

**KARAKTERISTIK PENGERINGAN KOPI
DENGAN SISTEM LAPISAN TIPIS (THIN LAYER)**

SKRIPSI

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

Ir. Siswijanto, MP (DPU)

Ir. Suryanto, MP (DPA)

Oleh :

Wening Budiati

NIM. 971710201055

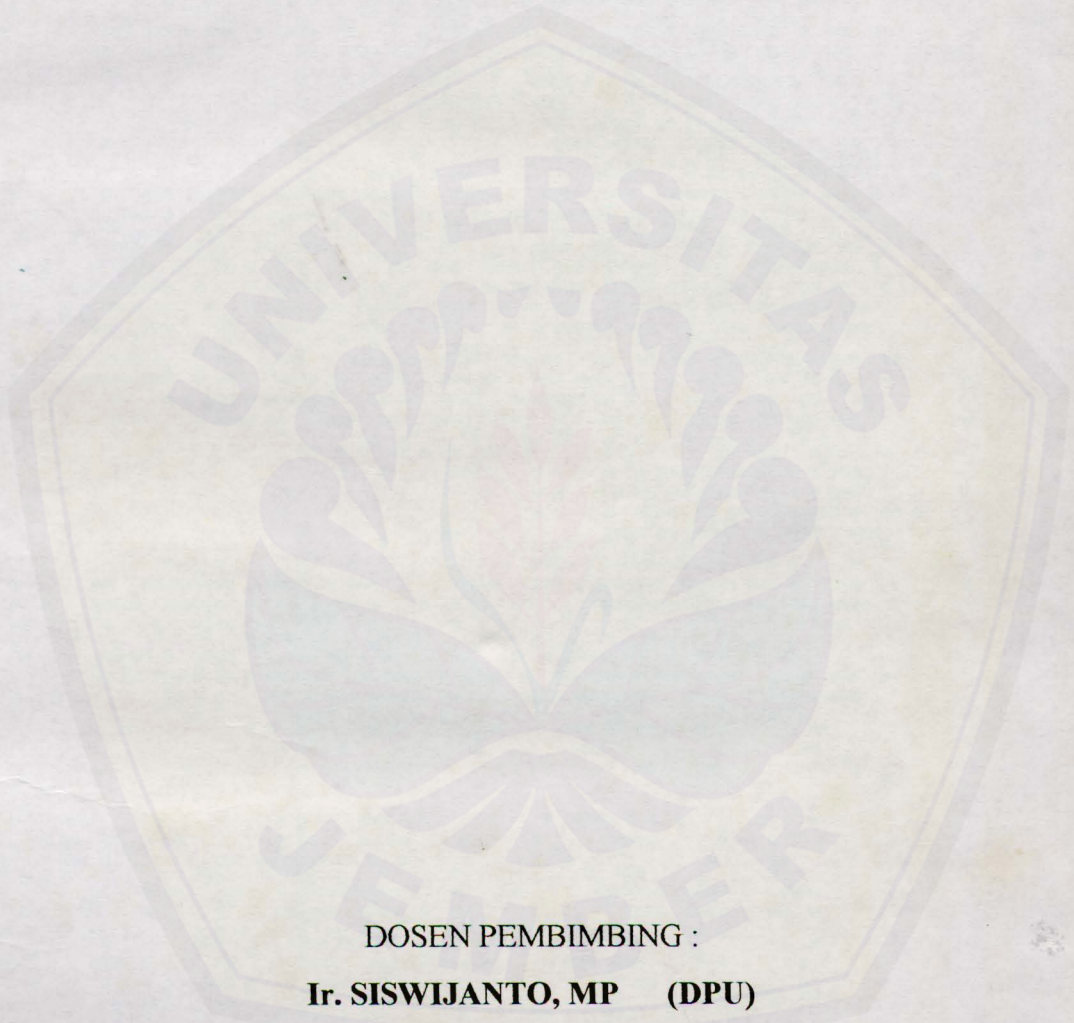
Asa:	Hadiah	Klass
	Pembelian	631
Terima :	24 APR 2002	B4D
Nr. Induk :	0684	h
KLASIFIKASI/PENYALIN:	SKS	

S

e-1

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

April, 2002



DOSEN PEMBIMBING :

Ir. SISWIJANTO, MP (DPU)

Ir. SURYANTO, MP (DPA)

MOTTO :

“ALLAH tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebajikannya) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya” (QS. Al Baqarah : 286)

“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain” (QS. Alam Nasyroh : 6-7)

“ Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian, kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh dan nasehat menasehati supaya menta’ati kebenaran dan nasehat menasehati supaya selalu sabar” (QS. Al ‘Ashr : 2-3)

“Temanku adalah orang yang mau merasakan dan melapangkan segala dukaku. Ia akan melemparkan permusuhan terhadap orang yang memusuhiku” (An-Nabthi)

Karya Tulis Ini Ku Persembahkan Pada :

1. *ALLAH SWT, NABI MUHAMMAD SAW.*
2. *Orang tuaku yang tercinta dan kuhormati, Ibunda Karmi dan Ayahanda Sardjono, atas dukungan moral dan finansial , arahan do'a yang tidak pernah putus serta kasih sayang yang tiada akhir. Semoga apa yang telah beliau berikan dapat berguna untuk masa depanku.*
3. *Pak De Imam Subagijo dan Bu De Asmoeningsih yang telah memberikan dorongan do'a dan segala-galanya untukku serta kasih sayang yang tulus. Matur Sembah Nuwun Pak De, Bu De !*
4. *Kakakku Loloh Miranti, M. Abidin, Slamningsih dan adikku Yogo Hanatri, Deddy, atas semua do'a, dorongan dan motivasi yang telah diberikan.*
5. *Adik-adikku tersayang (Wawan, Resti dan Putri), dengan kelucuan dan keluguan kalian akan selalu mengingatkan Tante pada kalian semua dimanapun Tante berada.*
6. *Special to Halili Yakub, yang selalu setia menemaniku baik suka maupun duka, selalu memberikan semangat, dorongan dan pengorbanannya selama ini. Thanks Boy..... !*
7. *Almamater yang kubanggakan.*

HALAMAN PENGESAHAN

Diterima oleh :

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS JEMBER

sebagai KARYA TULIS ILMIAH (Skripsi)

Dipertahankan pada:

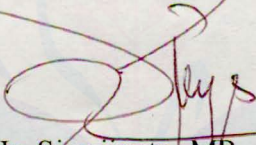
Hari : Senin

Tanggal : 25 Maret 2002

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian

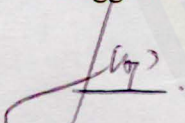
TIM PENGUJI

Ketua



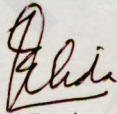
Ir. Siswijanto, MP
Nip. 130 802 225

Anggota I



Ir. Suryanto, MP
Nip. 131 759 841


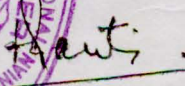
Anggota II



Elida Novita, STp.MT
Nip. 132 243 339

Mengetahui,

Dekan



Ir. Hj. Siti Hartanti, MS

Nip.130 350 763

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayahNYA, penulisan skripsi yang berjudul “Karakteristik Pengeringan Kopi dengan Sistem Lapisan Tipis (Thin Layer)” dapat terselesaikan. Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Universitas Jember.

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

1. Ir. Hj. SITI HARTANTI, MS; selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
2. Ir. SISWIJANTO, MP; selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember dan Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah banyak membantu dan membimbing demi kebaikan Karya Tulis Ilmiah ini.
3. Ir. SURYANTO, MP; selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah banyak memberi bantuan, arahan dan bimbingan selama pelaksanaan dan penyelesaian Karya Tulis Ilmiah ini.
4. ELIDA NOVITA, STp. MT; selaku Tim Penguji yang telah memberikan saran serta koreksi demi kebaikan Karya Tulis Ilmiah ini.
5. Ir. SUSIJAHADI, MS; selaku dosen wali yang telah membantu dalam kelancaran selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian.
6. Semua civitas akademik Fakultas Teknologi Pertanian yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan.
7. Kedua orang tua dan Pak De Bu De yang telah memberikan Do'a, semangat serta bantuan moral dan spiritual .

8. Rekan-rekan angkatan 1997 Teknik Pertanian yang telah banyak memberikan dorongan moril selama penelitian dan penulisan skripsi ini (Azif, Sugi', Dian,, Yuana,Hary,Aris,Nungki, dll).
9. Seseorang (AAL) yang telah memberikan dorongan dan pengertiannya dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.
10. Keluarga besar Work Shop (Mas Agus, Eko, Beben, Mas Hariman) dan Anom.
11. Keluarga besar M 1/46 dan Langitan. Com (Ghost dan Mas Oni) .
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan karya tulis ilmiah ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharap saran dan kritik yang membangun dari pembaca untuk kesempurnaannya. Akhirnya penulis berharap semoga karya tulis ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua yang membutuhkan.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN DOSEN PEMBIMBING	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
RINGKASAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kopi	4
2.1.1 Botani Kopi	4
2.1.2 Struktur Buah Kopi	5
2.1.3 Komposisi Kimia Buah Kopi	5
2.2 Pengeringan Kopi	8
2.3 Kadar Air Kopi	9
2.4 Air Dalam Bahan	10
2.5 Laju Pengeringan	11
2.5.1 Pengeringan Dengan Kecepatan Tetap (Constant Rate Drying)	12

2.5.2 Pengeringan Dengan Kecepatan Menurun (Falling Rate Drying)	13
2.6 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kecepatan Pengeringan	13
2.7 Pengeringan Lapisan Tipis (Thin Layer)	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Pendekatan Teori	15
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.3 Bahan dan Alat	16
3.3.1 Bahan	16
3.3.2 Alat	16
3.4 Tahapan Penelitian	17
3.4.1 Konstruksi Alat	17
3.4.2 Parameter Percobaan	18
3.4.3 Cara Pengambilan Data	18
3.5 Metode Analisis	18
3.6 Uji Validitas	19
3.6.1 Analisis Grafis	19
3.6.2 Analisis Statistik	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	21
4.2. Estimasi Koefisien Pengeringan A dan B	24
4.3 Penentuan Laju Pengeringan	30
4.4 Uji Validitas	32
4.4.1 Kadar Air Bahan Prediksi	32
4.4.2 Analisis Grafik	34
4.4.3 Analisis Statistik	39
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	42

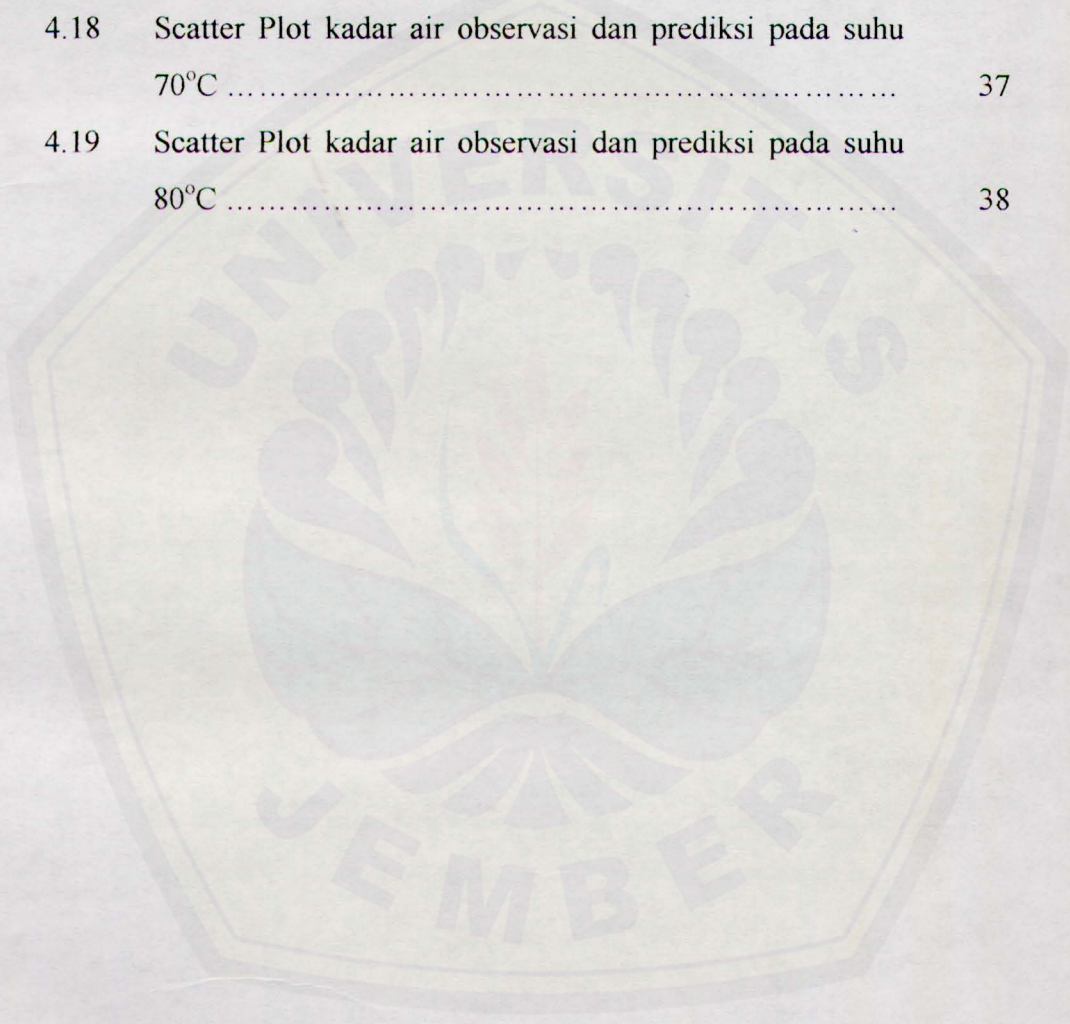
DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
2.1	Komposisi kimia buah kopi	6
2.2	Komposisi kimia, vitamin mineral kopi beras	7
2.3	Komposisi kimia kopi hijau	7
4.1	Rata-rata kadar air bahan hasil pengukuran variasi jarak tiap rak	21
4.2	Rata-rata kadar air bahan hasil pengukuran variasi suhu	22
4.3	Hasil perhitungan analisis regresi ln MR dan t pada variasi jarak tiap rak	26
4.4	Hasil analisis regresi ln MR dan t pada variasi suhu	28
4.5	Garis regresi dan nilai R^2 pada variasi tinggi rak	39
4.6	Garis regresi dan nilai R^2 pada variasi suhu	39
4.7	Hasil analisis kadar air bahan untuk variasi ukuran tinggi rak	40
4.8	Hasil analisis kadar air bahan untuk variasi suhu	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Struktur Buah kopi	5
2.2	Hubungan antara laju pengeringan dan waktu	11
2.3	Hubungan antara laju pengeringan terhadap kadar air	12
3.1	Skema pengeringan tipe rak	17
4.1	Kadar air dengan variasi jarak tiap rak	22
4.2	Kadar air dengan variasi suhu	23
4.3	Grafik $\ln MR$ dengan waktu pada variasi tiap rak dengan suhu 60°C	24
4.4	Grafik $\ln MR$ dengan waktu pada variasi suhu	25
4.5	Grafik hubungan antara konstanta pengeringan A dengan jarak tiap-tiap rak dari pipa pemanas.....	26
4.6	Grafik hubungan antara konstanta pengeringan B dengan jarak tiap-tiap rak dari pipa pemanas rak	27
4.7	Grafik hubungan antara konstanta pengeringan A dan suhu	29
4.8	Grafik hubungan antara konstanta pengeringan B dan suhu	29
4.9	Grafik hubungan laju pengeringan dengan waktu pada variasi jarak tiap rak	31
4.10	Grafik hubungan laju pengeringan dengan waktu pada variasi suhu	31
4.11	Grafik hubungan kadar air observasi dan prediksi pada variasi jarak tiap rak dengan suhu 60°C	33
4.12	Grafik hubungan kadar air observasi dan prediksi pada variasi suhu pada rak 1	33
4.13	Scatter Plot kadar air observasi dan prediksi pada rak 1 ...	35
4.14	Scatter Plot kadar air observasi dan prediksi pada rak 2 ...	35

4.15	Scatter Plot kadar air observasi dan prediksi pada rak 3 ...	36
4.16	Scatter Plot kadar air observasi dan prediksi pada rak 4 ...	36
4.17	Scatter Plot kadar air observasi dan prediksi pada suhu 60°C	37
4.18	Scatter Plot kadar air observasi dan prediksi pada suhu 70°C	37
4.19	Scatter Plot kadar air observasi dan prediksi pada suhu 80°C	38



