



**KADAR AIR KESETIMBANGAN PRODUK TEPUNG JAHE GAJAH  
(*Zingiber officinale Roscoe*) PADA BERBAGAI KONDISI PENYIMPANAN**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Arif Mubaidillah Romadhoni  
141710201085**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, puji syukur kehadiratNya yang telah memudahkan segala urusan, semoga rahmat dan hidayah selalu mengiringi setiap langkah hamba dan berilah ampunan atas segala dosa hamba;
2. Rosulullah Shallallahu Alaihi Wasallam, yang telah membimbing dan memperjuangkan umat manusia menjadi khalifah di bumi serta menjadi teladan untuk mencapai kebahagiaan di dunia maupun akhirat;
3. Orang tuaku tercinta, Ibunda Wardatun Willa dan Ayahanda Sutarto, terimakasih telah menjadi Orang Tua yang selalu memberikan motivasi dan mendidik Saya selama ini ;
4. Adikku Umi Khoirun Nisyak yang setia mendukung dan mendoakan, serta seluruh keluarga besar;
5. Almamaterku tercinta Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

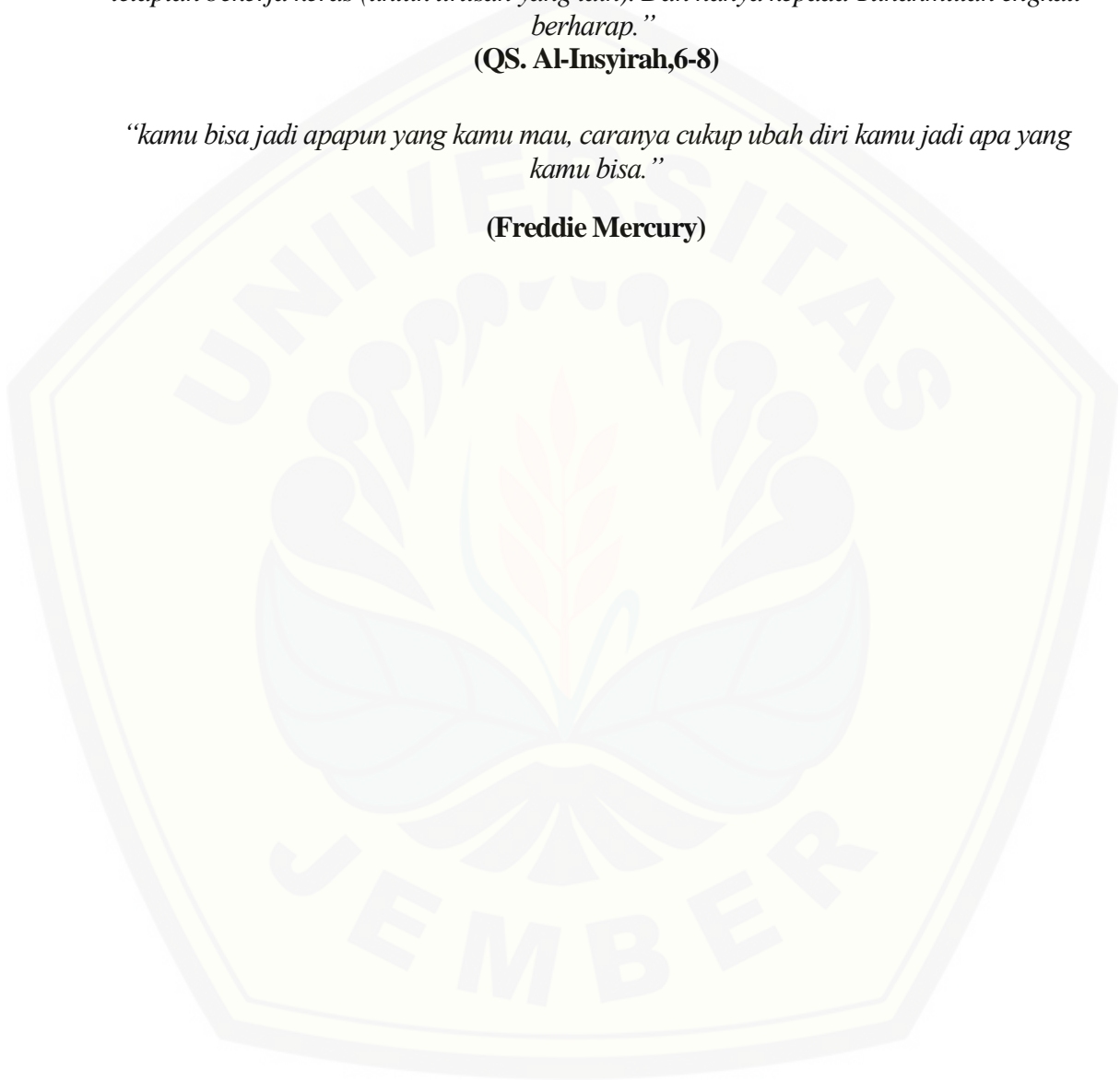
**MOTTO**

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”*

**(QS. Al-Insyirah,6-8)**

*“kamu bisa jadi apapun yang kamu mau, caranya cukup ubah diri kamu jadi apa yang kamu bisa.”*

**(Freddie Mercury)**



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arif Mubaidillah Romadhoni

NIM : 141710201085

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Kadar Air Kesetimbangan Produk Tepung Jahe Gajah (*Zingiber officinale* Roscoe) pada Berbagai Kondisi Penyimpanan” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata kemudian hari ini tidak benar.

Jember, 21 November 2018

Yang menyatakan,

Arif Mubaidillah Romadhoni

NIM 141710201085

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Kadar Air Kesetimbangan Produk Tepung Jahe Gajah (*Zingiber officinale* Roscoe) pada Berbagai Kondisi Penyimpanan” karya Arif Mubaidillah Romadhoni telah diuji dan disahkan pada:  
hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Iwan Taruna, M. Eng  
NIP. 196910051994021001

Dr. Dedy Wirawan Soedibyo,  
S.TP., M.Si.  
NIP. 197407071999031001

Tim Penguji:

Ketua Penguji

Penguji Anggota

Dian Purbasari S.Pi., M.Si  
NIP. 760016795

Dr. Triana Lindriati, S.T., M.P.  
NIP. 196808141998032001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.  
NIP. 19680923 199403 1 009

## RINGKASAN

**Kadar Air Kesetimbangan Produk Tepung Jahe Gajah (*Zingiber officinale* Roscoe) pada Berbagai Kondisi Penyimpanan;** Arif Mubaidillah Romadhoni; 2018; 67 Halaman; Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember.

Jahe gajah (*Zingiber officinale* Roscoe) merupakan rempah-rempah yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Proses penepungan adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan jahe gajah. Tepung jahe gajah bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air jika keadaan udara lingkungan dipenuhi uap air begitu pula sebaliknya. Hal ini dapat mempengaruhi mutu tepung jahe gajah. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah terhadap berbagai kondisi penyimpanan. Berdasarkan penelitian tersebut kemudian dikembangkan pemodelan untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan pada beberapa kondisi penyimpanan, sehingga dapat digunakan dalam perencanaan penyimpanan produk tersebut.

Tujuan penelitian ini untuk menentukan kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah pada berbagai kondisi penyimpanan serta membuat sebuah model persamaan untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan berdasarkan suhu dan kelembaban relatif setimbang (ERH).

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengkondisikan suatu wadah tertutup dengan berbagai kelembaban udara yang berbeda. Perlakuan pengkondisian (ERH) 11, 32, 75, 83, dan 94% menggunakan larutan garam jenuh berturut-turut yaitu (LiCl), (MgCl<sub>2</sub>), (NaCl), (KCl), dan (KNO<sub>3</sub>) dengan suhu penyimpanan 30, 40, dan 50°C. Pengambilan data dilakukan setiap 24 jam selama 7 hari per perlakuan suhu sampai berat bahan mencapai konstan.

Data hasil penelitian kemudian digunakan untuk menentukan konstanta pada model persamaan. Model persamaan yang dievaluasi adalah Chung P-Fost, Oswin dan Smith. Kadar air kesetimbangan dipengaruhi oleh ERH dan suhu penyimpanan. Kadar air kesetimbangan akan semakin tinggi apabila ERH tinggi

dan suhu rendah , begitu pula sebaliknya. Kadar air kesetimbangan yang diperoleh diuji kevalidannya menggunakan ketiga persamaan, kemudian dianalisis dengan analisis grafis, *mean relative percent error* (P), dan *root mean square error* (RMSE). Berdasarkan analisis grafis, nilai (P), dan nilai (RMSE) didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) terbesar (0,978), dengan nilai (P), dan (RMSE) terkecil yaitu (6,089%), dan (0,978%bk) untuk persamaan Oswin. Oleh karena itu, persamaan yang sesuai untuk menentukan besarnya kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah dalam penelitian ini adalah persamaan Oswin. Persamaan Oswin kemudian dikembangkan menjadi persamaan baru dengan menggunakan fungsi dari suhu (T) dan aktifitas air ( $a_w$ ), untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah pada rentang suhu (30°C-50°C) dan ERH (11%-92%).

## SUMMARY

**Equilibrium Moisture Content of Gajah Ginger Flours (*Zingiber officinale* Roscoe) for Different Storage Conditions;** Arif Mubaidillah Romadhoni; 2018; 67 Halaman; Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember.

Gajah ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) is a spice that we often encounter in everyday life. Conversion of ginger product form into powdery is one way that can be used to extend the shelf life of gajah ginger. Gajah ginger flours are hygroscopic in nature so that it easily absorbs water vapor if the environment is filled with moisture and vice versa. This can affect the quality of gajah ginger flours. Therefore, it is necessary to research the equilibrium moisture content of gajah ginger flours against various storage conditions. Based on the research, modeling is then developed to estimate the equilibrium moisture content in several storage conditions, so that it can be used in planning the storage of these products.

The purpose of this research was to determine the equilibrium moisture content of gajah ginger flours in various storage conditions and make an equation model to estimate the equilibrium moisture content based on temperature and equilibrium relative humidity (ERH).

This research was conducted by conditioning a closed container with a variety of different air humidity. Conditioning treatment (ERH) 11, 32, 75, 83, and 94% using successive saturated salts respectively (LiCl), (MgCl<sub>2</sub>), (NaCl), (KCl), and (KNO<sub>3</sub>) with storage temperature 30, 40, and 50°C. Data collection was carried out every 24 hours for 7 days per temperature treatment until the weight of the material reaches constant.

The results of the research data were then used to determine the constants in the equation model. The model equations evaluated were Chung P-Fost, Oswin and Smith. The equilibrium moisture content was affected by ERH and storage temperature. The equilibrium moisture content showed to increase if the ERH was high and the temperature was low, and vice versa. The equilibrium moisture



content obtained was tested for validity using all three equations, then analyzed by graphical analysis, *mean relative percent error* (P), and *root mean square error* (RMSE). Based on the graphical analysis, value of (P), and value (RMSE) resulted in the coefficient of determination ( $R^2$ ) the largest (0,978), with a value of (P), and (RMSE) smallest (6,089%), and (0,978% bk) for Oswin's equation. Therefore, the appropriate equation for determining the equilibrium moisture content of gajah ginger flours in this research was the Oswin equation. The Oswin equation was then developed into a new equation using the function of temperature (T) and water activity ( $a_w$ ), to estimate the equilibrium moisture content of gajah ginger flours in the temperature range (30°C-50°C) and ERH (11% -92%).

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kadar Air Kesetimbangan Produk Tepung Jahe Gajah (*Zingiber officinale* Roscoe) pada Berbagai Kondisi Penyimpanan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

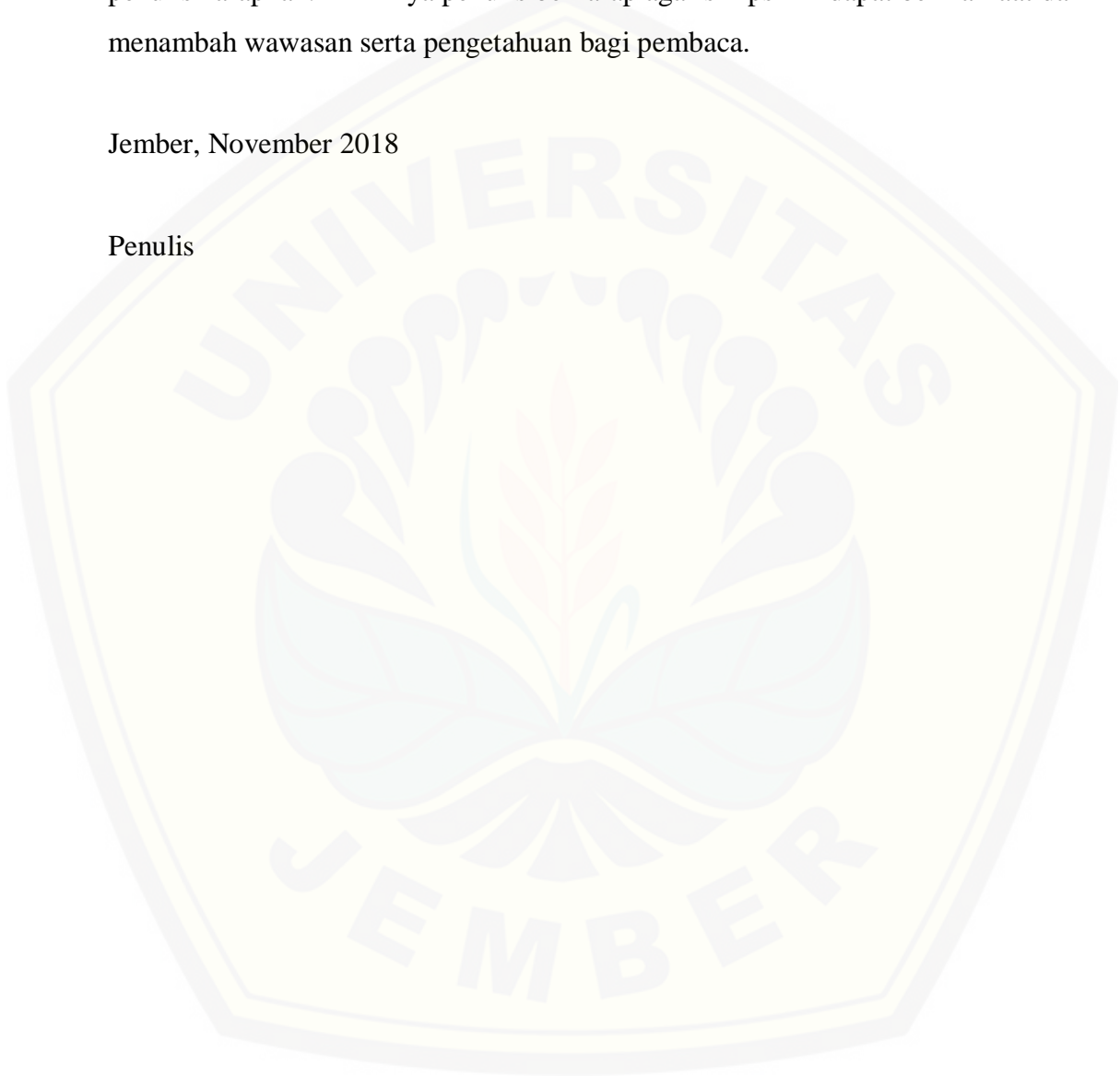
1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama Skripsi yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam penyelesaian skripsi ini dengan penuh kesabaran;
2. Dr. Dedy Wirawan S., S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota Skripsi dan Komisi Bimbingan yang telah memberikan arahan dan dorongan dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Segenap dosen, teknisi laboratorium, dan karyawan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember yang telah banyak membantu penyelesaian skripsi ini;
4. Ibunda Wardatun Willa, Ayahanda Sutarto, dan Adikku Umi Khoirun nisyak serta segenap keluarga besar yang telah memberikan dorongan dan doa serta motivasi demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Tim EHP 2014, Ferry Ardani, Angga Alfiadi, Ilham, dan Ratna yang telah memberi motivasi dan tempat berbagi pikiran tentang skripsi ini;
6. M. Kholilur Rohman, R. Firman Putra, M. Kamil Abdillah, yang telah bersedia menjadi tutor dalam mengerjakan data dan naskah skripsi saya;
7. Sahabat-sahabatku TEP-A 2014 yang telah berbagi manis pahit bersama;
8. Teman-teman Mahasiswa FTP angkatan 2014 yang selalu LUAR BIASA;
9. Teman-teman LPM Manifest FTP UNEJ tempat bertemu keluarga baru dan berproses belajar *Soft Skill*;

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan banyak bantuan dan dukungan, terima kasih banyak.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini sangat penulis harapkan. Akhirnya penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan serta pengetahuan bagi pembaca.

