berbentuk tepung atau butiran yang memiliki cita rasa, warna dan sifat yang mendekati protein daging. Protein pintal adalah hasil pemintalan isolat protein dalam asam setelah melewati proses ekstruksi. Protein yang terpintal kemudian dipanaskan pada kondisi tertentu sehingga diperoleh tekstur yang mirip dengan daging, sehingga produk ini dikenal dengan nama *meat* analog (Lusas, 1997).

Daging tiruan dapat dibuat dari protein kedelai pada kadar air rendah (<35%) dengan ekstruder ulir tunggal maupun pada kadar air tinggi (>50%)

menggunakan ekstruder ulir ganda (Lin, dkk, 2000). Menurut Tettweiler (1991), masalah yang sering dihadapi dalam produk daging tiruan adalah penerimaan konsumen yang kurang baik, oleh karena itu, perlu adanya penambahan bahan tambahan]. Bahan-bahan tambahan yang ditambahkan dalam proses pembuatan daging tiruan berfungsi untuk meningkatkan nilai nutrisi, penampakan serta sifat fungsional lainnya. Bahan tambahan yang digunakan biasanya adalah pewarna, pemberi flavor, vitamin, mineral dan protein (Hartman, 1966). Daging tiruan diharapkan dapat berperan sebagai pangan fungsional karena penambahan protein dari kedelai di dalamnya. Menurut Damasceno dkk. (2000), Potensi kedelai sebagai pangan fungsional karena kedelai banyak mengandung asam amino.

## 2.2 Umbi Gembili

Gembili (*Dioscorea esculenta* L.) adalah umbi yang termasuk dalam jenis gadung-gadungan. Gembili memiliki bentuk seperti ubi jalar, berwarna coklat dengan ukuran sebesar kepalan tangan orang dewasa. Daging gembili berwarna putih hingga kekuningan, umbi gembili banyak mengandung karbohidrat. Umbi gembili yang dimasak atau dibakar umumnya digunakan sebagai sumber karbohidrat. Umbi gembili juga dapat dimanfaatkan sebagai campuran sayur setelah dimasak, direbus atau digoreng (Prabowo dkk., 2014). Komposisi zat gizi gembili segar dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Umbi gembili banyak mengandung pati. Selain pati, gembili juga mengandung glukomanan yang tinggi. Glukomanan merupakan serat pangan larut air yang tidak tergradasi secara enzimatis menjadi sub unit-sub unit yang dapat diserap dalam lambung dan usus halus. Umbi gembili dapat menurunkan trigliserida (40,8%), kolesterol total (52,95%), kolesterol LDL (92,98%) serta meningkatkan kolesterol HDL (46,95%) (Herlina, 2012).



Tabel 2.1 Komposisi zat gizi umbi gembili segar

Zat gizi	Komposisi zat gizi / 100 g bahan
Protein (g)	1,10
Lemak (g)	0,20
Karbohidrat (g)	31,30
Serat (g)	1,00
Abu (g)	14,00
Kalsium (mg)	56,00
Fosfor (mg)	0,60
Beta Karoten (SI)	0,08
Vitamin B1 (mg)	4,00
Vitamin C (mg)	66,40
Air (g)	85,00

Sumber: Yuniar (2010)

Umbi gembili mengandung senyawa bioaktif atau senyawa fungsional (Harijono dkk., 2010). Senyawa fungsional tersebut adalah Dioscorin dan Diosgenin. Dioscorin memiliki aktivitas *carbonic anyhidrase* dan inhibitor tripsin. Dioscorin juga memiliki aktivitas *dehydroascorbate reductase* dan *monodehydroascorbate reductase* yang merupakan respon terhadap lingkungan (Hsu dkk., 2002). Dioscorin juga dapat menghambat enzim pengubah angiotensin yang dapat meningkatkan aliran darah ke ginjal dan menurunkan tekanan darah (Liao dkk., 2006). Diosgenin adalah prekursor berbagai steroid sintesis yang banyak digunakan dalam industri farmasi. Diosgenin berperan menguntungkan terhadap penyakit metabolik (hiperkolesterolemia, dislipidemia, diabetes dan obesitas), peradangan dan kanker (Raju dan Chinthalapally, 2012). Diosgenin dapat diserap melalui usus, berperan dalam mengatur metabolisme kolesterol, mengurangi resiko sakit jantung, kanker paru-paru dan kanker darah (Okwu dan Ndu, 2006), serta memiliki efek esterogenik dan anti tumor (Moalic dan dkk, 2001).

Glukomanan dalam umbi gembili dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan sosis ayam. Tepung glukomanan umbi gembili berguna untuk menstabilkan emulsi di dalam sosis ayam. Semakin tinggi tepung glukomanan yang digunakan maka emulsi menjadi lebih stabil dan menghasilkan kenampakan irisan yang lebih baik (Herlina dkk., 2015). Selain itu umbi gembili

juga dapat digunakan untuk pembuatan *chiffon cake*. *Chiffon cake* dengan bahan 100% tepung umbi gembili (tenpa penambahan tepung terigu) merupakan *Chiffon cake* terbaik berdasarkan nilai organoleptik, memiliki karakteristik pori-pori rongga besar dan merata, berwarna coklat dan teksturnya halus (Imzalfida, 2016).

### 2.3 Isolat Protein Kedelai

Kedelai adalah tanaman biji-bijian yang berperan dalam produksi minyak kedelai sebanyak 52% dari total produk minyak dari biji-bijian (USDA, 1999). Kegunaan utama kedelai dalam industri adalah untuk pembuatan minyak kedelai, sedangkan isolat ataupun konsentrat kedelai adalah produk sampingan yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak kedelai (Pszczola, 1998).

Isolat Protein kedelai (IPK) dibuat dengan memanfaatkan sifat-sifat fungsional protein. Salah satu sifatnya yaitu kelarutan protein. Isolat protein dibuat dengan cara mengendapkan protein di titik isoelektriknya sehingga protein dapat diisolasi dan dapat dipisahkan dari bagian-bagian lainnya yang tidak diinginkan. Koagulasi dan pengendapan dilakukan dengan pemanasan serta penambahan asam pada pH isoelektriknya sehingga terbentuk gumpalan protein. Gumpalan yang didapatkan kemudian disaring dan dikeringkan (Triyono, 2010).

IPK mengandung lebih dari 90 % protein dari bahan kering (Karl dan Bridget, 2009). Komposisi asam amino dalam asam amino isolat protein kedelai dapat dilihat pada Tabel 2.2. Daya cerna protein dari isolat protein kedelai sebesar 91% (Mariotti dkk., 1999). Penggunaan IPK di Amerika dan Eropa dipakai untuk memproduksi analog-analog daging seperti *meatless bacon*, *meatless hotdog* dan *meatless ham* terutama untuk konsumen vegetarian (Santoso, 2005). Daging tiruan menggunakan IPK agar kadar protein sesuai dengan ketentuan mutu daging berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 3818:2014) yaitu kadar air maksimal 70%, abu maksimal 3%, protein minimal 11% dan lemak maksimal 10%. Selain itu, IPK berfungsi untuk memperbaiki tekstur, kualitas serta palabilitas produk.

Tabel 2.2 Komposisi asam amino isolat protein kedelai (28 g)

Jenis Asam Amino <i>Essential</i>	Jumlah (%)	Jenis Asam Amino <i>Non Essential</i>	Jumlah (%)
<i>Lysine</i>	6,1	<i>Arginine</i>	7,8
<i>Methionine</i>	1,1	<i>Histidine</i>	2,5
<i>Cystine</i>	1,0	<i>Tryonsine</i>	3,7
<i>Tryptophan</i>	1,4	<i>Serine</i>	5,5
<i>Threonine</i>	3,7	<i>Glutamic acid</i>	20,5
<i>Isoleucine</i>	4,9	<i>Aspartic acid</i>	11,9
<i>Leucina</i>	7,7	<i>Glycine</i>	4
<i>Phenylalanine</i>	5,4	<i>Alanine</i>	3,9
<i>Valine</i>	4,8	<i>Proline</i>	5,3

Sumber: Soy Protein Council (1987)

Fungsi isolat protein kedelai pada olahan daging adalah penyerap, pengikat lemak dan membuat ikatan disulfida. Hal ini berkaitan dengan kuantitas air yang terikat di protein dalam emulsi produk. Jumlah protein yang ditambahkan akan berpengaruh pada jumlah air yang terikat didalam matriks protein yang ditandai dengan nilai *water holding capacity* (Bahnol dan El-aleem, 2004).

#### 2.4 Kemasan Bahan Pangan

Kemasan yang digunakan sebagai wadah penyimpanan bahan pangan harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain dapat mempertahankan mutu produk supaya tetap bersih serta mampu melindungi produk dari cemaran dan kerusakan fisik serta dapat menahan perpindahan gas dan uap air (Herawati, 2005). Kemasan yang paling sering digunakan yaitu plastik. Pengemas plastik memiliki keunggulan yaitu memiliki kemampuan melindungi produk dari pengaruh fisik, kimia dan biologis disamping itu juga tidak bereaksi dengan produk yang dikemas (Suprapti, 2002). Ada bermacam-macam jenis pengemas plastik antara lain polietilen dan polipropilen.