DAFTAR LAMPIRAN

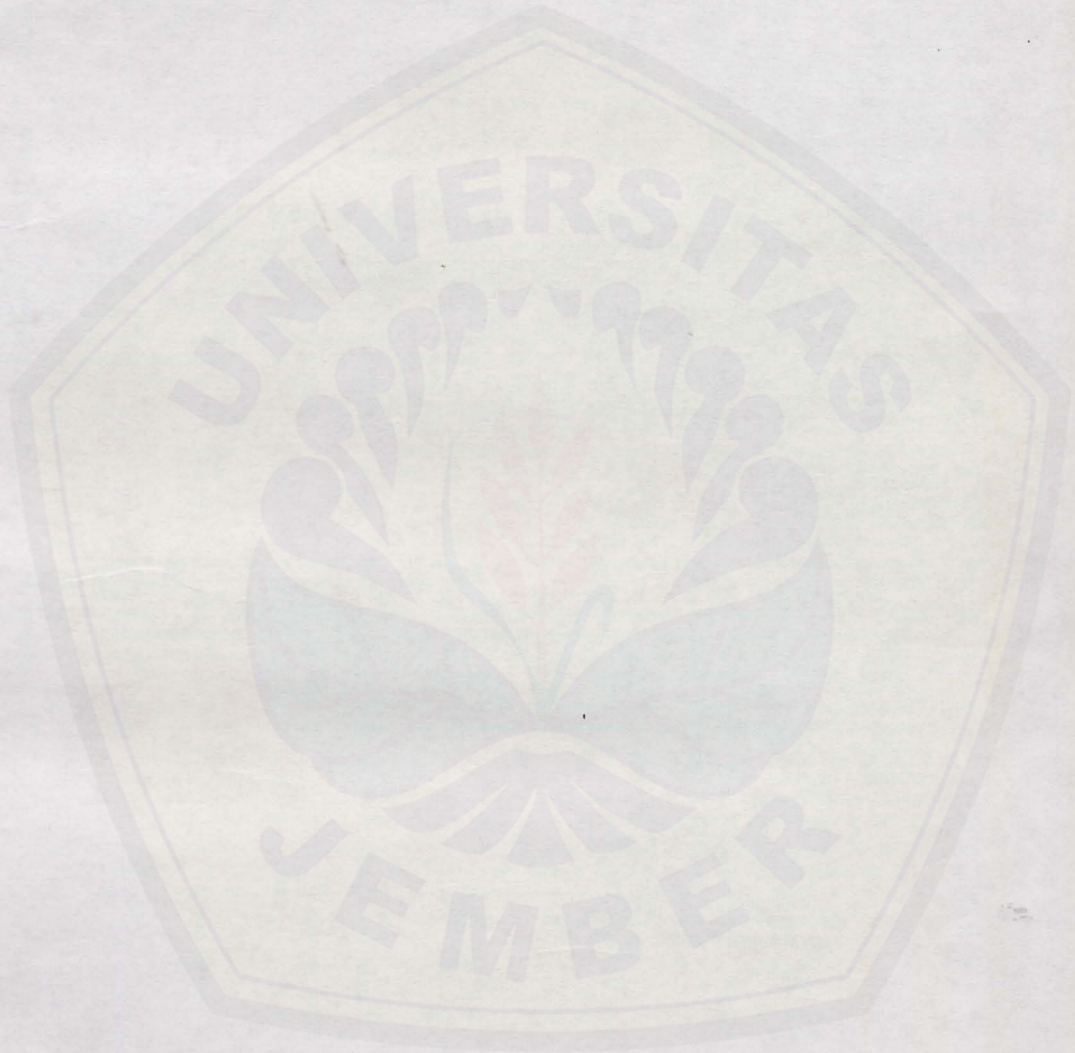
Lampiran	Judul	Halaman
1.	Data berat bahan pada proses pengeringan pada berbagai perlakuan	45
2.	Perhitungan manual kadar air bahan berdasarkan basis basah	47
3.	Rerata nilai MR berbagai perlakuan	49
4.	Rerata nilai ln MR berbagai perlakuan.....	50
5.	Rerata dM/dt berbagai perlakuan	51
6.	Rerata nilai M_t berbagai perlakuan	52
7.	Perhitungan uji modulus deviasi	53

DAFTAR SIMBOL

A	=	Luas permukaan pengeringan (m^2)
A	=	Konstanta
A_w	=	Aktifitas air
B	=	Konstanta (1/jam)
c	=	Konstanta dalam laju pengeringan menurun
C	=	Konstanta dalam persamaan Henderson
D	=	Koefisien difusitas massa (m^2 /jam)
D_m/dt	=	Laju pengeringan (kg/jam)
$D_w/d\theta$	=	Laju pengeringan (kg/jam)
f _v	=	Koefisien transfer panas (kg.kg udara kering/jam. kg H ₂ O.m ²)
f	=	Koefisien transfer panas (Watt. °C/m ²)
h _{fg}	=	Panas latent penguapan bahan (kJ/kg)
M	=	Kadar air bahan fungsi t (%)
M _e	=	Kadar air keseimbangan (%)
M _o	=	Kadar air awal (%)
MR	=	Moisture Ratio (desimal)
N	=	Konstanta dalam persamaan Henderson
n	=	Jumlah data
P _a	=	Kelembaban udara pada suhu T _a (kg H ₂ O/ kg udara kering)
P _i	=	Modulus Deviasi
P _s	=	Kelembaban udara pada suhu T _s (kg H ₂ O/kg udara kering)
R	=	Jari-jari bahan (cm)
S	=	Standart Deviasi
t	=	Waktu pengeringan (jam)
T _a	=	Suhu udara (°C)
T _s	=	Suhu permukaan bahan (°C)

W_m = bobot air bahan (kg)

W_d = bobot kering bahan (kg)



RINGKASAN

Kopi merupakan komoditi yang penting dalam perekonomian nasional. Persyaratan yang dimiliki kopi untuk menjadi bahan yang dapat diekspor maupun menjadi bahan yang dapat diolah sebagai minuman yaitu dengan menurunkan kadar air kopi melalui proses pengeringan. Pengeringan adalah metode untuk mengeluarkan air dari bahan, menguapkan dengan menggunakan panas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu udara pengering dan ketinggian rak pada unit pengering tray drier khususnya terhadap laju pengeringan dan konstanta pengeringan (A dan B). Analisis yang digunakan dengan menggunakan regresi linier untuk menentukan konstanta A dan B serta untuk uji validitas model menggunakan uji modulus deviasi.

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan dapat memberi tambahan informasi tentang kondisi optimal pengeringan kopi sehingga dapat menentukan kondisi penyimpanan yang baik untuk menjaga mutu kopi sesuai dengan yang dikehendaki.

Pengambilan data dilaksanakan dilaboratorium Alat dan Mesin Pertanian, Fakultas Teknik Pertanian, Universitas Jember, bulan November 2001. Bahan yang digunakan adalah kopi jenis Robusta yang sudah difermentasi dan alat yang digunakan adalah alat pengering tipe rak (tray drier). Metode analisa dilakukan dengan dua cara yaitu analisis grafis dan analisis statistik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengeringan sangat dipengaruhi oleh suhu dan jarak tiap rak dari pipa pemanas. Suhu pengeringan dan jarak tiap-tiap rak dari pipa pemanas sangat berpengaruh pada konstanta pengeringan (A dan B). Persamaan yang didapat untuk menentukan konstanta pengeringan A dan B fungsi :

1. Jarak tiap-tiap rak dari pemanas: $A(H) = -0,0033(H) + 1,3304$

$$B(H) = -0,0019(H) + 0,1799$$

2. Suhu : $A(T) = 0,0013T + 1,2264$

$$B(T) = 0,0197T - 1,0697$$

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi tepat guna di era globalisasi sangat diperlukan demi kemajuan kesejahteraan rakyat khususnya dibidang perkebunan. Peningkatan produktivitas dan mutu terus ditingkatkan dalam rangka menghadapi era tersebut. Upaya untuk meningkatkan produktivitas dan mutu tersebut antara lain dengan cara pengawetan bahan-bahan hasil perkebunan. Salah satu hasil perkebunan yang sangat penting di era perdagangan bebas ini yaitu kopi.

Menurut Harjoswito (1982), kopi merupakan komoditi yang penting dalam perekonomian nasional dan sebagai salah satu sumber devisa negara yang dapat diharapkan untuk menampung tenaga kerja yang cukup banyak.

Mutu biji kopi dipengaruhi oleh proses-proses pengolahan mulai dari awal sampai siap dipasarkan, misalnya pada pengeringan. Hal ini dimaksudkan agar kopi yang mengalami kerusakan karena adanya serangan insekta dan mikro organisme diupayakan dapat dimanfaatkan dalam waktu yang relatif lama dan mampu mencapai mutu produk sesuai dengan tuntutan pasar. Beberapa cara pengeringan yang kurang benar dapat menyebabkan turunnya kadar kafein dan rusaknya flavor pada kopi.

Persyaratan yang dimiliki kopi untuk menjadi bahan yang dapat diekspor maupun menjadi bahan yang dapat diolah sebagai minuman adalah besarnya kadar air kesetimbangan yang terkandung dalam kopi. Oleh karena itu, untuk menurunkan kadar air kopi hingga keadaan tertentu diperlukan proses pengeringan. Najiyati (1999) menyatakan bahwa pada proses pengeringan terjadi penurunan kadar air dari sekitar 53% - 55% menjadi 10% - 13%. Hal ini berarti untuk kemantapan selama penyimpanan maka kadar air kopi tidak boleh lebih dari 13%. Dengan kadar air $\pm 13\%$ ini kopi tidak mudah terserang cendawan dan tidak mudah pecah ketika dihulling.

Pengeringan dapat dilakukan dengan menggunakan panas alami maupun panas buatan. Panas alami yang biasa digunakan pada proses pengeringan ini adalah dengan menggunakan panas matahari. Dalam keadaan cuaca yang kurang menguntungkan, pengeringan dibawah sinar matahari langsung memerlukan

waktu selama 20 hari, akibatnya biji kopi dapat ditumbuhi mikro organisme dan ini akan menurunkan mutu kopi. Menurut Sivetz dan Foote (1963), pengeringan dengan tenaga matahari lebih murah daripada pengeringan memakai mesin pengering karena tidak menggunakan bahan bakar, akan tetapi apabila ditelaah lebih menyeluruh dan cermat, biaya pengeringan dengan mesin pengering dapat lebih murah, terutama pada produksi besar. Ini disebabkan pengeringan memakai tenaga matahari efisiensinya rendah (7% sampai 17%), memerlukan banyak tenaga buruh dan lantai pengering yang luas.

Pengeringan dengan menggunakan panas buatan yaitu dengan alat pengering secara mekanis. Salah satu alat pengeringan secara mekanis yang dapat digunakan dalam pengeringan yaitu alat pengering tipe rak (*tray Drier*). Oleh karena dalam pengeringan ini menggunakan alat pengering maka diperlukan suatu data mengenai karakteristik pengeringan bahan yang akan dikeringkan. Karakteristik pengeringan dapat diketahui dengan adanya hubungan antara kecepatan pengeringan dengan kandungan air pada saat tertentu sehingga akan diketahui pula kondisi optimum pengeringan.

1.2 Permasalahan

Pada pengeringan dengan menggunakan panas buatan yaitu dengan alat pengering dengan penambahan panas diharapkan dapat memberikan beberapa keuntungan diantaranya produk yang dihasilkan akan lebih terkontrol pada mutu bahan yang dihasilkan dan juga dapat membantu mempercepat pengeringan bila dibandingkan dengan menggunakan bantuan sinar matahari.

Kecepatan pengeringan dan kandungan air merupakan karakteristik pengeringan dalam suatu alat pengering. Kecepatan pengeringan yang terlalu cepat dapat menyebabkan kerusakan flavor. Jika kopi yang dikeringkan kadar airnya kurang dari 12%, maka perkecambahan dapat tercegah akibat proses respirasi dan metabolisme. Sedangkan biji kopi yang masih memiliki daya kecambah dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Untuk mengatasi hal tersebut perlu diketahui batas kecepatan pengeringan, kandungan air pada kopi sehingga dapat diketahui pula kondisi optimum pengeringan yang dikehendaki.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini , yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh suhu udara pengering dan jarak tiap rak dari pipa pemanas pada unit pengering tray drier terhadap laju pengeringan,
2. Untuk menentukan konstanta pengeringan (A dan B) pada kondisi udara pengering dan jarak tiap rak dari pipa pemanas pada unit pengering tray drier,
3. Untuk mengetahui pengaruh suhu udara pengering dan jarak tiap rak pada pipa pemanas rak pada unit pengering tray drier terhadap konstanta pengeringan (A dan B).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan nantinya dapat menambah informasi tentang kondisi optimal pengeringan kopi sehingga dapat menentukan kondisi penyimpanan yang baik untuk menjaga mutu kopi sesuai dengan yang dikehendaki.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

Menurut Sri Najiyati (1999), bagi bangsa Indonesia, kopi merupakan salah satu mata dagangan yang mempunyai arti yang cukup tinggi. Pada tahun 1981 menghasilkan devisa sebesar \$ 347.8 juta dari ekspor kopi sebesar 210.8 ribu ton. Nilai ini terus meningkat dari tahun ke tahun. Tercatat pada tahun 1988 sudah mampu menghasilkan devisa sebesar \$ 818.4 juta dan menduduki peringkat pertama diantara komoditi ekspor sub sektor perkebunan.

Menurut data dari Biro Statistik perkembangan nilai ekspor kopi di Jawa Timur dari tahun 1992 sampai tahun 1994 mengalami peningkatan yakni US \$ 312.349 pada tahun 1992, US \$ 54.239 pada tahun 1993 dan US \$ 100.86 pada tahun 1994. Areal kopi di Kabupaten Jember diusahakan oleh perkebunan rakyat dan perkebunan besar dengan luas areal tahun 1996 seluas 15.642,74 ha. Perkembangan areal kopi tahun 1996 dibandingkan tahun 1995 mengalami peningkatan seluas 416.01 ha (2.73%). Peningkatan areal kopi ini diikuti dengan peningkatan jumlah produksi sebesar 7.442,13 ton pada tahun 1995 meningkat menjadi 13.213,26 ton pada tahun 1996, yang berarti mengalami peningkatan sebesar 5.793,26 ton atau sebesar 78.05% (Anonim,1997 dalam Retno,2000).

2.1.1 Botani Kopi

Tanaman kopi adalah pohon kecil yang bernama *perpugenus coffea* dari familia *Rubiaceae*. Tanaman kopi yang umumnya berasal dari benua Afrika, termasuk familia *Rubiaceae* dan jenis kelamin *coffea*. Kopi bukan produk homogen, ada banyak varietas dan beberapa cara pengolahannya. Seluruh dunia kini terdapat sekitar 4500 jenis kopi, yang dapat dibagi dalam 4 kelompok besar, yakni :

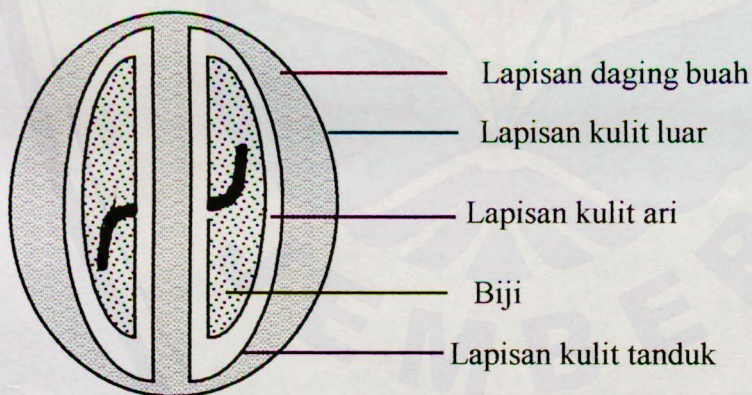
- *Coffea Canephora*, yang salah satu jenis varietasnya menghasilkan kopi dagang robusta
- *Coffea Arabica* menghasilkan kopi dagang arabica
- *Coffea Excelso* menghasilkan kopi dagang excelso

– *Coffea Liberica* menghasilkan kopi dagang liberica (Spillane, 1990).

Untuk jenis *coffea Canephora* banyak ditanam di Afrika dan Asia yang meliputi 3 varietas yang penting yakni : varietas Robusta, varietas Canilon dan varietas Uganda. Varietas Robusta merupakan varietas yang paling banyak ditanam di Indonesia. Sedangkan dari golongan *coffea Liberica* sudah tidak banyak lagi dijumpai di Indonesia, karena rendemen kopi liberica sangat rendah (Syamsul Bahri, 1998).

2.1.2 Struktur Buah Kopi

Buah terdiri dari daging buah dan biji. Daging buah terdiri atas 3 bagian lapisan kulit luar (eksokarp), lapisan daging (mesokarp), dan lapisan kulit tanduk (endokarp) yang tipis tapi keras. Buah kopi umumnya mengandung dua butir biji, tetapi kadang-kadang hanya mengandung satu butir atau bahkan tidak berbiji (hampa) sama sekali. Biji ini terdiri atas kulit biji dan lembaga. Profil struktur buah kopi diilustrasikan pada gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Struktur Buah Kopi

Sumber : Sri Najiati dan Danarti (1999)

2.1.3 Komposisi Kimia Buah Kopi

James J. Spillane (1990), menyatakan bahwa kopi mempunyai rasa pahit-pahit sedap meyegarkan karena kandungan zat kafein, kurang lebih komposisi lengkapnya disajikan pada tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Buah Kopi

Komponen	Kadar (%)
Kafeina	1 - 2.5%
Minyak atsiri	10 - 16%
Asam Clorogen	6 - 10%
Zat gula	4 - 12%
Selulosa	22 - 27%

Biji kopi yang menimbulkan banyak kegiatan taraf internasional dan nasional ternyata memiliki berbagai macam kandungan dengan keistimewaan khusus untuk masing-masing jenis kopi.

Biji kopi yang masih mentah tidak beraroma dan rasanya tidak enak. Melalui penggorengan yang tepat dapat diperoleh kopi yang memiliki rasa dan aroma khas dari kopi. Proses penggorengan kopi yang dapat mengubah biji kopi menjadi coklat kehitaman dengan kulit mengkilap, mengubah bagian dalam biji menjadi mudah di bubuk. Dari penggorengan umumnya berat biji kopi menurun 16%. Kopi banyak digemari orang karena pengaruh kafein sebagai bahan perangsang dan sebagai “*Lubricator*”, adanya daya pemberi energi, merangsang kerja jantung serta otak (Siswoputranto, 1978).