Jember, November 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
RINGKASAN/ <i>SUMMARY</i> .....	vi
PRAKATA .....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Jahe Gajah.....	4
2.2 Pengeringan .....	5
2.3 Tepung Jahe.....	6
2.4 Aktifitas Air.....	7
2.5 Kadar Air Keseimbangan .....	8
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>11</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	11
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	11
3.3 Prosedur Penelitian .....	11
3.3.1 Pembuatan Tepung Jahe Gajah.....	11
3.3.2 Pengukuran Kadar Air Awal dan Penentuan RH .....	12
3.3.3 Penentuan Kadar Air Keseimbangan .....	13
3.3.4 Tahap Linierisasi.....	14
3.3.5 Variabel Percobaan .....	16
3.4 Metode Analisis dan Pengolahan Data .....	17
3.4.1 Analisis Grafis .....	17
3.4.2 Analisis <i>Mean Relative Percent Error</i> dan <i>Root Mean Square Error</i> .....	17
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>19</b>
4.1 Kadar Air Keseimbangan Observasi.....	19
4.2 Penentuan Nilai Konstanta A dan B .....	21
4.3 Kadar Air Keseimbangan Prediksi .....	22

4.3.1 Hubungan antara Kadar Air Kesetimbangan dengan Aktifitas Air Tepung Jahe Gajah .....	23
4.3.2 Hubungan antara Kadar Air Kesetimbangan dengan Suhu Penyimpanan Tepung Jahe Gajah .....	26
<b>4.4 Uji Validitas .....</b>	<b>28</b>
4.4.1 Analisis Grafis .....	28
4.4.2 Analisis <i>Mean Relative Percent Error</i> dan <i>Root Mean Square Error</i> .....	30
<b>4.5 Pengembangan Persamaan Oswin untuk Mengestimasi Kadar Air Kesetimbangan Berdasarkan Suhu dan Aktivitas Air .....</b>	<b>32</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>34</b>
5.1 Kesimpulan .....	34
5.2 Saran .....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>38</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Kandungan nutrisi (gizi) dalam setiap 100g rimpang jahe segar .....	5
2.2 Kelembaban nisbi garam jenuh .....	8
4.1 Kadar air kesetimbangan observasi tepung jahe gajah pada berbagai suhu dan aktivitas air .....	20
4.2 Nilai konstanta A,B, dan $R^2$ beberapa persamaan pada berbagai suhu dan aktivitas air ( $a_w$ ) .....	21
4.3 Kadar air kesetimbangan prediksi berbagai model persamaan .....	22
4.4 Data nilai koefisien determinasi, P, dan RSME pada berbagai model persamaan dan suhu .....	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Isothermis tipikal .....	10
3.1 Diagram alir pengukuran kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah .....	12
3.2 Ilustrasi pengukuran kadar air kesetimbangan tepung jahe.....	14
4.1 Grafik hubungan antara kadar air kesetimbangan dengan aktifitas air tepung jahe gajah pada suhu 30 <sup>0</sup> C .....	24
4.2 Grafik hubungan antara kadar air kesetimbangan dengan aktifitas air tepung jahe gajah pada suhu 40 <sup>0</sup> C .....	24
4.3 Grafik hubungan antara kadar air kesetimbangan dengan aktifitas air tepung jahe gajah pada suhu 50 <sup>0</sup> C .....	25
4.4 Grafik hubungan antara aktifitas air dengan kadar air kesetimbangan pada tepung jahe gajah persamaan Cung P-Fost .....	26
4.5 Grafik hubungan antara aktifitas air dengan kadar air kesetimbangan pada tepung jahe gajah persamaan Oswin.....	26
4.6 Grafik hubungan antara aktifitas air dengan kadar air kesetimbangan pada tepung jahe gajah persamaan Smith .....	27
4.7 <i>Scartter Plot</i> dan koefisien determinasi Me prediksi dan Me observasi persamaan model Chung P-Fost.....	29
4.8 <i>Scartter Plot</i> dan koefisien determinasi Me prediksi dan Me observasi persamaan model Oswin .....	29
4.9 <i>Scartter Plot</i> dan koefisien determinasi Me prediksi dan Me observasi persamaan model Smith.....	30
4.10 Nilai Konstanta A dan B sebagai fungsi suhu menggunakan persamaan Oswin .....	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Data aktifitas air dan kelembaban relatif setimbang larutan garam jenuh pada berbagai suhu .....	38
2 Data hasil pengukuran kadar air awal tepung jahe gajah suhu 30°C...	39
3 Data hasil pengukuran kadar air awal tepung jahe gajah suhu 40°C...	39
4 Data hasil pengukuran kadar air awal tepung jahe gajah suhu 50°C...	39
5 Data hasil pengukuran berat bahan dan cawan setelah di oven pada suhu 30°C .....	40
6 Data hasil pengukuran berat bahan dan cawan setelah di oven pada suhu 40°C .....	41
7 Data hasil pengukuran berat bahan dan cawan setelah di oven pada suhu 50°C .....	42
8 Data hasil pengukuran kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah pada suhu 30°C .....	43
9 Data hasil pengukuran kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah pada suhu 40°C .....	44
10 Data hasil pengukuran kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah pada suhu 50°C .....	45
11 Data analisis regresi kadar air tepung jahe gajah dengan menggunakan persamaan Chung P-Fost .....	47
12 Data analisis regresi kadar air tepung jahe gajah dengan menggunakan persamaan Oswin .....	48
13 Data analisis regresi kadar air tepung jahe gajah dengan menggunakan persamaan Smith .....	49
14 Grafik persamaan regresi model Chung P-Fost pada berbagai suhu ...	50
15 Grafik persamaan regresi model Oswin pada berbagai suhu .....	51
16 Grafik persamaan regresi model Smith pada berbagai suhu .....	52
17 Data analisis kadar air kesetimbangan prediksi menggunakan persamaan Chung P-Fost.....	53
18 Data analisis kadar air kesetimbangan prediksi menggunakan persamaan Oswin .....	54
19 Data analisis kadar air kesetimbangan prediksi menggunakan persamaan Smith.....	55



20	<i>Mean Relatif Percent Error</i> persamaan Chung P-Fost pada berbagai suhu .....	56
21	<i>Mean Relatif Percent Error</i> persamaan Oswin pada berbagai suhu....	57
22	<i>Mean Relatif Percent Error</i> persamaan Smith pada berbagai suhu.....	58
23	<i>Root Mean Square Error</i> persamaan Chung P-Fost pada berbagai suhu .....	59
24	<i>Root Mean Square Error</i> persamaan Oswin pada berbagai suhu .....	60
25	<i>Root Mean Square Error</i> persamaan Smith pada berbagai suhu.....	61
26	Grafik konstanta A dan B sebagai fungsi suhu pada persamaan Oswin .....	62
27	<i>Mean Relatif Percent Error</i> persamaan Oswin pada berbagai suhu....	62
28	<i>Root Mean Square Error</i> persamaan Oswin pada berbagai suhu .....	63
29	Koefisien determinasi persamaan Chung P-Fost pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C .....	65
30	Koefisien determinasi persamaan Oswin pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C .....	65
31	Koefisien determinasi persamaan Smith pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C .....	66
32	Koefisien determinasi persamaan Oswin pada berbagai suhu .....	66

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia terkenal dengan rempah-rempahnya yang melimpah. Salah satu rempah-rempah yang paling sering kita jumpai adalah jahe. Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) merupakan rempah-rempah yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari, terutama dalam bidang kesehatan. Jahe merupakan tanaman obat berupa rumpun berbatang semu. Jahe berasal dari Asia Pasifik yang tersebar dari India sampai Cina. Jahe termasuk dalam suku temu-temuan (*Zingiberaceae*), satu keluarga dengan temu-temuan lainnya seperti temu lawak, temu hitam, kunyit, kencur serta lengkuas.

Jahe dibudidayakan hampir diseluruh wilayah Indonesia. Pada tahun 2013 luas panen tanaman jahe di Indonesia mencapai 73.160.887 m<sup>2</sup>. Pada tahun 2014 luas panen tanaman jahe meningkat sebanyak 40,50 persen yaitu sebanyak 102.793.227 m<sup>2</sup>. Sedangkan produktivitas tanaman jahe pada tahun 2013 adalah 155.286.288 kg. Pada tahun 2014 mengalami peningkatan sebanyak 45,61 persen yaitu sebanyak 226.114.819 kg (Direktorat Jendral Hortikultura, 2015).

Di Indonesia ada 3 jenis jahe yang sering kita jumpai. Jenis jahe ini dibedakan berdasarkan ukuran, bentuk dan warna rimpang, yaitu jahe putih besar (gajah), jahe putih kecil (emprit) dan jahe merah. Jahe gajah memiliki rimpang yang lebih besar dan gemuk dibanding kedua jahe lainnya. Jahe ini biasanya dikonsumsi baik saat masih muda ataupun sudah tua (Rukmana, 2000). Menurut Suprati (2003) masyarakat biasa memanfaatkan jahe sebagai bumbu dapur. Selain itu, jahe juga dikonsumsi karena khasiatnya seperti mengatasi batuk, menghangatkan tubuh, dan meningkatkan nafsu makan. Selain dikonsumsi secara langsung jahe juga dikonsumsi setelah dikeringkan ataupun dijadikan tepung. Penepungan jahe ini dilakukan untuk memperpanjang umur simpan, menghemat tempat penyimpanan, dan memudahkan dalam penggunaannya.

kelembaban udara dan kadar air kesetimbangan pada tahapan penyimpanan dapat digunakan untuk menggambarkan kurva isothermis sorpsi

tepung jahe gajah sehingga dapat diketahui proses tercapainya kondisi kesetimbangan bahan. Menurut Winarno (1977) jumlah kandungan air pada bahan hasil pertanian akan mempengaruhi daya tahan bahan tersebut terhadap serangan mikroba. Selain itu karena Indonesia merupakan negara tropis dengan suhu dan kelembapan udara yang selalu mengalami perubahan, maka sangat berpengaruh besar terhadap produk yang dihasilkan. Menurut Taib (1988) jika suatu bahan hasil pertanian dengan kadar air mula-mula tertentu ditempatkan pada lingkungan dengan suhu dan kelembapan tertentu, maka kadar air bahan tersebut akan berubah sampai kadar air setimbang antara air dalam bahan dengan udara.

Menurut Norman (1998) besarnya aktivitas air ( $a_w$ ) sangat dipengaruhi oleh suhu dan perbedaan tekanan uap antara produk dengan lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu penelitian tentang pengaruh kondisi penyimpanan tepung jahe gajah sehingga dapat diketahui tingkat responsivitas kadar air tepung jahe gajah hingga mencapai kadar air kesetimbangan dengan suhu dan RH penyimpanan yang bervariasi.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Tepung jahe gajah bersifat higroskopis yaitu bahan yang dapat melepas dan menyerap uap air dari lingkungan, sehingga jika keadaan udara lingkungan dipenuhi uap air maka bahan akan menyerap uap air tersebut begitu pula sebaliknya. Jumlah kandungan air pada tepung jahe gajah akan mempengaruhi daya simpan produk ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah terhadap berbagai kondisi penyimpanan. Berdasarkan penelitian tersebut kemudian dikembangkan pemodelan untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan pada beberapa kondisi penyimpanan, sehingga dapat digunakan dalam perencanaan penyimpanan produk tersebut.

### **1.3 Batasan Masalah**

Ruang lingkup penelitian ini hanya dibatasi pada penentuan kadar air kesetimbangan isotherm tepung jahe gajah pada berbagai kondisi penyimpanan dengan menggunakan persamaan Chung P-Fost, Oswin, dan Smith.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mempelajari kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah pada berbagai kondisi penyimpanan, adapun tujuan khusus yaitu:

1. Menentukan kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah pada berbagai suhu dan RH penyimpanan;
2. Menguji validitas persamaan Chung PF-Fost, Oswin, dan Smith untuk memprediksi data hasil percobaan.
3. Membuat model persamaan untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan berdasarkan suhu dan aktivitas air ( $a_w$ ).

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang kadar air setimbang (KAS) atau *equilibrium moisture content* (EMC) tepung jahe gajah menggunakan berbagai persamaan dan variasi suhu serta kelembaban. Diharapkan dari model yang telah diperoleh selanjutnya dapat digunakan sebagai standar bagi evaluasi kualitas fisik tepung jahe gajah untuk penentuan kondisi penyimpanan yang baik agar dapat menjaga mutu bahan.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jahe Gajah

Tanaman jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) termasuk termasuk keluarga Zingiberaceae yaitu suatu tanaman rumput-rumputan tegak dengan ketinggian 30-75 cm. Berdaun sempit memanjang menyerupai pita, dengan panjang 15 cm – 23 cm, lebar lebih kurang 2,5 cm, tersusun teratur dua baris berseling. Tanaman jahe hidup merumpun, beranak – pinak, menghasilkan rimpang, dan berbunga. Bunga berupa malai yang tersembul pada permukaan tanah, berbentuk tongkat atau bulat telur, dengan panjang lebih kurang 25 cm. Mahkota bunga berbentuk tabung, dengan helaian agak sempit, tajam, berwarna kuning kehijauan. Bibir mahkota bunga berwarna ungu gelap berbintik-bintik putih kekuning-kuningan. Kepala sari berwarna ungu dan mempunyai dua tangkai putik (Rukmana, 2000).