#### 2.4.1 Plastik Polipropilen

Plastik polipropilen bersifat tahan sobek, tahan panas, elastis dan permeabel terhadap uap air dan oksigen (Prince dan Schwegent, 1970). Plastik polipropilen memiliki sifat permeabilitas terhadap gas lebih tinggi dari permeabilitas plastik polietilen densitas tinggi. Permeabilitas kemasan polipropilen terhadap oksigen pada suhu 30°C sebesar  $23 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{mm.det}/\text{cmHg} \times 10^{10}$  sedangkan terhadap uap air pada suhu 25°C sebesar  $680 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{mm.det}/\text{cmHg} \times 10^{10}$  (Buckle dkk., 1978)

Menurut Hanlon (1978), sifat-sifat utama polipropilen antara lain:

1. Ringan, mudah dibentuk, tembus pandang dan jernih.
2. Permeabel gas sedang sehingga tidak baik untuk makanan karena peka terhadap oksigen.
3. Tahan terhadap asam kuat, basa dan minyak

#### 2.4.2 Plastik Polietilen

Polietilen umumnya berupa kantong yang lentur, kedap air dan tahan terhadap bahan kimia (Purnomo dan Adiono, 1987). Berdasarkan densitasnya terdapat empat jenis polietilen:

1. Polietilen densitas rendah (LDPE: *Low Density Polyethylene*)

LDPE dihasilkan dari proses tekanan yang tinggi. LDPE bersifat keras, agak tembus cahaya, memiliki daya rentang atau daya kembang yang baik, tahan terhadap tumbukan dan sobek. LDPE memiliki ketahanan yang baik terhadap bahan kimia, terutama terhadap asam-asam alkali dan larutan morganis, tetapi sensitif terhadap hidrokarbon dan minyak/lemak.

2. Polietilen densitas menengah (MDPE: *Medium Density Polyethylene*)

MDPE dibuat pada suhu yang lebih tinggi dan bersifat lebih kaku daripada LDPE.

3. Polietilen densitas tinggi (HDPE: *High Density Polyethylene*)

HDPE dihasilkan melalui tekanan yang rendah dan suhu yang lebih tinggi (10 atm, 150-70°C). HDPE bersifat lebih kaku daripada LDPE dan MDPE serta lebih tahan terhadap suhu tinggi (120°C) sehingga dapat digunakan dalam proses sterilisasi.

Masing-masing pengemas tersebut memiliki sifat permeabilitas gas yang berbeda (Buckle dkk., 1978). Faktor yang mempengaruhi konstanta permeabilitas pada kemasan antara lain jenis permeabilitas, ada tidaknya ikatan silang, suhu, bahan tambahan elastis dan jenis polimer film. Semakin tinggi nilai permeabilitas kemasan maka tingkat kerapatan kemasan akan semakin rendah, sehingga proses difusi uap air dan oksigen terhadap bahan yang dikemas juga semakin besar. Peningkatan difusi uap air dan oksigen dapat meningkatkan kemungkinan kerusakan bahan akibat mikroorganisme dan oksidasi (Lindriati dan Maryanto, 2016).

## **2.5 Kerusakan Bahan Pangan selama Penyimpanan**

Kualitas bahan atau produk akan mengalami penurunan selama masa penyimpanan. Setelah diproduksi, mutu produk dianggap dalam keadaan 100% dan akan menurun selama penyimpanan atau distribusi. Selama penyimpanan atau distribusi, produk mengalami kehilangan bobot, nilai pangan, mutu, nilai uang dan kepercayaan (Rahayu dkk., 2003). Menurut Floros dan Gnanasekharan (1993), terdapat 6 faktor yang mempengaruhi penurunan mutu atau kerusakan pada produk pangan, yaitu massa oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kompresi atau bantingan dan bahan kimia toksik atau *off flavor*. Faktor tersebut dapat mengakibatkan penurunan mutu lebih lanjut seperti oksidasi lipida, kerusakan vitamin, kerusakan protein, perubahan bau, reaksi pencoklatan, perubahan unsur organoleptik dan kemungkinan terbentuknya racun. Menurut Sharif dkk. (2009), kerusakan yang terjadi selama penyimpanan dapat digambarkan dengan perubahan karakteristik fisik dan kimia, termasuk didalamnya kerusakan akibat mikroorganisme.

### **2.5.1 Perubahan Fisik**

Perubahan sifat fisik dapat disebabkan adanya kesalahan penanganan saat distribusi (Man dan Jones, 2000). Perubahan fisik yang umum terjadi adalah perubahan warna dan tekstur. Perubahan warna yang terjadi umumnya dikarenakan adanya reaksi karamelisasi atau maillard (Sharif dkk., 2009). Reaksi maillard atau browning non-enzimatis adalah reaksi antara gugus amin dan senyawa karbonil

(Rampersad dkk., 2003). Reaksi ini menyebabkan jumlah protein terlarut berkurang, perubahan warna gelap pada produk kering dan pembentukan flavor getir. Faktor yang mempengaruhi terjadinya reaksi browning enzimatik adalah suhu, aktivitas air dan pH (Man dan Jones, 2000). Selain perubahan warna, kadar air dan aktivitas air dapat mempengaruhi tekstur produk. Tekstur produk yang mengalami perubahan umumnya adalah kekerasan, daya patah, kerenyahan. Sedangkan untuk produk bubuk, bubuk akan menjadi lengket dan menggumpal (Eskin dan Robinson, 2001).

### 2.5.2 Perubahan Kimiawi

Perubahan kimiawi dapat terjadi karena faktor internat (komponen yang ada dalam bahan pangan) dan faktor eksternal (kondisi lingkungan penyimpanan). perubahan kimiawi yang terjadi dapat menimbulkan kerusakan sensoris dan nutrisi pada bahan pangan (Man dan Jones, 2000). Perubahan kimiawi yang umum terjadi adalah oksidasi lipid dan reaksi pencoklatan.

#### a. Oksidasi Lipid

Oksidasi Lipid adalah perubahan profil asam lemak dikarenakan hilangnya ikatan ganda dari asam lemak tidak jenuh akibat dari penambahan molekul oksigen. Lemak tidak jenuh sangat sensitif terhadap proses oksidasi atau mudah teroksidasi (Racanucci dkk., 2008). Oksidasi lipid ditandai dengan adanya peningkatan jumlah asam lemak jenuh dan penurunan jumlah lemak tidak jenuh. Oksidasi lipid terjadi melalui mekanisme rantai radikal bebas yang terdiri dari inisiasi atau pembentukan radikal bebas awal, propagasi radikal bebas dan pembentukan produk primer oksidasi seperti hidroperoksida, terminasi dan pembentukan produk sekunder oksidasi seperti senyawa karbonil (Wongpoowarak dkk., 2009). Oksidasi lipid menghasilkan senyawa volatil seperti ester, keton, aldehid dan alkohol beberapa diantaranya menyebabkan aroma yang tidak diinginkan, ketengikan atau *off flavor* selama penyimpanan. radikal bebas yang terbentuk menimbulkan reaksi yang tidak diinginkan seperti kehilangan vitamin, terjadi perubahan warna dan degradasi protein (Man dan Jones, 2000)

#### b. Reaksi Pencoklatan

Reaksi Pencoklatan adalah terbentuknya warna coklat pada bahan pangan secara alami atau karena proses tertentu. Reaksi pencoklatan dibedakan menjadi dua, yaitu reaksi pencoklatan enzimatis dan non enzimatis. Enzim yang diperlukan pada proses pencoklatan ini salah satunya adalah enzim fenol oksidase. Umumnya reaksi pencoklatan ini terjadi karena adanya kontak langsung antara senyawa fenol di bahan dengan oksigen di lingkungan (Wartins, 2003). Reaksi pencoklatan ini menyebabkan terjadinya reaksi gula reduksi dengan asam amino, karamelisasi gula, dekomposisi vitamin C dan destruksi pigmen (Damasceno dkk., 2008). Selain itu reaksi pencoklatan juga menyebabkan hilangnya kelarutan protein, penggelapan warna produk, terbentuknya *flavor* getir. Faktor yang berpengaruh pada reaksi ini adalah suhu, aktivitas air dan pH (Man dan Jones, 2000).

#### 2.5.3 Perubahan Akibat Mikroorganisme

Pertumbuhan mikroorganisme pada produk dapat menyebabkan pembentukan karakteristik sensoris yang tidak diinginkan dan juga dapat mengakibatkan produk menjadi tidak aman dikonsumsi (Man dan Jones, 2000). Mikroorganisme yang sering tumbuh pada makanan adalah bakteri dan jamur (Robertson, 1993). Dengan adanya jamur yang tumbuh diproduk dapat menyebabkan perubahan kenampakan dan terbentuknya *off flavor*. Sedangkan spora jamur dapat memproduksi senyawa kimia yang bersifat racun (Man dan Jones, 2000). Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme adalah faktor intrinsik (pH, Aw, kandungan nutrisi, potensial oksidasi reduksi dan bahan pengawet) dan faktor ekstrinsik (suhu penyimpanan, kelembaban lingkungan, konsentrasi gas di lingkungan) (Robertson, 1993).

## 2.6 Aktivitas Air

Aktivitas air (Aw) adalah jumlah air bebas dalam makanan yang dapat digunakan oleh mikroba untuk menunjang kelangsungan hidupnya (Winarno, 1989). Pengukuran Aw dapat dilakukan berdasarkan pada pengukuran kelembaban relatif berimbang dari bahan tersebut terhadap lingkungannya.

