

MEMPELAJARI KARAKTERISTIK PENGERINGAN KUBIS (*Brassica oleracea var capitata* L.)

oHick cipra milk IPB University

Halaman ini merupakan bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, kunjungi www.ipb.ac.id.
1. Dokumen ini merupakan bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB University.

Oleh
ROSLINA ERDAWATY HUTAGAOL
F 26.0135



1994
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

Roslina Erdawaty Hutagaol. F.26.0135. Mempelajari Karakteristik Pengeringan Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). Dibawah bimbingan Ir. Putiati Mahdar MAppSc. dan Ir. Rizal Alamsyah MSc.

RINGKASAN

Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) merupakan jenis sayur yang paling banyak ditanam di Indonesia. Kondisi umum yang sering dijumpai dalam perdagangan kubis adalah fluktuasi harga yang sangat tajam. Hal ini terjadi karena panen kubis yang hampir bersamaan waktunya di beberapa daerah. Kondisi ini menyebabkan para petani membiarkan hasil panennya membusuk di kebun karena harga yang ditawarkan lebih rendah dibandingkan ongkos mengangkut ke sentra pemasaran. Untuk mengatasi kerugian yang ditimbulkan, maka teknik pasca panen pengeringan diharapkan dapat menjadi alternatif pemecahan. Karakteristik pengeringan diperlukan untuk mendapatkan hasil pengeringan kubis yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik pengeringan kubis, menentukan kadar air keseimbangan dan konstanta pengeringan kubis pada berbagai tingkat suhu udara pengering dan laju aliran udara, serta menentukan model matematika kadar air keseimbangan dan konstanta pengeringan pada pengeringan lapisan tipis kubis.



Penelitian pengeringan dilakukan dengan menggunakan alat pengering "tray dryer" yang ada di "Pilot Plant" PAU IPB. Komponen alat pengering meliputi pengatur suhu, pemanas ("heater"), tray bahan, pengatur kecepatan aliran udara dan blower. Bahan yang dikeringkan adalah kubis yang diperoleh dari pasar Ramayana Bogor. Pengeringan kubis dilakukan sampai kadar air bahan mendekati kadar air keseimbangannya, dengan memberikan empat perlakuan suhu, yaitu 45, 50, 55, 60 °C dan empat perlakuan kecepatan aliran udara, yaitu 0.5, 0.75, 1.0 dan 1.25 m/detik. Kubis yang dikeringkan terdiri dari 2 variasi, yaitu kubis blansir dan kubis yang tidak diblansir (segar).

Pengukuran dan pengamatan yang dilakukan meliputi pengukuran kadar air awal bahan, pengukuran suhu bola basah dan bola kering udara luar, penetapan kecepatan aliran udara dan penimbangan berat bahan pada selang waktu tertentu. Penentuan kadar air awal dilakukan dengan metode oven.

Data percobaan kadar air dan laju pengeringan diolah untuk menentukan nilai kadar air keseimbangan, M_e dan konstanta pengeringan, K dengan persamaan regresi dan penyapuan Gauss Yordan. Sebuah program komputer disusun untuk menentukan kadar air keseimbangan dan konstanta pengeringan dengan model datar tak hingga berdasarkan teori pengeringan lapisan tipis.

Dengan menggunakan program komputer yang merupakan modifikasi dari program komputer yang dibuat oleh Thahir (1985), maka dapat ditentukan nilai kadar air keseimbangan, M_e dan konstanta pengeringan, K .

Karakteristik pengeringan lapisan tipis kubis menunjukkan bahwa pada laju pengeringan menurun dapat dibagi menjadi tiga tahap laju pengeringan, yaitu laju pengeringan menurun cepat, laju pengeringan menurun lambat dan laju pengeringan menurun sangat lambat.

Persamaan regresi M_e berdasarkan model datar tak hingga untuk kubis segar dan blansir adalah sebagai berikut :

- a. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik
 - 1. Kubis segar :
 $M_e = 31.3 - 1.87 Z + 0.0307 Z^2$, dimana $R^2 = 0.99$
 - 2. Kubis blansir :
 $M_e = 142 - 12.2 Z + 0.273 Z^2$, dimana $R^2 = 0.99$
- b. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik
 - 1. Kubis segar :
 $M_e = 59.9 - 4.51 Z + 0.0958 Z^2$, dimana $R^2 = 0.99$
 - 2. Kubis blansir :
 $M_e = 38.5 - 2.56 Z + 0.0521 Z^2$, dimana $R^2 = 0.99$
- c. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 1.00 m/detik



1. Kubis segar :
 $Me = 48.6 - 3.76Z + 0.0819Z^2$, dimana $R^2 = 0.99$

2. Kubis blansir :
 $Me = 131 - 11.6Z + 0.265 Z^2$, dimana $R^2 = 0.97$

d. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

1. Kubis segar :
 $Me = 56.1 - 4.0 Z + 0.0771 Z^2$, dimana $R^2 = 0.94$

2. Kubis blansir :
 $Me = 77.5 - 5.76 Z + 0.128 Z^2$, dimana $R^2 = 0.99$

Nilai kadar air keseimbangan, Me di atas berlaku pada Z (selisih bola basah dan bola kering) antara 13 sampai 25.

Persamaan regresi konstanta pengeringan, K berdasarkan model datar tak hingga untuk kubis segar dan kubis blansir adalah sebagai berikut :

a. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik

1. Kubis segar :
 $K = \exp(13.6 - 4471/T)$, dimana $R^2 = 0.97$

2. Kubis blansir :
 $K = \exp(28.6 - 9449/T)$, dimana $R^2 = 0.97$

b. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

1. Kubis segar :
 $K = \exp(10.7 - 3493/T)$, dimana $R^2 = 0.70$

Hal ini disebabkan karena...
1. Pengeringan...
2. Pengeringan...
3. Pengeringan...
4. Pengeringan...
5. Pengeringan...
6. Pengeringan...
7. Pengeringan...
8. Pengeringan...
9. Pengeringan...
10. Pengeringan...

2. Kubis blansir :

$$K = \exp(13.8 - 4549/T), \text{ dimana } R^2 = 0.98$$

c. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik

1. Kubis segar :

$$K = \exp(6.07 - 1970/T), \text{ dimana } R^2 = 0.67$$

2. Kubis blansir :

$$K = \exp(22.6 - 7406/T), \text{ dimana } R^2 = 0.99$$

d. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

1. Kubis segar :

$$K = \exp(9.21 - 2951/T), \text{ dimana } R^2 = 0.81$$

2. Kubis blansir :

$$K = \exp(26.4 - 8625/T), \text{ dimana } R^2 = 0.96$$

Nilai konstanta pengeringan, K berlaku pada T (suhu mutlak) antara 318 sampai 333 °K.

Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa warna, aroma dan tekstur pada kubis segar lebih baik dibanding kubis segar. Sedangkan penampakan pada kubis blansir lebih disukai dibanding kubis segar.

Secara umum diperoleh nilai koefisien rehidrasi yang lebih kecil pada kubis blansir dibanding kubis segar. Hal ini disebabkan oleh terjadinya perubahan pada komponen-komponen penyusun dinding kubis blansir akibat pemanasan yang diberikan.

**MEMPELAJARI KARAKTERISTIK PENGERINGAN
KUBIS (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)**

Oleh

ROSLINA ERDAWATY HUTAGAOL

F 26.0135

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada **JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN**

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

1994

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

MEMPELAJARI KARAKTERISTIK PENGERINGAN
KUBIS (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)

S K R I P S I

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada **JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN**

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

Oleh

ROSLINA ERDAWATY HUTAGAOL

F 26.0135

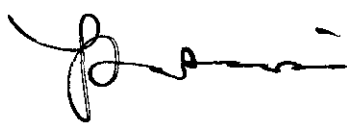
Tanggal lulus : 8 Januari 1994

Disetujui :

Bogor, // Januari 1994


Ir. Rizal Alamsyah MSc.
Dosen Pembimbing II




Ir. Putiati Mahdar MAppSc.
Dosen Pembimbing I

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan, karena berkat dan kemurahan-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Dalam kesempatan ini penulis tak lupa mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Putiati Mahdar, MAppSc., sebagai dosen pembimbing utama
2. Ir. Rizal Alamsyah, MSc., sebagai dosen pembimbing kedua
3. Dr. Ir. Armansyah H. Tambunan MSc., sebagai dosen penguji
4. Kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan pada skripsi ini, dan dengan segala kerendahan hati, penulis menantikan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikannya.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Bogor, Januari 1994

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	i
Daftar Isi.....	ii
Daftar Tabel.....	v
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Lampiran.....	xi
Daftar Simbol.....	xiv
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Botani Kubis.....	4
B. Komposisi Kimia.....	7
C. Pengeringan.....	9
1. Kadar Air.....	9
2. Proses Pengeringan.....	11
3. Kadar Air Keseimbangan.....	18
4. Konstanta Pengeringan.....	22
5. Koefisien Rehidrasi.....	24
III. PENDEKATAN TEORITIS	
A. Kadar Air Bahan.....	26
B. Pengeringan Lapisan Tipis.....	27
C. Uji Keabsahan Model.....	35
D. Koefisien Rehidrasi.....	35

IV. METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Alat.....36

 1. Bahan.....36

 2. Peralatan.....36

B. Tempat dan Waktu Penelitian.....41

C. Pelaksanaan Percobaan.....42

 1. Proses Pengeringan.....42

 2. Pengukuran kadar air awal bahan.....44

 3. Pengukuran, Perhitungan dan Analisa.....44

D. Asumsi.....46

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Pengeringan.....52

 1. Perubahan Kadar Air terhadap Waktu.....52

 2. Perubahan Laju Pengeringan terhadap waktu 59

 3. Perubahan Kadar Air terhadap Laju Pengeringan.....65

B. Model Persamaan Kadar Air Keseimbangan.....70

C. Model Persamaan Konstanta Pengeringan.....75

D. Evaluasi Model Pengeringan Lapisan Tipis.....81

E. Uji Keabsahan Model.....89

F. Uji Organoleptik.....93

G. Koefisien Rehidrasi.....96

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....97
 B. Saran.....100

LAMPIRAN.....101

DAFTAR PUSTAKA.....141

Wahana Cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
 2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial untuk tujuan pendidikan atau penelitian
 3. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial untuk tujuan lain tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
 4. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial untuk tujuan lain tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
 5. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial untuk tujuan lain tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber

DAFTAR TABEL

1.	Komposisi kimia kubis segar tiap 100 g bahan.....	8
2.	Nilai c dan n beberapa komoditi.....	19
3.	Perlakuan suhu dan laju aliran udara dalam pengeringan.....	43
4.	Selang waktu pengamatan pengeringan.....	45
5.	Data kadar air awal dan kadar air akhir kubis segar dan kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik.....	52
6.	Data kadar air awal dan kadar air akhir kubis segar dan kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik.....	53
7.	Data kadar air awal dan kadar air akhir kubis segar dan kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik.....	53
8.	Data kadar air awal dan kadar air akhir kubis segar dan kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik.....	53
9.	Nilai kadar air keseimbangan kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik.....	71
10.	Nilai kadar air keseimbangan kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik.....	71
11.	Nilai kadar air keseimbangan kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik.....	71
12.	Nilai kadar air keseimbangan kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik.....	72
13.	Nilai kadar air keseimbangan kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik.....	72

27. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis segar pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik.....91

28. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik.....91

29. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis segar pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik.....91

30. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik.....92

31. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis segar pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik.....92

32. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik.....92

33. Hasil uji organoleptik kubis kering.....95

DAFTAR GAMBAR

1.	Kandungan air bahan sebelum dan sesudah dikeringkan.....	10
2.	Kurva hubungan kadar air dan waktu.....	14
3.	Karakteristik kurva pengeringan.....	15
4.	Kurva kadar air keseimbangan statis.....	20
5.	Alat pengering Tray Dryer UOP 8.....	37
6.	Skema tray dryer UOP 8.....	38
7.	"Aspirating Psychrometer".....	39
8.	Anemometer digital	39
9.	Timbangan digital.....	40
10.	Oven.....	40
11.	Alat pemanas air.....	41
12.	Bagan alir pelaksanaan percobaan pengeringan kubis	48
13.	Bagan alir perhitungan penurunan kadar air bahan ..	49
14.	Bagan alir perhitungan Me dan K.....	50
15.	Kurva penurunan kadar air terhadap waktu udara segar pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik.....	55
16.	Kurva penurunan kadar air terhadap waktu udara blansir pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik....	55
17.	Kurva penurunan kadar air terhadap waktu udara segar pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik.....	56
18.	Kurva penurunan kadar air terhadap waktu udara blansir pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik...	56
19.	Kurva penurunan kadar air terhadap waktu udara segar pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik.....	57

20.	Kurva penurunan kadar air terhadap waktu udara blansir pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik....	57
21.	Kurva penurunan kadar air terhadap waktu udara segar pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik.....	58
22.	Kurva penurunan kadar air terhadap waktu udara blansir pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik...	58
23.	Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis segar pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik	61
24.	Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik....	61
25.	Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis segar pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik.....	62
26.	Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik...	62
27.	Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis segar pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik.....	63
28.	Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik....	63
29.	Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis segar pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik.....	64
30.	Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik...	64
31.	Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis segar pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik.....	66
32.	Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik....	66
33.	Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis segar pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik.....	67
34.	Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik...	67
35.	Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis segar pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik.....	68
36.	Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik....	68

LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.5\text{ m/detik}$..101
- Lampiran 2. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.5\text{ m/detik}$..102
- Lampiran 3. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.5\text{ m/detik}$..103
- Lampiran 4. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.5\text{ m/detik}$..104
- Lampiran 5. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.5\text{ m/detik}$..105
- Lampiran 6. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.5\text{ m/detik}$...106
- Lampiran 7. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.5\text{ m/detik}$..107
- Lampiran 8. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.5\text{ m/detik}$...108
- Lampiran 9. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.75\text{ m/detik}$ 109
- Lampiran 10. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.75\text{ m/detik}$..110
- Lampiran 11. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.75\text{ m/detik}$ 111
- Lampiran 12. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.75\text{ m/detik}$..112
- Lampiran 13. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.75\text{ m/detik}$ 113
- Lampiran 14. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.75\text{ m/detik}$...114
- Lampiran 15. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.75\text{ m/detik}$ 115
- Lampiran 16. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0.75\text{ m/detik}$..116

Lampiran 17.	Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 45^{\circ}\text{C}$, $v = 1.0$ m/detik	117
Lampiran 18.	Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 45^{\circ}\text{C}$, $v = 1.0$ m/detik....	118
Lampiran 19.	Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 50^{\circ}\text{C}$, $v = 1.0$ m/detik	119
Lampiran 20.	Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 50^{\circ}\text{C}$, $v = 1.0$ m/detik ...	120
Lampiran 21.	Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 55^{\circ}\text{C}$, $v = 1.0$ m/detik	121
Lampiran 22.	Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 55^{\circ}\text{C}$, $v = 1.0$ m/detik ...	122
Lampiran 23.	Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 60^{\circ}\text{C}$, $v = 1.0$ m/detik..	123
Lampiran 24.	Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 60^{\circ}\text{C}$, $v = 1.0$ m/detik ...	124
Lampiran 25.	Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 45^{\circ}\text{C}$, $v = 1.25$ m/detik	125
Lampiran 26.	Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 45^{\circ}\text{C}$, $v = 1.25$ m/detik ..	126
Lampiran 27.	Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 50^{\circ}\text{C}$, $v = 1.25$ m/detik	127
Lampiran 28.	Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 50^{\circ}\text{C}$, $v = 1.25$ m/detik ..	128
Lampiran 29.	Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 55^{\circ}\text{C}$, $v = 1.25$ m/detik	129
Lampiran 30.	Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 55^{\circ}\text{C}$, $v = 1.25$ m/detik ..	130
Lampiran 31.	Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir pada $T = 60^{\circ}\text{C}$, $v = 1.25$ m/detik	131
Lampiran 32.	Data hasil percobaan pengeringan kubis segar pada $T = 60^{\circ}\text{C}$, $v = 1.25$ m/detik ..	132
Lampiran 33.	Program komputer untuk menentukan kadar air dan laju pengeringan	133

Lampiran 34. Program komputer untuk menentukan nilai
Me dan K.....136

Lampiran 35. Nilai koefisien rehidrasi kubis140

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
3. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
4. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
5. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
6. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
7. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
8. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
9. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber
10. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya secara komersial tanpa izin pengelolaannya dan pencetakan sumber

DAFTAR SIMBOL

a	: setengah tebal bahan (m)
A	: luas permukaan (m^2)
B_a	: berat akhir bahan (gram)
BB_i	: berat bahan bersih ke-i (gram)
BK_i	: berat bahan kotor ke-i (gram)
B_o	: berat awal bahan (gram)
BW	: berat wadah (gram)
C_1, C_2	: konstanta
D	: koefisien difusivitas massa (m^2/jam)
f	: konduktivitas panas lapisan tipis udara pada bagian batas udara dan air bahan ($J/\text{jam } m^2 \text{ } ^\circ C$)
f_v	: koefisien pindah panas uap air (jam/m)
h_{fg}	: panas laten penguapan air (J/kg)
K	: konstanta pengeringan
KAA	: kadar air awal bahan (% bb)
KAB_i	: kadar air basis basah ke-i (% bb)
KAK_i	: kadar air basis kering ke-i (% bk)
LP_i	: laju pengeringan ke-i (%bk/menit)
m	: kadar air (% bb)
M	: kadar air (% bk)
Me	: kadar air keseimbangan (% bk)
Mo	: kadar air awal (% bk)
n	: jumlah deret
Y_d	: data hasil percobaan



Y_h	: data hasil perhitungan
P	: tekanan uap pada bahan (N/m^2)
P_s	: tekanan jenuh uap air di permukaan bahan (N/m^2)
P_v	: tekanan uap air di udara (N/m^2)
r	: jari-jari (m)
R	: radius bola (m)
RH	: kelembaban nisbi (%)
t	: waktu (jam)
T	: suhu absolut (K)
T_{db}	: suhu bola kering ($^{\circ}C$)
T_{wb}	: suhu bola basah ($^{\circ}C$)
UA_i	: selisih berat awal dan berat ke-i (gram)
WK_a	: waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air akhir pengeringan (menit)
x	: nilai bagi peubah acak
Y	: nilai rata-rata data
Z	: selisih bola basah dan bola kering
θ	: suhu udara jenuh ($^{\circ}C$)
θ_v	: suhu udara pengering ($^{\circ}C$)
θ_s	: suhu air di permukaan bahan = suhu bola basah ($^{\circ}C$)
τ	: akar positif fungsi besel ordo nol jenis pertama



I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Jenis hortikultura yang tumbuh di Indonesia beragam. Kubis merupakan jenis sayur yang paling banyak diproduksi oleh petani di Indonesia dibanding dengan sayuran lainnya. Produksi kubis yang dihasilkan pada tahun 1991 mencapai 975.06 ton dengan luas areal panen 52.86 ha (BPS, 1991). Survey agro ekonomi menjelaskan bahwa alasan utama petani menanam kubis adalah pemasaran yang mudah dan keuntungan yang diperoleh cukup layak (Asandhi, 1989).

Kondisi umum yang sering dijumpai dalam perdagangan kubis khususnya perdagangan dalam negeri adalah fluktuasi harga yang sangat tajam. Hal ini terjadi karena panen kubis yang hampir bersamaan waktunya di beberapa daerah. Kondisi ini menyebabkan para petani membiarkan hasil panennya membusuk di kebun karena harga yang ditawarkan lebih rendah dibandingkan ongkos mengangkut sayur dari kebun ke sentra pemasaran. Selain itu kandungan air yang tinggi (91 - 94%) pada kubis menyebabkan komoditi ini mudah rusak karena mikroorganisme cepat berkembang dan merusak kubis.

Penerapan teknologi pasca panen dibutuhkan untuk mengurangi bahkan menghindari kerugian-kerugian dalam

pemasaran terutama untuk daerah yang memiliki potensi produksi tinggi, misalnya dengan memproses komoditi segar menjadi bentuk-bentuk olahan. Somogyi dan Luh (1986) menyatakan bahwa pengeringan merupakan metode kuno dalam pengawetan bahan pangan. Melalui proses pengeringan sebagian air yang dikandung oleh bahan akan diuapkan hingga batas dimana mikroorganismenya tidak dapat tumbuh di dalamnya. Selain itu dengan pengeringan biaya dari pengemasan, penyimpanan dan transportasi dapat diturunkan karena berat dan volume produk yang dihasilkan lebih rendah dibanding produk segar.

Sayuran kering telah lama dikenal dan awalnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan gizi pada saat perang. Kini penggunaannya telah berkembang. Menurut Van Arsdell et al. (1973), kubis kering biasanya digunakan dalam campuran salad, keju lunak, sup dan sayur olahan. Di Indonesia kubis kering telah digunakan sebagai campuran sayur dalam mie instant.

Sejauh ini penelitian terhadap pengeringan kubis sudah pernah dilakukan, diantaranya Barley et al. (1960) yang meneliti komponen sulfur volatil kubis kering, Mizrahi et al. (1970) yang membuat prediksi terhadap tingkat browning kubis kering dengan bantuan komputer dan Arpi (1981) yang meneliti pengaruh jenis kubis, macam sulfitasi dan lama penyimpanan terhadap mutu kubis kering.

Pada penelitian ini dipelajari karakteristik pengeringan kubis, yang mencakup kadar air keseimbangan dan konstanta pengeringan. Labuza (1968) mengemukakan bahwa kadar air keseimbangan bahan pangan dapat menduga mutu bahan selama penyimpanan. Selanjutnya Henderson dan Perry (1976) mengemukakan bahwa pengetahuan mengenai kadar air keseimbangan bahan pangan yang akan dikeringkan diperlukan untuk mendapatkan suatu hasil pengeringan yang baik.

B. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari karakteristik pengeringan kubis
2. Menentukan kadar air keseimbangan dan konstanta pengeringan kubis pada berbagai tingkat suhu udara pengering dan laju aliran udara
3. Menentukan model matematika kadar air keseimbangan dan konstanta pengeringan pada pengeringan lapisan tipis kubis

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. BOTANI KUBIS

Tanaman kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) diklasifikasikan ke dalam tanaman Spermatophyta, divisi Angiospermae, kelas Dicotyledoneae, famili Cruciferae, genus *Brassica*, spesies *oleracea* dan subspecies atau varietas *capitata* (Balley, 1963).

Nama kubis di Indonesia belum seragam. Beberapa penulis menyebutnya kobis, ada yang menyebutnya kool atau kol (Ochse dan Brink, 1977). Menurut Direktorat Jenderal Pertanian (1974) tanaman ini disebut kubis.

Kata kubis berasal dari bahasa Perancis yaitu *caboche* yang berarti telur. Dalam bahasa Inggris kubis dikenal dengan nama *cabbage*, sehingga tanaman kubis dapat diartikan sebagai tanaman yang mempunyai telur (Shoemaker et al., 1955).

Menurut Pracaya (1992), tanaman kubis mulai ditanam pada kebun-kebun di Eropa kira-kira pada abad ke-9 dan di Amerika pada saat para emigran Eropa menetap untuk pertama kalinya. Tanaman ini banyak terdapat di pantai Inggris, Denmark dan Perancis sebelah Barat laut (Thompson dan Kelly, 1957).

