



**KADAR AIR KESETIMBANGAN PENYIMPANAN TEPUNG REBUNG
HASIL PENDINGINAN *MICROWAVE* PADA BERAGAM
KONDISI SUHU DAN KELEMBAPAN RELATIF**

SKRIPSI

Oleh:

**Cindy Fitri Ekafandini
NIM 151710201028**

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



**KADAR AIR KESETIMBANGAN PENYIMPANAN TEPUNG REBUNG
HASIL PENDINGINAN *MICROWAVE* PADA BERAGAM
KONDISI SUHU DAN KELEMBAPAN RELATIF**

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:

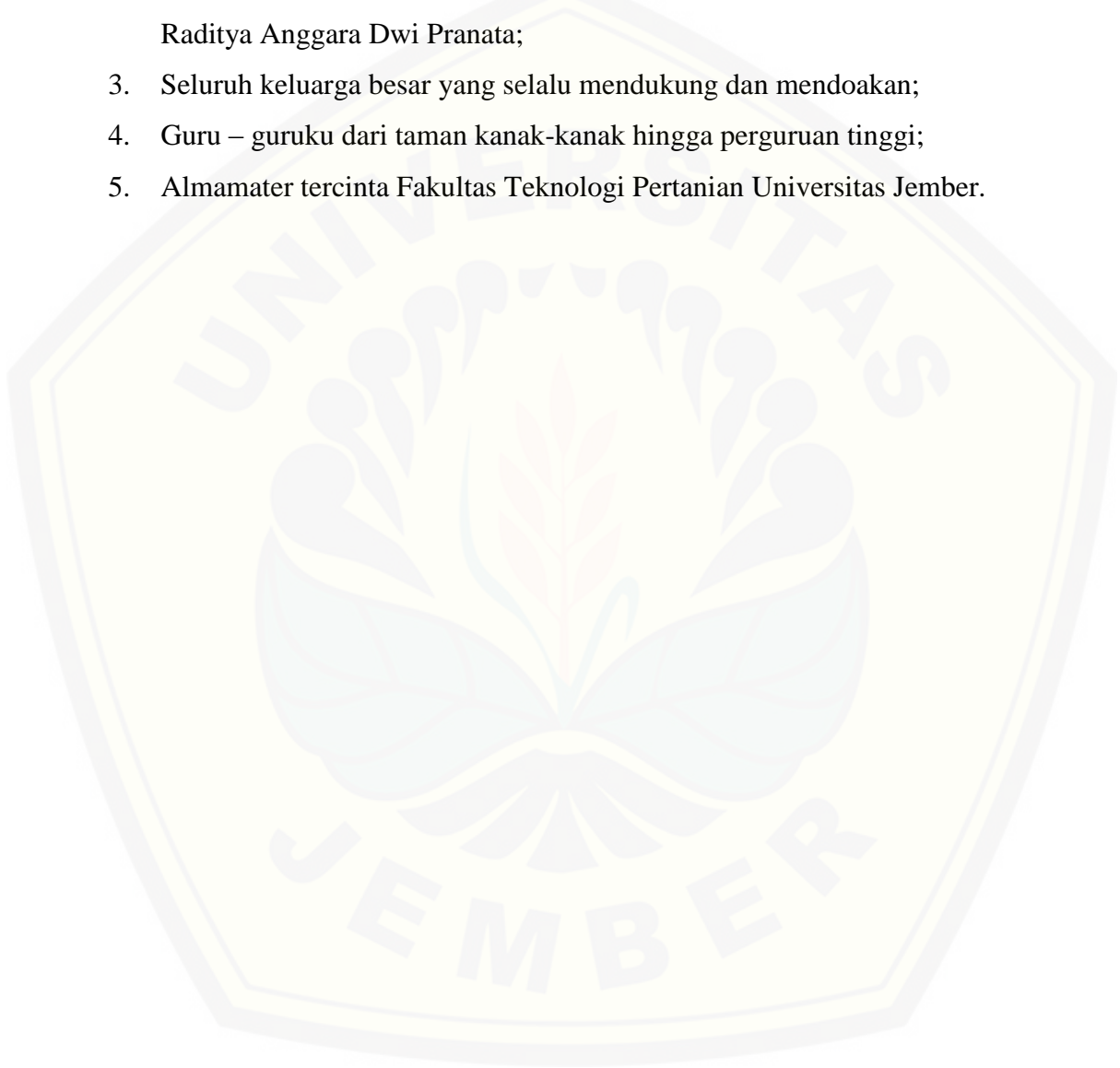
**Cindy Fitri Ekafandini
NIM 151710201028**

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya kepada:

1. Kedua Orang tuaku, ayahanda Afandi dan ibu Rifati Sunaini;
2. Adik-adik tercinta, Cintya Aprila Fandini, Cheryn Anindita Fandini, dan Raditya Anggara Dwi Pranata;
3. Seluruh keluarga besar yang selalu mendukung dan mendoakan;
4. Guru – guruku dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
5. Almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”
(terjemahan Al-Qur’an Surat *Al-Insyirah* ayat 5-6)*)

“Allah tidak hendak menyulitkanmu, tetapi Dia hendak membersihkan kamu dan menyempurnakan nikmat-Nya bagimu, supaya kamu bersyukur.”
(terjemahan Al-Qur’an Surat *Al-Maa’idah* ayat 6)*)



*)Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur’an dan Terjemahannya*. Semarang:PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cindy Fitri Ekafandini

NIM : 151710201028

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: “Kadar Air Kesetimbangan Penyimpanan Tepung Rebung Hasil Pengeringan *Microwave* pada Beragam Kondisi Suhu dan Kelembapan Relatif ” adalah benar-benar hasil karya saya 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, 6 November 2019

Yang menyatakan,

Cindy Fitri Ekafandini
NIM 151710201028

SKRIPSI

**KADAR AIR KESETIMBANGAN PENYIMPANAN TEPUNG REBUNG
HASIL PENDINGINAN *MICROWAVE* PADA BERAGAM KONDISI
SUHU DAN KELEMBAPAN RELATIF**

Oleh

Cindy Fitri Ekafandini
NIM 151710201028

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Iwan Taruna, M. Eng.
Dosen Pembimbing Anggota : Dian Purbasari, S.Pi., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kadar Air Kesetimbangan Penyimpanan Tepung Rebung Hasil Pengerinan *Microwave* pada Beragam Kondisi Suhu dan Kelembapan Relatif” karya Cindy Fitri Ekafandini telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jum’at, 22 November 2019

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

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

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

Tim Penguji:

Ketua Penguji

Penguji Anggota

Dr. Idah Andriyani, S.TP., M.T.
NIP. 197603212002122001

Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc.
NRP.760018059

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Kadar Air Kesetimbangan Penyimpanan Tepung Rebung Hasil Pengeringan Microwave pada Beragam Kondisi Suhu dan Kelembapan Relatif; Cindy Fitri Ekafandini; 2019; 39 Halaman; Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember.

Rebung merupakan tunas muda dari pohon bambu yang memiliki tekstur renyah, dengan rasa manis dan bau yang khas. Kandungan utama rebung yaitu air sekitar $\pm 90,6$ %bb, hal ini menyebabkan rebung memiliki daya simpan yang rendah. Salah satu cara untuk meningkatkan daya simpan dan daya guna rebung yaitu dengan mengolahnya menjadi tepung. Tepung merupakan salah satu produk olahan pangan kering yang bersifat higroskopis. Pada saat udara lingkungan dipenuhi uap air, maka tepung akan menyerap uap air dari lingkungannya begitu pula sebaliknya. Hal ini, dapat mempengaruhi mutu fisik tepung rebung. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai kadar air kesetimbangan tepung rebung pada beberapa kondisi penyimpanan. Berdasarkan hasil penelitian kemudian dikembangkan pemodelan untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan tepung rebung pada beberapa kondisi penyimpanan, sehingga dapat digunakan untuk perencanaan penyimpanan produk tepung rebung.

Tujuan dari penelitian ini yaitu (1) menentukan kadar air kesetimbangan tepung rebung selama proses penyimpanan pada variasi suhu 30, 35, dan 40°C dengan rentang RH 11-91%, (2) memvalidasi data kadar air kesetimbangan dari tiga model persamaan yaitu Chung P-Fost, Oswin, dan Smith terhadap data kadar air kesetimbangan observasi, (3) menyusun model persamaan untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan tepung rebung pada variasi suhu 30-40°C dengan rentang RH penyimpanan 11-91%.

Pada penelitian ini jenis rebung yang dipergunakan adalah rebung bambu betung. Penelitian dilakukan dengan cara mengkondisikan sampel tepung rebung betung dikondisikan dalam suatu wadah tertutup pada suhu penyimpanan 30, 35, dan 40°C dengan kelembapan udara yang berbeda-beda menggunakan enam jenis larutan garam jenuh yaitu LiCl, MgCl₂, K₂CO₃, NaCl, KCl dan KNO₃. Pengambilan data dilakukan setiap 24 jam sekali selama 4-7 hari hingga diperoleh

berat sampel yang konstan, kemudian menghitung kadar air kesetimbangan observasi dengan metode gravimetri. Kadar air kesetimbangan dipengaruhi oleh ERH dan suhu penyimpanan, semakin tinggi kelembapan relatif ruang penyimpanan dengan suhu yang rendah maka kadar air kesetimbangan tepung rebung betung akan tinggi, begitu pula sebaliknya.

Persamaan yang digunakan untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan yaitu Chung P-Fost, Oswin dan Smith. Data kadar air kesetimbangan prediksi kemudian di uji validitasnya terhadap data observasi menggunakan analisis statistik (R^2 , RMSE dan P) dan grafik. Berdasarkan hasil analisis diketahui persamaan Oswin paling baik dibandingkan persamaan Chung P-Fost dan Smith dengan nilai koefisien determinasi (R^2) paling besar yaitu berkisar antara (0,982 - 0,988), dan nilai RMSE (0,954-1,044 %bk) serta P (4,455-5,452%) paling rendah. Oleh karena itu, dalam penelitian ini persamaan yang sesuai untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan tepung rebung betung pada suhu penyimpanan 30, 35, dan 40°C dengan rentang RH penyimpanan antara 11-91% yaitu persamaan Oswin. Persamaan Oswin kemudian dikembangkan menjadi persamaan baru dengan menggunakan fungsi dari suhu (T) dan aktifitas air (aw) untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan tepung rebung betung pada rentang suhu penyimpanan (30-40°C) dan RH (11-91%).

SUMMARY

Equilibrium Moisture Content of Bamboo Shoot Flour Dried With Microwave in Variety of Temperature and Relative Humidity Storage; Cindy Fitri Ekafandini; 2019; 39 pages; Department of Agricultural Engineering University of Jember.

Bamboo shoots are a young bud of a tree that has a crisp texture, with sweetness and smell that is distinctive. The main compound of bamboo shoots is water $\pm 90.6\%$ wb, this matter makes the bamboo shoots had a short storage period. One of the solutions to increase the storability and usability of bamboo shoots is by processing them to be flour. Flour is one of the processed dry food which is hygroscopic. When the relative humidity was high, the flour will absorb water vapor from the environment, vice versa. It can affect the physical quality of bamboo shoots. Therefore, it was necessary to find out the equilibrium moisture content of bamboo shoot flours in various storage conditions. The results of the study were to develop a model to estimate the moisture content of bamboo flour in some storage conditions, to helpfull for storage bamboo shoots design.

The aim of this research was (1) to find out equilibrium moisture content of bamboo shoot flour during the process at the temperature variance of 30, 35, and 40°C with the RH range of 11-91%, (2) to validate equilibrium moisture content data from three equation models that were Chung P-Fost, Oswin, and Smith on observational data of equilibrium moisture content, (3) to arrange the equation model to estimate equilibrium moisture content of bamboo shoot flour at the temperature variance of 30-40°C with the RH storage range of 11-91%.

This research used betung bamboo shoot. This research was conducted by conditioning betung bamboo shoot flour samples within a closed container at the storage temperature of 30, 35, and 40°C with different relative humidity using six types of saturating salt solutions LiCl, MgCl₂, K₂CO₃, NaCl, KCl, and KNO₃. Data collection was carried out every 24 hours for 4-7 days until the weight was constant then calculated the measurement of equilibrium moisture content by a gravimetric method. The equilibrium moisture content was affected by relative

humidity and storage temperature. That showed to increase if relative humidity was high and the temperature was low, and vice versa.

The equations used to estimate equilibrium moisture content were Chung P-Fost, Oswin, and Smith. Data estimate of equilibrium moisture content tested its validity with data measurement using statistical analysis (R^2 , RMSE and P) and graphs. Based on the analysis results, known that Oswin equation was the best compared to Chung P-Fost and Smith equations with the largest coefficient of determination value that was in the range between (0.982 - 0.988), RMSE value (0.954-1.044 % db), and P (4.455-5.452%) was the lowest. Therefore, in this research, the appropriate equation to estimate equilibrium moisture content of betung bamboo shoot flour at the storage temperature of 30, 35, and 40°C with the relative humidity storage range between 11-91% was Oswin equation. Oswin equation was then developed to be a new equation by using the function of temperature (T) and activity of water (a_w) to estimate equilibrium moisture content of betung bamboo shoot flour at the storage temperature range of (30-40°C) and relative humidity of (11-91%).

PRAKARTA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kadar Air Keseimbangan Penyimpanan Tepung Rebung Hasil Pengeringan *Microwave* pada Beragam Kondisi Suhu dan Kelembapan Relatif”. 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 terimakasih kepada:

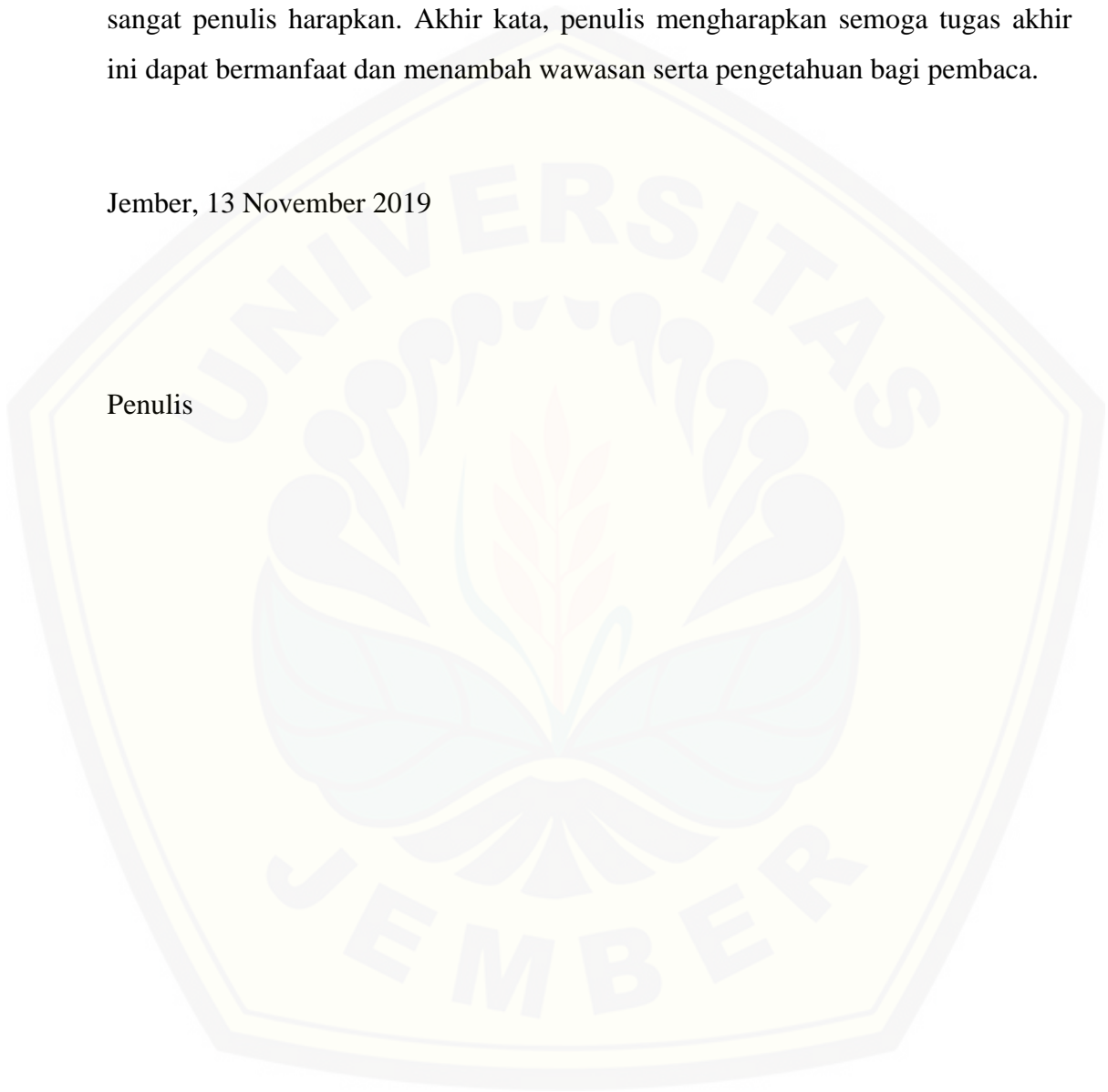
1. Dr. Iwan Taruna, M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama Skripsi yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam penyelesaian skripsi ini dengan penuh kesabaran;
2. Dian Purbasari S.Pi., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota Skripsi yang telah memberikan arahan dan dorongan dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Dr. Idah Andriyani, S.TP., M.T., selaku Dosen Penguji Utama dan Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah bersedia menyempurnakan tugas akhir saya;
4. Dr. Sri Wahyuningsih, S.TP., MT., selaku Dosen Wali saya yang telah meluangkan waktu serta memberikan pengarahan dan bimbingan selama masa kuliah saya;
5. Seluruh Dosen dan Staff Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember atas segala ilmu dan pengalaman yang telah diberikan selama ini;
6. Kedua orang tua dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan do'a demi terselesaikannya laporan tugas akhir ini;
7. Sahabat-sahabat saya yang telah memberikan semangat, dukungan dan motivasi selama penelitian hingga terselesaikannya tugas akhir ini;
8. Teman-teman TEP A 2015 serta teman seangkatan 2015 terimakasih atas kerjasama dan pengalamannya selama masa kuliah;
9. Teman-teman minat EHP 2015 terimakasih atas kerjasama dan bantuannya selama penelitian;

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

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini sangat penulis harapkan. Akhir kata, penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan serta pengetahuan bagi pembaca.