Parameter  $A_w$  dapat diukur dengan menggunakan kelembaban relatif berimbang ( $A_w$ ) dari bahan tersebut yang tidak mengalami penurunan atau kenaikan kadar air pada suhu tertentu (Purnomo, 1995). Sehingga  $A_w$  dapat diukur dengan perbandingan antara tekanan uap air dari bahan dengan tekanan uap air murni pada suhu yang sama:

$$A_w = \frac{P}{P_0}$$

Keterangan:

$P$  : tekanan uap air bahan pada suhu  $T$

$P_0$  : tekanan uap air murni pada suhu  $T$

Aktifitas air juga dapat didefinisikan sebagai kelembaban relatif seimbang ( $ERH=equilibrium\ relative\ humidity$ ) dibagi 100 (Purnomo, 1995).

$$A_w = \frac{ERH}{100}$$

Umumnya pengukuran  $a_w$  dilakukan menggunakan larutan garam jenuh karena mudah mencapai titik kesetimbangan. Larutan garam jenuh juga dapat mempertahankan kelembaban yang konstan selama larutan garam masih di atas tingkat jenuhnya. Pengukuran dapat lebih cepat jika kemurnian garam, luas permukaan cairan dan volume larutan garam jenuh diperhatikan. Oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi untuk memastikan tingkat kejenuhan larutan garam. Apabila larutan garam belum dalam keadaan jenuh, maka perlu ditambahkan sejumlah garam dan dibiarkan beberapa saat pada suhu kalibrasi. Adanya kristal garam dalam larutan menandakan larutan sudah dalam keadaan jenuh (Buckle dkk., 1987). Jenis garam yang dapat digunakan dalam pengukuran  $a_w$  dapat dilihat pada Tabel 2.3.



Tabel 2.3 Kelembapan nisbi larutan garam jenuh

Garam	Rumusan Kimia	Kelembapan Nisbi (%) pada Suhu (°C)			
		T	25°	30°	35°
Litium klorida	LiCl	12	11	11	11
Potassium asetat	CH <sub>3</sub> COOK	23	23	23	23
Magnesium klorida	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	33	33	32	32
Potassium karbonat	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	44	44	42	41
Magnesium nitrat	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	53	52	52	51
Sodium nitrit	NaNO <sub>2</sub>	65	64	63	62
Sodium klorida	NaCl	75	75	75	75
Amonium sulfat	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80	80	79	79
Potassium klorida	KCl	85	85	84	84
Barium klorida	BaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	91	90	89	88
Potassium nitrat	KNO <sub>3</sub>	94	93	92	91
Potassium sulfat	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	97	97	97	97

Sumber Buckle dkk. (1987)

## 2.7 Kadar Air

Kadar air adalah kandungan air yang terdapat dalam bahan makanan, baik diantara sel-sel maupun yang terdapat di dalam sel. Air bebas adalah air yang berada diantara sel-sel di dalam jaringan, sedangkan air terikat adalah air yang terdapat di dalam sel (Syarief dan Halid, 1993). Kadar air suatu bahan pangan dapat dinyatakan dalam *wet basis* dan *dry basis* (Winarno, 1993). Kadar air dalam *wet basis* adalah perbandingan antara berat air dalam bahan pangan terhadap berat bahan pangan tersebut. Kadar air dalam *dry basis* adalah perbandingan antara berat air dalam bahan pangan terhadap berat bahan pangan tanpa air. Berat bahan pangan tanpa air adalah berat bahan pangan keseluruhan dikurangi dengan berat airnya.

Penentuan kadar air suatu bahan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Metode pengukuran kadar air yang digunakan tergantung sifat bahan yang akan diukur. Umumnya pengukuran kadar air bahan pangan dilakukan dengan metode termogravimetri (Winarno, 1989).

## 2.8 Kadar Air Kesetimbangan

Kadar air kesetimbangan (*equilibrium moisture content*) adalah kondisi dimana kadar air dalam bahan dan kelembaban udara disekelilingnya dalam

keadaan setimbang. Bahan dalam keadaan setimbang apabila laju kehilangan air dari bahan menuju ke sekitar (atmosfer) sama dengan laju air yang didapat dari sekitarnya (Taib, 1988). Menurut Fellows (2000), kadar air kesetimbangan bahan adalah kondisi dimana tekanan uap dari bahan berada dalam titik setimbang dengan tekanan uap lingkungannya. Kondisi setimbang ini dapat diketahui saat produk sudah tidak mengalami perubahan atau pengurangan bobot produk.

Kadar air kesetimbangan dapat dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara dalam ruang pengering, suhu dan kelembapan nisbi udara dan jenis bahan yang dikeringkan (Brooker dkk., 1992).

## 2.9 Umur Simpan

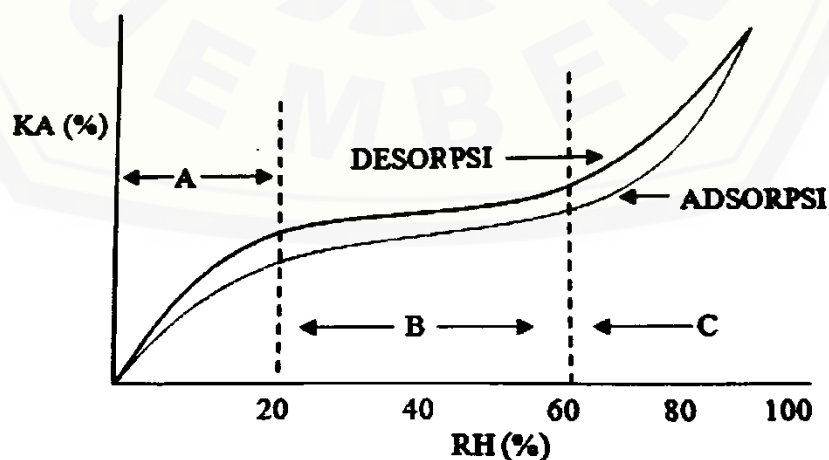
Waktu dari masa produksi sampai produk tersebut kadaluwarsa disebut masa simpan (Robetson, 1993). Akhir dari masa simpan produk adalah ketika produk tersebut tidak dapat diterima pasar ataupun konsumen yang ditentukan berdasarkan sensoris, mikrobiologi, nutrisi atau kriteria kualitas lainnya (Eskin dan Robinson, 2001). Umur simpan produk didasarkan pada tiga hal yaitu keamanan, kualitas dan nutrisi (Low dan Hendricks, 1999). Umur simpan dipengaruhi oleh suhu penyimpanan, cahaya dan kelembapan udara (RH). Umur simpan dapat ditentukan dengan prinsip pendugaan umur simpan.

Metode yang dapat digunakan antara lain metode konvensional (*Extended Storage Studies / ESS*) dan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing / ASLT*) (Floros dan Ganashekar, 1993). Metode konvensional dilakukan dengan cara menyimpan seri bahan pangan pada kondisi normal sehari-hari dan dilakukan pengamatan terhadap penurunan mutu yang terjadi hingga mencapai titik kadaluarsa. Metode ini akurat dan tepat, namun dalam penerapannya membutuhkan waktu yang lama dan analisis parameter mutu yang banyak. Biasanya metode konvensional diterapkan pada produk yang memiliki masa kadaluarsa kurang dari 3 bulan. Metode yang kedua yaitu metode ASLT. Metode penentuan umur simpan ini dilakukan dengan menggunakan suatu kondisi lingkungan yang dapat mempercepat proses penurunan mutu (deteriorasi) bahan pangan. Proses penurunan mutu yang dipercepat menyebabkan pengukuran umur

simpan dengan metode ini dapat dilakukan dengan lebih cepat dan memiliki akurasi yang tinggi (Arpah, 2001).

### 2.10 Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT)

Penentuan umur simpan dengan metode ASLT dapat dilakukan melalui dua jenis pendekatan yaitu pendekatan kadar air kritis menggunakan teori difusi dan pendekatan semiempiris dengan bantuan persamaan Arrhenius. Penentuan umur simpan dengan pendekatan kadar air kritis menggunakan teori difusi dengan menggunakan perubahan kadar air dan aktivitas air sebagai kriteria kadaluwarsa. Sorpsi isotermis adalah suatu model yang menggambarkan hubungan antara kesetimbangan kadar air bahan dengan kelembaban nisbi keseimbangannya pada suhu tertentu (Winarno, 1989). Perubahan produk pangan akibat kelembaban udara disekitarnya diketahui melalui kurva sorpsi isotermis. Kurva sorpsi isotermis menunjukkan hubungan antara kadar air bahan pangan dengan kelembaban relatif kesetimbangan (ERH) ruang penyimpanan atau aktifitas air ( $a_w$ ) pada suhu tertentu (Syarif dan Halid, 1993). Produk dengan kadar air rendah sampai sedang berada di bagian datar kurva sorpsi isotermis dan produk dengan kadar air sedang sampai tinggi mempunyai nilai  $a_w$  yang tinggi (Winarno, 1989). Kurva sorpsi isotermis dapat menunjukkan aktivitas adsorpsi dan desorpsi dari bahan pangan. Kurva sorpsi isotermis secara umum dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva sorpsi isotermis secara umum (Purnomo, 1995)

Sorpsi isoteremis sangat penting dalam ilmu pengetahuan dan teknologi pangan untuk mendesain dan mengoptimalkan alat pengering, memprediksi kualitas, stabilitas, umur simpan serta menghitung perubahan kelembaban yang mungkin terjadi selama penyimpanan. Beberapa cara telah dilakukan untuk memperpanjang umur simpan produk dengan menurunkan ketersediaan air untuk mikroorganisme dan menghambat beberapa reaksi kimia (Andrade dkk., 2011). Pembuatan kurva sorpsi isoteremis dilakukan dengan menghubungkan kelembaban dengan kadar air kesetimbangan daging tiruan. Kadar air kesetimbangan pangan akan bervariasi tergantung dari kondisi dan karakteristik bahan pangan (Herawati, 2008). Oleh karena itu, setiap bahan memiliki tipe kurva sorpsi isoteremis yang berbeda. Menurut Labuza (1984), tipe kurva sorpsi isoteremis dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu tipe I, tipe II dan tipe III. Kurva sorpsi isoteremis tipe I yaitu tipe Langmuir, tipe II yaitu bentuk sigmoid atau huruf s dan tipe III adalah tipe Flory-Huggins atau huruf J. Bentuk khas dari kurva sorpsi isoteremis mencerminkan bagaimana sistem pangan berinteraksi dengan air (Andrade dkk., 2011). Menurut Andrade dkk. (2011), kurva sorpsi isoteremis dapat dibagi menjadi tiga daerah. Air di daerah A adalah air yang terikat kuat pada bahan. Air yang terikat kuat meliputi air struktural dan air monolayer yang diserap oleh makan dengan komponen hidrofilik dan polar seperti polisakarida, protein, dll. Air yang terikat tidak dapat terurai dan tidak dapat memicu terjadinya reaksi kimia. Air di daerah B adalah air yang mengikat kurang kuat daripada air pada daerah A. Air ini terdapat pada kapiler kecil. Air di daerah C serupa dengan air bebas yang disimpan didalam rongga atau kapiler besar. Air ini berkaitan erat dengan pertumbuhan mikroorganisme, dikarenakan air ini dapat digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Menurut Winarno (1989), salah satu cara untuk mengetahui umur simpan suatu produk adalah dengan menggunakan metode sorpsi isoteremis. Robertson (1993) menyatakan bahwa umur simpan dapat ditentukan dengan persamaan Heiss dan Eichner sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{Me - mi}{Me - mc}}{\frac{P}{X} \times \frac{A}{Ws} \times \frac{Po}{b}}$$