Jahe dibedakan menjadi 3 jenis berdasarkan ukuran, bentuk dan warna rimpangnya. Umumnya dikenal 3 varietas jahe (jahe gajah, jahe merah dan jahe emprit). Menurut (Santoso, 1994), jahe gajah mempunyai rimpang yang lebih besar, bila rimpang diiris melintang berwarna putih-kekuningan, panjang akar 12,93 – 21,52 cm, diameter akar 4,53 – 6,30 mm, seratnya sedikit lembut, aromanya kurang tajam, rasanya kurang pedas, panjang rimpang 15,83 – 32,75 cm, tinggi rimpang 6,20 – 12,24 cm, dan berat rimpang 0,18 – 1,04 kg.

Menurut Suprapti (2003) selain digunakan sebagai bumbu dapur jahe juga dikonsumsi karena khasiatnya sebagai obat. Manfaat dari tanaman jahe adalah melegakan tenggorokan, mengatasi batuk, dan lain-lain. Rimpang jahe juga mengandung oleoresin yang terdiri atas minyak atsiri yang menyebabkan aroma khas jahe, dan minyak tak menguap yang menyebabkan rasa pedas dan pahit. Menurut Winiati (2000) kandungan senyawa fenol dalam jahe memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri. Terjadinya penghambatan disebabkan karena kerusakan yang terjadi pada komponen structural membrane sel bakteri. Fenol padajeh juga memiliki kemampuan untuk mendenaturasi protein dan merusak membrane sel dengan cara melarutkan lemak yang terdapat pada

dinding sel, karena senyawa ini mampu melakukan migrasi dari fase cair ke fase lemak. Unsur gizi dan kalori yang terdapat dalam 100 gram rimpang jahe ditunjukkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kandungan nutrisi (gizi) dalam setiap 100g rimpang jahe segar

No.	Unsur Gizi	Proporsi
1	Kalori (kal)	51
2	Protein (g)	1,5
3	Lemak (g)	1
4	Karbohidrat (g)	10,1
5	Kalsium (mg)	21
6	Fosfor (mg)	39
7	Zat besi (mg)	1,6
8	Vitamin A (SI)	30
9	Vitamin B (mg)	0,02
10	Vitamin C (mg)	4
11	Air (g)	86,2

Sumber : Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI, 1996 dalam Suprapti (2003)

## 2.2 Pengeringan

Pengeringan merupakan upaya untuk menurunkan kadar air yang terkandung dalam suatu bahan. Pengeringan juga bermanfaat untuk mencegah timbulnya jamur dan bakteri. Persyaratan kadar air untuk bahan simplisia nabati adalah kurang dari 10%, apabila lebih dari 10% maka akan terjadi proses enzimatik dan kerusakan oleh mikroba (Katno, 2008). Pengeringan diartikan juga sebagai proses pemisahan atau pengeluaran air dari suatu bahan yang jumlahnya relatif kecil dengan menggunakan panas. Metode pengawetan dengan pengeringan berdasarkan prinsip bahwa mikroba dan reaksi-reaksi kimia hanya terjadi jika air tersedia dalam jumlah cukup. Pengeringan telah banyak dilakukan dalam pengolahan hasil pertanian dan bahan pangan menggunakan energi matahari, pemanasan, pengangin-anginan, perbedaan tekanan uap, dan pengeringan beku (Effendi, 2009).

Menurut (Wirakartakusuma dan Hermanianto, 1989) kecepatan pengeringan dan kadar air dari produk akhir sangat penting dalam proses

pengeringan, faktor-faktor utama yang mempengaruhi kecepatan pengeringan bahan pangan adalah:

1. Sifat fisik dan kimia dari produk (bentuk, ukuran, komposisi, kadar air).
2. Pengaturan geometris produk sehubungan dengan permukaan alat atau media perantara pindah panas (cara penumpukan bahan, frekuensi pembalikan dan lain-lain).
3. Tipe alat pengeringan (efisiensi pemindahan panas).
4. Kondisi lingkungan (suhu, kelembaban dan kecepatan aliran udara).

Pada penelitian ini digunakan alat pengering berupa *microwave*. Menurut Gunawan (2008) *microwave* dapat memasak atau memanaskan makanan menggunakan radiasi gelombang mikro dalam waktu singkat. Menurut Kurniasari (2008) gelombang mikro termasuk gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 1 cm- 1 m dengan frekuensi 30 GHz – 300 MHz. Menurut Fatimah (2006) proses pengeringan menggunakan *microwave* dapat berlangsung lebih singkat dibandingkan dengan pengeringan konvensional dan juga dapat mempertahankan mutu yang terkandung dalam bahan dikeringkan.

### 2.3 Tepung Jahe

Menurut Asmarajati (1999) penepungan adalah suatu proses penghancuran bahan pangan yang didahului suatu proses pengeringan menjadi butiran-butiran yang sangat halus, kering dan tahan lama, serta fleksibel dalam penggunaannya. Menurut Rosmisari (2006) penggilingan merupakan proses pengecilan ukuran dengan gaya mekanis menjadi beberapa fraksi ukuran yang lebih kecil. Hasil penggilingan kemudian diayak untuk memisahkan bagian berdasarkan ukurannya.

Menurut Shirshir *et al* (2012) langkah untuk membuat tepung jahe adalah jahe segar yang diperoleh dari pasar dibersihkan untuk menghilangkan sisa tanah atau bagian yang rusak, kemudian jahe diiris melintang dengan ketebalan 2-3mm, jahe yang telah diiris kemudian dikeringkan dengan menggunakan matahari atau alat pengering mekanik hingga kadar air 9-10%. Setelah kering jahe didiamkan dalam suhu ruangan hingga dingin, setelah dingin irisan jahe kemudian

dihaluskan dengan cara di blender, dan terakhir jahe disaring dan dikemas dikantong plastik.

Menurut Indartiyah *et al*, (2011) proses penepungan dilakukan untuk mendapatkan produk dalam bentuk bubuk/serbuk dengan kehalusan tertentu dengan menggunakan mesin penepungan yang terbuat dari stainless steel. Kehalusan partikel bubuk/serbuk disesuaikan dengan kebutuhan. Untuk produksi teh memerlukan kehalusan 30 -40 mesh, untuk ekstraksi 40 – 60 mesh sedangkan untuk kapsul atau bumbu terutama bahan rimpang seperti jahe kehalusan serbuk 80 – 100 mesh.

#### 2.4 Aktifitas Air

Menurut (Purnomo, 1995), kandungan air dalam bahan pangan akan berubah-ubah sesuai dengan lingkungannya, dan hal ini sangat erat hubungan dengan daya awet bahan pangan tersebut. Hal ini merupakan pertimbangan utama dalam pengolahan dan pengelolaan pasca olah bahan pangan. Aktivitas air (aw) merupakan parameter yang sangat berguna untuk menunjukkan kebutuhan air atau hubungan air dengan mikroorganisme dan aktivitas enzim.

Menurut Winarno (1977) jumlah kandungan air pada bahan hasil pertanian akan mempengaruhi daya tahan bahan tersebut terhadap serangan mikroba. Aktifitas air adalah jumlah air bebas bahan yang dapat dipergunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya. Untuk memperpanjang daya tahan suatu bahan maka air pada bahan dihilangkan hingga mencapai kadar air tertentu. Menurut Sri Setijahartini (1985) pada dasarnya mikroba hanya dapat tumbuh pada kisaran aw tertentu, maka dari itu perlu dilakukan pengaturan aw untuk mencegah pertumbuhan mikroba. Bahan dengan aw dibawah 0,70 sudah dianggap tahan dan aman dari serangan mikroba selama proses penyimpanannya. Nilai aw dapat ditentukan dengan Persamaan 2.1.

$$aw = ERH/100 \dots\dots\dots (2.1)$$

Aktivitas air (aw) didefinisikan sebagai rasio tekanan parsial air disekitar bahan atau produk pangan dibandingkan dengan tekanan air murni pada suhu yang sama (Estiasih dkk, 2016). Kelembaban relatif setimbang (ER



H) merupakan keadaan dimana kelembaban relatif sekeliling bahan dalam keadaan setimbang dengan sekitarnya. Aktifitas air dari bahan adalah untuk mengukur terikatnya air pada bahan pangan atau komponen bahan pangan tersebut, dimana aw dari bahan pangan cenderung untuk berimbang dengan aw lingkungan sekitar. Menurut Purnomo (1995) pada umumnya pengukuran aw dengan memakai kurva kalibrasi atau peralatan yang dipakai harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan larutan garam jenuh yang biasanya digunakan untuk keseimbangan yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Kelembaban nisbi garam jenuh

Garam	Rumus Bangun	Kelembaban Nisbi (%)			
		Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )			
		20	30	40	50
Lithium klorida	LiCl	12	11	11	11
Potassium asetat	CH <sub>3</sub> COOK	23	22	-	-
Magnesium klorida	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	33	32	32	31
Potassium karbonat	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	44	43	-	-
Magnesium nitrat	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	55	51	48	45
Sodium Nitrit	NaNO <sub>2</sub>	65	68	66	65
Sodium klorida	NaCl	75	75	75	74
Ammonium sulfat	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80	81	80	79
Potassium klorida	KCl	85	84	82	81
Barium klorida	BaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	91	84	82	81
Potassium nitrat	KNO <sub>3</sub>	94	92	89	85
Potassium sulfat	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	97	97	96	96

Sumber: Rizvi *et al.*, (1995)

## 2.5 Kadar Air Kesetimbangan

Menurut Taib (1988) kadar air kesetimbangan atau *equilibrium moisture content* adalah kesetimbangan antara kadar air bahan dengan suhu dan kelembaban udara sekelilingnya. Jika suatu bahan hasil pertanian dengan kadar air mula-mula tertentu ditempatkan pada lingkungan dengan suhu dan kelembaban tertentu, maka kadar air tersebut akan berubah sampai kadar air kesetimbangan antara air dalam bahan dengan air dalam udara.

Penentuan nilai kesetimbangan sangat dibutuhkan dalam perencanaan, pengeringan, penyimpanan, dan proses – proses lain. Hal ini berguna untuk memperkirakan penambahan dan pengurangan kadar air pada kondisi suhu dan RH tertentu. Secara teori bahan pangan mempunyai kandungan air minimal sesuai dengan jumlah air pada kadar air kesetimbangan. Terdapat beberapa model persamaan untuk penentuan kadar air kesetimbangan yaitu:

#### 1. Persamaan Chung P-Fost

Chung P-Fost mengemukakan persamaan yang sesuai untuk kurva isotermi sorpsi produk pangan pada semua jenis aktivitas air (Chung and Fost, 1967). Adapun model persamaan Chung P-Fost adalah sebagai berikut.

$$\ln (aw) = -A. \exp (-B. Me) \dots \dots \dots (2.2)$$

#### 2. Persamaan Oswin

Oswin juga mengemukakan persamaan yang sesuai untuk kurva isotermi sorpsi yang berbentuk sigmoid (Chirife and Iglesias, 1978), yang mana persamaan ini berlaku untuk bahan pangan dengan selang kelembaban relative antara 0 hingga 85%. Adapun model persamaan Oswin adalah sebagai berikut.

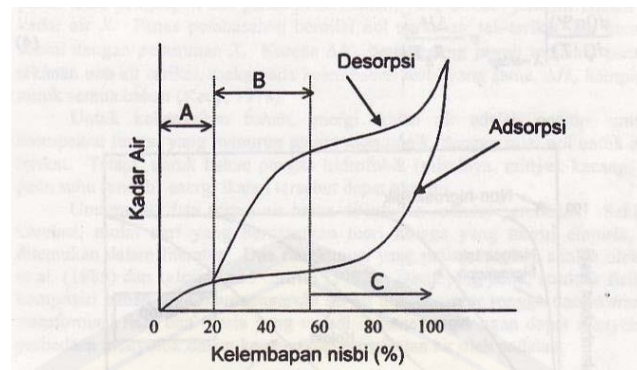
$$Me = A \left( \frac{aw}{(1-aw)} \right)^B \dots \dots \dots (2.3)$$

#### 3. Persamaan Smith

Smith mengemukakan persamaan yang sesuai untuk kurva isotermi sorpsi (Brooker *et al*, 1992), model persamaan ini memberikan tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap data percobaan untuk berbagai jenis bahan pangan.

$$Me = A - B \ln (1-aw) \dots \dots \dots (2.4)$$

Menurut (Purnomo, 1995), hubungan besarnya aw dan kadar air dalam bahan pangan pada suhu tertentu digambarkan seperti pada Gambar 2.1. Bentuk khas kurva sorpsi kadar air isoteremis tergantung pada cara tercapainya kadar air maupun aktivitas air bahan pangan tersebut, apakah dicapai dengan desorpsi dan adsorpsi. Pengolahan bahan pangan secara desorpsi yaitu bila dimulai dengan kadar air yang tinggi, dimana pada akhir proses bahan pangan mencapai kadar air dan aktivitas air yang diharapkan, sedang pada proses adsorpsi adalah sebaliknya.



Gambar 2.1 Isothermis tipikal (Purnomo, 1995)

Kurva diatas ini menunjukkan bahwa bahan pangan mempunyai nilai aw yang sama dapat mempunyai kadar air yang berbeda. Daerah A mempunyai nilai aw dibawah 0,20 ( $ERH = 20\%$ ), daerah B mempunyai nilai aw antara 0,20 sampai 0,60 dan daerah C mempunyai nilai aw diatas 0,60. Ditinjau dari keterkaitan air, maka di daerah A, air terdapat dalam bentuk satu lapis (*mono layer*), dengan molekul air terikat sangat erat. Kadar air bahan pangan di daerah A ini berkisar antara 5% - 10%. Di daerah tersebut air sulit sekali diuapkan. Didaerah B air terikat kurang erat dan merupakan lapisan-lapisan. Air yang terdapat dalam daerah ini berperan sebagai pelarut, oleh karena itu aktivitas enzim dan pencoklatan non-enzimatis dapat terjadi. Daerah C disebut juga sebagai daerah kondensasi kapiler. Di daerah ini terkondensasi pada struktur bahan pangan hingga kelarutan komponen menjadi lebih sempurna. Keadaan dimana air dalam kondisi bebas ini dapat membantu proses kerusakan. Sorpsi kadar air isothermis merupakan kurva yang sangat penting dalam mempelajari hubungan antar kadar air dan aktivitas air.

Grafik yang menghubungkan besarnya kelembaban relatif dengan kadar air kesetimbangan pada hakekatnya juga menggambarkan hubungan besarnya kadar air dan aktivitas air. Grafik tersebut dinamakan isotherm sorpsi lembab. Setiap bahan yang mempunyai isotherm sorpsi lembab yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas air yang sama pada dua bahan yang berbedadapat mempunyai kadar air yang besar (Adnan, 1982)

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei sampai Juni 2018 dan bertempat di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah blender (Philip), ayakan 60 mesh, toples, eksikator, oven (Memmert), timbangan digital (*Ohaus Pioneer* dengan ketelitian 0,001 g), *microwave* (Panasonic tipe NN-GT547W), termometer digital, dan cawan alumunium.