Jember, 13 November 2019

Penulis



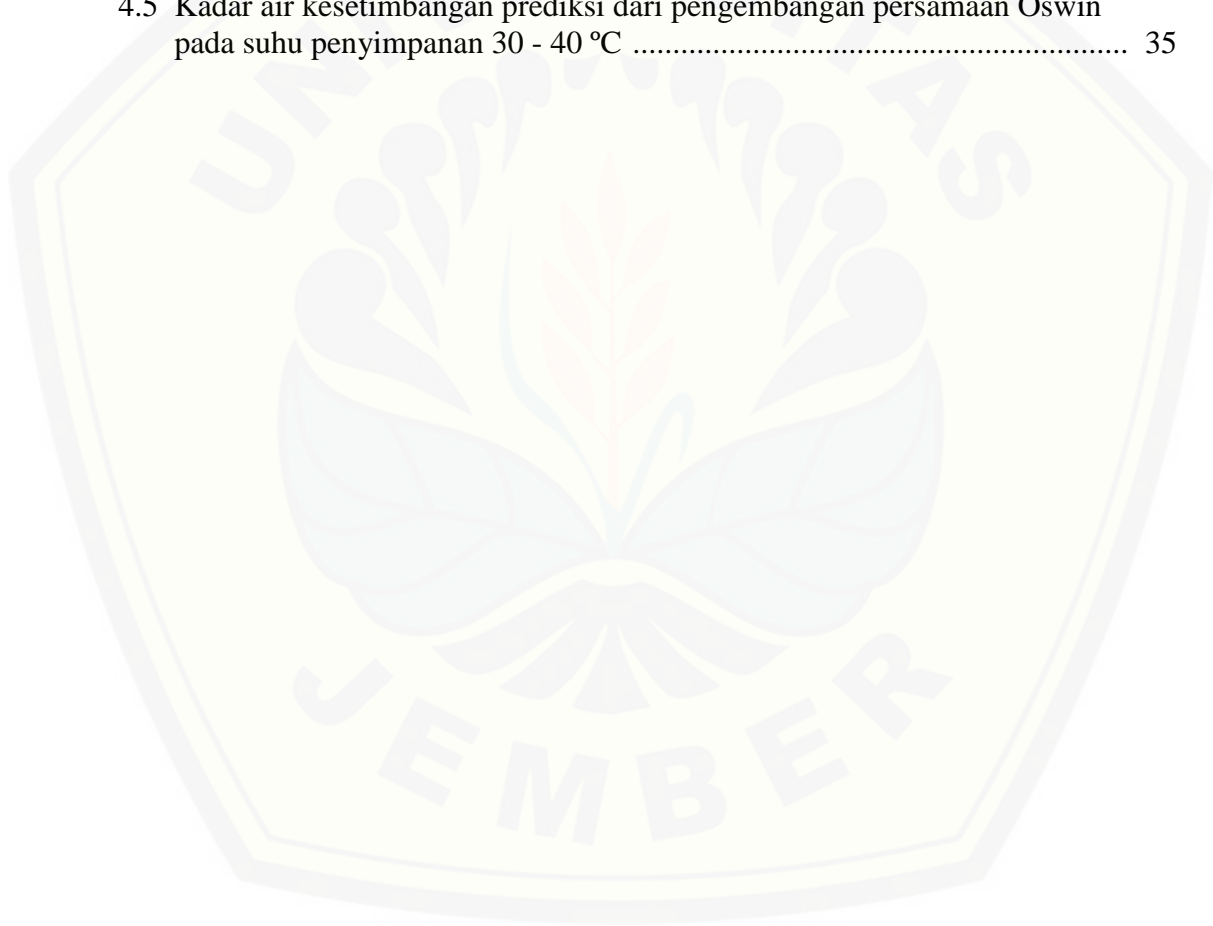
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKARTA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Rebung Bambu	4
2.2 Pengeringan	5
2.3 Oven <i>Microwave</i>	6
2.4 Tepung Rebung	7
2.5 Aktivitas Air Bahan	8
2.6 Kadar Air Kesetimbangan	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	14
3.3 Prosedur Penelitian	14
3.3.1 Tepung Rebung Betung	15
3.3.2 Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Rebung Betung	16
3.3.3 Pengkondisian RH penyimpanan	16
3.3.4 Pengukuran Massa Sampel Tepung Rebung Betung Hingga Konstan	17
3.3.5 Pengukuran Kadar Air Kesetimbangan Tepung Rebung Betung	18
3.3.6 Pengolahan Data	18
3.3.7 Validasi	20
3.3.8 Pemodelan	21

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Kadar Air Keseimbangan Observasi	22
4.2 Kadar Air Keseimbangan Prediksi.....	25
4.2.1 Nilai Konstanta A dan B pada Model Persamaan Chung P-Fost, Oswin dan Smith	25
4.2.2 Kadar Air Keseimbangan Prediksi	27
4.3 Validasi	30
4.3.1 Analisis Statistik	30
4.3.2 Analisis Grafik	31
4.4 Pengembangan Persamaan Oswin untuk Mengestimasi Kadar Air Keseimbangan Tepung Rebung Betung Berdasarkan Suhu dan Aktifitas Air	33
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Kelembapan nisbi larutan garam jenuh	11
4.1 Kadar air kesetimbangan observasi tepung rebung betung pada variasi suhu dan RH penyimpanan	23
4.2 Nilai konstanta A, B dan R^2 dari persamaan Chung P-Fost, Oswin dan Smith pada berbagai suhu dan aktivitas air	26
4.3 Kadar air kesetimbangan prediksi dari persamaan Chung P-Fost, Oswin dan Smith.....	27
4.4 Nilai koefisien determinasi, P dan RMSE dari persamaan Chung P-Fost, Oswin dan Smith pada variasi suhu penyimpanan	30
4.5 Kadar air kesetimbangan prediksi dari pengembangan persamaan Oswin pada suhu penyimpanan 30 - 40 °C	35



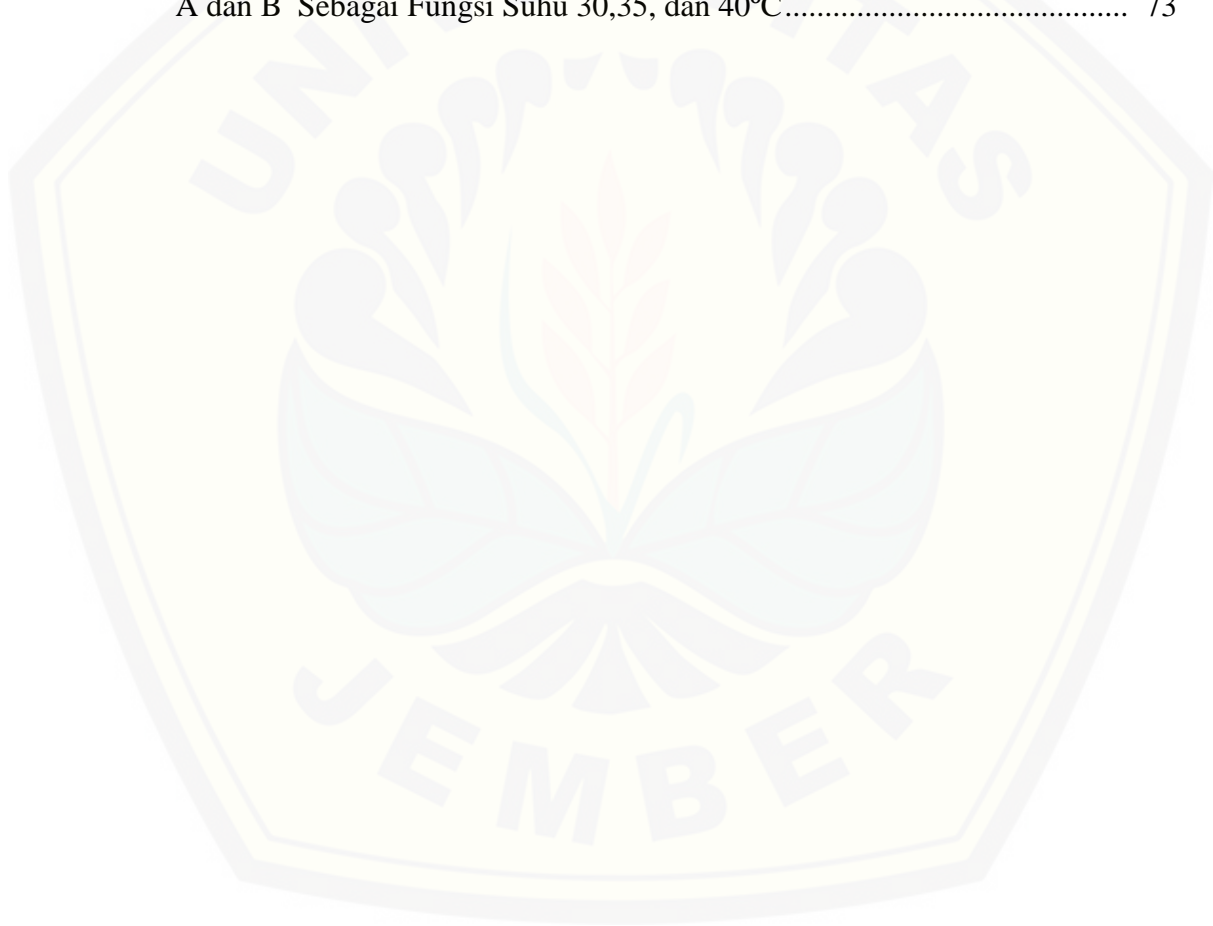
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kurva isotherm sorpsi air	10
3.1 Diagram alir pengukuran kadar air kesetimbangan tepung rebung Betung	15
3.2 Ilustrasi pengukuran kadar air kesetimbangan tepung rebung betung.....	18
4.1 Kurva isotherm sorpsi air tepung rebung pada variasi suhu penyimpanan	24
4.2 Kurva isotherm sorpsi air tepung rebung betung pada suhu 30°C	28
4.3 Kurva isotherm sorpsi air tepung rebung betung pada suhu 35°C	28
4.4 Kurva isotherm sorpsi air tepung rebung betung pada suhu 40°C	28
4.5 <i>Scatter plot</i> Me prediksi dan Me obs pada suhu 30, 35, dan 40°C dari persamaan Chung P-Fost	32
4.6 <i>Scatter plot</i> Me prediksi dan Me obs pada suhu 30, 35, dan 40°C dari persamaan Oswin	32
4.7 <i>Scatter plot</i> Me prediksi dan Me obs pada suhu 30, 35, dan 40°C dari persamaan Smith	32
4.8 <i>Scatter plot</i> Me prediksi dari pengembangan persamaan Oswin pada suhu penyimpanan 30-40 °C.....	34

LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Aktifitas Air dan Kelembapan Relatif Setimbang Larutan Garam Jenuh pada Berbagai Suhu Penyimpanan	40
2. Data Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Rebung	41
3. Data Hasil Pengukuran Berat Bahan dan Cawan Setelah di Oven pada Suhu 30°C	42
4. Data Hasil Pengukuran Berat Bahan dan Cawan Setelah di Oven pada Suhu 35°C	43
5. Data Hasil Pengukuran Berat Bahan dan Cawan Setelah di Oven pada Suhu 40°C	44
6. Data Kadar Air Kesetimbangan Tepung Rebung pada Suhu 30°C	45
7. Data Kadar Air Kesetimbangan Tepung Rebung pada Suhu 35°C	46
8. Data Kadar Air Kesetimbangan Tepung Rebung pada Suhu 40°C	47
9. Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung Menggunakan Persamaan Chung P-Fost	49
10. Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung Menggunakan Persamaan Oswin	50
11. Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung Menggunakan Persamaan Smith	51
12. Grafik Persamaan Regresi Model Chung P-Fost pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C	52
13. Grafik Persamaan Regresi Model Oswin pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C	53
14. Grafik Persamaan Regresi Model Smith pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C	54
15. Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi Menggunakan Persamaan Chung P-Fost	55
16. Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi Menggunakan Persamaan Oswin	57
17. Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi Menggunakan Persamaan Smith	59
18. Koefisien Determinasi Persamaan Chung P- Fost pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C	61
19. Koefisien Determinasi Persamaan Oswin pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C	62
20. Koefisien Determinasi Persamaan Smith pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C	63
21. <i>Root Mean Square Error</i> Persamaan Chung P-Fost pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C	64
22. <i>Root Mean Square Error</i> Persamaan Oswin pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C	65
23. <i>Root Mean Square Error</i> Persamaan Smith pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C	66

24. <i>Mean Relatif Percent Error</i> Persamaan Chung P-Fost pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C	67
25. <i>Mean Relatif Percent Error</i> Persamaan Oswin pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C	68
26. <i>Mean Relatif Percent Error</i> Persamaan Smith pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C	69
27. Grafik Konstanta A dan B Sebagai Fungsi Suhu pada Persamaan Oswin	70
28. Koefisien Determinasi Persamaan Oswin dengan Nilai Konstanta A dan B Sebagai Fungsi Suhu 30,35, dan 40°C	71
29. <i>Root Mean Square Error</i> Persamaan Oswin dengan Nilai Konstanta A dan B Sebagai Fungsi Suhu 30,35, dan 40°C.....	72
30. <i>Mean Relatif Percent Error</i> Persamaan Oswin dengan Nilai Konstanta A dan B Sebagai Fungsi Suhu 30,35, dan 40°C.....	73



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rebung merupakan tunas muda dari pohon bambu yang memiliki tekstur renyah, dengan rasa manis dan bau yang khas (Andoko, 2003). Rebung memiliki kandungan protein dan serat yang tinggi sehingga sangat baik untuk proses pencernaan, mencegah kanker usus dan menjaga kesehatan jantung. Akan tetapi kandungan air yang tinggi pada rebung sekitar $\pm 90,6$ %bb mengakibatkan daya simpan rebung tidak tahan lama akibat pertumbuhan mikroba, sehingga setelah musim panen rebung selesai maka rebung menjadi salah satu komoditi yang paling sulit untuk ditemukan karena tidak adanya ketersediaan rebung. Salah satu cara untuk meningkatkan daya simpan dan daya guna rebung yaitu dengan mengolahnya menjadi produk setengah jadi seperti tepung.

Proses penepungan merupakan proses pengecilan ukuran bahan pangan menggunakan metode penggilingan dan pengeringan untuk memperoleh produk pangan dalam bentuk serbuk atau bubuk dengan tingkat kehalusan tertentu (Indartiyah *et al.*, 2011). Proses pengeringan dapat dilakukan secara konvensional dengan memanfaatkan sinar matahari ataupun menggunakan alat (mekanis). Salah satu alat yang dapat digunakan untuk proses pengeringan yaitu *microwave*. *Microwave* adalah salah satu jenis oven yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mengeringkan atau memasak makanan. Metode pengeringan menggunakan *microwave* memberikan beberapa keuntungan seperti menghasilkan produk dengan warna yang baik, proses pengeringannya relatif lebih cepat, konsumsi energi lebih rendah dan menghemat biaya (Mujumdar, 2000). Proses penepungan sangat dianjurkan karena dapat meningkatkan masa simpan dan nilai ekonomi bahan, serta mempermudah proses pengemasan, distribusi dan penyimpanan bahan pangan (Marunung, 2011).

Selama masa penyimpanan tepung rebung akan terlepas dan menyerap uap air dari udara ke lingkungan yang dipengaruhi oleh suhu dan perbedaan tekanan uap air antara produk dengan lingkungan. Hal ini dikarenakan tepung rebung memiliki sifat higroskopis. Proses penyerapan maupun pelepasan air akan

mempengaruhi perubahan struktur penyusun bahan seperti meningkatnya kelengketan atau penggumpalan, serta menurunnya tingkat kekerasan produk (Widowati *et al.*, 2010). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh kondisi penyimpanan terhadap tingkat responsivitas kadar air tepung rebung hingga mencapai kadar air kesetimbangan dengan variasi suhu dan kelembapan relatif penyimpanan.

1.2 Rumusan Masalah

Selama masa penyimpanan tepung rebung akan berinteraksi dengan lingkungannya. Tepung rebung yang disimpan pada ruang penyimpanan dengan kelembapan relatif tinggi akan memiliki kadar air lebih besar dibandingkan tepung rebung yang disimpan pada kelembapan rendah. Jumlah kandungan air pada tepung rebung akan mempengaruhi daya simpan produk ini. Tepung rebung harus disimpan ditempat yang memiliki suhu dan kelembapan raltif (RH) tepat. Hal ini dikarenakan hubungan antara kelembapan raltif atau aktifitas air (a_w) dan kadar air berbanding lurus, semakin tinggi aktifitas air maka semakin tinggi pula kadar air bahan. Oleh karena itu, diperlukan adanya penelitian mengenai kadar air kesetimbangan tepung rebung dalam beberapa kondisi penyimpanan kemudian mengembangkan model persamaan untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan tepung rebung pada beberapa kondisi penyimpanan, sehingga dapat digunakan dalam perencanaan penyimpanan tepung rebung.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada penentuan kadar air kesetimbangan tepung rebung pada suhu penyimpanan 30-40°C dengan rentang kelembapan raltif (RH) berkisar antara 11- 91% menggunakan persamaan Chung P-Fost, Oswin, dan Smith serta jenis rebung yang digunakan yaitu rebung dari bambu betung.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kadar air kesetimbangan tepung rebung dalam berbagai kondisi penyimpanan. Sedangkan tujuan khusus dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menentukan kadar air kesetimbangan tepung rebung selama proses penyimpanan pada suhu 30, 35, dan 40°C dengan rentang kelembapan relatif (RH) berkisar antara 11- 91%
2. Memvalidasi data kadar air kesetimbangan dari tiga model persamaan yaitu Chung P-Fost, Oswin, dan Smith terhadap data kadar air kesetimbangan observasi
3. Menyusun model persamaan yang sesuai untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan tepung rebung pada variasi suhu penyimpanan 30-40°C dengan rentang kelembapan relatif (RH) berkisar antara 11- 91%.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, memberikan informasi mengenai model persamaan yang sesuai untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan tepung rebung pada variasi suhu penyimpanan 30-40°C dengan rentang kelembapan relatif (RH) berkisar antara 11- 91%
2. Bagi pemerintah, memberikan informasi mengenai pengembangan produk pertanian seperti rebung untuk meningkatkan nilai ekonomi dan daya simpan rebung
3. Bagi masyarakat, memberikan informasi mengenai pengolahan pasca panen rebung seperti proses penepungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rebung

Rebung merupakan tunas muda bambu yang muncul diatas permukaan dasar rumpun. Rebung dapat dipanen saat tingginya mencapai 20 cm dari permukaan tanah dengan diameter sekitar 7 cm. Rebung bambu memiliki tekstur yang renyah, dengan rasa manis serta bau khas rebung. Oleh karena itu rebung menjadi salah satu jenis sayuran yang banyak digemari masyarakat Indonesia. Rebung biasa diolah menjadi gulai dan isian kue basah seperti kue lumpia karena memiliki kandungan gizi yang cukup baik bagi kesehatan tubuh manusia, dibandingkan dengan jenis sayuran lain seperti kubis, bawang bombai dan jamur. Rebung memiliki kandungan protein dan serat tinggi dengan kandungan lemak dan glukosa rendah (Andoko, 2003). Kandungan serat yang tinggi dalam rebung dapat membantu memperlancar proses pencernaan, mencegah kanker dan menjaga kesehatan jantung. Dalam 100 g rebung terdapat kandungan protein 2,6 g, kalori 27 cal, lemak 0,3 g, karbohidrat 5,2 g, serat 1 g, air 90,6 g, kalsium 13 mg, abu 0,9 g, kalium 533 mg, vitamin A 20 mg, vitamin B1 0,15 mg, dan vitamin C 4 mg (Fauziah, 2014).

Jenis bambu di seluruh dunia ada banyak yaitu sekitar 700 spesies dengan 300 spesies diantaranya tersebar diwilayah Asia seperti Indonesia. Walaupun seluruh jenis bambu menghasilkan rebung, namun tidak semua dapat dikonsumsi. Hal ini dikarenakan kandungan asam sianida (HCN) dalam beberapa jenis rebung bambu sangat tinggi. Rebung bambu dengan kandungan HCN tinggi memiliki cita rasa yang pahit dan berbahaya untuk dikonsumsi (Andoko, 2003). Bambu yang menghasilkan rebung dengan kandungan HCN rendah dan aman untuk dikonsumsi tidak sampai 10% dari seluruh spesies bambu yang ada. Untuk mengurangi kandungan HCN dalam rebung dapat dilakukan dengan cara merendam rebung didalam air selama 12 jam sebelum dikukus (Rizky, 2013). Salah satu jenis rebung dengan kandungan sianida rendah dan aman untuk dikonsumsi yaitu rebung bambu betung (*Dendrocalamus asper*) (Andoko, 2003). Kandungan HCN dalam rebung bambu betung mentah sekitar 70,5 mg/kg, lebih

rendah jika dibandingkan dengan jenis rebung bambu tali dan ater yaitu sekitar 123,5 mg/kg dan 113 mg/kg (Fauziah, 2014). Jenis bambu ini hidup mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi 2000 m diatas permukaan laut, memiliki rumpun agak sedikit rapat dengan pertumbuhan yang sangat lambat. Tinggi batang mencapai 20 m dengan garis tengah 20 cm. Rebungnya bertekstur agak kasar dengan berat menacapai 15 kg/rebung (Andoko, 2003).

