

PENERAPAN MODEL OSWIN
DALAM HUBUNGAN WATER ACTIVITY (Aw)
DENGAN KADAR AIR SETIMBANG (EMC)
PADA KERIPIK GADUNG (*Discorea hispida* Dennst)

S K R I P S I



Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Strata Satu
Jurusan Teknik Pertanian pada
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Oleh ;

Dyah Sukma Rini

971710201088

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER

2001

Asal		Klass
Terima	09 NOV 2001	664.02
No. Induk	: 1023 7011	RIN
		P

MOTTO

☞ *Kesulitan adalah batu asahan kehidupan, setiap puncak karier dicapai dengan jalan mengatasi kesulitan-kesulitan.*

☞ *Barangsiapa tak mempunyai kesulitan-kesulitan akan mengakhiri hidupnya sebagai sampah masyarakat, sebab tiadanya tujuan hidup dan tanpa perjuangan.*

Kupersembahkan Karyaku ini untuk :

- 🏆 *Allah SWT, Raja Manusia dan Islam yang telah memberikan jalan terang dalam hidupku*
- 🏆 *Kedua orang tuaku tercinta Bapak Hadi Susiawan dan Ibuku Enny Supriyani atas segala limpahan kasih sayang, doa, kesabaran dan motivasi serta telesan keringat hingga aku bisa seperti ini*
- 🏆 *Adikku tersayang Yoga Ananta B. dan keponakan-keponakan kecilku Rima, Artha, Venda, Ari cepat gede dan jangan nakal*
- 🏆 *Semua keluarga-ku atas dukungan moral yang telah diberikan*
- 🏆 *Isa for spirit, care and love. You make me laugh and you make me cry. But You're great!*
- 🏆 *Sahabat-sahabatku, Tiet, Nophie, Egi', Yeyen q-ta pernah mengukir kenangan manis itu bersama, aku sayang kalian semua*
- 🏆 *All my friends, at Campus 'n Danau Toba's Home. Without Whom I Would be nothing. Thank's guys!*
- 🏆 *Blacky P 4443 JD yang selalu setia menemaniku kemanapun pergi tanpa protes*

HALAMAN PEMBIMBING

- 1. Ir. SISWIJANTO, MP (DPU)*
- 2. .Ir. SURYANTO, MP(DPA)*

HALAMAN PENGESAHAN

Diterima oleh :
Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Teknik Pertanian
Universitas Jember

Dipertahankan Pada :
Hari : Sabtu
Tanggal : 20 Oktober 2001
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian
Universita Jember

Tim Penguji,
Ketua


Ir. SISWIJANTO, MP
NIP. 130 802 225

Anggota I


Ir. SURYANTO, MP
NIP. 131 759 841

Anggota II


Ir. HAMID AHMAD
NIP. 131 386 655

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember


Ir. Hj. SITI HARTANTI, MS.
NIP. 130 350 763

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Tertulis dengan judul "Penerapan Model Oswin Dalam Hubungan Kadar Air Setimbang Dengan Aktivitas Air (Aw) Pada Keripik Gadung (*Discorea hispida* Dennst)".

Karya Ilmiah Tertulis ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program sarjana strata satu Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan, bimbingan dan masukan dari beberapa pihak, niscaya penulisan Karya Ilmiah Tertulis ini akan mengalami banyak hambatan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Prof.Dr. Kabul Santoso, selaku Rektor Universitas Jember;
2. Ir.Hj. Siti Hartanti, MS selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberi ijin dan fasilitas;
3. Ir. Siswijanto,MP selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ijin penyusunan Karya Ilmiah Tertulis ini;
4. Ir. Siswijanto selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan sejak dimulainya penelitian sampai penyusunan Karya Ilmiah Tertulis ini;
5. Ir. Suryanto,MP, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penelitian ini.
6. Mbak Wim dan Mas Mistar atas pelayanannya selama aku penelitian, sorry sering ngrepoti!!
7. Isa thank's udah ditemeni terus
8. Egi, Atik, Azif dan Dian Imut dan teman-teman seperjuangan '97 semuanya. Yuana, Chandra, Budi, Andik and the gank's makasih siramannya awas kalian!

9. Teman-teman angkatan '98, '99, '00 yang selalu memberikan keceriaan di kampus TE-PE ku. Thank's guy's!!

Semoga skripsi ini bisa menjadi kontribusi terhadap penanganan pengeringan dan penyimpanan keripik gadung.

Jember, Oktober 2001

Penulis,

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN MOTTO.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN PEMBIMBING.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Gadung (<i>Discorea hispida</i> Dennst).....	4
2.2 Aktivitas air (water activity).....	6
2.3 Kadar air setimbang (KAS).....	7
2.3.1 Langmuir.....	9
2.3.2 Hakins-Jura.....	9
2.3.3 Model BET.....	10
2.3.4 Model GAB.....	10
2.3.5 Model Handerson.....	10
2.3.6 Model Chung dan P-Fost.....	11
2.3.7 Model Oswin.....	11

2.4	Efek Histeresis	11
2.5	Modifikasi Persamaan EMC/ERH	12
III. METODOLOGI PENELITIAN.....		14
3.1	Pendekatan Teori.....	14
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.3	Bahan dan Alat Penelitian.....	15
3.3.1	Bahan	15
3.3.2	Alat	16
3.4	Metode Penelitian	16
3.4.1	Penelitian Laboratorium	16
3.4.2	Metode Analisa Interpretasi Data	17
3.5	Uji Validitas Model.....	17
3.5.1	Analisis Grafis	17
3.5.2	Uji Modulus Deviasi	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		19
4.1	Hasil Penelitian dan Analisa KAS	19
4.2	Isoterm Sorpsi Air.....	20
4.3	Persamaan Oswin dan Estimasi Konstanta c dan n.....	22
4.4	Pengolahan Data Prediksi	27
4.5	Uji Validitas	28
4.5.1	Analisis Grafis.....	28
4.5.2	Analisis Modulus Deviasi	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....		35
LAMPIRAN.....		37

DAFTAR TABEL

No	JUDUL TABEL	HALAMAN
1	Komposisi Kandungan Zat-Zat Dalam Umbi Gadung Dibandingkan Dengan Umbi Lainny	6
2	Data Rata-Rata Kadar Air Setimbang Keripik Gadung Observasi	19
3	Konstanta C Dan N Pada Berbagai Variasi Suhu	25
4	Data Rata-Rata KAS Prediksi	27
5	Hasil Persamaan Garis Regresi Dan Nilai R^2 Untuk Berbagai Variasi Suhu	31
6	Hasil Analisis Modulus Deviasi Dan Analisis Standart Deviasi Antara KAS Observasi Dan Prediksi Pada Berbagai Perlakuan Suhu.	32

DAFTAR GAMBAR

No	JUDUL GAMBAR	HALAMAN
1	Grafik Lengas Sorbsi Histeresis	12
2	Kurva Keseimbangan Kadar Air Keripik Gadung Pada Berbagai Variasi Suhu	21
3	Grafik Untuk Menghasilkan Persamaan Mencari Konstanta c dan n Pada Suhu 35°C	23
4	Grafik Untuk Menghasilkan Persamaan Mencari Konstanta c dan n Pada Suhu 45°C	23
5	Grafik Untuk Menghasilkan Persamaan Mencari Konstanta c dan n Pada Suhu 55°C	24
6	Grafik Untuk Menghasilkan Persamaan Mencari Konstanta c dan n Pada Suhu 65°C	24
7	Grafik Hubungan Kontanta c Dengan Variasi Suhu	25
8	Grafik Hubungan Kontanta c Dengan Variasi Suhu	26
9	Grafik Hubungan KAS Observasi dan KAS Prediksi Kelembaban Nisbi	28
10	<i>Scatter Plot</i> antara KAS Observasi Dengan KAS Prediksi Pada Suhu 35°C	29
11	<i>Scatter Plot</i> antara KAS Observasi Dengan KAS Prediksi Pada Suhu 45°C	30
12	<i>Scatter Plot</i> antara KAS Observasi Dengan KAS Prediksi Pada Suhu 55°C	30
13	<i>Scatter Plot</i> antara KAS Observasi Dengan KAS Prediksi Pada Suhu 65°C	31

Daftar Simbol :

Aw atau a	= Aktivitas Air
b	= konstanta persamaan Langmuir
B1	= Berat bahan sebelum masuk inkubator (gram)
B2	= Berat bahan setelah masuk inkubator (gram)
c dan n	= konstanta persamaan Oswin
c	= konstanta persamaan BET
C, E, F	= konstanta persamaan Chung P-fost
C1, C2, C3	= koefisien-koefisien persamaan
d, e	= konstanta persamaan Harkins-Jura
E	= 2,303
ERH	= Kelembaban nisbi setimbang
f, g	= Konstanta persamaan GAB
h, i	= konstanta persamaan Handerson
hr	= ERH (aktivitas air), desimal
JKR	= Jumlah kuadrat regresi
JKS	= Jumlah kuadrat sisa
JKT	= Jumlah kuadrat total
K, N, C	= konstanta persamaan Handerson
KAS	= Kadar Air Setimbang
M	= kadar air, dry basis, desimal
M	= EMC (kadar air keseimbangan), persen dry basis
M	= Jumlah data
Me	= Kadar air keseimbangan (%bk)
Ms	= Jumlah mol zat pelarut (gram/ Bm)
Mw	= jumlah mol H ₂ O (gram/ Bm)
N	= Jumlah sampel / data
P	= Modulus deviasi
P _v	= tekanan uap (N/m ²)
P _{vs}	= tekanan uap jenuh (N/m ²)