Pracaya (1992) menyatakan kubis dapat ditanam dari biji dan stek. Penanaman dapat dilakukan hampir di semua jenis tanah. Tanah yang ideal yaitu tanah liat berpasir yang cukup air tetapi tidak berlebihan, disamping itu tanaman kubis memerlukan sinar matahari yang cukup selama pertumbuhannya. Pertumbuhan kubis paling baik di daerah yang bersuhu rendah. Suhu optimum pertumbuhan berkisar 15 °C. Menurut Soenardjono (1976), di Indonesia kubis tumbuh subur di daerah yang letaknya antara 600 - 2000 m di atas permukaan laut. Daerah Indonesia yang banyak ditanami kubis yaitu Cipanas, Lembang, Pengalengan, Wonosobo, Tawangmangu, Tengger, Prunten Malang dan Berastagi. Tanaman kubis dapat ditanam sepanjang tahun di daerah yang memiliki suhu dan sinar matahari yang cukup.

Niewhoff (1969) menyatakan bahwa kubis merupakan tanaman perdu dengan bentuk daun dari bulat telur sampai lonjong dan melebar. Daun-daunnya tumbuh dengan rapat dan membulat yang menutupi tunas pucuk yang disebut "krop". Pada awal pertumbuhannya, tanaman kubis tumbuh membentuk akar, batang dan daun tua. Daun pertama mempunyai tangkai yang panjang dan tangkai-tangkai daun selanjutnya makin memendek (Pracaya, 1992). Daun tua mengandung klorofil sedangkan daun muda tidak mengandung klorofil. Jika titik tumbuh

mati dimakan ulat atau patah karena sesuatu hal maka akan tumbuh banyak tunas. Daun muda membentuk struktur yang kompak dan berkembang dari dalam. Dibanding dengan daun tua, daun muda lebih bersifat segar dan lebih banyak mengandung pati dan gula (Edmond et al., 1957). Menurut Pracaya (1992) daun kubis tidak berbulu tetapi tertutup oleh lapisan lilin. Daun-daun pertama yang tidak membengkok dapat mencapai panjang lebih kurang 30 cm. Daun-daun yang berikutnya mulai membengkok dan membungkus atau menutup daun-daun muda yang terbentuk selanjutnya. Makin lama daun muda yang terbentuk makin banyak sehingga seakan-akan membentuk telur atau kepala. Kekerasan telur atau kepala bervariasi dari lunak sampai keras yang dipengaruhi oleh varietas kubis.

Ochse dan Brink (1977) menyatakan bahwa tanaman kubis mempunyai batang yang pendek, daun berbentuk cembung, warna daun beragam, yaitu hijau, hijau kekuningan dan merah anggur. Panjang batang kubis dapat mencapai 1 meter atau lebih.

Menurut Pracaya (1992) jumlah varietas kubis kepala dapat dibagi menjadi 3 golongan, yaitu kubis putih, kubis merah dan kubis savoy. Kubis putih dapat dibagi lagi menjadi 3 golongan, yaitu : (1) Kepala bulat, ciri-cirinya bentuk kepala bulat dan kompak, teras (hati) kecil, daun kecil sampai sedang,

mempunyai beberapa daun luar, warna daun hijau muda, batang pendek, umur 60 - 120 hari, berat 1.5 - 5.0 kg. Lebih dikenal dengan sebutan kol bulat. (2) Kepala bulat datar, ciri-cirinya kepala berbentuk bulat tetapi bagian atas datar (garis tengah lebih panjang daripada tinggi) atau dapat disebut juga gepeng, kepala berongga kurang kompak, tanaman sedang sampai besar, daun-daun sebelah luar melengkung ke dalam dan menutup kepala dengan longgar, terkenal dengan sebutan kol gepeng. (3) Kepala bulat runcing, ciri-cirinya bentuk kepala bulat tetapi bagian atas meruncing atau berbentuk kerucut.

Pemungutan hasil pada tanaman kubis bervariasi menurut varietasnya, yaitu berkisar 60 - 120 hari. Tanaman yang siap panen memiliki struktur daun yang memadat dan mempunyai ukuran yang baik di pasaran (Thompson dan Kelly, 1957).

B. KOMPOSISI KIMIA

Kubis telah lama digunakan oleh para pelaut sebagai bahan anti sariawan usus (skorbut). Hal ini disebabkan tingginya kandungan vitamin C pada kubis (Pracaya, 1992). Komposisi kubis segar tiap 100 g bahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Paul dan Carew (1955) menyatakan bahwa kubis mengandung 92 persen air dan berkalori rendah, tetapi

lebih tinggi dibanding kalori selada dan timun. Selain itu kubis juga mengandung vitamin dan mineral. Kandungan mineral dalam kubis lebih tinggi dari jenis sayur lain kecuali jamur varietas kuning.

Tabel 1. Komposisi Kimia Kubis segar tiap 100 g bahan

Komposisi	Kandungan kubis segar	satuan
Air	92.00	g
Kalori	24.00	kal
Protein	1.40	g
Lemak	0.20	g
Karbohidrat	5.30	g
Kalsium	46.00	mg
Phospor	31.00	mg
Besi	0.50	mg
Vitamin A	80.00	SI
Vitamin B	0.06	mg
Vitamin C	50.00	mg

Sumber : Direktorat Gizi Departemen Kesehatan R.I., 1972

Kubis mengandung sedikit karotenoid atau pro-vitamin A, agak banyak mengandung vitamin B₁ dan riboflavin. Menurut Soedarmo dan Sediaoetama (1977), kubis mengandung asam amino esensial seperti thryptophane, threonine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, cystine, phenylalanin dan valine. Menurut Desrosier (1977), kubis juga mengandung asam pantotenat,

piridoksin, asam nikotinat, vitamin K, asam folat, inositol dan belerang.

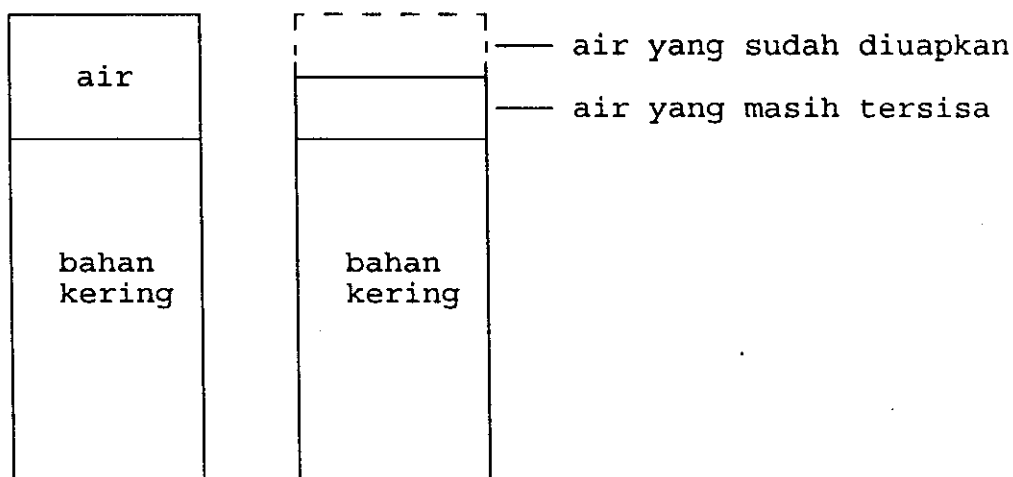
C. PENGERINGAN

1. Kadar Air

Kadar air sangat berpengaruh terhadap mutu bahan pangan, dan hal ini merupakan salah satu alasan, dimana pada pengolahan pangan air tersebut sering dikeluarkan atau dikurangi dengan cara penguapan, pengentalan dan pengeringan. Didalam bahan pangan air terdapat dalam 3 bentuk, yaitu (1) air bebas ("free water"), air pada bagian ini terdapat pada permukaan bahan dan dapat dengan mudah diuapkan dalam proses pengeringan, (2) air terikat secara fisik, merupakan bagian dari air bahan yang terdapat pada jaringan matriks (tenunan bahan) atau air yang terikat berdasarkan sistem kapiler atau air adsorpsi karena tenaga penyerapan, dan (3) air terikat secara kimia, merupakan bagian dari air bahan yang sulit untuk diuapkan, misalnya air yang terikat sebagai air kristal dan air yang terikat dalam sistem dispersi koloidal (Winarno et al., 1980). Sedangkan Wira-kartakusumah et al. (1989) membagi air terikat secara kimia menjadi 2 bagian, yaitu molekul air

yang terikat secara kimia dengan molekul-molekul ikatan hidrogen dengan molekul air lainnya. Dalam proses pengeringan, air bebas akan diuapkan terlebih dahulu dan energi panasnya digunakan untuk menguapkan air terikat (Henderson dan Perry, 1976).

Menurut Winarno et al. (1980) kadar air yang dikeringkan mempengaruhi penguapan yang bisa dilakukan, lamanya proses pengeringan dan jalannya proses pengeringan. Gambar 1 memberikan gambaran tentang air yang terkandung dalam bahan, air yang diuapkan dalam proses pengeringan, air yang masih tersisa setelah proses pengeringan dan bahan kering yang dihasilkan setelah proses pengeringan.



Gambar 1. Kandungan air bahan sebelum dan sesudah dikeringkan

2. Proses Pengeringan

Pengeringan adalah proses simultan pindah panas dan masa air (Brooker et al., 1974). Sedangkan Heldman dan Singh (1981) menyatakan bahwa pengeringan merupakan proses pengambilan uap air dari suatu produk pangan sampai pada suatu tingkatan tertentu hingga mampu membatasi pertumbuhan mikroba dan reaksi-reaksi lainnya. Proses perpindahan massa air terdiri dari perpindahan air dari dalam bahan ke permukaan bahan dan perpindahan air di permukaan bahan ke sekelilingnya (Brooker et al., 1974).

Selama pengeringan proses yang terjadi dapat dibagi atas 2 bagian yaitu : (1) proses pindah panas, (2) proses pindah massa. Henderson dan Perry (1976) menyatakan bahwa proses tersebut terdiri dari 2 periode yaitu : (1) periode laju pengeringan tetap ("constant rate period") dan (2) periode laju pengeringan menurun ("falling rate period"). Antara periode laju pengeringan tetap dan periode laju pengeringan menurun dibatasi oleh kadar air kritis, yaitu kadar air terendah bahan saat laju air bebas dari dalam bahan ke permukaan sama dengan laju pengambilan uap air maksimum dari bahan.

Lebih lanjut Henderson dan Perry (1976) menyatakan bahwa periode dengan laju tetap terjadi pada bahan yang mengandung air cukup banyak, dimana terjadi penguapan pada permukaan bahan yang dilapisi oleh lapisan air sehingga laju pengeringan dapat disamakan dengan laju penguapan pada permukaan air bebas.

Nishiyama (1982) menyatakan bahwa proses pelepasan air dan uap air dari bahan ke permukaan terdiri dari 5 proses, yaitu : (1) pelepasan ikatan air dari bahan, (2) difusi air dan uap air ke permukaan bahan, (3) perubahan fase menjadi uap, (4) perpindahan uap dari permukaan bahan ke udara sekitar dan (5) perpindahan uap air di udara. Periode laju pengeringan tetap berlangsung hingga air bebas yang terdapat pada permukaan tidak tersedia lagi. Periode ini untuk produk pertanian berlangsung dalam waktu singkat dan dapat diabaikan (Henderson dan Perry, 1976). Faktor-faktor yang mempengaruhi laju pengeringan tetap adalah (1) kecepatan aliran udara, (2) suhu udara dan (3) kelembaban udara (Brooker et al., 1974).

Laju pengeringan menurun akan terjadi sesuai dengan penurunan kadar air selama pengeringan. Panas yang mengenai bahan menyebabkan air pada permukaan menguap. Kandungan air di permukaan

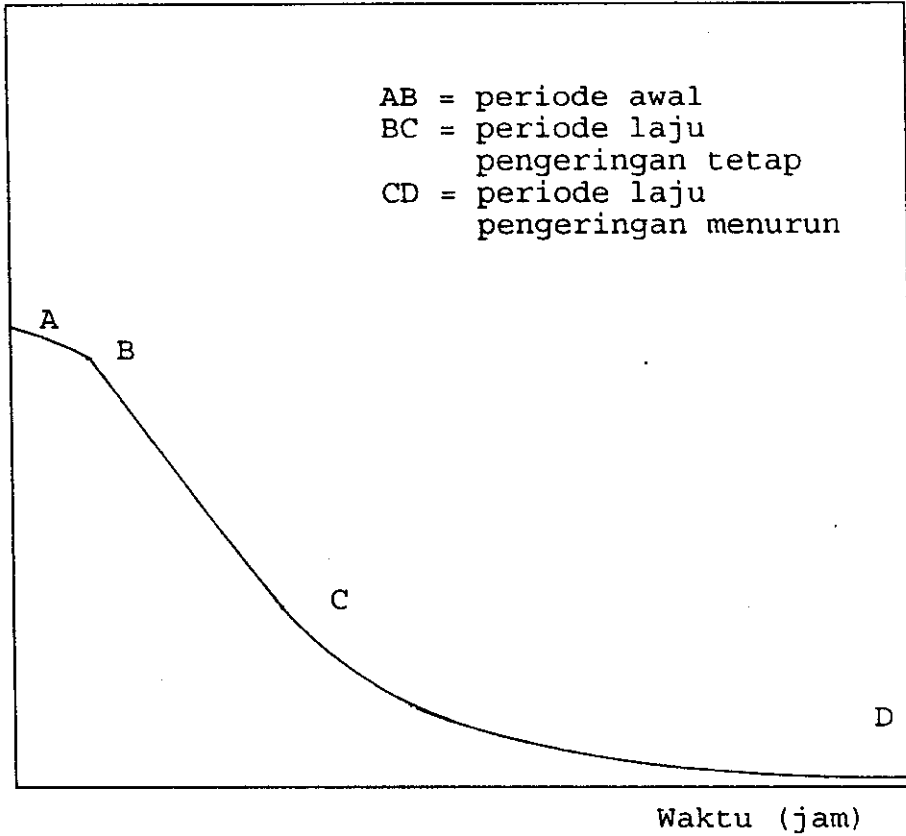


menjadi sedikit sehingga terjadi perbedaan tekanan air antara di dalam dengan di permukaan bahan sehingga air akan berpindah dari dalam ke permukaan bahan (Henderson dan Perry, 1976). Menurut Hall (1980) migrasi air dari tempat yang bertekanan uap tinggi ke tempat yang bertekanan uap rendah adalah sebanding dengan selisih tekanan uapnya.

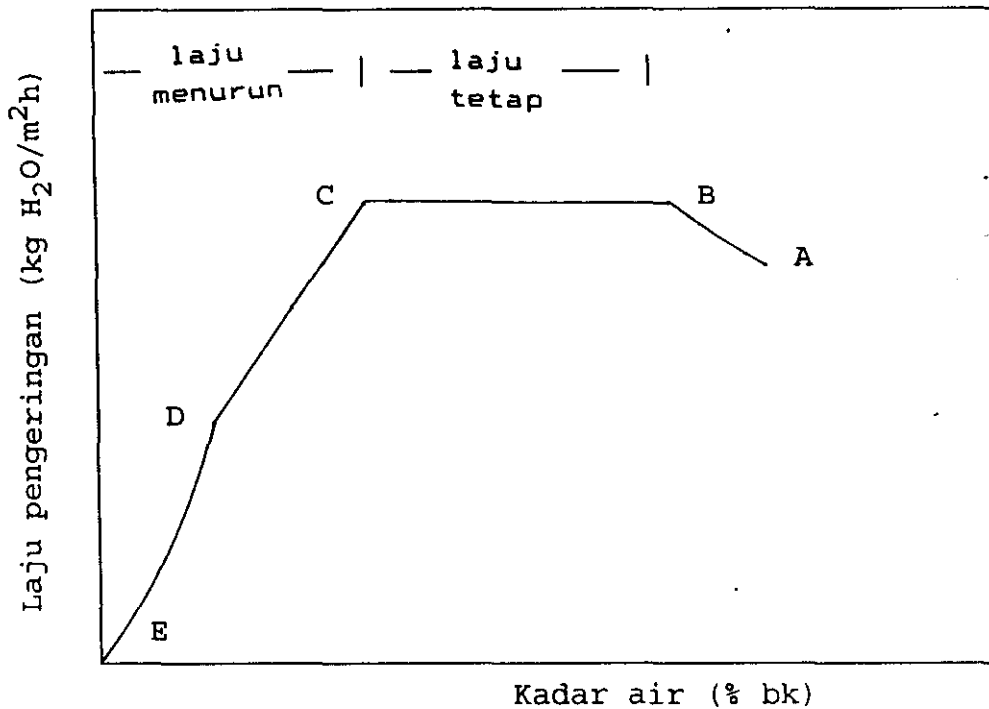
Pada periode laju pengeringan menurun terlibat 2 proses, yaitu : (1) perpindahan air dari dalam bahan yang dikeringkan ke permukaan bahan, dan (2) penguapan air dari permukaan bahan ke udara pengering. Migrasi air dari dalam ke permukaan bahan berlangsung secara difusi sedangkan dari permukaan bahan ke udara berlangsung secara penguapan biasa.

Gambar 2 dan 3 dapat menjelaskan laju pengeringan menurun lebih lanjut, dimana Gambar 2 memperlihatkan hubungan antara kadar air basis kering bahan pangan dan waktu dan Gambar 3 menunjukkan kurva laju pengeringan yang diperoleh dari hasil pengeplotan laju pengeringan bahan terhadap kadar air basis kering.

Kadar air (kg air/kg bahan kering)



Gambar 2. Kurva hubungan kadar air dan waktu (Hall, 1957 ; Heldman dan Singh, 1980)



Gambar 3. Karakteristik kurva pengeringan (Hall, 1957 ; Heldman dan Singh, 1980)

Pengeringan dengan menggunakan energi panas adalah salah satu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan sebagian besar air yang dikandungnya. Secara umum pengeringan dapat dibagi dalam 2 cara yaitu pengeringan mekanik dan pengeringan dengan menggunakan energi panas.

Berdasarkan mekanisme kerja pada alat, pengeringan dapat dibagi dalam 3 cara, yaitu :

- (1) pengeringan dimana udara panas yang dihasilkan dari pembakaran udara yang dipanaskan oleh komponen alat, mengangkut uap air yang

dikeluarkan oleh bahan pada tekanan normal (2) pengeringan vakum ("vacuum drying"), pengeringan dimana uap air dari bahan yang telah dipanaskan melalui konduksi dan radiasi plat logam dikeluarkan melalui pompa vakum untuk mengeringkan bahan pada tekanan sub-atmosferik (3) pengeringan beku ("freeze drying"), pengeringan dimana air yang terkandung dalam bahan dibekukan kemudian disublimasikan menjadi uap langsung ke udara pengering yang dingin hingga bahan menjadi kering. Proses ini dilakukan dalam keadaan vakum dan suhu rendah.

Beberapa keuntungan menggunakan pengering mekanis adalah (Henderson dan Perry, 1976) : (1) pemanenan lebih awal sehingga susut dapat ditekan (2) waktu simpan lebih lama (3) harga lebih tinggi beberapa bulan setelah panen (4) hasil kering lebih seragam (5) nilai ekonomis lebih tinggi (6) viabilitas benih terjamin (7) perencanaan waktu panen lebih baik.

Berdasarkan sifat operasinya pengeringan dapat dibagi dalam 2 cara, yaitu :

1. Pengeringan tumpukan ("batch drying")
2. Pengeringan secara kontinyu

Pengeringan secara tumpukan dilakukan dengan mengangkat dan mengganti bahan yang lama dengan bahan yang baru apabila pengeringan selesai.

Bentuk-bentuk pengeringan tumpukan adalah pengeringan langsung, pengeringan tidak langsung dan pengeringan beku. Sedangkan pengeringan kontinyu adalah pengeringan terus menerus dengan bahan berjalan karena adanya kontak terhadap udara pengering secara paralel dan berlawanan (Mustika, 1992).

Dalam operasi pengeringan faktor udara dan iklim daerah setempat mempengaruhi cara pengeringan, waktu pengeringan dan hasil pengeringan yang akan didapat. Menurut Winarno et al. (1980) supaya pengeringan dapat berlangsung dengan cepat, maka harus diberikan energi panas dan aliran udara pada bahan yang akan dikeringkan untuk mengalirkan uap air yang terbentuk keluar dari daerah pengeringan. Peranan udara di dalam proses pengeringan adalah sebagai tempat pelepasan dan penampungan uap air yang keluar dari bahan dan juga bertindak sebagai penghantar panas ke bahan yang dikeringkan. Bahan yang akan dikeringkan dan hasil yang diinginkan juga mempengaruhi pemilihan alat dan kondisi pengeringan yang akan digunakan. Kondisi pengeringan yang digunakan untuk setiap bahan tidak sama satu dengan lainnya karena ikatan air dan jaringan ikat tiap bahan juga berbeda.



3. Kadar air keseimbangan

Brooker et al. (1974) mendefinisikan kadar air keseimbangan sebagai kadar air pada suatu bahan yang dibiarkan terbuka pada lingkungan tertentu dan dalam jangka waktu yang cukup lama. Kadar air keseimbangan ini dipengaruhi oleh kondisi suhu dan kelembaban lingkungan sekitarnya. Disamping itu juga dipengaruhi spesies, varietas dan tingkat kematangan bahan.

Konsep keseimbangan kadar air penting artinya dalam analisis pengeringan dan penyimpanan. Dalam proses pengeringan, kadar air keseimbangan dapat menentukan kadar air minimum dimana bahan dapat dikeringkan pada kondisi pengeringan yang diberikan. Sedangkan pada penyimpanan kadar air keseimbangan dapat menentukan kadar air minimum yang dapat dipertahankan sesuai dengan kondisi lingkungannya.

Lebih lanjut Brooker et al. (1974) menyatakan bahwa kadar air keseimbangan berhubungan erat dengan tekanan uap pada bahan. Pada kadar air tertentu masing-masing bahan mempunyai sifat karakteristik dengan tekanan uapnya. Bila tekanan uap dalam bahan lebih besar daripada lingkungan maka akan terjadi desorpsi (pelepasan) uap ke udara sehingga kadar air bahan akan turun sampai

terjadi keseimbangan tekanan uap air di dalam dan di luar bahan.