2.2 Pengeringan

Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan bahan pangan dengan cara mengeluarkan atau menghilangkan sebagian kandungan air dari suatu bahan hasil pertanian melalui proses penguapan menggunakan energi panas. Kandungan air dalam bahan dikurangi atau dihilangkan hingga mencapai suatu batas tertentu agar mikroba tidak dapat tumbuh didalam bahan tersebut (Winarno *et al.*, 1980). Operasi pengeringan dilakukan dengan cara menghembuskan udara atau gas panas yang tidak jenuh pada bahan yang akan dikeringkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengeringan yaitu suhu pengeringan, kecepatan aliran udara pengering, lama pengeringan, kelembapan udara, ukuran bahan, luas permukaan, dan kadar air awal. Salah satu keuntungan dari proses pengeringan yaitu menjadikan bahan hasil pertanian tidak mudah rusak sehingga bahan tersebut memiliki daya simpan lebih panjang (Effendi, 2009). Bahan pangan yang telah dikeringkan akan bersifat higroskopis yaitu dapat menyerap dan melepas air dari udara sekitar. Proses penyerapan akan terhenti sampai kesetimbangan kelembapan nisbi bahan pangan tercapai (Estiasih dan Ahmadi, 2011).

Proses pengeringan terkadang dapat menimbulkan mutu produk kering yang kurang baik akibat adanya reaksi *browning*. *Browning* terjadi akibat enzim polifenoloksidase (PPO) bereaksi dengan oksigen menghasilkan kuinon yang merupakan pigmen *browning* pada pangan (Fajar *et al.*, 2014). Oleh karena itu untuk merusak atau menurunkan aktivitas enzim dan mikroorganisme yang terkandung didalam bahan pangan dapat dilakukan dengan proses *blanching*. *Blanching* merupakan proses pemanasan pendahuluan pada bahan pangan menggunakan suhu dibawah 100°C dengan waktu singkat. Tujuan dilakukannya

proses *blanching* yaitu untuk merusak atau menurunkan aktivitas enzim yang terkandung dalam produk pangan hasil pertanian, menurunkan jumlah mikroorganisme dalam produk pangan, menurunkan tingkat kekerasan jaringan produk pangan, serta menghilangkan udara di dalam rongga antar sel sehingga bisa membantu pembentukan ruang vakum dalam kemasan (Waziroh *et al.*, 2017).

Dalam melakukan *blanching* pengendalian proses sangat penting untuk dilakukan agar tidak terjadi penurunan mutu, tekstur, bobot bahan, warna dan zat gizi. Metode yang banyak dilakukan dalam proses *blanching* yaitu dengan menggunakan uap dan air panas. Suhu dan lama waktu yang diperlukan dalam proses *blanching* untuk masing-masing jenis bahan pangan berbeda-beda. Biasanya *blanching* dilakukan pada suhu 70-100 °C selama 1-15 menit (Waziroh *et al.*, 2017). Menurut Fajar *et al.*, (2014) proses *blanching* menggunakan suhu 50°C dapat menghambat reaksi enzim proteolitik yang bertanggung jawab terhadap perubahan tekstur dan nutrisi pada sayuran. Perlakuan suhu 50°C dengan waktu 10 menit merupakan perlakuan yang terbaik dalam proses *blanching* rebung bambu tabah (Fajar *et al.*, 2014).

2.3 Microwave

Microwave adalah salah satu jenis oven yang menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memasak atau memanaskan makanan. Cara kerja *microwave* yaitu dengan melewatkan radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak, maupun gula yang sering terdapat pada bahan makanan. Molekul-molekul ini akan menyerap energi elektromagnetik tersebut. Proses penyerapan energi ini disebut sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul-molekul pada makanan bersifat elektrik dipol (*electric dipoles*), artinya molekul tersebut memiliki muatan negatif dan positif. Akibatnya, dengan kehadiran medan elektrik berubah-ubah yang diinduksikan melalui gelombang mikro maka masing-masing sisi akan berputar untuk saling mensejajarkan diri satu sama lain. Pergerakan molekul ini akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul lainnya. Energi panas yang dihasilkan oleh

berfungsi sebagai agen pemanas pada bahan makanan di dalam dapur *microwave* (Saputra dan Ningum, 2010). Berdasarkan mekanisme tersebut, pengeringan gelombang mikro untuk bahan pertanian yang mengandung banyak air yang dapat berlangsung dengan cepat, sehingga dapat menghemat waktu dan energi (Hartulistiyoso *et al.*, 2011).

2.4 Tepung Rebung

Kandungan air yang tinggi pada rebung sekitar $\pm 90,6$ %bb mengakibatkan daya simpan rebung tidak tahan lama akibat pertumbuhan mikroba. Hal ini membuat petani rebung tidak dapat memenuhi kebutuhan konsumen secara berkesinambungan sepanjang tahun (Fajar *et al.*, 2014). Produksi rebung akan melimpah pada saat musim penghujan seperti bulan desember hingga maret. Sedangkan pada saat musim panen telah usai, rebung menjadi salah satu komoditi yang sangat sulit untuk ditemukan karena tidak adanya rebung yang masih tersimpan. Salah satu cara untuk meningkatkan daya simpan dan daya guna rebung dengan mengolahnya menjadi produk setengah jadi seperti tepung. Proses penepungan dilakukan untuk mendapatkan produk pangan dalam bentuk serbuk atau bubuk dengan tingkat kehalusan tertentu (Indartiyah *et al.*, 2011). Proses penepungan pada bahan pangan sangat dianjurkan karena melalui proses penepungan produk dapat memiliki masa simpan yang lama, praktis, mudah diolah menjadi aneka macam olahan pangan sehingga nilai ekonominya meningkat, serta mudah dalam pengemasan, distribusi, dan penyimpanan (Marunung, 2011).

Menurut Priyanto *et al.*, (2015) proses pembuatan tepung rebung dimulai dengan pemilihan bahan baku (rebung) yang seragam dan sejenis, kemudian dikupas dan dicuci untuk memisahkan kulit serta kotoran dari daging rebung. Rebung yang telah bersih di *blanching* selama 5 menit, kemudian diparut, diperas dan dibuang airnya. Setelah itu rebung dikeringkan menggunakan sinar matahari hingga menjadi rebung parut kering. Rebung parut kering digiling menggunakan *blender* dan diayak menggunakan ayakan 250 μ m. Menurut Chung *et al.*, (2015)

dalam Priyanto *et al.*, (2015) tepung memiliki sifat higroskopis yaitu mudah menyerap dan melepas air.

Selama masa penyimpanan tepung rebung akan mengalami beberapa perubahan yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan ruang penyimpanan. Tepung rebung yang disimpan pada RH tinggi akan memiliki kadar air yang lebih besar dibandingkan dengan tepung rebung yang disimpan pada RH rendah. Hal ini dikarenakan pada saat tepung rebung disimpan pada kondisi RH yang relatif tinggi, tepung akan menyerap uap air hingga mencapai kesetimbangan (Priyanto *et al.*, 2015). Selain itu penyimpanan pada RH tinggi juga dapat mengakibatkan tepung rebung mudah menggumpal dan mengalami perubahan warna menjadi kecoklatan. Penggumpalan yang terjadi pada tepung rebung akan mempengaruhi waktu daya larut tepung terhadap air yaitu semakin lama (Priyanto *et al.*, 2015). Fenomena kecoklatan yang terjadi pada tepung rebung dapat disebabkan oleh reaksi oksidasi polifenol yang membentuk quinon yang dipengaruhi oleh jenis kemasan dan kelembapan ruang penyimpanan (Nafi, 2016 dalam Priyanto *et al.*, 2015). Tepung rebung yang disimpan pada kelembapan yang relatif rendah lebih lambat mengalami kecoklatan dibandingkan dengan kelembapan tinggi (Priyanto *et al.*, 2015).

2.5 Aktivitas Air Bahan

Aktivitas air (a_w) merupakan parameter yang menunjukkan hubungan antara kebutuhan air dengan mikroorganisme dan aktivitas enzim (Purnomo, 1995). *Water activity* (a_w) adalah jumlah air bebas yang terkandung dalam suatu bahan yang dapat digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya (Taib *et al.*, 1988). Aktivitas air (a_w) berkaitan erat dengan kadar air bahan. Kadar air bahan merupakan salah satu sifat fisik dari bahan. Kadar air bahan dapat diketahui melalui dua metode yaitu berdasarkan bobot kering (*dry basis*) dan bobot basah (*wet basis*) (Taib *et al.*, 1988). Batas maksimum teoritis kadar air basis basah sebesar 100%. Kadar air basis basah dapat diketahui melalui Persamaan 2.1 sebagai berikut.

$$m = \frac{W_t - W_d}{W_t} \times 100\% = \frac{W_m}{W_t} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Sedangkan nilai kadar air basis kering dapat diketahui melalui Persamaan 2.2 sebagai berikut.

$$M = \frac{W_t - W_d}{W_t - W_m} \times 100\% = \frac{W_m}{W_d} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

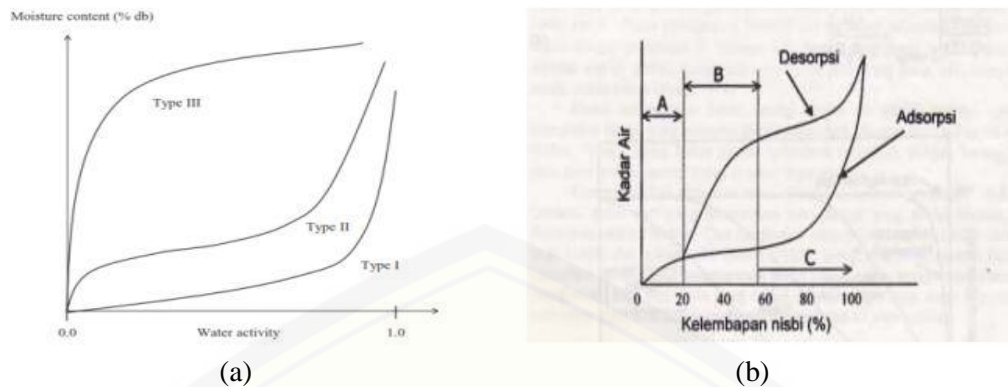
Keterangan :

- M = kadar air basis basah (%bb)
- M = kadar air basis kering (% bk)
- Wm = berat air dalam bahan (g)
- Wd = berat bahan kering (g)
- Wt = berat total (g)

Bahan yang memiliki nilai aw dibawah 0,70 sudah dianggap cukup baik dan tahan dalam penyimpanan. Nilai aw diperoleh dari rasio antara tekanan uap air pada kelembapan relatif tertentu dengan tekanan uap air murni. Oleh karena itu aw tidak memiliki satuan. Rentang nilai aw dari 0-1. Nilai aw 0 mendakan bahan kering mutlak sedangkan aw 1 menandakan bahan adalah air murni. Nilai aw dapat dicari menggunakan Persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$aw = ERH/100 \dots\dots\dots (2.3)$$

Berdasarkan Persamaan 2.3 dapat diketahui bahwa RH dan aw berbanding lurus, semakin tinggi RH ruang pentimpanan maka semakin tinggi pula aktifitas air didalam ruang penyimpanan. Hal ini akan mempengaruhi kandungan air dalam bahan pangan, sehingga dapat mempengaruhi daya simpan bahan pangan tersebut (Purnomo, 1995). Hubungan besarnya aktifitas air dengan kadar air dapat digambarkan dalam sebuah grafik yang dinamakan grafik isoterm sorbsi lembap atau isoterm sorpsi air. Bentuk khas kurva isoterm sorbsi lembap tergantung dari cara tercapainya kadar air kesetimbangan ataupun aktivitas air bahan pangan tersebut, secara desorpsi atau adsorpsi (Purnomo, 1995). Grafik isoterm sorbsi air ditujukan dalam Gambar 2.1 berikut.



(a)

(b)

(a) Tipe; (b) Daerah

Gambar 2.1 Kurva isothermis sorpsi air

Sumber: Labuza dan Saltmarch (1981) dalam Purnomo (1995)

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat diketahui setiap bahan pangan memiliki bentuk kurva isotherm sorpsi air yang khas. Hal ini dikarenakan setiap bahan memiliki struktur, sifat fisikokimia dan kimia, serta komponen penyusun yang berbeda-beda. Gambar 2.1 (a) menjelaskan bahwa bentuk kurva isotherm sorpsi air dibedakan menjadi tiga tipe yaitu kurva tipe I, II dan III. Kurva tipe I (J) umumnya ditemui pada makanan berkomponen kristal seperti gula dan garam, produk tipikal ini biasanya akan mengikat sedikit air pada aw rendah dan mengikat banyak air pada aw tinggi. Kurva tipe II memiliki bentuk sigmoid (S) yang biasanya ditemui pada bahan produk pangan kering. Kurva isotherm sorpsi air tipe II terjadi karena efek akumulatif dari ikatan hidrogen dan interkasi antara permukaan material bahan dengan molekul air. Sedangkan tipe III dimiliki oleh bahan pangan yang memiliki sifat higroskopis sangat kuat, dimana bahan dapat mengikat air dalam jumlah besar pada aw rendah.

Gambar 2.1 (b) menjelaskan daerah sorpsi air bahan pangan, pada daerah A yang memiliki nilai aw dibawah 0,20 (ERH 20%) air terdapat dalam satu lapis (*monolayer*) dengan molekul air terikat sangat erat sehingga air sulit untuk diuapkan. Kadar air bahan pangan pada daerah A berkisar antara 5-10%. Daerah B memiliki nilai aw antara 0,20 sampai 0,60, didaerah ini air terikat kurang erat dan merupakan lapisan-lapisan. Air pada daerah ini berfungsi sebagai pelarut sehingga aktivitas enzim dan pencoklatan non enzimatis dapat terjadi. Sedangkan pada daerah C yang memiliki nilai aw diatas 0,60 air dalam kondisi bebas

sehingga dapat membantu proses kerusakan bahan pangan (Purnomo, 1995). Semakin tinggi aktivitas air bahan maka penyerapan uap air dari lingkungan ke bahan semakin besar pula sehingga kadar air menjadi naik (Purnomo, 1995).

Pengukuran aktivitas air (aw) terhadap suatu bahan pangan berdasarkan pada pengukuran kelembapan relatif berimbang dari bahan tersebut terhadap lingkungannya. Pengukuran kelembapan relatif berimbang dapat dilakukan menggunakan kurva interpolasi, teknik manometrik, keseimbangan bitermal, higrometer rambut, keseimbangan isopiestik, higrometer listrik, metode kimia, dan penurunan titik beku (Purnomo, 1995). Pada umumnya pengukuran aw menggunakan kurva kalibrasi atau peralatan yang dipakai harus dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan larutan garam jenuh. Larutan garam jenuh dapat mempertahankan suatu kelembapan konstan, selama jumlah garam yang ada diatas tingkat kejenuhannya. Larutan garam jenuh yang biasa digunakan untuk keseimbangan dapat dilihat dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Kelembapan nisbi larutan garam jenuh

Garam	Rumus Bangun	Kelembapan Nisbi (%)			
		Suhu			
		20	25	30	35
Lithium klorida	LiCl	12	11	11	11
Potassium asetat	CH ₃ COOK	23	23	23	23
Magnesium klorida	MgCl ₂ .6H ₂ O	33	33	32	32
Potassium karbonat	K ₂ CO ₃	44	43	42	41
Magnesium nitrat	Mg(NO ₃) ₂	53	52	52	51
Sodium nitrit	NaNO ₂	65	64	63	62
Sodium klorida	NaCl	75	75	75	75
Ammonium sulfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	80	80	79	79
Potassium klorida	KCl	85	85	84	84
Barium klorida	BaCl ₂ .2H ₂ O	91	90	89	88
Potassium nitrat	KNO ₃	94	93	92	91
Potassium sulfat	K ₂ SO ₄	97	97	97	96

Sumber : Buckle *et al.*, (1986) dalam Purnomo (1995)

2.6 Kadar Air Kesetimbangan

Kadar air kesetimbangan atau *equilibrium of moisture content* didefinisikan sebagai nilai kandungan air bahan pada saat tekanan uap air

diper permukaan bahan seimbang dengan tekanan uap air lingkungannya (Hall, 1957 dalam Manulu *et al.*, 2008). Kadar air suatu bahan pertanian sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan relatif udara lingkungan ruang penyimpanan. Pada saat tekanan uap air diper permukaan bahan lebih besar dari udara sekitar maka akan terjadi proses pelepasan air dari bahan ke lingkungan (desorpsi), sedangkan pada keadaan sebaliknya terjadi proses penyerapan air oleh bahan dari lingkungan (adsorpsi). Dalam keadaan setimbang laju desorpsi sama dengan adsorpsi (Manulu *et al.*, 2008). Nilai kadar air kesetimbangan sangat diperlukan dalam perencanaan pengeringan, penyimpanan, dan proses-proses lainnya untuk memperkirakan perubahan kadar air produk dalam kondisi suhu dan RH penyimpanan tertentu.

McLaughlin dan Magee (1988) dalam Adawiyah dan Soekarto (2010) menyatakan terdapat 23 persamaan yang mampu menjelaskan hubungan antara kadar air dan aw bahan pangan. Persamaan yang telah dikembangkan dan sering digunakan adalah persamaan GAB, Halsey, BET, Henderson, Oswin dan Chung P-Fost. Romadhoni (2019) dalam penelitiannya menyatakan persamaan Oswin merupakan model matematika yang tepat dalam mendeskripsikan pola isoterm sorpsi air tepung jahe pada kondisi ruang penyimpanan bersuhu 30, 40, dan 50°C dengan rentang RH berkisar antara 11-92%. Sedangkan menurut Widowati *et al.*, (2010) dalam penelitiannya persamaan Smith merupakan model matematika yang tepat dalam mendeskripsikan pola isoterm sorpsi air beras ubi pada kondisi ruang penyimpanan bersuhu 28°C dan rentang RH berkisar antara 6- 96%. Daniar (2010) dalam penelitiannya menyatakan persamaan Chung P-Fost merupakan model matematika yang tepat dalam mendeskripsikan pola isoterm sorpsi air bubuk kopi robusta pada kondisi ruang penyimpanan bersuhu 32, 42, dan 52°C dan rentang RH berkisar antara 32-97%. Beberapa model persamaan kadar air kesetimbangan sebagai berikut.

a. Chung P-Fost

Model persamaan ini sesuai untuk kurva isoterm sorpsi produk pangan pada semua jenis aktivitas air (Chung and P-Fost, 1967 dalam Romadhoni, 2019). Adapun persamaan Chung P-Fost sebagai berikut.

$$\ln (aw) = - A. \text{Exp} (-B.Me) \dots\dots\dots (2.4)$$

b. Oswin

Model persamaan ini mampu menggambarkan kurva isotherm sorpsi pada rentang aw yang luas (Chirife dan Iglesias, 1978; Isse *et al.*, 1983 dalam Sugiyono *et al.*, 2011).

$$Me = A (aw/(1-aw))^B \dots\dots\dots (2.5)$$

c. Smith

Model persamaan ini sederhana untuk diterapkan pada kisaran aw tertentu dan memiliki ketelitian yang tinggi dalam mengevaluasi pola isotherm sorpsi air produk pangan kering (Widowati *et al.*, 2010).

$$Me = A - B \ln (1-aw) \dots\dots\dots (2.6)$$

Tingkat akurasi dan ketelitian setiap model dapat dievaluasi melalui analisis statistik dan grafik. Analisis statistik dilakukan dengan menghitung nilai *coefficient of determination* (R^2), *root mean square error* (RMSE) dan *mean relative percent error* (P). Nilai R^2 merupakan indikator akurasi tren bentuk kurva model persamaan kadar air kesetimbangan dalam mengikuti karakteristik bentuk kurva data hasil observasi, sedangkan nilai RMSE menunjukkan nilai deviasi antara data hasil prediksi terhadap data hasil pengukuran. Nilai P menunjukkan presentase jumlah kesalahan nilai prediksi dibandingkan dengan nilai observasi. Sebuah model yang akurat menunjukkan nilai P kurang dari 10%, yang artinya memiliki persentase keakuratan lebih dari 90% dalam memprediksi data percobaan (Mohapatra dan Rao, 2005).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2019 sampai bulan Juni 2019 bertempat di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