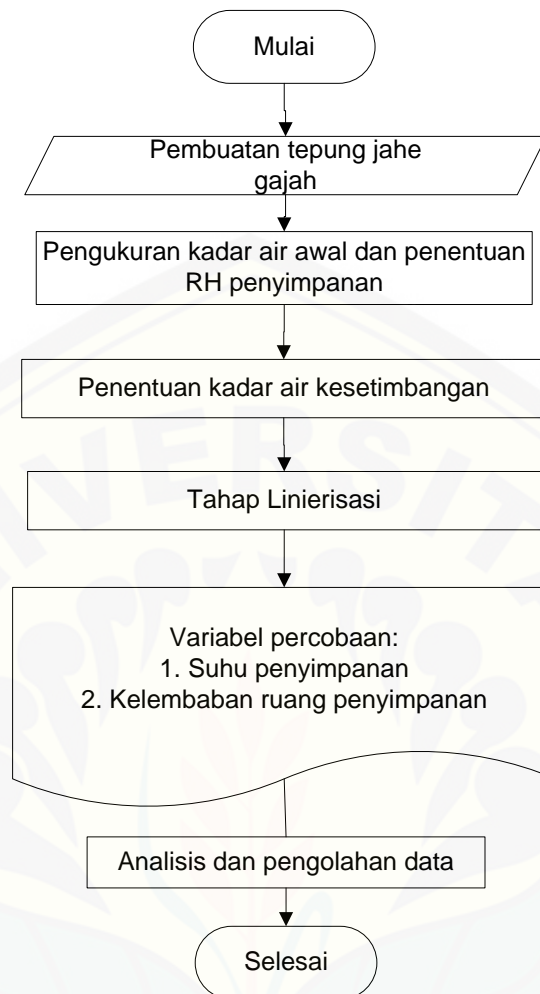
Bahan yang digunakan yaitu, jahe gajah dan bahan kimia berupa garam jenuh yang didapat dari toko aneka kimia yang berada di Jember yaitu Magnesium klorida (32%) ( $MgCl_2$ ), Potassium nitrat (92%) ( $KNO_3$ ), Sodium klorida (75%) ( $NaCl$ ), Potassium klorida (85%) ( $KCl$ ), dan Lithium klorida (11%) ( $LiCl$ ).

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah ini mengacu pada diagram prosedur umum penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1

#### 3.3.1 Pembuatan Tepung Jahe Gajah

Jahe gajah segar yang diperoleh dari pasar tanjung kemudian dicuci hingga bersih untuk menghilangkan tanah yang masih menempel, kemudian jahe gajah diiris dengan ketebalan 2- 3 mm tujuan pengirisan ini adalah untuk mempercepat proses pengeringannya, kemudian jahe dikeringkan didalam *microwave* dengan daya *hight* (720 W) sampai kering. Setelah kering jahe gajah di letakkan di suhu ruang sampai dingin. Setelah dingin jahe gajah diblender hingga halus dan terakhir diayak dengan ayakan 60 mesh.



Gambar 3.1 Diagram alir pengukuran kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah

### 3.3.2 Pengukuran Kadar Air Awal dan Penentuan RH

Pengukuran kadar air awal dan penentuan RH ini bertujuan untuk menentukan besarnya kadar air awal tepung jahe dan penentuan RH penyimpanan bahan yang menggunakan garam jenuh. Adapun penentuan besarnya kadar air awal tepung jahe dengan langkah:

- Mengeringkan cawan alumunium kosong dalam oven selama 1 jam dengan suhu  $105^{\circ}\text{C}$ , kemudian didinginkan dalam eksikator selama  $\pm 15$  menit dan cawan ditimbang (a gram);

- b. Menimbang dan mencatat berat cawan alumunium + tepung jahe ( $\pm 2$  gram) masing-masing sampel sebelum dimasukkan kedalam oven (b gram);
- c. Masukkan sampel ke dalam oven yang telah bersuhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  (konstan) selama 5 jam;
- d. Memindahkan cawan alumunium serta sampel tepung jahe ke dalam eksikator  $\pm 15$  menit kemudian ditimbang (c gram);
- e. Mengulangi langkah c, d sampai beratnya konstan;
- f. Menentukan kadar awal bahan basis basah dapat ditentukan besarnya dengan menggunakan Persamaan 3.1.

$$\text{Kadar Air Bahan} = \frac{(b-a)-(c-a)}{(b-a)} \dots\dots\dots(3.1)$$

Sedangkan penentuan besarnya RH penyimpanan dilakukan dengan larutan garam jenuh yang berdasarkan pada tingkat kelembaban relatifnya dengan cara:

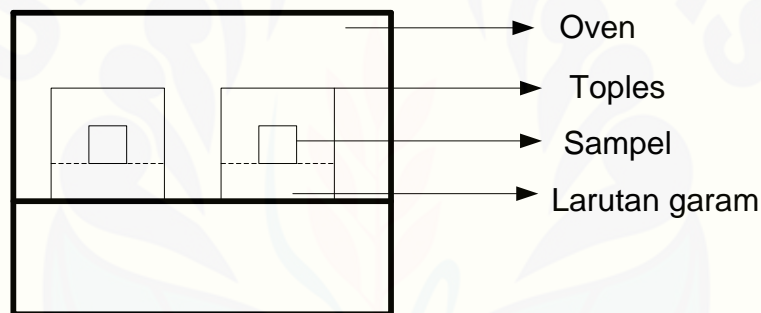
- a. Memasukkan larutan garam jenuh (sebagai contoh  $\text{MgCl}_2$ ) kedalam toples dan ditutup rapat;
- b. Memasukkan toples berisi garam jenuh tersebut kedalam oven dengan suhu  $30^{\circ}\text{C}$ , biarkan selama 24 jam dalam kondisi toples tertutup rapat;
- c. Mengukur besarnya RH dengan menggunakan higrometer;
- d. Mengulangi langkah diatas dengan menggunakan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dan  $50^{\circ}\text{C}$ ;
- e. Menghitung menggunakan persamaan (3.3 – 3.7) untuk menghitung besar kelembaban relatif pada larutan garam jenuh.

### 3.3.3 Penentuan Kadar Air Kesetimbangan

Pada penelitian ini meliputi proses inkubasi, penimbangan sampel dan perhitungan kadar air dengan metode gravimetris. Dalam proses inkubasi digunakan tiga variasi suhu  $30^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$  dan  $50^{\circ}\text{C}$ . Pemilihan variasi ini dipilih karena disesuaikan dengan kondisi suhu yang ada di Indonesia. Penentuan kadar air kesetimbangan dimulai dengan memasukkan larutan garam jenuh ke dalam toples kemudian dibiarkan selama 24 jam untuk mengkondisikan lingkungan supaya diperoleh kelembaban relatif konstan. Hitung kadar awal bahan sebelum di

inkubasi, setelah itu timbang sampel yang telah di ketahui kadar airnya dengan berat 1 gram/sampel dengan sampel berjumlah 3 pertoples. Selanjutnya, masukkan sampel dalam toples dan amati suhu pada toples menggunakan sensor suhu *thermokopel* dari termometer digital. Masukkan sampel kedalam oven pada suhu 30°C.

Setelah 24 jam ambil sampel kemudian timbang dan selanjutnya dilakukan tiap hari selama 7 hari sampai selisih berat kurang dari 0,001 gr (dianggap konstan). Selanjutnya, menghitung kadar air akhirnya yang merupakan kadar air kesetimbangan dengan metode gravimetris. Lakukan proses-proses diatas dengan varian suhu 40°C dan 50°C. Adapun ilustrasi pengukuran kadar air kesetimbangan tepung jahe dapat digambarkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Ilustrasi pengukuran kadar air kesetimbangan tepung jahe

### 3.3.4 Tahap Linierisasi

Tahap linierisasi yaitu mengubah persamaan non linier menjadi persamaan linier untuk memudahkan dalam perhitungan. Setelah dilakukan tahapan linierisasi model persamaan kemudian di regresikan. Menurut Firdaus (2004) analisis regresi adalah sebuah pendekatan untuk memodelkan hubungan antara variabel terikat Y dan satu atau lebih variabel bebas yaitu X. Pemodelan regresi linier dapat dilihat pada Persamaan 3.2

$$y = a + bx \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan : Y = variabel terikat

X= variabel bebas

a dan b = konstanta dan koefisien regresi

Menurut Rizvi (1995) nilai aktifitas air ( $a_w$ ) pada masing-masing larutan garam jenuh pada berbagai suhu dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{LiCl} : \quad \ln a_w = (500,95/T) - 3,85 \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{MgCl}_2 : \quad \ln a_w = (303,35/T) - 2,13 \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{NaCl} : \quad \ln a_w = (228,92/T) - 1,04 \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\text{KCl} : \quad \ln a_w = (367, 58/T) - 1,39 \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\text{KNO}_3 : \quad \ln a_w = (244,37/T) - 0,90 \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

Setiap kelembaban relatif yang pada hakekatnya adalah aktivitas air dapat menghasilkan kadar air kesetimbangan tertentu maka dapat dibuat suatu grafik yang menghubungkan antara besarnya aktifitas air dan kadar air kesetimbangan. Nilai kadar air tepung jahe dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

a) Persamaan Chung P-Fost

$$\ln (a_w) = -A. \exp (-B. Me) \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\ln (-\ln a_w) = \ln A - \ln B Me \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

$$Me = (1/B) \ln A - (1/B) \ln (-\ln a_w) \quad \dots\dots\dots(3.10)$$

$$Me = C - D \ln (\ln a_w) \quad \dots\dots\dots(3.11)$$

Jadi;  $C = 1/B \ln a_w$

$$D = 1/B$$

Persamaan (3.10) dapat diuraikan menjadi suatu persamaan regresi yaitu:

$$y = a + bx \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana:  $a = C = 1/B \ln A$

$$b = -D = -1/B$$

$$x = \ln (-\ln a_w)$$

$$y = Me$$

b) Persamaan Oswin

$$Me = A (a_w/(1-a_w))^B \quad \dots\dots\dots(3.13)$$

$$\ln Me = \ln \{ A (a_w/(1-a_w))^B \} \quad \dots\dots\dots(3.14)$$

$$\ln Me = \ln A + B \ln (a_w/(1-a_w)) \quad \dots\dots\dots(3.15)$$



Persamaan (3.15) dapat diuraikan menjadi suatu persamaan regresi yaitu :

$$y = a + bx \dots\dots\dots(3.16)$$

Dimana:

$$a = \ln A$$

$$b = B$$

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

$$y = \ln Me$$

c. Persamaan Smith

$$Me = A - B \ln (1- aw) \dots\dots\dots(3.17)$$

Persamaan (3.17) dapat diuraikan menjadi suatu persamaan regresi yaitu :

$$y = a + bx \dots\dots\dots(3.18)$$

Dimana :

$$a = A$$

$$b = B$$

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

$$y = Me$$

Berdasarkan data diatas di dapat konstanta A dan B pada berbagai suhu, konstanta tersebut nantinya akan digunakan untuk menentukan kadar air kesetimbangan prediksi atau teoritis. Untuk mengetahui nilai-nilai konstanta luar suhu digunakan dalam penelitian dapat dilakukan dengan menguji kelinieran konstanta-konstanta yang telah didapat dari hasil penelitian secara regresi dengan sumbu x sebagai suhu dan sumbu y sebagai A dan B sehingga akan didapat persamaan regresi dengan konstanta A dan B sebagai fungsi suhu.

### 3.3.5 Variabel Percobaan

Variable merupakan nilai yang dapat berubah-ubah. Variable percobaan dalam penelitian ini meliputi suhu ruang penyimpanan yaitu 30, 40 dan 50°C. sedangkan kelembaban udara ruang penyimpanan adalah 11% - 92 %.

### 3.4 Metode Analisis dan Pengolahan Data

Data hasil penelitian akan dilakukan analisis dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung kadar air kesetimbangan observasi;
2. Menghitung nilai-nilai konstanta persamaan Chung P-Fost, Oswin, dan Smith;
3. Menghitung kadar air kesetimbangan prediksi dengan menggunakan persamaan Chung P-Fost, Oswin, dan Smith;
4. Membuat grafik hubungan antara kadar air kesetimbangan observasi dan prediksi dengan aktivitas air pada berbagai suhu dan kelembaban;
5. Data-data prediksi kemudian diuji validitasnya terhadap data observasi dengan menggunakan analisis grafik dan statistik.

#### 3.4.1 Analisis Grafis

Analisis grafis menggambarkan hubungan antara data observasi dengan data prediksi. Analisis grafis suatu model dilakukan dengan menghitung nilai koefisien determinasi. Koefisien determinasi adalah hubungan antara seberapa banyak nilai dari sumbu (y) yang dipengaruhi oleh sumbu (x). Grafik ini mampu memberikan gambar yang signifikan. Untuk membandingkan grafik berdasarkan data observasi dengan data prediksi digunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ). Menurut Ghozali (2011) jika lebih tinggi maka persamaan yang digunakan sesuai dan lebih baik. Adapun rumus koefisien determinasi adalah sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Me_{esti} - Me_{obsi})^2}{\sum_{i=1}^N (Me_{obsi} - \overline{Me_{obs}})^2} \dots \dots \dots (3.19)$$

Keterangan :

$Me_{est,i}$  = nilai kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

$Me_{obs,i}$  = nilai kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

$\overline{Me_{obs},i}$  = nilai rata-rata kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

#### 3.4.2 Analisis *Mean Relative Percent Error* dan *Root Mean Square Error*

Dalam analisis statistik ini menguji validitas suatu model yang dilakukan dengan menghitung *mean relative percent error*. Adapun besarnya *mean*

*relative percent error* dapat dilakukan pendekatan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P = \frac{100}{N} \sum \left| \frac{MeObservasi - MePrediksi}{MeObservasi} \right| \dots\dots\dots(3.20)$$

Keterangan :

- P = *Mean Relatif Percent Error* (%)  
 N = Jumlah Data  
 Me Obs = Kadar Air Keseimbangan Observasi (%bk)  
 Me Pred = Kadar Air Keseimbangan Prediksi(%bk)

Sedangkan untuk menguji beda galat digunakan *root mean sqare error* yang menggunakan rumus sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{(MePred - Me Obs)^2}{N}} \dots\dots\dots(3.21)$$

Keterangan :

- RMSE = *Root Mean Square Error* (%bk)  
 N = Jumlah Data

Jika nilai *mean relative percent error* dan *root mean sqare error* semakin kecil nilainya berarti tingkat kesalahannya semakin kecil, maka persamaan tersebut semakin baik (Kolen dan Brennan, 1995).