Keterangan:

- $\theta_s$  = waktu masa simpan (hari)  
 $me$  = kadar air kesetimbangan produk (% db)  
 $mi$  = kadar air awal produk (% db)  
 $mc$  = kadar air kritis (% db)  
 $P/X$  = permeabilitas uap air kemasan (g.mm/m<sup>2</sup>mmHg/24 jam)  
 $A$  = luas permukaan kemasan (m<sup>2</sup>)  
 $Ws$  = berat bahan dalam kemasan (g)  
 $Po$  = tekanan jenuh uap air pada suhu penyimpanan (mmHg), yang diperoleh berdasarkan tabel *vapor preasure* pada suhu 28°C  
 $b$  = slope dari kurva sorpsi isoteremis (yang diasumsikan linier)

## BAB. 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Proses Hasil Pertanian dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, pada bulan April 2018 sampai Juni 2018.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian perhitungan umur simpan daging tiruan adalah ekstruder ulir tunggal, neraca analitis (Sartorius), desikator, oven (Selecta), cawan conway dan alat-alat gelas.

#### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan daging tiruan adalah umbi gembili (*Dioscorea esculenta* L) yang diperoleh dari petani umbi daerah Banyuwangi, isolat protein kedelai (IPK) dari distributor lokal dan air. Bahan yang digunakan dalam analisa adalah *silica gel*, *aquadest*, garam NaOH (Merck, PA), MgCl<sub>2</sub> (Merck, PA), NaNO<sub>2</sub> (Merck, PA), NaCl (Merck, PA), KCl (Merck, PA) dan K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Merck, PA).

### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.3.1 Rancangan Penelitian

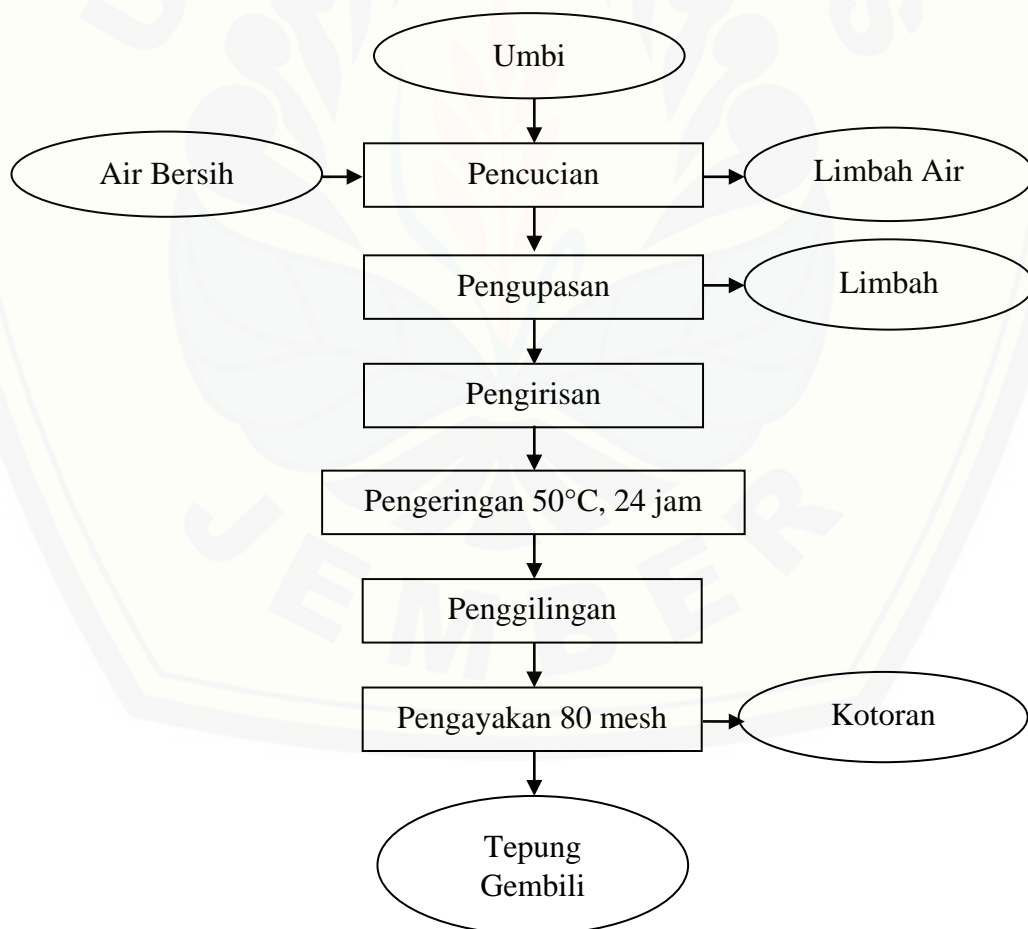
Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap menggunakan satu faktor yaitu variasi formulasi tepung gembili dan isolat protein kedelai pada pembuatan daging tiruan. Variasi formulasi tepung gembili dan isolat protein ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perbandingan tepung gembili dengan isolat protein kedelai

Perlakuan	Tepung Gembili (%)	Isolat Protein Kedelai (%)
1	10	90
2	30	70
3	50	50

### 3.3.2 Pembuatan Tepung Umbi Gembili

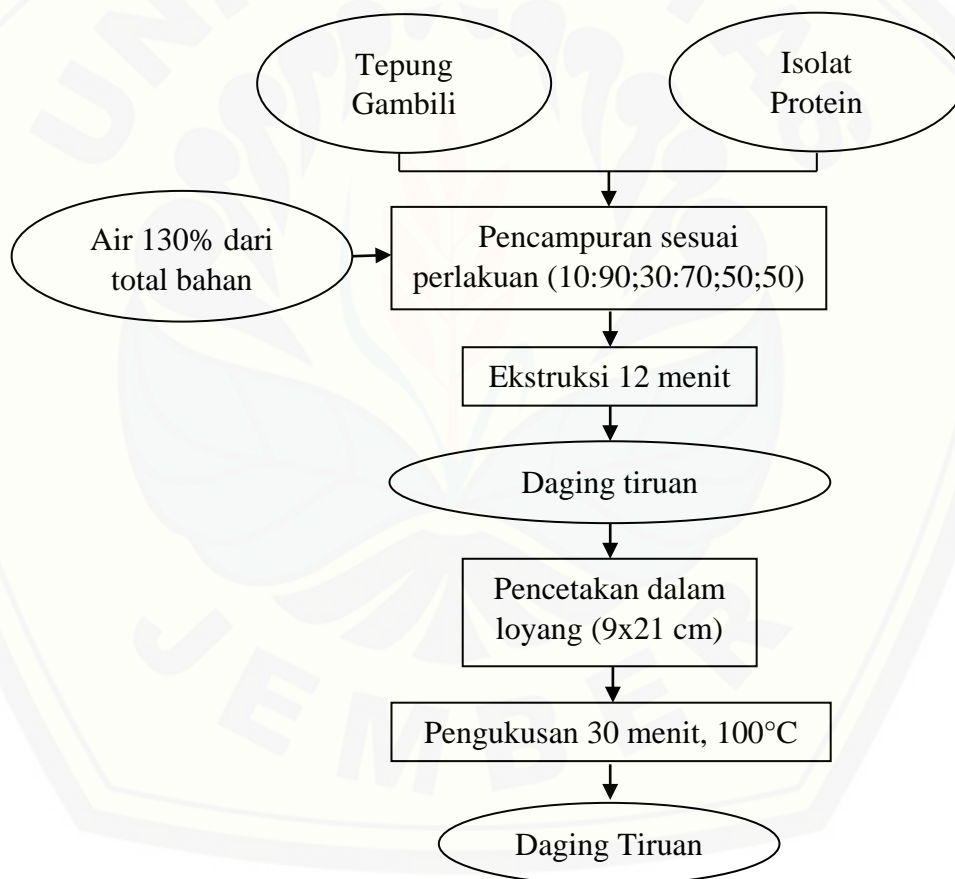
Pembuatan tepung umbi gembili dimulai dengan pembersihan umbi gembili dari sisa tanah yang menempel pada kulit menggunakan air. Umbi gembili bersih dilakukan pengupasan kulit dan pengecilan ukuran. Potongan umbi gembili dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam dalam oven untuk mengurangi kadar air. Chips umbi gembili kering digiling dan diayak dengan ayakan 80 mesh. Diagram alir pembuatan tepung umbi gembili dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan tepung umbi gembili