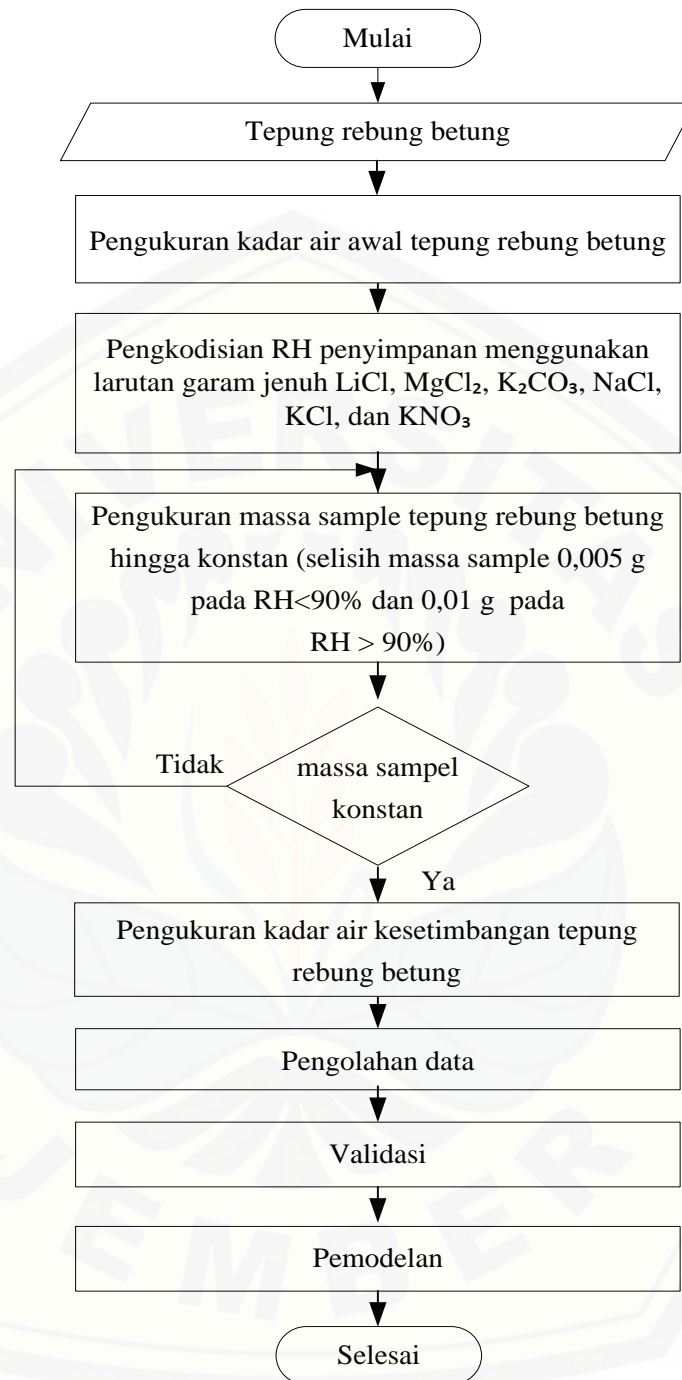
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *water bath* (Memmert), *microwave* (Panasonic tipe NN-ST557M), desikator, blender (Phillips), ayakan 60 mesh, timbangan digital (Ohaus pioneer dengan ketelitian 0,001 g), oven (Memmert), thermometer digital, toples plastik, kawat, cawan aluminium, penjepit, dan pisau.

Bahan yang digunakan yaitu rebung bambu betung (*Dendrocalamus asper*), aquadest, bromtimol blue (0,01), dan beberapa bahan kimia berupa garam jenuh seperti lithium klorida (LiCl), magnesium klorida (MgCl₂), kalium karbonat (K₂CO₃), natrium klorida (NaCl), potassium klorida (KCl) dan potassium nitrat (KNO₃).

3.3 Prosedur Penelitian

Diagram alir penelitian kadar air kesetimbangan tepung rebung betung (*Dendrocalamus asper*) secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian kadar air kesetimbangan tepung rebung betung

3.3.1 Tepung Rebung Betung

Tepung rebung betung diperoleh dari proses pengeringan menggunakan oven *microwave*. Proses pembuatan tepung rebung betung dilakukan berdasarkan penelitian Priyanto *et al.*, (2015) yang dimodifikasi sebagai berikut:

- a. Membeli bahan baku berupa rebung betung didaerah Besuki, Jawa Timur
- b. Mengupas rebung untuk memisahkan antara kulit dan daging rebung, kemudian mencuci daging rebung dengan air yang mengalir
- c. Rebung yang telah bersih kemudian dikecilkan ukurannya menggunakan parutan kasar dan direndam dalam air selama 12 jam
- d. Setelah 12 jam rebung ditiriskan, kemudian *diblanching* menggunakan *waterbath* dengan suhu 50°C selama 10 menit
- e. Rebung yang telah *diblanching* dikeringkan menggunakan *microwave* daya 720 W hingga kadar air rebung $\leq 10\%$ bb
- f. Rebung yang telah kering kemudian dikecilkan ukurannya menggunakan *blender* dan diayak menggunakan ayakan tyler ukuran 60 mesh

3.3.2 Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Rebung Betung

Pengukuran kadar air awal tepung rebung betung dilakukan dengan metode gravimetri sebagai berikut (Khopkar, 1990).

- a. Mengeringkan 3 buah cawan alumunium kosong (a) dalam oven bersuhu 105°C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator ± 15 menit setelah itu cawan ditimbang menggunakan timbangan digital 0,001 g;
- b. Menimbang cawan alumunium + berat sampel tepung rebung betung 3 g untuk masing-masing cawan (b) dan mencatatnya sebelum dimasukan kedalam oven;
- c. Memasukan sampel + cawan kedalam oven bersuhu 105°C selama 6 jam;
- d. Setelah 6 jam, sampel + cawan (c) dipindahkan dari oven ke dalam desikator selama ± 15 menit kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital 0,001 g;
- e. Menentukan kadar air awal bahan basis basah menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$\text{Kadar air (\%bb)} = (b-a) - (c-a) / (b-a) \dots\dots\dots (3.1)$$

3.3.3 Pengkondisian RH Penyimpanan

Untuk mengkondisikan RH dan aktifitas air tertentu pada ruang penyimpanan dapat menggunakan larutan garam jenuh (Purnomo, 1995). Dalam penelitian ini digunakan enam jenis garam jenuh yaitu lithium klorida (LiCl),

magnesium klorida (MgCl_2), kalium karbonat (K_2CO_3), natrium klorida (NaCl), potassium klorida (KCl) dan potassium nitrat (KNO_3). Pemilihan ke enam jenis garam bertujuan untuk memperoleh rentang RH atau aktifitas air yang cukup lebar berkisar antara 0,11 sampai 0,91. Pengkondisian RH ruang penyimpanan dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menyiapkan 6 buah toples plastik kemudian melarutkan lithium klorida (LiCl), magnesium klorida (MgCl_2), kalium karbonat (K_2CO_3), natrium klorida (NaCl), potassium klorida (KCl) dan potassium nitrat (KNO_3) dengan aquadest didalam masing-masing toples hingga jenuh, yang ditandai dengan adanya endapan garam jenuh dalam toples
- b. Setelah itu memasukan 6 toples plastik kedalam oven bersuhu (30°C) selama 24 jam (inkubasi). Besarnya kelembapan relatif dari masing-masing larutan garam jenuh pada masing-masing suhu penyimpanan dapat diketahui melalui Persamaan 3.2 hingga 3.8 sebagai berikut (Risvi, 1995).

$$\text{LiCl} \quad : \ln a_w = (500,95/T) - 3,85 \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\text{MgCl}_2 \quad : \ln a_w = (303,35/T) - 2,13 \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{K}_2\text{CO}_3 \quad : \ln a_w = (145,00/T) - 1,3 \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\text{NaCl} \quad : \ln a_w = (435,96/T) - 1,88 \dots\dots\dots (3.5)$$

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

$$\text{KNO}_3 \quad : \ln a_w = (244,37/T) - 3,85 \dots\dots\dots (3.7)$$

**Temperature* (T) dalam satuan kelvin

Untuk pengkondisian RH penyimpanan suhu 35 dan 40°C prosedur yang dilakukan sama dengan prosedur pada suhu 30°C .

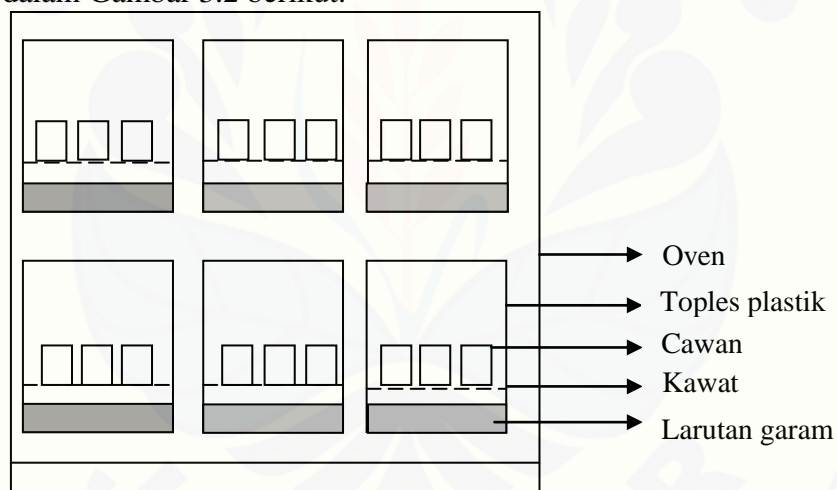
3.3.4 Pengukuran Massa Sampel Tepung Rebung Betung Hingga Konstan

Pengukuran massa sampel tepung rebung betung hingga konstan dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menyiapkan 18 buah cawan alumunium kemudian memasukan sampel tepung rebung betung sebanyak 1 g untuk masing-masing cawan

- b. Memasukkan 3 buah cawan berisi sampel tepung rebung betung kedalam masing-masing toples larutan garam jenuh kemudian diinkubasi dalam oven bersuhu 30°C selama 24 jam
- c. Setelah 24 jam sampel yang ada pada toples plastik larutan garam jenuh ditimbang beratnya. Penimbangan berat dilakukan setiap hari selama 4 hingga 7 hari hingga diperoleh berat yang konstan ditandai oleh selisih berat masing-masing sampel kurang dari 0,005 g untuk sampel yang disimpan pada RH kurang dari 90% dan tidak lebih dari 0,01 g untuk sampel yang disimpan pada RH lebih dari 90% (Menkov *et al.*, 2004 dalam Widowati *et al.*, 2010).

Untuk pengukuran massa sampel tepung rebung hingga konstan pada penyimpanan suhu 35 dan 40°C prosedur yang dilakukan sama dengan prosedur pada suhu 30°C. Adapun ilustrasi penyimpanan tepung rebung betung dapat dilihat dalam Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Ilustrasi penyimpanan tepung rebung betung pada beberapa suhu penyimpanan

3.3.5 Pengukuran Kadar Air Kesetimbangan Tepung Rebung Betung

Setelah berat semua sampel yang ada pada masing-masing toples plastik larutan garam jenuh konstan kemudian mengukur kadar air akhirnya yang merupakan kadar air kesetimbangan menggunakan metode gravimetri Persamaan 3.1.

3.3.6 Pengolahan Data

Kadar air kesetimbangan observasi tepung rebung betung dihitung berdasarkan berat keringnya, karena berat kering tetap setiap saat. Data hasil

penelitian berupa kadar air kesetimbangan tepung rebung %bb, digunakan untuk menghitung nilai kadar air kesetimbangan tepung rebung observasi %bk dan prediksi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menghitung nilai kadar air kesetimbangan tepung rebung observasi %bk menggunakan Persamaan 2.2
- b. Setelah menghitung nilai kadar air kesetimbangan observasi %bk kemudian menghitung nilai konstanta A dan B dari persamaan Chung P-Fost, Oswin dan Smith. Nilai konstanta A dan B digunakan untuk mengetahui nilai kadar air kesetimbangan tepung rebung secara matematis. Untuk mempermudah proses perhitungan, maka model persamaan yang digunakan dimodifikasi bentuknya dari persamaan non linier menjadi persamaan linier sehingga nilai-nilai konstantanya dapat ditentukan menggunakan metode kuadrat terkecil (Sugiyono *et al.*, 2011). Analisis regresi merupakan salah satu metode yang mempelajari hubungan antara variabel bebas (x) dengan variabel terikat (y). Bentuk umum persamaan regresi linier dapat dilihat sebagai berikut.

$$y = a + bx$$

keterangan :

y = variabel terikat

x = variabel bebas

a dan b = konstanta dan koefisien regresi

1) Persamaan Chung P-Fost

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

$$-\ln aw = A \cdot \exp (- B.Me) \dots\dots\dots (3.9)$$

$$\ln (-\ln aw) = \ln A - B.Me \dots\dots\dots (3.10)$$

$$B.Me = \ln A - \ln (-\ln aw) \dots\dots\dots (3.11)$$

$$Me = \ln A /B - 1/B \cdot \ln (\ln aw) \dots\dots\dots (3.12)$$

nilai konstanta A dan B diperoleh dengan cara plotting dimana Me sebagai sumbu y dan ln (lnaw) sebagai sumbu x. Persamaan 3.12 dapat diuraikan menjadi persamaan regresi sebagai berikut:

$$y = a + bx$$

Keterangan :

$$a = \ln A / B \qquad x = \ln (-\ln aw)$$

$$b = -1/B \qquad y = Me$$

2) Persamaan Oswin

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

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

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

nilai konstanta A dan B diperoleh dengan cara plotting dimana $\ln Me$ sebagai sumbu y dan $\ln (aw/(1-aw))$ sebagai sumbu x. Persamaan 3.15 dapat diuraikan menjadi persamaan regresi sebagai berikut:

$$y = a + bx$$

Keterangan :

$$a = \ln A \qquad x = \ln (aw / (1-aw))$$

$$b = B \qquad y = \ln Me$$

3) Persamaan Smith

$$Me = A - B \ln (1- aw) \dots\dots\dots (3.16)$$

nilai konstanta A dan B diperoleh dengan cara plotting dimana Me sebagai sumbu y dan $\ln(1-aw)$ sebagai sumbu x. Persamaan 3.16 dapat diuraikan menjadi persamaan regresi sebagai berikut:

$$y = a + bx$$

Keterangan :

$$a = A \qquad x = \ln (1-aw)$$

$$b = B \qquad y = Me$$

- c. Nilai konstanta A dan B dari masing-masing persamaan (Chung P-Fost, Oswin dan Smith) digunakan untuk menghitung nilai kadar air kesetimbangan prediksi (%bk) tepung rebung betung.

3.3.7 Validasi

Data kadar air kesetimbangan yang diperoleh dari persamaan Chung P-Fost, Oswin dan Smith diuji validitasnya terhadap data kadar air kesetimbangan observasi melalui analisis statistik dan grafik untuk mengetahui model persamaan yang baik dalam memprediksi kadar air kesetimbangan tepung rebung betung

pada suhu penyimpanan 30, 35, dan 40°C dengan rentang kelembapan raltif (RH) berkisar antara 11 - 91%.

a. Analisis statistik

Analisis statistik dilakukan dengan menghitung nilai koefisien determinasi (R^2), *root mean square error* (RMSE), dan *mean relative percent error* (P). Sebuah model persamaan dikategorikan paling akurat memprediksi data hasil percobaan apabila memiliki Nilai R^2 tertinggi dengan nilai RMSE dan P terendah (Taruna, 2018). Nilai R^2 , RMSE dan P dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Me_{pre} - Me_{obs})^2}{\sum (Me_{obs} - Me_{obs})^2} \dots\dots\dots (3.17)$$

$$RMSE = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N (Me_{pre,i} - Me_{obs,i})^2} \dots\dots\dots (3.18)$$

$$P = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Me_{pre,i} - Me_{obs,i}|}{Me_{obs,i}} \dots\dots\dots (3.19)$$

b. Analisis grafik

Analisis grafik menggambarkan perbedaan antara data observasi dengan data prediksi dalam persamaan garis linier $y=x$. Grafik ditampilkan dalam bentuk *scatter plot* untuk memberikan gambar yang signifikan mengenai penyimpangan antara data prediksi dengan data observasi.

3.3.8 Pemodelan

Berdasarkan hasil analisis statistik dan grafik yang telah dilakukan, model persamaan yang memenuhi kriteria analisis statistik dan grafik dikembangkan untuk mengetahui nilai-nilai konstanta luar suhu yang digunakan dalam penelitian dengan menguji kelinieran konstanta A dan B yang telah diperoleh terhadap suhu penyimpanan, dengan suhu sebagai sumbu x dan konstanta A atau B sebagai sumbu y untuk memperoleh persamaan regresi dengan konstanta A dan B sebagai fungsi suhu. Nilai konstanta A dan B yang diperoleh kemudian dimasukan kedalam persamaan yang terpilih sehingga dapat digunakan untuk memprediksi kadar air kesetimbangan tepung rebung betung pada suhu penyimpanan 30- 40°C dengan rentang kelembababan relatif (RH) berkisar antara 11-91%.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Nilai kadar air kesetimbangan tepung rebung betung pada suhu penyimpanan 30°C dengan RH penyimpanan 11- 91% berkisar antara 4,171%bk sampai dengan 31,464%bk, suhu 35°C dengan RH penyimpanan 11- 90% berkisar antara 3,724%bk sampai dengan 28,004%bk, dan suhu 40°C dengan RH penyimpanan 11- 89% berkisar antara 3,117%bk, sampai dengan 25,256%bk.
2. Dari hasil validasi diketahui bahwa persamaan yang sesuai untuk mengestimasi kadar air kesetimbangan tepung rebung betung pada suhu penyimpanan 30-40°C dengan RH penyimpanan antara 11-91% yaitu persamaan Oswin karena memiliki nilai koefisien determinasi paling besar pada setiap perlakuan suhu penyimpanan yaitu 0,988, 0,988, dan 0,982 dengan nilai RMSE (1,044; 0,954; dan 1,049 %bk) dan P (4,828; 4,455; dan 5,452 %) paling rendah dibandingkan persamaan Chung P-Fost dan Smith
3. Persamaan Oswin dengan nilai konstanta A dan B sebagai fungsi suhu yaitu.

$$Me = (-0,165T + 15,69) \cdot (aw / (1 - aw))^{0,003T + 0,348}$$

Persamaan ini digunakan untuk menghitung kadar air kesetimbangan tepung rebung betung pada suhu penyimpanan 30- 40°C dengan kelembapan relatif antara 11-91%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berkaitan dengan penelitian ini yaitu untuk memperoleh nilai kadar air kesetimbangan tepung rebung yang lebih akurat maka perlu adanya penelitian menggunakan suhu dan kelembapan relatif yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, R. D. dan T. S. Soekarto. 2010. Pemodelan isothermis sorpsi air pada model pangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 21(1).
- Aini, N., V. Prihananto, dan G.Wijonarko. 2014. Karakteristik kurva isotherm sorpsi air tepung jagung instan. *Jurnal Agritech*. 34(1).
- Andoko, A. 2003. *Budidaya Bambu Rebung*. Yogyakarta: Kanisius.
- Budijianto, S., A. B. Sitanggang, dan Y. D. Kartika. 2010. Penentuan umur simpan tortila dengan metode akselerasi berdasarkan kadar air kritis serta pemodelan ketepatan sorpsi isotherminya. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 21(2).
- Daniar, R. 2010. Kadar Air Kesetimbangan (*Equilibrium Moisture Content*) Bubuk Kopi Robusta pada Proses Adsorpsi dan Desorpsi. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian.
- Effendi, S. 2009. *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Estiasih, T. dan K. Ahmadi. 2011. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Edisi I. Cetakan II. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Fajar, I. M., D. Kencana, dan G. Arda. 2014. Pengaruh Suhu dan Waktu *Blanching* Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Produk Rebung Bambu Tabah Kering. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/beta/article/view/16640/10920>. [Diakses pada 7 Juli 2019]
- Fauziah, E. 2014. *Konservasi Lima Jenis Bambu Ditinjau dari Stimulus Manfaat Rebung*. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata Fakultas Kehutanan: IPB.
- Hartulistiyoso, E., R. Hasbulah, dan E. Priyana. 2011. Pengeringan lidah buaya (*Aloe vera*) menggunakan oven gelombang mikro (*microwave oven*). 2011. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 25(2): 141-146.
- 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.

- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- 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*. 21(2).
- Lindriati, T. dan Maryanto, 2016. Aktivitas air, kurva isothermis seta perkiraan umur simpan flake ubi kayu dengan variasi penambahan koro pedang. *Jurnal Agroteknologi*. 10(2).
- Manalu, L. P. dan R. Alamsyah. 2008. Penentuan panas laten penguapan biji lada putih dan hitam (*piper nigrum l.*) untuk aplikasi pengeringan. *Journal of Agro-Based Industry*. 25(1).
- Marunung, H. 2011. *Difersifikasi Pangan Berbasis Tepung: Meningkatkan Kesehatan Masyarakat dan Ketahanan Pangan*. Cetakan 1. Medan: USU Press.
- Mohapatra, D. dan P. S. Rao. 2005. A Thin Layer Drying Model of Parboiled Wheat. *Journal of Food Eng.* 66(1).
- Mujumdar, A. S. 2000. *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*. USA: Science Publisher, Inc. Enfield.
- Priyanto, G., I. Turama, dan B. Hamzah. 2015. Model perubahan mutu tepung rebung selama penyimpanan. *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI Program Studi TIP-UTM*. 2-3 September 2015.
- Purnomo, H. 1995. *Aktivitas Air dan Peranannya dalam Pengawetan Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Risvi, S. S. H. 1995. *Thermodynamic Properties of Foods in Dehydration: In Engineering Properties of Foods Edited by Rao, M. A., S. S. H. Risvi, and A. K. Datta*. New York: United State of Amerika.
- Rizky, F. 2013. *The Miracle Of Vegetables*. Jakarta Selatan: PT. Agro Media Pustaka.
- Romadhoni, A. M. 2019. Kadar Air Keseimbangan Produk Tepung Jahe Gajah (*Zingiber officinale Roscoe*) pada Berbagai Kondisi Penyimpanan. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian.

- Saputra, A dan S.D.K. Ningrum. 2010. Pengeringan Kunyit Menggunakan *Microwave* dan Oven. *Skripsi*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
- Sugiyono, E. Setiawan, E. Syamsir, dan H. Sumekar. 2011. Pengembangan produk mi kering dari tepung ubi jalar (*ipomoea batatas*) dan penentuan umur simpannya dengan metode isotherm sorpsi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 22(2).
- Taib, G., G. Said, dan S. Wiraatmadja. 1988. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Pertanian*. Jakarta: PT. Melon Putra.
- Taruna, I. 2018. Model Kinetika Pengeringan Okara Secara Konveksi Pada Suhu Ekstrem. *Prosiding Seminar Nasional PERTETA:21-31 Agustus 2018. Institut Pertanian STIPER, Yogyakarta-Indonesia*.
- Wasono, M. S. E. dan S. S. Yuwono. 2014. Pendugaan umur simpan tepung goreng menggunakan metode *accelerated shelf life testing* dengan pendekatan *arrhenius*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(4).
- Waziroh, E., D. Y. Ali, dan N. Istianah. 2017. *Proses Termal pada Pengolahan Pangan*. Malang: UB Media.
- Widowati, S., H. Herawati, N. E. Suyatma, dan H. A. Prasetia. 2010. Pengaruh isotherm sorpsi air terhadap stabilitas beras ubi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 21(2).
- Wijaya, I. M. A. S., I. K. Suter, dan N. M. Yusa. 2014. Karakteristik isothermis sorpsi air dan umur simpan ledok instan. *Agritech*. 34(1).
- Winarno, F. G., S. Fardiaz, dan Z. Fardias. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta: PT. Gramedia.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Aktifitas Air dan Kelembapan Relatif Setimbang Larutan Garam Jenuh pada Berbagai Suhu Penyimpanan

Suhu (°C)	Garam Jenuh	aw	ERH(%)
30	LiCl	0,11	11,11
	MgCl ₂	0,32	32,32
	K ₂ CO ₃	0,44	43,97
	NaCl	0,75	75,21
	KCl	0,84	83,74
	KNO ₃	0,91	91,04
35	LiCl	0,11	10,81
	MgCl ₂	0,32	31,80
	K ₂ CO ₃	0,44	43,63
	NaCl	0,74	74,30
	KCl	0,82	82,11
	KNO ₃	0,90	89,85
40	LiCl	0,11	10,54
	MgCl ₂	0,31	31,31
	K ₂ CO ₃	0,43	43,30
	NaCl	0,73	73,42
	KCl	0,81	80,56
	KNO ₃	0,89	88,72

Contoh perhitungan ERH pada suhu 30°C

$$\begin{aligned}
 \text{LiCl} &= \ln a_w = (500,95/T) - 3,85 \\
 &\ln a_w = (500,95/(273,15+30)) - 3,85 \\
 &\ln a_w = -2,20 \\
 &a_w = 0,111 \\
 \text{ERH} &= a_w \times 100 \\
 &= 0,111 \times 100 \\
 &= 11,1\%
 \end{aligned}$$

Lampiran 2. Data Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Rebung

2.1 Data Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Rebung pada Suhu 30°C

Sampel	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Sampel (g) (Sebelum Oven)	Berat Cawan + Sampel (g) (Setelah Oven)	Berat Akhir Bahan (g)	KA (%bb)	Rata-rata KA (%bb)
1	3,466	5,536	5,363	1,897	8,357	7,945
2	3,400	5,490	5,321	1,921	8,086	
3	3,508	5,740	5,575	2,067	7,392	

2.2 Data Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Rebung pada Suhu 35°C

Sampel	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Sampel (g) (Sebelum Oven)	Berat Cawan + Sampel (g) (Setelah Oven)	Berat Akhir Bahan (g)	KA (%bb)	Rata-rata KA (%bb)
1	3,476	5,496	5,340	1,864	7,723	7,649
2	3,544	5,562	5,410	1,866	7,532	
3	3,465	5,480	5,325	1,860	7,692	

2.3 Data Pengukuran Kadar Air Awal Tepung Rebung pada Suhu 40°C

Sampel	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Sampel (g) (Sebelum Oven)	Berat Cawan + Sampel (g) (Setelah Oven)	Berat Akhir Bahan (g)	KA (%bb)	Rata-rata KA (%bb)
1	3,514	5,525	5,375	1,861	7,459	7,561
2	3,548	5,578	5,416	1,868	7,980	
3	3,528	5,530	5,385	1,857	7,243	

Keterangan:

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

Contoh perhitungan kadar air (%bb) pada suhu 30°C

$$\text{KA (\%bb)} = \frac{2,070 - 1,897}{2,070} \times 100\% = 8,357 (\%bb)$$

Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran Berat Bahan dan Cawan Setelah di Oven pada Suhu 30°C

ERH (%)	Sampel	Berat Cawan Aluminium (g)	Berat Bahan (g) (Sebelum Oven)	Berat Bahan + Cawan (g) (Sebelum Oven)	Berat Cawan Aluminium + Bahan (g) (Setelah Oven)							
					Hari Ke 1	Hari Ke 2	Hari Ke 3	Hari Ke 4	Hari Ke 5	Hari Ke 6	Hari Ke 7	
LiCl	1	0,412	1,014	1,426	1,399	1,397	1,396	1,398				
	11	2	0,426	1,011	1,437	1,411	1,407	1,409	1,409			
		3	0,387	1,010	1,397	1,368	1,363	1,368	1,365			
MgCl ₂	1	0,402	1,003	1,405	1,390	1,385	1,384	1,383				
	32	2	0,421	1,003	1,424	1,406	1,403	1,400	1,398			
		3	0,425	1,004	1,429	1,414	1,412	1,413	1,411			
K ₂ CO ₃	1	0,407	1,013	1,420	1,422	1,423	1,424	1,423				
	44	2	0,436	1,004	1,440	1,444	1,443	1,443	1,442			
		3	0,448	1,012	1,460	1,462	1,462	1,462	1,462			
NaCl	1	0,407	1,010	1,417	1,505	1,507	1,504	1,503				
	75	2	0,417	1,015	1,432	1,520	1,520	1,520	1,520			
		3	0,405	1,004	1,409	1,494	1,495	1,495	1,495			
KCl	1	0,400	1,017	1,417	1,561	1,562	1,564	1,563	1,560	1,558	1,560	
	84	2	0,424	1,012	1,436	1,587	1,592	1,594	1,588	1,584	1,583	1,584
		3	0,419	1,007	1,426	1,575	1,582	1,585	1,580	1,577	1,579	1,581
KNO ₃	1	0,430	1,005	1,435	1,652	1,682	1,699	1,700	1,677	1,675	1,676	
	91	2	0,407	1,002	1,409	1,611	1,629	1,627	1,638	1,628	1,645	1,645
		3	0,425	1,000	1,425	1,630	1,663	1,665	1,669	1,667	1,669	1,668

Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Berat Bahan dan Cawan Setelah di Oven pada Suhu 35°C

ERH (%)	Sampel	Berat Cawan Aluminium (g)	Berat Bahan (g) (Sebelum Oven)	Berat Bahan + Cawan (g) (Sebelum Oven)	Berat Cawan Aluminium + Bahan (g) (Setelah Oven)							
					Hari Ke 1	Hari Ke 2	Hari Ke 3	Hari Ke 4	Hari Ke 5	Hari Ke 6	Hari Ke 7	
LiCl	1	0,413	1,005	1,418	1,397	1,396	1,397	1,400				
	11	0,425	1,000	1,425	1,405	1,405	1,408	1,405				
	3	0,387	1,004	1,391	1,372	1,371	1,370	1,372				
MgCl ₂	1	0,402	1,003	1,405	1,400	1,411	1,411	1,412				
	32	0,412	1,002	1,414	1,419	1,419	1,418	1,420				
	3	0,424	1,005	1,429	1,435	1,436	1,437	1,438				
K ₂ CO ₃	1	0,406	1,005	1,411	1,424	1,424	1,424	1,424				
	44	0,436	1,003	1,439	1,451	1,451	1,453	1,452				
	3	0,448	1,002	1,450	1,462	1,462	1,463	1,464				
NaCl	1	0,408	1,003	1,411	1,492	1,493	1,495	1,494				
	74	0,419	1,004	1,423	1,508	1,505	1,506	1,506				
	3	0,406	1,003	1,409	1,488	1,485	1,486	1,486				
KCl	1	0,401	1,004	1,405	1,524	1,534	1,540	1,533	1,546	1,543	1,545	
	82	0,425	1,003	1,428	1,542	1,567	1,569	1,557	1,574	1,565	1,568	
	3	0,419	1,004	1,423	1,523	1,531	1,537	1,529	1,544	1,533	1,537	
KNO ₃	1	0,431	1,005	1,436	1,615	1,651	1,602	1,656	1,663	1,658	1,654	
	90	0,408	1,005	1,413	1,595	1,600	1,609	1,604	1,618	1,616	1,616	
	3	0,427	1,004	1,431	1,625	1,646	1,646	1,655	1,634	1,638	1,639	

Lampiran 5. Data Hasil Pengukuran Berat Bahan dan Cawan Setelah di Oven pada Suhu 40°C

ERH (%)	Sampel	Berat Cawan Alumunium (g)	Berat Bahan (g) (Sebelum Oven)	Berat Bahan + Cawan (g) (Sebelum Oven)	Berat Cawan Alumunium + Bahan (g) (Setelah Oven)							
					Hari Ke 1	Hari Ke 2	Hari Ke 3	Hari Ke 4	Hari Ke 5	Hari Ke 6	Hari Ke 7	
LiCl 11	1	0,412	1,014	1,426	1,395	1,396	1,395	1,394				
	2	0,426	1,014	1,440	1,410	1,411	1,410	1,409				
	3	0,387	1,009	1,396	1,366	1,365	1,367	1,366				
MgCl ₂ 31	1	0,402	1,007	1,409	1,413	1,412	1,411	1,409				
	2	0,412	1,015	1,427	1,432	1,431	1,429	1,428				
	3	0,425	1,012	1,437	1,440	1,442	1,442	1,439				
K ₂ CO ₃ 43	1	0,407	1,017	1,424	1,423	1,425	1,425	1,423				
	2	0,436	1,014	1,450	1,449	1,449	1,452	1,449				
	3	0,448	1,008	1,456	1,455	1,458	1,457	1,455				
NaCl 73	1	0,407	1,010	1,417	1,496	1,494	1,493	1,490				
	2	0,417	1,005	1,422	1,505	1,502	1,501	1,499				
	3	0,405	1,005	1,410	1,487	1,486	1,484	1,483				
KCl 81	1	0,400	1,006	1,406	1,541	1,538	1,530	1,538	1,535	1,541	1,544	
	2	0,424	1,001	1,425	1,544	1,538	1,537	1,531	1,534	1,531	1,534	
	3	0,419	1,015	1,434	1,557	1,554	1,566	1,536	1,541	1,532	1,531	
KNO ₃ 89	1	0,430	1,000	1,430	1,611	1,601	1,609	1,608	1,607	1,603	1,607	
	2	0,407	1,002	1,409	1,609	1,598	1,603	1,600	1,605	1,608	1,605	
	3	0,425	1,003	1,428	1,593	1,615	1,634	1,624	1,603	1,602	1,601	

Lampiran 6. Data Kadar Air Kesetimbangan Tepung Rebung pada Suhu 30°C

ERH (%)	Sampel	KA Awal (%bb)	Berat Cawan (g)	Berat Sampel + Cawan (g) (Sebelum Oven)	B1	Berat Sampel + Cawan (g) (Setelah Oven)	B2	W1	Wd	W2	Me (%bb)	Rata-rata Me (%bb)	Me (%bk)	Rata-rata Me (%bk)
LiCl	1	7,945	0,412	1,426	1,014	1,398	0,986	0,081	0,933	0,039	3,955	4,004	4,118	4,171
	11	7,945	0,426	1,437	1,011	1,409	0,983	0,080	0,931	0,039	3,967	4,004	4,131	4,171
	3	7,945	0,387	1,397	1,010	1,365	0,978	0,080	0,930	0,040	4,090	4,004	4,264	4,171
MgCl ₂	1	7,945	0,402	1,405	1,003	1,383	0,981	0,080	0,923	0,068	6,932	6,940	7,448	7,458
	32	7,945	0,424	1,424	1,000	1,398	0,974	0,079	0,921	0,068	6,982	6,940	7,506	7,458
	3	7,945	0,412	1,429	1,017	1,411	0,999	0,081	0,936	0,069	6,907	6,940	7,419	7,458
K ₂ CO ₃	1	7,945	0,407	1,420	1,013	1,423	1,016	0,080	0,933	0,093	9,154	9,157	10,076	10,080
	44	7,945	0,436	1,440	1,004	1,442	1,006	0,080	0,924	0,092	9,145	9,157	10,066	10,080
	3	7,945	0,448	1,460	1,012	1,462	1,014	0,080	0,932	0,093	9,172	9,157	10,098	10,080
NaCl	1	7,945	0,407	1,417	1,010	1,503	1,096	0,080	0,930	0,146	13,309	13,495	15,352	15,601
	75	7,945	0,417	1,432	1,015	1,520	1,103	0,081	0,934	0,151	13,690	13,495	15,861	15,601
	3	7,945	0,405	1,409	1,004	1,495	1,090	0,080	0,924	0,147	13,486	13,495	15,589	15,601
KCl	1	7,945	0,400	1,417	1,017	1,560	1,160	0,081	0,936	0,221	19,052	19,012	23,536	23,475
	84	7,945	0,424	1,436	1,012	1,584	1,160	0,080	0,932	0,220	18,966	19,012	23,404	23,475
	3	7,945	0,419	1,426	1,007	1,581	1,162	0,080	0,927	0,221	19,019	19,012	23,486	23,475
KNO ₃	1	7,945	0,430	1,435	1,005	1,676	1,246	0,080	0,925	0,299	23,997	23,933	31,573	31,464
	91	7,945	0,407	1,409	1,002	1,645	1,238	0,080	0,922	0,295	23,829	23,933	31,283	31,464
	3	7,945	0,425	1,425	1,000	1,668	1,243	0,079	0,921	0,298	23,974	23,933	31,534	31,464

Lampiran 7. Data Kadar Air Kesetimbangan Tepung Rebung pada Suhu 35°C

ERH (%)	Sampel	KA Awal (%bb)	Berat Cawan (g)	Berat Sampel + Cawan (g) (Sebelum Oven)	B1	Berat Sampel + Cawan (g) (Setelah Oven)	B2	W1	Wd	W2	Me (%bb)	Rata-rata Me (%bb)	Me (%bk)	Rata-rata Me (%bk)
LiCl	1	7,649	0,413	1,418	1,005	1,400	0,987	0,077	0,928	0,036	3,647	3,591	3,785	3,724
	11	7,649	0,425	1,425	1,000	1,405	0,980	0,076	0,924	0,034	3,469	3,591	3,594	3,724
	3	7,649	0,387	1,391	1,004	1,372	0,985	0,077	0,927	0,036	3,655	3,591	3,793	3,724
MgCl ₂	1	7,649	0,402	1,405	1,003	1,412	1,010	0,077	0,926	0,065	6,436	6,431	6,878	6,874
	32	7,649	0,412	1,414	1,002	1,420	1,008	0,077	0,925	0,065	6,448	6,431	6,893	6,874
	3	7,649	0,424	1,429	1,005	1,438	1,014	0,077	0,928	0,065	6,410	6,431	6,849	6,874
K ₂ CO ₃	1	7,649	0,406	1,411	1,005	1,424	1,018	0,077	0,928	0,088	8,644	8,656	9,462	9,476
	44	7,649	0,436	1,439	1,003	1,452	1,016	0,077	0,926	0,088	8,661	8,656	9,483	9,476
	3	7,649	0,448	1,450	1,002	1,464	1,016	0,077	0,925	0,088	8,661	8,656	9,483	9,476
NaCl	1	7,649	0,408	1,411	1,003	1,494	1,086	0,077	0,926	0,143	13,168	13,126	15,164	15,110
	74	7,649	0,419	1,423	1,004	1,506	1,087	0,077	0,927	0,146	13,431	13,126	15,515	15,110
	3	7,649	0,406	1,409	1,003	1,486	1,080	0,077	0,926	0,138	12,778	13,126	14,650	15,110
KCl	1	7,649	0,401	1,405	1,004	1,545	1,144	0,077	0,927	0,208	18,182	18,268	22,222	22,351
	82	7,649	0,425	1,428	1,003	1,568	1,143	0,077	0,926	0,209	18,285	18,268	22,377	22,351
	3	7,649	0,419	1,423	1,004	1,537	1,118	0,077	0,927	0,205	18,336	18,268	22,453	22,351
KNO ₃	1	7,649	0,431	1,436	1,005	1,654	1,223	0,077	0,928	0,268	21,913	21,877	28,063	28,004
	90	7,649	0,408	1,413	1,005	1,616	1,208	0,077	0,928	0,263	21,772	21,877	27,831	28,004
	3	7,649	0,427	1,431	1,004	1,639	1,212	0,077	0,927	0,266	21,947	21,877	28,118	28,004