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai kadar air kesetimbangan tepung jahe gajah, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka kadar air kesetimbangannya akan semakin kecil.
2. Persamaan yang paling sesuai untuk menghitung kadar air kesimbangan prediksi adalah Oswin dengan rerata nilai ( $R^2$ ) paling tinggi yaitu 0,978 dan rerata P dan RSME paling rendah yaitu (5,460%) dan (1,369% bk).
3. Persamaan regresi linier konstanta A dan B sebagai fungsi suhu pada model persamaan Oswin adalah:

$$Me = (-0,1119T + 14,5) \left[ \frac{aw}{(1-aw)} \right]^{(0,0039T+0,3282)}$$

Persamaan ini digunakan untuk menghitung kadar air kesetimbangan pada tepung jahe gajah dengan suhu penyimpanan antara (30<sup>0</sup>C-50<sup>0</sup>C) dan dengan ERH antara (11-92)%. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,980. Nilai rerata *mean relative percent error* (P) sebesar (5,749%) Sedangkan nilai rerata *root mean square error* (RMSE) sebesar (2,388% bk).

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai kadar air kesetimbangan yang lebih akurat perlu adanya penelitian dengan menggunakan suhu dan kelembaban relatif yang lebih banyak.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adnan, M. 1982. *Aktivitas Air dan Kerusakan Bahan Makanan*. Agritech. Yogyakarta.
- Aini, N., V. Prihananto, dan G. Wijonarko. 2014. Karakteristik Kurva Isoterm Sorpsi Air Tepung Jagung Instan, *Agritech*. Vol 34: No 1.
- Asmarajati, T. 1999. "Pengaruh blanching dan Suplementasi Bekatul Terhadap Kualitas Cookies". Purwokerto. Program Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Soedirman.
- Brooker, D.B, Freed W. Bakker, and C.W. Hall. 1992. *Drying and Storage of Grains and Oilseeds*. The AVI Publishing Company Inc. USA.
- Chirife, J. and Iglesias H.A. 1978. *Equations for Fitting Water Sorption Isotherms of Food: part I*. Journal of Food Technology. Vol 13: 159-174.
- Chung, D, S., and H.B. Pfoest. 1967. Adsorption and Desorption of Water Vapour by Cereal Grains and Their Product. Part II. *Trans Of The ASEA*. Vol 10(4). 549-551.
- Direktorat Jendral Hortikultura. (2015). *Statistik-Produksi-2014*. Jakarta: Direktorat Jendral Hortikultura Kementrian Pertanian.
- Effendi, S. M. (2009). *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Estiasih, T. Harijono. W. Elok, dan F. Kiki. 2016. *Kimia dan Fisik Pangan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Fatimah, Y. 2006. Pengeringan Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*) Menggunakan Oven Gelombang Mikro (*Microwave Oven*). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Firdaus, M. 2004. *Ekonometrika Suatu Pendekatan Aplikatif*. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Ghozali dan Imam. 2011. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 19*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Gunawan, R.H. 2008. Pengaruh Pemanasan dengan Oven Gelombang Mikro (*Microwave*) terhadap Mortalitas Serangga Hama Gudang *Callosobruchus chinensis* (L). (Coleoptera : Bruchidae), Kandungan Pati dan Protein Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L)). *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Indartiyah, N., I. Siregar, Y.D. Agustina, S. Wahyono, E. Djauhari, B. Hartono, W. Fika, Maryam, dan Y. Supriyatna. 2011. *Pedoman Teknologi*

*Penanganan Pasca Panen Tanaman Obat*. Jakarta: Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura Direktorat Budidaya dan Pascapanen Sayuran dan Tanaman Obat.

Katno. 2008. *Pengolahan Pasca Panen Tanaman Obat*. Tawangmangu: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional (B2P2TO-OT).

Kolen, M. J. and R. L. Brennan. 1995. *Tes Equating: Methods and Practices*. New York: Verlag.

Kusnandar, F., D. R. Adawiyah, dan M. Fitria. 2010. Pendugaan Umur Simpan Produk Biskuit Dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. vol 21: No 2.

Kurniasari, L., I. Hartanti, R.D. Hartanti, dan I. Sumantri. 2008. Kajian Ekstraksi Minyak Jahe Menggunakan *Microwave Assisted Extraction (MAE)*. *Momentum*. 2(4): 47-45.

Leviana, W., dan V. Paramita. 2017. Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Air dan Aktivitas Air dalam Bahan Kunyit (*Curcuma Longa*) dengan Alat Pengereng *Electrical Oven*. Metana. Vol 13(2): 37- 44.

Lisa, M., M. Lutfi, dan B. Susilo. 2015. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Mutu Tepung Jamur Tiram Putih (*Plaerotus ostreatus*). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. Vol 3(3): 270-279

Norman dan Desrosier. 1998. *Teknologi Pengawetan Pangan*. Jakarta UI

Parry. T.j. and R.K. Powsey. 1973. *Principles of Microbiologi for Students of Food Technology*. Hutchinson Educational Ltd. UK.

Purnomo, H. (1995). *Aktivitas Air dan Peranannya dalam Pengawetan Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).

Rahayu, P. Winiati. 2000. *Aktivitas Anti Mikroba Bumbu Masakan Tradisional Hasil Olahan Industri Terhadap Bakteri Patogen dan Perusak*. Vol 11(2). Buletin Teknologi dan Industri Pangan.

Rizvi, S, S, H. 1995. *Thermodynamic Properties of Food in Dehydration: In Engineering Properties of Food Edited by Rao, M A and Rizvi, S, S, H*. New York: United State of America.

Rosmisari, A. 2006. *Review: Tepung Jagung Komposit, Pembuatan dan Pengelolahannya*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Pengembangan Pertanian. BPPPT: Bogor.

Rukmana, R. (2000). *Usaha Tani Jahe*. Yogyakarta: kanisius.

Santoso, H. (1994). *Jahe Gajah*. Yogyakarta: Kanisius.

- Setijahartini, S. 1985. *Pengeringan*. Jurusan Teknologi Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Shirshir, R. I., M. Hassain, and M. Hassain. 2012. *Processing of Ginger Powder*. Bangladesh Research Publications Journal. Vol 7(3): 277-282.
- Suprapti, M.L. 2003. *Aneka Awetan Jahe*. Kanisius. Yogyakarta.
- Taib, G. 1988. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*. PT Melon Putra. Jakarta.
- Winarno, F.G. 1977. *Pengantar Teknologi Pangan*. Bogor: IPB.
- Winarno, F.G., S. Fardiaz, dan D. Fardiaz. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta: Penerbit PT Gedia.
- Wirakartakusuma, A., dan D. Hermanianto. (1989). *Prinsip Teknik Pangan*. Bogor: IPB.

**LAMPIRAN**

**Lampiran 1.** Data Aktifitas air dan Kelembaban Relatif Setimbang Larutan Garam Jenuh pada Berbagai Suhu

Suhu(°C)	Garam Jenuh	aw	ERH (%)
30	LiCl	0,113	11,3
	MgCl <sub>2</sub>	0,324	32,4
	NaCl	0,751	75,1
	KCl	0,838	83,8
	KNO <sub>3</sub>	0,923	92,3
40	LiCl	0,11	11,2
	MgCl <sub>2</sub>	0,32	31,6
	NaCl	0,75	74,7
	KCl	0,82	82,3
	KNO <sub>3</sub>	0,89	89,1
50	LiCl	0,11	11,1
	MgCl <sub>2</sub>	0,31	30,5
	NaCl	0,74	74,4
	KCl	0,81	81,2
	KNO <sub>3</sub>	0,85	84,8

Contoh: Pada suhu 30<sup>0</sup>C

$$\text{LiCl} : \ln aw = (500,95/T) - 3,85$$

$$\ln aw = (500,95/(273 + 30)) - 3,85$$

$$\ln aw = -2,197$$

$$aw = 0,113$$

$$\text{ERH} = aw \times 100$$

$$= 0,113 \times 100$$

$$= 11,3$$



**Lampiran 2.** Data Hasil Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Jahe Gajah Suhu 30°C

Spl	Berat Cawan	Cawan + Sampel Awal (gr)	Cawan + Sampel Akhir (gr)	KA (%bb)	Rerata KA (%bb)
1	3,47	4,477	4,384	9,235	9,244
2	3,521	4,524	4,432	9,172	
3	3,497	4,505	4,411	9,325	
4	3,496	4,502	4,409	9,245	

**Lampiran 3.** Data Hasil Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Jahe Gajah Suhu 40°C

Spl	Berat Cawan	Cawan + Sampel Awal (gr)	Cawan + Sampel Akhir (gr)	KA (%bb)	Rerata KA (%bb)
1	6,439	7,455	7,362	9,154	9,145
2	6,413	7,43	7,337	9,145	
3	6,316	7,323	7,231	9,136	
4	6,389	7,403	7,310	9,145	

**Lampiran 4.** Data Hasil Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Jahe Gajah Suhu 50°C

Spl	Berat Cawan	Cawan + Sampel Awal (gr)	Cawan + Sampel Akhir (gr)	KA (%bb)	Rerata KA (%bb)
1	6,314	7,325	7,238	8,605	9,257
2	6,413	7,422	7,327	9,415	
3	6,442	7,447	7,349	9,751	
4	6,390	7,398	7,305	9,256	

Keterangan :

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

Contoh: Pengukuran KA(%bb) pada suhu 30°C

$$\begin{aligned} \text{KA (\%bb)} &= \frac{1,007 - 0,914}{1,007} \times 100\% \\ &= 9,235 (\%bb) \end{aligned}$$

**Lampiran 5.** Data Hasil Pengukuran Berat Bahan Dan Cawan Setelah di Oven Pada Suhu 30°C

Larutan Garam	Cawan + Bahan (Sebelum Oven)	Cawan + Bahan (Setelah Oven)						
		hr 1	hr 2	hr 3	hr 4	hr 5	hr 6	hr 7
LiCl	1,399	1,36	1,357	1,356	1,355	1,352	1,353	1,352
	1,4	1,36	1,358	1,356	1,356	1,354	1,353	1,352
	1,429	1,389	1,388	1,386	1,385	1,383	1,383	1,381
MgCl <sub>2</sub>	1,405	1,401	1,4	1,399	1,398	1,396	1,395	1,394
	1,411	1,408	1,407	1,406	1,406	1,404	1,402	1,402
	1,402	1,399	1,397	1,396	1,396	1,394	1,393	1,392
NaCl	1,406	1,471	1,474	1,472	1,471	1,468	1,465	1,463
	1,403	1,468	1,47	1,47	1,469	1,464	1,463	1,46
	1,419	1,484	1,486	1,484	1,483	1,479	1,478	1,476
KCL	1,408	1,528	1,545	1,545	1,545	1,538	1,536	1,535
	1,416	1,546	1,568	1,571	1,569	1,562	1,557	1,562
	1,42	1,55	1,579	1,571	1,569	1,562	1,565	1,556
KNO <sub>3</sub>	1,382	1,547	1,585	1,602	1,612	1,611	1,607	1,608
	1,42	1,592	1,641	1,66	1,675	1,673	1,67	1,662
	1,41	1,586	1,626	1,647	1,662	1,663	1,656	1,649

**Lampiran 6.** Data Hasil Pengukuran Berat Bahan Dan Cawan Setelah di Oven Pada Suhu 40°C

Larutan Garam	Cawan + Bahan (Sebelum Oven)	Cawan + Bahan (Setelah Oven)						
		hr 1	hr 2	hr 3	hr 4	hr 5	hr 6	hr 7
LiCl	1,396	1,344	1,342	1,341	1,399	1,339	1,338	1,337
	1,399	1,348	1,345	1,346	1,343	1,342	1,344	1,341
	1,419	1,367	1,366	1,363	1,362	1,36	1,362	1,36
MgCl <sub>2</sub>	1,4	1,383	1,379	1,378	1,376	1,375	1,375	1,374
	1,411	1,393	1,391	1,389	1,388	1,387	1,389	1,385
	1,427	1,409	1,405	1,404	1,402	1,401	1,402	1,4
NaCl	1,408	1,466	1,461	1,459	1,458	1,456	1,456	1,455
	1,407	1,465	1,459	1,46	1,457	1,456	1,457	1,454
	1,406	1,466	1,461	1,457	1,455	1,454	1,454	1,453
KCL	1,408	1,511	1,502	1,5	1,499	1,493	1,497	1,496
	1,415	1,523	1,519	1,509	1,511	1,512	1,513	1,516
	1,425	1,541	1,532	1,522	1,535	1,521	1,528	1,517
KNO <sub>3</sub>	1,412	1,574	1,579	1,582	1,583	1,581	1,582	1,582
	1,42	1,588	1,607	1,608	1,601	1,596	1,597	1,593
	1,414	1,586	1,592	1,594	1,598	1,596	1,596	1,595

**Lampiran 7.** Data Hasil Pengukuran Berat Bahan Dan Cawan Setelah di Oven Pada Suhu 50°C

Larutan Garam	Cawan + Bahan (Sebelum Oven)	Cawan + Bahan (Setelah Oven)						
		hr 1	hr 2	hr 3	hr 4	hr 5	hr 6	hr 7
LiCl	1,384	1,322	1,319	1,318	1,318	1,317	1,317	1,316
	1,403	1,339	1,335	1,336	1,333	1,334	1,333	1,334
	1,419	1,357	1,355	1,352	1,351	1,35	1,351	1,35
MgCl <sub>2</sub>	1,397	1,366	1,362	1,36	1,36	1,358	1,355	1,353
	1,416	1,385	1,381	1,379	1,379	1,377	1,374	1,373
	1,417	1,387	1,383	1,38	1,38	1,378	1,376	1,374
NaCl	1,398	1,439	1,437	1,434	1,43	1,43	1,433	1,425
	1,415	1,463	1,458	1,455	1,453	1,455	1,453	1,449
	1,402	1,447	1,443	1,442	1,44	1,441	1,441	1,429
KCL	1,405	1,492	1,484	1,489	1,477	1,479	1,474	1,481
	1,406	1,506	1,49	1,492	1,482	1,492	1,481	1,488
	1,43	1,525	1,512	1,528	1,506	1,521	1,503	1,512
KNO <sub>3</sub>	1,404	1,537	1,536	1,535	1,528	1,526	1,524	1,528
	1,414	1,557	1,547	1,553	1,54	1,548	1,536	1,547
	1,407	1,549	1,546	1,546	1,535	1,548	1,535	1,535

**Lampiran 8.** Data Hasil Pengukuran Kadar Air Ketimbangan Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 30°C

Larutan Garam	Sampel	ka awal	cawan	Awal (c+b)	B1	Akhir(c+b)	B2	W1	Wd	W2	Me(%bb)	Rerata Me(%bb)	Rerata Me(%bk)
LiCl	1	0,092	0,391	1,399	1,008	1,352	0,961	0,093	0,915	0,041	4,2664	4,2406	4,4284
	2	0,092	0,396	1,4	1,004	1,352	0,956	0,093	0,911	0,041	4,2887		
	3	0,092	0,421	1,429	1,008	1,381	0,96	0,093	0,915	0,04	4,1667		
MgCl <sub>2</sub>	1	0,092	0,393	1,405	1,012	1,394	1,001	0,094	0,918	0,078	7,7922	7,5966	8,2211
	2	0,092	0,408	1,411	1,003	1,402	0,994	0,093	0,910	0,074	7,4447		
	3	0,092	0,399	1,402	1,003	1,392	0,993	0,093	0,910	0,075	7,5529		
NaCl	1	0,092	0,397	1,406	1,009	1,463	1,066	0,093	0,916	0,143	13,4146	13,5825	15,7173
	2	0,092	0,398	1,403	1,005	1,46	1,062	0,093	0,912	0,144	13,5593		
	3	0,092	0,416	1,419	1,003	1,476	1,06	0,093	0,910	0,146	13,7736		
KCL	1	0,092	0,403	1,408	1,005	1,535	1,132	0,093	0,912	0,216	19,0813	19,8209	24,7207
	2	0,092	0,411	1,416	1,005	1,562	1,151	0,093	0,912	0,236	20,5039		
	3	0,092	0,414	1,42	1,006	1,556	1,142	0,093	0,913	0,227	19,8774		
KNO <sub>3</sub>	1	0,092	0,377	1,382	1,005	1,608	1,231	0,093	0,912	0,316	25,6702	26,2061	35,5126
	2	0,092	0,414	1,42	1,006	1,662	1,248	0,093	0,913	0,331	26,5224		
	3	0,092	0,404	1,41	1,006	1,649	1,245	0,093	0,913	0,329	26,4257		