Minuman kopi bukan hanya sekedar minuman yang beraroma khas dan merangsang karena mengandung kafein, tetapi minuman ini mengandung beberapa zat yang bermanfaat bagi tubuh meskipun kadarnya tidak terlalu tinggi. Adapun komposisi kimia, vitamin, dan mineral kopi disajikan pada tabel 2.2 dan 2.3 berikut ini :

Tabel 2.2 Komposisi Kimia, Vitamin dan Mineral Kopi Beras

Bahan	Kadar (%)
	Kopi Beras
Komposisi	
Air	11.25
Kafein	1.21
Lemak	12.27
Gula	8.55
Selulosa	18.07
Abu	3.92
Kadar vitamin dan mineral penting	
Vitamin B1	0.2
Vitamin B2	0.23
Vitamin B6	0.143
Vitamin B12	0.00011
Sodium	4
Ferrum	3.7
Fluor	0.45

Sumber : Danarti dan Sri Najiyati (1990)

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Kopi Hijau

<u>Komponen</u>	Jumlah (%)
Karbohidrat	60
Minyak (oil)	13
Protein	13
Abu	4
Asam Non Volatil	8
Kafein	1

Sumber : Sivert, 1963 dalam Zulkifli Mansjur

2.2 Pengeringan Kopi

Pengeringan adalah suatu metode untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan air tersebut dengan menggunakan energi panas. Biasanya kandungan air bahan tersebut dikurangi sampai suatu batas agar mikroba tidak dapat tumbuh lagi didalamnya (Winarno, 1990):

Pengeringan biji kopi mempunyai beberapa tujuan, antara lain :

- Mengurangi kadar air sampai tingkat tertentu
- Memberikan warna hijau kebiru-biruan pada keping biji
- Membentuk flavor dan aroma yang spesifik

Dengan tujuan tersebut maka semua faktor yang berhubungan dengan reaksi-reaksi yang terjadi dalam biji harus diusahakan sebaik mungkin. Faktor-faktor itu adalah enzim senyawa tanin, oksigen dari udara sekitar, kadar air dan temperatur. Terutama kadar air dan temperatur dalam pengeringan perlu diperhatikan, karena kedua faktor tersebut sangat berpengaruh terhadap reaksi-reaksi yang terjadi (Anonim, 1988).

Proses pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air. Cara ini dilakukan dengan menurunkan kelembaban nisbi udara dengan mengalirkan udara panas disekeliling bahan sehingga tekanan ini menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara.

Menurut Earle (1969) dalam Ni'matun (1999), faktor-faktor yang mempengaruhi penguapan adalah :

- a. Laju pemanasan waktu energi (panas) dipindahkan pada bahan.
- b. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan tiap pound air.
- c. Suhu maksimum pada bahan.
- d. Tekanan pada saat terjadinya penguapan.
- e. Perubahan lain yang mungkin terjadi didalam bahan selama proses penguapan berlangsung.

Peristiwa yang terjadi selama proses pengeringan meliputi dua proses, yaitu :

- a. Proses perpindahan panas, yaitu proses penguapan air dari dalam bahan atau proses perubahan bentuk cair ke bentuk gas.
- b. Proses perpindahan massa, yaitu proses perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara.

2.3 Kadar Air Kopi

Buah kopi memiliki kadar air yang berbeda-beda, baik terhadap berat basah maupun berat kering. Persentase kadar air biji kopi berbeda-beda pada saat kelembaban dan temperatur berbeda.

Pada proses pengeringan kopi, kadar air diturunkan sampai 13% yang merupakan batasan standar kadar air. Proses metabolisme dapat berlangsung terus selama kadar air di dalam kopi masih diatas 13%. Kadar air kopi ternyata sangat dipengaruhi oleh kelembapan nisbi udara sekitarnya. Umumnya kadar air kopi dibawah 13% akan tahan dan tidak berubah mutunya dalam penyimpanan (Siswoputranto,1981).

Menurut Henderson dan Perry (1976), kadar air adalah jumlah air yang terdapat di dalam komoditi hasil panen yang dinyatakan dengan basis basah dan basis kering.

Pengukuran kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kadar air atau melalui perhitungan yang ada, seperti :

- Kadar Air Dasar Basah

$$M = \frac{W_m}{W_m + W_d} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

(Henderson dan Perry , 1976).

- Kadar Air Dasar Kering

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

(Henderson dan Perry,1976).

2.4 Air Dalam Bahan

Air merupakan bahan yang sangat penting bagi kebutuhan manusia, dan fungsinya tidak pernah dapat digantikan oleh senyawa lain. Air juga merupakan komponen penting dalam bahan makanan karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur serta cita rasa makanan kita. Dalam bahan makanan kering sekalipun, seperti buah kering, tepung serta biji-bijian terkandung air dalam jumlah tertentu.

Semua bahan mengandung air dalam jumlah yang berbeda-beda, baik itu bahan makanan hewani maupun nabati. Air ini berperan sebagai pembawa zat-zat makanan dan sisa metabolisme, sebagai media reaksi yang menstabilkan pembentukan biopolimer, dan sebagainya.

Kandungan air dalam bahan ikut menentukan *acceptability*, kesegaran, dan daya tahan bahan itu. Selain merupakan bagian dari suatu bahan makanan air merupakan pencuci yang baik bagi bahan makanan tersebut atau alat yang digunakan dalam pengolahannya. Sebagian besar perubahan-perubahan bahan makanan terjadi dalam media air yang ditambahkan atau yang berasal dari bahan itu sendiri.

Kandungan air yang terdapat pada suatu bahan terdiri dari tiga jenis. Masing-masing jenis air tersebut adalah :

1.. Air Bebas (*free water*)

Air ini terdapat pada permukaan bahan yang dapat dipergunakan mikroba untuk pertumbuhannya serta dapat pula dijadikan sebagai media reaksi-reaksi kimiawi. Air bebas ini dapat dengan mudah diuapkan pada proses pengeringan. Untuk menguapkan air bebas ini diperlukan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan menguapkan air terikat. Air yang dapat diuapkan disebut "vaporable water". Bila air bebas ini diuapkan seluruhnya kadar air bahan berkisar antara 12-25%, tergantung pada jenis bahan dan suhu (Gunarif.dkk,1987).

2. Air yang terikat secara fisik

Merupakan bagian air bahan yang terdapat dalam jaringan matrik bahan (tenunan bahan) karena adanya ikatan-ikatan fisik, seperti membran ,kapiler,serat dan lain-lain (Winarno,1984).

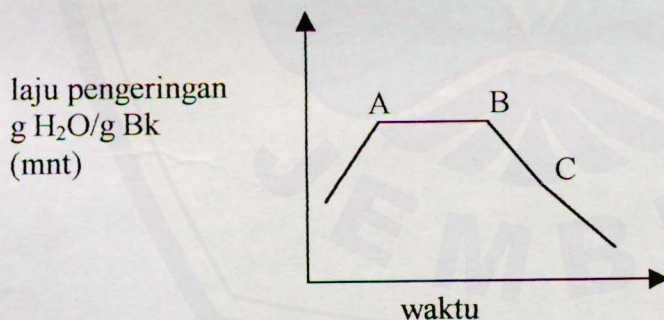
3. Air yang terikat secara kimia

Untuk menguapkan air ini dalam proses pengeringannya dibutuhkan energi yang besar, bila kandungan air ini dihilangkan maka pertumbuhan mikroba dan reaksi pencoklatan atau browning, hidrolisis atau oksidasi lemak dapat dikurangi. Jika air ini dihilangkan semuanya kadar air bahan berkisar antara 3-7%, akan tercapai kestabilan optimal bahan, kecuali pada bahan teroksidasi akibat lemak tidak jenuh (Gunarif.dkk,1987).

2.5 Laju Pengeringan

Laju pengeringan menggambarkan bagaimana cepatnya pengeringan berlangsung. Untuk mengetahui berapa besarnya laju pengeringan dari suatu proses pengeringan maka perlu dilakukan pengukuran banyaknya uap air yang diuapkan. Secara sederhana laju pengeringan diartikan jumlah pound air yang diuapkan per bahan kering per jam.

Sedangkan apabila kita plotkan antara laju pengeringan (*drying rate*) dengan waktu, maka akan lebih jelas lagi tahap-tahap pengeringan yang terjadi dalam pengurangan air bahan. Hubungan antara laju pengeringan dengan waktu di ilustrasikan pada gambar 2.2 berikut ini :

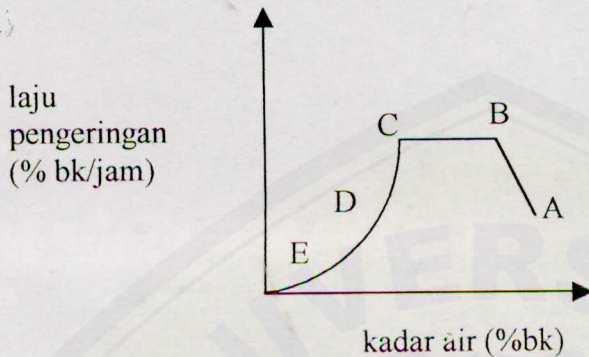


Gambar 2.2 Hubungan antara laju pengeringan dengan waktu

Sebelum titik A ada kenaikan laju pengeringan, karena proses “*warming up*” pada awal proses pengeringan. Sampai titik B adalah periode *constant rate drying*, B sampai C adalah *first falling rate drying*. Sedangkan mulai C adalah *second falling rate drying*. Kadar air bahan pada titik B disebut kadar air kritis

(Critical Moisture Content) karena proses pengeringan memasuki tahap drying (Maryanto,1988).

Dan hubungan antara laju pengeringan terhadap kadar air dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut ini :



Gambar 2.3 Hubungan antara laju pengeringan terhadap kadar air.

Keterangan :

1. A-B : periode pemanasan
2. B-C : periode laju pengeringan konstan
3. C : kadar air kritis
4. C-D : periode laju pengeringan menurun pertama
5. D-E : periode laju pengeringan menurun kedua

(Taib.dkk,1988).

2.5.1 Pengeringan Dengan Kecepatan Tetap (Constant Rate Drying)

Pada tahap ini jumlah air yang diuapkan persatuan waktu adalah tetap. Penguapan selama periode ini terjadi pada permukaan bahan dan air yang diuapkan adalah air bebas (*free water*). Kecepatan pengeringan dibatasi oleh kecepatan pindah panas dari udara ke bahan yang dikeringkan. Suhu bahan biasanya sama dengan suhu *wet bulb* udara yang digunakan untuk pengeringan (Maryanto,1988).

Menurut Henderson (1976), persamaan laju pengeringan konstan yaitu :

$$\frac{dw}{d\theta} = f_v A (P_s - P_a) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\frac{dw}{d\theta} = f A \frac{(t_a - t_s)}{hfg} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.5.2 Pengeringan Dengan Kecepatan Menurun (*Falling Rate Drying*)

Pada tahap ini jumlah air yang diuapkan persatuan waktu adalah semakin menurun, karena air bebas tidak lagi terdapat di permukaan bahan akan tetapi ada pada bagian dalam dari bahan. Pada tahap ini kecepatan pengeringan tergantung proses difusi air dalam bahan ke permukaan dan ditandai dengan sedikit kenaikan suhu bahan.

Pada beberapa bahan sering terdapat lebih dari satu falling rate periods, sehingga dikenal *first falling rate drying*, *second falling rate drying*, dst (Maryanto, 1988).

Periode laju pengeringan menurun dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{dM}{dt} = D \left(\frac{d^2}{dr^2} + \frac{c}{r} \frac{dM}{dr} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

(Brooker, dkk, 1992).

Jika berbentuk slab :

$$\frac{dM}{dt} = D \left(\frac{d^2 M}{dx^2} \right) \dots\dots\dots (2.6)$$

Jika berbentuk bola :

$$\frac{dM}{dt} = D \left(\frac{d^2 M}{dt^2} + \frac{2}{r} \frac{dM}{dr} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

Jika berbentuk silinder :

$$\frac{dM}{dt} = D \left(\frac{d^2 M}{dt^2} + \frac{1}{r} \frac{dM}{dr} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

2.5.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kecepatan Pengeringan

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju pengeringan meliputi :

1. Komposisi bahan
2. Bentuk dan ukuran bahan
3. Susunan bahan dalam pengering

4. Kecepatan aliran udara
5. Suhu pengeringan
6. Perlakuan bahan sebelum dikeringkan (*pre treatment*)

2.6 Pengeringan Lapisan Tipis (*Thin Layer*)

Pada *thin layer* bidang pengeringan lebih luas dan ketebalan bahan dikurangi. Pada pengeringan ini pergerakan bidang pengeringan tidak begitu nyata karena pengeringan berlangsung serentak dan merata di seluruh bagian bahan.

Keuntungan pengeringan jenis ini :

1. Laju pengeringan lebih cepat
2. Kemungkinan terjadinya over drying lebih kecil
3. Tekanan udara pengering yang rendah dapat melalui lapisan bahan yang dikeringkan

(Taib.1987).

Menurut Ban (1974) didalam Elfian (1985), pengeringan lapisan tipis adalah pengeringan satu lapis biji-bijian yang terbuka terhadap udara pada suhu dan kelembaban (RH) konstan. Pengeringan lapisan tipis didasarkan pada pengeringan biji-bijian yang sepenuhnya terbuka terhadap hembusan udara yang menyebabkan semua biji-bijian dalam lapisan tersebut mengalami pengeringan secara seragam (Ohja, 1974 didalam Elfian. 1985).

Menurut Thahir et al. (1984) dalam Elfian (1985), penampilan pengeringan lapisan tipis merupakan gambaran dari penampilan perbutir bahan. Oleh karena penampilan pengeringan perbutir bahan sulit diamati maka untuk mengubah penampilan pengeringan tumpukan tebal digunakan lapisan tipis.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Teori

Pengeringan dengan menggunakan alat pengering tumpukan suatu metode pengering secara mekanis yaitu dengan alat pengering tipe rak (*tray drier*).

Pada pengeringan tipe rak, udara pengering bergerak dari bawah ke atas melalui bahan dan melepaskan sebagian panasnya untuk menghasilkan proses penguapan. Dengan demikian udara pengering makin ke atas akan semakin menurun suhunya. Penurunan ini harus diatur sedemikian rupa agar pada saat mencapai lapisan atas masih mengandung energi panas yang cukup banyak agar penguapan dapat terus berlangsung. Disamping itu kelembabannya harus dipertahankan agar tidak menjadi jenuh pada saat mencapai lapisan atas, sehingga udara pengering masih mampu menampung uap air. Oleh karena itu, untuk menghitung kerja pengeringan dapat dilakukan dengan persamaan Wang dan Singh (1978). Persamaan Wang dan Singh, sebagai berikut :

$$MR = A \exp(-Bt) \dots\dots\dots (3.1)$$

$$MR = \frac{M - Me}{Mo - Me} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan kondisi awal $t = 0$ untuk $M = Mo$

Dengan kondisi batas $t = \infty$ untuk $M = Me$

Maka laju pengeringan dengan penurunan dari persamaan (3.1) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{dM}{dt} = \frac{Mo - Mt}{\Delta t} \dots\dots\dots (3.3)$$

Kadar air kesetimbangan dapat dicari dengan persamaan Henderson :

$$me = (-\ln(1-aw) / c)^{1/n} \dots\dots\dots (3.4)$$

Menurut Ni'matun (1999), dimana nilai c dan n merupakan konstanta yang didapat dengan menggunakan persamaan :

$$N = 0.2202 + 4.5641E-6T - 3.341E-5T^2 + 5.23342E - 7T^3 \dots\dots (3.5)$$

$$C = 9.8240 - 1.4944E-4T + 1.49086E-3T^2 - 5.0576E-5T^3 \dots\dots (3.6)$$

T = suhu ($^{\circ}C$)

Apabila persamaan 3.1 dilinearkan maka didapat persamaan sebagai berikut :

$$\ln MR = \ln A - Bt \dots\dots\dots (3.7)$$

dengan : $y = \ln MR$

$$a = \ln A$$

$$b = -B$$

$$x = t$$

Nilai dari konstanta A dan B dapat ditentukan dengan persamaan (3.4)

Penentuan nilai M (kadar air fungsi T) prediksi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$M = A(T) \exp[-B(T)t] (M_0 - M_e) + M_e \dots\dots\dots (3.8)$$

Persamaan diatas digunakan pada konstanta pengeringan dengan fungsi suhu. Sedangkan persamaan untuk nilai konstanta dengan fungsi jarak tiap rak (H) dari pipa pemanas yaitu :

$$M = A(H) \exp[-B(H)t] (M_0 - M_e) + M_e \dots\dots\dots (3.9)$$

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang karakteristik pengeringan kopi dengan sistem lapisan tipis (*thin layer*) yang menggunakan alat pengering tipe rak dilaksanakan pada bulan September 2001 di Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.3 Bahan dan Alat

3.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kopi jenis robusta yang sudah difermentasi

3.3.2 Alat

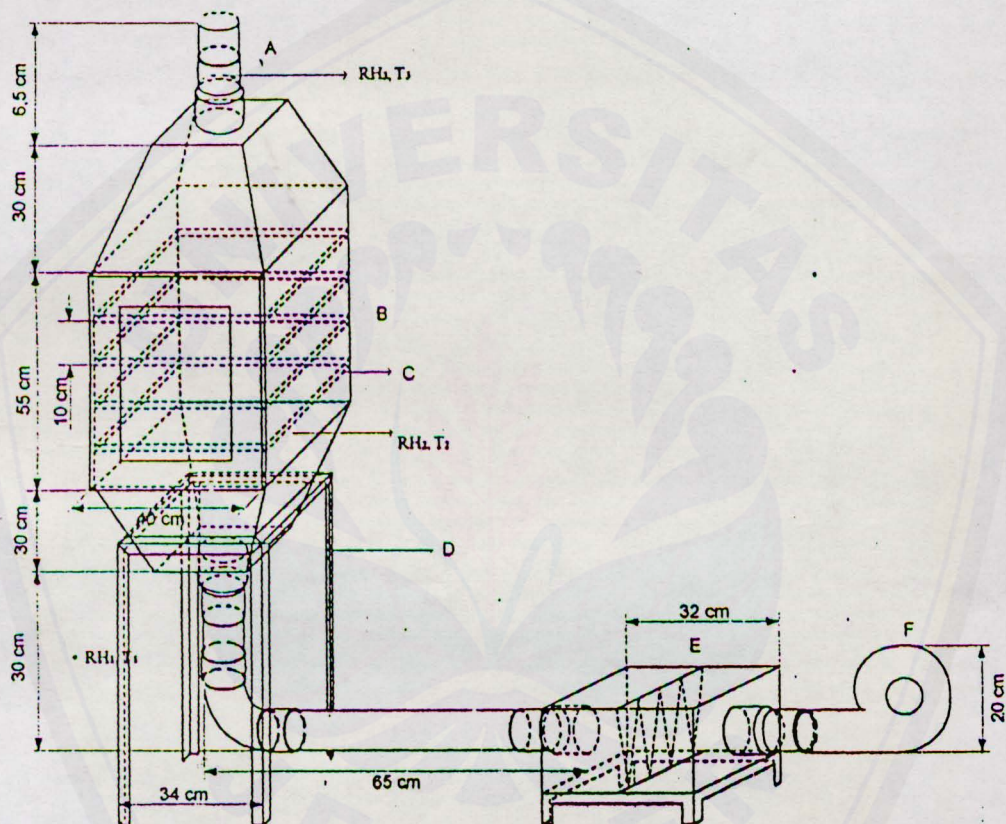
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Unit pengering rak (*Tray drier*)
- b. Timbangan analitis
- c. Thermocopel
- d. Stopwatch
- e. Eksikator
- f. Hygrometer
- g. Rak tempat sampel

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Konstruksi Alat

Alat pengering yang digunakan adalah alat pengering tipe rak (*tray dryer*) seperti terlihat pada gambar 3.1. alat pengering tipe rak mempunyai bentuk persegi dan didalamnya berisi rak-rak, yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan.