Lampiran 8. Data Kadar Air Kesetimbangan Tepung Rebung pada Suhu 40°C

ERH (%)	Sampel	KA Awal (%bb)	Berat Cawan (g)	Berat Sampel + Cawan (g) (Sebelum Oven)	B1	Berat Sampel + Cawan (g) (Setelah Oven)	B2	W1	Wd	W2	Me (%bb)	Rata-rata Me (%bb)	Me (%bk)	Rata-rata Me (%bk)
LiCl	1	7,561	0,412	1,426	1,014	1,394	0,982	0,077	0,937	0,030	3,055	3,023	3,151	3,117
	11	7,561	0,426	1,440	1,014	1,409	0,983	0,077	0,937	0,030	3,052	3,023	3,148	3,117
	3	7,561	0,387	1,396	1,009	1,366	0,979	0,076	0,933	0,029	2,962	3,023	3,053	3,117
MgCl ₂	1	7,561	0,402	1,409	1,007	1,409	1,007	0,076	0,931	0,060	5,958	5,894	6,336	6,263
	31	7,561	0,412	1,427	1,015	1,428	1,016	0,077	0,938	0,060	5,906	5,894	6,276	6,263
	3	7,561	0,425	1,437	1,012	1,439	1,014	0,077	0,935	0,059	5,819	5,894	6,178	6,263
K ₂ CO ₃	1	7,561	0,407	1,424	1,017	1,423	1,016	0,077	0,940	0,078	7,677	7,543	8,316	8,158
	43	7,561	0,436	1,450	1,014	1,449	1,013	0,077	0,937	0,075	7,404	7,543	7,996	8,158
	3	7,561	0,448	1,456	1,008	1,455	1,007	0,076	0,932	0,076	7,547	7,543	8,163	8,158
NaCl	1	7,561	0,407	1,417	1,010	1,490	1,083	0,076	0,934	0,122	11,265	11,317	12,695	12,761
	73	7,561	0,417	1,422	1,005	1,499	1,082	0,076	0,929	0,124	11,460	11,317	12,944	12,761
	3	7,561	0,405	1,410	1,005	1,483	1,078	0,076	0,929	0,121	11,224	11,317	12,644	12,761
KCl	1	7,561	0,400	1,406	1,006	1,544	1,144	0,076	0,930	0,187	16,346	16,280	19,540	19,446
	81	7,561	0,424	1,425	1,001	1,534	1,110	0,076	0,925	0,179	16,126	16,280	19,227	19,446
	3	7,561	0,419	1,434	1,015	1,531	1,112	0,077	0,938	0,182	16,367	16,280	19,570	19,446
KNO ₃	1	7,561	0,430	1,430	1,000	1,607	1,177	0,076	0,924	0,238	20,221	20,164	25,346	25,256
	89	7,561	0,407	1,409	1,002	1,605	1,198	0,076	0,926	0,241	20,117	20,164	25,183	25,256
	3	7,561	0,425	1,428	1,003	1,601	1,176	0,076	0,927	0,237	20,153	20,164	25,240	25,256

Keterangan :

B1 = berat awal bahan (g)

B2 = berat akhir bahan (g)

W1 = berat air bahan (g)

W2 = berat air bahan setelah di oven pada suhu 30, 35, dan 40°C (g)

Wd = berat solid (g)

Contoh perhitungan pada suhu 30°C

W1 = KA awal x B1

$$= 7,945 \times 1,014$$

$$= 0,081$$

Wd = B1 - W1

$$= 1,014 - 0,081$$

$$= 0,933$$

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

$$= \frac{0,039}{0,947} \times 100\%$$

$$= 4,118 \text{ (%bk)}$$

Lampiran 9. Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung Menggunakan Persamaan Chung P-Fost

9.1 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung pada Suhu 30°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	Me Obs (%bk)
11,11	0,111	-2,198	2,198	0,787	4,171
32,32	0,323	-1,129	1,129	0,122	7,458
43,97	0,440	-0,822	0,822	-0,196	10,080
75,21	0,752	-0,285	0,285	-1,256	15,601
83,74	0,837	-0,178	0,178	-1,729	23,475
91,04	0,910	-0,094	0,094	-2,366	31,464

Persamaan regresi : $y = -8,425x + 8,862$

$$R^2 = 0,951$$

9.2 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung pada Suhu 35°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	Me Obs (%bk)
10,81	0,108	-2,224	2,224	0,799	3,724
31,80	0,318	-1,146	1,146	0,136	6,874
43,63	0,436	-0,829	0,829	-0,187	9,476
74,30	0,743	-0,297	0,297	-1,214	15,110
82,11	0,821	-0,197	0,197	-1,624	22,351
89,85	0,899	-0,107	0,107	-2,235	28,004

Persamaan regresi : $y = -7,997x + 8,492$

$$R^2 = 0,963$$

9.3 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung pada Suhu 40°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	Me Obs (%bk)
10,54	0,105	-2,250	2,250	0,811	3,117
31,31	0,313	-1,161	1,161	0,150	6,263
43,30	0,433	-0,837	0,837	-0,178	8,158
73,42	0,734	-0,309	0,309	-1,174	12,761
80,56	0,806	-0,216	0,216	-1,532	19,446
88,72	0,887	-0,120	0,120	-2,123	25,256

Persamaan regresi : $y = -7,367x + 7,531$

$$R^2 = 0,945$$

Keterangan :

ERH = kelembapan relatif setimbang (%)

aw = aktifitas air (ERH/100)

Me = kadar air kesetimbangan (%bk)

x = Me observasi (%bk)

y = ln (-ln aw)

Lampiran 10. Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung Menggunakan Persamaan Oswin

10.1 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung pada Suhu 30°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln (aw/(1-aw))	Me Obs (%bk)	ln Me Obs (%bk)
11,11	0,111	0,889	0,125	-2,080	4,171	1,428
32,32	0,323	0,677	0,478	-0,739	7,458	2,009
43,97	0,440	0,560	0,785	-0,242	10,080	2,311
75,21	0,752	0,248	3,034	1,110	15,601	2,747
83,74	0,837	0,163	5,150	1,639	23,475	3,156
91,04	0,910	0,090	10,158	2,318	31,464	3,449

Persamaan regresi : $y = 0,454x + 2,364$
 $R^2 = 0,992$

10.2 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung pada Suhu 35°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln (aw/(1-aw))	Me Obs (%bk)	ln Me Obs (%bk)
10,81	0,108	0,892	0,121	-2,110	3,724	1,315
31,80	0,318	0,682	0,466	-0,763	6,874	1,928
43,63	0,436	0,564	0,774	-0,256	9,476	2,249
74,30	0,743	0,257	2,890	1,061	15,110	2,715
82,11	0,821	0,179	4,589	1,524	22,351	3,107
89,85	0,899	0,101	8,857	2,181	28,004	3,332

Persamaan regresi : $y = 0,471x + 2,312$
 $R^2 = 0,993$

10.3 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung pada Suhu 40°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln (aw/(1-aw))	Me Obs (%bk)	ln Me Obs (%bk)
10,54	0,105	0,895	0,118	-2,139	3,117	1,137
31,31	0,313	0,687	0,456	-0,786	6,263	1,835
43,30	0,433	0,567	0,764	-0,270	8,158	2,099
73,42	0,734	0,266	2,762	1,016	12,761	2,546
80,56	0,806	0,194	4,144	1,422	19,446	2,968
88,72	0,887	0,113	7,868	2,063	25,256	3,229

Persamaan regresi : $y = 0,489x + 2,195$
 $R^2 = 0,990$

Keterangan :

ERH = kelembapan relatif setimbang (%)

aw = aktifitas air (ERH/100)

Me = kadar air kesetimbangan (%bk)

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

y = $\ln Me$ observasi (%bk)

Lampiran 11. Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung Menggunakan Persamaan Smith

11.1 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung pada Suhu 30°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	ln (1-aw)	Me Obs (%bk)
11,11	0,111	0,889	-0,118	4,171
32,32	0,323	0,677	-0,390	7,458
43,97	0,440	0,560	-0,579	10,080
75,21	0,752	0,248	-1,395	15,601
83,74	0,837	0,163	-1,816	23,475
91,04	0,910	0,090	-2,412	31,464

Persamaan regresi : $y = -11,42x + 2,600$

$$R^2 = 0,979$$

11.2 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung pada Suhu 35°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	ln (1-aw)	Me Obs (%bk)
10,81	0,108	0,892	-0,114	3,724
31,80	0,318	0,682	-0,383	6,874
43,63	0,436	0,564	-0,573	9,476
74,30	0,743	0,257	-1,359	15,110
82,11	0,821	0,179	-1,721	22,351
89,85	0,899	0,101	-2,288	28,004

Persamaan regresi : $y = -10,97x + 2,476$

$$R^2 = 0,984$$

11.3 Data Analisis Regresi Kadar Air Tepung Rebung pada Suhu 40°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	ln (1-aw)	Me Obs (%bk)
10,54	0,105	0,895	-0,111	3,117
31,31	0,313	0,687	-0,376	6,263
43,30	0,433	0,567	-0,567	8,158
73,42	0,734	0,266	-1,325	12,761
80,56	0,806	0,194	-1,638	19,446
88,72	0,887	0,113	-2,182	25,256

Persamaan regresi : $y = -10,30x + 1,851$

$$R^2 = 0,973$$

Keterangan :

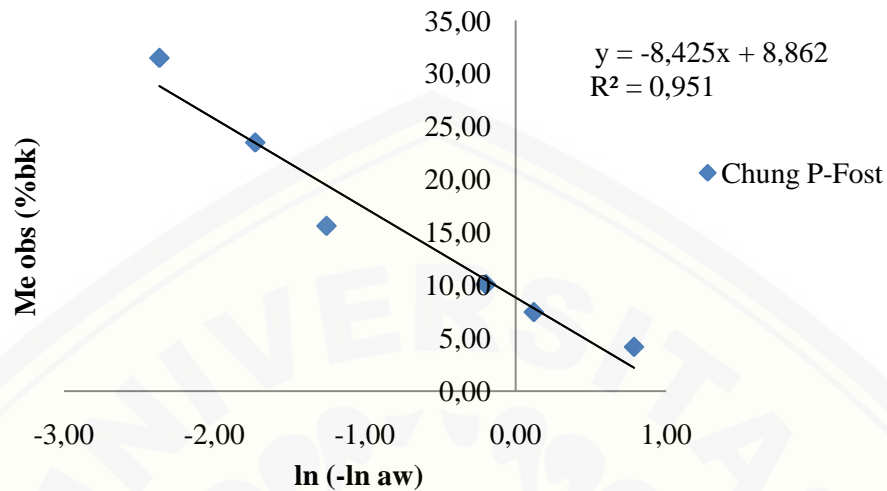
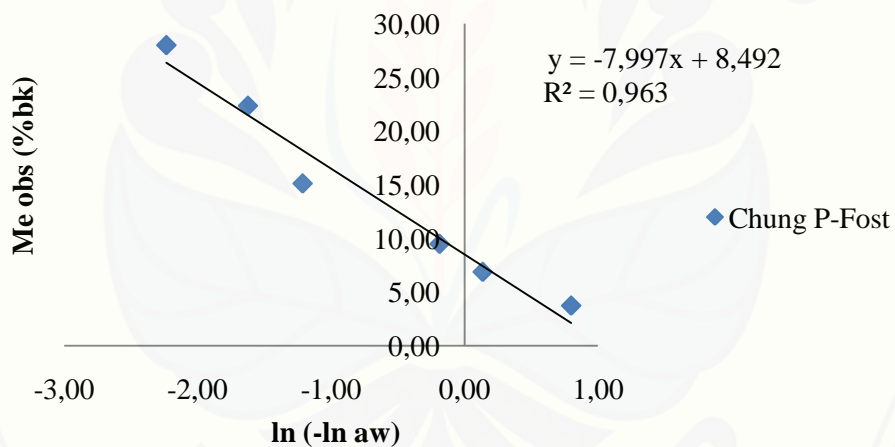
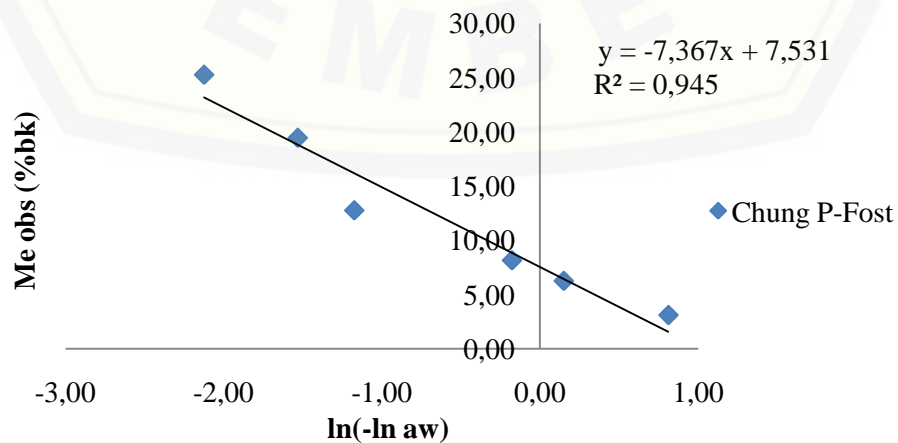
ERH = kelembapan relatif setimbang (%)

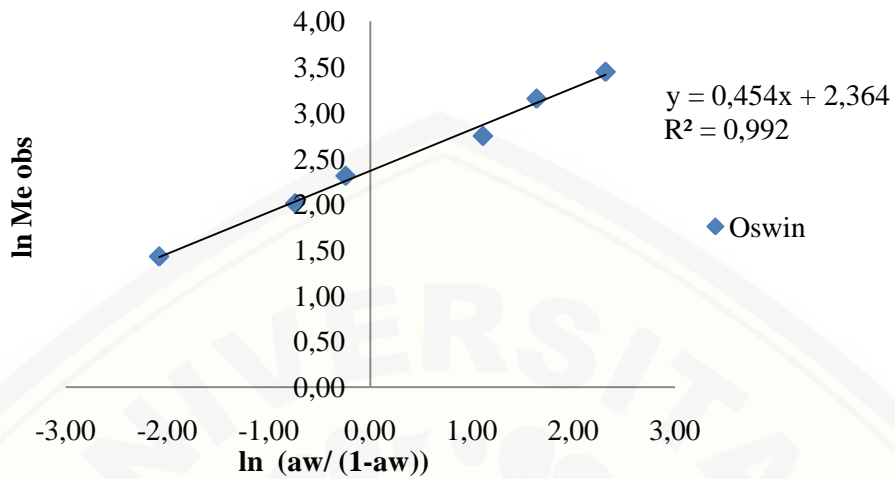
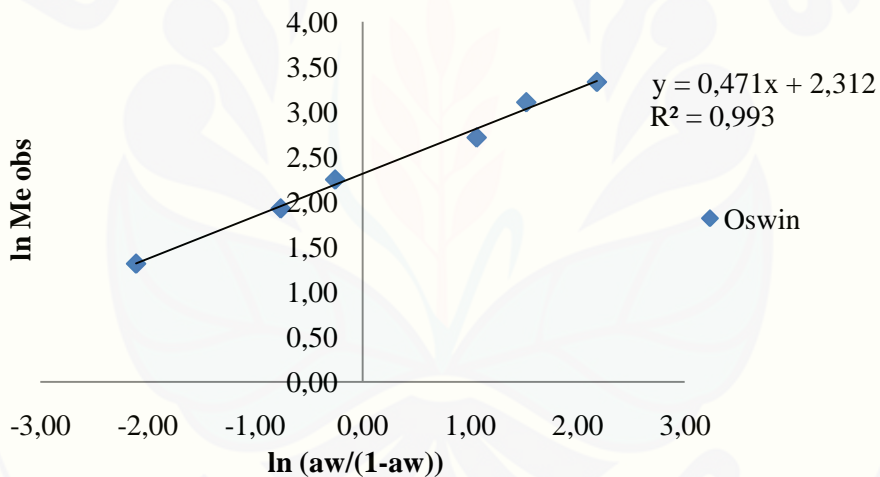
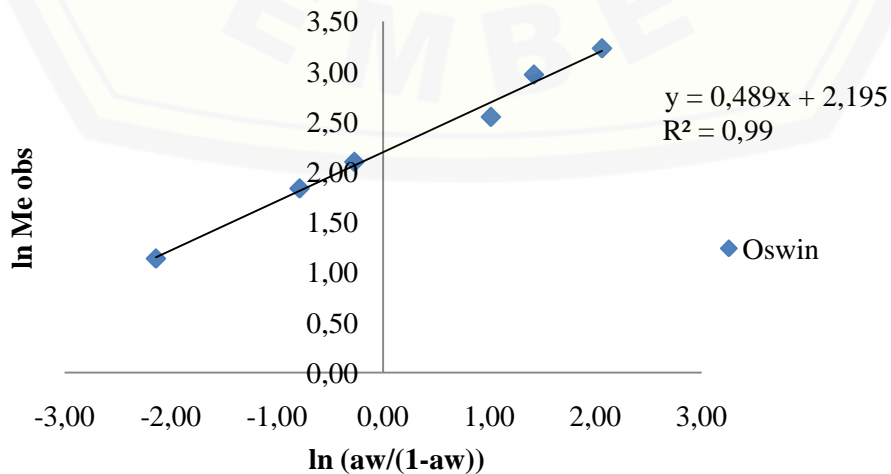
aw = aktifitas air (ERH/100)

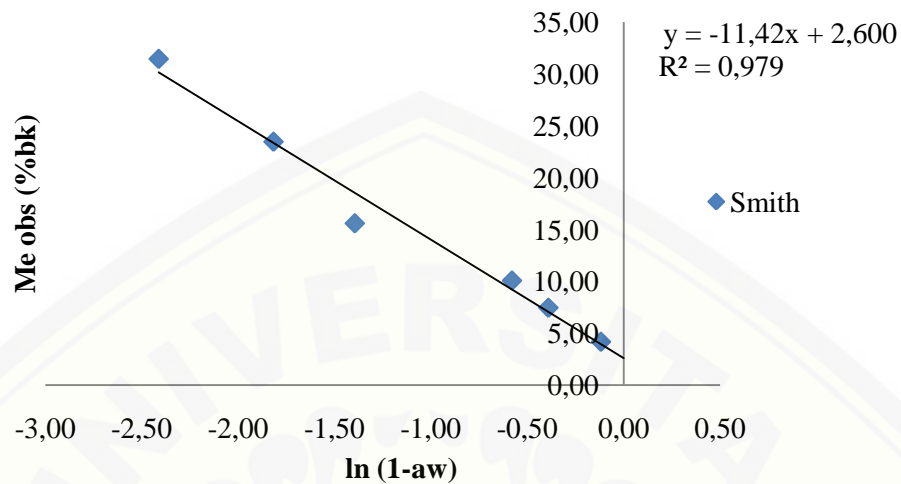
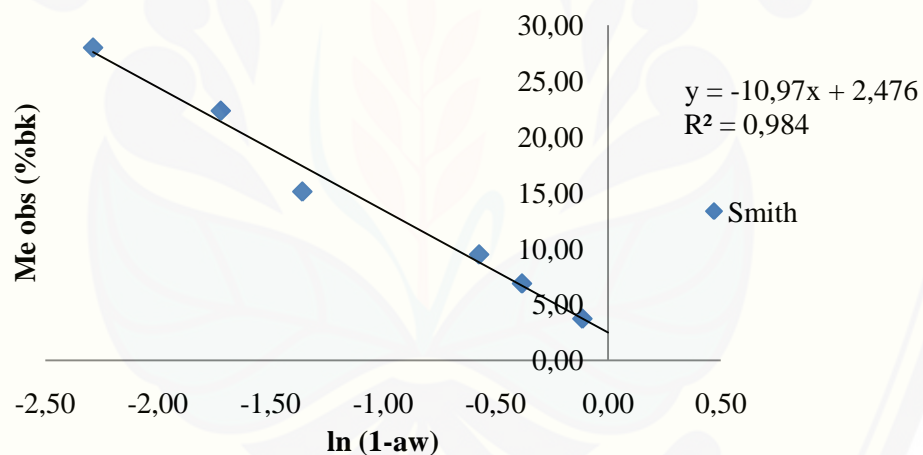
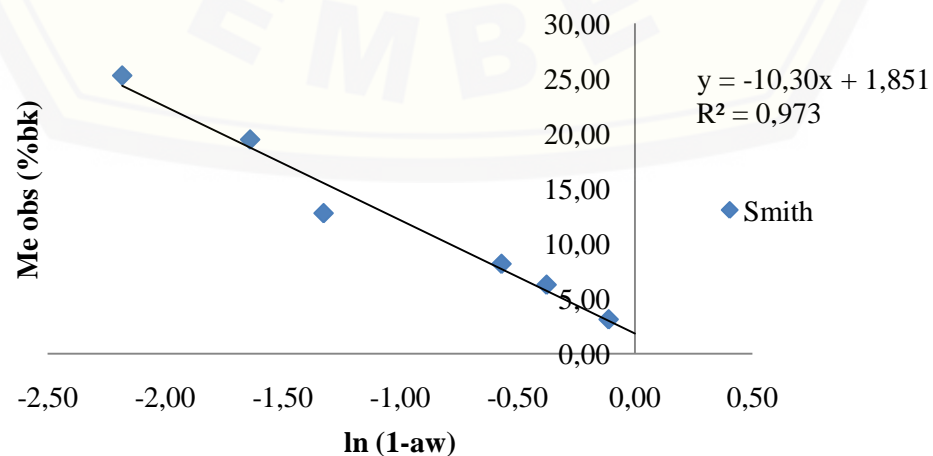
Me = kadar air kesetimbangan (%bk)

x = ln (1-aw)

y = Me observasi (%bk)