T	= temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
T_{abs}	= temperatur absolut (Kelvin)
V	= volume (m^3)
V_m	= volume lapisan tunggal (m^3)
Wd	= Berat kering mutlak bahan (gram)
Wm1	= Berat air bahan sebelum masuk inkubator (gram)
Wm2	= Berat air bahan setelah masuk inkubator (gram)
X	= Data KAS observasi
Y	= Data KAS prediksi

DAFTAR LAMPIRAN

No	JUDUL LAMPIRAN	HALAMAN
1	Data Berat Bahan Untuk Mendapat Kadar Air Awal Bahan Dengan Metode Gravimetri	37
2	Data Perhitungan Untuk Mendapatkan KAS Suhu 35 °C	38
3	Data Perhitungan Untuk Mendapatkan KAS Suhu 45 °C	39
4	Data Perhitungan Untuk Mendapatkan KAS Suhu 55 °C	40
5	Data Perhitungan Untuk Mendapatkan KAS Suhu 65 °C	41
6	Data Analisa Persamaan Oswin	42
7	Perhitungan Koefesien Determinasi Secara Manual Menggunakan Persamaan $y=x$	44
8	Perhitungan Uji Modulus Deviasi	46
9	Perhitungan Standart deviasi	48

ABSTRAK

Dyah Sukma Rini, Oktober, 2001, **Penerapan Model Oswin Dalam hubungan Aktivitas Air (Aw) Dengan Kadar Air Setimbang (EMC) Pada Keripik Gadung (*Discorea hispida* Dennst)**

Skripsi Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Pembimbing : 1. Ir. Siswijanto, MP
2. Ir. Suryanto, MP

Penelitian tentang Penerapan Model Oswin Dalam hubungan Aktivitas Air (Aw) Dengan Kadar Air Setimbang (EMC) Pada Keripik Gadung (*Discorea hispida* Dennst) bertujuan untuk mengetahui kadar air setimbang keripik gadung dengan menggunakan model Oswin. Bahan yang digunakan adalah keripik gadung yang merupakan salah satu produk olahan pertanian yang mudah berubah kadar airnya jika disimpan. Hal ini akan sangat mempengaruhi proses penyimpanan dan pengeringan. Untuk itu pengeringan sampai batas kadar air setimbang (KAS) sangat diperlukan. Metode pengukuran KAS menggunakan metode statis yaitu didapatkan dari sistem, dimana bahan dan udara sekelilingnya diam/statis. Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa KAS merupakan kandungan air yang ada ketika tekanan uap dalam produk sama dengan tekanan uap lingkungan, yang besarnya tergantung dari temperatur lingkungan, kelembaban nisbi (RH), tekanan, jenis bahan dan metode persamaan yang digunakan. Hasil penelitian dan uji validitas menunjukkan bahwa model Oswin dapat digunakan untuk memprediksi KAS pada berbagai variasi RH dengan suhu tertentu sehingga dapat memberikan informasi tentang kadar air setimbang pada keripik gadung tanpa harus melakukan penelitian.

Kata Kunci : Kadar Air Setimbang, Aktivitas Air, Keripik Gadung



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara tropis, di mana suhu dan kelembaban udara selalu mengalami perubahan. Kondisi demikian sangat berpengaruh besar pada produk hasil pertanian, khususnya dalam hal penyimpanannya. Oleh karena itu penyimpanan harus dilakukan dengan hati-hati. Penyimpanan yang dilakukan pada kondisi tersebut dapat terjadi proses desorpsi (pelepasan) maupun adsorpsi (penyerapan) uap air dari udara lingkungan. Kedua proses ini secara umum merupakan proses pindah massa yang menggambarkan aktivitas air produk terhadap adanya perubahan lingkungan. Besarnya nilai aktivitas air, sangat dipengaruhi oleh suhu dan perbedaan tekanan uap antara produk dengan udara lingkungan.

Kerusakan bahan pangan pada umumnya disebabkan oleh mikrobiologis, kimiawi atau enzimatik, atau kombinasi antara ketiga proses tersebut. Oleh karena itu besarnya kadar air suatu bahan pangan bukan merupakan parameter yang absolut untuk meramalkan kecepatan terjadinya kerusakan. Untuk itu digunakan parameter aktivitas air (water activity) untuk menentukan kemampuan air dalam proses-proses kerusakan bahan pangan.

Bahan yang diletakkan pada udara terbuka kadar airnya akan mencapai keseimbangan dengan kelembaban udara sekelilingnya, dan disebut dengan kadar air kesetimbangan (Equilibrium Moisture Content). Besar aktivitas air sama dengan kelembaban nisbi setimbang dibagi dengan seratus. Dengan demikian dapat dibuat suatu kurva yang menghubungkan antara besarnya kelembaban nisbi dengan kadar air kesetimbangannya.

Gadung (*Discorea hispida* Dennst) adalah jenis tanaman imbi-umbian yang banyak terdapat di Indonesia dan cara tumbuhnya masih liar di hutan-hutan. Sampai sekarang belum dibudidayakan secara intensif. Tanaman ini mempunyai nilai pangan yang cukup tinggi yaitu kandungan karbohidrat 23,2%, kalori 101 kal. Nilai produktivitasnya tinggi, yaitu 20 ton/ha/tahun (Anonim, 1995).

Di Jawa Timur tanaman ini belum banyak dibudidayakan, khususnya di daerah Jember ada beberapa daerah yang sudah mulai membudidayakannya, yaitu di daerah Curahnangka dan Tamansafi. Adapun nilai produktivitasnya masih belum diketahui secara pasti (Anonim, 2001).

Di balik kelebihan-kelebihannya ada kekurangannya sehingga menimbulkan kesan bagi masyarakat bahwa tanaman gadung kurang memiliki arti, hal ini disebabkan karena kandungan asam sianida dalam umbi gadung cukup tinggi, yaitu zat yang bisa membuat keracunan bila dikonsumsi (Anonim, 1995).

Sejak dulu umbi gadung sudah dikonsumsi orang, khususnya di pedesaan sebagai makanan tambahan pada musim paceklik, bahkan sekarang sudah diolah menjadi keripik gadung (Anonim, 1995). Keripik gadung merupakan salah satu produk olahan pertanian yang memiliki kandungan karbohidrat serta bisa meningkatkan keanekaragaman produk olahan pangan di Indonesia.

Upaya peningkatan produksi dan produktivitas keripik gadung dapat ditempuh, antara lain perluasan areal, perbaikan teknologi budidaya dan pasca panen, serta pengembangan usaha tani terpadu berpola agribisnis.

Salah satu upaya perbaikan teknologi pasca panen pada keripik gadung dapat dilakukan dengan cara menurunkan kadar air melalui proses pengeringan sampai pada batas kadar air yang setimbang dengan udara lingkungan (suhu dan kelembaban) maka kadar air setimbang bahan pada berbagai kondisi dapat ditentukan. Karakteristik kadar air setimbang (KAS) pada keripik gadung sangat diperlukan sebab ini berkaitan dengan pengendalian mutu, cara penyimpanan dan pencegahan terhadap jamur dan jasad renik lainnya.

1.2 Permasalahan

Sifat penting yang mempengaruhi mutu keripik gadung adalah warna, rasa, kerenyahan dan daya simpannya. Umbi gadung, setelah diolah menjadi keripik gadung yang masih mentah, masalah yang sering muncul adalah sering timbulnya jamur atau kapang pada permukaan bahan akibat kadar air bahan yang masih tinggi dan hal ini dimungkinkan oleh adanya pengaruh dari lingkungan atau temperatur penyimpanan. Selain timbulnya jamur atau kapang pada permukaan

keripik gadung, kurang keringnya proses pengeringan keripik gadung juga akan mempengaruhi kerenyahan dari keripik itu sendiri. Kadar air yang sesuai untuk menyimpan bahan pangan adalah berkisar antara 9 – 12 %. Oleh karena itu diupayakan untuk membuat suatu kondisi yaitu kelembaban relatif (RH) tertentu yang dapat memperlambat terjadinya kerusakan bahan pangan tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar air setimbang bahan dalam hal ini keripik gadung pada kondisi kelembaban nisbi tertentu dengan beberapa variasi suhu ruang tertentu dengan menggunakan model persamaan kadar air setimbang, yaitu model dari persamaan Oswin.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan nantinya dapat menambah informasi tentang karakteristik keripik gadung dalam penanganan pasca panen, yang mencakup proses pengeringan dan penentuan kondisi penyimpanan yang baik untuk menjaga mutu bahan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst)

Umbi gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) merupakan salah satu umbi-umbian yang banyak ditanam petani sebagai tanaman pagar atau sampingan dan sumber karbohidrat (Andajati, 1983). Dikenal dengan nama wild yam (inggris), gadung, gadung ketan, gadung padi (melayu), gadung (Jawa), gadung, huwi gadung (Sunda), gaduhung (Madura), (Pinus Lingga, 1993; 205).