Menurut Henderson dan Perry (1976) kadar air keseimbangan bahan higroskopik merupakan fungsi kelembaban dan suhu udara pengering. Hubungan antara kadar air keseimbangan, kelembaban relatif dan suhu udara dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$1 - RH = \exp (-c * T * Me^n) \quad (1)$$

dimana :

- RH = Kelembaban nisbi (%)
- T = Suhu absolut (K)
- Me = Kadar air keseimbangan (% bk)

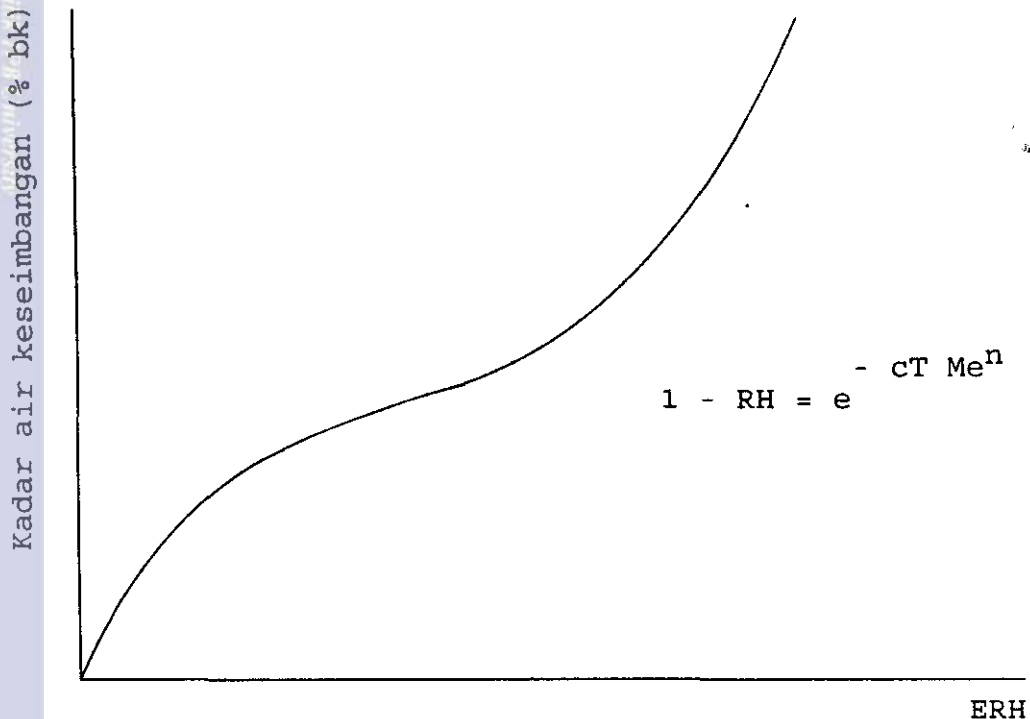
nilai c dan n merupakan konstanta yang tergantung pada jenis komoditi yang dikeringkan, misalnya untuk beberapa komoditi pertanian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai c dan n beberapa komoditi

Jenis komoditi	c	n
Jagung pipil	1.10×10^{-5}	1.90
Gandum	5.59×10^{-7}	3.03
Sorgum	3.40×10^{-6}	2.31
Kedele	3.20×10^{-5}	1.52
Kapas	4.91×10^{-5}	1.70

Sumber : Hall (1957)

Hasil pengeplotan antara kelembaban nisbi keseimbangan (absis) dan kadar air keseimbangan (ordinat) bahan pangan pada umumnya menunjukkan kurva berbentuk sigmoid, seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. Kurva kadar air keseimbangan statis (Hall, 1957)

Nishiyama (1982) menyatakan bahwa kadar air keseimbangan dapat dinyatakan sebagai fungsi dari selisih tekanan uap jenuh adiabatik terhadap tekanan uap udara yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Me = f(p, P) \quad (2)$$

Thahir (1985) meregresikan nilai Me untuk gabah berdasarkan bentuk silinder terbatas dan tak terbatas, yaitu :

$$Me = 18.6191771 \exp(-0.0509853 \Delta T) \text{ dan} \quad (3)$$

$$Me = 17.88875 \exp(-0.06061 \Delta T) \quad (4)$$

Adi (1991) meregresikan nilai Me untuk bawang putih dan kacang tanah berdasarkan model silinder tak hingga, yaitu :

1. Bawang putih siung,

$$Me = 199.0982 - 15.2317 Z + 0.8308 Z^2$$

untuk $0 < Z < 10.09$ (5)

$$Z = (T_{db} - T_{wb})$$

2. Kacang tanah biji,

$$Me = 25.5748 - 2.3764 Z + 0.0676 Z^2$$

untuk $6.25 < Z < 16.18$ (6)

Patmadiwiria (1992) meregresikan nilai Me untuk buah nangka berdasarkan model datar tak hingga, yaitu :

1. $Me = 5.7492 + 2.3615 Z - 0.0755 Z^2$
untuk $16.0 < Z < 26.0$ dimana $R^2 = 0.8$ (7)

2. $Me = 8.3518 - 2.0624 Z - 0.7194 Z^2$
untuk $15.0 < Z < 27.0$ dimana $R^2 = 0.99$ (8)

Mustika (1993) meregresikan nilai Me untuk bawang daun segar berdasarkan model datar tak hingga, yaitu :



$$1. \quad M_e = 77.3584 - 5.6743 Z + 0.1147 Z^2$$

untuk $15.0 < Z < 28.0$ dimana $R^2 = 0.83$ (9)

$$2. \quad M_e = 70.2959 - 4.7848 Z + 0.0912 Z^2$$

untuk $15.5 < Z < 28.0$ dimana $R^2 = 0.91$ (10)

4. Konstanta Pengeringan

Konstanta pengeringan merupakan fungsi difusivitas suatu bahan dan merupakan penyederhanaan dalam memecahkan persamaan difusi. Banyak metode yang digunakan untuk menghitung nilai konstanta pengeringan berdasarkan data pengeringan lapisan tipis. Konstanta pengeringan menurut Henderson dan Perry (1976) bervariasi terhadap suhu mutlak yang mengikuti persamaan Arrhenius dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = C_1 e^{-(C_2)/T} \quad (11)$$

dimana C_1 dan C_2 merupakan konstanta yang nilainya tergantung pada jenis bahan.

Thahir (1985) menentukan nilai konstanta pengeringan dengan metode empiris yang didasarkan pada persamaan pendinginan atau pemanasan Newton, yaitu :

$$\frac{dM}{dt} = -K (M_o - M_e) \quad \text{atau} \quad (12)$$

$$K = - \frac{dM}{dt (M_0 - M_e)} \quad (13)$$

Adi (1991) mendapatkan nilai K untuk bawang putih dan kacang tanah berdasarkan model silinder tak hingga, yaitu :

1. Bawang putih siung :

$$K = \exp (-28.1232 + 7484.4487/T)$$

untuk $310 \text{ K} < T < 315 \text{ K}$ (14)

2. Kacang tanah biji

$$K = \exp (13.7995 - 4799.7764/T)$$

untuk $311 \text{ K} < T < 322 \text{ K}$ (15)

Patmadiwiria (1992) mendapatkan nilai K untuk buah nangka berdasarkan model datar tak hingga, yaitu :

1. $K = \exp (-3.8608 + 948.8254/T)$
 untuk $318 \text{ K} < T < 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.8$ (16)

2. $K = \exp (10.1220 - 3552.6995/T)$
 untuk $318 \text{ K} < T < 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.99$ (17)

Mustika (1993) mendapatkan nilai K untuk bawang daun segar berdasarkan model datar tak hingga, yaitu :

1. $K = \exp (13.1392 - 3944.6191/T)$ (18)
 untuk $319.5 \text{ K} < T < 335.5 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.99$

2. $K = \exp (7.9146 - 2517.9605/T)$ (19)
 untuk $320 \text{ K} < T < 335.5 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.99$

Makin besar nilai koefisien rehidrasi maka kemampuan produk kering menyerap air semakin besar, tingkat elastisitas dinding sel semakin baik dan sebaliknya. Nilai koefisien rehidrasi yang besar sangat diharapkan pada produk kering.

III. PENDEKATAN TEORITIS

A. KADAR AIR BAHAN

Brooker et al. (1974), Heldman dan Singh (1981) serta Henderson dan Perry (1976) menyatakan bahwa kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air per-satuan bobot bahan. Metode untuk menyatakan kadar air suatu bahan dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu kadar air basis kering dan kadar air basis basah. Kadar air basis basah adalah perbandingan antara berat air di dalam bahan tersebut dengan berat total bahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$m = \frac{W_m}{W_m + W_d} \times 100 \% \quad (20)$$

Kadar air basis kering merupakan perbandingan antara berat air yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$M = \frac{W_m}{W_d} \times 100 \% \quad (21)$$

Dimana :

- M = kadar air basis kering (% bk)
- W_m = berat air (gram)
- W_d = berat bahan kering (gram)
- m = kadar air basis basah (% bb)

Selain persamaan (21), kadar air basis kering dapat diketahui jika kadar air basis basah sudah ditentukan, yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M = \frac{100 \text{ m}}{100 - m} \quad (22)$$

B. PENGERINGAN LAPISAN TIPIS

Penampilan pengeringan komoditi hasil pertanian dipengaruhi oleh kondisi lingkungan udara pengering. Kondisi udara pengering yang berubah menyebabkan penampilan pengeringan juga berubah. Penampilan pengeringan dapat diketahui jika bahan yang dikeringkan dikelilingi oleh lingkungan udara pengering yang seragam. Kondisi tersebut dapat dicapai apabila dilakukan pengeringan terhadap satu jenis bahan, dimana seluruh bahan dalam lapisan menerima langsung aliran udara pengering dengan kelembaban relatif dan suhu yang tidak berubah (Henderson dan Perry, 1976).

Pengembangan beberapa model matematika baik secara teoritis, semi teoritis dan empiris pernah dilakukan untuk memperkirakan perubahan kadar air dalam bahan selama proses pengeringan lapisan tipis. Model persamaan lapisan tipis tersebut bertitik tolak dari anggapan bahwa pengeringan lapisan tipis beranalogi dengan proses pindah panas pada benda dengan bentuk geometri beraturan tertentu.

Henderson dan Perry (1976) menyatakan bahwa pada periode laju pengeringan tetap, laju penguapan air dari bahan selama pengeringan lapisan tipis dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\frac{\delta W}{\delta t} = f_v A (P_s - P_v) = \frac{f A (\theta_s - \theta_v)}{h_{fg}} \quad (23)$$

Persamaan (23) biasa digunakan untuk hitungan dengan luas permukaan dan koefisien transfer bahan yang telah diketahui.

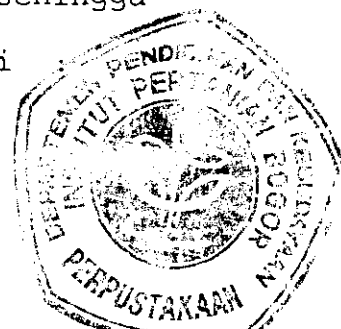
Luikov (1966) dalam tulisannya telah mengembangkan model matematik dalam bentuk persamaan diferensial pada persamaan (23) untuk menggambarkan proses pengeringan dari produk hasil pertanian yang memiliki bahan berpori, yaitu :

$$\frac{\delta M}{\delta t} = \sqrt{2} K_{11} M + \sqrt{2} K_{12} \theta + \sqrt{2} K_{13} P \quad (24)$$

$$\frac{\delta \theta}{\delta t} = \sqrt{2} K_{12} M + \sqrt{2} K_{22} \theta + \sqrt{2} K_{23} P \quad (25)$$

$$\frac{\delta P}{\delta t} = \sqrt{2} K_{31} M + \sqrt{2} K_{32} \theta + \sqrt{2} K_{33} P \quad (26)$$

Brooker et al. (1974) menyatakan bahwa dalam praktek pengeringan, gradien suhu dan tekanan total dalam persamaan (24 - 26) dapat diabaikan, sehingga persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi



$$\frac{\delta M}{\delta t} = \nabla^2 K_{11} M \quad (27)$$

Koefisien K_{11} dapat disebut dengan koefisien difusi (D) karena pada umumnya pergerakan air di dalam bahan disebabkan oleh proses difusi (cairan atau uap), sehingga untuk nilai D yang konstan persamaan di atas dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{\delta M}{\delta \theta} = D \left[\frac{\delta^2 M}{\delta r^2} + \frac{c}{r} \frac{\delta M}{\delta r} \right] \quad (28)$$

dimana :

- $c = 0$ untuk bentuk lempeng
- $c = 1$ untuk bentuk silinder
- $c = 2$ untuk bentuk bola

dengan kondisi awal : $M(r, 0) = M_0$
 kondisi batas : $M(r, t) = M_e$

Whitaker dan Young (1972) menyelesaikan persamaan (28) dengan asumsi bahan yang dikeringkan homogen dan koefisien difusi massa bahan konstan.

Henderson dan Perry (1976) memecahkan persamaan (28) untuk bentuk datar, yaitu :

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = 8/\pi^2 \left[e^{-D\theta\pi^2/4a^2} + \frac{1}{9} e^{-9D\theta\pi^2/4a^2} + \dots \right]$$

$$\left. \frac{1}{25} e^{-25D\theta\pi^2} + \dots \right] \quad (29)$$

Crank (1957) menyelesaikan model matematik bentuk datar menjadi :

$$M_r = 8/\pi^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[- \frac{(2n+1)^2 r^2 x^2}{R^2} \right] \quad (30)$$

Heldman dan Singh (1981) memecahkan persamaan (28) untuk bentuk bola, yaitu :

$$\frac{M_0 - M}{M_0 - M_e} = 1 - 6/\pi \sum_{n=0}^{\infty} 1/n^2 \exp \left[\frac{-D n^2 \pi^2 t}{R^2} \right] \quad (31)$$

Crank (1957) menyelesaikan model matematik untuk bola menjadi :

$$M_r = 6/\pi^2 \sum_{n=1}^{\infty} 1/n^2 \exp \left[- \frac{n^2 r^2 x^2}{9} \right] \quad (32)$$

Whitaker dan Young (1972) menyelesaikan persamaan (29) untuk menggambarkan pergerakan air dalam bahan dengan bentuk geometris datar tak hingga, silinder tak hingga dan bola yaitu.:

a. Untuk bentuk datar tak hingga :

$$M_r = 8/\pi^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[(-2n+1)^2 K t \right] \quad (33)$$

b. Untuk bentuk silinder tak hingga :

$$M_r = \sum_{n=0}^{\infty} 4/\tau \exp \left[-\tau_n^2 t / \pi^2 \right] \quad (34)$$

c. Untuk bentuk bola

$$M_r = 6/\pi^2 \sum_{n=1}^{\infty} 1/n^2 \exp (- n^2 K t) \quad (35)$$

dimana M_r merupakan rasio kadar air yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$M_r = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} \quad (36)$$

Model semi teoritis dan empiris digunakan untuk menyederhanakan persamaan matematika pada model teoritis sehingga perhitungan deret tak hingga dengan menggunakan komputer dapat dihindari karena perlu memori banyak dan waktu lama untuk mengerjakannya.

Henderson dan Perry (1976) mengemukakan model semi teoritis sebagai berikut :

$$MR = A e^{-k t} \quad (37)$$

dimana A merupakan koefisien yang besarnya tergantung pada bentuk bahan, yaitu :

$$\text{Untuk lempeng} : 8\pi^2$$

$$\text{Untuk silinder} : (8\pi^{-2})^3$$

$$\text{Untuk bola} : (6\pi^{-2})$$

K adalah konstanta pengeringan yang merupakan fungsi difusivitas dan geometri bahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = D \frac{\pi^2}{r^2} \quad (38)$$

Page (1949) menggambarkan perubahan kadar air pada jagung dengan persamaan berikut :

$$MR = \exp(-K t^n) \quad (39)$$

Pengeringan lapisan tipis pada kubis terjadi secara difusi mengikuti bentuk tertentu, dimana untuk menentukan nilai kadar air keseimbangan, M_e dan konstanta pengeringan, K pada pengeringan diduga sebagai model dengan bentuk geometri datar tak hingga. Secara umum persamaan (36) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$M_n = M_e + (M_o - M_e) U(x) = f(M_e, K) \quad (40)$$

dimana $U(x)$ adalah ruas kanan dari persamaan model datar tak hingga.

Persamaan (40) merupakan model non linier karena mempunyai 2 parameter yang tidak diketahui besarnya, yaitu Me dan K . Pemecahan masalah tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan metode Gauss Newton dengan cara merubah model non linier menjadi model linier berdasarkan ekspansi Taylor sehingga pada tiap suku terdapat hanya 1 parameter yang tidak diketahui. Hasil dari ekspansi deret Taylor untuk persamaan (40) yaitu :

$$f_n(Me+\Delta Me, K+\Delta K) = f_n(Me, K) + \Delta Me \frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta Me} + \Delta K \frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta K} \quad (41)$$

Metode kuadrat terkecil ("least square") digunakan untuk menyelesaikan perhitungan, sehingga rumus matematik untuk persamaan (41) dapat disederhanakan menjadi :

$$F(Me+\Delta Me, K+\Delta K) = \sum_{n=1}^i (M_n - f_n(Me+\Delta Me, K+\Delta K))^2 \quad (42)$$

Syarat minimum persamaan (43) adalah turunan parsial terhadap Me dan K sama dengan nol yang dapat dinotasikan sebagai berikut :

$$\frac{\delta F(Me+\Delta Me, K+\Delta K)}{\delta Me} = \frac{\delta F(Me+\Delta Me, K+\Delta K)}{\delta K} = 0 \quad (43)$$

Hasil turunan parsial terhadap Me adalah :

$$\sum_{n=1}^i (M_n - f_n(Me, K)) \frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta Me} = \sum_{n=1}^i \nabla Me \left[\frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta Me} \right]^2 + \sum_{n=1}^i \nabla K \left[\frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta k} \times \frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta Me} \right] \quad (44)$$

Hasil turunan parsial terhadap K adalah :

$$\sum_{n=1}^i (M_n - f_n(Me, K)) \frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta k} = \sum_{n=1}^i \nabla K \left[\frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta K} \right]^2 + \sum_{n=1}^i \nabla Me \left[\frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta Me} \times \frac{\delta f_n(Me, K)}{\delta K} \right] \quad (45)$$

dimana :

$$\frac{\delta f(Me, K)}{\delta Me} = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp(-(2n+1)^2 K t) \quad (46)$$

$$\frac{\delta f(Me, K)}{\delta K} = -(M_0 - Me) \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} t \exp(-(2n+1)^2 K t) \quad (47)$$



Persamaan (46) dan (47) dapat disederhanakan menjadi :

$$\nabla \text{ Me R1} + \nabla \text{ K S1} = \text{X1} \quad (48)$$

$$\nabla \text{ Me R2} + \nabla \text{ K S2} = \text{X2} \quad (49)$$

Persamaan (48) dan (49) merupakan persamaan linier. Dengan memasukkan nilai dugaan awal Me dan K pada program komputer maka diperoleh nilai pendugaan Me dan K yang konvergen terhadap data. Untuk lebih memperjelas langkah-langkah perhitungan dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14.

C. UJI KEABSAHAN MODEL

Uji keabsahan yang dilakukan terhadap model adalah uji kebaikan suai yang dirumuskan seperti pada persamaan berikut :

$$X^2 = \sum (o_i - e_i)^2 / e_i \quad (50)$$

dimana :

$$\begin{aligned} o_i &= \text{data hasil percobaan} \\ e_i &= \text{data hasil perhitungan} \end{aligned}$$

D. KOEFISIEN REHIDRASI

Nilai koefisien rehidrasi kubis dirumuskan sebagai berikut :

$$KR = \frac{\text{Berat bahan setelah direhidrasi (gram)}}{\text{Berat bahan sebelum direhidrasi (gram)}} \quad (51)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan dan menyebutkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan tesis atau tujuan yang serupa
3. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
4. Dilarang memperjualbelikan dan menyebarkan kembali sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University

IV. METODE PENELITIAN

A. BAHAN DAN ALAT

1. Bahan

Bahan baku yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah kubis (kol bulat) segar dengan berat berkisar 2 kg yang diperoleh dari pasar Ramayana Bogor. Bahan pembantu yang digunakan adalah natrium bisulfit (NaHSO_3) 0.6%, natrium sulfit (Na_2SO_3) 0.6% dan air (aquadest).

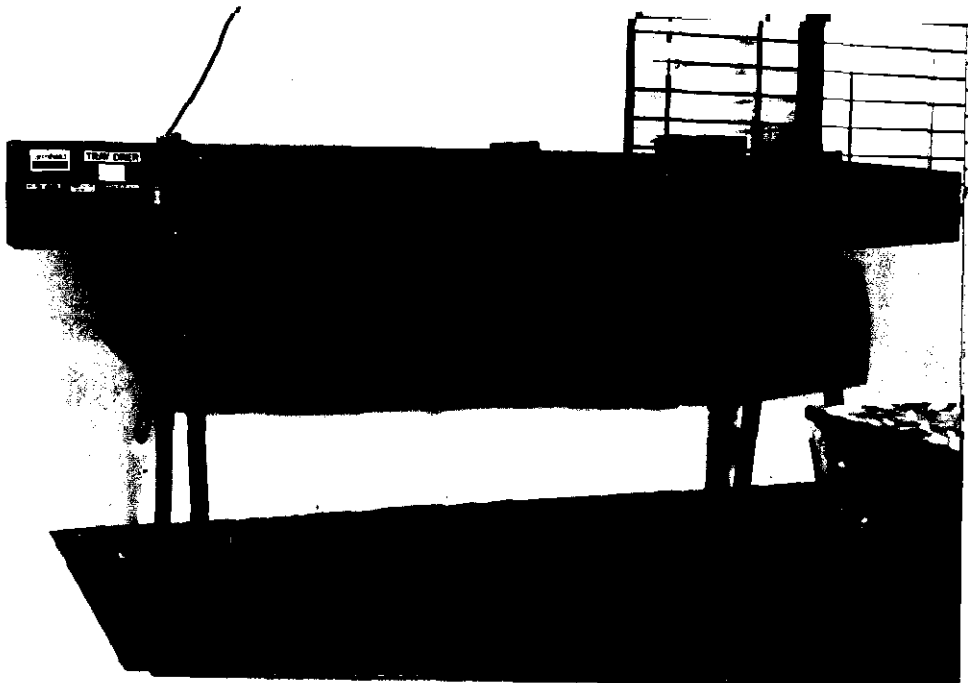
2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah alat pengering tray dryer (experimental dryer), "aspirating psychrometer", anemometer digital, timbangan digital, oven, pemanas air, desikator, cawan, wadah metal dan pisau.

Kebutuhan listrik tray dryer yang digunakan adalah 220/240 Volt, 7.5 Watt dengan frekwensi suara 50 - 60 Hz. "Aspirating psychrometer" terdiri dari termometer bola basah dan bola kering dengan skala pengukuran masing-masing 0 - 100 °C. Model anemometer digital adalah LCA-6000, terbuat dari metal dengan batas pengukuran berkisar 0 - 30 °C dan batas pengukuran suhu berkisar 10 - 50 °C. Timbangan digital yang digunakan bermerk

Fisher, model XL-1800 yang berkapasitas 1800 gram. Oven yang digunakan bernomor seri 9000. Model pemanas air adalah EC-6, berkapasitas 20 liter dengan kebutuhan listrik 7.5 Watt, 32.6 Ampere.

Prinsip kerja dari alat pengering tray dryer adalah mengalirkan udara panas menuju bahan sehingga massa air yang dikandung bahan diuapkan sampai bahan menjadi kering. Mekanisme kerja alat adalah udara luar masuk ke dalam ruang pengering (inlet) kemudian diputar oleh blower menuju alat pemanas (heater). Udara yang telah dipanaskan dialirkan dengan bantuan blower menuju bahan. Kemudian hasil dari penguapan air dibawa oleh udara ke luar ruang pengering (outlet).