Lampiran 12. Grafik Persamaan Regresi Model Chung P-Fost pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C**12.1 Grafik Persamaan Regresi Model Chung P-Fost Pada Suhu 30°C****12.2 Grafik Persamaan Regresi Model Chung P-Fost Pada Suhu 35°C****12.3 Grafik Persamaan Regresi Model Chung P-Fost Pada Suhu 40°C**

Lampiran 13. Grafik Persamaan Regresi Model Oswin pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C**13.1 Grafik Persamaan Regresi Model Oswin Pada Suhu 30°C****13.2 Grafik Persamaan Regresi Model Oswin Pada Suhu 35°C****13.3 Grafik Persamaan Regresi Model Oswin Pada Suhu 40°C**

Lampiran 14. Grafik Persamaan Regresi Model Smith pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C**14.1 Grafik Persamaan Regresi Model Smith Pada Suhu 30°C****14.2 Grafik Persamaan Regresi Model Smith Pada Suhu 35°C****14.3 Grafik Persamaan Regresi Model Smith Pada Suhu 40°C**

Lampiran 15. Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi Menggunakan Persamaan Chung P-Fost

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

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	ln A	A	B	Me Pred (%bk)
11,11	0,111	-2,198	2,198	0,787	1,052	2,863	0,119	2,229
32,32	0,323	-1,129	1,129	0,122	1,052	2,863	0,119	7,837
43,97	0,440	-0,822	0,822	-0,196	1,052	2,863	0,119	10,517
75,21	0,752	-0,285	0,285	-1,256	1,052	2,863	0,119	19,442
83,74	0,837	-0,177	0,177	-1,729	1,052	2,863	0,119	23,429
91,04	0,910	-0,094	0,094	-2,366	1,052	2,863	0,119	28,792

15.2 Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi pada Suhu 35°C

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	ln A	A	B	Me Pred (%bk)
10,81	0,108	-2,224	2,224	0,799	1,062	2,892	0,125	2,099
31,80	0,318	-1,146	1,146	0,136	1,062	2,892	0,125	7,405
43,63	0,436	-0,829	0,829	-0,187	1,062	2,892	0,125	9,987
74,30	0,743	-0,297	0,297	-1,214	1,062	2,892	0,125	18,197
82,11	0,821	-0,197	0,197	-1,624	1,062	2,892	0,125	21,478
89,85	0,899	-0,107	0,107	-2,235	1,062	2,892	0,125	26,366

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

ERH (%)	aw	ln aw	(-ln aw)	ln(-ln aw)	ln A	A	B	Me Pred (%bk)
10,54	0,105	-2,250	2,250	0,811	1,022	2,779	0,136	1,556
31,31	0,313	-1,161	1,161	0,150	1,022	2,779	0,136	6,429
43,30	0,433	-0,837	0,837	-0,178	1,022	2,779	0,136	8,842
73,42	0,734	-0,309	0,309	-1,174	1,022	2,779	0,136	16,183
80,56	0,806	-0,216	0,216	-1,532	1,022	2,779	0,136	18,814
88,72	0,887	-0,120	0,120	-2,123	1,022	2,779	0,136	23,173

Keterangan:

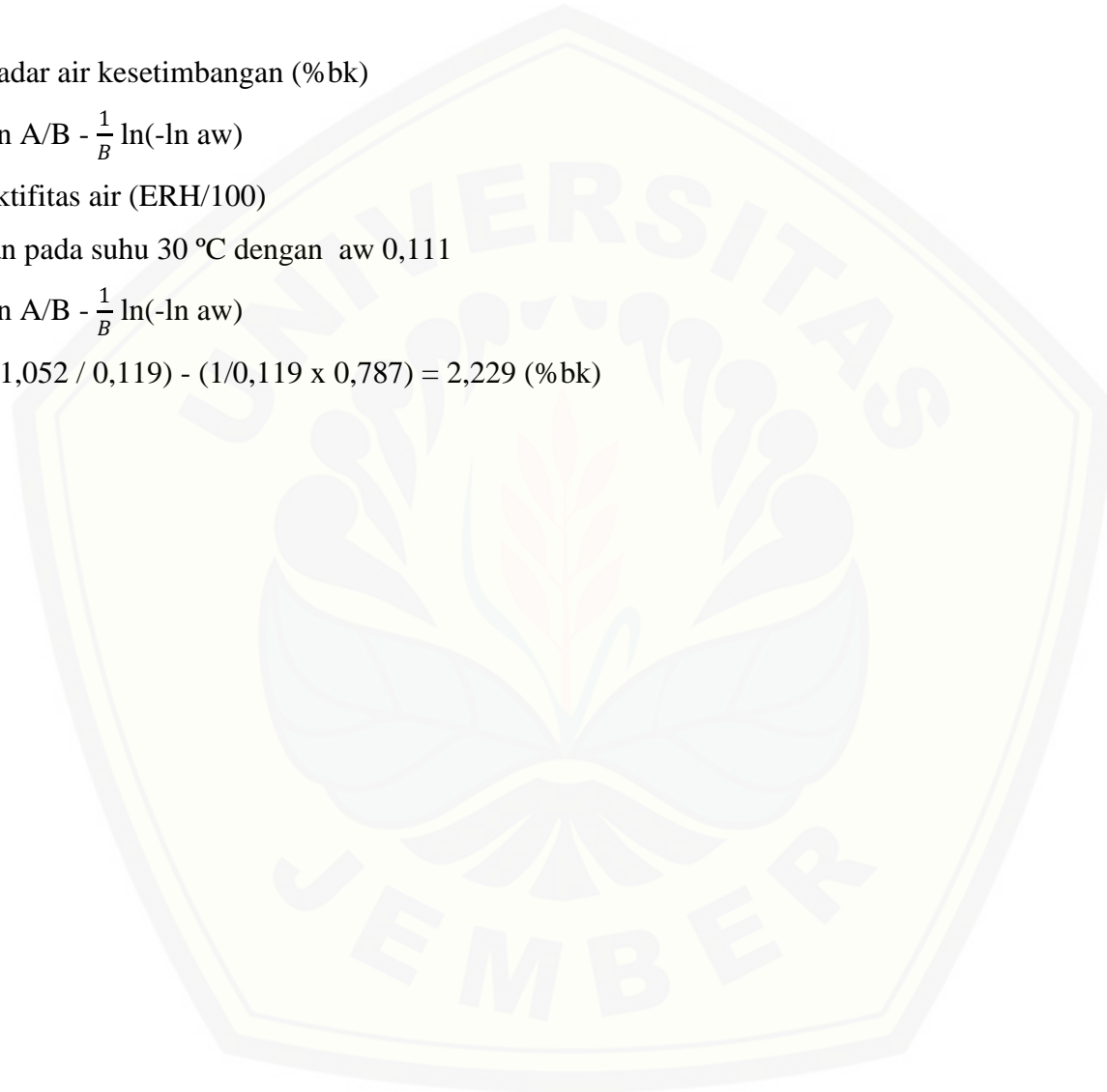
Me pred = kadar air kesetimbangan (%bk)

Me pred = $\ln A/B - \frac{1}{B} \ln(-\ln a_w)$

a_w = aktifitas air (ERH/100)

Contoh perhitungan pada suhu 30 °C dengan a_w 0,111

Me pred = $\ln A/B - \frac{1}{B} \ln(-\ln a_w)$
= $(1,052 / 0,119) - (1/0,119 \times 0,787) = 2,229$ (%bk)



Lampiran 16. Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi Menggunakan Persamaan Oswin**16.1 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 (%bk)
11,11	0,111	0,889	0,125	-2,080	2,364	10,633	0,454	4,136
32,32	0,323	0,677	0,478	-0,739	2,364	10,633	0,454	7,603
43,97	0,440	0,560	0,785	-0,242	2,364	10,633	0,454	9,525
75,21	0,752	0,248	3,034	1,110	2,364	10,633	0,454	17,600
83,74	0,837	0,163	5,150	1,639	2,364	10,633	0,454	22,378
91,04	0,910	0,090	10,158	2,318	2,364	10,633	0,454	30,462

16.2 Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi pada Suhu 35°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	aw/(1-aw)	ln (aw/(1-aw))	ln A	A	B	Me Pred (%bk)
10,81	0,108	0,892	0,121	-2,110	2,312	10,095	0,471	3,737
31,80	0,318	0,682	0,466	-0,763	2,312	10,095	0,471	7,048
43,63	0,436	0,564	0,774	-0,256	2,312	10,095	0,471	8,947
74,30	0,743	0,257	2,890	1,061	2,312	10,095	0,471	16,642
82,11	0,821	0,179	4,589	1,524	2,312	10,095	0,471	20,690
89,85	0,899	0,101	8,857	2,181	2,312	10,095	0,471	28,200

16.3 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 (%bk)
10,54	0,105	0,895	0,118	-2,139	2,195	8,980	0,498	3,155
31,31	0,313	0,687	0,456	-0,786	2,195	8,980	0,498	6,115
43,30	0,433	0,567	0,764	-0,270	2,195	8,980	0,498	7,871
73,42	0,734	0,266	2,762	1,016	2,195	8,980	0,498	14,759
80,56	0,806	0,194	4,144	1,422	2,195	8,980	0,498	17,996
88,72	0,887	0,113	7,868	2,063	2,195	8,980	0,498	24,624

Keterangan:

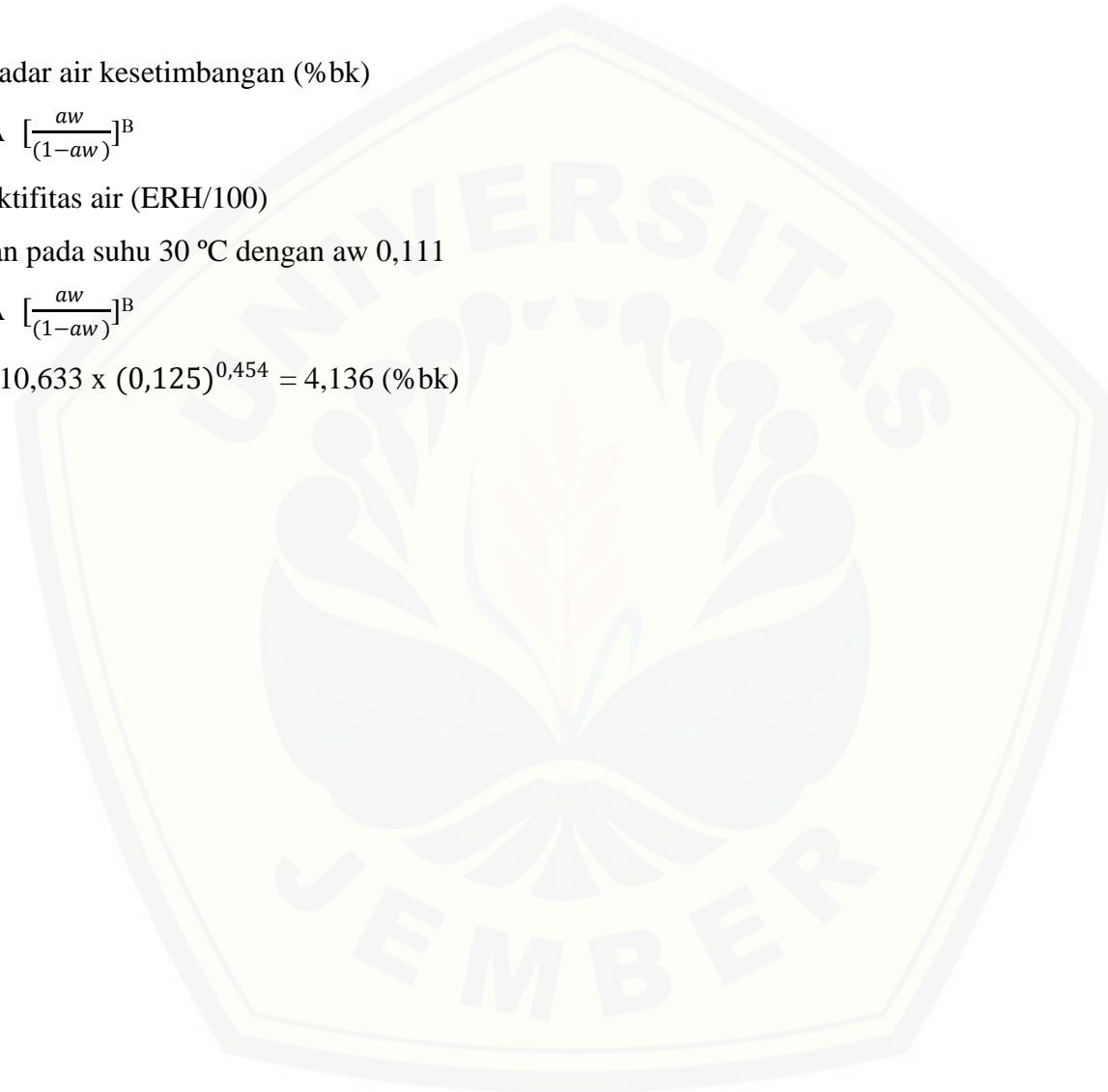
Me pred = kadar air kesetimbangan (%bk)

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

aw = aktifitas air (ERH/100)

Contoh perhitungan pada suhu 30 °C dengan aw 0,111

$$\begin{aligned} \text{Me Pred} &= A \left[\frac{aw}{(1-aw)} \right]^B \\ &= 10,633 \times (0,125)^{0,454} = 4,136 \text{ (%bk)} \end{aligned}$$



Lampiran 17. Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi Menggunakan Persamaan Smith

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

ERH (%)	aw	(1-aw)	ln (1-aw)	A	B	Me Pred (%bk)
11,11	0,111	0,889	-0,118	2,600	11,42	3,945
32,32	0,323	0,677	-0,390	2,600	11,42	7,059
43,97	0,440	0,560	-0,579	2,600	11,42	9,215
75,21	0,752	0,248	-1,395	2,600	11,42	18,529
83,74	0,837	0,163	-1,816	2,600	11,42	23,343
91,04	0,910	0,090	-2,412	2,600	11,42	30,147

17.2 Data Analisis Kadar Air Kesetimbangan Prediksi pada Suhu 35°C

ERH (%)	aw	(1-aw)	ln (1-aw)	A	B	Me Pred (%bk)
10,81	0,108	0,892	-0,114	2,476	10,97	3,731
31,80	0,318	0,682	-0,383	2,476	10,97	6,675
43,63	0,436	0,564	-0,573	2,476	10,97	8,764
74,30	0,743	0,257	-1,359	2,476	10,97	17,379
82,11	0,821	0,179	-1,721	2,476	10,97	21,353
89,85	0,899	0,101	-2,288	2,476	10,97	27,577

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

ERH (%)	aw	(1-aw)	ln (1-aw)	A	B	Me Pred (%bk)
10,54	0,105	0,895	-0,111	1,851	10,30	2,998
31,31	0,313	0,687	-0,376	1,851	10,30	5,719
43,30	0,433	0,567	-0,567	1,851	10,30	7,696
73,42	0,734	0,266	-1,325	1,851	10,30	15,499
80,56	0,806	0,194	-1,638	1,851	10,30	18,720
88,72	0,887	0,113	-2,182	1,851	10,30	24,331

Keterangan:

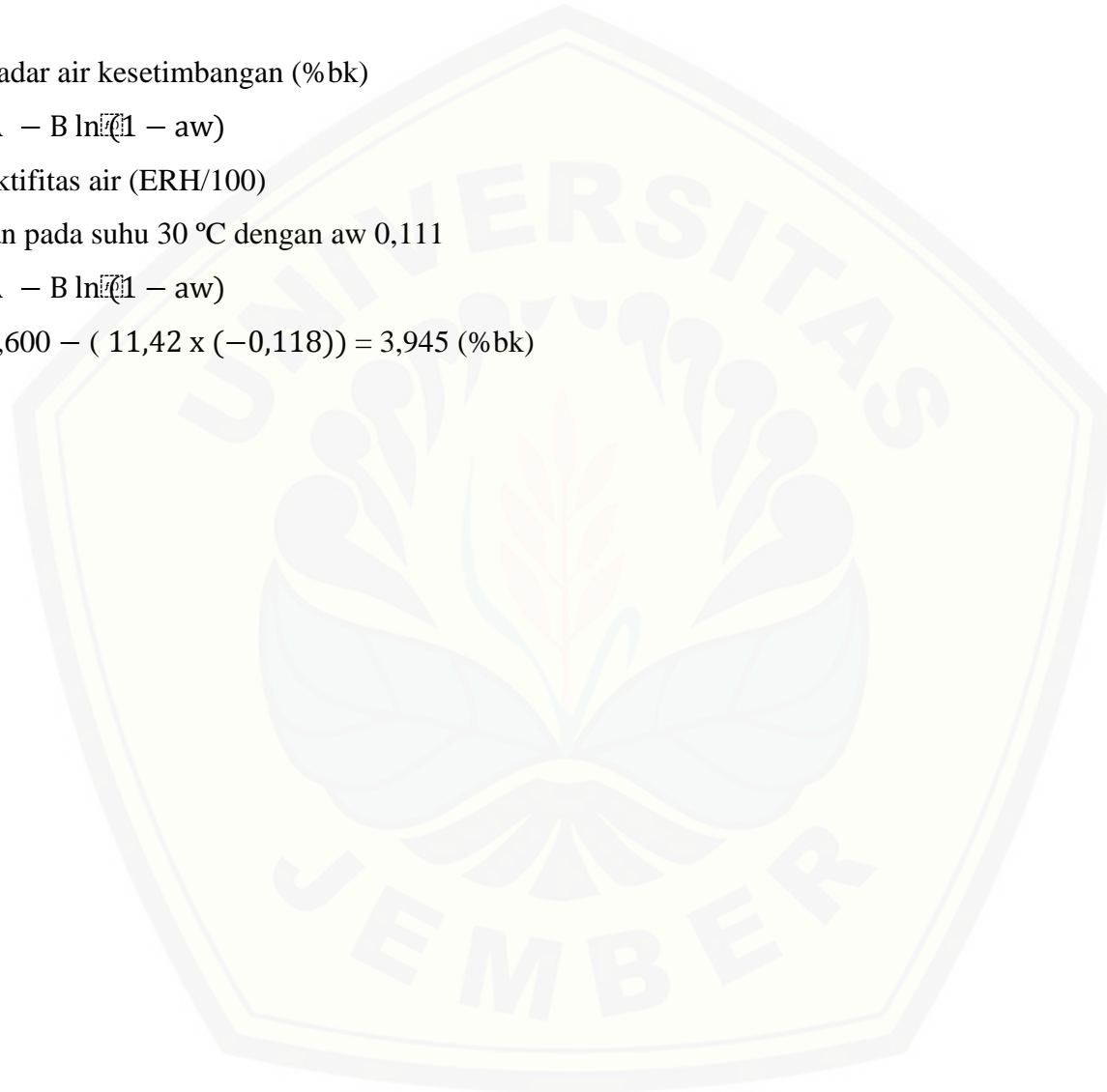
Me pred = kadar air kesetimbangan (%bk)