**Lampiran 9.** Data Hasil Pengukuran Kadar Air Ketimbangan Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 40°C

Larutan Garam	Sampel	ka awal	cawan	Awal (c+b)	B1	Akhir(c+b)	B2	W1	Wd	W2	Me(%bb)	Rerata Me(%bb)	Rerata Me(%bk)
LiCl	1	0,091	0,392	1,396	1,004	1,337	0,945	0,092	0,912	0,034	3,5979	3,6684	3,8081
	2	0,091	0,396	1,399	1,003	1,341	0,945	0,092	0,911	0,034	3,5979		
	3	0,091	0,415	1,419	1,004	1,36	0,945	0,092	0,912	0,036	3,8095		
MgCl <sub>2</sub>	1	0,091	0,394	1,4	1,006	1,374	0,98	0,092	0,914	0,065	6,6327	6,7099	7,1925
	2	0,091	0,408	1,411	1,003	1,385	0,977	0,092	0,911	0,067	6,8577		
	3	0,091	0,421	1,427	1,006	1,4	0,979	0,092	0,914	0,065	6,6394		
NaCl	1	0,091	0,376	1,408	1,032	1,455	1,079	0,094	0,938	0,142	13,1603	13,2019	15,2099
	2	0,091	0,398	1,407	1,009	1,454	1,056	0,092	0,917	0,140	13,2576		
	3	0,091	0,399	1,406	1,007	1,453	1,054	0,092	0,915	0,139	13,1879		
KCL	1	0,091	0,397	1,408	1,011	1,496	1,099	0,092	0,919	0,183	16,6515	16,9933	20,4722
	2	0,091	0,41	1,415	1,005	1,516	1,106	0,092	0,913	0,194	17,5407		
	3	0,091	0,415	1,425	1,01	1,517	1,102	0,092	0,918	0,185	16,7877		
KNO <sub>3</sub>	1	0,091	0,403	1,412	1,009	1,582	1,179	0,092	0,917	0,262	22,2222	22,6310	29,2507
	2	0,091	0,414	1,42	1,006	1,593	1,179	0,092	0,914	0,266	22,5615		
	3	0,091	0,405	1,414	1,009	1,595	1,19	0,092	0,917	0,275	23,1092		

**Lampiran 10.** Data Hasil Pengukuran Kadar Air Ketimbangan Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 50°C

Larutan Garam	Sampel	ka awal	cawan	Awal (c+b)	B1	Akhir(c+b)	B2	W1	Wd	W2	Me(%bb)	Rerata Me(%bb)	Rerata Me(%bk)
LiCl	1	0,093	0,376	1,384	1,008	1,316	0,94	0,093	0,915	0,027	2,8723	2,9495	3,0392
	2	0,093	0,396	1,403	1,007	1,334	0,938	0,093	0,914	0,029	3,0917		
	3	0,093	0,414	1,419	1,005	1,35	0,936	0,093	0,912	0,027	2,8846		
MgCl <sub>2</sub>	1	0,093	0,391	1,397	1,006	1,353	0,962	0,093	0,913	0,051	5,3015	5,3764	5,6819
	2	0,093	0,411	1,416	1,005	1,373	0,962	0,093	0,912	0,052	5,4054		
	3	0,093	0,415	1,417	1,002	1,374	0,959	0,093	0,909	0,052	5,4223		
NaCl	1	0,093	0,393	1,398	1,005	1,425	1,032	0,093	0,912	0,122	11,8217	11,9833	13,6148
	2	0,093	0,408	1,415	1,007	1,449	1,041	0,093	0,914	0,129	12,3919		
	3	0,093	0,398	1,402	1,004	1,429	1,031	0,093	0,911	0,121	11,7362		
KCL	1	0,093	0,403	1,405	1,002	1,481	1,078	0,093	0,909	0,170	15,7699	16,1691	19,2877
	2	0,093	0,398	1,406	1,008	1,488	1,09	0,093	0,915	0,178	16,3303		
	3	0,093	0,421	1,43	1,009	1,512	1,091	0,093	0,916	0,179	16,407		
KNO <sub>3</sub>	1	0,093	0,397	1,404	1,007	1,528	1,131	0,093	0,914	0,219	19,3634	19,6758	24,4954
	2	0,093	0,414	1,414	1	1,547	1,133	0,093	0,907	0,227	20,0353		
	3	0,093	0,404	1,407	1,003	1,535	1,131	0,093	0,910	0,222	19,6286		

Keterangan :

(c + b) = Cawan plus bahan

B1 = Berat Awal Bahan (g)

B2 = Berat Akhir Bahan (g)

W1 = Berat Air Bahan (g)

W2 = Berat Air Setelah Dioven Pada Suhu 30°C, 40°C, dan 50°C (g)

Wd = Berat Solid (g)

Contoh: pada suhu 30°C

$$W1 = KA \text{ awal} \times B1$$

$$= 0,092 \times 1,008$$

$$= 0,093 \text{ g}$$

$$Wd = B1 - W1$$

$$= 1,008 - 0,093$$

$$= 0,915 \text{ g}$$

$$Me (\% \text{ bk}) = \frac{\text{rata-rata berat air dalam bahan}}{\text{rata-rata berat solid}} \times 100$$

$$= \frac{0,0406}{0,914} \times 100$$

$$= 4,4284 (\% \text{ bk})$$



### Lampiran 11. Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Dengan Menggunakan Persamaan Chung P-Fost

#### 11.1 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 30°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	Me Obs
11,3	0,113	-2,1804	2,1804	0,7795	4,4284
32,4	0,324	-1,1270	1,1270	0,1196	8,2211
75,1	0,751	-0,2863	0,2863	-1,2505	15,7173
83,8	0,838	-0,1767	0,1767	-1,7331	24,7207
92,3	0,923	-0,0801	0,0801	-2,5242	35,5126

Persamaan Regresi :  $y = -0,1037x + 0,9167$

$$R^2 = 0,9369$$

#### 11.2 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 40°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	Me Obs
11,2	0,11	-2,1893	2,1893	0,7836	3,808
31,6	0,32	-1,1520	1,1520	0,1415	7,193
74,7	0,75	-0,2917	0,2917	-1,2321	15,210
82,3	0,82	-0,1948	0,1948	-1,6358	20,472
89,1	0,89	-0,1154	0,1154	-2,1593	29,251

Persamaan Regresi :  $y = -0,1171x + 0,9584$

$$R^2 = 0,9388$$

#### 11.3 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 50°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	Me Obs
11,1	0,111	-2,1982	2,1982	0,7877	3,0392
30,5	0,305	-1,1874	1,1874	0,1718	5,6819
74,4	0,744	-0,2957	0,2957	-1,2184	13,6148
81,2	0,812	-0,2083	0,2083	-1,5690	19,2877
84,8	0,848	-0,1649	0,1649	-1,8026	24,4954

Persamaan Regresi :  $y = -0,1221x + 0,8883$

$$R^2 = 0,9287$$

Keterangan :

ERH = Kelembaban Relatif Setimbang (%)

aw = Aktifitas Air (ERH/100)

Me = Kadar Air Kesetimbangan (% bk)

x = Me Observasi (% bk)

y =  $\ln(-\ln aw)$

## Lampiran 12. Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Dengan Menggunakan Persamaan Oswin

### 12.1 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 30°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln[aw/(1-aw)]	Me Obs	ln Me Obs
11,3	0,11	0,887	0,1274	-2,0605	4,4284	1,4880
32,4	0,32	0,676	0,4793	-0,7354	8,2211	2,1067
75,1	0,75	0,249	3,0161	1,1040	15,7173	2,7548
83,8	0,84	0,162	5,1728	1,6434	24,7207	3,2076
92,3	0,92	0,077	11,9870	2,4838	35,5126	3,5699

Persamaan Regresi :  $y = -0,4508x + 2,4059$

$$R^2 = 0,9897$$

### 12.2 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 40°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln[aw/(1-aw)]	Me Obs	ln Me Obs
11,2	0,112	0,888	0,1261	-2,0705	3,8081	1,3371
31,6	0,316	0,684	0,4620	-0,7722	7,1925	1,9730
74,7	0,747	0,253	2,9526	1,0827	15,2099	2,7219
82,3	0,823	0,177	4,6497	1,5368	20,4722	3,0191
89,1	0,891	0,109	8,1743	2,1010	29,2507	3,3759

Persamaan Regresi :  $y = -0,4717x + 2,3083$

$$R^2 = 0,994$$

### 12.3 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 50°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln[aw/(1-aw)]	Me Obs	ln Me Obs
11,1	0,111	0,889	0,1249	-2,0806	3,0392	1,1116
30,5	0,305	0,695	0,4388	-0,8236	5,6819	1,7373
74,4	0,744	0,256	2,9063	1,0669	13,6148	2,6112
81,2	0,812	0,188	4,319	1,4631	19,2877	2,9595
84,8	0,848	0,152	5,5789	1,7190	24,4954	3,1985

Persamaan Regresi :  $y = -0,5281x + 2,1816$

$$R^2 = 0,99$$

Keterangan :

ERH = Kelembaban Relatif Setimbang (%)

aw = Aktifitas Air (ERH/100)

Me = Kadar Air Keseimbangan (% bk)

x = ln[aw/(1-aw)]

y = ln Me Observasi

### Lampiran 13. Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Dengan Menggunakan Persamaan Smith

#### 13.1 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 30°C

ERH (%)	aw	(1 - aw)	ln (1- aw)	Me Obs
11,3	0,113	0,887	-0,1199	4,4284
32,4	0,324	0,676	-0,3916	8,2211
75,1	0,751	0,249	-1,3903	15,7173
83,8	0,838	0,162	-1,8202	24,7207
92,3	0,923	0,077	-2,5639	35,5126

Persamaan Regresi :  $y = -12,305x + 2,251$

$$R^2 = 0,9717$$

#### 13.2 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 40°C

ERH (%)	aw	(1 - aw)	ln (1- aw)	Me Obs
11,2	0,112	0,888	-0,1188	3,8081
31,6	0,316	0,684	-0,3798	7,1925
74,7	0,747	0,253	-1,3744	15,2099
82,3	0,823	0,177	-1,7316	20,4722
89,1	0,891	0,109	-2,2164	29,2507

Persamaan Regresi :  $y = -11,306x + 2,0248$

$$R^2 = 0,9702$$

#### 13.3 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Jahe Gajah Pada Suhu 50°C

ERH (%)	aw	(1 - aw)	ln (1- aw)	Me Obs
11,1	0,11	0,89	-0,1177	3,0392
30,5	0,31	0,70	-0,3638	5,6819
74,4	0,74	0,26	-1,3626	13,6148
81,2	0,812	0,19	-1,6713	19,2877
84,8	0,85	0,15	-1,8839	24,4954

Persamaan Regresi :  $y = -11,118x + 1,2176$

$$R^2 = 0,9577$$

Keterangan :

ERH = Kelembaban Relatif Setimbang (%)

aw = Aktifitas Air (ERH/100)

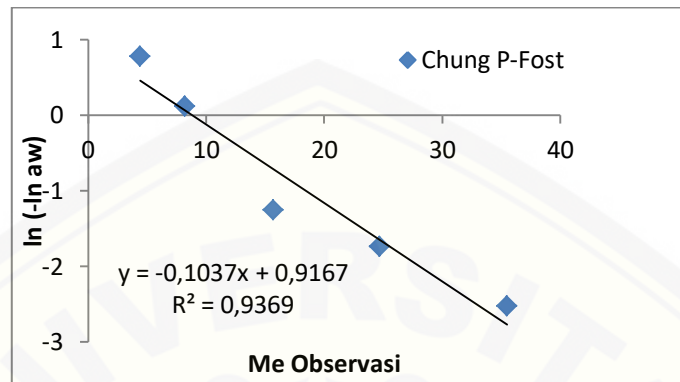
Me = Kadar Air Kesetimbangan (% bk)

x = ln (1- aw)

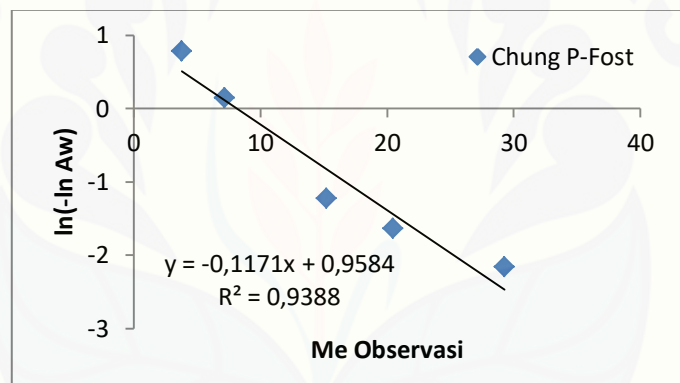
y = Me Observasi

**Lampiran 14.** Grafik Persamaan Regresi Model Chung P-Fost Pada Berbagai Suhu

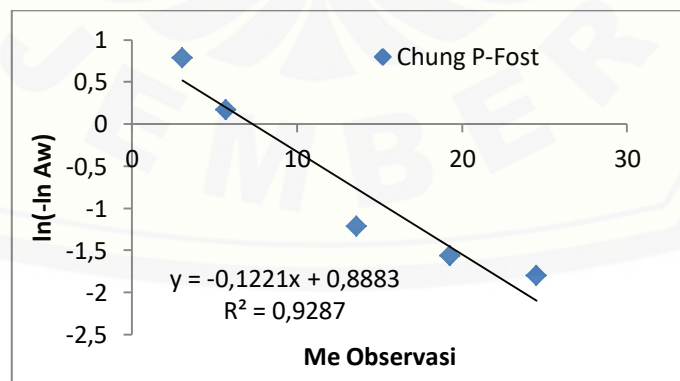
## 14.1 Grafik Persamaan Regresi Model Chung P-Fost Pada Suhu 30°C