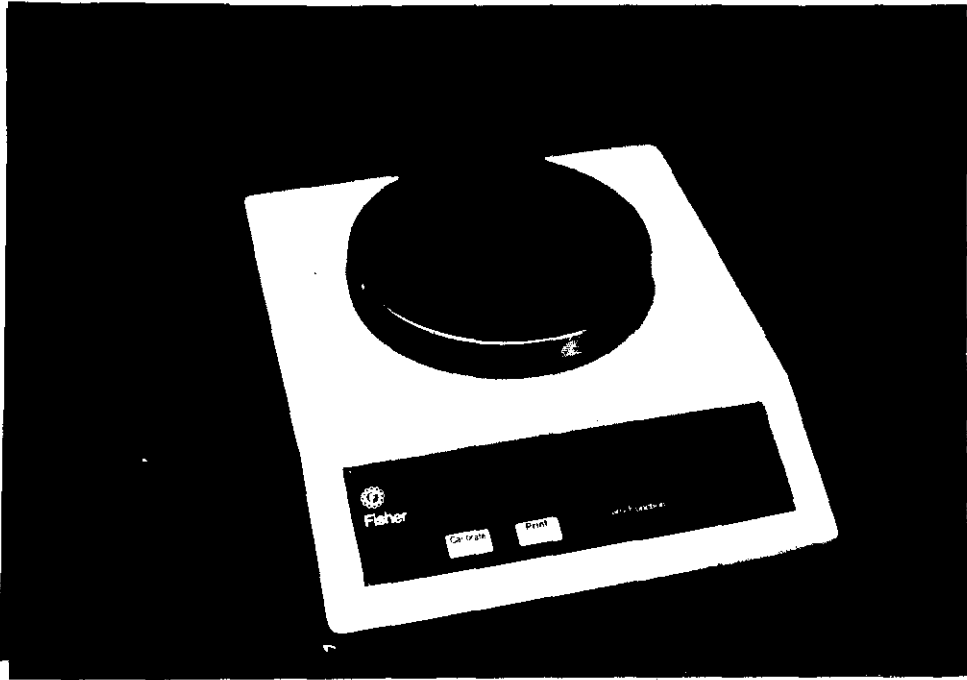
Gambar 5. Alat pengering Tray Dryer type UOP-8



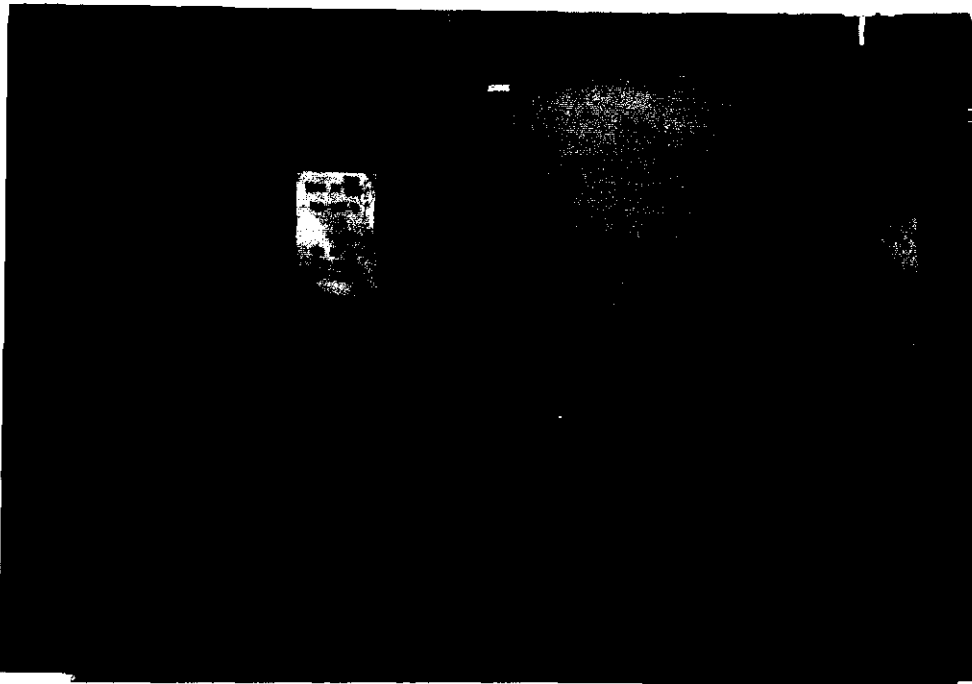
Gambar 7. "Aspirating Psychrometer"



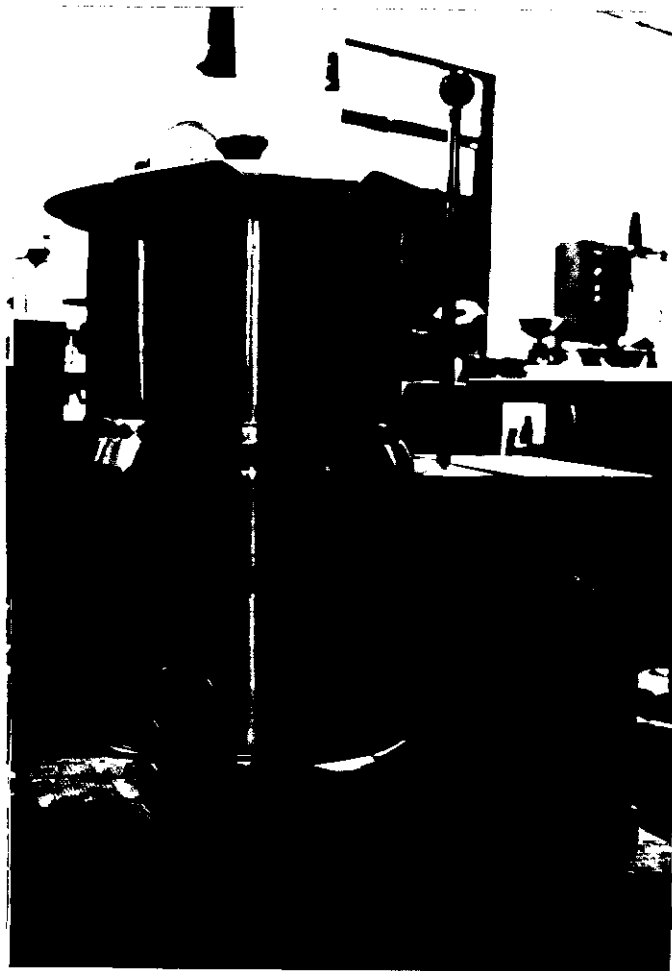
Gambar 8. Anemometer digital



Gambar 9. Timbangan digital



Gambar 10. Oven



Gambar 11. Alat pemanas air

B. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian pengeringan kubis dilaksanakan di pilot plant, laboratorium rekayasa proses pangan dan laboratorium gizi masyarakat yang berada di Pusat Antar Universitas (PAU) Institut Pertanian Bogor.

Waktu pelaksanaan penelitian yaitu pada bulan Juni 1993 - Juli 1993.

C. PELAKSANAAN PERCOBAAN

1. Proses Pengeringan

Alur proses pelaksanaan percobaan pengeringan secara skematis dapat dilihat pada Gambar 12. Proses pengeringan kubis dilakukan terus menerus terhadap bahan pada alat tray dryer hingga tercapai berat yang konstan. Jumlah tray yang digunakan ada 4 buah. Adapun urutan proses pengeringan kubis adalah sebagai berikut :

- a. Daun kubis diambil untuk digunakan dalam pengukuran
- b. Kubis disortasi dan dibersihkan/dicuci dari kotoran
- c. Kubis dipotong dengan ukuran 4 x 4 cm
- d. Dilakukan perendaman selama 15 menit dalam campuran natrium bisulfit 0.6% dan natrium sulfit 0.6% dengan perbandingan 1 : 1, yang bertujuan untuk mencegah "browning" dan keriput pada bahan, juga untuk mempersingkat waktu pengeringan
- e. Dibagi menjadi dua bagian, kemudian ditiriskan
- f. Salah satu bagian kubis mendapat perlakuan blansir dengan air panas selama 2 menit dengan suhu 70 °C, setelah itu bahan ditiriskan
- g. Kedua bagian kubis disusun pada tray yang berbeda dengan cuplikan sekitar 20 - 35 gram.

Susunan kubis diatur menjadi satu lapisan bahan (tidak bertumpuk) pada tiap tray.

- h. Kubis yang sudah disusun pada tray (2 tray untuk kubis blansir dan 2 tray untuk kubis segar) ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam alat pengering tray dryer. Penimbangan dilakukan hingga berat bahan konstan.
- i. Suhu dan laju aliran udara diatur sesuai dengan perlakuan yang diberikan, yaitu pada suhu 45, 50, 55, 60 °C dan pada laju aliran udara 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 m/det. Untuk lebih memudahkan dalam membedakan masing-masing perlakuan maka dapat disimbolkan seperti yang tertera pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Perlakuan suhu dan laju aliran udara dalam pengeringan kubis

Suhu (°C)	Kecepatan aliran udara (m/det)							
	Segar				Blansir			
	0.5	0.75	1.0	1.25	0.5	0.75	1.0	1.25
45	A1B	A2B	A3B	A4B	A1S	A2S	A3S	A4S
50	B1B	B2B	B3B	B4B	B1S	B2S	B3S	B4S
55	C1B	C2B	C3B	C4B	C1S	C2S	C3S	C4S
60	D1B	D2B	D3B	D4B	D1S	D2S	D3S	D4S

2. Pengukuran kadar air awal bahan

Pengukuran kadar air awal bahan dilakukan dengan metode oven. Kubis segar dan kubis blansir dipotong-potong dengan ukuran berkisar 0.5 x 0.5 cm. Potongan kubis tersebut dimasukkan ke dalam cawan dengan berat berkisar 5 - 10 gram. Kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105 °C hingga berat bahan konstan. Sebelum dilakukan penimbangan berat kering, kubis dimasukkan terlebih dahulu ke dalam desikator agar suhu bahan mencapai suhu kamar. Ulangan pada pengukuran kadar air awal dilakukan sebanyak 3 kali..

3. Pengukuran, perhitungan dan Analisa

a. Pengeringan

Pengukuran dan pengamatan selama proses pengeringan kubis meliputi :

1. Pengukuran kadar air awal bahan
2. Pengukuran suhu bola basah dan bola kering udara pengering dan udara luar
3. Penetapan kecepatan aliran udara pengering
4. Penimbangan berat bahan dengan selang waktu yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Selang waktu pengamatan pengeringan

Waktu pengeringan (jam)	Selang waktu pengukuran (menit)
0 - 2	10
2 - 4	20
4 - selanjutnya	40

b. Kadar Air

1. Kadar air awal bahan diukur dengan metode oven

$$\% \text{ bb} = \frac{B_o - (B_a - BC)}{B_o - BC}$$

2. Perubahan Kadar Air

Perubahan kadar air dan laju pengeringan dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$BA = KAA * (BK_o - BW)$$

$$BB = BK_o - BW$$

$$UA_i = BK_o - BK_i$$

$$KAB_i = (BA - UA_i) / (BB - UA_i) * 100\%$$

$$KAK_i = KAB_i / (100 - KAB_i) * 100\%$$

$$LP_i = (KBK_i - KB_{i-1}) / (t_i - t_{i-1})$$

Program komputer digunakan untuk memudahkan perhitungan.

c. Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan digunakan untuk menentukan :

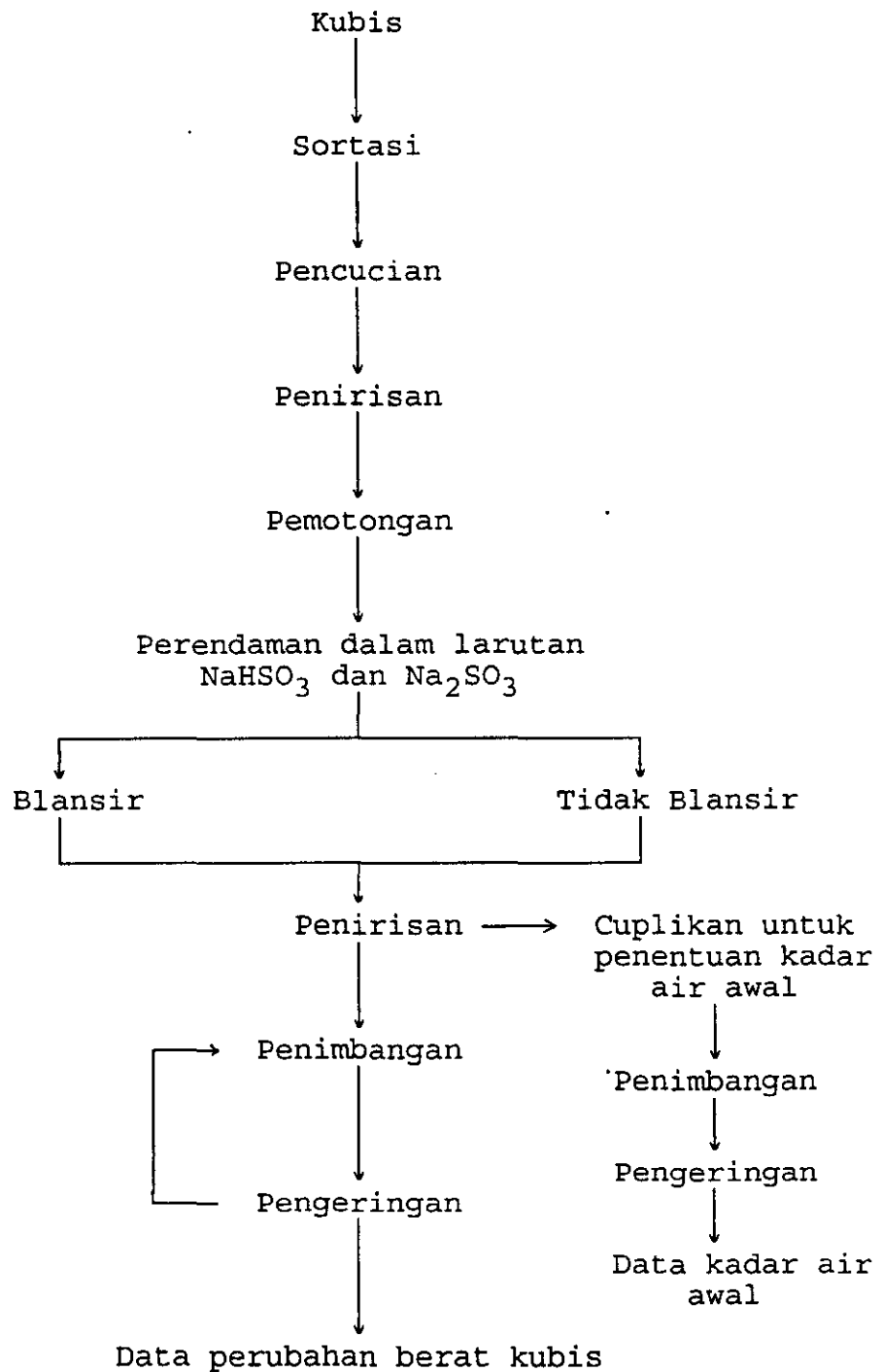
- a. Grafik kadar air terhadap waktu untuk masing-masing kombinasi perlakuan pengeringan
- b. Grafik laju pengeringan terhadap waktu untuk masing-masing kombinasi perlakuan pengeringan
- c. Grafik laju pengeringan terhadap kadar air untuk masing-masing kombinasi perlakuan pengeringan

Data hasil pengukuran laju pengeringan dan kadar air digunakan untuk menghitung kadar air keseimbangan, M_e dan konstanta pengeringan, K dengan menggunakan program komputer yang dimodifikasi dari program komputer Thahir (1985) yang dapat dilihat pada bagan alir Gambar 13 dan 14.

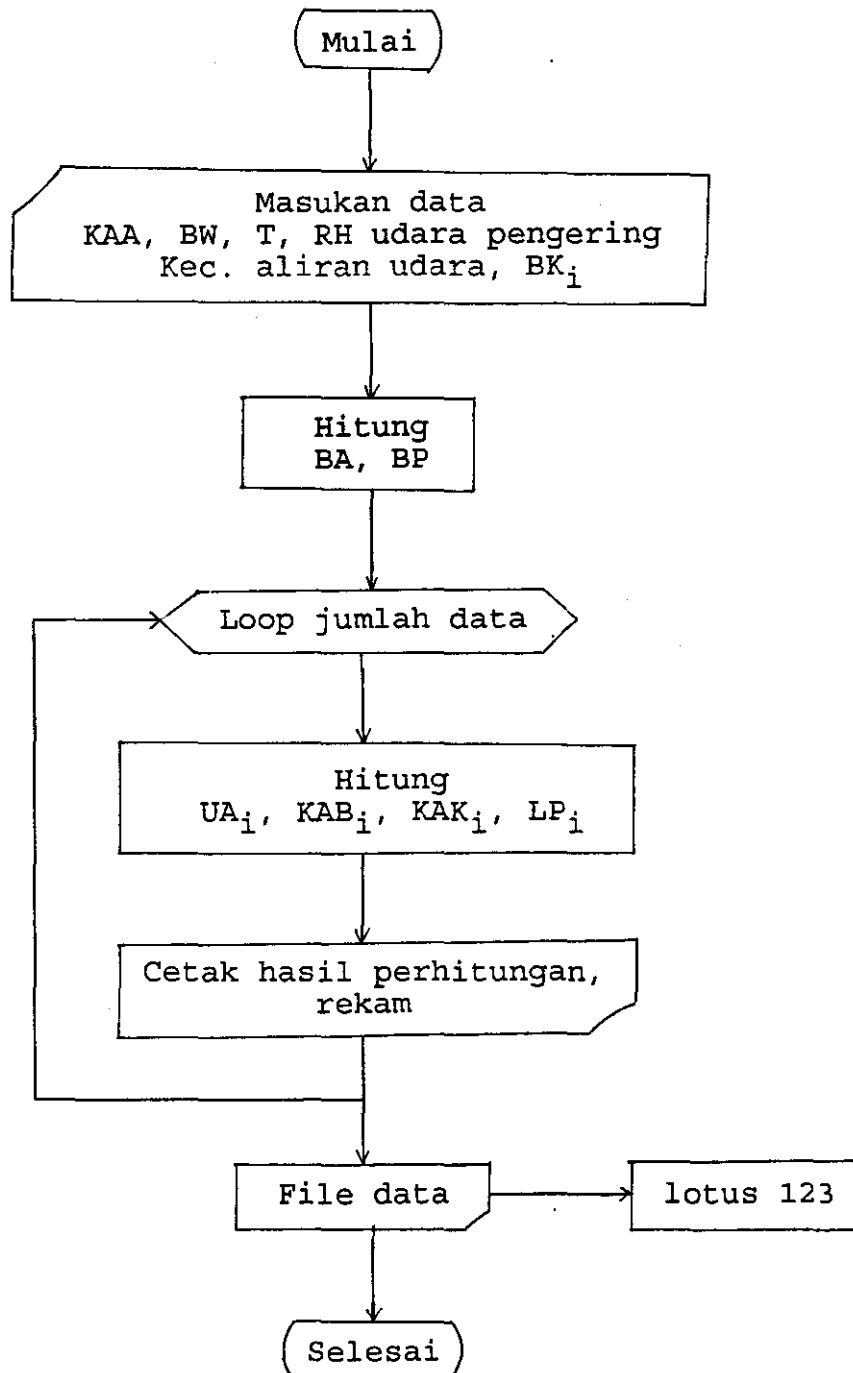
D. ASUMSI

Asumsi yang digunakan untuk mengetahui karakteristik pengeringan lapisan tipis kubis dalam proses pengeringan adalah :

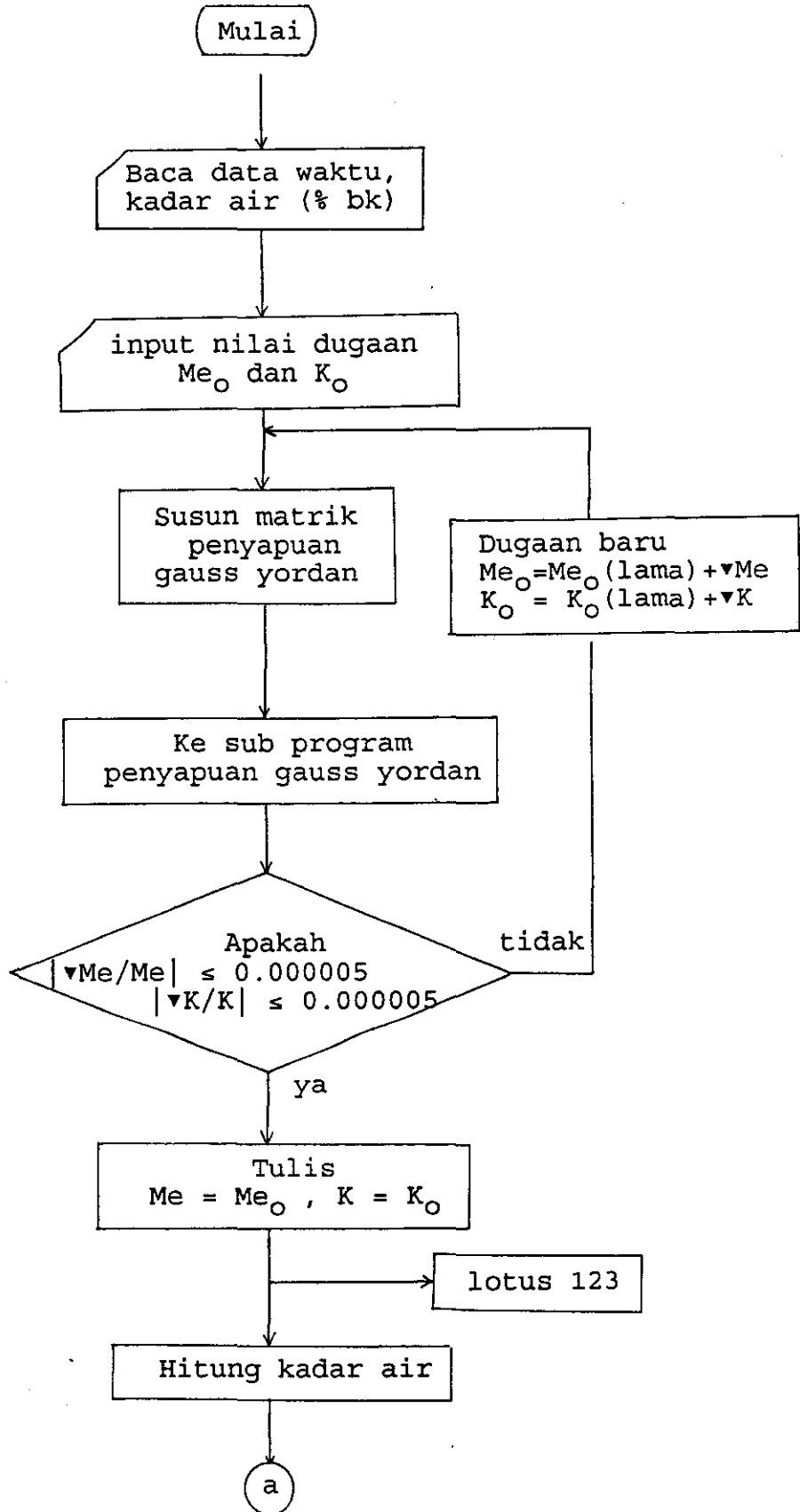
1. Kubis yang dikeringkan mempunyai kadar air awal yang seragam
2. Kubis yang dikeringkan dianggap seragam

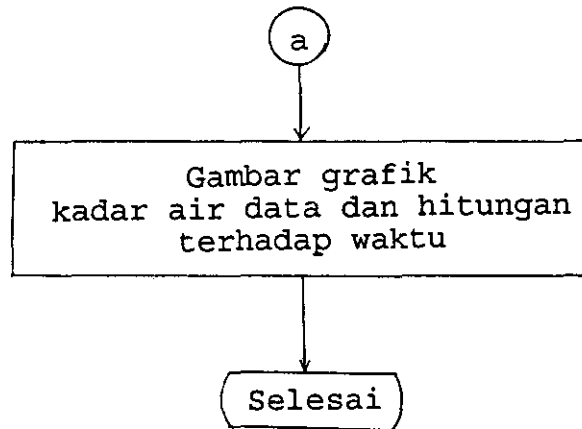


Gambar 12. Bagan alir pelaksanaan percobaan pengeringan kubis



Gambar 13. Bagan alir perhitungan penurunan kadar air bahan





Gambar 14. Bagan alir perhitungan Me dan K



V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. KARAKTERISTIK PENGERINGAN

1. Perubahan Kadar Air terhadap Waktu

Data penurunan kadar air kubis segar dan kubis blansir terhadap waktu selama proses pengeringan dapat dilihat pada Lampiran 1 - 32. Tabel 5 - 9 memperlihatkan data kadar air awal, kadar air akhir dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air akhir kubis segar dan kubis blansir pada 4 perlakuan suhu, yaitu 45, 50, 55, 60 °C dan 4 perlakuan kecepatan aliran udara, yaitu 0.5, 0.7, 1.0, 1.25 m/detik.