### 3.3.3 Pembuatan Daging Tiruan

Pembuatan daging tiruan dilakukan dengan menggunakan umbi gembili yang ditepungkan dan isolat protein kedelai dengan formulasi yang telah ditentukan. Kedua bahan tersebut dicampur dan ditambah air sebanyak 130% (v/b) dari total bahan. Adonan yang sudah tercampur rata dilakukan ekstruksi selama 12 menit. Ekstruksi adalah pencampuran, pemasakan, pengadonan, penghancuran, pencetakan dan pembentukan tekstur (Srihara dan Alexander, 1984). Hasil ekstruksi adalah daging tiruan mentah. Daging tiruan mentah tersebut diletakkan di atas loyang dan dipanaskan menggunakan uap selama 30 menit pada suhu 100°C. Diagram alir pembuatan daging tiruan disajikan pada Gambar 3.2

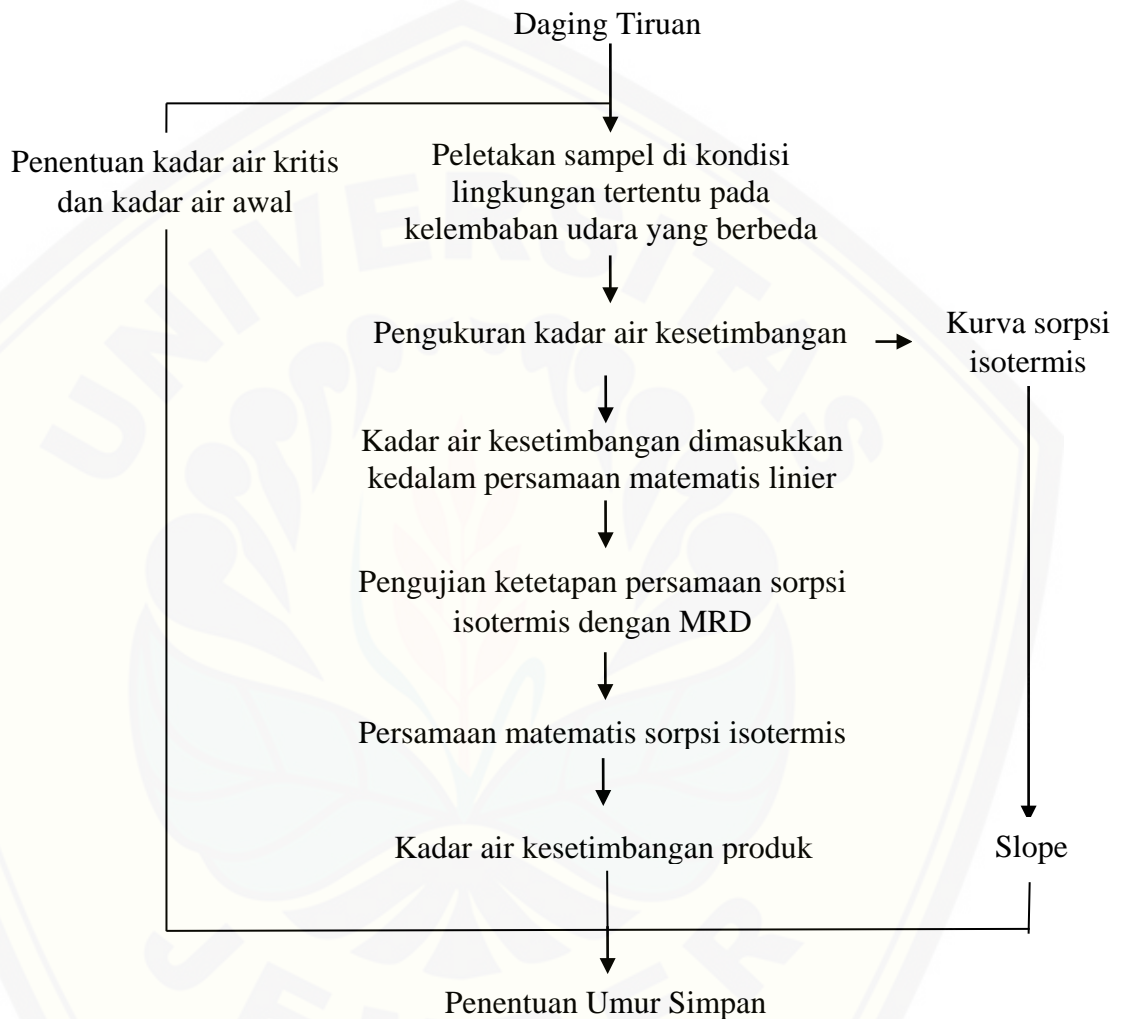


Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan daging tiruan berbahan dasar tepung gembili dan isolat protein kedelai



### 3.4 Perhitungan Umur Simpan

Pendugaan umur simpan dilakukan dengan metode *Accelerated Shelf Testing* (ASLT) berdasarkan Kadar Air Kritis. Langkah penentuan umur simpan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram blok penghitungan umur simpan

Penentuan umur simpan memerlukan nilai kadar air awal, kadar air kritis dan kadar air kesetimbangan. Hasil pengukuran kadar air kesetimbangan diplotkan dengan RH atau Kelembaban relatif lingkungan membentuk kurva sorpsi isotermis untuk mendapatkan nilai slope. Kadar air kesetimbangan juga dimasukkan ke dalam persamaan matematis yang telah dilinierisasi sehingga didapatkan persamaan sorpsi isotermis. Persamaan matematis yang digunakan

yaitu persamaan Oswin, Chung-Pfost dan Chen Clayton. Persamaannya adalah sebagai berikut:

1. Persamaan Oswin

$$m = c \left( \frac{aw}{1-aw} \right)^n \dots\dots\dots(1.1)$$

$$\ln m = \ln \left( c \left( \frac{aw}{1-aw} \right)^n \right) \dots\dots\dots(1.2)$$

$$\ln m = \ln c + n \ln \left( \frac{aw}{1-aw} \right) \dots\dots\dots(1.3)$$

Keterangan:

m = kadar air kesetimbangan (% db)

c = konstanta persamaan BET

aw = aktivitas air

n = konstanta persamaan Oswin

2. Persamaan Chung-Pfost

$$m = \frac{-1}{b} \ln \left( \frac{T \ln RH}{-a} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{b} \ln \left( \frac{T \ln RH}{-a} \right) \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\ln m = \ln \frac{-1}{b} + \ln \left[ \ln \left( \frac{T \ln RH}{-a} \right) \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\ln m = \left( \ln \frac{-1}{b} - \ln[\ln(-a)] \right) + \ln[\ln(T \ln RH)] \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

m = kadar air kesetimbangan

a,b = parameter dari model persamaan

T = temperature (°K)

RH= kelembaban relative

3. Persamaan Chen-Clayton

$$m = \frac{-1}{c T^d} \ln \left( \frac{\ln RH}{-a T^b} \right) \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \ln \left( \frac{\ln RH}{-a T^b} \right) \right) \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) + \ln \ln \left( \frac{\ln RH}{-a T^b} \right) \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) + \ln(\ln(\ln RH)) - \ln[\ln(-a T^b)] \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) - \ln \ln(-a T^b) + \ln(\ln(\ln RH)) \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan:

- m = kadar air kesetimbangan  
 a,b,c,d = parameter dari model persamaan  
 T = temperature (°K)  
 RH = kelembaban relative

Untuk menguji ketepatan persamaan sorpsi isotermis tersebut, digunakan *Mean Relative Determination* (MRD).

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

Keterangan:

- M<sub>i</sub> = kadar air hasil percobaan (%)  
 M<sub>pi</sub> = kadar air hasil perhitungan (%)  
 N = jumlah data

Jika nilai MRD < 5, maka model sorpsi isotermis tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Jika 5 < MRD < 10, maka model tersebut agak tepat dan jika MRD > 10, maka model tersebut tidak tepat (Isse *et al.*, 1984).

Umur simpan dapat ditentukan dengan persamaan Heiss dan Eichner sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{M_e - m_i}{M_e - m_c}}{\frac{P}{X} \times \frac{A}{W_s} \times \frac{P_o}{b}}$$

Keterangan:

- $\theta_s$  = waktu masa simpan (hari)  
 m<sub>e</sub> = kadar air kesetimbangan produk (% db)  
 m<sub>i</sub> = kadar air awal produk (% db)  
 m<sub>c</sub> = kadar air kritis (% db)  
 P/X = permeabilitas uap air kemasan (g.mm/m<sup>2</sup>mmHg/24 jam)  
 A = luas permukaan kemasan (m<sup>2</sup>)

- Ws = berat bahan dalam kemasan (g)
- Po = tekanan jenuh uap air pada suhu penyimpanan (mmHg), yang diperoleh berdasarkan tabel *vapor pressure* pada suhu 28°C
- b = slope dari kurva sorpsi isothermis (yang diasumsikan linier)

Penentuan umur simpan daging tiruan disimulasi menggunakan jenis bahan kemasan yang berbeda. Jenis kemasan yang berbeda memiliki nilai permeabilitas uap air kemasan yang berbeda. Nilai permeabilitas kemasan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai permeabilitas uap air kemasan daging tiruan

Jenis Kemasan	Permeabilitas Kemasan (g/m <sup>2</sup> mmHg/24 jam)
LDPE	0,5
MDPE	0,3
PP	0,185
HDPE	0,1