## 14.2 Grafik Persamaan Regresi Model Chung P-Fost Pada Suhu 40°C

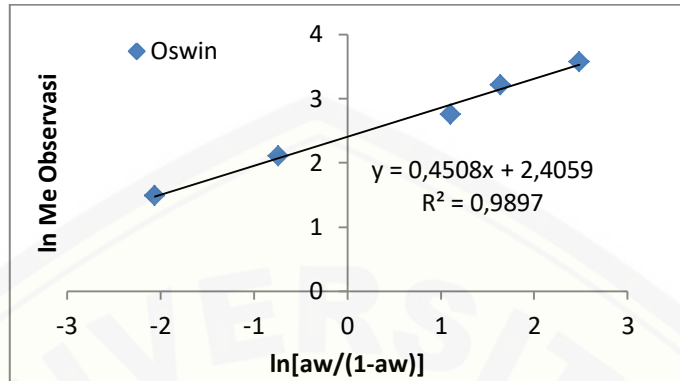


## 14.3 Grafik Persamaan Regresi Model Chung P-Fost Pada Suhu 50°C

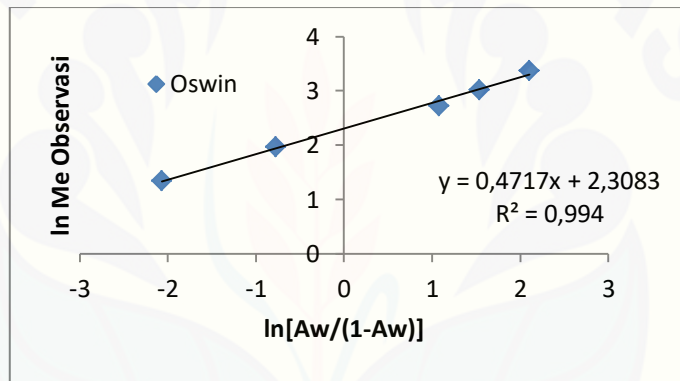


**Lampiran 15.** Grafik Persamaan Regresi Model Oswin Pada Berbagai Suhu

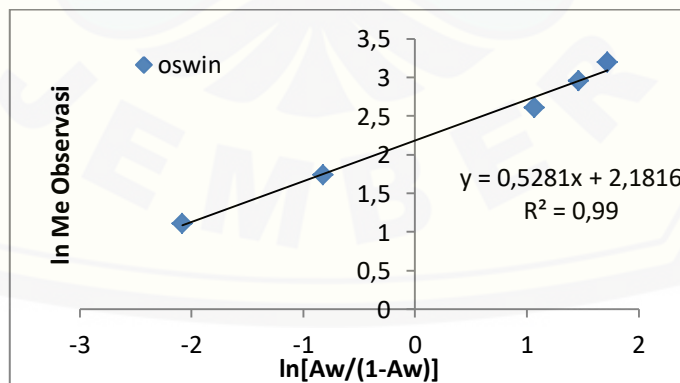
15.1 Grafik Persamaan Regresi Model Oswin Pada Suhu 30°C



15.2 Grafik Persamaan Regresi Model Oswin Pada Suhu 40°C

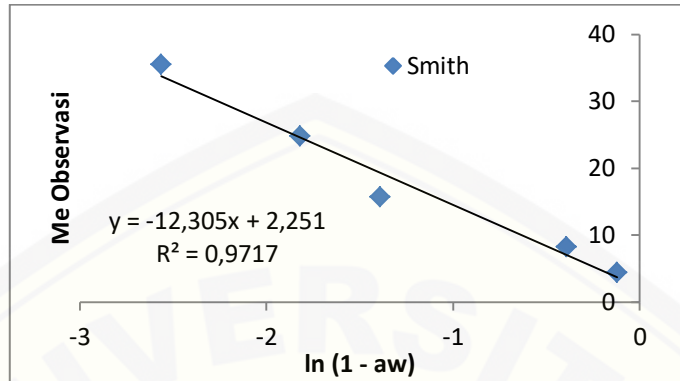


15.3 Grafik Persamaan Regresi Model Oswin Pada Suhu 50°C

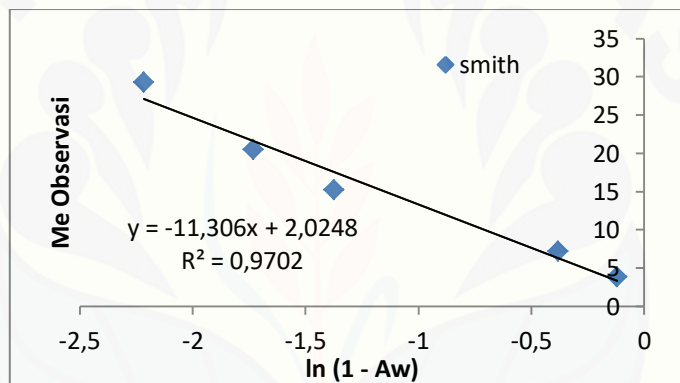


**Lampiran 16.** Grafik Persamaan Regresi Model Smith Pada Berbagai Suhu

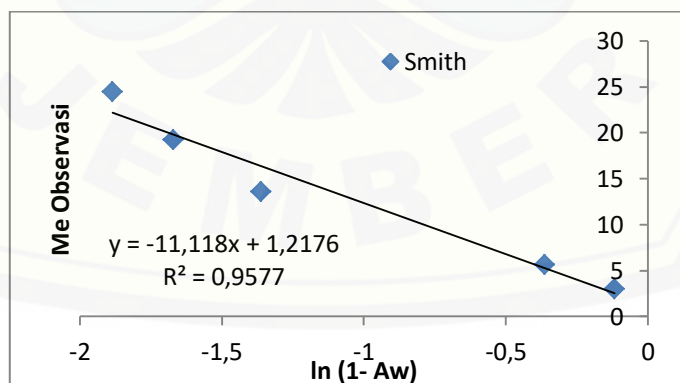
16.1 Grafik Persamaan Regresi Model Smith Pada Suhu 30°C



16.2 Grafik Persamaan Regresi Model Smith Pada Suhu 40°C



16.3 Grafik Persamaan Regresi Model Smith Pada Suhu 50°C



**Lampiran 17.** Data Analisis Kadar Air Keseimbangan Prediksi Menggunakan Persamaan Chung P-Fost

17.1 Data Analisis Kadar Air Keseimbangan Prediksi pada Suhu 30°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	ln A	A	B	1/B	Me Pred
11,3	0,113	-2,1804	2,1804	0,7795	0,9167	2,5010	0,1037	9,6432	1,3231
32,4	0,324	-1,1270	1,1270	0,1196	0,9167	2,5010	0,1037	9,6432	7,6869
75,1	0,751	-0,2863	0,2863	-1,2505	0,9167	2,5010	0,1037	9,6432	20,8991
83,8	0,838	-0,1767	0,1767	-1,7331	0,9167	2,5010	0,1037	9,6432	25,5525
92,3	0,923	-0,0801	0,0801	-2,5242	0,9167	2,5010	0,1037	9,6432	33,1809

17.2 Data Analisis Kadar Air Keseimbangan Prediksi pada Suhu 40°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	ln A	A	B	1/B	Me Pred
11,2	0,112	-2,1893	2,1893	0,7836	0,9584	2,608	0,117	8,53971	1,4931
31,6	0,316	-1,1520	1,1520	0,1415	0,9584	2,608	0,117	8,53971	6,9760
74,7	0,747	-0,2917	0,2917	-1,2321	0,9584	2,608	0,117	8,53971	18,7059
82,3	0,823	-0,2157	0,2157	-1,5340	0,9584	2,608	0,117	8,53971	21,2844
89,1	0,891	-0,1154	0,1154	-2,1593	0,9584	2,608	0,117	8,53971	26,6239

17.3 Data Analisis Kadar Air Keseimbangan Prediksi pada Suhu 50°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	ln A	A	B	1/B	Me Pred
11,1	0,111	-2,1982	2,1982	0,7877	0,8883	2,4310	0,1221	8,1900	0,8243
30,5	0,305	-1,1874	1,1874	0,1718	0,8883	2,4310	0,1221	8,1900	5,8681
74,4	0,744	-0,2957	0,2957	-1,2184	0,8883	2,4310	0,1221	8,1900	17,2536
81,2	0,812	-0,2523	0,2523	-1,3771	0,8883	2,4310	0,1221	8,1900	20,1252
84,8	0,848	-0,1649	0,1649	-1,8026	0,8883	2,4310	0,1221	8,1900	22,0382

Keterangan :

Me Prediksi = Kadar Air Keseimbangan (% bk)

$$\text{Me Prediksi} = \frac{1}{B} \ln A - \frac{1}{B} \ln(-\ln aw)$$

aw = Aktifitas Air (ERH/100)

Contoh: Pada suhu 30°C dengan aw 0,113

$$\begin{aligned} \text{Me Pred} &= \frac{1}{B} \ln A - \frac{1}{B} \ln(-\ln aw) \\ &= (9,6432 \times 0,9167) - (9,6432 \times 0,7795) \\ &= 1,3231(\% \text{bk}) \end{aligned}$$

**Lampiran 18.** Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi Menggunakan Persamaan Oswin

18.1 Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi pada Suhu 30°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln[aw/(1-aw)]	ln A	A	B	Me Pred
11,3	0,113	0,887	0,1274	-2,0605	2,4059	11,0884	0,4508	4,3798
32,4	0,324	0,676	0,4793	-0,7354	2,4059	11,0884	0,4508	7,9592
75,1	0,751	0,249	3,0161	1,1040	2,4059	11,0884	0,4508	18,2383
83,8	0,838	0,162	5,1728	1,6434	2,4059	11,0884	0,4508	23,2596
92,3	0,923	0,077	11,9870	2,4838	2,4059	11,0884	0,4508	33,9732

18.2 Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi pada Suhu 40°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln[aw/(1-aw)]	ln A	A	B	Me Pred
11,2	0,112	0,888	0,1261	-2,0705	2,3083	10,0573	0,4717	3,7873
31,6	0,316	0,684	0,4620	-0,7722	2,3083	10,0573	0,4717	6,9870
74,7	0,747	0,253	2,9526	1,0827	2,3083	10,0573	0,4717	16,7601
82,3	0,823	0,194	4,1546	1,4242	2,3083	10,0573	0,4717	20,7638
89,1	0,891	0,109	8,1743	2,1010	2,3083	10,0573	0,4717	27,0948

18.3 Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi pada Suhu 50°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln[aw/(1-aw)]	ln A	A	B	Me Pred
0,111	0,889	0,889	0,1249	-2,0806	2,1816	8,8605	0,5281	2,9531
0,305	0,695	0,695	0,4388	-0,8236	2,1816	8,8605	0,5281	5,7354
0,744	0,256	0,256	2,9063	1,0669	2,1816	8,8605	0,5281	15,5648
0,812	0,188	0,223	3,4843	1,2483	2,1816	8,8605	0,5281	19,1872
0,848	0,152	0,152	5,5789	1,7190	2,1816	8,8605	0,5281	21,9640

Keterangan :

Me Prediksi = Kadar Air Kesetimbangan (% bk)

$$\text{Me Prediksi} = A \left[ \frac{aw}{(1-aw)} \right]^B$$

aw = Aktifitas Air (ERH/100)

Contoh: Pada suhu 30°C dengan aw 0,113

$$\begin{aligned} \text{Me Pred} &= A \left[ \frac{aw}{(1-aw)} \right]^B \\ &= 11,0884 \times (0,1274)^{0,4508} \\ &= 4,3794 \text{ (% bk)} \end{aligned}$$



### Lampiran 19. Data Analisis Kadar Air Keseimbangan Prediksi Menggunakan Persamaan Smith

#### 19.1 Data Analisis Kadar Air Keseimbangan Prediksi pada Suhu 30°C

ERH (%)	aw	(1 - aw)	ln (1- aw)	A	B	Me Pred
11,3	0,113	0,887	-0,1199	2,251	12,305	3,7265
32,4	0,324	0,676	-0,3916	2,251	12,305	7,0692
75,1	0,751	0,249	-1,3903	2,251	12,305	19,3587
83,8	0,838	0,162	-1,8202	2,251	12,305	24,6481
92,3	0,923	0,077	-2,5639	2,251	12,305	33,8004

#### 19.2 Data Analisis Kadar Air Keseimbangan Prediksi pada Suhu 40°C

ERH (%)	aw	(1 - aw)	ln (1- aw)	A	B	Me Pred
11,2	0,112	0,888	-0,1188	2,0248	11,306	3,3678
31,6	0,316	0,684	-0,3798	2,0248	11,306	6,3188
74,7	0,747	0,253	-1,3744	2,0248	11,306	17,5634
82,3	0,823	0,194	-1,6399	2,0248	11,306	21,6023
89,1	0,891	0,109	-2,2164	2,0248	11,306	27,0835

#### 19.3 Data Analisis Kadar Air Keseimbangan Prediksi pada Suhu 50°C

ERH (%)	aw	(1 - aw)	ln (1- aw)	A	B	Me Pred
11,1	0,111	0,889	-0,1177	1,2176	11,118	2,5257
30,5	0,305	0,695	-0,3638	1,2176	11,118	5,2628
74,4	0,744	0,256	-1,3626	1,2176	11,118	16,3667
81,2	0,812	0,223	-1,5006	1,2176	11,118	19,7993
84,8	0,848	0,152	-1,8839	1,2176	11,118	22,1625

Keterangan :

Me Prediksi = Kadar Air Keseimbangan (% bk)

Me Prediksi =  $A - B \ln (1 - aw)$

aw = Aktifitas Air (ERH/100)

Contoh: Pada suhu 30°C dengan aw 0,113

Me Pred =  $A - B \ln (1 - aw)$

$$= 2,251 - (12,305 \times (-0,1199))$$

$$= 3,7265 \text{ (%bk)}$$

**Lampiran 20.** *Mean Relatif Percent Error* Persamaan Chung P-Fost pada Berbagai Suhu

20.1 *Mean Relatif Percent Error* pada Suhu 30°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
4,4284	1,3231	0,7012	1,1952	23,90324
8,2211	7,6869	0,0650		
15,7173	20,8991	0,3297		
24,7207	25,5525	0,0336		
35,5126	33,1809	0,0657		

20.2 *Mean Relatif Percent Error* pada Suhu 40°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
3,8081	1,4931	0,6079	0,9974	19,9486
7,1925	6,9760	0,0301		
15,2099	18,7059	0,2299		
20,4722	21,2844	0,0397		
29,2507	26,6239	0,0898		

20.3 *Mean Relatif Percent Error* pada Suhu 50°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
3,0392	0,8243	0,7288	1,1732	23,4636
5,6819	5,8681	0,0328		
13,6148	17,2536	0,2679		
19,2877	20,1252	0,0434		
24,4954	22,0382	0,1003		

Keterangan :

P = *Mean Relatif Percent Error* (%)

$$P = \frac{100}{N} \sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$$

N = Jumlah Data

Me Obs = Kadar Air Keseimbangan Observasi (%bk)

Me Pred = Kadar Air Keseimbangan Prediksi(%bk)