Gambar 3.1 Skema Alat Pengering Tipe Rak

Keterangan :

- A : cerobong
- B : rumah pengering
- C : rak pengering (empat rak) dengan jarak tiap rak 10 cm
- D : tiang penyangga pengering
- E : heater
- F : blower
- RH₁ : Kelembaban udara lingkungan
- RH₂ : Kelembaban udara pengering
- RH₃ : Kelembaban udara cerobong
- T₁ : suhu lingkungan
- T₂ : suhu pengering
- T₃ : suhu cerobong

3.4.2 Parameter Percobaan

Dalam penelitian ini data-data yang akan diambil adalah sebagai berikut :

1. Suhu pengeringan (60°C , 70°C , 80°C)
2. Waktu pengeringan (t)
3. Berat bahan selama proses pengeringan
4. Kadar air

3.4.3 Cara Pengambilan Data

Adapun perlakuan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan kopi dengan kadar air awal $\pm 36\%$
- b. Menyiapkan alat pengering yang akan digunakan dengan mengkondisikan pada suhu udara dan kelembaban yang konstan
- c. Alat pengering terdiri dari 4 rak. Mengisi, menimbang dan mencatat berat bahan pada masing - masing rak sebelum dikeringkan
- d. Meletakkan bahan yang akan dikeringkan dalam alat pengering pada suhu 60°C , 70°C , dan 80°C selama beberapa jam sampai mendekati kadar air $12\% - 14\%$
- e. Mencatat dan menimbang berat bahan setiap 2 jam sekali
- f. Menentukan kadar air dengan menggunakan perhitungan kadar air berdasarkan basis basah terdapat pada persamaan 2.1
- g. Menganati suhu pada bagian dalam alat pengering, cerobong dan lingkungan
- h. Mengamati kelembapan pada bagian cerobong alat pengering dan lingkungan
- i. Mencatat lama pengeringan

3.5 Metode Analisis

Dari data yang sudah diperoleh, yaitu : suhu, kelembaban udara, waktu pengeringan dan kadar air bahan maka dilakukan analisis dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Mendapatkan kadar air bahan yang telah dikeringkan dan membuat grafik antara kadar air dan waktu pengeringan.
- Menghitung kadar air kesetimbangan (EMC) dengan menggunakan persamaan (3.4).
- Menentukan nilai kadar air rasio (MR) dengan persamaan (3.2) kemudian membuat grafik hubungan antara $\ln MR$ dan waktu pengeringan t .
- Melakukan analisis pengaruh suhu udara pengering terhadap laju pengeringan dan konstanta pengeringan.
- Melakukan analisa grafis dan analisa statistik dengan menggunakan uji Modulus Deviasi terhadap data observasi dan data prediksi.

3.6 Uji Validitas Data

3.6.1 Analisis Grafis

Data observasi dan data prediksi dibuat grafik untuk menampilkan sebaran kadar air observasi dan kadar air prediksi bahan pada variasi tinggi rak dan variasi suhu yang selanjutnya ditunjukkan dengan persamaan garis linier, $Y=X$. Analisis grafik ini ditampilkan dalam bentuk scatter plot yang bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi penyimpangan grafik antara data observasi terhadap data prediksi.

3.6.2 Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan dengan cara membandingkan data kadar air observasi dan prediksi, dengan analisis varian, uji modulus deviasi serta koefisien korelasi (R^2) dapat diketahui linieritas data prediksi terhadap data observasi. Uji modulus deviasi dapat dihitung dengan menghitung besarnya nilai modulus deviasi (P) dan standaeet deviasi (S).

Persamaan dalam uji modulus deviasi yaitu :

$$P_i = \frac{100}{n} \times \sum_{n=1}^n \frac{|Mt (obs) - Mt (pred)|}{Mt (obs)} \dots\dots\dots(3.10)$$

$$S = \frac{\sqrt{\sum \left(p_i - \bar{p} \right)^2}}{n - 1} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana :

P_i = modulus deviasi

S = standart deviasi

$Mt(obs)$ = data observasi

$Mt(pred)$ = data prediksi

n = jumlah data

Menurut Lamauro dan Bakshi (1985) dalam Ni'matun (1998), bilamana nilai P (modulus deviasi) yang diperoleh kurang dari 5, maka persamaan yang dievaluasi dapat menggambarkan keadaan 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 nilai P lebih besar dari 10 maka persamaan yang didapat tidak menggambarkan keadaan sebenarnya, sehingga persamaan tidak layak digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini antara lain unit pengering tray drier, *termocouple*, hygrometer, timbangan analitis dan stop wath. Pada unit pengering tray drier terdiri dari empat rak. Tinggi masing-masing rak dari pipa penyalur pengalut yaitu rak 1; 10 cm, rak 2; 20 cm, rak 3; 30 cm, rak 4; 40 cm. Bahan yang digunakan adalah biji kopi jenis Robusta yang sudah difermentasi .

Penelitian ini dilaksanakan dengan terlebih dahulu melakukan pengukuran nilai berat bahan pada masing-masing variasi jarak tiap rak dari pipa pemanas dan variasi suhu yaitu 60°C, 70°C dan 80°C. Dengan selang waktu selama 2 jam. Pengukuran berat bahan pada masing-masing suhu kemudian ditentukan rata-ratanya. Hasil rata-rata dari data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan nilai dari rerata kadar air dari bahan untuk variasi ukuran tinggi rak dan variasi suhu seperti terlihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

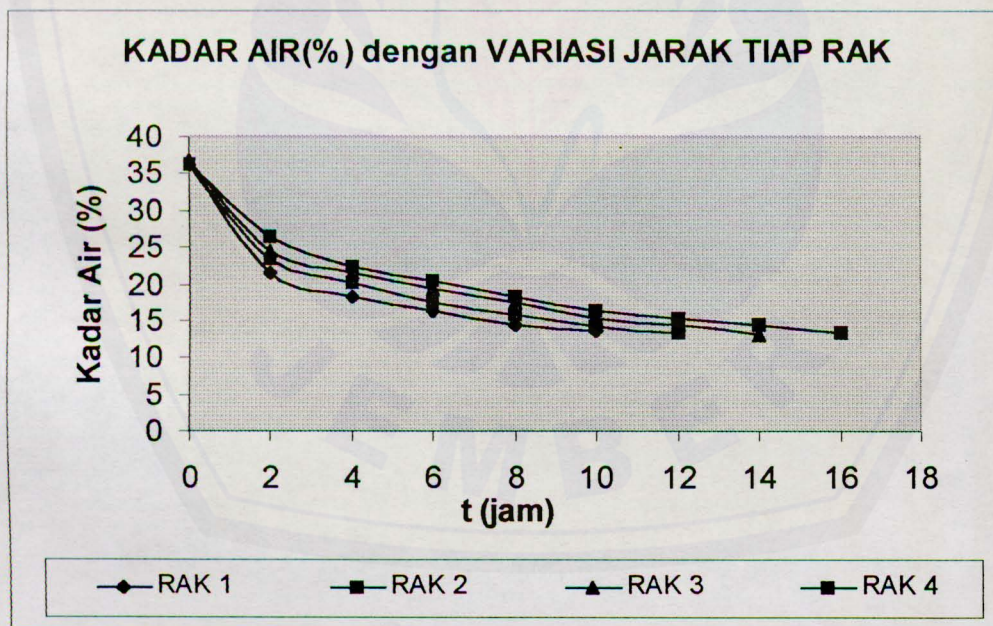
Tabel 4.1 Rata- rata Kadar air Bahan Hasil Pengukuran Variasi Jarak Tiap Rak

Waktu (jam)	Kadar Air Observasi			
	Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4
0	36.2915	36.3222	36.6498	36.2808
2	21.4515	23.4590	24.5099	26.5292
4	18.2221	20.1115	21.3646	22.3277
6	16.2224	17.4663	19.4317	20.4747
8	14.4128	15.7611	17.3238	18.1657
10	13.5894	14.2056	15.3542	16.2330
12		13.4214	14.3308	15.1273
14			13.1894	14.2977
16				13.4125

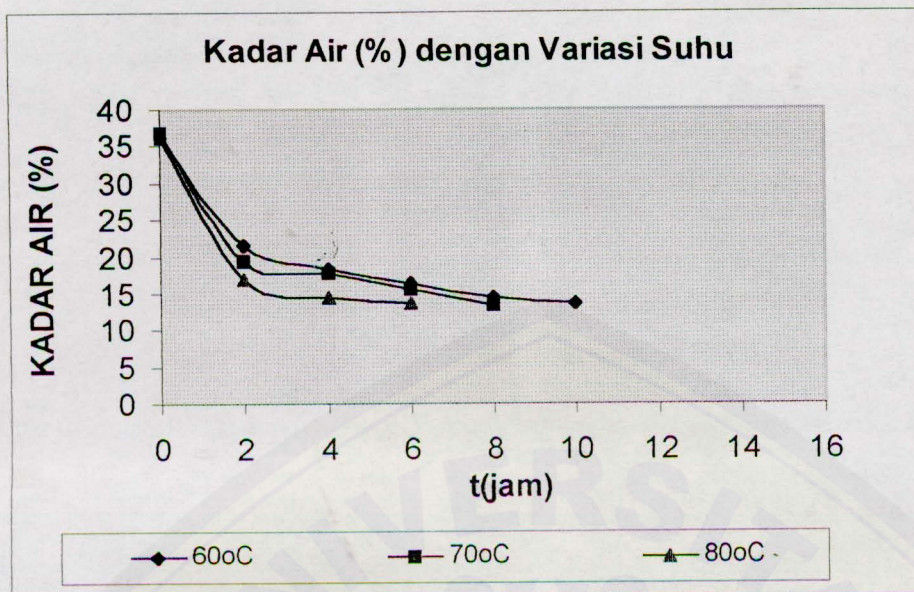
Tabel 4.2 Rata-rata Kadar air Bahan Hasil Pengukuran Variasi Suhu

WAKTU (jam)	kadar air observasi		
	60°C	70°C	80°C
0	36.2915	36.7777	36.2869
2	21.4515	19.2740	16.8355
4	18.2221	17.5857	14.3214
6	16.2224	15.5484	13.4977
8	14.4128	13.4676	
10	13.5894		

Berdasarkan tabel 4.1 dan 4.2 dibuat grafik antara hubungan kadar air observasi dengan waktu pengeringan pada berbagai variasi jarak tiap rak dari pipa pemanas dan variasi suhu udara pengeringan.



Gambar 4.1 Kadar Air dengan Variasi Jarak Tiap Rak



Gambar 4.2 Kadar Air dengan Variasi Suhu

Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa pada awal proses pengeringan masing-masing rak terjadi penurunan kadar air bahan yang relatif cepat. Hal ini dapat dipengaruhi adanya penurunan penguapan air bahan yang cukup tinggi karena bahan mengandung banyak air. Pada rak 1, dapat dilihat bahwa penurunan kadar air lebih cepat dari pada rak lainnya. Penurunan tersebut dapat disebabkan karena tinggi rak 1 lebih rendah dari pada rak lainnya dari pemanas. Sehingga panas yang masuk kedalam bahan lebih besar untuk mengeringkan bahan dengan waktu yang lebih cepat daripada rak lainnya.

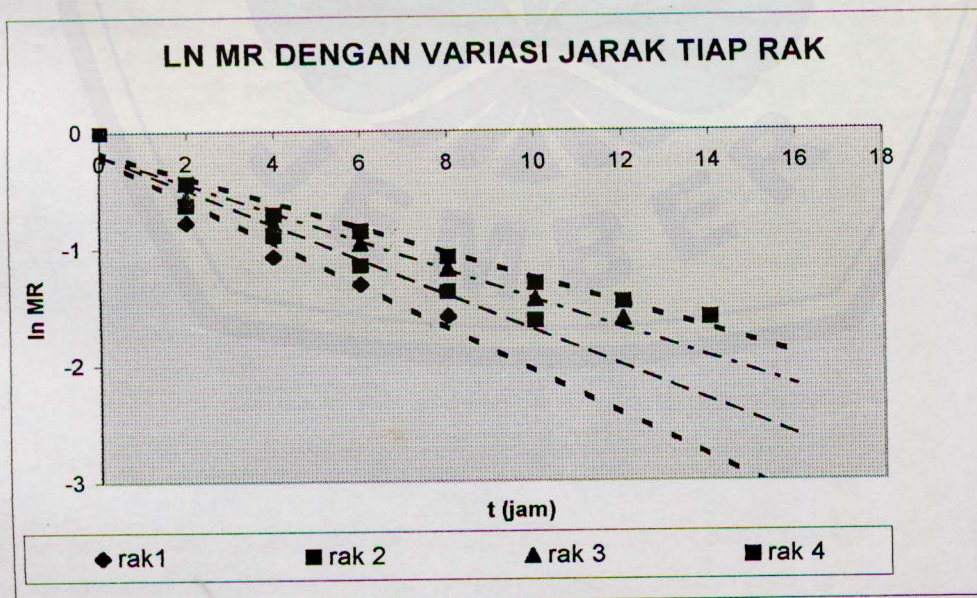
Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pada proses pengeringan dengan suhu 80°C penurunan kadar air lebih cepat dari pada proses pengeringan dengan suhu 60°C dan suhu 70°C. Kurva penurunan kadar air bahan pada suhu 80°C terletak dibawah kurva penurunan kadar air pada suhu 70°C dan kurva penurunan kadar air pada suhu 60°C. Semakin cepat. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu udara pengering maka semakin besar energi panas yang masuk ke dalam bahan, dan semakin besar pula kecepatan pindah panas ke dalam bahan, sehingga penguapan air dari dalam bahan akan lebih banyak.

Proses perpindahan panas tersebut terjadi karena suhu bahan lebih rendah dari pada suhu udara pengering yang dialirkan dari sekeliling bahan. Panas yang

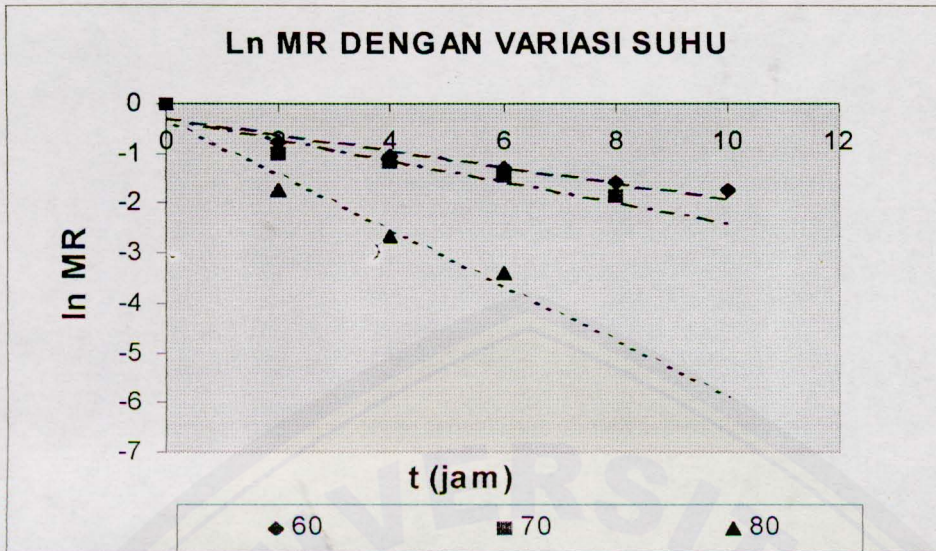
diberikan akan meningkatkan suhu bahan sehingga terjadi pergerakan air dari bahan ke permukaan bahan yang selanjutnya diikuti perpindahan dari permukaan bahan keudara. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu udara pengering maka semakin besar proses perpindahan panas yang terjadi pada proses pengeringan sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air $\pm 13\%$ juga semakin cepat. Dengan demikian pada suhu udara pengering 80°C kemampuan bahan untuk menguapkan air akan semakin cepat jika dibandingkan dengan pengering pada suhu 70°C dan 60°C . Demikian juga dengan suhu udara pengering 70°C lebih cepat dari pada suhu udara pengering 60°C .