Batangnya berbentuk galah, panjangnya antara 5m sampai 20 m. Berumbi banyak dan tumbuh bergerombol; bentuknya beragam, lonjong berbentuk segitiga, bulat, bulat telur sampai bulat, kulitnya berwarna coklat kekuningan atau keabu-abuan, bagian dalamnya berwarna coklat kekuningan atau kehijauan, tebalnya kulit antara 0,15 sampai dengan 0,3 cm. Daging umbi berwarna putih kekuningan. Diameternya antara 10 cm sampai 15 cm. Letak daun berseling dengan jumlah anak-anak daun pada masing-masing tangkainya 3 helai; bentuk helaiannya bundar telur atau bundar telur sampai bulat ketupat. Pembungaan jantannya berupa malai atau tandan, panjang antara 7 cm sampai 55 cm; pembungaan betina berupa bulir, panjangnya antara 25 cm sampai dengan 65 cm. Buah ellips, berwarna coklat atau kuning kecoklatan bila tua.

Umbi gadung jenis *Dioscorea hispida* Dennst dibagi ke dalam beberapa varietas antara lain :

1. Gadung bentul, gadung kapur, gadung putih (Melayu dan Jawa). Kulit umbinya berwarna putih serta daging berwarna putih atau kuning.
2. Gadung kuning, gadung kunyit, gadung padi (Melayu). Kulit umbinya berwarna kuning dan begitu pula dengan dagingnya; Permukaannya beralur lembut dan panjang.
3. Gadung srintil (Jawa). Ukuran tandan umbinya antara 7 cm sampai dengan 15 cm dengan diameter 15 cm sampai 25 cm.

4. Gadung lelaki (Melayu). Duri pada batang tidak terlalu banyak, warnanya hijau keabu-abuan. Bagian dalam umbi berwarna putih kotor, berserat kasar serta agak kering (Pinus Lingga, 1993; 205).

Tanaman gadung mempunyai determinasi sebagai berikut ;

- Devisio : Spermatophyta
 Sub devisio : Angiospermae
 Klasis : Monocotyledone
 Ordo : Lillialis
 Familia : Dioscoreaceae
 Spesies : *Dioscoreaceae hispida* Dennst
 Varietas : *Dioscoreaceae hispida* umbi kuning
 Dioscoreaceae hispida umbi putih

Pengolahan umbi gadung umumnya masih tradisional, yakni dibuat keripik gadung. Terbatasnya pengolahan tersebut karena adanya racun dioscorin dan dioscein yang berbahaya bagi kesehatan, sehingga masyarakat merasa takut untuk memanfaatkan dalam berbagai produk olahan makanan (Andajati, 1983). Untuk menurunkan kandungan asam sianisanya secara pembalutan dengan abu dapur/abu sekam padi, penjemuran dan perendaman dalam air (Anonim, 1995).

Komposisi gadung dalam basis kering adalah air 9,0%, lemak 0,8%, karbohidrat 68,08%, serat kasar 1,76%. Kandungan zat-zat tertentu yang ada dalam umbi gadung dibandingkan dengan zat-zat yang ada pada umbi-umbi lainnya, seperti terlihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Komposisi Kandungan Zat-Zat Dalam Umbi Gadung Dibandingkan Dengan Umbi Lainnya

Umbi	Ka- lori	Pro- tein	Le- mak	Kar- bohidrat	Kal- sium	Pos- phor	Be- si	Vit. A	Vit. B	Vit. C	Air	BDD
	Kal	g	g	g	mg	mg	mg	si	mg	mg	g	%
Gadung	101	2,1	0,2	23,2	20	69	0,6	∅	0,1 0	9	73,5	85
Gaplek	338	1,5	0,7	81,3	80	60	1,9	0	0,0 4	0	14,5	100
Ga- nyong	95	1,0	0,1	22,6	21	70	2,0	∅	0,1 0	10	75,0	65
Gem- bili	95	1,5	0,1	22,4	14	49	0,8	0	0,0 5	4	75,0	85
Sing- kong	146	1,2	0,3	34,7	33	40	0,7	0	0,0 6	30	62,5	60

Sumber : Daftar Komposisi Bahan Makanan, Direktorat Gizi, Departmen Pertanian Republik Indonesia

2.2 Aktivitas Air (Water Activity)

Jumlah kandungan air pada bahan hasil pertanian akan mempengaruhi daya tahan bahan tersebut terhadap serangan mikroba dan biasanya dinyatakan sebagai aktivitas air. Yang dimaksud dengan aktivitas air atau *water activity* (A_w) adalah jumlah air bebas dalam bahan yang dapat dipergunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya. Untuk memperpanjang daya tahan bahan, maka sebagian air pada bahan dihilangkan sehingga mencapai kadar air tertentu (Winarno, 1984).

Menurut Sudarmadji (1986), air yang terdapat dalam bentuk bebas dapat membantu terjadinya proses kerusakan bahan makanan misalnya proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatik bahkan oleh aktivitas serangga perusak. Sedangkan air dalam bentuk lain tidak membantu terjadinya proses tersebut.

Besarnya aktivitas air dapat dihitung dengan perbandingan tekanan uap air bahan dengan tekanan jenuh uap air pada suhu yang sama dan dapat dituliskan sebagai berikut

$$Aw = P_v / P_{vs} = ERH/100 \dots \dots \dots (2.1)$$

$$Aw = M_w / (M_w + M_s) \dots \dots \dots (2.2)$$

Berdasarkan persamaan (2.1) nilai Aw langsung dapat ditentukan dengan mengukur langsung nilai ERH dengan menggunakan alat hygrometer. Sedangkan untuk persamaan (2.2) yang merupakan hukum Rault sangat cocok digunakan khususnya dalam formulasi untuk menghasilkan bahan makanan dengan Aw yang dikehendaki.

Aktivitas air yang selanjutnya disebut Aw, sekarang merupakan ukuran yang dipakai untuk menentukan kemampuan air dalam membantu proses-proses kerusakan bahan makanan. Demikian juga untuk membuat formulasi dalam menghasilkan bahan makanan yang awet meskipun dalam proses pemanasan dan refrigerasi. Aktivitas air juga sangat penting peranannya dalam penyimpanan. Cara pengawetan bahan makanan dengan pengaturan air sangat cocok karena relatif murah dan dapat memakai teknologi tepat guna (Adnan, 1982).

2.3 Kadar Air Setimbang (KAS)

Kadar Air Setimbang didefinisikan sebagai kandungan air di mana tekanan uap dalam produk setimbang dengan tekanan uap lingkungan (Brooker, et al, 1992).

Menurut Taib (1988), Kadar air setimbang dapat diartikan sebagai kadar minimum yang dapat dikeringkan di bawah kondisi pengeringan yang tetap atau pada suhu dan kelembaban nisbi yang tetap. Suatu bahan akan berada dalam keadaan yang setimbang dengan kondisi sekelilingnya bila laju kehilangan air dari bahan menuju kondisi sekeliling (atmosfer) adalah sama dengan laju air yang di dapat dari sekelilingnya. Bila kelembaban nisbi sekeliling bahan dalam keadaan seimbang dengan sekitarnya disebut sebagai kelembaban nisbi sekeliling bahan dalam keadaan seimbang dengan sekitarnya disebut dengan kelembaban nisbi seimbang (*Equilibrium*

Relative Humidity). Jadi dapat disimpulkan bahwa kadar air kesetimbangan (*Equilibrium Moisture Content*) adalah keseimbangan air antara kadar air bahan dengan suhu dan kelembaban udara sekelilingnya.

Dua macam metode untuk pengukuran kadar air setimbang, yakni kadar air kesetimbangan statis dan kadar air kesetimbangan dinamis. Kadar air kesetimbangan statis didapatkan dari sistem dimana bahan dan udara sekelilingnya diam, sedangkan kadar air kesetimbangan dinamis didapatkan dimana bahan atau udara sekelilingnya bergerak.

Pada penentuan Kadar air setimbang (KAS) secara dinamik, kondisi udara dapat digerakkan dengan cara mekanis dan kesetimbangan dapat dicapai secara cepat, sedangkan penentuan KAS secara statis dapat dilakukan dengan cara meletakkan produk tersebut sampai terjadi kesetimbangan dengan udara lingkungan. Penentuan KAS dengan cara statis akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan pada suhu serta kelembaban yang tinggi. Produk tersebut dapat mudah terserang jamur sebelum tercapai kesetimbangan (Brooker, et al, 1992).

Menurut Hall (1957), kadar air keseimbangan statis merupakan fungsi kelembaban (H) dan suhu (T). Hubungan antara M_e , RH dan T adalah sebagai berikut

$$1 - RH = e^{-cT M_e^n} \dots \dots \dots (2.3)$$

Menurut Brooker, Bakker dan Hall (1974), kadar air keseimbangan dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara dalam ruang pengering, suhu dan kelembaban nisbi udara, jenis bahan yang dikeringkan serta tingkat kematangan.

Proses pengeringan dapat terjadi jika kombinasi suhu dan kelembaban udara memungkinkan bahan melepaskan air agar tercapai kadar air kesetimbangan. Kombinasi yang terbaik bagi proses pengeringan adalah udara dengan kelembaban rendah dan bersuhu tinggi.

Kadar Air Kesetimbangan menentukan batas pengeringan. Dengan udara pada kelembaban nisbi dan suhu tertentu bahan higroskopis hanya dapat kering sampai

tercapai kadar air kesetimbangannya saja. Kalau kombinasi kelembaban nisbi dan suhu lingkungan bahan menentukan kadar air kesetimbangan yang lebih tinggi dari pada kadar air mula-mula, maka bahan tersebut akan menyerap air dan kadar airnya akan naik sampai mencapai kadar air kesetimbangan. Laju pengeringan tergantung dari beda antara kadar air bahan dengan kadar air kesetimbangannya (Taib, 1988).