Tabel 5. Data kadar air awal (KA_o) dan kadar air akhir (KA_a) kubis segar dan kubis blansir pada kecepatan aliran 0.5 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	Kubis segar			Kubis blansir		
		KA_o	KA_a	WK_a	KA_o	KA_a	WK_a
45	41	92.90	13.68	700	93.10	31.62	900
50	35	94.33	8.74	540	94.72	17.31	540
55	27.5	93.57	6.34	460	93.74	10.03	460
60	24	93.59	11.05	300	93.75	16.13	300

Tabel 6. Data kadar air awal (KA_o) dan kadar air akhir (KA_a) kubis segar dan kubis blansir pada kecepatan aliran 0.75 m/detik

Suhu ($^{\circ}C$)	RH (%)	Kubis segar			Kubis blansir		
		KA_o	KA_a	WK_a	KA_o	KA_a	WK_a
45	41	93.69	14.29	540	93.74	14.29	660
50	35	94.15	13.86	540	94.43	12.60	500
55	27.5	92.90	7.99	420	93.10	10.56	420
60	23	93.91	9.77	300	93.96	7.67	260

Tabel 7. Data kadar air awal (KA_o) dan kadar air akhir (KA_a) kubis segar dan kubis blansir pada kecepatan aliran 1.0 m/detik

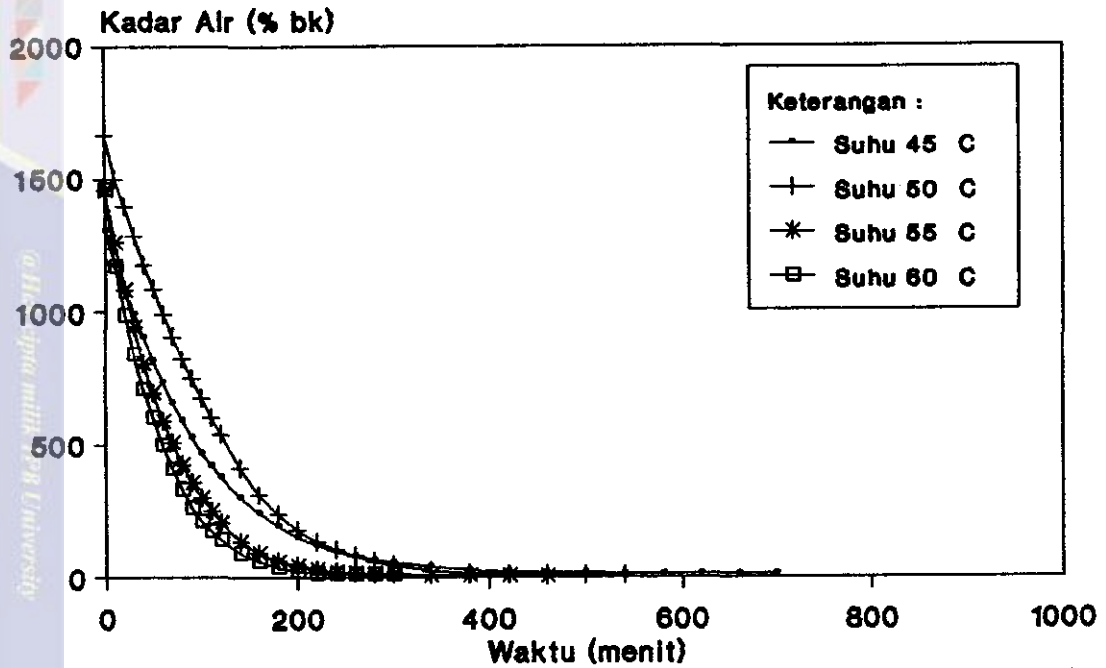
Suhu ($^{\circ}C$)	RH (%)	Kubis segar			Kubis blansir		
		KA_o	KA_a	WK_a	KA_o	KA_a	WK_a
45	37.8	94.05	13.89	460	94.40	23.49	740
50	33	93.72	8.74	380	93.90	12.46	540
55	27.5	94.19	7.73	380	94.48	9.21	380
60	20.5	94.45	9.26	300	94.64	12.34	260

Tabel 8. Data kadar air awal (KA_o) dan kadar air akhir (KA_a) kubis segar dan kubis blansir pada kecepatan aliran 1.25 m/detik

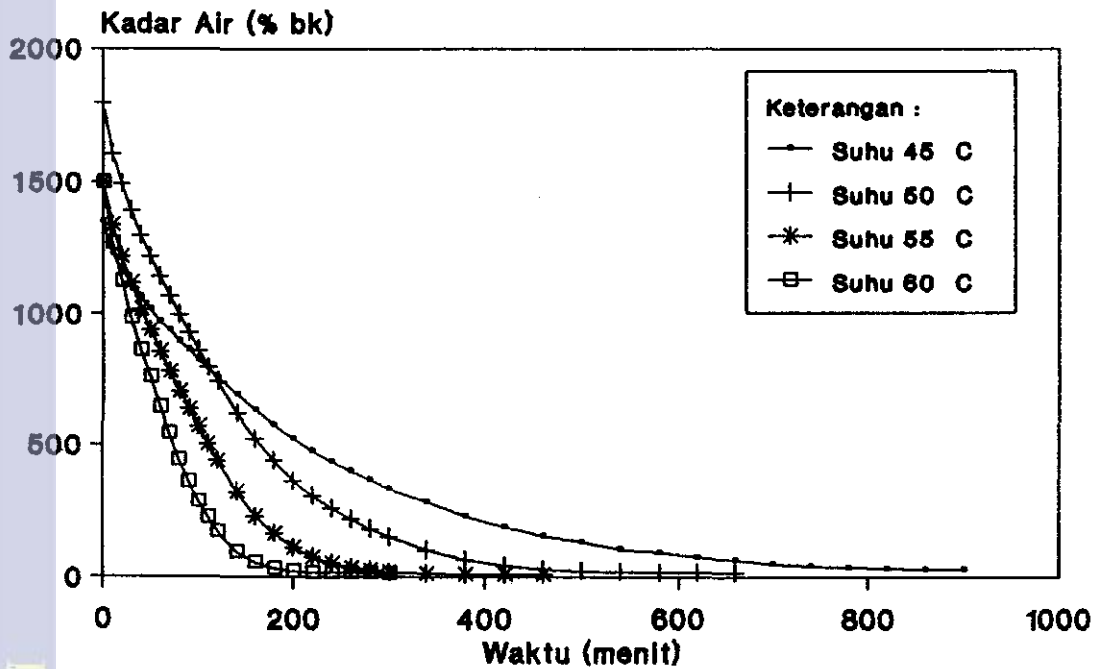
Suhu ($^{\circ}C$)	RH (%)	Kubis segar			Kubis blansir		
		KA_o	KA_a	WK_a	KA_o	KA_a	WK_a
45	37.8	93.89	16.87	420	94.05	23.21	660
50	33	93.39	9.54	460	93.52	12.50	500
55	27.5	93.63	9.09	380	94.01	11.17	380
60	22.5	93.34	4.11	280	93.78	9.99	260

Dari Tabel 5 - 9 dapat dilihat bahwa kadar air awal kubis blansir lebih tinggi dibanding kubis segar, hal ini dapat dimengerti karena pemanasan yang dilakukan saat blansir menyebabkan sebagian massa air perendaman masuk ke dalam jaringan kubis, dimana dengan pemanasan tersebut struktur jaringan kubis berubah sehingga mudah menyerap air. Secara umum kadar air akhir yang diperoleh pada selang pengukuran tertentu memperlihatkan suatu pola yang berbanding terbalik terhadap suhu pengeringan, yaitu semakin tinggi suhu, kadar air akhir hasil pengukuran menjadi semakin rendah. Pada suhu sekitar 60°C dengan kecepatan aliran udara 0.5, 0.75 dan 1 m/detik dijumpai adanya penyimpangan. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor karakteristik alat pengering, dimana pada suhu sekitar 60°C alat menjadi kritis dalam pengukuran kadar air akhir pengeringan. Disamping itu juga dapat disebabkan oleh adanya perbedaan waktu untuk mencapai kadar air akhir, dimana pada suhu 60°C waktu yang dibutuhkan bahan untuk mencapai kadar air akhir lebih singkat dibanding dengan suhu lainnya.

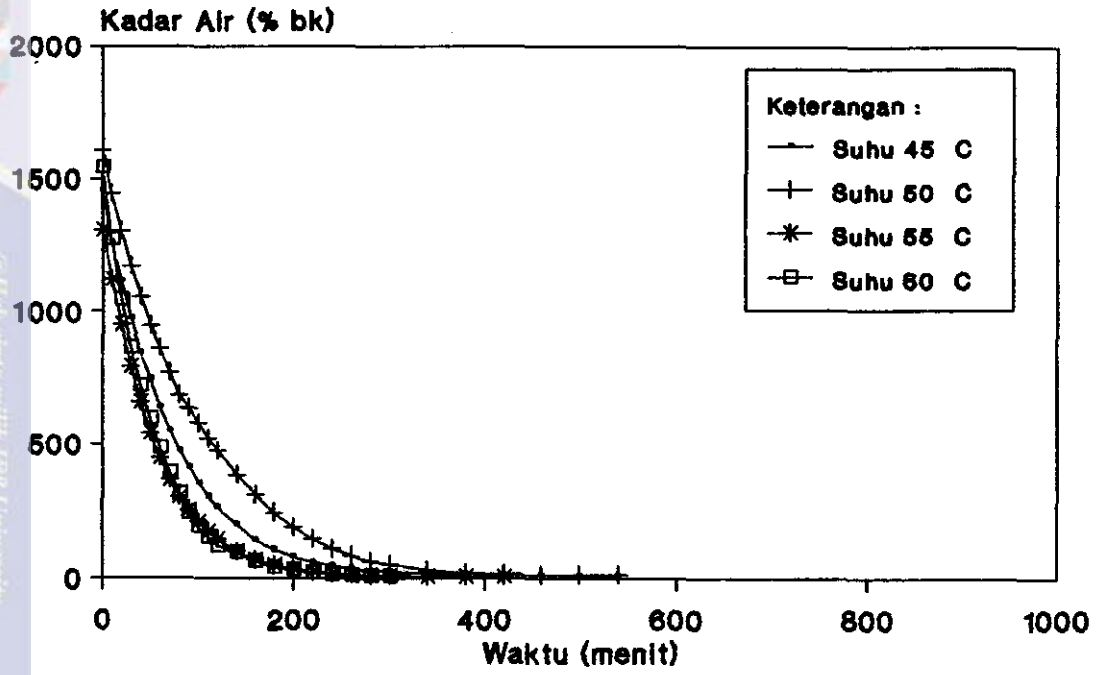
Kurva yang diperoleh dari Gambar 15 - 22 memperlihatkan hasil pengeplotan data kadar air terhadap waktu yang terdapat pada Lampiran 1 - 32.



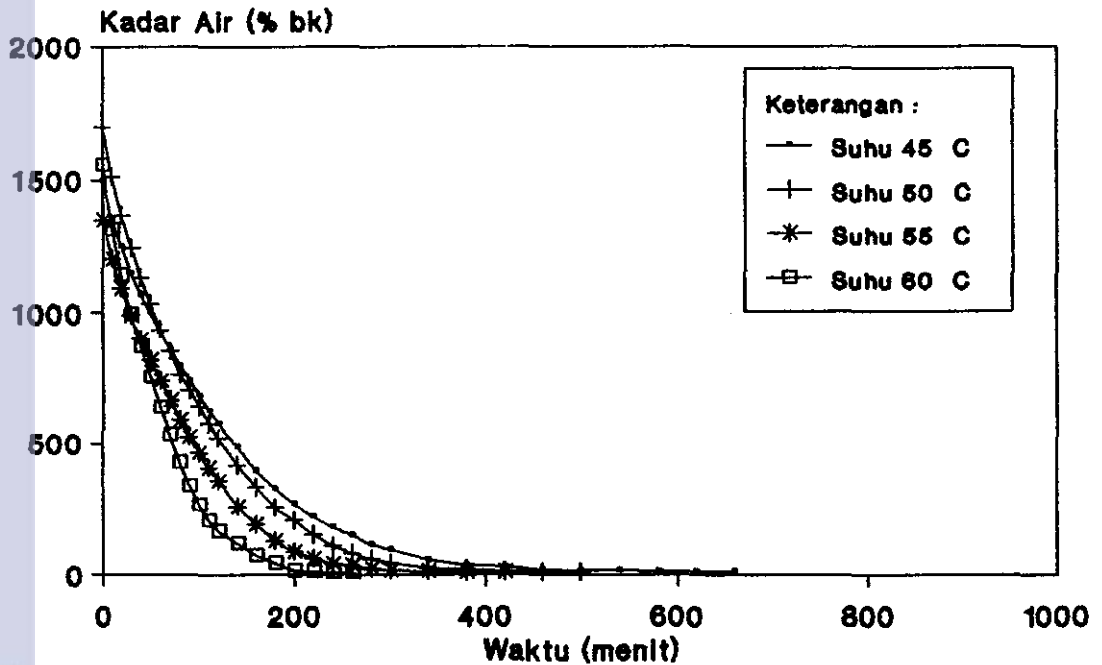
Gambar 15. Kurva penurunan kadar air terhadap waktu kubis segar pada kecepatan udara 0.5 m/detik



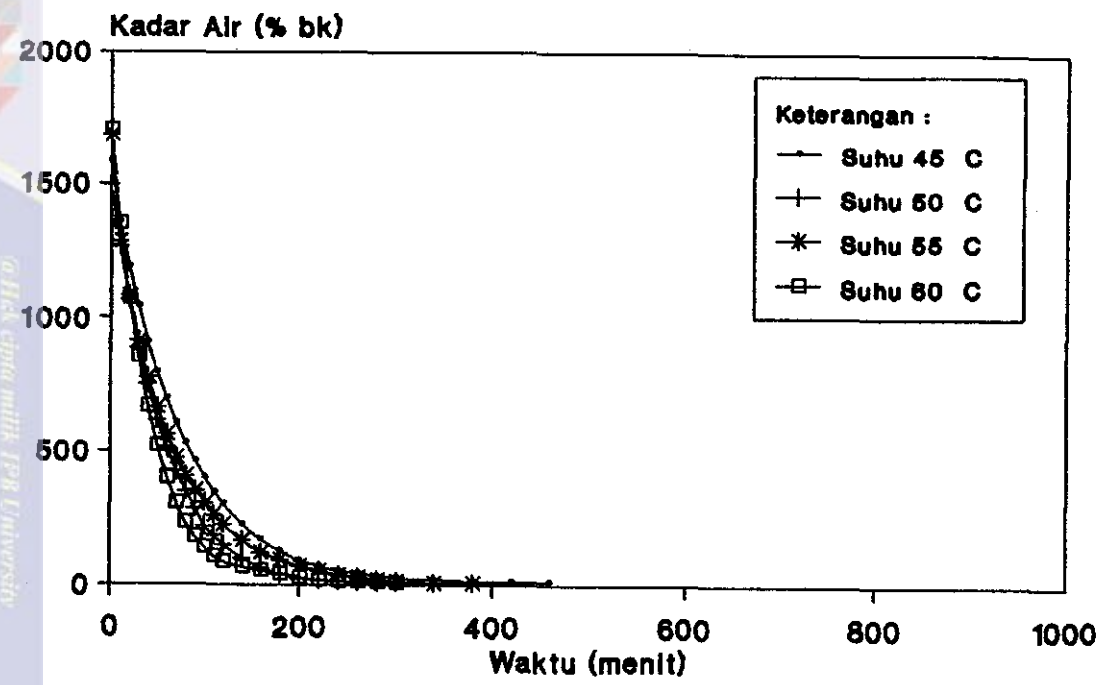
Gambar 16. Kurva penurunan kadar air terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan udara 0.5 m/detik



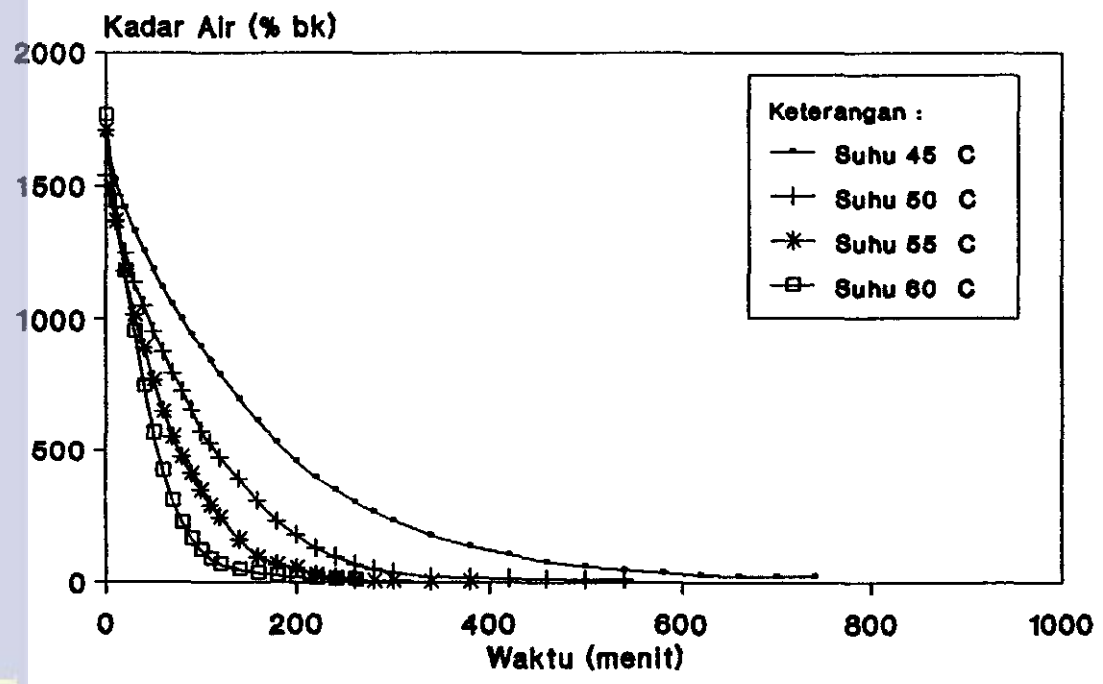
Gambar 17. Kurva penurunan kadar air terhadap waktu kubis segar pada kecepatan udara 0.75 m/detik



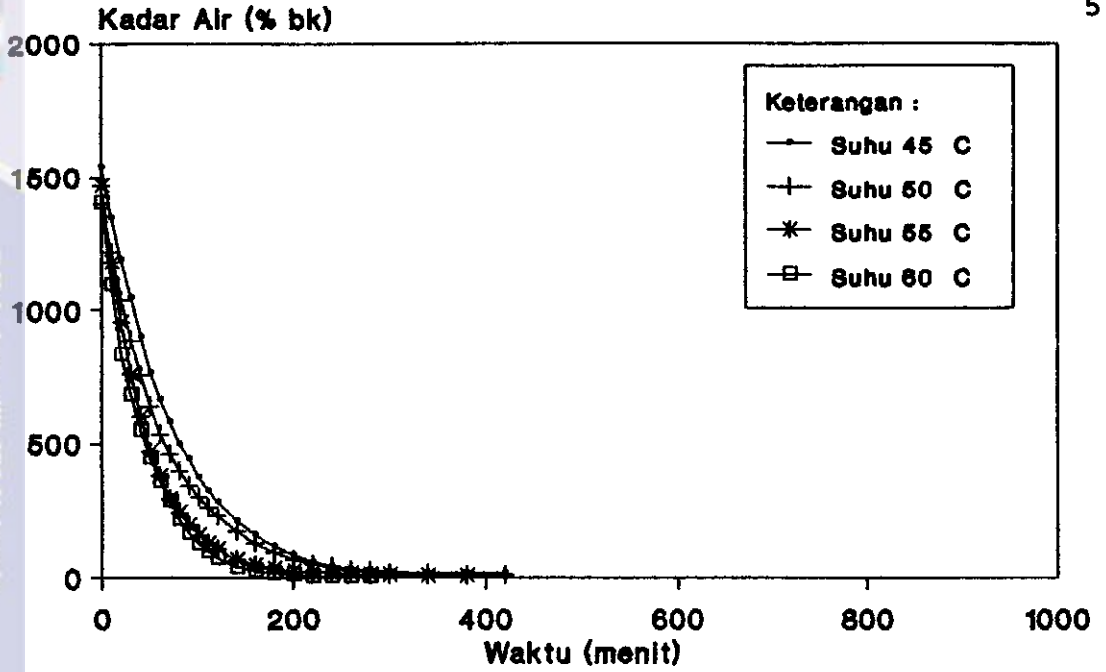
Gambar 18. Kurva penurunan kadar air terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan udara 0.75 m/detik



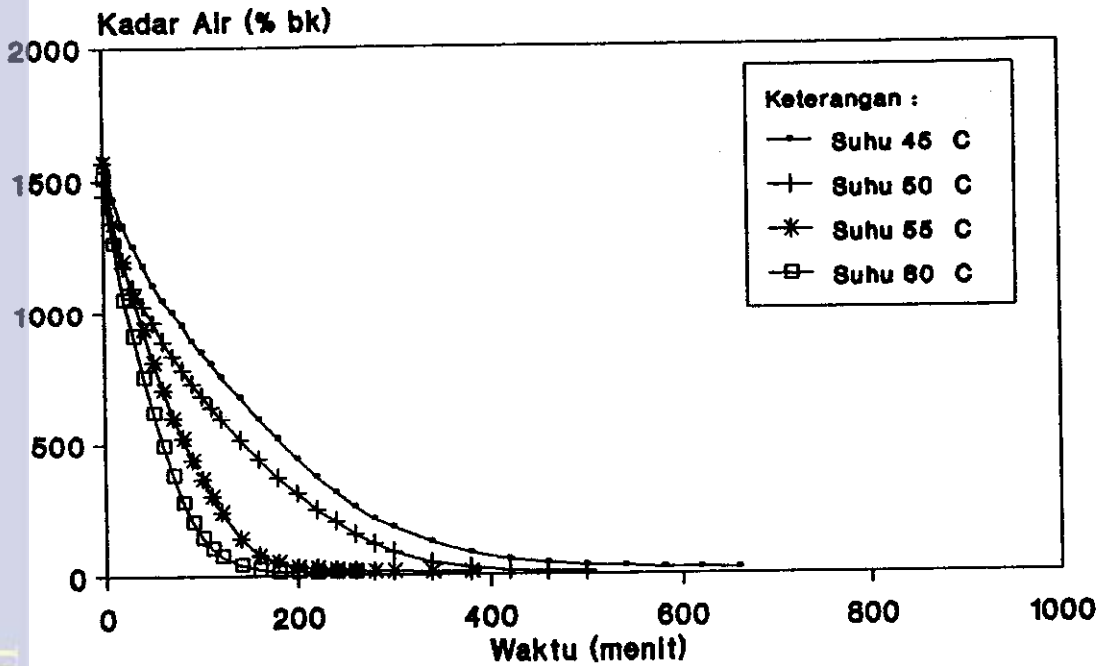
Gambar 19. Kurva penurunan kadar air terhadap waktu kubis segar pada kecepatan udara 1.0 m/detik



Gambar 20. Kurva penurunan kadar air terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan udara 1.0 m/detik



Gambar 21. Kurva penurunan kadar air terhadap waktu kubis segar pada kecepatan udara 1.25 m/detik



Gambar 22. Kurva penurunan kadar air terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan udara 1.25 m/detik

Dari kurva tersebut terlihat bahwa penurunan kadar air terhadap waktu menunjukkan suatu pola yang sama, yaitu bentuk eksponensial, dan dari pola tersebut dapat diketahui bahwa kurva penurunan kadar air pada pengeringan lapisan tipis kubis berbeda untuk tiap selang waktu. Penurunan kadar air pada awal proses pengeringan berlangsung sangat cepat kemudian menjadi lambat hingga akhirnya menjadi lambat sekali. Pada gambar dapat dilihat bahwa penurunan kadar air lambat sekali seolah-olah menunjukkan garis yang sejajar dengan sumbu x dan mendekati titik nol pada laju pengeringannya.