4.2 Estimasi Koefisien Pengeringan (A) dan (B)

Koefisien pengeringan (A) dan (B) dapat ditentukan dengan persamaan 3.7. Dengan terlebih dahulu menentukan M_e pada persamaan 3.4 sehingga nilai MR dapat ditentukan. Penentuan nilai tersebut menggunakan tabel 4.1 dan tabel 4.2. Data dari MR untuk rerata kadar air pada variasi suhu dan variasi jarak tiap rak dari pipa pemanas dapat dilihat pada lampiran 2 yang kemudian dicari nilai Ln MR dan waktu pengering seperti yang terlihat pada gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.3 Grafik Ln MR dengan Waktu pada Variasi Tiap Rak dengan suhu 60°C



Gambar 4.4 Grafik Ln MR dengan Waktu pada Variasi Suhu pada Rak 1

Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa proses pengeringan dengan suhu yang sama pada variasi jarak tiap rak memperlihatkan bahwa semakin rendah letak rak yaitu pada rak 1, maka semakin kecil nilai Ln MR dari suatu bahan. Hal ini diperjelas dengan kurva yang terbentuk untuk rak 1 terletak dibawah kurva rak 2, kurva rak 2 yang terbentuk dibawah kurva rak 3 dan kurva rak 3 yang terbentuk dibawah kurva rak 4.

Pada gambar 4.4 terlihat bahwa semakin tinggi suhu udara yang digunakan pada proses pengeringan maka semakin kecil nilai Ln MR, dimana pada variasi suhu 80°C grafik yang terbentuk terletak dibawah kurva 70°C dan kurva 70°C terletak dibawah kurva 60°C.

Berdasarkan gambar 4.3 dan 4.4 didapatkan persamaan garis lurus (persamaan 3.4) adalah sebagai berikut :

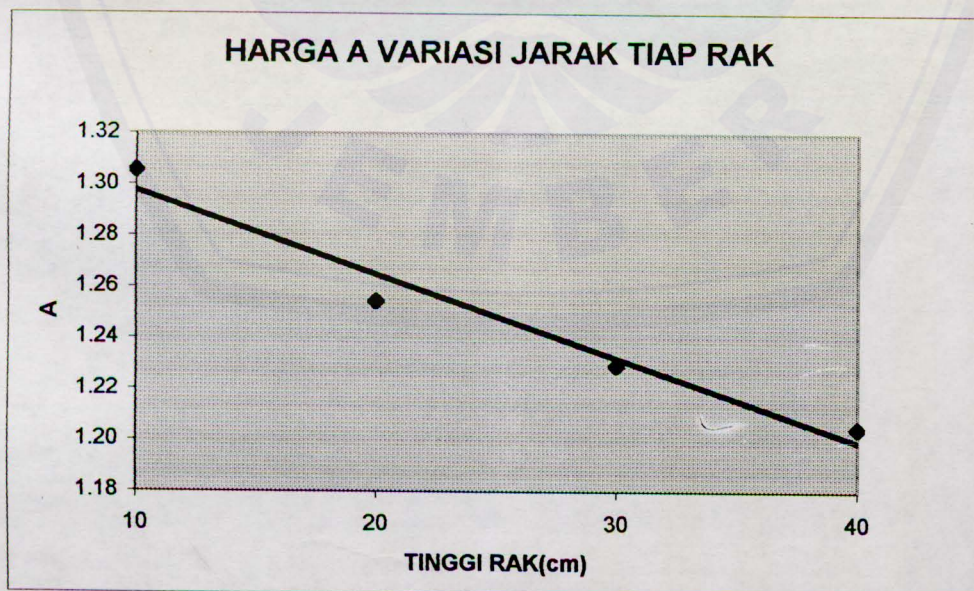
$$\ln MR = \ln A - Bt \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

Analisis regresi linear dilakukan pada persamaan (4.1) sehingga nilai dari koefisien (A) dan (B) dapat ditentukan. Hasil dari perhitungan regresi dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.4.

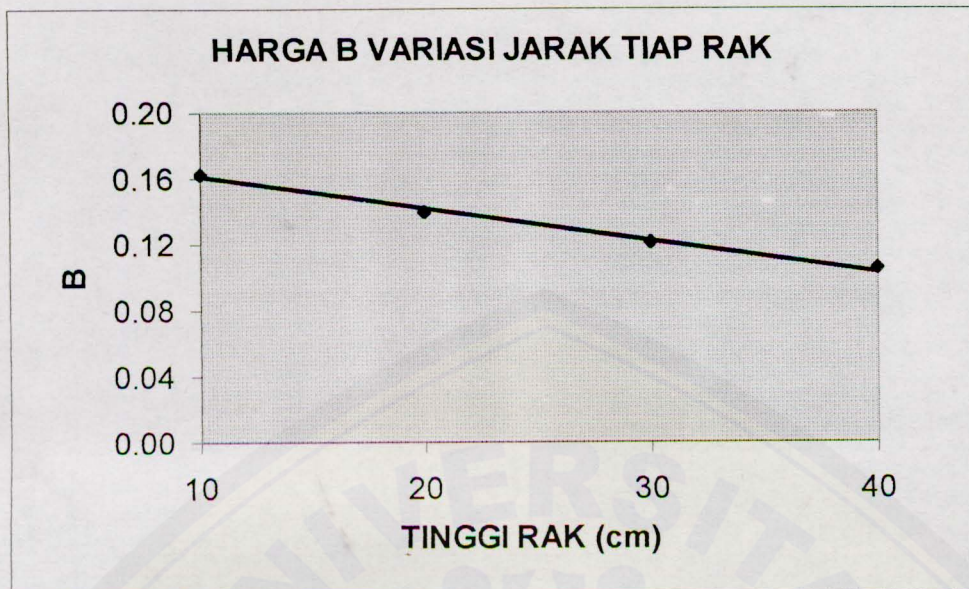
Tabel 4.3 Hasil perhitungan analisis regresi Ln MR dan t pada variasi jarak tiap rak.

Rak	A	B(1/jam)	R ²
1	1,3056	0,1626	92,29
2	1,2545	0,1395	95,58
3	1,2294	0,1207	97,70
4	1,2049	0,1049	97,57

Berdasarkan tabel 4.3 terlihat bahwa semakin rendah letak rak maka semakin besar pula konstanta pengeringan A yaitu berturut-turut untuk rak 1, rak 2, rak 3, dan rak 4 sebesar 1,3056; 1,2545; 1,2294; dan 1,2049, sedangkan untuk konstanta pengeringan B terlihat bahwa semakin rendah letak rak maka semakin tinggi pula nilai koefisiennya yaitu berturut-turut dari rak 1, rak2, rak 3, dan rak 4 sebesar 0,1626/jam; 0,1395/jam; 0,1207/jam; dan 0,1049/jam. Dari tabel 4.3 juga dapat terlihat bahwa nilai koefisien determinasi dari masing-masing nilai konstanta nilai pengeringan A dan B sebesar 92,29%; 95,58%; 97,70% dan 97,57%. Setelah nilai konstanta pengeringan A dan B pada masing-masing rak diketahui maka selanjutnya dibuat grafik hubungan antara nilai konstanta pengeringan nilai A dan B dengan variasi jarak tiap rak seperti yang terlihat pada gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Konstanta Pengeringan A dan Jarak Tiap-tiap Rak dari Pipa Pemanas



Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Konstanta Pengeringan B dan Jarak Tiap-tiap Rak dari Pipa Pemanas

Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa grafik pengaruh jarak tiap rak (cm) terhadap konstanta pengeringan A terjadi secara linear, dimana semakin rendah letak rak maka konstanta pengeringan A semakin besar.

Dengan perhitungan secara regresi antara nilai konstanta pengeringan A dengan jarak tiap rak didapatkan persamaan konstanta pengeringan (A) sebagai fungsi jarak tiap rak (H) adalah sebagai berikut:

$$A(H) = -0,0033 (H) + 1,3304 \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

Berdasarkan persamaan 4.2 diketahui bahwa koefisien arah regresi linear bertanda negatif yaitu sebesar $-0,0033$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi letak rak yang digunakan dalam pengeringan maka semakin kecil konstanta pengeringan sehingga nilai koefisien determinasi sebesar 96,21%. Hal ini berarti nilai konstanta sangat dipengaruhi oleh tingginya letak rak sebesar 96,21%.

Pada gambar 4.6 menunjukkan nilai konstanta nilai pengeringan B dan jarak tiap rak terjadi secara linear. Hal ini menunjukkan semakin rendah letak rak maka nilai konstanta pengeringan B semakin tinggi.

Perhitungan secara regresi antara konstanta pengeringan B dengan jarak tiap rak pengering didapatkan sebagai fungsi jarak tiap rak (H) adalah sebagai berikut :

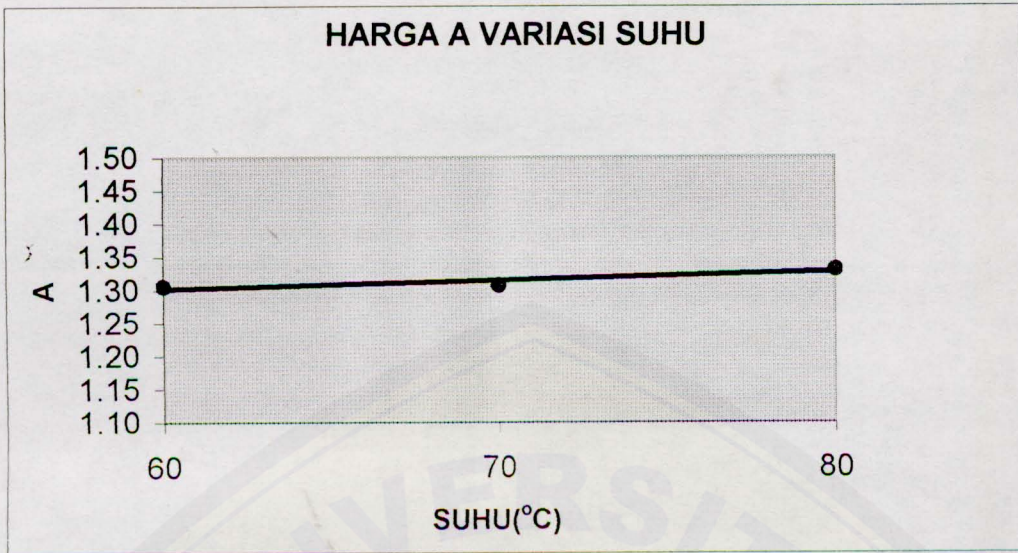
$$B(H) = -0,0019 (H) + 0,1799 \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

Persamaan 4.3 mempunyai gradien negatif, hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi letak rak yang digunakan dalam pengeringan maka semakin kecil konstanta pengeringan B, sedangkan nilai koefisien determinasi sebesar 99,28%. Hal ini dapat dikatakan bahwa nilai konstanta pengeringan B sangat dipengaruhi oleh tingginya letak rak 99,28%. Adapun hasil analisis regresi ln MR dan t pada variasi suhu ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut ini :

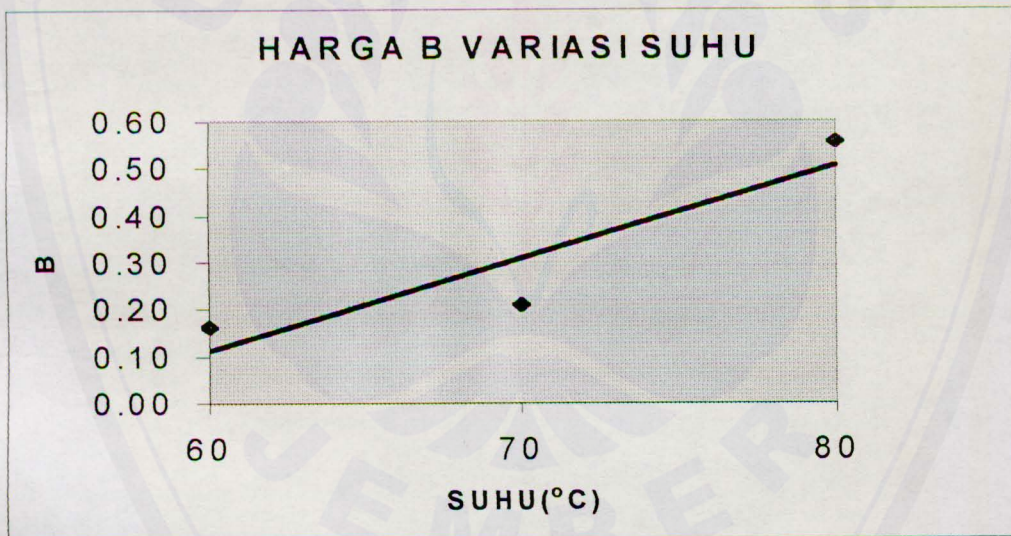
Tabel 4.4 Hasil analisis regresi Ln MR dan t pada variasi suhu.

T (°C)	A	B(1/jam)	R ² (%)
60	1,3056	0,1626	92,29
70	1,3071	0,2105	90,28
80	1,3308	0,5568	95,67

Pada tabel 4.4 terlihat bahwa untuk setiap variasi suhu 60°C, 70°C, dan 80°C didapat nilai konstanta pengeringan A berturut-turut 1,3056; 1,3071; dan 1,3308. Hal ini berarti semakin tinggi suhu dalam pengeringan maka konstanta pengeringan A akan semakin tinggi pula, sedangkan untuk konstanta pengeringan B pada setiap variasi suhu berturut-turut yaitu 0,1626/jam; 0,2105/jam; dan 0,5568/jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan maka konstanta pengeringan B juga semakin tinggi. Nilai determinasi dari masing-masing konstanta pengeringan A dan B untuk setiap variasi suhu 60°C, 70°C, dan 80°C adalah 92,29%; 90,28%; dan 95,67% setelah konstanta nilai pengeringan A dan B diketahui untuk setiap variabel suhu maka selanjutnya dibuat grafik hubungan antara nilai konstanta pengeringan A dan B dengan suhu (°C) seperti yang terlihat pada gambar 4.7 dan 4.8.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Konstanta Pengeringan A dan Suhu °C



Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara Konstanta Pengeringan B dan Suhu °C

Pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa variasi suhu mempunyai pengaruh pada konstanta pengeringan yang terjadi secara linear. Dimana semakin tinggi suhu udara pengering maka semakin tinggi pula nilai konstanta pengeringan A.

Perhitungan secara regresi untuk menentukan persamaan konstanta pengeringan A sebagai fungsi suhu adalah sebagai berikut:

$$A(T) = 0,0013T + 1,2264 \dots\dots\dots (4.4)$$

Dari persamaan 4.4 mempunyai gradien positif yaitu sebesar 0.0013 yang berarti semakin besar konstanta pengeringan A maka akan semakin tinggi suhu pengeringan dan koefisien determinasi sebesar 79.29%. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh suhu sangat besar dalam konstanta pengeringan A yaitu sebesar 79.29%.

Pada gambar 4.8 menunjukkan grafik pengaruh harga konstanta pengeringan B yang terjadi secara linier. Hal ini berarti semakin tinggi suhu udara pengeringan yang digunakan maka harga konstanta pengeringan B akan semakin tinggi pula.

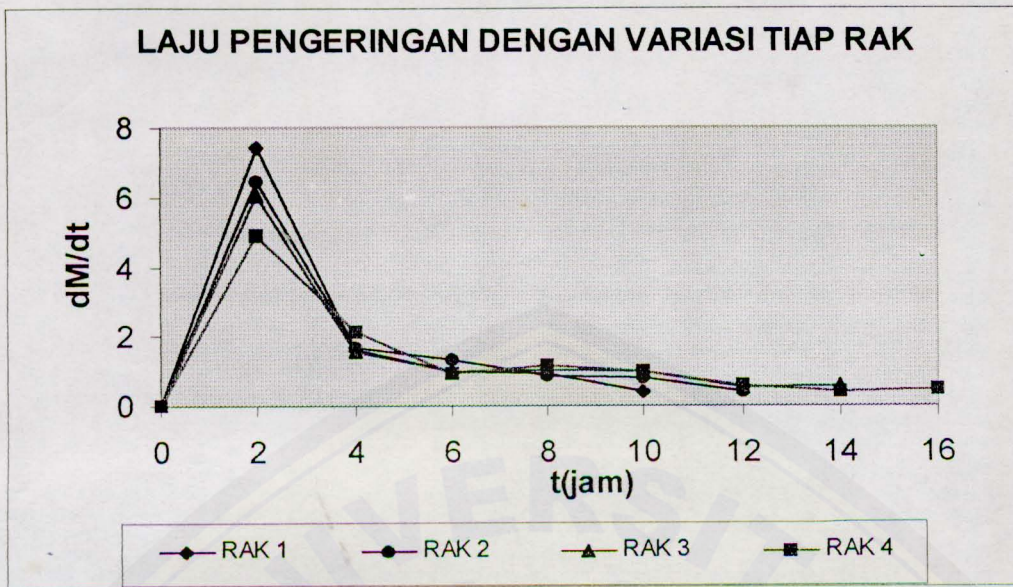
Perhitungan secara regresi antara konstanta pengeringan B dengan suhu sebagai fungsi suhu adalah sebagai berikut:

$$B(T) = 0.0197(T) - 1.0697 \quad \dots\dots\dots(4.5)$$

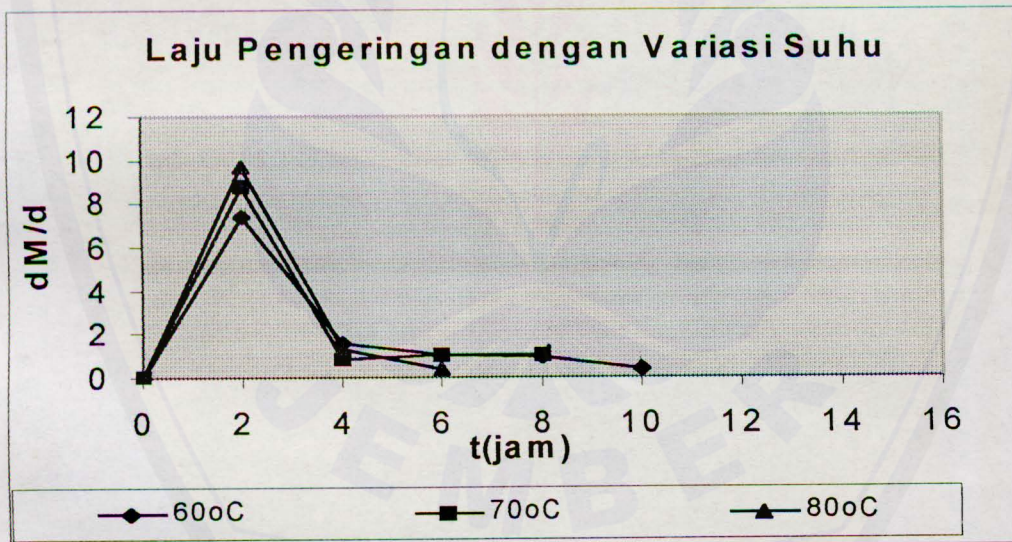
Persamaan 4.5 mempunyai koefisien arah regresi linier bertanda positif yaitu sebesar 0.00197. Hal ini berarti semakin tinggi suhu udara pengeringan maka nilai konstanta pengeringan akan semakin tinggi. Nilai koefisien determinasi sebesar 83.96% yang menunjukkan bahwa pengaruh suhu udara pengering sangat besar dalam konstanta pengeringan B yaitu sebesar 83.96%.