Terdapat beberapa model mengenai kesetimbangan lengas, dan beberapa model itu didasari oleh teori kondensasi kapiler, adsorpsi secara kinetik (Langmuir, BET dan GAB) dan teori potensial medan.

Model persamaan kadar air setimbang tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

2.3.1 Langmuir (1911)

Berdasarkan teori kinetik adsorpsi lengas, Langmuir mengusulkan teori adsorpsi-desorpsi sebagai berikut :

$$V = V_m \left(\frac{bP_v}{1 + bP_{vs}} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

Persamaan Langmuir ini tidak dapat diterapkan pada bahan higroskopis hayati, karena model ini hanya menjelaskan penyerapan lengas pada kondisi lapis tunggal.

2.3.2 Harkins-Jura (1944)

Kadar air setimbang model Harkins-Jura didasarkan pada teori potensial, yang persamaannya berbentuk :

$$\ln \left(\frac{P_v}{P_{vs}} \right) = d - \frac{c}{V^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan ini banyak digunakan pada prediksi kesetimbangan lengas biji pada kelembaban di atas 30% (Gustafon, 1972) dan di bawah 50% (Chirife, 1978).

2.3.3 Model BET

Breneur, Emmelt dan Teller (1938) menyusun persamaan BET untuk adsorpsi berbagai lapisan molekul.

Model ini merupakan pengembangan dari model Langmuir dan memandang permukaan dalam inti biji sebagai kesatuan tempat adsorpsi molekul air.

$$\frac{P_v}{V(P_{vs} - P_v)} = \frac{1}{V_{m^c}} + \left(\frac{c-1}{V_{m^c}} \right) \left(\frac{P_v}{P_{vs}} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

2.3.4 Model G.A.B

Model ini dikembangkan oleh beberapa ahli ilmu fisika, yaitu Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB), untuk memprediksikan kesetimbangan lengas berbagai produk pangan (Van den Berg, 1984).

Model GAB dikembangkan dari teori Langmuir dan BET yang bentuk persamaannya adalah sebagai berikut :

$$M = \frac{M_{mgf}}{(1 - fP_v/P_{vs})(1 - fP_v/P_{vs} + gP_v/P_{vs})} \dots \dots \dots (2.7)$$

2.3.4 Model Handerson

Model ini berupa persamaan empiris dan banyak digunakan untuk berbagai bahan biologis, disamping biji-bijian (Handerson, 1952).

Bentuk persamaan ini adalah (D.Simatos, 1985) :

$$1 - P_v / P_{vs} = \exp(-hT_{abs} M^i) \dots \dots \dots (2.8)$$

Model persamaan Henderson ini akan memberikan tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap data percobaan untuk berbagai jenis bahan pangan (Pappas, 1987). Model Handerson adalah model empirik berdasarkan anggapan bahwa adsorpsi terjadi oleh peristiwa osmose.

2.3.5 Model Chung dan Pfost

Model ini merupakan model semi empirik yang disusun bersamaan memodifikasi persamaan Harkins-Jura (Chung dan Pfost, 1967).

$$M = E - F \ln[-(T + C) \ln(P_v / P_{vs})] \dots\dots\dots (2.9)$$

Model ini akan mempunyai tingkat kesesuaian kelembaban nisbi antara 20-90 % (Brooker, et al, 1974)

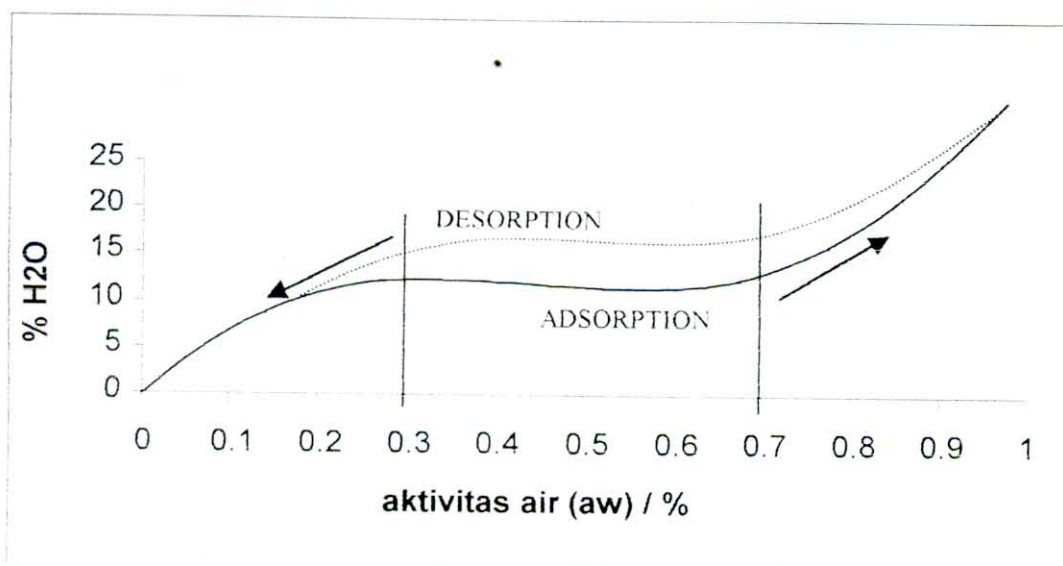
2.3.6 Model Oswin

Untuk menentukan model EMC, menurut Oswin bisa digunakan persamaan sebagai berikut :

$$m = c \left(\frac{a}{1-a} \right)^n \dots\dots\dots (2.10)$$

2.4 Efek Histeresis

Histeresis dari sorpsi uap air adalah suatu fenomena yang menggambarkan perbedaan dua garis antara adsorpsi dan desorpsi isoterm (Larry, 1987). Apabila jumlah lengas per unit massa padat sebagai ordinat dan tekanan uap relatif (RH) sebagai absis, maka kurva desorpsi isoterm dan histeresis akan berbentuk sebagai loop yang tertutup (Multon, 1976). Untuk lebih jelas, dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Lengan Sorbtion Histeresis

Efek histeresis di dalam bahan pangan penting penggunaannya baik secara teori maupun praktek. Secara teori dapat menerangkan proses sorbtion dari produk yang tak balik. Dan secara praktek dapat mengungkap penjelasan efek dari histeresis pada pengrusakan secara kimia dan mikrobiologis bahan pangan.

Dalam menjelaskan suatu isoterm sorpsi lembab, harus disebutkan dengan jelas suhu yang dipakai dan dipertahankan konstan sepanjang pengamatan. Hal ini disebabkan karena sifat pengikatan air, pada Aw konstan, bahan makanan mengikat jumlah air lebih sedikit pada suhu yang lebih tinggi dari pada suhu yang lebih rendah (anonim, 1987).

2.5 Modifikasi Persamaan-persamaan EMC/ERH

Berdasarkan tinjauan pustaka, mengidentifikasi model persamaan Handerson, model persamaan Chung-Pfost, model Halsey dan model Oswin adalah persamaan-persamaan yang biasa dan cocok dipakai dalam menentukan EMC/ERH. Pada tahun 1996 standarisasi ASAE mengadakan revisi, model persamaan Halsey dan model persamaan Oswin adalah dua persamaan yang tepat. Dua persamaan ini

biasa dipelajari untuk menentukan EMC/ERH pada keadaan isoterm biji-bijian. Hal ini secara tak langsung ada 4 persamaan yang sesuai untuk biji-bijian. Oleh karena itu persamaan-persamaan di bawah ini dapat dipilih untuk mempelajarinya :

1. Model persamaan Handerson (MPHE)

$$1 - hr = \exp\left[-C_1(T + C_2)M^{C_3}\right] \dots\dots\dots (2.11)$$

2. Model persamaan Chung-Pfost (MPCP)

$$hr = \exp\left[-\frac{C_1}{T + C_2} \exp(-C_3M)\right] \dots\dots\dots (2.12)$$

3. Model persamaan Halsey (MPHA)

$$hr = \exp\left(-\exp(C_1 + C_2T)M^{-C_3}\right) \dots\dots\dots (2.13)$$

4. Model persamaan Oswin (MPOS)

$$hr = \frac{1}{1 + [(C_1 + C_2T)/M]^{C_3}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Pada persamaan 2.11 sampai dengan 2.14 hr adalah kelembaban nisbi setimbang (*water activity*) dalam desimal dan M adalah kadar air setimbang dalam persen.

Persamaan 1 sampai dengan 4 digambarkan oleh fungsi $hr = f(M, T)$

Kadang kadang persamaan sorbsi berupa $m = f(hr, T)$

Untuk model persamaan Halsey ini dapat dijabarkan menjadi :

$$M = \exp[C_1 + C_2(-\ln hr)] \dots\dots\dots (2.15)$$

(Da-Wen Sun; C,Byrne, 1997).



III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Teori

Bahan pangan yang telah dikeringkan jika dibiarkan dan tidak diberi perlakuan apapun, maka kadar airnya akan mengalami keseimbangan dengan lingkungan. Dalam melakukan kesetimbangan, ada dua peristiwa yang dapat terjadi, yaitu penyerapan (adsorpsi) dan peristiwa pelepasan (desorpsi). Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan tekanan uap air yang dimiliki oleh bahan pangan dengan lingkungan. Jika tekanan uap antara bahan pangan sama dengan tekanan uap lingkungan sekitar, maka penyerapan ataupun pelepasan uap air tidak akan terjadi, keadaan tersebut biasa disebut dengan kadar air kesetimbangan yang selanjutnya disebut dengan KAS.