### 3.5 Prosedur Analisa

#### 3.5.1 Penentuan Kadar Air Kritis

Kadar air kritis (Mc) adalah kadar air pada produk dalam kondisi produk yang mulai tidak diterima oleh konsumen. Penentuan kadar air kritis dilakukan dengan meletakkan sampel pada suhu ruang secara terbuka tanpa kemasan. Sampel diamati setiap 24 jam hingga ditumbuhi jamur, kemudian diukur kadar airnya pada saat tumbuh jamur. Pengukuran kadar air dilakukan dengan menggunakan botol timbang yang dikeringkan terlebih dahulu. Pengeringan dilakukan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Botol timbang didinginkan didalam desikator dan ditimbang (a gram), daging tiruan sebanyak 1 - 2 gram ditimbang didalam botol timbang tersebut (b gram), botol timbang dan daging tiruan dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 3 - 5 jam. Setelah dikeringkan, sampel didalam botol timbang didinginkan didalam desikator dan ditimbang (c gram). Perlakuan ini diulang sampai didapatkan berat konstan, atau selisih penimbangan sebesar 0,2 mg. Penghitungan kadar air dapat dilakukan melalui persamaan berikut ini (AOAC, 1997):

$$\text{kadar air} = \frac{b - c}{c - a} \times 100\%$$

Keterangan: a= berat botol timbang

b= berat botol timbang + daging tiruan

c= berat akhir daging tiruan + botol timbang setelah dioven

### 3.5.2 Penentuan Kadar Air Kesetimbangan

Kadar air kesetimbangan diukur dengan menggunakan larutan garam jenuh. Garam yang digunakan yaitu NaOH ( $a_w=0,06$ ),  $MgCl_2$  ( $a_w=0,32$ ),  $NaNO_2$  ( $a_w=0,65$ ), NaCl ( $a_w=0,75$ ) dan KCl ( $a_w=0,84$ ) dan  $K_2SO_4$  ( $a_w=0,97$ ). Garam jenuh sebanyak 7 ml dimasukkan ke cawan conway. Setiap cawan dimasukkan 1 gram daging tiruan yang diletakkan di bagian tengah cawan conway kemudian diamati pada suhu ruang rata-rata  $30^\circ C$ . Pengamatan dilakukan terhadap bobot daging tiruan secara periodik setiap hari sehingga didapatkan bobot konstan. Contoh yang telah mencapai berat konstan diukur kadar airnya dengan metode AOAC (1997). Kadar ini merupakan kadar air kesetimbangan (Me) pada RH tertentu. Kurva sorpsi isoterms dibuat dengan menghubungkan kadar air kesetimbangan dengan nilai RH kesetimbangan atau Aw.

### 3.6 Analisa Data

Data yang didapatkan kemudian diolah dengan menggunakan metode dekriptif.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian adalah daging tiruan dengan formulasi tepung gembili yang lebih banyak memiliki umur simpan yang lebih panjang. Daging tiruan yang dikemas dengan LDPE memiliki umur simpan antara 22-31 hari, yang dikemas dalam MDPE berkisar antara 37-51 hari, yang dikemas dalam PP berkisar antara 60-84 hari dan yang dikemas dalam HDPE berkisar antara 111-155 hari.

Daging tiruan yang memiliki umur simpan paling lama adalah daging tiruan dengan formula perbandingan tepung gembili dan ISP sebesar 10:90 dengan kemasan HDPE. Sedangkan daging tiruan dengan umur simpan paling pendek adalah daging tiruan dengan formula perbandingan tepung gembili dan ISP sebesar 50:50 dengan kemasan LDPE. Hasil pendugaan umur simpan pada penelitian ini tidak sesuai karena pada kenyataannya sebelum mencapai batas umur simpan hasil perhitungannya, daging tiruan telah ditumbuhi jamur. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan metode kurva sorpsi isotermis dalam menentukan umur simpan daging tiruan semi basah kurang tepat.

### 5.2 Saran

Jenis kemasan dan kondisi daging tiruan yang akan dipasarkan perlu diperhatikan untuk mendapatkan produk yang memiliki kualitas yang baik dan umur simpan yang lama.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ahirwar, R., K. Jayathilakan, R. Jalarama, M. C. Pandey, dan H. V. Batra. 2015. Development of Mushroom and Wheat Gluten Based Meat Analogue by Using Response Surface Methodology. *International Journal of Advanced Research*. 3(1).
- Amalia, U. 2012. Pendugaan Umur Simpan Produk Nugget Ikan dengan Merk Dagang *Fish Nugget`So Lite`*. *Jurnal Saintek Perikanan*. 8(1): 27-31.
- Andarwulan, N dan P. Haryadi. 2004. *Perubahan Mutu (Fisik, Kimia, Mikrobiologi) Produk Pangan Selama Pengolahan dan Penyimpanan Produk Pangan*. Bogor: Prusat Studi Pangan an Gizi Institut Pertanian Bogor.
- Andrade, R. D., R. Lemus dan E. Perez. 2011. Models of Sorption Isotherms for Food: Uses and Limitation. *Vitae*. 18(3): 325-334.
- AOAC. 1997. *Official Methods of Analysis*. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Arif, A. B. 2016. Metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) dengan Pendekatan Arrhenius dalam Pendugaan Umur Simpan Sari Buah Nanas, Pepaya dan Cempedak. *Jurnal Informatika Pertanian*. 25(2): 189-198.
- Arpah, M. 2001. *Buku dan Monograf Penentuan Masa Kadaluarsa Produk Pangan*. Bogor: IPN Pasca Sarjana.
- Asgar, M. A., A. Fazilah, N. Huda, R. Bhat, dan A. A. Karim. 2010. Nonmeat Protein Alternatives as Meat Extenders and Meat Analogs. *Institute of Food Technologist*. 9(5): 512-529.
- Astawan, M. 2004. *Potensi Tempe Ditinjau dari Segi Gizi dan Medis*. Solo: Tiga Serangkai.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). *Standar Nasional Indonesia: Bakso Daging* (SNI 3818:2014)
- Bagja, J. S., S. S> Yuwono dan D. Widyaningtyas. 2015. Pendugaan Umur Simpan Tepung Bumbu Ayam Goreng Menggunakan Metode *Accelerated Shelf Life Testing* dengan Pendekatan Arrhenius. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(4): 1627-1636.

- Brooker, D. B, Baker, F. W Arkema dan C. W. Hall. 1992. *Drying and Storage Grains and Oil Seed*. USA: Van Nostrad.
- Buckle, K. A, R. A. Edwards, G. H. Fleet dan M. Wotton. 1987. *Ilmu Pangan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia Press.
- Damasceno, L. F., F. A. N. Fernandes, M. M. A. Magalhaes dan E. S. Brito. 2008. Evaluation and Optimization of Non Enzymatic Browning of “Cajuina” During Thermal Treatment. *Braz J. Chem. Eng.* 25(2).
- Eskin, N. A., dan D. S. Robinson. 2001. *Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes*. Florida: CRC Press LLC Inc.
- Faridah, D.N., S. Yasni, A. Suswantinah, G. W. Aryani.2013. Pendugaan Umur Simpan dengan Metode *Accelerated Shelf-life Testing* pada Produk Bandrek Instan dan Sirup Buah Pala (*Myristica fragrans*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 18(3): 144-153.
- Fellows, P. J.2000. *Food Processing Technology: Principles and Practice*. London: Woodhead Publishing.
- Flores, J. D., dan V. Gnanasekharan. 1993. *Shelf Life Prediction of Packaged Foods: Chemical, Biological, Physical dan Nutritional Aspects*. Londong: Elsevier Publ.
- Gulabi, I. 2014. Pendugaan Umur Simpan Beras Cerdas Berbasis Mocaf dan Tepung Jagung Melalui Pendekatan ISA. *Skripsi*. Universitas Jember: Jurusan Teknologi Hasil Pertanian.
- Harijono, T. Estiasih, W. Bekti, dan I. Suci. 2010. *Karakteristik Kimia Ekstrak Polisakarida Larut Air dari Umbi Gembili (Dioscorea Esculenta) yang ditunaskan*. Malang: Progam Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Herawati, H. 2008. Penentuan Umur Simpan pada Produk Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*. 27(4): 124-130.
- Herlina, I. Darmawan, A. Setiawan. 2015. Penggunaan Tepung Glukomanan Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta L.*) sebagai Bahan Tambahan Makanan pada Pengolahan Sosis Daging Ayam. *Jurnal Agroteknologi*. 9(2): 134-144.



- Herlina, Harijono, A. Subagio dan T. Stiasih. 2013. Potensi Hipolipidemik Polisakarida Larut Air Umbi Gembili (*Dioscorea Exculenta L.*) pada Tikus Hiperlipidema. *J. Agritech.* 33(1): 8-15.
- Herlina. 2012. Karakterisasi dan Aktivitas Hipolipidemik serta potensi Prebiotik Polisakarida Larut Air Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta L.*). *Disertasi.* Malang: Program Doktor Ilmu-ilmu Pertanian Universitas Brawijaya.
- Hsu, F. L., Y. H. Lin, M. H. Lee, W. C. dan Hou. 2002. Both Dioscorin, The Tuber Storage Protein of Yan (*Discorea alata cv. Tainong no.1*), and its Peptic Hydrolyses Exhibited Angiotensin Converting Enzyme Inhibitory Actiities. *Journal of Agricultural Food Chemistry.* 50: 6109-6113.
- Hu, F. B., E. B. Rimm, M. J. Stampfer, A. Ascherio, D. Siegelman dan W. C. Willett. 1999. Prospective Study of Major Dietary Patterns and Risk of Coronary Hearts Disease in Men. *Am J Clin Nutr.* 72: 912-921.
- Hudaya, S. 1999. *Modul Perkuliahan.* Jatinagor: Universitas Padjajdaran.
- Imzalfda, M. 2016. Pengaruh Subtitusi Tepung Gembili (*Dioscorea esculenta Linn*) terhadap Organoleptik *Chiffon Cake*. *E-journal Boga.* 5(1): 54-62.
- Isee, M.G., H. Schuchman, H. Schubert. 1983. Divided Sorption Isotherm Concept an Alternative Way to Describe Sorption Data. *Journal Food Engineering.* 16: 147-157.
- Jamaluddin, R. Molenaar, D. Tooy. 2014. Kajian Isotermis Sorpsi Air dan Fraksi Air Terikat Kue Pia Kacang Hijau Asal Kota Gorontalo. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan.* 2 (1): 27-37.
- Karl, W. dan O. Bridget. 2009. *Soy Protein Applications in Nutrition and Food Technology.* National Soybean Reasearch Laboratory University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Kusuma, N. A. Dan A. B. Widjanarko. 2013. Potensi Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan Gluten dalam Pembuatan Daging Tiruan Tinggi Serat. *Jurnal Teknologi Pertanian.* 14 (3): 151-164.
- Kusnandar, F., D. R. Adawiyah dan M. Fitria. 2010. Pendugaan Umur Simpan Produk Biskuit dengan Metode Akselesari Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan.* 21(2): 117-122.