4.3 Penentuan Laju Pengeringan

Untuk menentukan laju pengeringan menggunakan data konstanta pengeringan A dan B serta data M (kadar air bahan fungsi t) dengan menggunakan persamaan (3.3). Setelah itu dapat dibuat grafik hubungan antara laju pengeringan dan waktu pengeringan pada variasi jarak tiap rak dari pipa pemanas dan variasi suhu, seperti yang terlihat pada gambar 4.9 dan gambar 4.10.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Laju Pengeringan dengan Waktu pada Variasi Jarak Tiap Rak



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Laju Pengeringan dengan Waktu pada Variasi Suhu

Pada gambar 4.9, memperlihatkan bahwa setelah dua jam pertama proses pengeringan menunjukkan laju pengeringan bahan meningkat. Setelah empat jam proses pengeringan, laju pengeringan menjadi menurun cepat. Pada jam-jam berikutnya laju pengeringan menurun konstan sampai dengan akhir pengeringan. Pada rak 1 laju pengeringan bahan lebih cepat menurun daripada rak 2, rak 3 dan

rak 4. Kurva laju pengeringan pada rak 1 terlihat dibawah kurva rak 2, kurva laju pengeringan rak 2 terlihat dibawah kurva rak 3 dan kurva laju pengeringan rak 3 terlihat dibawah kurva laju pengeringan rak 4. Hal ini berarti bahwa jarak rak dari pipa pemanas sangat mempengaruhi pada laju pengeringan. Semakin rendah letak rak dari pemanas maka semakin cepat laju pengeringan seiring dengan semakin cepat pula waktu yang digunakan dalam pengeringan. Hal ini disebabkan karena adanya kecepatan pindah panas dari bahan pada rak 1 lebih besar daripada rak 2, rak 3 dan rak 4 sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat pula.

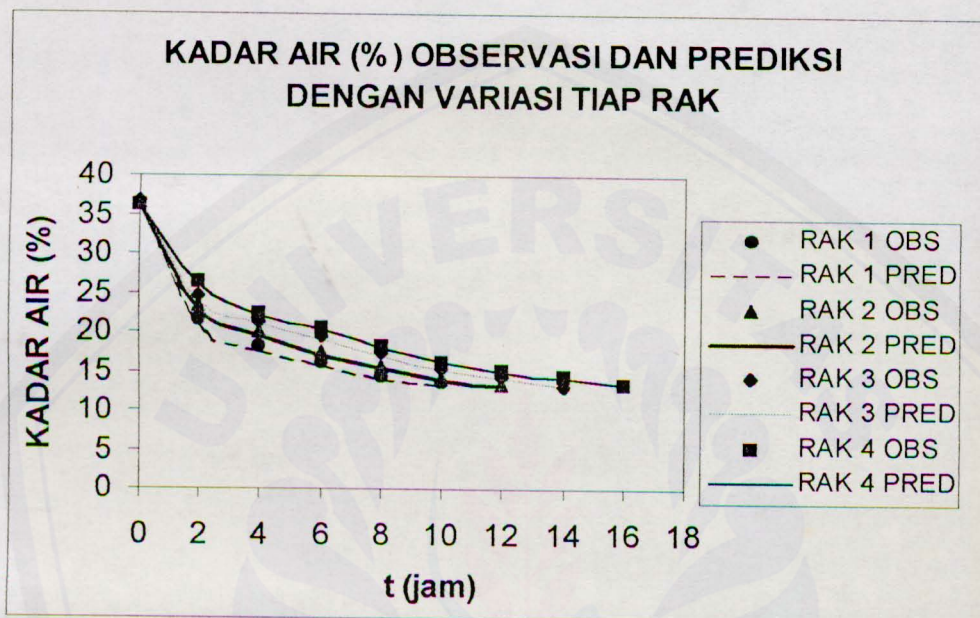
Pada gambar 4.10, terlihat bahwa semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin cepat laju pengeringan. Laju pengeringan dipengaruhi suhu udara pengeringan yang digunakan. Hal ini dapat dikatakan bahwa pada suhu udara pengering dipengaruhi oleh kecepatan pindah panas dari bahan. Semakin tinggi suhu udara pengeringan maka semakin cepat pula pindah panas dalam bahan sehingga proses pengeringan semakin cepat. Hal ini dapat dilihat pada kurva laju pengeringan pada suhu 80°C terletak dibawah kurva laju pengeringan suhu 70°C , dan juga kurva laju pengeringan suhu 70°C terletak dibawah kurva laju pengeringan suhu 60°C . Demikian juga dengan waktu yang digunakan dalam pengeringan dimana semakin cepat laju pengeringan maka semakin cepat pula waktu pengeringan. Pada suhu 60°C terlihat bahwa pada dua jam pertama, peningkatan laju pengeringan berlangsung cepat begitu pula pada suhu 70°C dan 80°C tapi pada jam berikutnya terjadi penurunan kadar air mulai berlangsung konstan sehingga waktu yang dibutuhkan dalam pengeringan pada suhu 80°C lebih cepat dibandingkan dengan suhu 70°C dan 60°C , begitu juga pada suhu 70°C waktu yang dibutuhkan dalam pengeringan lebih cepat jika dibandingkan pada suhu 60°C .

4.4 Uji Validitas

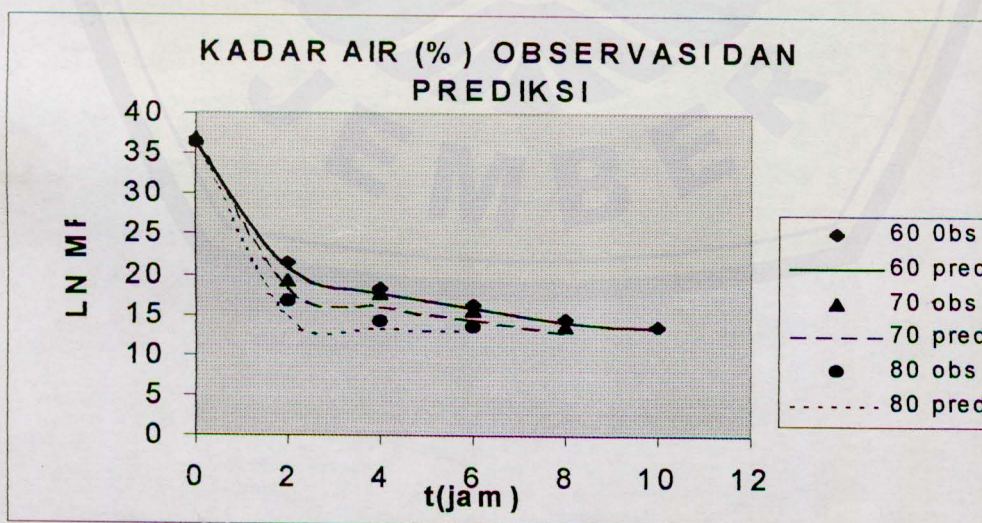
4.4.1 Kadar air Bahan Prediksi

Kadar air bahan prediksi merupakan kadar air bahan yang diperoleh dengan cara mengaplikasikan konstanta pengeringan A dan konstanta pengeringan B untuk variasi suhu pada persamaan (3.8) dan untuk variasi jarak tiap rak dari

pipa pemanas pada persamaan (3.9). Data kadar air prediksi dapat dilihat pada lampiran 7. Setelah itu dapat dibuat grafik kadar air bahan prediksi dan observasi pada variasi jarak tiap rak dan variasi suhu, seperti yang terlihat pada gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Kadar Air Observasi dan Prediksi pada Variasi Tiap Rak dengan suhu 60°C



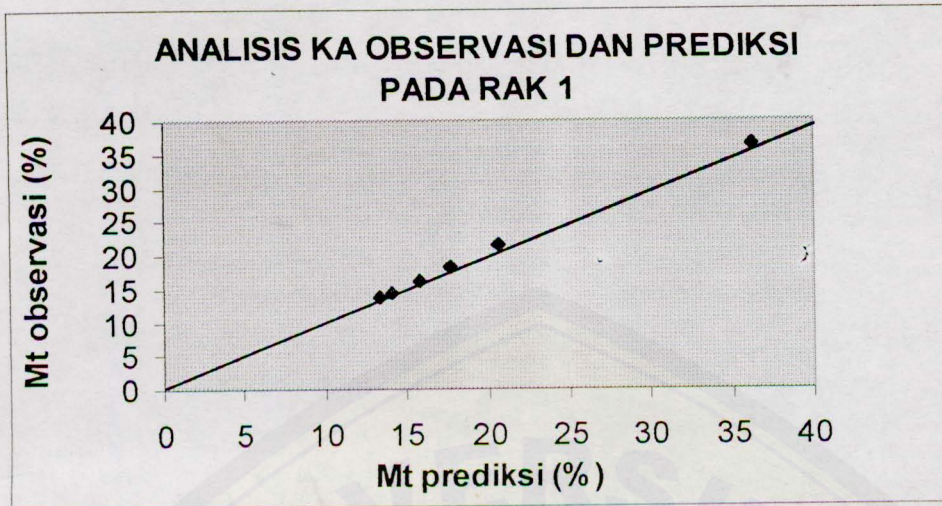
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Kadar Air Observasi dan Prediksi dengan Variasi Suhu pada Rak 1

Pada gambar 4.11, menunjukkan pada variasi jarak tiap rak dari pipa pemanas bahwa antara kadar air bahan observasi dan prediksi terlihat berhimpit atau dapat dikatakan kadar air bahan observasi dan prediksi hampir sama. Semakin rendah letak rak maka semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air kurang lebih 13%. Pada masing-masing rak yaitu rak1, rak2, rak3, dan rak4 penyimpangan yang ada pada gambar tidak terlalu besar antara kadar air observasi dan prediksi, baik pada awal pengeringan sampai akhir waktu yang digunakan dalam pengeringan, bahkan dapat dikatakan kadar air observasi dan prediksi tepat.

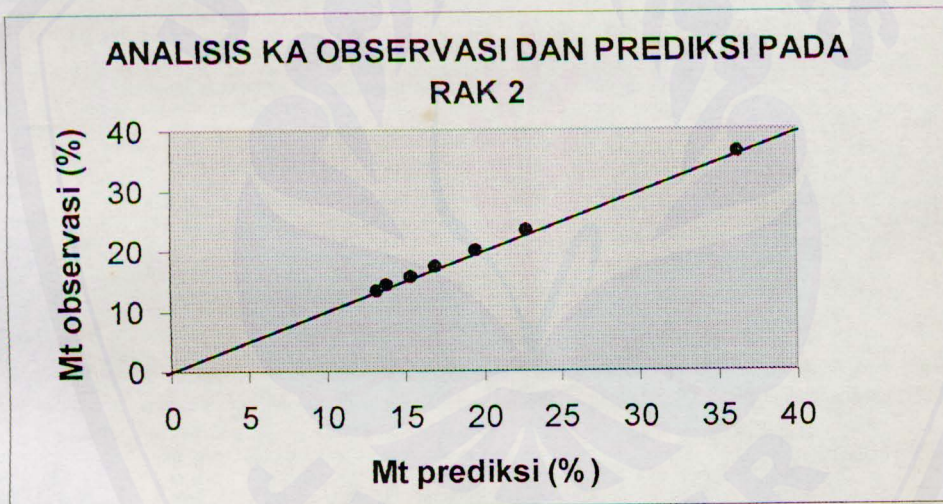
Pada gambar 4.12 menunjukkan hubungan antara kadar air observasi dan prediksi pada variasi suhu dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air kurang lebih 13% secara prediksi juga semakin singkat. Pada variasi suhu 60°C, 70°C dan 80°C antara kadar air observasi dan prediksi penyimpangan yang terlihat tidak besar. Pada suhu 60°C, grafik antara kadar air bahan observasi dan prediksi selalu berhimpit. Pada suhu 70°C, terlihat kurva kadar air bahan observasi dan prediksi sedikit mengalami penyimpangan yaitu pada jam kedua, begitu juga pada suhu 80°C. Hal ini dapat disebabkan karena adanya pengaruh alat yang digunakan dan ketelitian dalam melakukan pengukuran.

4.4.2 Analisis Grafik

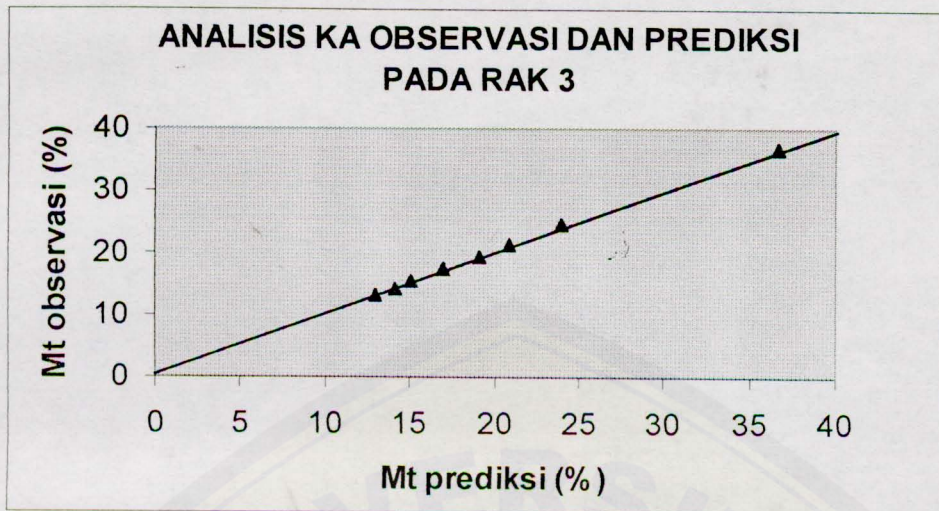
Untuk mengetahui apakah terjadi penyimpangan grafik antara nilai kadar air bahan observasi terhadap nilai kadar air prediksi maka digunakan analisis scatter plot dengan membentuk sebuah garis linear dengan persamaan $y=x$ dengan melewati titik (0,0) dan bergradien 1 atau membentuk sudut 45°. Pada kadar air observasi dan prediksi dibuat scatter plot pada variasi jarak tiap rak dari pipa pemanas dan variasi suhu, seperti terlihat pada gambar 4.13 sampai 4.1.