Ada beberapa model untuk menentukan besar KAS, salah diantaranya adalah persamaan Oswin yang dinyatakan oleh persamaan (3.1).

$$m = c \left(\frac{a}{1-a} \right)^n \dots\dots\dots (3.1)$$

Kadar Air Keseimbangan dapat dicari dengan menggunakan rumus (3.2) sampai dengan (3.5).

$$Wm1 = (Ka \text{ awal} \times B1) \dots\dots\dots (3.2)$$

$$Wd = B1 - Wm1 \dots\dots\dots (3.3)$$

$$Wm2 = B2 - Wd \dots\dots\dots (3.4)$$

$$KAS = (Wm2 / B2) \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

Untuk menentukan nilai konstanta c dan n, persamaan (3.1) diubah menjadi persamaan linier sederhana, persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Y = a + bx \dots\dots\dots (3.6)$$

Jika persamaan (3.1) dilinierkan akan berubah menjadi persamaan (3.7).

$$\ln m = \ln c + n \ln \left(\frac{a}{1-a} \right) \dots\dots\dots (3.7)$$

Dengan :

$$y = \ln m$$

$$a = \ln c$$

$$b = n$$

$$x = \ln\left(\frac{a}{1-a}\right)$$

Plotting antara $\ln m$ dengan $\ln(a / 1-a)$ akan didapat harga konstanta c dan n pada berbagai variasi suhu. Selanjutnya nilai konstanta $c = f(T)$ dan $n = f(T)$ dapat ditentukan.

Setelah konstanta c dan n sudah dapat ditentukan, maka dengan mensubstitusikan konstanta c dan n ke dalam persamaan 3.1 Kadar Air Seimbang prediksi dapat ditentukan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang penerapan persamaan Oswin untuk menyatakan hubungan aktivitas air (water activity) dengan kadar air kesetimbangan (equilibrium moisture content) ini, dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan bulan Agustus 2001, di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

Penelitian tentang Penerapan model Oswin dalam Hubungan aktivitas air dengan Kadar Air Setimbang membutuhkan bahan dan alat yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Keripik gadung
2. Larutan-larutan kimia untuk menjaga agar RH tetap konstan, sehingga bisa diperoleh kelembaban nisbi setimbang, yaitu antara lain : $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, NaCl, KNO_3 , $BaCl_2$, KCL, K_2SO_4 , $NaNO_2$, dengan RH berturut-turut adalah sebagai berikut : 35,67%, 66,83%, 73,96%, 80,71%, 90,34%, 93,27%, 95,78%.

3.3.2 Alat

Alat yang digunakan antara lain : eksikator, inkubator dengan pengatur suhu, hygrometer digital, timbangan analitis dan wadah yang sisi-sisinya berlubang-lubang.

3.4 Metode Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ada dua tahap, yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian Laboratorium, untuk mendapatkan data observasi.
2. Analisis interpretasi data, untuk memperoleh data prediksi dan uji validitas model.

3.4.1 Penelitian Laboratorium

Penelitian Laboratorium, dengan metode pengambilan data sebagai berikut:

1. *Pengaturan Kondisi RH*

Untuk mendapatkan kondisi kelembaban nisbi kesetimbangan, maka dilaksanakan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan 7 buah toples yang telah diolesi vaseline (bagian luarnya), beserta tutupnya.
2. Menimbang garam jenuh sebanyak 4 gram untuk masing-masing jenis RH kecil dalam toples-toples yang memiliki volume ruang yang sama sebesar $2,218 \text{ dm}^3$.
3. Menutup toples rapat-rapat agar tidak ada udara yang masuk sehingga bisa mempengaruhi kondisi RH yang akan diberikan oleh garam-garam jenuh tersebut.
4. Membiarkan toples-toples tersebut selama 24 jam agar garam tersebut jenuh, sehingga bisa mencapai RH yang setimbang.
5. Mengukur RH dalam toples-toples tersebut setelah 24 jam, RH yang dihasilkan diasumsikan sebagai RH lingkungan.

1. *Metode Untuk Memperoleh Data Kadar Air Seimbang (Kas) :*

Metode untuk mendapatkan data kadar air setimbang adalah sebagai berikut :

1. Sampel berupa keripik gadung ditimbang sebanyak 3 gram.

2. Memasukkan sampel kecil dalam masing-masing toples yang terisi garam jenuh dan sudah diketahui masing RH nya, lalu menutupnya dengan rapat.
3. Memasukkan toples kecil dalam inkubator pengatur suhu, dengan suhu 35°C.
4. Membiarkan toples-toples tersebut selama enam hari atau sampai mencapai kadar air kesetimbangan.
5. Bahan yang keluar dari inkubator diuji kadar airnya dengan metode gravimetri. Kadar air yang di dapat adalah kadar air kesetimbangan bahan.
6. Mengulangi langkah-langkah 1 - 5 dengan pengaturan suhu inkubator 45°C, 55°C dan 65°C.

3.4.2 Metode Analisis Interpretasi Data

1. Menentukan Me observasi dengan menggunakan rumus persamaan (3.2), sehingga didapatkan KAS observasi.
2. Membuat kurva isotherm sorpsi air dari hubungan KAS observasi dengan RH.
3. Menentukan nilai konstanta c dan n untuk masing-masing suhu.
4. Dari nilai c dan n dengan mensubstitusikan konstanta c dan n ke dalam persamaan Oswin, maka didapat nilai KAS prediksi.
5. Membandingkan nilai KAS observasi dengan KAS prediksi.

3.4.3 Uji Validitas Model.

Uji validitas model yang dilakukan ada dua macam, yaitu meliputi analisis grafis dan uji modulus deviasi

3.4.3.1 Analisis Grafis

Untuk mendapatkan koefisien determinasi (R^2) analisis grafis yang dilakukan adalah analisis *scatter plot* berdasarkan persamaan $y = x$.

3.4.3.2 Uji Modulus Deviasi

Untuk menguji model persamaan-persamaan tersebut dilakukan menggunakan uji modulus deviasi yang ditunjukkan pada persamaan (3.8) Dengan ketentuan :

1. Jika $P < 5$ atau $10 > P > 5$ maka model valid atau bisa menggambarkan keadaan sebenarnya.

2. Jika $P < 5$ atau $10 > P > 5$ maka model tidak valid.

$$p = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{M_{ni} - M_{mi}}{M_{ni}} \right| \dots \dots \dots (3.8)$$

Menurut Lamauro dan Bakhsi (1985), bilamana nilai P (modulus deviasi) yang diperoleh kurang dari 5 maka persamaan yang dievaluasi dapat menggambarkan persamaan yang sebenarnya dengan sangat tepat. Sedangkan bila nilai P antara 5 dan 10, maka persamaan yang dievaluasi dapat menggambarkan keadaan sebenarnya dengan tepat dan bila P lebih besar dari 10 maka persamaan yang didapat tidak layak digunakan. Atau dapat digambarkan jika $P < 5$ atau $10 > P > 5$ maka model valid dan jika tidak maka model tidak dapat digunakan.

Sedangkan untuk mengetahui beda antara sebaran galat digunakan uji standart deviasi, dengan rumus sebagai berikut :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \dots \dots \dots (3.8)$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat dihasilkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kadar air keseimbangan merupakan kandungan air yang ada ketika tekanan uap dalam produk sama dengan tekanan uap lingkungan, yang besarnya tergantung dari temperatur lingkungan, kelembaban nisbi (RH), tekanan, jenis bahan dan metode persamaan yang digunakan.
2. Model persamaan KAS yang digunakan adalah model persamaan Oswin, dengan nilai konstanta c dan n yang diperoleh berturut-turut adalah 7,4551 dan 0,2338 ($T = 35^{\circ}\text{C}$), 6,8312 dan 0,2587 ($T = 43^{\circ}\text{C}$), 5,3457 dan 0,2796 ($T = 55^{\circ}\text{C}$), 3,4945 dan 0,2942 ($T = 65^{\circ}\text{C}$).
3. Hasil pengukuran memperoleh harga c dan n terhadap fungsi dari suhu sebesar $c = 12,465 - 0,1337 T$ dan $n = 0,1976 - 0,0018 T$.
4. Analisis grafis dengan *scatter plot* antara KAS observasi dengan KAS prediksi terhadap garis regresi memperoleh koefisien determinasi (R^2) 0,9501 ($T = 35^{\circ}\text{C}$); 0,9805 ($T = 45^{\circ}\text{C}$); 0,9292 ($T = 55^{\circ}\text{C}$) dan 0,9749 ($T = 65^{\circ}\text{C}$).
5. Analisis regresi secara manual menggunakan persamaan $y = x$ memperoleh R^2 pada suhu 35°C , 45°C , 55°C , 65°C berturut-turut sebesar : 0,9252; 0,9212; 0,8924; 0,8355.
6. Nilai modulus deviasi dari perbandingan antara KAS observasi dengan KAS regresi dengan adalah ($T = 35^{\circ}\text{C}$); 4,3175 dan 5,1201 ($T = 45^{\circ}\text{C}$); 2,7109 dan 3,1163 ($T = 55^{\circ}\text{C}$); 6,2638 dan 7,0740 ($T = 65^{\circ}\text{C}$) 4,6477 dan 4,9873 . Hal ini berarti model bisa menggambarkan keadaan sebenarnya dengan sangat tepat karena nilai P kurang dari 5. Kecuali model persamaan pada suhu 55°C .