- Khurram, A., S. Rehman, U. A. Bajwa, B. E. Bajwa dan K. Jabbar. 2003. Preparation and Evaluation of Texturized Vegetable Meat from Legumes. *International Journal of Agriculture Biology*. 5(4): 523-525.
- Labuza, T.P.1984. *Moisture Sorption: Practical Aspect of Isotherm Measurement in Use*. Amerika: Amerika Association of Cereal Chemist.
- Liao, Y. H., C. Y. Tseng, dan W. Chen. 2006. Structural Characterization of Dioscorin, the Major Tuber Protein of Yam, by Near Infrared Raman Spectroscopy. *Journal of Physics Conference Series*. 28: 119-122.
- Lindriati, T. Dan Maryanto. 2016. Aktivitas Air, Kurva Sorpsi Isothermis serta Perkiraan Umur Simpan Flake Ubi Kayu dengan Variasi Penambahan Koro Pedang. *Jurnal Agroteknologi*. 10(2): 129-136.
- Low, R. dan D. Hendricks. 1999. Food Storage Cooking "Use It or Lose It". Nutrition and Food Science Specialist Utah State University Extension. <http://extension.usu.edu/files/publications/publications/FN503>. [Diakses pada 15 Mei 2015].
- Lusas, E. W. 1997. *Modern Texturized Soy Proteins: Preparation and Uses*. USA: Food Protein Research and Development Center Texas A&M University.
- Man, C. M. D. dan A. A. Jones. 2000. *Shelf-Life Evaluation of Foods*. Edisi 2. Maryland: An Aspen Publication Inc.
- Mariotti, F., S. Mahe, R. Benamouzig, C. Luengo, S. Dare, C. Gaudichon dan D. Tome. 1999. Nutritional Value of {15N}-Soy Protein Isolate Assessed from Ileal Digestibility and Postprandial Protein Utilization in Humans. *J. Nutr.* 129(11):1992-7.
- Moalic, S., B. Liagre, C. Corbiere, A. Bianchi, M. Duaca, K. Bordji dan J. L. Beneytout. 2001. A Plant Steroid, Diosgenin Induces Apoptosis, Cell Cycle Arrest and Cox Activity in Osteosarcoma Cells. *FEBS Lett.* 506: 225-230.
- Nuraidah. 2013. Studi Pembuatan Daging Tiruan dari Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*. L). *Skripsi*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Okwu, D. E. dan C. U. Ndu. 2006. Evaluation of tThe Phytonutrients, Mineral and Vitamin Cintent of Some Varieties of Yam (*Diosorea* sp.). *International Journal of Molecular Mediciene and Advance Science*. 2: 199-203.

- Purnomo, H. 1995. *Aktivitas Air dan Peranannya dalam Pengawetan Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Prabowo, A. Y., Estiasih, T., Purwantiningrum, I. 2014. Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta* L.) sebagai Bahan Pangan mengandung Senyawa Bioaktif: Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3): 129-135.
- Racanucci, A. M. C., M. A. B. Regitano-d'Arce, E. A. F. S. Torres, L. M. Pino dan A. A. Pedroso. 2008. Dietary Oxidized Poultry Offal Fat: Broiler Performance and Oxidative Stability of Thigh Meat During Chilled Storage. *Rev. Bras. Cienc.* 10(1): 29-35.
- Rahayu, W. P., H. Nababan, S. Budijanto dan D. Syah. 2003. *Pengemasan, Penyimpanan dan Pelabelan*. Jakarta: Badan Pengawasan Obat dan Makanan.
- Rahayu, W. P., M. Arpah dan E. Diah. 2005. Penentuan Waktu Kadaluwarsa dan Model Isotermis Biji da Bubuk Lada Hitam (*Piper nigrum* L.). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 16(1): 31-38.
- Raju, J. dan V. Chinthalapally. 2012. *Diosdenin, a Steroid Saponin Constituent of Yams and Fenugreek Emerging Evidence for Applications in Medicine*. Toxicology Research Division, Bureau of Chemical Safety. Health Products and Food Branch, Health Canada, Department of Medicine, Hematology-Oncology Section, University of Pklahoma Health Sciences Center USA.
- Rampersad, R., N. Badrie dan E. Commisiong. 2003. Physico-chemical and Sensory Characteristics of Flavored Snacks from Extruded Cassava/Pigeonpea Flour. *Journal of Food Science*. 68: 363-367.
- Rareunrom, K., S. Tongta dan J. Yongswawatdigul. 2008. Effects of Soy Protein Isolate on Chemical and Physical Characteristics of Meat Analogue. *International Journal of Food Science and Technology*. 1(02): 97-104.
- Robertson, G. L. 1993. *Food Packaging : Principle and Practice*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Santoso. 2005. *Teknologi Pengolahan Kedelai (Teori dan Praktek) Laboratorium Kimia Pangan*. Malang: Fakultas Pertanian Universitas Widyagama.

- Sharif, M. K., M. S. Butt, F. M. Anjum dan H. Nawez. 2009. Preparation of Fiber and Mineral Enriched Defatted Rice Bran Supplemented Cookies. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8(5): 571-577.
- Singh. 2008. Effect of Incorporating Sweet Potato Flour to Wheat Flour on The Quality Characteristic of Cookies. *African Journal of Food Sciences*. 2: 65-72.
- Sudarmadji, S., Haryono dan Suhardi. 1986. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Suryabrata, S. 1994. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Paja Grafindo Persada.
- Syarief, R., dan H. Halid .1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Bogor: PAU Rekayasa Proses Pangan IPB
- Taib, G. 1988. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta:PT. Melton Putra.
- Tryono, A. 2010. *Pengaruh Penambahan Beberapa Asam pada Proses Isolasi Protein terhadap Tepung Protein Isolat Kacang Hijau (Phaseolus Radiatus L.)*. LIPI: Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna.
- Utama, A. N., Anjani, G. 2016. Subtitusi Isolat Protein Kedelai pada Daging Analog Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*). *Journal of Nutrition College*. 5(4): 402-411.
- Winarno, F.G. 1989. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Pt. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F.G. 1993. *Kimia Pangan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wongpoowarak, W., W. Pichayakom, K. Oungbho, K. Boontaweesakul, S. Sirivongmongkol dan P. Boonme. 2009. *Model of Degradation Kinetics for Coconut Oil at Various Heating Temperatures*. Thailand: Prince of Songkla University.
- Yuniar, D. 2010. Karakteristik Beberapa Umbi Uwi (*Dioscorea spp.*) dan kajian Potensi Kadar Inulinya. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".

**LAMPIRAN**

**Lampiran 1. Hasil Perhitungan Kadar Air Kritis (Metode Gravimetri)**

$$kadar\ air = \frac{b - c}{c - a} \times 100\%$$

Keterangan: a= berat botol timbang

b= berat botol timbang + daging tiruan

c= berat akhir daging tiruan + botol timbang setelah dioven

Ulangan	Kadar air kritis daging tiruan dengan perbandingan tepung gembili dan isolat protein kedelai (%db)		
	10 : 90	30 : 70	50 : 50
1	68,7791	70,3976	65,7165
2	50,2944	66,1606	82,8793
3	45,3009	70,4243	85,0794
Jumlah	164,3744	206,9825	233,6752
Rata-rata	54,7915	68,9942	77,8917

**Lampiran 2. Hasil Perhitungan Kadar Air Kesetimbangan**

$$\text{kadar air} = \frac{b - c}{c - a} \times 100\%$$

Keterangan: a= berat botol timbang

b= berat botol timbang + daging tiruan

c= berat akhir daging tiruan + botol timbang setelah dioven

1. Kadar air kesetimbangan daging tiruan dengan 10% tepung gembili dan 90% isolat protein kedelai (%db)

RH Lingkungan (%)	Ulangan			Rata-rata (%db)
	1	2	3	
6	6,1112	12,0304	6,0349	8,0588
32	7,9492	7,9852	9,2168	8,3837
65	13,1332	5,9248	12,6725	10,5768
75	17,4747	17,0554	17,3823	17,3041

2. Kadar air kesetimbangan daging tiruan dengan 30% tepung gembili dan 70% isolat protein kedelai (%db)

RH Lingkungan (%)	Ulangan			Rata-rata (%db)
	1	2	3	
6	5,7865	6,0747	6,0482	5,9698
32	8,8613	8,2166	9,2089	8,7623
65	12,4239	12,4889	12,5069	12,4732
75	17,3754	16,7822	17,0494	17,069

3. Kadar air kesetimbangan daging tiruan dengan 50% tepung gembili dan 50% isolat protein kedelai (%db)

RH Lingkungan (%)	Ulangan			Rata-rata (%db)
	1	2	3	
6	5,3579	5,6165	7,2379	6,0708
32	8,2646	7,9294	8,6195	8,2712
65	12,0619	12,9329	13,2142	12,7363
75	16,1815	16,6079	19,3117	17,367