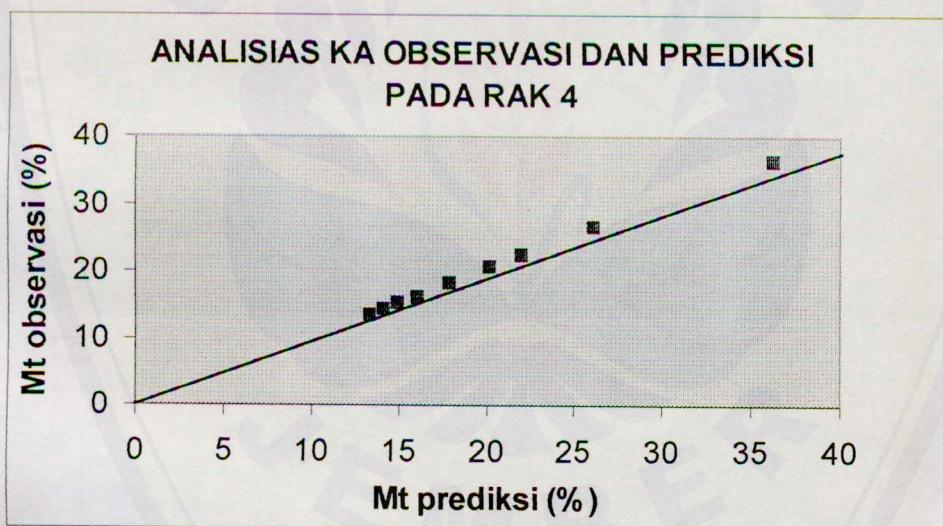
Gambar 4.13 Scatter Plot Kadar Air Bahan Observasi dan Prediksi pada Rak 1



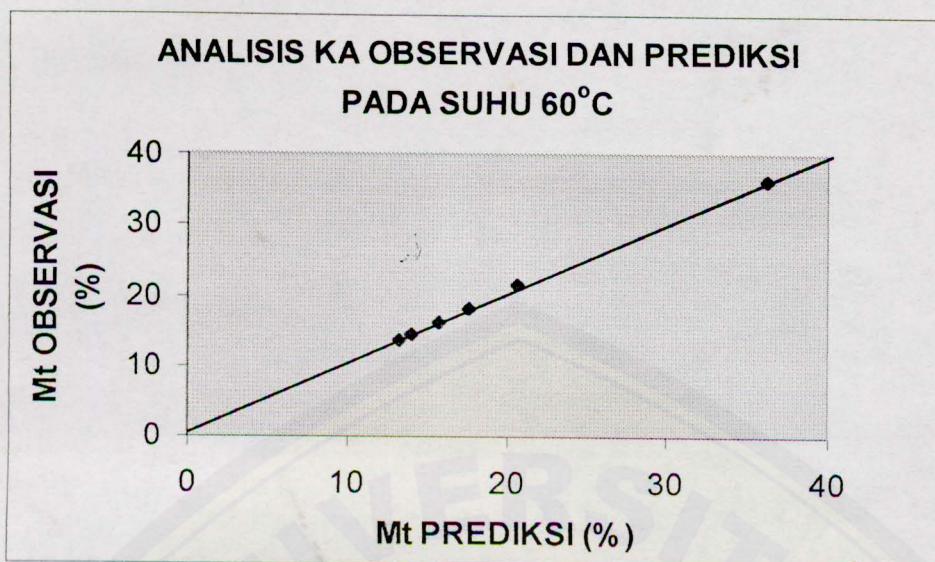
Gambar 4.14 Scatter Plot Kadar Air Bahan Observasi dan Prediksi pada Rak 2



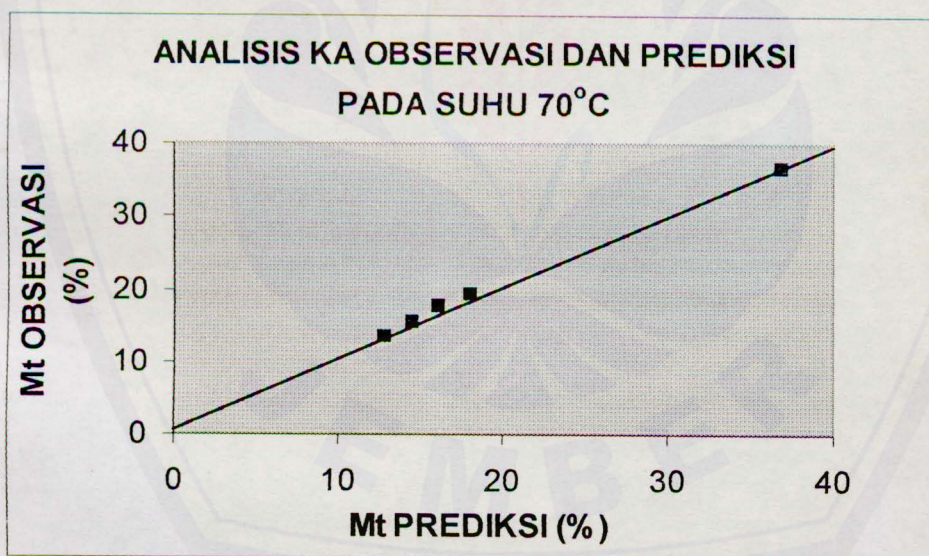
Gambar 4.15 Scatter Plot Kadar Air Bahan Observasi dan Prediksi pada Rak 3



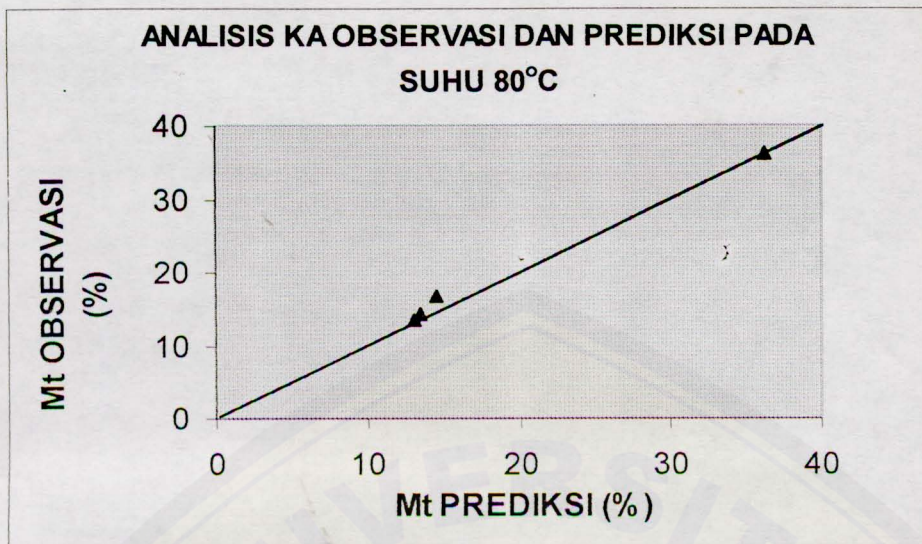
Gambar 4.16 Scatter Plot Kadar Air Bahan Observasi dan Prediksi pada Rak 4



Gambar 4.17 Scatter Plot Kadar Air Bahan Observasi dan Prediksi pada Suhu 60°C



Gambar 4.18 Scatter Plot Kadar Air Bahan Observasi dan Prediksi pada Suhu 70°C



Gambar 4.19 Scatter Plot Kadar Air Bahan Observasi dan Prediksi pada Suhu 80°C

Pada analisis grafik (gambar 4.13 sampai 4.19), terlihat bahwa titik yang menunjukkan hubungan antara kadar air bahan observasi dan prediksi membentuk garis linear yang melewati titik (0,0). Pada analisis grafik tersebut terjadi sedikit penyimpangan. Nilai koefisien korelasi R^2 untuk variasi suhu, terendah pada suhu 80°C yaitu sebesar 0,9857, sedangkan yang tertinggi pada suhu 60°C yaitu sebesar 0,9984 sedangkan nilai koefisien korelasi R^2 untuk variasi jarak tiap rak dari pipa pemanas, terendah pada rak 1 dan rak 2 yaitu sebesar 0,9984 dan tertinggi pada rak 4 yaitu sebesar 0,9996. Hal ini menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi (R^2) untuk variasi tinggi rak dan variasi suhu mendekati 1 sehingga dapat diartikan persamaan 3.8 dan 3.9 dapat digunakan untuk memprediksikan kadar air bahan dalam proses pengeringan dengan baik. Garis regresi dan nilai R^2 untuk variasi jarak tiap rak dan variasi suhu terlihat pada tabel 4.5 dan 4.6.

Tabel 4.5 Garis Regresi dan Nilai R^2 pada Variasi Tinggi Rak

Rak	Gambar	Persamaan Grafis Regresi	R^2 data pencar terhadap garis regresi
I	4.13	$Y = 1,0146x$	0,9984
II	4.14	$Y = 1,0115x$	0,9984
III	4,15	$Y = 1,0116x$	0,9992
IV	4,16	$Y = 1,0086x$	0,9996

Tabel 4.6 Garis Regresi dan R^2 pada Variasi Suhu

Suhu	Gambar	Persamaan Grafis Regresi	R^2 data pencar terhadap garis regresi
60°C	4.17	$Y = 1,0146x$	0,9984
70°C	4.18	$Y = 1,0291x$	0,9914
80°C	4,19	$Y = 1,0275x$	0,9857

Nilai R^2 data pencar yang mendekati 1 seperti yang terlihat pada tabel 4.5 dan 4.6 yaitu 0,9857 sampai 0,9996, hal ini menunjukkan bahwa garis Y diambil sebagai garis yang mewakili titik pencar.

4.4.3 Analisis Statistik

Pengujian validitas dari persamaan 3.8 dan 3.9 untuk memprediksikan kadar air pada proses pengeringan kopi dengan menggunakan alat pengering tipe rak (Tray drier). Adapun analisis yang dilakukan dengan menggunakan uji modulus deviasi. Pengujian dilakukan pada masing-masing jarak tiap rak dari pipa pemanas dan variasi suhu yang diterapkan pada hubungan data prediksi dan data observasi dalam proses pengeringan kopi. Perhitungan dalam uji validitas dapat dilihat pada lampiran 7 dan hasil uji validitas dari variasi tiap-tiap rak dan variasi suhu dapat dilihat pada tabel 4.7 dan 4.8.

Tabel 4.7 Hasil analisis statistik kadar air bahan untuk variasi ukuran tinggi rak

Nilai	Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4
P	2,1906	2,0805	1,4675	1,0215
S	0,53	0,4262	0,5880	0,1609
P+S	2,7174	2,5067	2,0556	1,1824
P-S	1,6639	1,6543	0,8795	0,8606
Keterangan	Sangat tepat	Sangat tepat	Sangat tepat	Sangat tepat

Tabel 4.8 Hasil analisis statistik kadar air bahan untuk variasi suhu

Nilai	60°C	70°C	80°C
P	2,1906	5,3467	6,3121
S	0,53	1,6190	3,4715
P+S	2,7174	6,9658	9,7836
P-S	1,6639	3,7277	2,8406
Keterangan	Sangat tepat	tepat	tepat

Pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa nilai modulus deviasi $P \pm S$ untuk variasi jarak tiap rak dari pipa pemanas kurang dari 5. Hal ini berarti persamaan 3.6 dalam menentukan prediksi kadar air dapat digunakan atau diterapkan dalam proses pengeringan kopi.

Pada tabel 4.8, terlihat bahwa pada nilai $P \pm S$ kurang dari 5 pada suhu 60°C, sedangkan pada suhu 70°C dan 80°C nilai $P \pm S$ berada diantara 5 dan 10. Hal ini berarti model matematik pengeringan lapis tipis bisa digunakan untuk memprediksi kadar air kopi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penurunan kadar air bahan berlangsung secara cepat pada awal proses pengeringan dan kemudian menurun secara konstan pada jam-jam berikutnya sampai pada kadar air $\pm 13\%$.
2. Proses pengeringan bahan sangat dipengaruhi jarak tiap-tiap rak dan pipa pemanas pada unit pengering tray drier. Semakin rendah letak rak dari pipa pemanas maka semakin cepat proses pengeringan berlangsung.
3. Proses pengeringan bahan sangat dipengaruhi oleh variasi suhu yaitu semakin tinggi suhu maka semakin cepat proses pengeringan berlangsung.
4. Tiap-tiap rak pada unit pengering tray drier berpengaruh pada konstanta pengeringan A dan B yaitu semakin rendah letak rak dari pipa pemanas maka semakin besar nilai konstanta pengeringan A dan B. Persamaan yang digunakan untuk menentukan konstanta pengeringan A dan B dalam fungsi jarak tiap-tiap rak dari pipa pemanas adalah :
$$A(H) = 0,0035(H) + 1,3304$$
$$B(H) = -0,0019(H) - 0,1799$$
5. Suhu pengeringan sangat berpengaruh pada konstanta pengeringan A dan B yaitu semakin besar suhu maka semakin besar pula konstanta persamaan yang digunakan untuk menentukan konstanta pengeringan (prediksi) dalam fungsi suhu adalah:
$$A(T) = 0,00139(T) + 1,2264$$
$$B(T) = 0,0197(T) - 1,6697$$
6. Semakin rendah letak rak dari pipa pemanas pada unit tray drier maka semakin cepat laju pengeringan.
7. Semakin besar suhu pengeringan, maka semakin cepat laju pengeringan.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kualitas hasil pengeringan dengan menggunakan alat pengeringan tipe rak (tray Drier).
2. Perlu penelitian tentang pengeringan kopi dengan menggunakan pengering tipe lainnya, guna meningkatkan nilai mutu.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1997. **Kopi Produksi dan Budidaya di Kabupaten Jember**. Jember : Dinas Perkebunan Daerah Tingkat II Jember.
- Anonim. 1980. **Tanaman Industri**. Lembaga Biologi Nasional - LIPI: Jakarta.
- Anonim. 1984. **Kopi**. Departemen Pertanian Badan Pendidikan, Latihan dan Penyuluhan Pertanian.
- Anonim. 1988. **Proses Pengolahan Kopi (Robusta, Arabika)**. PT. Perkebunan XXV Bagian Teknik dan Teknologi.
- Brooker, D,B,F,W Bakker, Artana dan C,W Hall. 1992. **Drying and Storage Of Grains and Delseeds**. The Avi Publishing Company. Inc West Pert. Conntycut.
- Earle. 1969. **Unit Operation in Food (terjemahan)**. Sastra Hudaya.
- Elfian. 1985. **Menentukan Koefisien dan Kadar Air Dinamis Kedelai dan Jagung**. Fakultas Teknologi Pertanian IPB: Skripsi.
- Gunarif Taib dkk. 1988. **Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian**. Jakarta: Mediyatama Sarana Perkasa.
- Harjoswito,B,A. Priyambodo. Hermansyah. 1982. **Masalah Biji Pecah Pada Pengolahan Koperasi Rakyat**. Menara Perkebunan no.5.
- Herderson,Si M dan R,L Perry. 1976. **Agricultural Procees Engineering**. The Avi Publishing Company. Inc West Pert. Connectycut.
- Maryanto. 1988. **Diktat Teknologi Pengolahan**. Jember: Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Ni'matun Nazila. 1999. **Persamaan Matematis untuk Menentukan Nilai Konstanta "c" dan "n" dalam Model Oswin dari Kadar Air Keseimbangan (EMC) pada Kopi (Coffea sp)**. Jember : Universitas Jember.
- Najiati,Sri dan Danarti. 1999. **Kopi Budidaya dan Penanganan Lepas Panen**. Jakarta: Penerbit Penebar Swadaya.
- Retno. ED. 2000. **Keunggulan Konpetitif Produksi Kopi pada PT Jember Indah**. Jember:Universitas Jember.

Thahir, Ridwan. 1986. **Analisis Pengeringan Gabah Berdasarkan Model Silindris**. Disertasi: Fakultas Pasca Sarjana IPB.

Siswoputranto, PS. 1993. **Kopi Internasional dan Indonesia**. Yogyakarta: Yayasan Kanisius.

Sivet Z.M dalam Zulkifli Mansyur. 1976. **Pengolahan Kopi**. Balai Penelitian Perkebunan Jember. Jember: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.

Sivet Z.M dan H.E.Foote. 1963. **Coffea Processing Teknologi**. Westport (Con) : AVI Publishing.

Spillane, J. James. 1990. **Komoditi Kopi: Peranannya dalam Perekonomian Indonesia**. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Syamsul Bahri. 1998. **Bercocok Tanam Tanaman Perkebunan Tahunan**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Winarno. F.E, Srikandi Fardiaz, Dedy Fardiaz. 1980. **Pengantar Teknologi Pangan**. Jakarta: Gramedia.

Wirakartakusumah, Abdullah, Syarif. 1992. **Sifat Fisik Pangan**. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB.

Lampiran 1.