Pengaruh suhu pada kurva hasil penurunan kadar air terhadap waktu memperlihatkan suatu keadaan dimana semakin tinggi suhu, kurva yang terbentuk semakin curam. Penurunan kadar air pada suhu tinggi terjadi lebih cepat dibanding pada suhu yang rendah dalam waktu yang bersamaan.

2. Perubahan Laju Pengeringan Terhadap Waktu

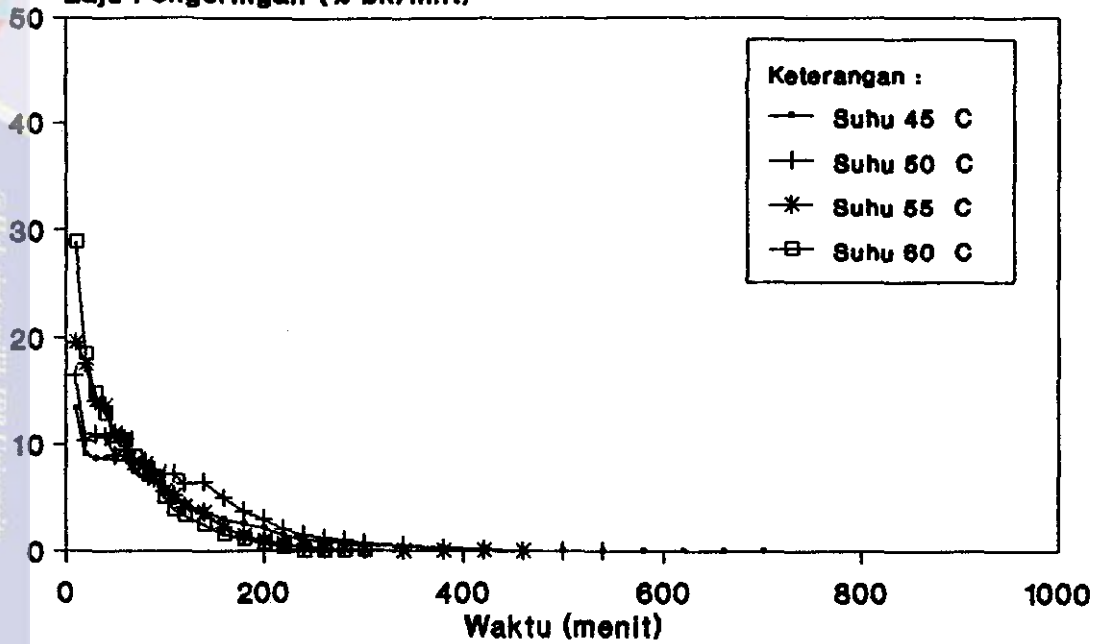
Gambar 23 - 30 menunjukkan grafik laju pengeringan terhadap waktu pada kecepatan aliran udara 0.5, 0.75, 1.00 dan 1.25 m/detik. Jika dibandingkan antara perubahan laju pengeringan terhadap waktu dengan perubahan kadar air terhadap waktu (Lampiran 1 - 32) maka terdapat suatu

hubungan secara umum, yaitu penurunan kadar air berbanding lurus dengan laju pengeringan.

Dari grafik dapat dilihat terjadinya laju pengeringan menurun, dimana pada awal pengeringan terjadi laju pengeringan yang cukup cepat kemudian diikuti laju pengeringan yang semakin lambat. Pada periode laju pengeringan menurun, penguapan berlangsung lebih lama sehingga laju pengeringan juga semakin rendah. Hal ini disebabkan terjadinya proses difusivitas dimana berlangsung perpindahan masa air dari dalam bahan ke permukaan bahan dan selanjutnya terjadi perpindahan air dari permukaan bahan ke udara pengering.

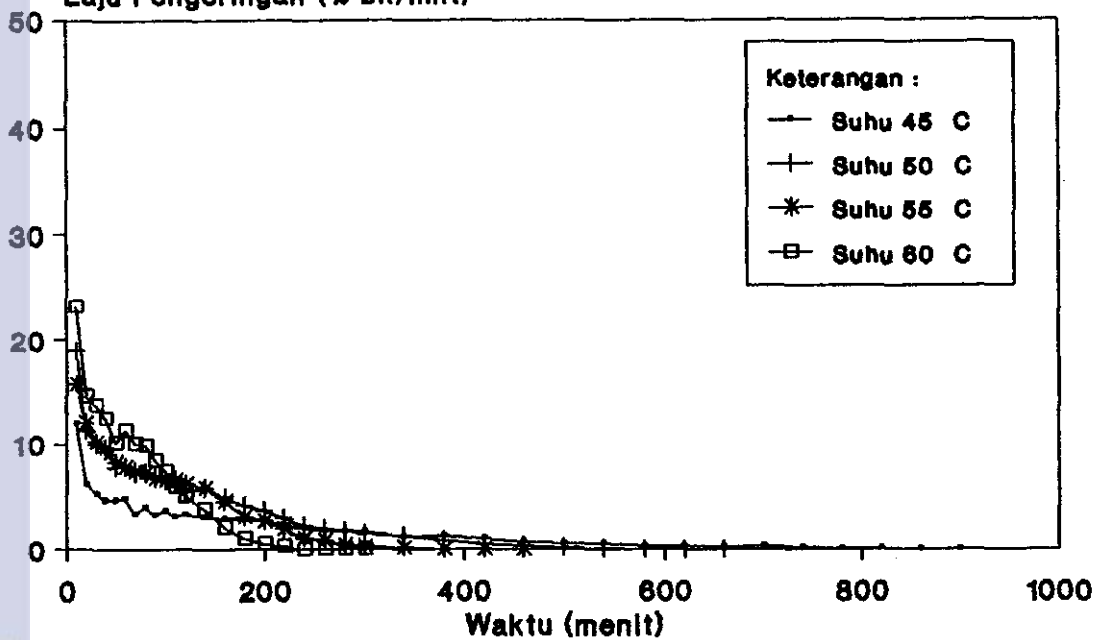
Semakin lama waktu pengeringan maka laju pengeringan juga semakin menurun karena jarak yang ditempuh air untuk menembus bahan lapis per lapis hingga sampai ke permukaan bahan juga semakin jauh. Terjadinya mekanisme perpindahan masa air dari dalam bahan ke permukaan bahan disebabkan adanya perbedaan tekanan uap antara medium pengering dan bahan yang dikeringkan. Hall (1957) menyatakan bahwa aliran atau migrasi air dari tempat yang bertekanan uap tinggi ke tempat yang bertekanan uap rendah sebanding dengan selisih tekanan uapnya.

Laju Pengeringan (% bk/mnt)

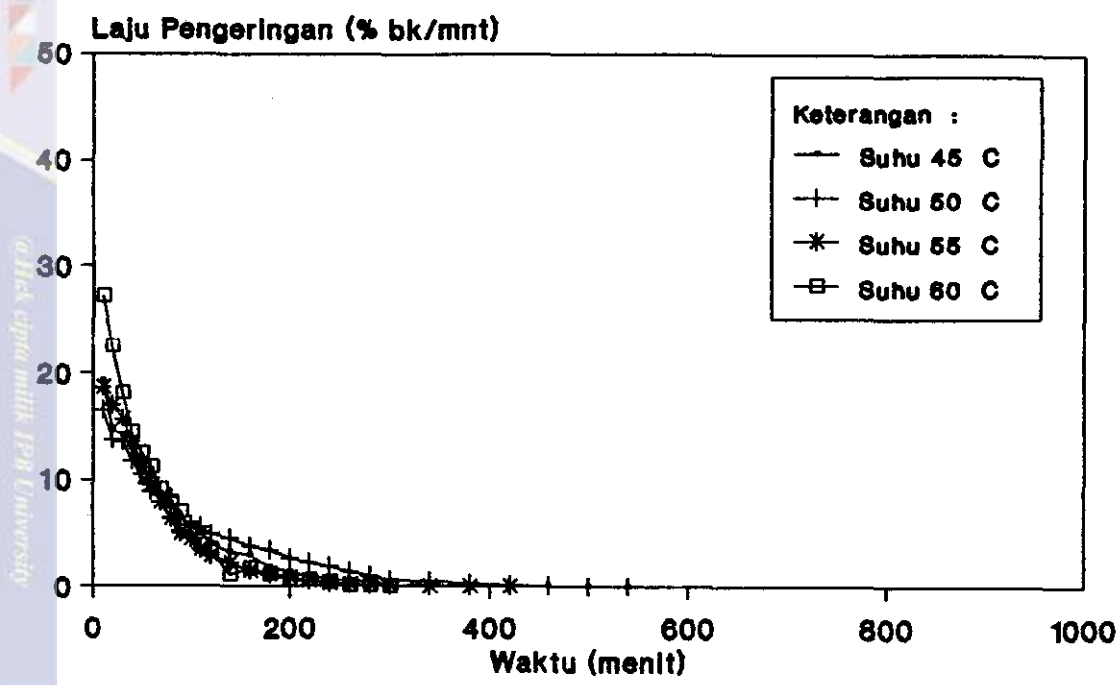


Gambar 23. Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis segar pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik

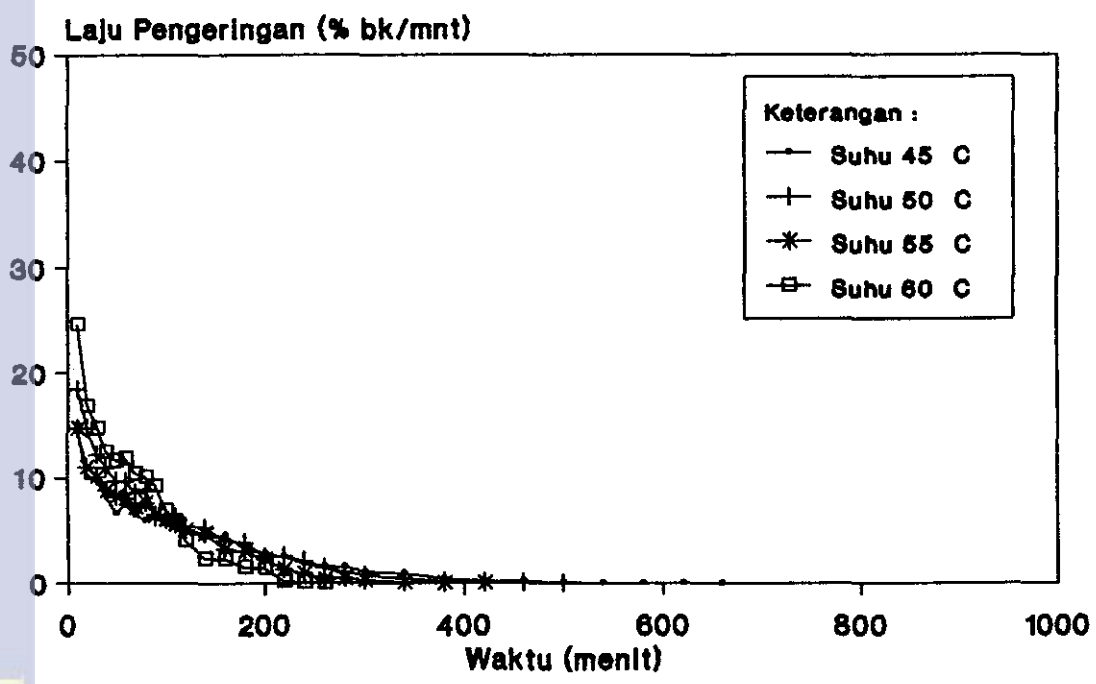
Laju Pengeringan (% bk/mnt)



Gambar 24. Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik

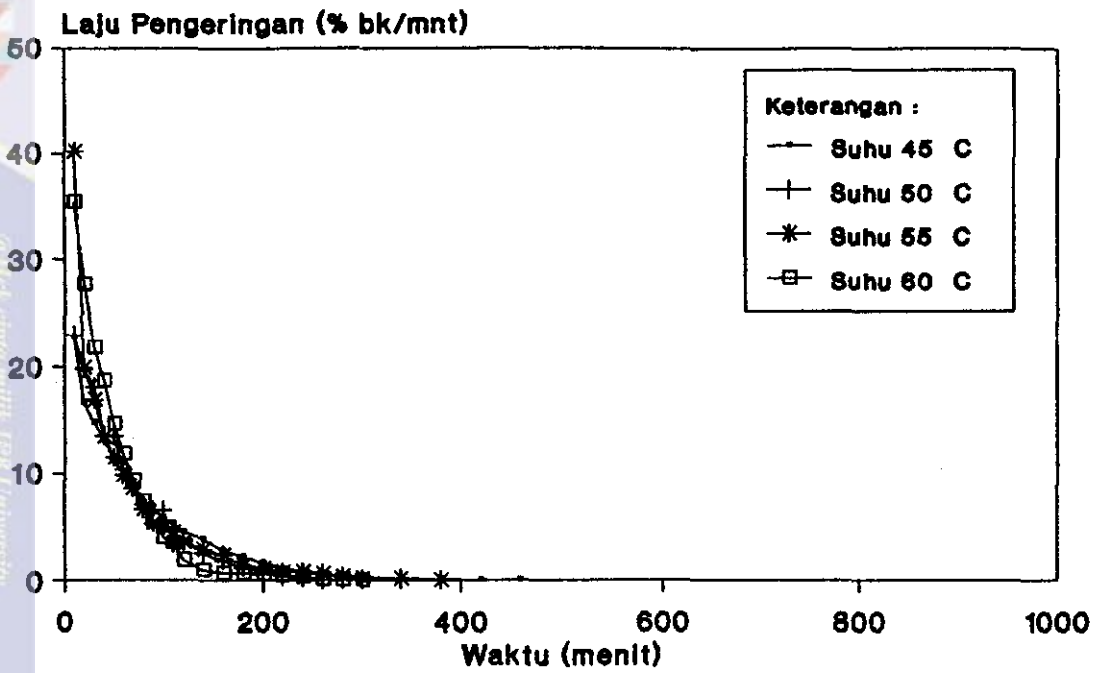


Gambar 25. Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis segar pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

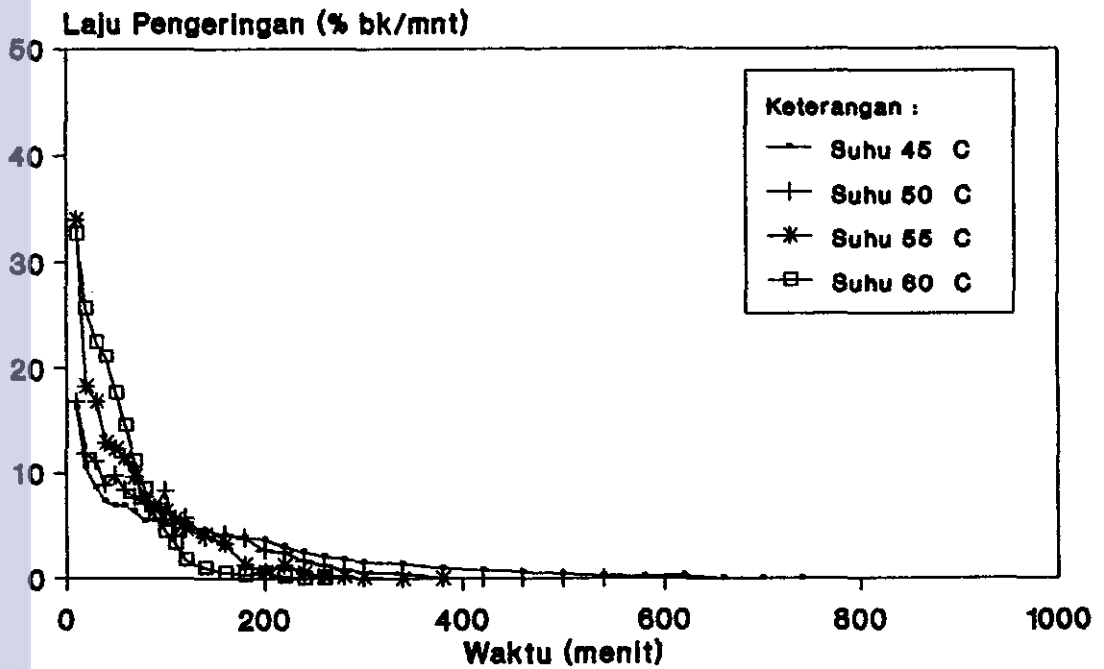


Gambar 26. Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

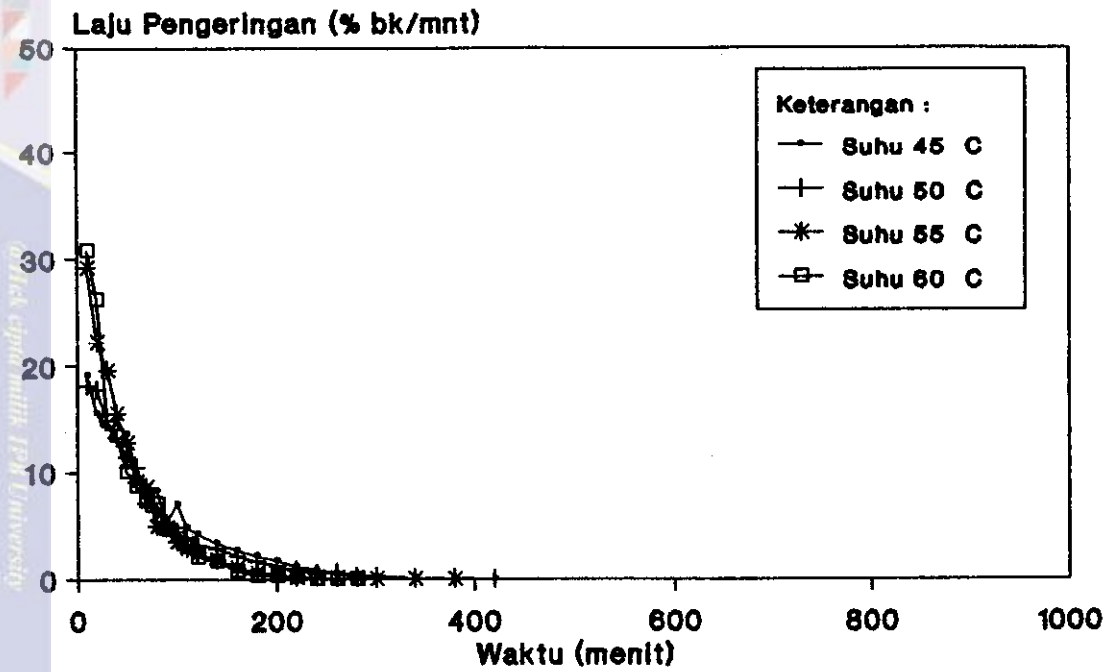
Hal ini disebabkan karena...
 1. Drying...
 2. Drying...
 3. Drying...
 4. Drying...
 5. Drying...
 6. Drying...
 7. Drying...
 8. Drying...
 9. Drying...
 10. Drying...