4.2 Saran

Untuk mendapatkan model KAS yang lebih variatif bisa dengan menerapkan model-model persamaan yang lain yang sudah dimodifikasi dengan tiga konstanta di dalamnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M., 1982, *Aktivitas air dan Kerusakan Bahan Makanan*, Penerbit Agritech, Yogyakarta.
- Anonim, 1995, *Pemanfaatan Gadung Untuk Berbagai Produk Bahan Pangan*, departemen Perindustrian, Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Banjarbaru.
- Anonim, 1998, *Prosiding Seminar Nasional*, Teknologi Pangan dan gizi, Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) dan Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Brooker, D.B., Fred W. Bakker dan Carl W. Hall, 1992, *Drying and Storage of Grains and Oilseeds*, AVI Publishing Company Inc., USA.
- Buckle, K.A. et al., 1987, *Ilmu Pangan*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Da-wen Sun; C. Byrne, 1998, *Jurnal of Agriculture Engineering Research*, vol. 69, *Selection of EMC/ERH Isoterm Equations For Rapeseed*, University College Dublin of Ireland, Ireland.
- Hall, Carl W., 1980, *Drying and Storage of Agriculture Corp.*, AVI Publishing Company Inc., USA.
- Handerson and Perry, 1952, *Agriculture Process Engineering of Agriculture Corp.*, AVI Publishing Company, Inc., USA.
- Kamas, E., 1980, *Methods For Measuring Moisture Content Station*, New Jersey, July 1981, vol. 26.
- Nazilah, N., 1999, *Persamaan Matematis Untuk Menentukan Nilai Konstanta c dan n Dalam model Oswin dari Kadar Air Kesetimbangan (EMC) Pada kopi (Coffea Sp.)*, Universitas Jember, Jember.
- Pinus Lingga, dkk., 1993, *Bertanam ubi-ubian*, PS. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Santoso, 1992, *Analisis Regresi*, Penerbit Offset Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sembiring, R.K., 1995, *Analisis Regresi*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sudarmadji, S., 1996, *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*, Penerbit Liberty, Yogyakarta.

Sugiarto ,R.D. dan Kusnadi,M.H., 1992, *Analisis Regresi*, Penerbit Offset Yogyakarta, Malang.

Taib,G., 1988, *Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian*, PT. Melon Putra, Jakarta.

Winarno.F.G., 1984, *Kimia Pangan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Lampiran 1

Data Berat Bahan Untuk Mendapat Kadar Air Awal Bahan Metode Gravimetri

Ulangan	W1	W2	W3	KA (%)
1	3.8659	3.3662	3.4882	10.8279
2	4.5486	4.2514	4.0868	11.2998
3	4.1738	3.9534	3.7794	10.4355
4	2.9101	2.4351	2.6430	10.1059
5	5.3664	4.9907	4.8609	10.3993
RE-RATA				10.6137

Keterangan :

- W1 = Berat awal bahan (gram)
- W2 = berat bahan setelah penengrangan pertama (gram)
- W3 = berat bahan setelah pengeringan kedua (gram)
- ka = kadar air bahan setelah pengeringan

Lampiran 2

DATA PERHITUNGAN UNTUK MENDAPATKAN KAS SUHU 35°C

RH	ULANGAN	B1(Gram)	B2 (Gram)	WM1	WD	WM2	KA	RE-RATA KA
35.67	1	3.232	3.0585	0.3430	2.8890	0.1695	5.5431	6.1464
	2	3.1766	3.0202	0.3372	2.8394	0.1808	5.9849	
	3	3.1831	3.0565	0.3378	2.8453	0.2112	6.9113	
66.83	1	3.1531	3.0974	0.3347	2.8184	0.2790	9.0063	8.6131
	2	3.1963	3.1198	0.3392	2.8571	0.2627	8.4219	
	3	3.0772	3.0032	0.3266	2.7506	0.2526	8.4112	
73.96	1	3.2024	3.1644	0.3399	2.8625	0.3019	9.5403	9.8875
	2	3.2416	3.204	0.3441	2.8975	0.3065	9.5647	
	3	3.1864	3.1844	0.3382	2.8482	0.3362	10.5576	
80.71	1	3.222	3.2834	0.3420	2.8800	0.4034	12.2852	11.9564
	2	3.163	3.1985	0.3357	2.8273	0.3712	11.6058	
	3	3.1802	3.2295	0.3375	2.8427	0.3868	11.9782	
90.34	1	3.0918	3.2014	0.3282	2.7636	0.4378	13.6738	13.8338
	2	3.2047	3.3641	0.3401	2.8646	0.4995	14.8491	
	3	3.1719	3.2581	0.3367	2.8352	0.4229	12.9786	
93.27	1	3.1858	3.3451	0.3381	2.8477	0.4974	14.8704	14.8767
	2	3.0815	3.224	0.3271	2.7544	0.4696	14.5646	
	3	3.2135	3.3871	0.3411	2.8724	0.5147	15.1950	
95.78	1	3.0412	3.2254	0.3228	2.7184	0.5070	15.7185	15.3063
	2	3.2714	3.444	0.3472	2.9242	0.5198	15.0934	
	3	3.0966	3.2605	0.3287	2.7679	0.4926	15.1070	

Lampiran 3

DATA PERHITUNGAN UNTUK MENDAPATKAN KAS SUHU 45°C

RH	ULANGAN	B1(Gram)	B2 (Gram)	WM1	WD	WM2	KA	RE-RATA KA
35.67	1	3.0891	2.9284	0.3279	2.7612	0.1672	5.7085	5.6752
	2	3.0832	2.8907	0.3272	2.7560	0.1347	4.6612	
	3	3.0448	2.9157	0.3232	2.7216	0.1941	6.6559	
66.83	1	3.0097	2.9081	0.3194	2.6903	0.2178	7.4908	8.0488
	2	3.1128	3.0503	0.3304	2.7824	0.2679	8.7822	
	3	3.0861	2.9943	0.3275	2.7586	0.2357	7.8733	
73.96	1	3.1053	3.0628	0.3296	2.7757	0.2871	9.3734	9.0879
	2	3.0578	2.9912	0.3245	2.7333	0.2579	8.6235	
	3	3.1121	3.0659	0.3303	2.7818	0.2841	9.2667	
80.71	1	3.0276	3.0175	0.3213	2.7063	0.3112	10.3145	9.9980
	2	3.1141	3.0915	0.3305	2.7836	0.3079	9.9603	
	3	3.099	3.0683	0.3289	2.7701	0.2982	9.7193	
90.34	1	3.1353	3.1512	0.3328	2.8025	0.3487	11.0647	11.6607
	2	3.0886	3.1472	0.3278	2.7608	0.3864	12.2780	
	3	3.0669	3.1025	0.3255	2.7414	0.3611	11.6394	
93.27	1	3.1179	3.1915	0.3309	2.7870	0.4045	12.6751	12.6514
	2	3.0919	3.1732	0.3282	2.7637	0.4095	12.9039	
	3	3.129	3.1919	0.3321	2.7969	0.3950	12.3752	
95.78	1	3.1264	3.231	0.3318	2.7946	0.4364	13.5075	13.4269
	2	3.0759	3.1807	0.3265	2.7494	0.4313	13.5589	
	3	3.1101	3.2033	0.3301	2.7800	0.4233	13.2144	

Lampiran 4

DATA PERHITUNGAN UNTUK MENDAPATKAN KAS SUHU 55°C

RH	ULANGAN	B1(Gram)	B2 (Gram)	WM1	WD	WM2	KA	RE-RATA KA
35.67	1	3.0245	2.8315	0.3210	2.7035	0.1280	4.5210	4.2925
	2	3.0698	2.8709	0.3258	2.7440	0.1269	4.4209	
	3	3.0712	2.8577	0.3260	2.7452	0.1125	3.9356	
66.83	1	3.042	2.9088	0.3229	2.7191	0.1897	6.5205	6.1367
	2	3.0633	2.8912	0.3251	2.7382	0.1530	5.2929	
	3	3.0366	2.906	0.3223	2.7143	0.1917	6.5965	
73.96	1	3.0513	2.9196	0.3239	2.7274	0.1922	6.5816	7.4292
	2	3.0848	3.0031	0.3274	2.7574	0.2457	8.1819	
	3	3.0172	2.9164	0.3202	2.6970	0.2194	7.5242	
80.71	1	3.0518	2.9984	0.3239	2.7279	0.2705	9.0218	9.1279
	2	3.0983	3.0654	0.3288	2.7695	0.2959	9.6543	
	3	3.0076	2.9448	0.3192	2.6884	0.2564	8.7075	
90.34	1	3.0675	3.0281	0.3256	2.7419	0.2862	9.4507	10.4156
	2	3.0597	3.0705	0.3247	2.7350	0.3355	10.9281	
	3	3.0821	3.0909	0.3271	2.7550	0.3359	10.8682	
93.27	1	3.0314	3.0745	0.3217	2.7097	0.3648	11.8668	11.1774
	2	3.0553	3.0628	0.3243	2.7310	0.3318	10.8326	
	3	3.0128	3.0202	0.3198	2.6930	0.3272	10.8327	
95.78	1	3.0639	3.1085	0.3252	2.7387	0.3698	11.8962	11.5395
	2	3.0994	3.1302	0.3290	2.7704	0.3598	11.4932	
	3	3.0291	3.0501	0.3215	2.7076	0.3425	11.2291	