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

aw = aktifitas air (ERH/100)

Contoh perhitungan pada suhu 30 °C dengan aw 0,111

Me pred = $A - B \ln(1 - aw)$
= $2,600 - (11,42 \times (-0,118)) = 3,945$ (%bk)



Lampiran 18. Koefisien Determinasi Persamaan Chung P- Fost pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C

Suhu (°C)	Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\overline{\text{Me Obs}}$ (%bk)	G	ΣG	H	ΣH	1- ($\Sigma G / \Sigma H$)
30	4,171	2,229	15,374	3,774	26,003	125,502	540,755	0,952
	7,458	7,837		0,144		62,671		
	10,080	10,517		0,191		28,031		
	15,601	19,442		14,753		0,051		
	23,475	23,429		0,002		65,627		
	31,464	28,792		7,139		258,872		
35	3,724	2,099	14,256	2,643	16,164	110,905	443,528	0,964
	6,874	7,405		0,283		54,494		
	9,476	9,987		0,262		22,844		
	15,110	18,197		9,533		0,730		
	22,351	21,478		0,762		65,535		
	28,004	26,366		2,682		189,020		
40	3,117	1,556	12,500	2,438	19,385	88,031	356,813	0,946
	6,263	6,429		0,028		38,893		
	8,158	8,842		0,468		18,849		
	12,761	16,183		11,715		0,068		
	19,446	18,814		0,398		48,245		
	25,256	23,173		4,339		162,727		

Keterangan :

G = (Me pred – Me obs)²

H = (Me obs – $\overline{\text{Me obs}}$)²

Me pred = nilai kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

Me obs = nilai kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

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

Lampiran 19. Koefisien Determinasi Persamaan Oswin pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C

Suhu (°C)	Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\overline{\text{Me Obs}}$ (%bk)	G	ΣG	H	ΣH	$1 - (\Sigma G / \Sigma H)$
30	4,171	4,136	15,284	0,001	6,535	123,493	540,805	0,988
	7,458	7,603		0,021		61,254		
	10,080	9,525		0,308		27,085		
	15,601	17,600		3,998		0,100		
	23,475	22,378		1,204		67,094		
	31,464	30,462		1,003		261,777		
35	3,724	3,737	14,211	0,000	5,455	109,962	443,541	0,988
	6,874	7,048		0,030		53,833		
	9,476	8,947		0,280		22,417		
	15,110	16,642		2,347		0,809		
	22,351	20,690		2,759		66,263		
	28,004	28,200		0,039		190,257		
40	3,117	3,155	12,420	0,001	6,598	86,543	356,851	0,982
	6,263	6,115		0,022		37,906		
	8,158	7,871		0,082		18,164		
	12,761	14,759		3,992		0,116		
	19,446	17,996		2,101		49,357		
	25,256	24,624		0,399		164,765		

Keterangan :

G = $(\text{Me pred} - \text{Me obs})^2$ H = $(\text{Me obs} - \overline{\text{Me obs}})^2$

Me pred = nilai kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

Me obs = nilai kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

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

Lampiran 20. Koefisien Determinasi Persamaan Smith pada Suhu Penyimpanan 30,35, dan 40°C

Suhu (°C)	Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\overline{\text{Me Obs}}$ (%bk)	G	ΣG	H	ΣH	1- ($\Sigma G / \Sigma H$)
30	4,171	3,945	15,373	0,051	11,283	125,475	540,755	0,979
	7,458	7,059		0,159		62,651		
	10,080	9,215		0,747		28,017		
	15,601	18,529		8,573		0,052		
	23,475	23,343		0,017		65,648		
	31,464	30,147		1,735		258,913		
35	3,724	3,731	14,247	0,000	6,873	110,719	443,529	0,985
	6,874	6,675		0,039		54,363		
	9,476	8,764		0,507		22,759		
	15,110	17,379		5,149		0,745		
	22,351	21,353		0,995		65,678		
	28,004	27,577		0,182		189,264		
40	3,117	2,998	12,494	0,014	9,403	87,916	356,813	0,974
	6,263	5,719		0,296		38,817		
	8,158	7,696		0,214		18,796		
	12,761	15,499		7,495		0,071		
	19,446	18,720		0,527		48,330		
	25,256	24,331		0,856		162,883		

Keterangan :

G = (Me pred – Me obs)²H = (Me obs – $\overline{\text{Me obs}}$)²

Me pred = nilai kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

Me obs = nilai kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

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

Lampiran 21. *Root Mean Square Error* Persamaan Chung P-Fost pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C

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

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	RMSE (%bk)
4,171	2,229	0,629	4,334	2,082
7,458	7,837	0,024		
10,080	10,517	0,032		
15,601	19,442	2,459		
23,475	23,429	0,000		
31,464	28,792	1,190		

21.2 *Root Mean Square Error* pada Suhu 35°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	RMSE (%bk)
3,724	2,099	0,440	2,694	1,641
6,874	7,405	0,047		
9,476	9,987	0,044		
15,110	18,197	1,589		
22,351	21,478	0,127		
28,004	26,366	0,447		

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

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	RMSE (%bk)
3,117	1,556	0,406	3,231	1,797
6,263	6,429	0,005		
8,158	8,842	0,078		
12,761	16,183	1,952		
19,446	18,814	0,066		
25,256	23,173	0,723		

Keterangan :

RMSE = *root mean square error* (%bk)

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

N = jumlah data

Me obs = kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

Me pred = kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

Lampiran 22. Root Mean Square Error Persamaan Oswin pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C

22.1 Root Mean Square Error pada Suhu 30°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	RMSE (%bk)
4,171	4,136	0,0002		
7,458	7,603	0,0035		
10,080	9,525	0,0513		
15,601	17,600	0,6663	1,089	1,044
23,475	22,378	0,2006		
31,464	30,462	0,1672		

22.2 Root Mean Square Error pada Suhu 35°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	RMSE (%bk)
3,724	3,737	0,00003		
6,874	7,048	0,0051		
9,476	8,947	0,0466		
15,110	16,642	0,3912	0,909	0,954
22,351	20,690	0,4598		
28,004	28,200	0,0064		

22.3 Root Mean Square Error pada Suhu 40°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	RMSE (%bk)
3,117	3,155	0,0002		
6,263	6,115	0,004		
8,158	7,871	0,014		
12,761	14,759	0,665	1,100	1,049
19,446	17,996	0,350		
25,256	24,624	0,067		

Keterangan :

RMSE = root mean square error (%bk)

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

N = jumlah data

Me obs = kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

Me pred = kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

Lampiran 23. Root Mean Square Error Persamaan Smith pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C

23.1 Root Mean Square Error pada Suhu 30°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	RMSE (%bk)
4,171	3,945	0,009		
7,458	7,059	0,026		
10,080	9,215	0,125		
15,601	18,529	1,429	1,880	1,371
23,475	23,343	0,003		
31,464	30,147	0,289		

23.2 Root Mean Square Error pada Suhu 35°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	RMSE(%bk)
3,724	3,731	0,000		
6,874	6,675	0,007		
9,476	8,764	0,084		
15,110	17,379	0,858	1,145	1,070
22,351	21,353	0,166		
28,004	27,577	0,030		

23.3 Root Mean Square Error pada Suhu 40°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred } (\% \text{bk}) - \text{Me Obs } (\% \text{bk}))^2}{N}$	RMSE (%bk)
3,117	2,998	0,0024		
6,263	5,719	0,0494		
8,158	7,696	0,0357		
12,761	15,499	1,2492	1,567	1,252
19,446	18,720	0,0878		
25,256	24,331	0,1427		

Keterangan :

RMSE = *root mean square error* (%bk)

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

N = jumlah data

Me obs = kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

Me pred = kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

Lampiran 24. *Mean Relatif Percent Error* Persamaan Chung P-Fost pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C

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

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Pred\ (\%bk) - Me\ Obs\ (\%bk) }{Me\ Obs\ (\%bk)}$	$\sum \frac{ Me\ Pred\ (\%bk) - Me\ Obs\ (\%bk) }{Me\ Obs\ (\%bk)}$	P (%)
4,171	2,229	0,466		
7,458	7,837	0,051		
10,080	10,517	0,043	0,893	14,884
15,601	19,442	0,246		
23,475	23,429	0,002		
31,464	28,792	0,085		

24.2 *Mean Relatif Percent Error* pada Suhu 35°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Pred\ (\%bk) - Me\ Obs\ (\%bk) }{Me\ Obs\ (\%bk)}$	$\sum \frac{ Me\ Pred\ (\%bk) - Me\ Obs\ (\%bk) }{Me\ Obs\ (\%bk)}$	P (%)
3,724	2,099	0,436		
6,874	7,405	0,077		
9,476	9,987	0,054	0,870	14,495
15,110	18,197	0,204		
22,351	21,478	0,039		
28,004	26,366	0,058		

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

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Pred\ (\%bk) - Me\ Obs\ (\%bk) }{Me\ Obs\ (\%bk)}$	$\sum \frac{ Me\ Pred\ (\%bk) - Me\ Obs\ (\%bk) }{Me\ Obs\ (\%bk)}$	P (%)
3,117	1,556	0,5009		
6,263	6,429	0,0265		
8,158	8,842	0,0838	0,994	16,573
12,761	16,183	0,2682		
19,446	18,814	0,0325		
25,256	23,173	0,0825		

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 25. Mean Relatif Percent Error Persamaan Oswin pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C

25.1 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 30°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Pred\ (%bk) - Me\ Obs\ (%bk) }{Me\ Obs\ (%bk)}$	$\sum \frac{ Me\ Pred\ (%bk) - Me\ Obs\ (%bk) }{Me\ Obs\ (%bk)}$	P (%)
4,171	4,136	0,008		
7,458	7,603	0,019		
10,080	9,525	0,055		
15,601	17,600	0,128	0,290	4,828
23,475	22,378	0,047		
31,464	30,462	0,032		

25.2 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 35°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Pred\ (%bk) - Me\ Obs\ (%bk) }{Me\ Obs\ (%bk)}$	$\sum \frac{ Me\ Pred\ (%bk) - Me\ Obs\ (%bk) }{Me\ Obs\ (%bk)}$	P (%)
3,724	3,737	0,003		
6,874	7,048	0,025		
9,476	8,947	0,056		
15,110	16,642	0,101	0,267	4,455
22,351	20,690	0,074		
28,004	28,200	0,007		

25.3 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 40°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Pred\ (%bk) - Me\ Obs\ (%bk) }{Me\ Obs\ (%bk)}$	$\sum \frac{ Me\ Pred\ (%bk) - Me\ Obs\ (%bk) }{Me\ Obs\ (%bk)}$	P (%)
3,1173	3,155	0,012		
6,2633	6,115	0,024		
8,1582	7,871	0,035		
12,7608	14,759	0,157	0,327	5,452
19,4456	17,996	0,075		
25,2562	24,624	0,025		

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 26. Mean Relatif Percent Error Persamaan Smith pada Suhu Penyimpanan 30, 35, dan 40°C

26.1 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 30°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Pred\ (\%bk) - Me\ Obs\ (\%bk) }{Me\ Obs\ (\%bk)}$	$\sum \frac{ Me\ Obs - Me\ Obs\ Pred }{Me\ Obs}$	P (%)
4,171	3,945	0,054		
7,458	7,059	0,053		
10,080	9,215	0,086		
15,601	18,529	0,188	0,429	7,146
23,475	23,343	0,006		
31,464	30,147	0,042		

26.2 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 35°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Pred\ (\%bk) - Me\ Obs\ (\%bk) }{Me\ Obs\ (\%bk)}$	$\sum \frac{ Me\ Obs - Me\ Pred }{Me\ Obs}$	P (%)
3,724	3,731	0,002		
6,874	6,675	0,029		
9,476	8,764	0,075		
15,110	17,379	0,150	0,316	5,266
22,351	21,353	0,045		
28,004	27,577	0,015		

26.3 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 40°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Pred\ (\%bk) - Me\ Obs\ (\%bk) }{Me\ Obs\ (\%bk)}$	$\sum \frac{ Me\ Obs - Me\ Pred }{Me\ Obs}$	P (%)
3,117	2,998	0,038		
6,263	5,719	0,087		
8,158	7,696	0,057		
12,761	15,499	0,215	0,470	7,840
19,446	18,720	0,037		
25,256	24,331	0,037		

Keterangan :

P = mean relatif percent error (%)

$$P = \frac{100}{N} \sum \frac{|Me\ Obs - Me\ Pred|}{Me\ obs}$$

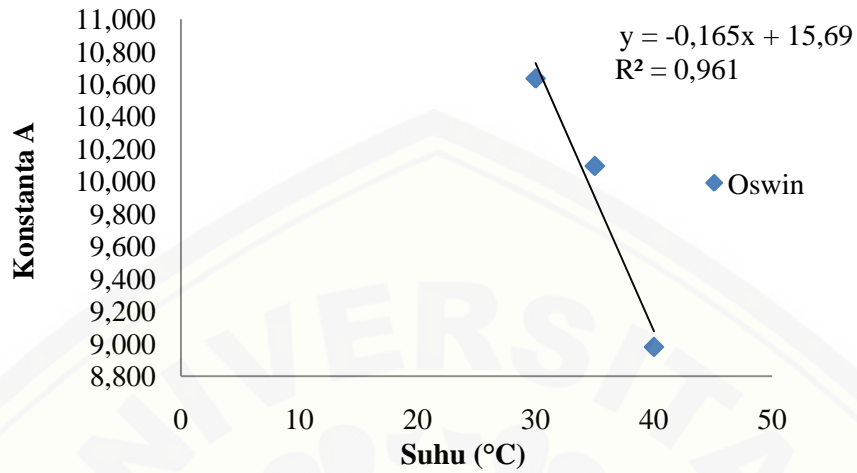
N = jumlah data

Me obs = kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

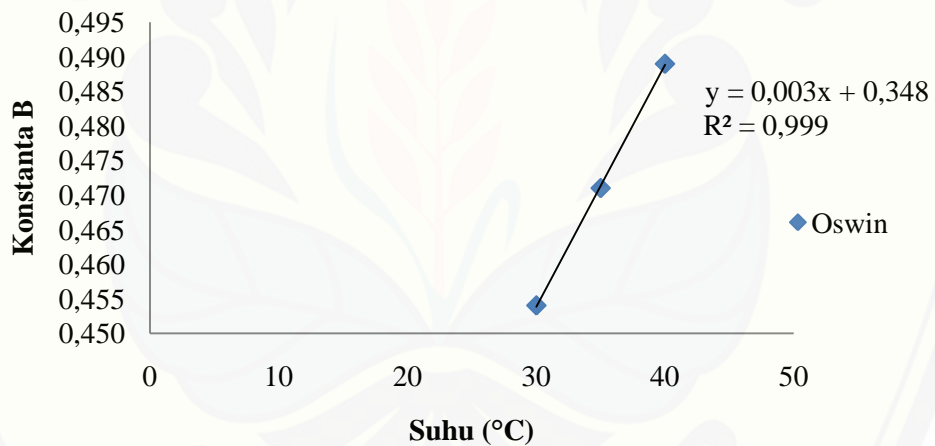
Me pred = kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

Lampiran 27. Grafik Konstanta A dan B Sebagai Fungsi Suhu pada Persamaan Oswin

27.1 Grafik Konstanta A Sebagai Fungsi Suhu pada Persamaan Oswin



27.2 Grafik Konstanta B Sebagai Fungsi Suhu pada Persamaan Oswin



Lampiran 28. Koefisien Determinasi Persamaan Oswin dengan Nilai Konstanta A dan B Sebagai Fungsi Suhu 30,35, dan 40°C

Suhu (°C)	Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\overline{Me\ Obs}$ (%bk)	G	ΣG	H	ΣH	$1 - (\Sigma G / \Sigma H)$
30	4,171	4,319		0,022		120,442		
	7,458	7,771		0,098		59,111		
	10,080	9,658		0,178		25,667		
	15,601	17,464	15,146	3,471	9,194	0,207	541,069	0,983
	23,475	22,017		2,125		69,376		
	31,464	29,647		3,300		266,266		
35	3,724	3,812		0,008		99,180		
	6,874	7,018		0,021		46,373		
	9,476	8,828		0,419		17,701		
	15,110	16,036	13,683	0,859	9,839	2,035	445,499	0,978
	22,351	19,772		6,651		75,127		
	28,004	26,632		1,882		205,082		
40	3,117	3,341		0,050		29,867		
	6,263	6,293		0,001		5,378		
	8,158	8,013		0,021		0,180		
	12,761	14,624	12,303	3,472	8,582	17,460	448,913	0,981
	19,446	17,681		3,115		118,011		
	25,256	23,869		1,923		278,018		

Keterangan :

G = $(Me\ pred - Me\ obs)^2$

H = $(Me\ obs - \overline{Me\ obs})^2$

Me pred = nilai kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

Me obs = nilai kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

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

Lampiran 29. *Root Mean Square Error* Persamaan Oswin dengan Nilai Konstanta A dan B Sebagai Fungsi Suhu 30,35, dan 40°C

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

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	RMSE (%bk)
4,171	4,319	0,004		
7,458	7,771	0,016		
10,080	9,658	0,030	1,532	1,238
15,601	17,464	0,578		
23,475	22,017	0,354		
31,464	29,647	0,550		

29.2 *Root Mean Square Error* pada Suhu 35°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	RMSE (%bk)
3,724	3,812	0,001		
6,874	7,018	0,003		
9,476	8,828	0,070	1,640	1,281
15,110	16,036	0,143		
22,351	19,772	1,108		
28,004	26,632	0,314		

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

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	$\sum \frac{(\text{Me Pred (\%bk)} - \text{Me Obs (\%bk)})^2}{N}$	RMSE (%bk)
3,117	3,341	0,008		
6,263	6,293	0,000		
8,158	8,013	0,004	1,430	1,196
12,761	14,624	0,579		
19,446	17,681	0,519		
25,256	23,869	0,321		

Keterangan :

RMSE = *root mean square error* (%bk)

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

N = jumlah data

Me obs = kadar air kesetimbangan observasi (%bk)

Me pred = kadar air kesetimbangan prediksi (%bk)

Lampiran 30. Mean Relatif Percent Error Persamaan Oswin dengan Nilai Konstanta A dan B Sebagai Fungsi Suhu 30,35, dan 40°C

30.1 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 30°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Obs\ (\%bk) - Me\ Pred\ (\%bk) }{Me\ obs}$	$\sum \frac{ Me\ Obs\ (\%bk) - Me\ Pred\ (\%bk) }{Me\ obs}$	P (%)
4,171	4,319	0,035		
7,458	7,771	0,042		
10,080	9,658	0,042		
15,601	17,464	0,119	0,358	5,974
23,475	22,017	0,062		
31,464	29,647	0,058		

30.2 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 35°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Obs\ (\%bk) - Me\ Pred\ (\%bk) }{Me\ obs}$	$\sum \frac{ Me\ Obs\ (\%bk) - Me\ Pred\ (\%bk) }{Me\ obs}$	P (%)
3,724	3,812	0,024		
6,874	7,018	0,021		
9,476	8,828	0,068		
15,110	16,036	0,061	0,339	5,464
22,351	19,772	0,115		
28,004	26,632	0,049		

30.3 Mean Relatif Percent Error pada Suhu 40°C

Me Obs (%bk)	Me Pred (%bk)	$\frac{ Me\ Obs\ (\%bk) - Me\ Pred\ (\%bk) }{Me\ obs}$	$\sum \frac{ Me\ Obs\ (\%bk) - Me\ Pred\ (\%bk) }{Me\ obs}$	P (%)
3,117	3,341	0,072		
6,263	6,293	0,005		
8,158	8,013	0,018		
12,761	14,624	0,146	0,386	6,432
19,446	17,681	0,091		
25,256	23,869	0,055		

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)