**Lampiran 21.** Mean Relatif Percent Error Persamaan Oswin pada Berbagai Suhu

## 21.1 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 30°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
4,4284	4,3798	0,0110	0,3057	6,11368
8,2211	7,9592	0,0319		
15,7173	18,2383	0,1604		
24,7207	23,2596	0,0591		
35,5126	33,9732	0,0433		

## 21.2 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 40°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
3,8081	3,7873	0,0055	0,2238	4,4768
7,1925	6,9870	0,0286		
15,2099	16,7601	0,1019		
20,4722	20,7638	0,0142		
29,2507	27,0948	0,0737		

## 21.3 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 50°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
3,0392	2,9531	0,0283	0,2895	5,7896
5,6819	5,7354	0,0094		
13,6148	15,5648	0,1432		
19,2877	19,1872	0,0052		
24,4954	21,9640	0,1033		

Keterangan :

P = Mean Relatif Percent Error (%)

$$P = \frac{100}{N} \sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$$

N = Jumlah Data

Me Obs = Kadar Air Keseimbangan Observasi (% bk)

Me Pred = Kadar Air Keseimbangan Prediksi(% bk)

**Lampiran 22.** Mean Relatif Percent Error Persamaan Smith pada Berbagai Suhu

## 22.1 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 30°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
4,4284	3,7265	0,1585	0,5815	11,6294
8,2211	7,0692	0,1401		
15,7173	19,3587	0,2317		
24,7207	24,6481	0,0029		
35,5126	33,8004	0,0482		

## 22.2 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 40°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
3,8081	3,3678	0,1156	0,5211	10,4219
7,1925	6,3188	0,1215		
15,2099	17,5634	0,1547		
20,4722	21,6023	0,0552		
29,2507	27,0835	0,0741		

## 22.3 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 50°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
3,0392	2,5257	0,1690	0,5665	11,3310
5,6819	5,2628	0,0738		
13,6148	16,3667	0,2021		
19,2877	19,7993	0,0265		
24,4954	22,1625	0,0952		

Keterangan :

P = Mean Relatif Percent Error (%)

$$P = \frac{100}{N} \sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$$

N = Jumlah Data

Me Obs = Kadar Air Keseimbangan Observasi (% bk)

Me Pred = Kadar Air Keseimbangan Prediksi(% bk)

**Lampiran 23.** *Root Mean Square Error* Persamaan Chung P-Fost pada Berbagai Suhu

23.1 *Root Mean Square Error* pada Suhu 30°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
4,4284	1,3231	1,9286	8,582	2,9295
8,2211	7,6869	0,0571		
15,7173	20,8991	5,3703		
24,7207	25,5525	0,1384		
35,5126	33,1809	1,0874		

23.2 *Root Mean Square Error* pada Suhu 40°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
3,8081	1,4931	1,0719	5,0376	2,2445
7,1925	6,9760	0,0094		
15,2099	18,7059	2,4444		
20,4722	21,2844	0,1319		
29,2507	26,6239	1,3800		

23.3 *Root Mean Square Error* pada Suhu 50°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
3,0392	0,8243	0,9811	4,9841	2,2325
5,6819	5,8681	0,0069		
13,6148	17,2536	2,6482		
19,2877	20,1252	0,1403		
24,4954	22,0382	1,2076		

Keterangan :

RMSE = *Root Mean Square Error* (%)

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{(MePred - Me Obs)^2}{N}}$$

N = Jumlah Data

Me Obs = Kadar Air Keseimbangan Observasi (%bk)

Me Pred = Kadar Air Keseimbangan Prediksi(%bk)

**Lampiran 24.** *Root Mean Square Error* Persamaan Oswin pada Berbagai Suhu24.1 *Root Mean Square Error* pada Suhu 30°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
4,4284	4,3798	0,0005	2,1862	1,4786
8,2211	7,9592	0,0137		
15,7173	18,2383	1,2711		
24,7207	23,2596	0,4270		
35,5126	33,9732	0,4740		

24.2 *Root Mean Square Error* pada Suhu 40°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
3,8081	3,7873	0,0001	1,4358	1,19823
7,1925	6,9870	0,0084		
15,2099	16,7601	0,4806		
20,4722	20,7638	0,0170		
29,2507	27,0948	0,9296		

24.3 *Root Mean Square Error* pada Suhu 50°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
3,0392	2,9531	0,0015	2,0462	1,43047
5,6819	5,7354	0,0006		
13,6148	15,5648	0,7605		
19,2877	19,1872	0,0020		
24,4954	21,9640	1,2816		

Keterangan :

RMSE = *Root Mean Square Error* (%)

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{(MePred - Me Obs)^2}{N}}$$

N = Jumlah Data

Me Obs = Kadar Air Keseimbangan Observasi (%bk)

Me Pred = Kadar Air Keseimbangan Prediksi(%bk)

**Lampiran 25.** *Root Mean Square Error* Persamaan Smith pada Berbagai Suhu25.1 *Root Mean Square Error* pada Suhu 30°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
4,4284	3,7265	0,0985	3,6032	1,8982
8,2211	7,0692	0,2654		
15,7173	19,3587	2,6519		
24,7207	24,6481	0,0011		
35,5126	33,8004	0,5863		

25.2 *Root Mean Square Error* pada Suhu 40°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
3,8081	3,3678	0,0388	2,4940	1,5792
7,1925	6,3188	0,1527		
15,2099	17,5634	1,1078		
20,4722	21,6023	0,2554		
29,2507	27,0835	0,9393		

25.3 *Root Mean Square Error* pada Suhu 50°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
3,0392	2,5257	0,0527	2,7433	1,6563
5,6819	5,2628	0,0351		
13,6148	16,3667	1,5146		
19,2877	19,7993	0,0523		
24,4954	22,1625	1,0885		

Keterangan :

RMSE = *Root Mean Square Error* (%)

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{(MePred - Me\ Obs)^2}{N}}$$

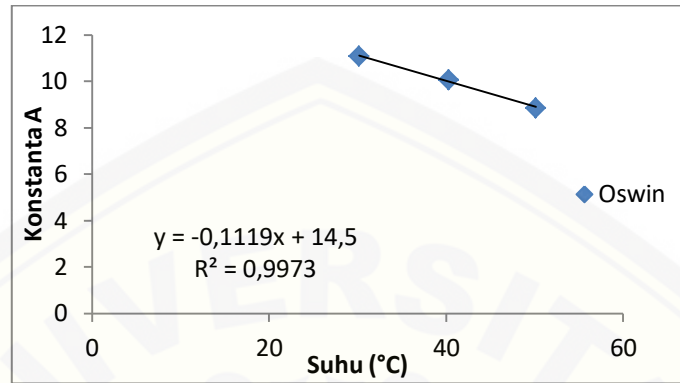
N = Jumlah Data

Me Obs = Kadar Air Keseimbangan Observasi (%bk)

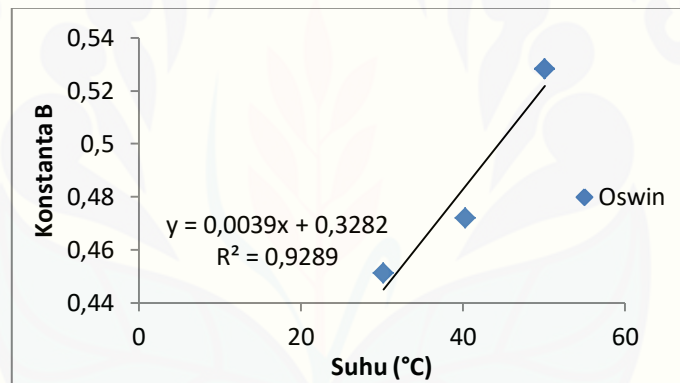
Me Pred = Kadar Air Keseimbangan Prediksi(%bk)

**Lampiran 26.** Grafik Konstanta A dan B Sebagai Fungsi Suhu Pada Persamaan Oswin

26.1 Grafik Konstanta A Sebagai Fungsi Suhu Pada Persamaan Oswin



26.2 Grafik Konstanta B Sebagai Fungsi Suhu Pada Persamaan Oswin



**Lampiran 27.** Mean Relatif Percent Error Persamaan Oswin pada Berbagai Suhu

27.1 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 30°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me Obs - Me Pred)}{Me Obs}$	$\sum \frac{(Me Obs - Me Pred)}{Me Obs}$	P
4,4284	4,4526	0,0055	0,3025	6,0506
8,2211	8,0316	0,0230		
15,7173	18,2158	0,1590		
24,7207	23,1608	0,0631		
35,5126	33,6701	0,0519		



## 27.2 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 40°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
3,8081	3,6783	0,0341	0,2711	5,4216
7,1925	6,8969	0,0411		
15,2099	16,9321	0,1132		
20,4722	21,0964	0,0305		
29,2507	27,7236	0,0522		

## 27.3 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 50°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	$\sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$	P
3,0392	2,9983	0,0134	0,2888	5,7757
5,6819	5,7875	0,0186		
13,6148	15,5614	0,1430		
19,2877	19,1458	0,0074		
24,4954	21,8892	0,1064		

Keterangan :

P = Mean Relatif Percent Error (%)

$$P = \frac{100}{N} \sum \frac{(Me\ Obs - Me\ Pred)}{Me\ Obs}$$

N = Jumlah Data

Me Obs = Kadar Air Kesetimbangan Observasi (% bk)

Me Pred = Kadar Air Kesetimbangan Prediksi (% bk)

**Lampiran 28.** Root Mean Square Error Persamaan Oswin pada Berbagai Suhu

## 28.1 Root Mean Square Error pada Suhu 30°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
4,4284	4,4526	0,0001	2,4214	1,5561
8,2211	8,0316	0,0072		
15,7173	18,2158	1,2485		
24,7207	23,1608	0,4866		
35,5126	33,6701	0,6790		

## 28.2 Root Mean Square Error pada Suhu 40°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
3,8081	3,6783	0,0034	1,1584	1,0763
7,1925	6,8969	0,0175		
15,2099	16,9321	0,5932		
20,4722	21,0964	0,0779		
29,2507	27,7236	0,4664		

## 28.3 Root Mean Square Error pada Suhu 50°C

Me Obs	Me Pred	$\frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	$\sum \frac{(Me\ Pred - Me\ Obs)^2}{N}$	RMSE
3,0392	2,9983	0,0003	2,1230	1,4570
5,6819	5,7875	0,0022		
13,6148	15,5614	0,7579		
19,2877	19,1458	0,0040		
24,4954	21,8892	1,3585		

Keterangan :

RMSE = Root Mean Square Error (%)

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{(MePred - Me Obs)^2}{N}}$$

N = Jumlah Data

Me Obs = Kadar Air Keseimbangan Observasi (% bk)

Me Pred = Kadar Air Keseimbangan Prediksi(% bk)

**Lampiran 29.** Koefisien determinasi Persamaan Chung P-Fost pada Suhu 30°C, 40°C, dan 50°C

Suhu (°C)	Meobs	Mepred	$\bar{M}eobs$	$G$	$\sum G$	H	$\sum H$	$1 - \left(\frac{\sum H}{\sum G}\right)$
30	4,428	1,323	17,720	176,667	636,493	9,643	42,909	0,933
	8,221	7,687		90,229		0,285		
	15,717	20,899		4,011		26,852		
	24,721	25,552		49,010		0,692		
	35,513	33,181		316,576		5,437		
40	3,808	1,493	15,187	129,472	419,113	5,359	25,188	0,940
	7,193	6,976		63,907		0,047		
	15,210	18,706		0,001		12,222		
	20,472	21,284		27,937		0,660		
	29,251	26,624		197,797		6,900		
50	3,039	0,824	13,224	103,726	324,581	4,906	24,920	0,923
	5,682	5,868		56,880		0,035		
	13,615	17,254		0,153		13,241		
	19,288	20,125		36,771		0,701		
	24,495	22,038		127,050		6,038		

**Lampiran 30.** koefisien determinasi Persamaan Oswin pada Suhu 30°C, 40°C, dan 50°C

Suhu (°C)	Meobs	Mepred	$\bar{M}eobs$	$G$	$\sum G$	H	$\sum H$	$1 - \left(\frac{\sum H}{\sum G}\right)$
30	4,428	4,380	17,720	176,667	636,493	0,002	10,931	0,983
	8,221	7,959		90,229		0,069		
	15,717	18,238		4,011		6,356		
	24,721	23,260		49,010		2,135		
	35,513	33,973		316,576		2,370		
40	3,808	3,787	15,187	129,472	419,113	0,000	7,179	0,983
	7,193	6,987		63,907		0,042		
	15,210	16,760		0,001		2,403		
	20,472	20,764		27,937		0,085		
	29,251	27,095		197,797		4,648		
50	3,039	2,953	13,224	103,726	324,581	0,007	10,231	0,968
	5,682	5,735		56,880		0,003		
	13,615	15,565		0,153		3,803		
	19,288	19,187		36,771		0,010		
	24,495	21,964		127,050		6,408		

**Lampiran 31.** koefisien determinasi Persamaan Smith pada Suhu 30°C, 40°C, dan 50°C

Suhu (°C)	Meobs	Mepred	$\overline{Meobs}$	$G$	$\sum G$	H	$\sum H$	$1 - \left(\frac{\sum H}{\sum G}\right)$
30	4,428	3,726	17,720	176,667	636,493	0,493	18,016	0,972
	8,221	7,069		90,229		1,327		
	15,717	19,359		4,011		13,260		
	24,721	24,648		49,010		0,005		
	35,513	33,800		316,576		2,932		
40	3,808	3,368	15,187	129,472	419,113	0,194	12,470	0,970
	7,193	6,319		63,907		0,763		
	15,210	17,563		0,001		5,539		
	20,472	21,602		27,937		1,277		
	29,251	27,084		197,797		4,697		
50	3,039	2,526	13,224	103,726	324,581	0,264	13,717	0,958
	5,682	5,263		56,880		0,176		
	13,615	16,367		0,153		7,573		
	19,288	19,799		36,771		0,262		
	24,495	22,163		127,050		5,442		

**Lampiran 32.** koefisien determinasi Persamaan Oswin pada Berbagai Suhu

Meobs	Mepred	$\overline{Meobs}$	$G$	H	$1 - \left(\frac{\sum H}{\sum G}\right)$
4,428	4,453	15,377	119,868	0,001	0,980
8,221	8,032		51,204	0,036	
15,717	18,216		0,116	6,243	
24,721	23,161		87,308	2,433	
35,513	33,670		405,449	3,395	
3,808	3,678		133,836	0,017	
7,193	6,897		66,983	0,087	
15,210	16,932		0,028	2,966	
20,472	21,096		25,963	0,390	
29,251	27,724		192,484	2,332	
3,039	2,998		152,218	0,002	
5,682	5,788		93,992	0,011	
13,615	15,561		3,105	3,790	
19,288	19,146		15,295	0,020	
24,495	21,889		83,149	6,792	
Jumlah			1430,998	28,514	

Keterangan:

$$G = (Meobs_i - \overline{Meobs})^2$$

$$H = (Meesti_i - Meobs_i)^2$$

$Me_{est,i}$  = nilai kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

$Me_{obs,i}$  = nilai kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

$\overline{Meobs}$  = nilai rata-rata kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