Lampiran 5

DATA PERHITUNGAN UNTUK MENDAPATKAN KAS SUHU 55°C

RH	ULANGAN	B1(Gram)	B2 (Gram)	WM1	WD	WM2	KAS	RE-RATA KA
35.67	1	3.0830	2.8563	0.3272	2.7558	0.1005	3.5193	3.1812
	2	3.0474	2.8006	0.3234	2.7240	0.0766	2.7366	
	3	3.0402	2.8099	0.3227	2.7175	0.0924	3.2876	
66.83	1	3.0933	2.8659	0.3283	2.7650	0.1009	3.5212	3.7488
	2	3.0888	2.8595	0.3278	2.7610	0.0985	3.4459	
	3	3.0192	2.8194	0.3204	2.6988	0.1206	4.2792	
73.96	1	3.0293	2.8455	0.3215	2.7078	0.1377	4.8400	4.7379
	2	3.0752	2.8947	0.3264	2.7488	0.1459	5.0400	
	3	3.0909	2.8880	0.3281	2.7628	0.1252	4.3338	
80.71	1	3.0664	2.8964	0.3255	2.7409	0.1555	5.3673	5.2895
	2	3.0481	2.8634	0.3235	2.7246	0.1388	4.8479	
	3	3.0964	2.9336	0.3286	2.7678	0.1658	5.6532	
90.34	1	3.0233	2.9171	0.3209	2.7024	0.2147	7.3595	6.8787
	2	3.0785	2.9537	0.3267	2.7518	0.2019	6.8369	
	3	3.0440	2.9082	0.3231	2.7209	0.1873	6.4398	
93.27	1	3.0969	2.9988	0.3287	2.7682	0.2306	7.6896	8.1015
	2	3.0572	2.9853	0.3245	2.7327	0.2526	8.4609	
	3	3.0321	2.9509	0.3218	2.7103	0.2406	8.1541	
95.78	1	3.0696	3.0012	0.3258	2.7438	0.2574	8.5765	8.5727
	2	3.0980	3.0259	0.3288	2.7692	0.2567	8.4838	
	3	3.0026	2.9383	0.3187	2.6839	0.2544	8.6576	

Keterangan :

B1 = berat bahan sebelum
masuk inkubator (gram)
B2 = berat bahan setelah keluar
dari inkubator (gram)

Wm1 = berat air B1 (gram)
Wm2 = berat air B2 (gram)

Wd = berat kering bahan (gram)
Ka awal : 10.6137%

Wm1 = $(ka \text{ awal} \times B1) / 100$

Wd = B1 - Wm1

Wm2 = B2 - Wd

KAS = $Wm2 / B2$

Lampiran 6

DATA ANALISA PERSAMAAN OSWIN

SUHU 35°C

RH	KASI	Aw	(1-Aw)	Aw/(1-Aw)	ln(Aw/(1-Aw))	ln KAS
35.67	6.1464	0.3567	0.6433	0.5545	-0.5897	1.8159
66.83	8.6131	0.6683	0.3317	2.0148	0.7005	2.1533
73.96	9.8875	0.7396	0.2604	2.8402	1.0439	2.2913
80.71	11.9564	0.8071	0.1929	4.1840	1.4313	2.4813
90.34	13.8338	0.9034	0.0966	9.3520	2.2356	2.6271
93.27	14.8767	0.9327	0.0673	13.8588	2.6289	2.6998
95.78	15.3063	0.9578	0.0422	22.6967	3.1222	2.7283

SUHU 45°C

RH	KAS	Aw	(1-Aw)	Aw/(1-Aw)	ln(Aw/(1-Aw))	ln KAS
35.67	5.6752	0.3567	0.6433	0.5545	-0.5897	1.7361
66.83	8.0488	0.6683	0.3317	2.0148	0.7005	2.0855
73.96	9.0879	0.7396	0.2604	2.8402	1.0439	2.2069
80.71	9.9980	0.8071	0.1929	4.1840	1.4313	2.3024
90.34	11.6607	0.9034	0.0966	9.3520	2.2356	2.4562
93.27	12.6514	0.9327	0.0673	13.8588	2.6289	2.5378
95.78	13.4269	0.9578	0.0422	22.6967	3.1222	2.5973

SUHU 55°C

RH	KAS III	Aw	(1-Aw)	Aw/(1-Aw)	ln(Aw/(1-Aw))	ln KAS
35.67	4.2925	0.3567	0.6433	0.5545	-0.5897	1.4569
66.83	6.1367	0.6683	0.3317	2.0148	0.7005	1.8143
73.96	7.4292	0.7396	0.2604	2.8402	1.0439	2.0050
80.71	9.1279	0.8071	0.1929	4.1840	1.4313	2.2113
90.34	10.4156	0.9034	0.0966	9.3520	2.2356	2.3433
93.27	11.1774	0.9327	0.0673	13.8588	2.6289	2.4139
95.78	11.5395	0.9578	0.0422	22.6967	3.1222	2.4458

SUHU 65°C

RH	KAS IV	Aw	(1-Aw)	Aw/(1-Aw)	ln(Aw/(1-Aw))	ln KAS
35.67	3.1812	0.3567	0.6433	0.5545	-0.5897	1.1573
66.83	3.7488	0.6683	0.3317	2.0148	0.7005	1.3214
73.96	4.7379	0.7396	0.2604	2.8402	1.0439	1.5556
80.71	5.2895	0.8071	0.1929	4.1840	1.4313	1.6657
90.34	6.8787	0.9034	0.0966	9.3520	2.2356	1.9284
93.27	8.1015	0.9327	0.0673	13.8588	2.6289	2.0920
95.78	8.5727	0.9578	0.0422	22.6967	3.1222	2.1486

Lampiran 7
PERHITUNGAN KOEFISIEN DETERMINASI SECARA MANUAL, MENGGUNAKAN PERSAMAAN $Y = X$

SUHU 35°C

RH	X	Y	Y = X	Y Re-rata	JKT	JKR	JKS	R ²
35.6700	6.4003	6.1464	6.4003	11.5172	28.8452	26.1824	0.0645	0.9252
66.8300	8.9363	8.6131	8.9363	11.5172	8.4336	6.6609	0.1045	
73.9600	9.7665	9.8875	9.7665	11.5172	2.6558	3.0648	0.0146	
80.7100	10.7960	11.9564	10.7960	11.5172	0.1929	0.5201	1.3465	
90.3400	13.2931	13.8338	13.2931	11.5172	5.3668	3.1539	0.2924	
93.2700	14.7169	14.8767	14.7169	11.5172	11.2864	10.2383	0.0255	
95.7800	16.7201	15.3063	16.7201	11.5172	14.3575	27.0705	1.9988	
Jumlah	80.6292	80.6202	80.6292	80.6202	71.1383	76.8909	3.8468	
Re-rata	11.5185	11.5172	11.5185	11.5172	10.1626	10.9844	0.5495	

SUHU 45°C

RH	X	Y	Y = X	y Re-rata	JKT	JKR	JKS	R ²
35.67	5.6752	5.9514	5.6752	10.0844	17.0816	19.4410	0.0763	0.9212
66.83	8.0488	8.0469	8.0488	10.0844	4.1514	4.1436	0.0000	
73.96	9.0879	8.7195	9.0879	10.0844	1.8629	0.9930	0.1357	
80.71	9.9980	9.5461	9.9980	10.0844	0.2898	0.0075	0.2042	
90.34	11.6607	11.5211	11.6607	10.0844	2.0641	2.4848	0.0195	
93.27	12.6514	12.6308	12.6514	10.0844	6.4842	6.5895	0.0004	
95.78	13.4269	14.1749	13.4269	10.0844	16.7323	11.1724	0.5595	
jumlah	70.5489	70.5907	70.5489	70.5907	48.6663	44.8317	0.9956	
Re-rata	10.0784	10.0844	10.0784	10.0844	6.9523	6.4045	0.1422	

SUHU 55°C

RH	X	Y	Y = X	Y Re-rata	JKT	JKR	JKS	R ²
35.67	4.2925	4.5331	4.2925	8.5482	16.1210	18.1110	0.0579	0.8924
66.83	6.1367	6.5023	6.1367	8.5482	4.1857	5.8153	0.1337	
73.96	7.4292	6.8914	7.4292	8.5482	2.7450	1.2522	0.2892	
80.71	9.1279	7.9764	9.1279	8.5482	0.3270	0.3361	1.3260	
90.34	10.4156	9.9878	10.4156	8.5482	2.0724	3.4872	0.1830	
93.27	11.1774	11.1488	11.1774	8.5482	6.7631	6.9127	0.0008	
95.78	11.5395	12.7976	11.5395	8.5482	18.0574	8.9479	1.5828	
jumlah	60.1188	59.8374	60.1188	59.8374	50.2716	44.8623	3.5734	
re-rata	8.5884	8.5482	8.5884	8.5482	7.1817	6.4089	0.5105	

SUHU 65°C

RH	X	Y	Y = X	Y Re-rata	JKT	JKR	JKS	R ²
35.67	3.1812	2.9379	3.1812	5.7689	8.0145	6.6961	0.0592	0.8355
66.83	3.7488	4.2943	3.7488	5.7689	2.1744	4.0807	0.2976	
73.96	4.7379	4.7508	4.7379	5.7689	1.0365	1.0629	0.0002	
80.71	5.2895	5.3243	5.2895	5.7689	0.1977	0.2298	0.0012	
90.34	6.8787	6.7457	6.8787	5.7689	0.9542	1.2317	0.0177	
93.27	8.1015	7.5732	8.1015	5.7689	3.2556	5.4411	0.2791	
95.78	8.5727	8.7560	8.5727	5.7689	8.9229	7.8614	0.0336	
jumlah	40.5103	40.3822	40.5103	40.3822	24.5556	26.6038	0.6885	
re-rata	5.7872	5.7689	5.7872	5.7689	3.5079	3.8005	0.0984	