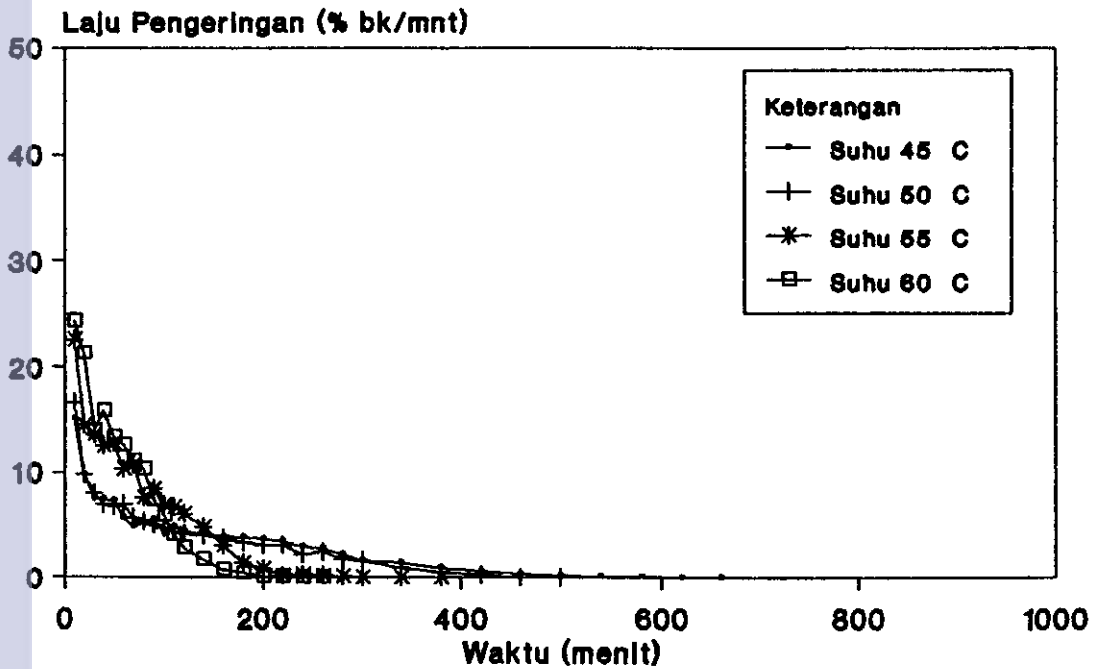
Gambar 27. Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis segar pada kecepatan aliran udara 1.00 m/detik



Gambar 28. Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik



Gambar 29. Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis segar pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik



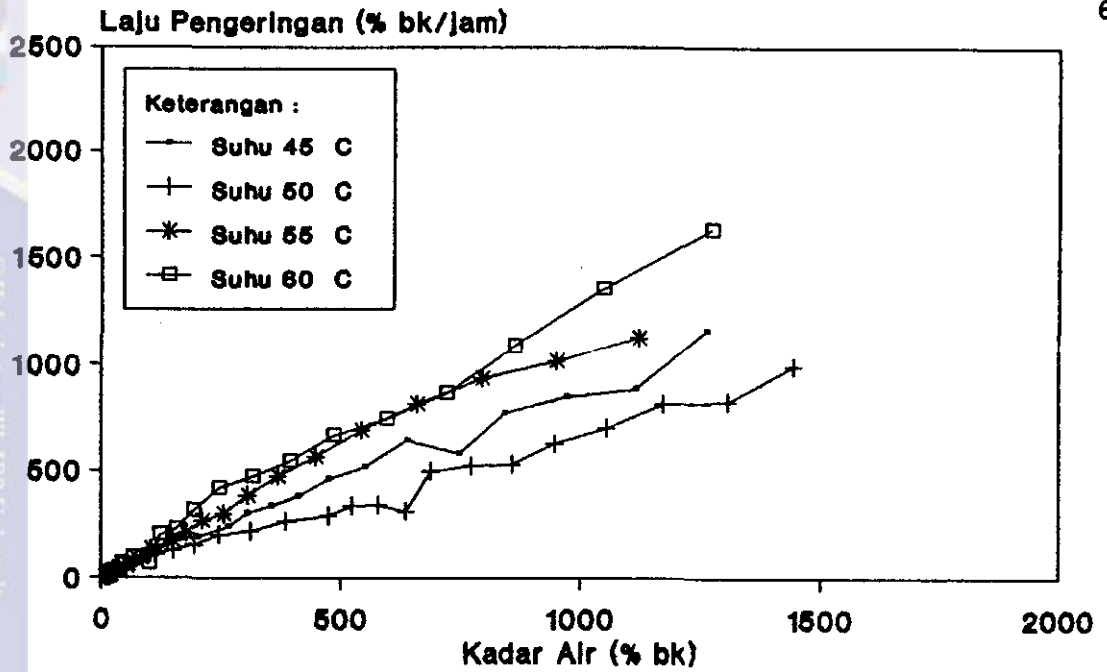
Gambar 30. Kurva laju pengeringan terhadap waktu kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

3. Perubahan Kadar Air Terhadap Laju Pengeringan

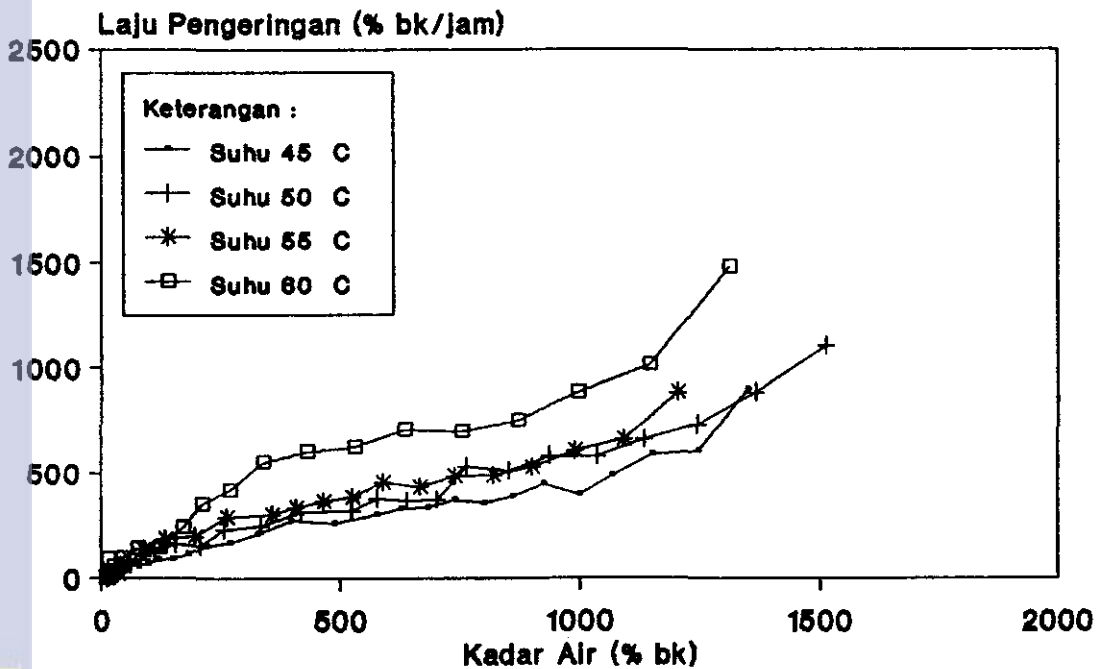
Gambar 31 - 38 memperlihatkan hubungan perubahan kadar air terhadap laju pengeringan kubis pada tiap suhu dan tiap kecepatan aliran udara pengering. Grafik tersebut tidak persis sama dengan kurva pengeringan yang dikemukakan oleh Hall (1957) serta Heldman dan Singh (1980), karena pada seluruh grafik laju pengeringan tetap tidak terlihat.

Pengaruh kadar air terhadap laju pengeringan tetap pada kubis dengan kadar air awal tinggi (92.90 - 94.72 % bb) yang tidak terlihat pada grafik tersebut juga terjadi pada karakteristik pengeringan bawang daun (Mustika, 1992) dengan kadar air awal bahan berkisar 90.58 - 95.77 % bb.

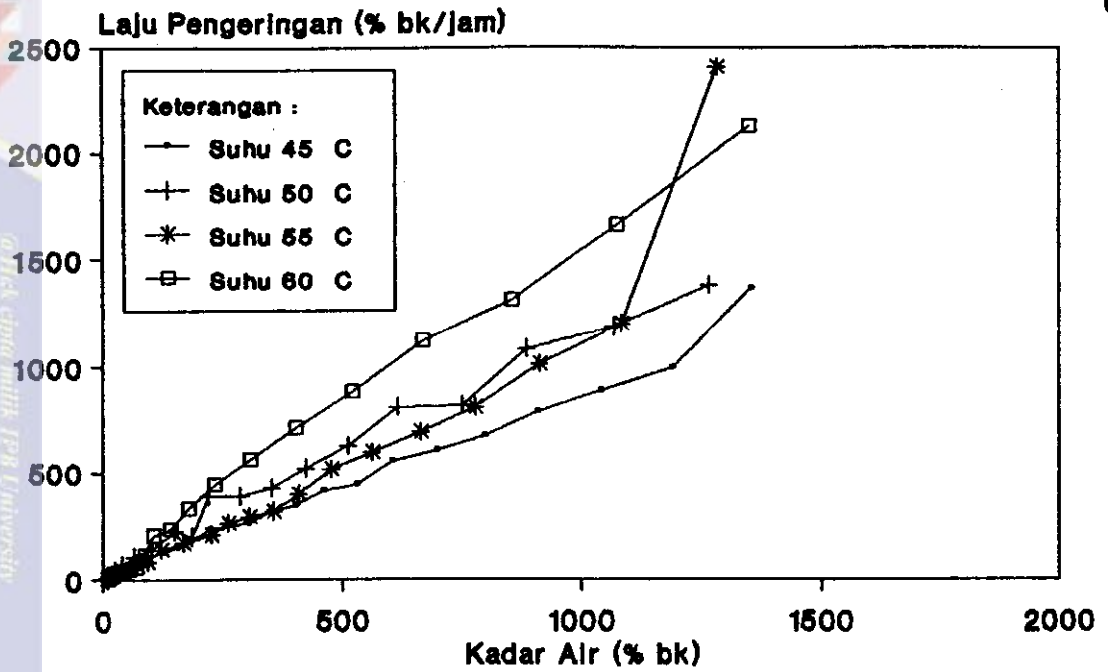
Hal ini dapat dijelaskan oleh Buckle et al. (1979) yang menyatakan bahwa laju pengeringan dipengaruhi oleh faktor fisik dan kimia bahan. Sedangkan Henderson dan Perry (1976) menyatakan bahwa laju pengeringan tetap berlangsung dalam waktu singkat dan dapat diabaikan. Sehingga dapat dimengerti bahwa laju pengeringan tetap pada kubis dengan selang pengukuran awal 10 menit pada Gambar 31 - 38 tidak terlihat.



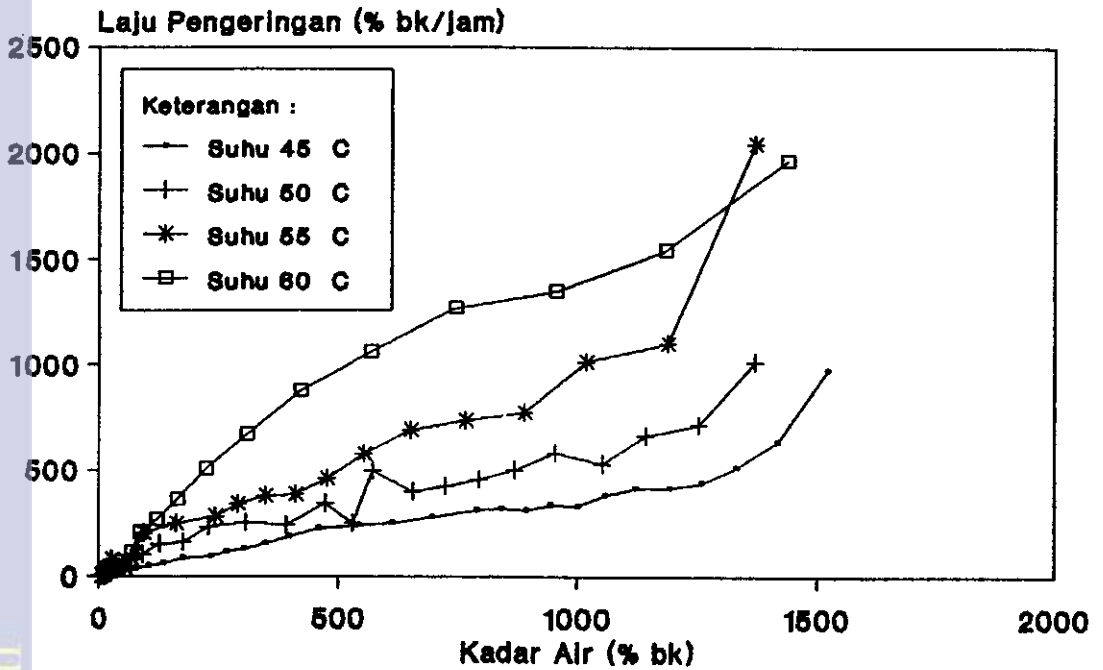
Gambar 33. Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis segar pada kecepatan 0.75 m/detik



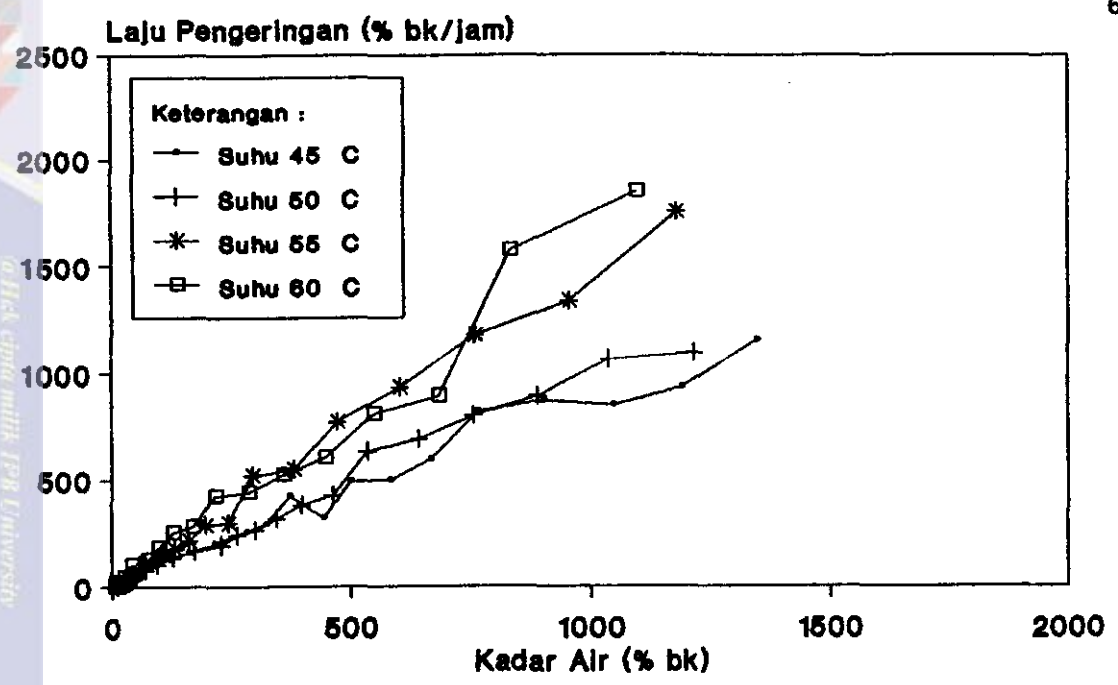
Gambar 34. Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis blansir pada kecepatan 0.75 m/detik



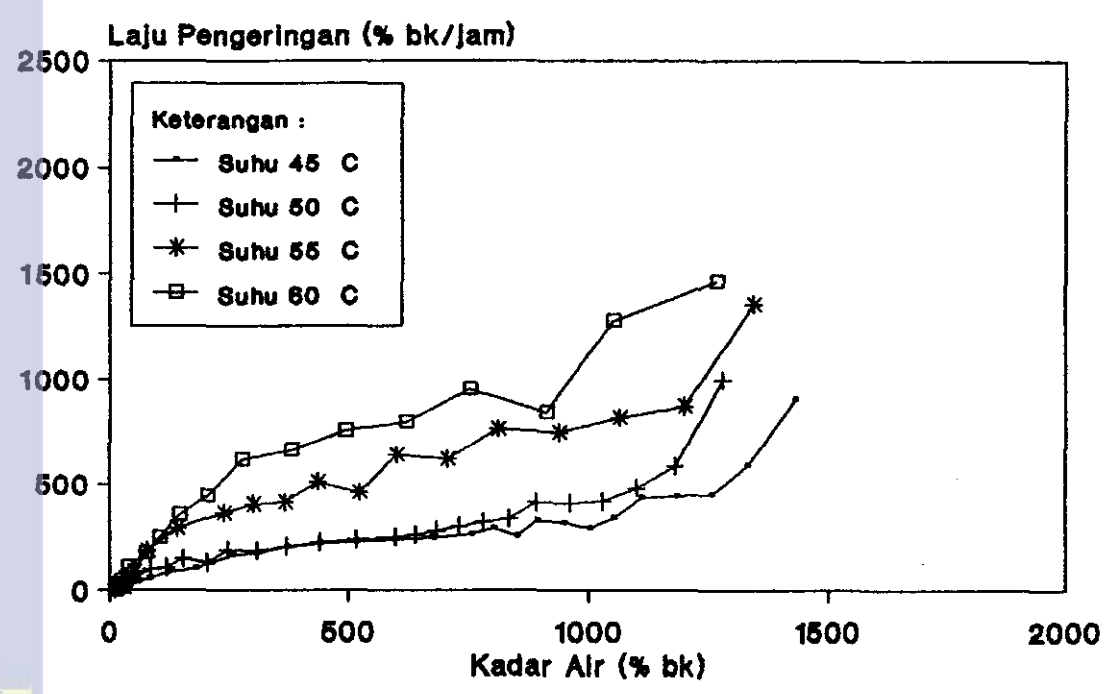
Gambar 35. Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis segar pada kecepatan 1.0 m/detik



Gambar 36. Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis blansir pada kecepatan 1.0 m/detik



Gambar 37. Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis segar pada kecepatan 1.25 m/detik



Gambar 38. Kurva laju pengeringan terhadap kadar air kubis blansir pada kecepatan 1.25 m/detik

Halo, Apa Kabar? Laju Pengeringan...
 1. Drying rate of fresh and blanched cabbage...
 2. Pengaruh suhu dan kecepatan pengeringan...
 3. Pengaruh kadar air terhadap laju pengeringan...

Dari grafik pada Gambar 31 - 38 dapat dilihat bahwa laju pengeringan menurun terjadi dengan cepat pada saat kadar air bahan tinggi (pada awal proses pengeringan) dan kemudian turun secara perlahan-lahan sesuai dengan penurunan kadar air yang dikandung oleh bahan.

Pengaruh suhu dapat dilihat pada masing-masing gambar. Peningkatan suhu menyebabkan laju pengeringan pada kadar air awal bahan juga mengalami peningkatan.

B. MODEL PERSAMAAN KADAR AIR KESEIMBANGAN

Pada penelitian ini, kadar air keseimbangan dinamis, M_e yang diperoleh dari hasil pengeringan kubis dihitung berdasarkan data penurunan kadar air kubis selama pengeringan pada tingkat suhu 45, 50, 55, 60 °C dan kecepatan aliran udara 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 m/detik. Program perhitungan M_e didasarkan pada penyusunan matriks M_e dan koefisien pengeringan, K yang diperoleh dari persamaan pergerakan air dalam bahan dengan bentuk geometris datar tak hingga. Perhitungan tersebut dikembangkan berdasarkan metode kwadrat terkecil non linier. Prosedur perhitungan dapat dilihat pada Gambar 13 - 14 dan Lampiran 33 - 34. Sedangkan nilai-nilai M_e hasil perhitungan pada masing-masing kondisi udara pengering dapat dilihat pada Tabel 9 - 12.

Tabel 9. Nilai kadar air keseimbangan, Me kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.5 m/dét

Suhu (°C)	RH (%)	$T_{db}-T_{wb}$	Kadar air keseimbangan (% bk)
45	41	13	12.14
50	35	17	8.27
55	27.5	20	6.17
60	24	23	4.44

Tabel 10. Nilai kadar air keseimbangan, Me kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	$T_{db}-T_{wb}$	Kadar air keseimbangan (% bk)
45	41	13	30.02
50	35	17	14.38
55	27.5	20	7.69
60	24	23	6.73

Tabel 11. Nilai kadar air keseimbangan, Me kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	$T_{db}-T_{wb}$	Kadar air keseimbangan (% bk)
45	37.8	14	15.43
50	33	17	10.90
55	27.5	20	7.86
60	22.5	24	6.76

Tabel 12. Nilai kadar air keseimbangan, Me kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	$T_{db}-T_{wb}$	Kadar air keseimbangan (% bk)
45	37.8	14	12.78
50	33	17	10.17
55	27.5	20	7.97
60	22.5	24	7.09

Tabel 13. Nilai kadar air keseimbangan, Me kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 1.00 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	$T_{db}-T_{wb}$	Kadar air keseimbangan (% bk)
45	37.8	14	11.91
50	33	17	8.22
55	27.5	20	6.03
60	20.5	25	5.62

Tabel 14. Nilai kadar air keseimbangan, Me kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 1.00 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	$T_{db}-T_{wb}$	Kadar air keseimbangan (% bk)
45	37.8	14	21.32
50	33	17	8.80
55	27.5	20	6.43
60	20.5	25	6.32

Tabel 15. Nilai kadar air keseimbangan, Me kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	$T_{db} - T_{wb}$	Kadar air keseimbangan (% bk)
45	37.8	14	15.67
50	33	17	8.80
55	27.5	20	8.16
60	22.5	24	4.06

Tabel 16. Nilai kadar air keseimbangan, Me kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan 1.25 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	$T_{db} - T_{wb}$	Kadar air keseimbangan (% bk)
45	37.8	14	17.99
50	33	17	12.22
55	27.5	20	9.60
60	22.5	24	8.73

Dengan menggunakan persamaan (2), kadar air keseimbangan, Me dapat dinyatakan sebagai fungsi matematika ($T_{db} - T_{wb}$). Supriyono (1989) menyatakan bahwa Me diduga merupakan suatu fungsi dari polinomial pangkat dua dari ($T_{db} - T_{wb}$) sehingga model penduga Me dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Me = A_1 + A_2.Z + A_3.Z^2$$

dimana Z = selisih bola basah dan bola kering

a. Kubis segar :

$$M_e = 48.6 - 3.76Z + 0.0819Z^2$$

untuk $14 \leq Z \leq 25$, dimana $R^2 = 0.99$

b. Kubis blansir :

$$M_e = 131 - 11.6Z + 0.265 Z^2$$

untuk $14 \leq Z \leq 25$, dimana $R^2 = 0.97$

4. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

a. Kubis segar :

$$M_e = 56.1 - 4.0 Z + 0.0771 Z^2$$

untuk $14 \leq Z \leq 24$, dimana $R^2 = 0.94$

b. Kubis blansir :

$$M_e = 77.5 - 5.76 Z + 0.128 Z^2$$

untuk $14 \leq Z \leq 24$, dimana $R^2 = 0.99$

C. MODEL PERSAMAAN KONSTANTA PENGERINGAN

Konstanta pengeringan, K berbeda untuk setiap model pengeringan lapisan tipis karena K merupakan paduan unsur-unsur difusivitas dan bentuk geometris bahan, sehingga nilai K hanya berlaku untuk bahan dengan selang suhu tertentu. Penentuan nilai K untuk model datar tak hingga pada penelitian ini dilakukan secara simultan dengan nilai M_e yang didasarkan pada data penurunan kadar air kubis pada tingkat suhu 45, 50, 55, 60 °C dan kecepatan aliran udara 0.5, 0.75, 1.0, 1.25

m/detik. Prosedur perhitungan dapat dilihat pada Gambar 13 - 14 dan Lampiran 33 - 34. Sedangkan nilai-nilai K hasil perhitungan pada masing-masing kondisi udara pengering dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 17. Nilai konstanta pengeringan, K kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (K)	Konstanta pengeringan
45	41	318	0.63
50	35	323	0.82
55	27.5	328	1.06
60	24	333	1.17

Tabel 18. Nilai konstanta pengeringan, K kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran 0.5 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (K)	Konstanta pengeringan
45	41	318	0.30
50	35	323	0.59
55	27.5	328	0.88
60	24	333	1.16

Tabel 19. Nilai konstanta pengeringan, K kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (K)	Konstanta pengeringan
45	37.8	318	0.84
50	33	323	0.74
55	27.5	328	1.16
60	22.5	333	1.26

Tabel 20. Nilai konstanta pengeringan, K kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran 0.75 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (K)	Konstanta pengeringan
45	37.8	318	0.62
50	33	323	0.79
55	27.5	328	0.91
60	22.5	333	1.21

Tabel 21. Nilai konstanta pengeringan, K kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 1.00 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (K)	Konstanta pengeringan
45	37.8	318	0.89
50	33	323	1.23
55	27.5	328	0.95
60	20.5	333	1.24

Tabel 22. Nilai konstanta pengeringan, K kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 1.00 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (K)	Konstanta pengeringan
45	37.8	318	0.52
50	33	323	0.74
55	27.5	328	1.09
60	20.5	333	1.47

Tabel 23. Nilai konstanta pengeringan, K kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (K)	Konstanta pengeringan
45	37.8	318	1.01
50	33	323	0.96
55	27.5	328	1.25
60	22.5	333	1.48

Tabel 24. Nilai konstanta pengeringan, K kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (K)	Konstanta pengeringan
45	37.8	318	0.51
50	33	323	0.64
55	27.5	328	1.15
60	22.5	333	1.64

Secara umum dari Tabel 17 - 24 dapat dilihat bahwa nilai konstanta pengeringan, K mengalami peningkatan dengan meningkatnya suhu. Choirul Anwar (1987) menyatakan bahwa difusivitas masa dari bahan akan meningkat dengan meningkatnya suhu, sehingga dapat dimengerti, terjadinya peningkatan konstanta pengeringan, K dengan meningkatnya suhu disebabkan oleh terjadinya peningkatan difusivitas masa, dimana konstanta pengeringan, K merupakan fungsi difusivitas masa dari bahan. Penyimpangan nilai konstanta pengeringan, K terlihat pada pengeringan kubis segar suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan 0.75, 1.0 dan 1.25 m/detik. Hal ini dapat dimengerti karena dalam perhitungan model pengeringan lapisan tipis terdapat asumsi bahwa nilai K tidak dipengaruhi oleh kadar air awal bahan. Sedangkan Brooker et al. (1974) menyatakan jika pengeringan dilakukan terhadap bahan dengan selisih antara kadar air awal dan kadar air keseimbangan besar, maka asumsi bahwa nilai K tetap dan tidak dipengaruhi oleh kadar air akan menyebabkan kesalahan yang besar pada perhitungan kadar air bahan yang didasarkan pada teori difusi.