**Lampiran 3. Penentuan Kadar Air Kesetimbangan Berdasarkan Model Matematis**

Kadar air kesetimbangan daging tiruan dengan 10% gembili dan 90% ISP berdasarkan model matematis

	RH	Me
NaOH	6	8,0589
MgCl <sub>2</sub>	32	8,3834
NaNO <sub>2</sub>	65	10,5769
NaCl	75	17,3041

1. Persamaan Oswin

$$m = c \left( \frac{aw}{1-aw} \right)^n \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\ln m = \ln \left( c \left( \frac{aw}{1-aw} \right)^n \right) \dots\dots\dots (1.2)$$

$$\ln m = \ln c + n \ln \left( \frac{aw}{1-aw} \right) \dots\dots\dots (1.3)$$

$$\ln m = n \ln c + n \ln (aw/(a-aw))$$

$$y = \ln m$$

$$a = n \ln c$$

$$b = n$$

$$x = \ln (aw/(1-aw))$$

$\ln(aw/(1-aw))$	$\ln m$	Dihasilkan persamaan linier $y=a+bx$
-2,75154	2,086772	$y = 2,428 + 0,163x$
-0,75377	2,126258	$a = 2,428$
0,619039	2,358668	$b = 0,163$
1,098612	2,850946	

contoh perhitungan me

untuk  $Aw = 0,06$

$$y = 0,163x + 2,428$$

$$\ln m = 0,163 (\ln (0,85/(1-0,85))) + 2,428$$

$$= 1,9795$$

$$m = 7,23912$$



RH	m	Me
6	8,0589	7,23912
32	8,3834	10,02553
65	10,5769	12,53975
75	17,3041	13,55932

Contoh perhitungan MRD

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Mi - Mpi}{Mi} \right|$$

$$MRD = 100/4 [((8,0589-7,23912)/8,0589)+((8,3834-10,02553) /8,3834) +((10,5769-12,53975)/1,5769)+((17,3041-13,55932)/17,3041)]$$

$$MRD = 1,58225$$

2. Persamaan Chung-Pfost

$$m = \frac{-1}{b} \ln \left( \frac{T \ln RH}{-a} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{b} \ln \left( \frac{T \ln RH}{-a} \right) \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\ln m = \ln \frac{-1}{b} + \ln \left[ \ln \left( \frac{T \ln RH}{-a} \right) \right] \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\ln m = \left( \ln \frac{-1}{b} - \ln[\ln(-a)] \right) + \ln[\ln(T \ln RH)] \dots \dots \dots (2.4)$$

$$y = \ln m$$

$$a = (\ln(-1/b) - \ln[\ln(-a)])$$

$$x = \ln \ln (T \ln RH)$$

$\ln(\ln(T \ln RH))$	$\ln m$	Dihasilkan persamaan linier $y = a + bx$
1,839537	2,086772	$y = -4,96 + 3,792x$
1,939224	2,126258	$a = -4,96$
1,965628	2,358668	$b = 3,792$
1,970338	2,850946	

contoh perhitungan m atau me

untuk  $Aw = 0,06$

$$y = -4,96 + 3,792x$$

$$\ln m = -4,96 + 3,792 (\ln (\ln (303 \ln 6)))$$

$$= 2,017516$$

$$m = 7,5196263$$

RH	M	Me
6	8,058862	7,51962
32	8,383438	10,97192
65	10,57685	12,12679
75	17,30414	12,34522

Contoh perhitungan MRD

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

$$MRD = 100/4 [((8,05886-7,51962)/8,05886)+((8,38344-10,97192)/8,38344) + (10,5769-12,12679)/10,5769)+((17,3041-12,34522)/17,3041)]$$

$$MRD = 2,54437$$

### 3. Persamaan Chen-Clayton

$$m = \frac{-1}{c T^d} \ln \left( \frac{\ln RH}{-a T^b} \right) \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \ln \left( \frac{\ln RH}{-a T^b} \right) \right) \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) + \ln \ln \left( \frac{\ln RH}{-a T^b} \right) \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) + \ln(\ln(\ln RH)) - \ln[\ln(-a T^b)] \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\ln m = \ln \left( \frac{-1}{c T^d} \right) - \ln \ln(-a T^b) + \ln(\ln(\ln RH)) \dots\dots\dots(3.5)$$

$$y = \ln m$$

$$x = \ln (\ln (\ln RH))$$

ln ln ln RH	ln m
-0,53923	2,086772
0,217467	2,126258
0,356952	2,358668
0,380266	2,850946

Dihasilkan persamaan linier  $y = a + bx$

$$y = 2,303 + 0,501x$$

$$a = 2,303$$

$$b = 0,501$$

contoh perhitungan m atau me

$$\begin{aligned} \text{untuk } A_w = 0,06 \quad y &= 2,303 + 0,501x \\ \ln m &= 2,303 + 0,501 (\ln (\ln (\ln 6))) \\ &= 2,303 + 0,501 (-0,5392) \\ &= 2,03285 \\ m &= 7,63579 \end{aligned}$$

RH	M	me
6	8,0589	7,635791
32	8,3834	11,15571
65	10,5769	11,96317
75	17,3041	12,10373

Contoh perhitungan MRD

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

$$\begin{aligned} MRD = \quad 100/4 \quad & [((8,0589-7,63579)/8,0589)+((8,3834-11,15571)/8,3834) \\ & +((10,5769-11,96317)/10,5769)+((17,3041-12,10373)/17,3041)] \end{aligned}$$

$$MRD = 2,71716$$

**Lampiran 4. Perhitungan Pendugaan Umur Simpan Daging Tiruan**

Jenis Persamaan	Perbandingan Tepung Gembili dan ISP	Persamaan	MRD
Oswin	10 : 90	$y = 0,163x + 2,428$	1,58225
	30 : 70	$y = 0,256x + 2,444$	0,35031
	50 : 50	$y = 0,259x + 2,444$	0,48433
Chung- Pfof	10 : 90	$y = 3,790x - 4,954$	2,54437
	30 : 70	$y = 6,727x - 10,64$	2,20457
	50 : 50	$y = 6,673x - 10,54$	2,3669
Chen- clayton	10 : 90	$y = 0,501x + 2,303$	2,71716
	30 : 70	$y = 0,918x + 2,234$	1,72105
	50 : 50	$y = 0,905x + 2,234$	2,24256

Persamaan yang dipilih adalah persamaan oswin dan dihasilkan kadar air kesetimbangan berdasarkan persamaan matematis pada RH 85% dan 95% sebagai berikut:

RH (%)	Me daging tiruan dengan perbandingan tepung gembili dan ISP		
	10;90	30:70	50:50
85	15,0404	17,9584	18,05209
95	18,31909	24,47804	24,69522

Perhitungan umur simpan

Parameter	Perbandingan Tepung Gembili dan ISP		
	10 : 90	30 : 70	50 : 50
Kadar Air Awal (Mi,%db)	189,53	166,40	152,15
Kadar Air Kritis (Mc,%db)	54,79	68,99	77,89
Kemiringan Kurva (b)	0,11	0,146	0,151
Berat Bahan (Ws,g)	275	275	275
Luas Kemasan (A, m <sup>2</sup> )	0,0945	0,0945	0,0945
Tekanan Uap Jenuh Suhu 30°C (po, mmHg)	31,8	31,8	31,8

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{M_e - m_i}{M_e - m_c}}{\frac{P}{X} \times \frac{A}{W_s} \times \frac{P_o}{b}}$$

Contoh perhitungan umur simpan daging tiruang dengan 10% tepung gembili dan 90% ISP

Pada kemasan LDPE dan RH 85%

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{15,0404 - 189,527}{15,0404 - 54,7915}}{0,5 \times \frac{0,0945}{275} \times \frac{31,8}{0,11}}$$

$$\theta_s = 29 \text{ hari}$$

Pada kemasan MDPE dan RH 85%

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{15,0404 - 189,527}{15,0404 - 54,7915}}{0,3 \times \frac{0,0945}{275} \times \frac{31,8}{0,11}}$$

$$\theta_s = 49 \text{ hari}$$

Pada kemasan PP dan RH 85%

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{15,0404 - 189,527}{15,0404 - 54,7915}}{0,185 \times \frac{0,0945}{275} \times \frac{31,8}{0,11}}$$

$$\theta_s = 80 \text{ hari}$$

Pada kemasan HDPE dan RH 85%

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{15,0404 - 189,527}{15,0404 - 54,7915}}{0,1 \times \frac{0,0945}{275} \times \frac{31,8}{0,11}}$$

$$\theta_s = 148 \text{ hari}$$

Pada kemasan LDPE dan RH 95%

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{18,3191 - 189,527}{18,3191 - 54,7915}}{0,5 \times \frac{0,0945}{275} \times \frac{31,8}{0,11}}$$

$$\theta_s = 31 \text{ hari}$$

Pada kemasan MDPE dan RH 95%

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{18,3191 - 189,527}{18,3191 - 54,7915}}{0,3 \times \frac{0,0945}{275} \times \frac{31,8}{0,11}}$$

$$\theta_s = 51 \text{ hari}$$

Pada kemasan PP dan RH 95%

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{18,3191 - 189,527}{18,3191 - 54,7915}}{0,185 \times \frac{0,0945}{275} \times \frac{31,8}{0,11}}$$

$$\theta_s = 84 \text{ hari}$$

Pada kemasan HDPE dan RH 95%

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{18,3191 - 189,527}{18,3191 - 54,7915}}{0,1 \times \frac{0,0945}{275} \times \frac{31,8}{0,11}}$$

$$\theta_s = 155 \text{ hari}$$