SUHU 55°C

RH	X	Y	Y = X	Y Re-rata	JKT	JKR	JKS	R ²
35.67	4.2925	4.5331	4.2925	8.5482	16.1210	18.1110	0.0579	0.8924
66.83	6.1367	6.5023	6.1367	8.5482	4.1857	5.8153	0.1337	
73.96	7.4292	6.8914	7.4292	8.5482	2.7450	1.2522	0.2892	
80.71	9.1279	7.9764	9.1279	8.5482	0.3270	0.3361	1.3260	
90.34	10.4156	9.9878	10.4156	8.5482	2.0724	3.4872	0.1830	
93.27	11.1774	11.1488	11.1774	8.5482	6.7631	6.9127	0.0008	
95.78	11.5395	12.7976	11.5395	8.5482	18.0574	8.9479	1.5828	
jumlah	60.1188	59.8374	60.1188	59.8374	50.2716	44.8623	3.5734	
re-rata	8.5884	8.5482	8.5884	8.5482	7.1817	6.4089	0.5105	

SUHU 65°C

RH	X	Y	Y = X	Y Re-rata	JKT	JKR	JKS	R ²
35.67	3.1812	2.9379	3.1812	5.7689	8.0145	6.6961	0.0592	0.8355
66.83	3.7488	4.2943	3.7488	5.7689	2.1744	4.0807	0.2976	
73.96	4.7379	4.7508	4.7379	5.7689	1.0365	1.0629	0.0002	
80.71	5.2895	5.3243	5.2895	5.7689	0.1977	0.2298	0.0012	
90.34	6.8787	6.7457	6.8787	5.7689	0.9542	1.2317	0.0177	
93.27	8.1015	7.5732	8.1015	5.7689	3.2556	5.4411	0.2791	
95.78	8.5727	8.7560	8.5727	5.7689	8.9229	7.8614	0.0336	
jumlah	40.5103	40.3822	40.5103	40.3822	24.5556	26.6038	0.6885	
re-rata	5.7872	5.7689	5.7872	5.7689	3.5079	3.8005	0.0984	

LAMPIRAN 8

PERHITUNGAN ANALISA MODULUS DEVIASI

SUHU 35°C

RH	Mni	Mmi	Mni-Mmi	Mni-Mmi/Mni	P
35.67	6.1464	6.4003	0.2539	0.0413	4.7188
66.83	8.6131	8.9363	0.3232	0.0375	
73.96	9.8875	9.7665	0.1210	0.0122	
80.71	11.9564	10.7960	1.1604	0.0971	
90.34	13.8338	13.2931	0.5407	0.0391	
93.27	14.8767	14.7169	0.1598	0.0107	
95.78	15.3063	16.7201	1.4138	0.0924	
			3.9728	0.3303	

SUHU 45 °C

RH	Mni	Mmi	Mni-Mmi	Mni-Mmi/Mni	P
35.67	5.6752	5.9514	0.2762	0.0487	2.9136
66.83	8.0488	8.0469	0.0019	0.0002	
73.96	9.0879	8.7195	0.3684	0.0405	
80.71	9.9980	9.5461	0.4519	0.0452	
90.34	11.6607	11.5211	0.1396	0.0120	
93.27	12.6514	12.6308	0.0206	0.0016	
95.78	13.4269	14.1749	0.7480	0.0557	
				0.2039	

SUHU 55°C

RH	Mmi	Mni	Mni-Mmi	Mni-Mmi/Mni	P
35.67	4.2925	4.5331	0.2406	0.0561	6.6689
66.83	6.1367	6.5023	0.3656	0.0596	
73.96	7.4292	6.8914	0.5378	0.0724	
80.71	9.1279	7.9764	1.1515	0.1262	
90.34	10.4156	9.9878	0.4278	0.0411	
93.27	11.1774	11.1488	0.0286	0.0026	
95.78	11.5395	12.7976	1.2581	0.1090	
				0.4668	

RH	Mni	Mmi	Mni-Mmi	Mni-Mmi/Mni	P
35.67	3.1812	2.9379	0.2433	0.0765	4.8175
66.83	3.7488	4.2943	0.5455	0.1455	
73.96	4.7379	4.7508	0.0129	0.0027	
80.71	5.2895	5.3243	0.0348	0.0066	
90.34	6.8787	6.7457	0.1330	0.0193	
93.27	8.1015	7.5732	0.5283	0.0652	
95.78	8.5727	8.7560	0.1833	0.0214	
				0.3372	

Keterangan :

- Mni = KAS observasi
 Mmi = Kas prediksi
 P = Modulus deviasi
 N = jumlah data

$$P = \frac{100}{n} \sum_{n=1}^n \frac{\|Mni - Mmi\|}{Mni}$$

LAMPIRAN 9

PERHITUNGAN STANDART DEVIASI

SUHU 35°C

RH	X1	X2	X rerata	Xrerata-X1	Xrerata-X2	(Xrerata-X1)^2	(Xrerata-X2)^2	jumlah	sd	Sd rerata
35.67	6.1464	6.4003	6.27335	0.1270	-0.1270	0.0161	0.0161	0.0322	0.1795	0.4013
66.83	8.6131	8.9363	8.7747	0.1616	-0.1616	0.0261	0.0261	0.0522	0.2285	
73.96	9.8875	9.7665	9.827	-0.0605	0.0605	0.0037	0.0037	0.0073	0.0856	
80.71	11.9564	10.7960	11.3762	-0.5802	0.5802	0.3366	0.3366	0.6733	0.8205	
90.34	13.8338	13.2931	13.56345	-0.2704	0.2703	0.0731	0.0731	0.1462	0.3823	
93.27	14.8767	14.7169	14.7968	-0.0799	0.0799	0.0064	0.0064	0.0128	0.113	
95.78	15.3063	16.7201	16.0132	0.7069	-0.7069	0.4997	0.4997	0.9994	0.9997	

SUHU 45°C

RH	X1	X2	X rerata	Xrerata-X1	Xrerata-X2	(Xrerata-X1)^2	(Xrerata-X2)^2	jumlah	sd	Sd rerata
35.67	5.6752	5.9514	5.8133	0.1381	-0.1381	0.0191	0.0191	0.0381	0.1953	0.2027
66.83	8.0488	8.0469	8.0479	-0.0009	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	
73.96	9.0879	8.7195	8.9037	-0.1842	0.1842	0.0339	0.0339	0.0679	0.2605	
80.71	9.9980	9.5461	9.7721	-0.2259	0.2260	0.0511	0.0511	0.1021	0.3195	
90.34	11.6607	11.5211	11.5909	-0.0698	0.0698	0.0049	0.0049	0.0097	0.0987	
93.27	12.6514	12.6308	12.6411	-0.0103	0.0103	0.0001	0.0001	0.0002	0.0146	
95.78	13.4269	14.1749	13.8009	0.3740	-0.3740	0.1399	0.1399	0.2798	0.5289	

SUHU 55°C

RH	X1	X2	X rerata	Xrerata-X1	Xrerata-X2	(Xrerata-X1)^2	(Xrerata-X2)^2	jumlah	sd	Sd rerata
35.67	4.2925	4.5331	4.4128	0.1203	-0.1203	0.0145	0.0145	0.0289	0.1701	0.4051
66.83	6.1367	6.5023	6.3195	0.1828	-0.1828	0.0334	0.0334	0.0668	0.2585	
73.96	7.4292	6.8914	7.1603	-0.2689	0.2689	0.0723	0.0723	0.1446	0.3803	
80.71	9.1279	7.9764	8.55215	-0.5757	0.5758	0.3315	0.3315	0.6630	0.8142	
90.34	10.4156	9.9878	10.2017	-0.2139	0.2139	0.0458	0.0458	0.0915	0.3025	
93.27	11.1774	11.1488	11.1631	-0.0143	0.0143	0.0002	0.0002	0.0004	0.0202	
95.78	11.5395	12.7976	12.16855	0.6290	-0.6290	0.3957	0.3957	0.7914	0.8896	

SUHU 65°C

RH	X1	X2	X rerata	Xrerata-X1	Xrerata-X2	(Xrerata-X1)^2	(Xrerata-X2)^2	jumlah	sd	Sd rerata
35.67	3.1812	2.9379	3.05955	-0.1217	0.1217	0.0148	0.0148	0.0296	0.1720	0.1698
66.83	3.7488	4.2943	4.02155	0.2727	-0.2728	0.0744	0.0744	0.1488	0.3857	
73.96	4.7379	4.7508	4.74435	0.0065	-0.0065	0.0000	0.0000	0.0001	0.0091	
80.71	5.2895	5.3243	5.3069	0.0174	-0.0174	0.0003	0.0003	0.0006	0.0246	
90.34	6.8787	6.7457	6.8122	-0.0665	0.0665	0.0044	0.0044	0.0088	0.0940	
93.27	8.1015	7.5732	7.83735	-0.2642	0.2642	0.0698	0.0698	0.1396	0.3736	
95.78	8.5727	8.7560	8.66435	0.0916	-0.0917	0.0084	0.0084	0.0168	0.1296	

KETERANGAN :

X1 = KAS observasi

X2 = KAS Prediksi

Sd = Standart Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Sd rerata = standart deviasi rata-rata

Sd rerata = $\frac{\sum Sd}{\sum n}$, dengan n adalah jumlah Sd dari seluruh sampel.