Data berat bahan pada proses pengeringan pada Rak 1, Rak 2, Rak 3 dan Rak 4

t(jam)	BR I	BR II	BR III	BR IV	BKM I	BKM II	BKM III	BKM IV	KA I	KA II	KA III	KA IV
0	5.2498	5.3595	4.6452	5.3659	3.3285	3.4016	2.9358	3.4079	36.5976	36.5314	36.7993	36.4897
	5.2441	5.5889	6.0276	5.7081	3.3441	3.5642	3.8185	3.6377	36.2312	36.2272	36.6497	36.2713
	4.9304	5.4883	3.6238	4.6434	3.1532	3.5011	2.3011	2.9680	36.0458	36.2079	36.5004	36.0813
2	4.2523	4.4302	3.9051	4.6584	3.3285	3.4016	2.9358	3.4079	21.7247	23.2179	24.8214	26.8440
	4.2559	4.6579	5.0596	4.9476	3.3441	3.5642	3.8185	3.6377	21.4244	23.4805	24.5296	26.4755
	4.0018	4.5873	3.0349	4.0254	3.1532	3.5011	2.3011	2.9680	21.2055	23.6784	24.1787	26.2682
4	4.0795	4.2535	3.7381	4.4022	3.3285	3.4016	2.9358	3.4079	18.4091	20.0282	21.4628	22.5864
	4.0859	4.4598	4.8552	4.6824	3.3441	3.5642	3.8185	3.6377	18.1543	20.0816	21.3524	22.3112
	3.8502	4.3887	2.9231	3.8093	3.1532	3.5011	2.3011	2.9680	18.1030	20.2247	21.2788	22.0854
6	3.9869	4.1073	3.6580	4.3055	3.3285	3.4016	2.9358	3.4079	16.5141	17.1816	19.7430	20.8478
	3.9892	4.3199	4.7366	4.5691	3.3441	3.5642	3.8185	3.6377	16.1712	17.4935	19.3831	20.3848
	3.7530	4.2553	2.8468	3.7189	3.1532	3.5011	2.3011	2.9680	15.9819	17.7238	19.1689	20.1915
8	3.9158	4.0285	3.5529	4.1698	3.3285	3.4016	2.9358	3.4079	14.9982	15.5616	17.3689	18.2719
	3.8979	4.2323	4.6177	4.4444	3.3441	3.5642	3.8185	3.6377	14.2077	15.7857	17.3073	18.1509
	3.6679	4.1648	2.7823	3.6228	3.1532	3.5011	2.3011	2.9680	14.0326	15.9359	17.2950	18.0744
10	3.8579	3.9596	3.4726	4.0806	3.3285	3.4016	2.9358	3.4079	13.7225	14.0923	15.4582	16.4853
	3.8749	4.1502	4.5096	4.3386	3.3441	3.5642	3.8185	3.6377	13.6984	14.1198	15.3251	16.1550
	3.6389	4.0903	2.7161	3.5358	3.1532	3.5011	2.3011	2.9680	13.3474	14.4048	15.2793	16.0586
12		3.9190	3.4369	4.0208		3.4016	2.9358	3.4079		13.2023	14.5800	15.2432
		4.1146	4.4535	4.2861		3.5642	3.8185	3.6377		13.3768	14.2584	15.1280
		4.0562	2.6805	3.4922		3.5011	2.3011	2.9680		13.6852	14.1541	15.0106
14			3.3896	3.9815			2.9358	3.4079			13.3880	14.4066
			4.3976	4.2471			3.8185	3.6377			13.1685	14.3486
			2.6453	3.4567			2.3011	2.9680			13.0118	14.1378
16				3.9482				3.4079				13.6847
				4.2065				3.6377				13.5219
				3.4127				2.9680				13.0307

Keterangan : BR 1 = Berat Bahan pada Rak 1 BKM 1 = Berat Bahan Kering Mutlak Pada Rak 1 KA 1 = Kadar Air Bahan Pada Rak 1

BR 2 = Berat Bahan pada Rak 2 BKM 2 = Berat Bahan Kering Mutlak Pada Rak 2 KA 2 = Kadar Air Bahan Pada Rak 2

BR 3 = Berat Bahan pada Rak 3 BKM 3 = Berat Bahan Kering Mutlak Pada Rak 3 KA 3 = Kadar Air Bahan Pada Rak 3

BR 4 = Berat Bahan pada Rak 4 BKM 4 = Berat Bahan Kering Mutlak Pada Rak 4 KA 4 = Kadar Air Bahan Pada Rak 4

Data berat bahan pada proses pengeringan pada suhu 60°C, 70°C dan 80°C

waktu (jam)	Berat bahan			Berat kering mutlak			KADAR AIR (%)		
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C
0	5.2498	4.5145	4.5093	3.3285	2.8470	2.8637	36.5976	36.9365	36.4935
	5.2441	4.0023	3.8937	3.3441	2.5260	2.4806	36.2312	36.8863	36.2920
	4.9304	4.1966	4.2633	3.1532	2.6627	2.7253	36.0458	36.5510	36.0753
2	4.2523	3.5459	3.4548	3.3085	2.8470	2.8637	21.7247	19.7101	17.1095
	4.2559	3.1446	2.9785	3.0441	2.5260	2.4806	21.4244	19.6718	16.7165
	4.0018	3.3140	3.2709	3.1332	2.6627	2.7253	21.2055	19.6530	16.6804
4	4.0795	3.4595	3.3682	3.3285	2.8470	2.8637	18.4091	17.7049	14.9783
	4.0859	3.0502	2.9127	3.3441	2.5260	2.4806	18.1543	17.1858	14.8350
	3.8502	3.2220	3.1981	3.1532	2.6627	2.7253	18.1030	17.3588	14.7838
6	3.9869	3.3837	3.3216	3.3285	2.8470	2.8637	16.5141	15.8613	13.7855
	3.9892	2.9825	2.8652	3.3441	2.5260	2.4806	16.1712	15.3060	13.4231
	3.7530	3.1503	3.1428	3.1532	2.6627	2.7253	15.9819	15.4779	13.2843
8	3.9158	3.2973		3.3285	2.8470		14.9982	13.6566	
	3.8979	2.9125		3.3441	2.5260		14.2077	13.2704	
	3.6679	3.0774		3.1532	2.6627		14.0326	13.4757	
10	3.8579			3.3285			13.7225		
	3.8749			3.3441			13.6984		
	3.6389			3.1532			13.3474		

Lampiran 3

* Perhitungan manual kadar air bahan berdasarkan basis basah

$$Ka = \frac{BR - BKM}{BR} \times 100\%$$

dengan : BR = Berat Bahan (g)

BKM = Berat Kering Mutlak Bahan (g)

Ka = Kadar Air Bahan

Contoh :

a. Kadar air bahan rak 1 pada t = 0

$$Ka1 = \frac{5,2498 - 3,3285}{5,2498} \times 100\% = 36,5978\%$$

b. Kadar air bahan rak 2 pada t = 2

$$Ka2 = \frac{4,4302 - 3,4016}{4,4302} \times 100\% = 21,7247\%$$

* Perhitungan prediksi kadar air bahan

a. Kadar air bahan fungsi suhu (T) :

$$M = A(T) \exp [- B(T)t](Mo - Me) + Me$$

Contoh : pada suhu 60°C

Diketahui : A = 1.3056

B = 0.1626 (1/jam)

Mo = 21.4515 %

Me = 8.774 %

t = 2 jam

$$\begin{aligned} M &= 1.3056 \exp [- 0.1626 \cdot (2)]. (36.2915 - 8.774) + 8.774 \\ &= 20.7314 \% \end{aligned}$$

b. Kadar air bahan fungsi jarak tiap rak (H) :

$$M = A(H) \exp [- B(H)t](M_o - M_e) + M_e$$

Contoh : pada rak 2

Diketahui : $A = 1.2545$

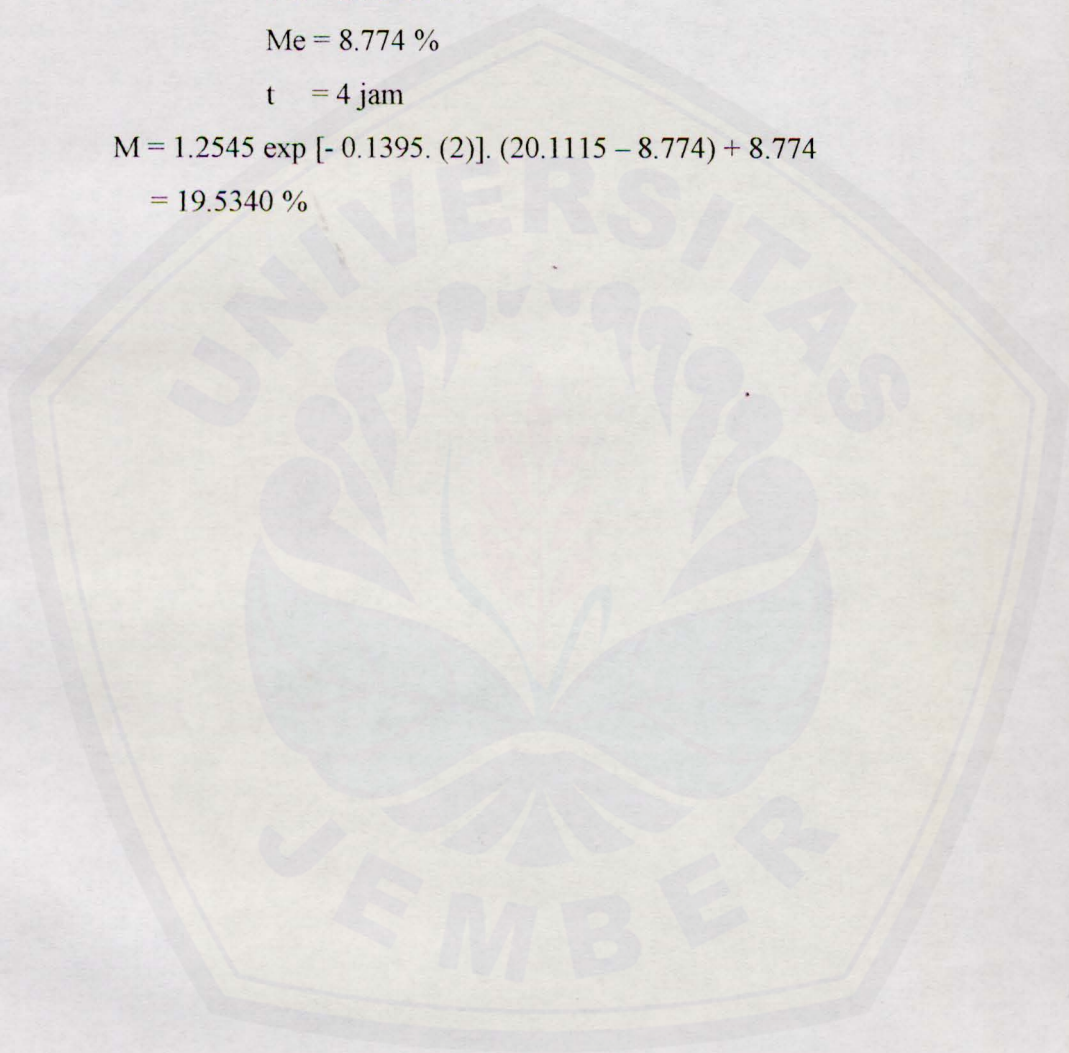
$$B = 0.1395 \text{ (1/jam)}$$

$$M_o = 20.1115\%$$

$$M_e = 8.774 \%$$

$$t = 4 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} M &= 1.2545 \exp [- 0.1395 \cdot (2)]. (20.1115 - 8.774) + 8.774 \\ &= 19.5340 \% \end{aligned}$$



Lampiran 3

Rerata nilai MR berbagai rak dengan suhu 60°C

Waktu (jam)	MR			
	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0.4606	0.5330	0.5644	0.6454
4	0.3433	0.4115	0.4516	0.4927
6	0.2706	0.3154	0.3823	0.4253
8	0.2048	0.2535	0.3066	0.3414
10	0.1749	0.1971	0.2360	0.2711
12		0.1686	0.1992	0.2309
14			0.1583	0.2007
16				0.1685

Rerata nilai MR berbagai suhu pada rak 1

WAKTU (JAM)	MR		
	60°C	70°C	80°C
0	1	1	1
2	0.4607072	0.364439	0.17498281
4	0.34334975	0.303136	0.06835008
6	0.27067766	0.22916	0.03341253
8	0.20491697	0.153605	
10	0.17499583		

Lampiran 4

Rerata nilai ln MR berbagai rak dengan suhu 60°C

Waktu (jam)	ln MR			
	Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	-0.7751	-0.6292	-0.5719	-0.4378
4	-1.0692	-0.8880	-0.7950	-0.7079
6	-1.3072	-1.1538	-0.9617	-0.8550
8	-1.5856	-1.3722	-1.1821	-1.0748
10	-1.7436	-1.6242	-1.4441	-1.3053
12		-1.7802	-1.6132	-1.4659
14			-1.8433	-1.6059
16				-1.7807

Rerata nilai ln MR berbagai suhu pada rak 1

WAKTU (Jam)	LN MR		
	60°C	70°C	80°C
0	0.0000	0.0000	0.0000
2	-0.7750	-1.0094	-1.7431
4	-1.0690	-1.1936	-2.6831
6	-1.3068	-1.4733	-3.3988
8	-1.5852	-1.8734	
10	-1.7430		

Lampiran 5

Rerata nilai dM/dt berbagai rak dengan suhu 60°C

WAKTU (JAM)	LAJU PENGERINGAN			
	RAK 1	RAK 2	RAK 3	RAK 4
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	7.4200	6.4316	6.0699	4.8758
4	1.6147	1.6737	1.5726	2.1008
6	0.9999	1.3226	0.9665	0.9265
8	0.9048	0.8526	1.0540	1.1545
10	0.4117	0.7777	0.9848	0.9664
12		0.3921	0.5117	0.5529
14			0.5707	0.4148
16				0.4426

Rerata nilai dM/dt berbagai suhu pada rak 1

WAKTU (JAM)	LAJU PENGERINGAN		
	60°C	70°C	80°C
0	0.0000	0.0000	0.0000
2	7.4200	8.7518	9.7257
4	1.6147	0.8441	1.2570
6	0.9999	1.0187	0.4119
8	0.9048	1.0404	
10	0.4117		

Lampiran 6

Rerata nilai Mt prediksi berbagai rak pada suhu 60°C

Waktu (jam)	Mt prediksi			
	RAK 1	RAK2	RAK3	RAK4
0	36.2915	36.3222	36.6498	36.2808
2	20.7314	22.7108	23.9703	26.1186
4	17.6855	19.5340	20.9329	22.0143
6	15.7993	17.0235	19.0663	20.2041
8	14.0926	15.4052	17.0306	17.9486
10	13.3160	13.9290	15.1286	16.0605
12		13.1848	14.1404	14.9804
14			13.0381	14.1700
16				13.3053

Rerata nilai Mt prediksi berbagai suhu pada rak 1

WAKTU (jam)	Mt PREDIKSI		
	60°C	70°C	80°C
0	36.2915	36.7913	36.2869
2	20.7312	18.0557	14.5128
4	17.6853	16.1454	13.4141
6	15.7991	14.5676	13.0542
8	14.0924	12.8101	
10	13.3158		

Lampiran 7
Perhitungan Uji Modulus Deviasi

RAK 1

waktu (jam)	obs	pred	(obs - pred)/obs	Pi	(Pi-Prerata) ²	S	P+S	P-S
0	36.2915	36.2915	0.0000	0.0000	4.7988	0.53	2.7174	1.6639
2	21.4515	20.7314	0.0336	3.3572	1.3608			
4	18.2221	17.6855	0.0295	2.9451	0.5693			
6	16.2224	15.7993	0.0261	2.6077	0.1740			
8	14.4128	14.0926	0.0222	2.2217	0.0010			
10	13.5894	13.3160	0.0201	2.0121	0.0319			
Rata-rata				2.1906	$\Sigma=6.9357$			

Rak 2

waktu (jam)	obs	pred	(obs - pred)/obs	Pi	(Pi-Prerata) ²	S	P+S	P-S
0	36.3222	36.3222	0.0000	0.0001	4.3282	0.4262	2.5067	1.6543
2	23.4590	22.7108	0.0319	3.1890	1.2287			
4	20.1115	19.5340	0.0287	2.8717	0.6259			
6	17.4663	17.0235	0.0253	2.5349	0.2064			
8	15.7611	15.4052	0.0226	2.2578	0.0314			
10	14.2056	13.9290	0.0195	1.9471	0.0178			
12	13.4214	13.1848	0.0176	1.7632	0.1007			
Rata-rata				2.0805	$\Sigma=6.5393$			

Rak 3

waktu (jam)	obs	pred	(obs - pred)/obs	Pi	(Pi-Prerata) ²	S	P+S	P-S
0	36.6498	36.6498	0.0000	0.0000	2.1536	0.5880	2.0556	0.8795
2	24.5099	23.9703	0.0220	2.2015	4.8467			
4	21.3646	20.9329	0.0202	2.0207	4.0833			
6	19.4317	19.0663	0.0188	1.8805	3.5364			
8	17.3238	17.0306	0.0169	1.6920	0.0504			
10	15.3542	15.1286	0.0147	1.4691	2.1579			
12	14.3308	14.1404	0.0133	1.3291	0.0477			
14	13.1894	13.0381	0.0115	1.1473	0.0657			
Rata-rata				1.4675	$\Sigma = 16.9419$			

Rak 4

waktu (jam)	obs	pred	(obs - pred)/obs	Pi	(Pi-Prerata) ²	S	P+S	P-S
0	36.2808	36.2808	0.0000	0.0001	1.0432	0.16087	1.1824	0.8606
2	26.5292	26.1186	0.0155	1.5476	0.2768			
4	22.3277	22.0143	0.0140	1.4036	0.1460			
6	20.4747	20.2041	0.0132	1.3213	0.0899			
8	18.1657	17.9486	0.0120	1.1953	0.0302			
10	16.2330	16.0605	0.0106	1.0623	0.0017			
12	15.1273	14.9804	0.0097	0.9708	0.0026			
14	14.2977	14.1700	0.0089	0.8930	0.0165			
16	13.4125	13.3053	0.0080	0.7993	0.0494			
Rata-rata				1.0215	$\Sigma = 1.6563$			



suhu 60°C

waktu (jam)	obs	pred	(obs - pred)/obs	Pi	(Pi-Prerata) ²	S	P+S	P-S
0	36.2915	36.2915	0.0000	0.0000	4.7988	0.53	2.7174	1.6639
2	21.4515	20.7314	0.0336	3.3572	1.3608			
4	18.2221	17.6855	0.0295	2.9451	0.5693			
6	16.2224	15.7993	0.0261	2.6077	0.1740			
8	14.4128	14.0926	0.0222	2.2217	0.0010			
10	13.5894	13.3160	0.0201	2.0121	0.0319			
Rata-rata				2.1906	$\Sigma = 6.9357$			

suhu 70°C

waktu (jam)	obs	pred	(obs - pred)/obs	Pi	(Pi-Prerata) ²	S	P+S	P-S
0	36.7913	36.7913	0.0000	0.0000	28.5871	1.6190	6.9658	3.7277
2	19.6783	18.0557	0.0825	8.2457	8.4040			
4	17.4165	16.1454	0.0730	7.2983	3.8087			
6	15.5484	14.5676	0.0631	6.3081	0.9241			
8	13.4676	12.8101	0.0488	4.8816	0.2164			
Rata-rata				5.3467	$\Sigma = 41.9404$			

suhu 80°C

waktu (jam)	obs	pred	(obs - pred)/obs	Pi	(Pi-Prerata) ²	S	P+S	P-S
0	36.2869	36.2869	0.0000	0.0001	39.8420	3.47148	9.7836	2.8406
2	16.8355	14.5126	0.1380	13.7973	56.0277			
4	14.8657	13.6519	0.0817	8.1651	3.4334			
6	13.4977	13.0541	0.0329	3.2861	9.1571			
Rata-rata				6.3121	$\Sigma = 108.4603$			