Henderson dan Pabis (1961) menyatakan bahwa nilai konstanta pengeringan, K hanya dipengaruhi oleh suhu mutlak udara pengering. Selanjutnya Henderson dan Perry (1976) menyatakan bahwa laju aliran udara

pada bahan tidak berpengaruh pada waktu pengeringan atau konstanta pengeringan, K .

Persamaan matematik untuk menduga hubungan antara nilai konstanta pengeringan, K terhadap suhu mutlak udara pengering adalah persamaan yang mirip dengan persamaan (14) yang digunakan oleh Thahir (1985), yaitu :

$$K = \exp(C1 - C2/T)$$

Dari rumus tersebut dapat dibuat persamaan regresi terhadap nilai-nilai konstanta pengeringan, K pada Tabel 17 - 24 berdasarkan model datar tak hingga, yaitu :

1. Pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik

a. Kubis segar :

$$K = \exp(13.6 - 4471/T)$$

untuk $318 \text{ K} \leq T \leq 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.97$

b. Kubis blansir :

$$K = \exp(28.6 - 9449/T)$$

untuk $318 \text{ K} \leq T \leq 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.97$

2. Pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

a. Kubis segar :

$$K = \exp(10.7 - 3493/T)$$

untuk $318 \text{ K} \leq T \leq 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.70$

b. Kubis blansir :

$$K = \exp(13.8 - 4549/T)$$

untuk $318 \text{ K} \leq T \leq 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.98$

3. Pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik

a. Kubis segar :

$$K = \exp(6.07 - 1970/T)$$

untuk $318 \text{ K} \leq T \leq 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.67$

b. Kubis blansir :

$$K = \exp(22.6 - 7406/T)$$

untuk $318 \text{ K} \leq T \leq 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.99$

4. Pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

a. Kubis segar :

$$K = \exp(9.21 - 2951/T)$$

untuk $318 \text{ K} \leq T \leq 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.81$

b. Kubis blansir :

$$K = \exp(26.4 - 8625/T)$$

untuk $318 \text{ K} \leq T \leq 333 \text{ K}$ dimana $R^2 = 0.96$

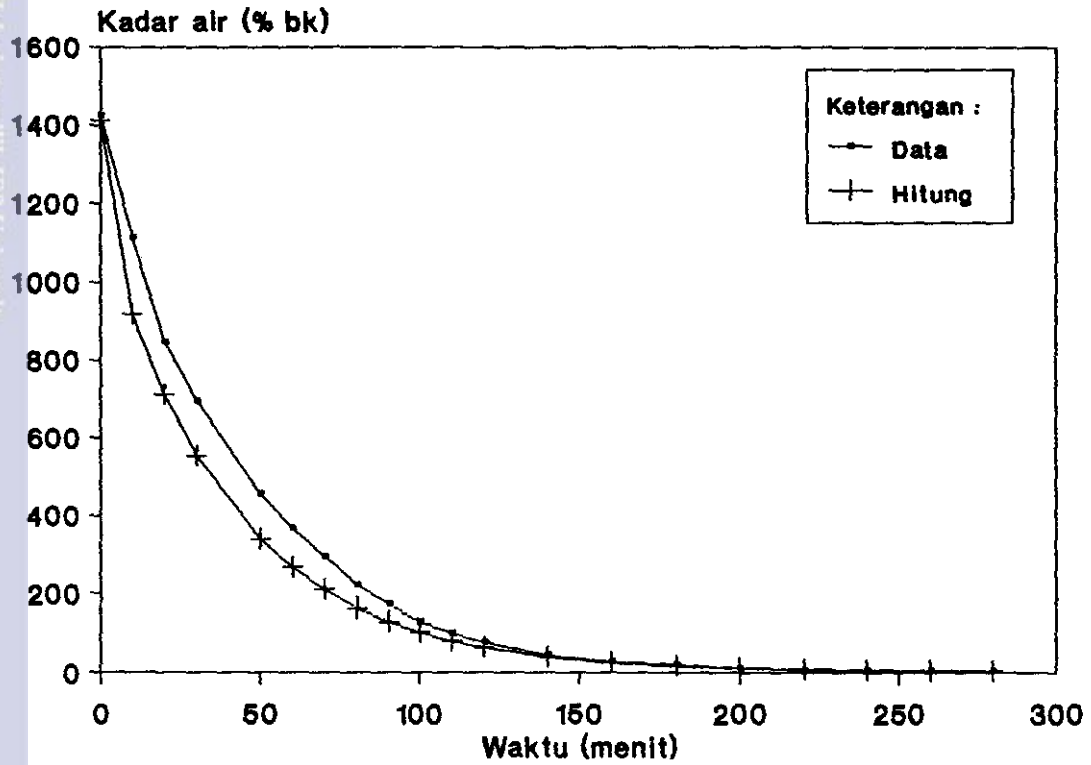
D. EVALUASI MODEL PENGERINGAN LAPISAN TIPIS

Pengujian model digunakan untuk mengetahui sampai sejauh mana ketepatan model dalam menggambarkan penampilan pengeringan lapisan tipis kubis sesuai dengan keadaan sebenarnya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kurva pengeringan dari model datar tak hingga terhadap kurva pengeringan dari data percobaan.

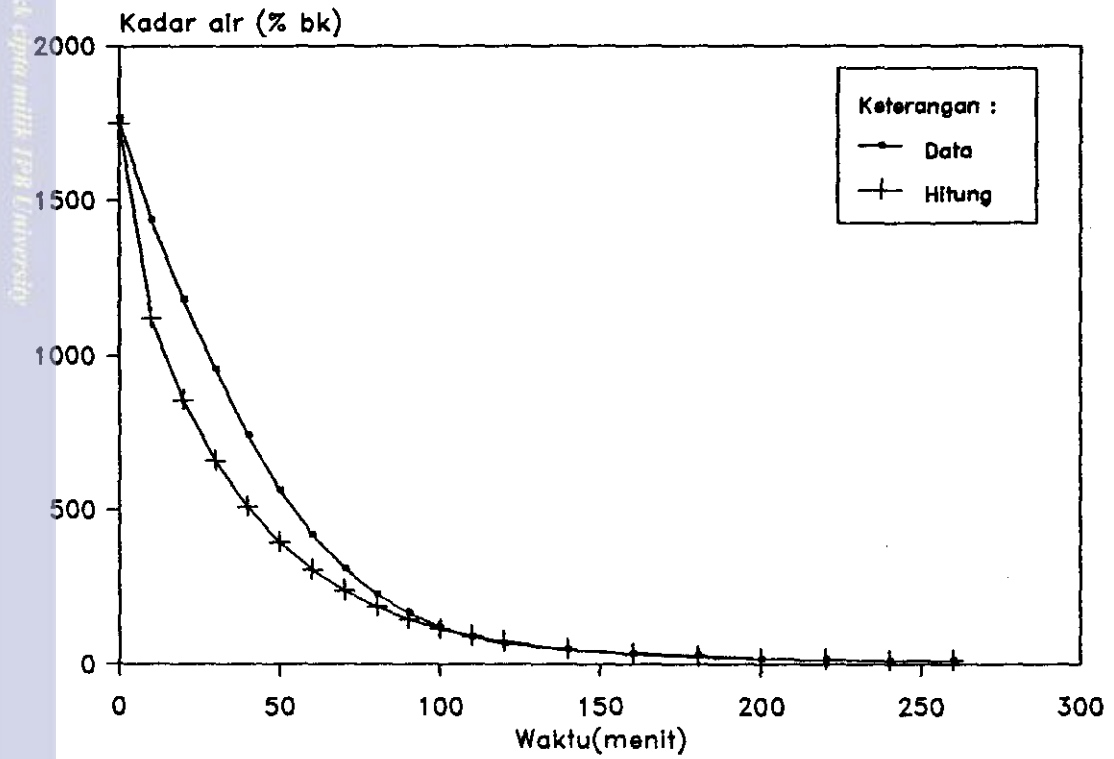
Untuk memprediksi kesuaian antara model datar tak hingga pada dugaan komputer dengan data percobaan, diambil model dengan nilai koefisien determinasi (R^2) terbesar (Tabel 25 - 32), yaitu untuk kubis segar pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan aliran udara 1.25 m/detik dan kubis blansir pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan aliran udara 1.0 m/detik .

Gambar 39 menunjukkan kurva perbandingan antara pengeringan kubis segar pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, kecepatan aliran udara 1.25 m/detik dan RH 22.5% untuk model datar tak hingga dengan data percobaan. Dari gambar dapat dilihat bahwa proses pengeringan kubis berlangsung selama 280 menit. Pada awal pengeringan model menduga kadar air lebih rendah daripada nilai data percobaan dengan perbedaan $0 - 193.9\%$ bk. Keadaan tersebut berlangsung sampai kadar air bahan mencapai 12% bk atau saat pengeringan telah berlangsung 200 menit. Kemudian model menduga nilai kadar air lebih tinggi dengan perbedaan $0 - 1.5\%$ bk atau saat pengeringan telah berlangsung selama 240 menit. Dari menit ke-260 sampai 280, model menduga nilai kadar air lebih rendah daripada nilai data percobaan yang berkisar $0 - 4.6\%$ bk.

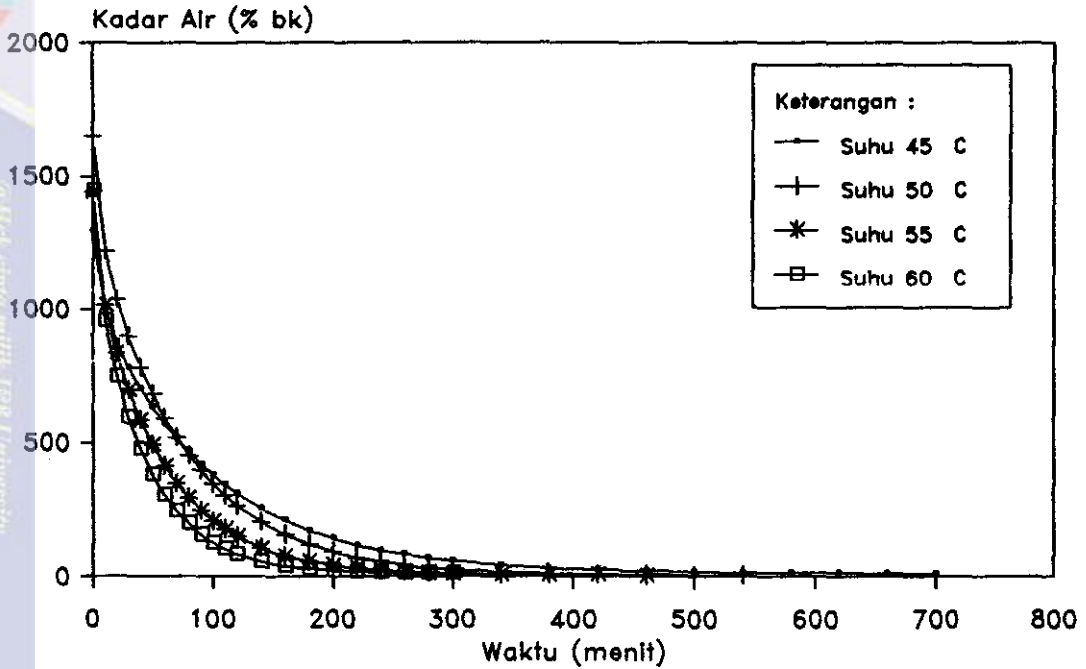
Gambar 40 menunjukkan kurva perbandingan antara pengeringan kubis segar pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan RH 20.5% dengan model datar tak hingga dengan data percobaan.



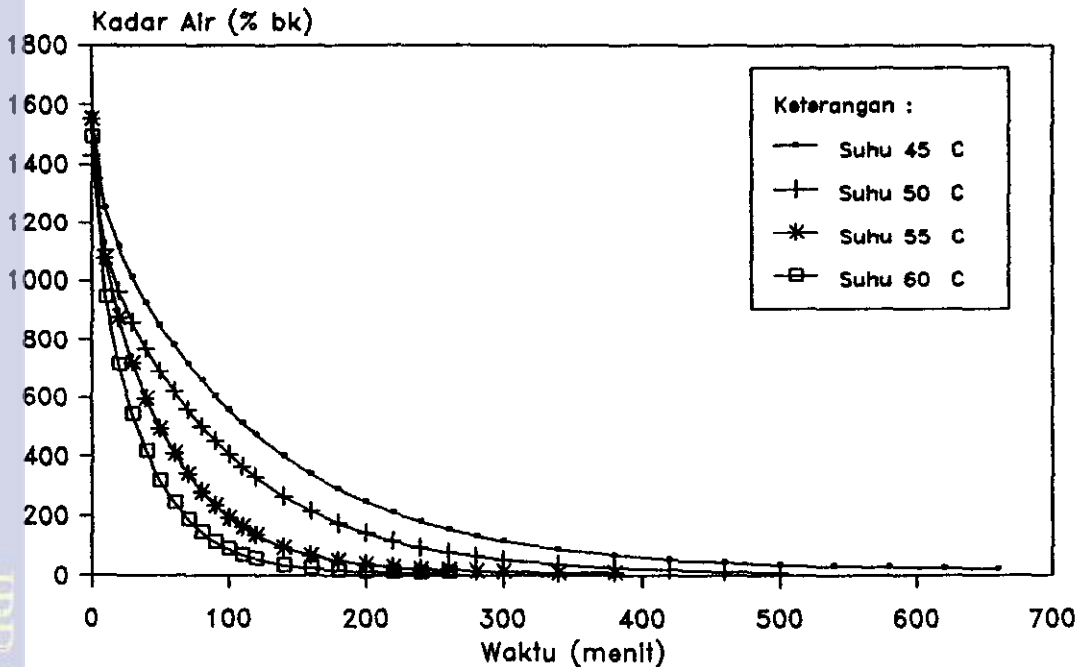
Gambar 39. Kurva pengeringan lapisan tipis kubis segar dari model datar tak hingga pada suhu 60°C dan RH 22.5%



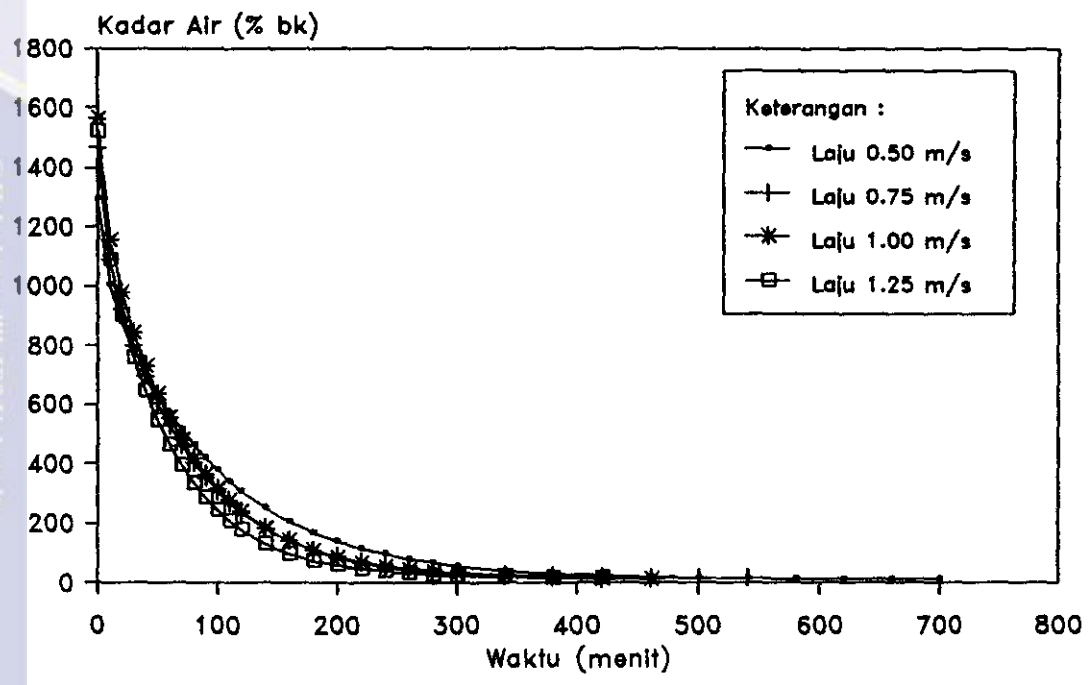
Gambar 40. Kurva pengeringan lapisan tipis kubis blansir dari model datar tak hingga pada suhu 60 °C dan RH 20.5%



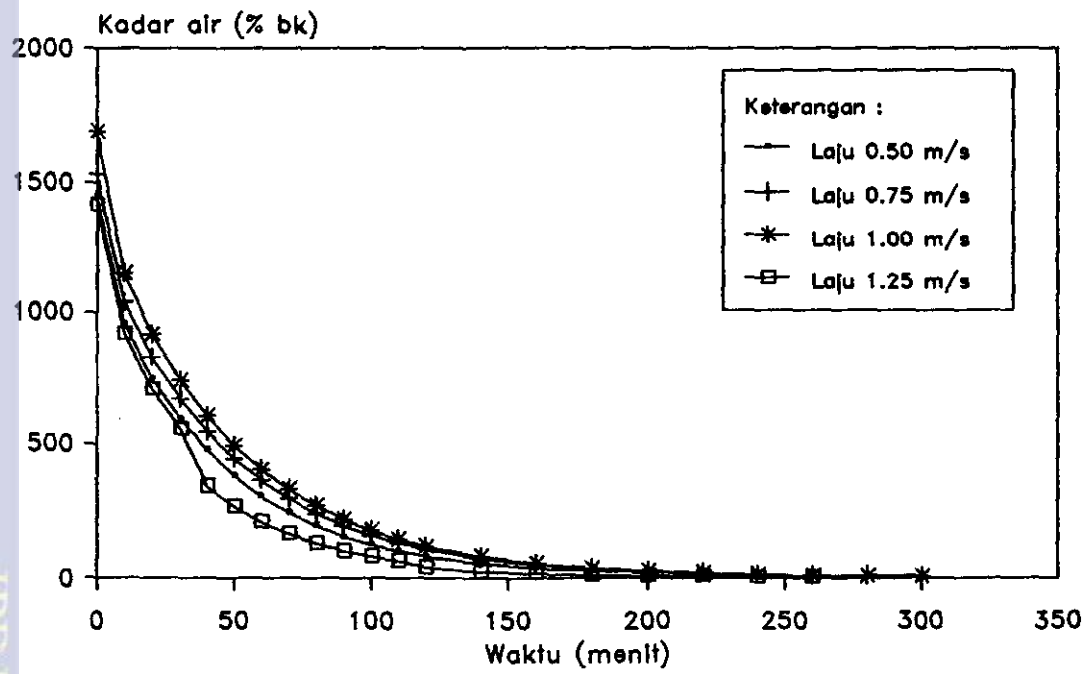
Gambar 41. Kepekaan penurunan kadar air terhadap waktu kubis segar untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik dengan berbagai tingkat suhu



Gambar 42. Kepekaan penurunan kadar air terhadap waktu kubis blansir untuk model datar tak hingga pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik dengan berbagai tingkat suhu



Gambar 43. Kepekaan penurunan kadar air terhadap waktu kubis segar untuk model datar tak hingga pada suhu 45 °C dengan berbagai tingkat kecepatan udara



Gambar 44. Kepekaan penurunan kadar air terhadap waktu kubis blansir untuk model datar tak hingga pada suhu 60 °C dengan berbagai tingkat kecepatan udara

Hal ini menunjukkan bahwa...
 1. Diketahui...
 2. Diperoleh...
 3. Diperoleh...
 4. Diperoleh...
 5. Diperoleh...
 6. Diperoleh...
 7. Diperoleh...
 8. Diperoleh...
 9. Diperoleh...
 10. Diperoleh...

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa proses pengeringan kubis berlangsung selama 260 menit.

Pada awal pengeringan model menduga nilai kadar air lebih rendah daripada nilai data percobaan dengan perbedaan 0 - 325.1% bk. Keadaan tersebut berlangsung hingga kadar air bahan 121% bk atau setelah pengeringan berlangsung selama 100 menit. Kemudian model menduga lebih tinggi daripada nilai data percobaan hingga menit ke-120 dengan perbedaan 0 - 3.5% bk. Dari menit ke-140 sampai 200, model menduga kadar air lebih rendah daripada data percobaan yang berkisar 0 - 5.5% bk. Selanjutnya hingga menit ke-240 model menduga lebih tinggi daripada nilai data percobaan dengan perbedaan 0 - 0.4% bk dan terakhir model menduga lebih rendah daripada nilai data percobaan dengan perbedaan 0 - 0.3% bk.

Secara umum dapat dilihat bahwa kedua pola grafik menunjukkan perbedaan nilai kadar air model pendugaan yang relatif besar terhadap nilai kadar air data percobaan pada awal pengeringan. Pola pada awal pengeringan tersebut menunjukkan bahwa nilai kadar air model pendugaan datar tak hingga lebih rendah daripada nilai kadar air data percobaan. Selanjutnya pada akhir pengeringan nilai kadar air untuk keduanya relatif sama.

Dari Gambar 41 dapat dilihat kurva penurunan kadar air kubis segar terhadap waktu pengeringan pada suhu 45, 50, 55, 60 °C dan laju pengeringan 0.5 m/detik pada pendugaan datar tak hingga. Dari grafik dapat diketahui bahwa perubahan suhu berpengaruh terhadap penurunan kadar air kubis, dimana perbedaan kadar air tertinggi dan terendah berkisar 0 - 273% bk.

Gambar 42 menunjukkan kurva penurunan kadar air kubis blansir terhadap waktu pengeringan pada berbagai tingkat suhu udara pengering, yaitu 45, 50, 55, 60 °C dan laju pengeringan 1.25 m/detik pada pendugaan model datar tak hingga. Selisih kadar air yang tertinggi dan terendah berkisar 0 - 534% bk.

Dari Gambar 43 dapat dilihat kurva penurunan kadar air kubis blansir terhadap waktu pengeringan pada kecepatan aliran udara 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 m/detik dan suhu 45 °C. Perbedaan kadar air tertinggi dan terendah yang terjadi pada model berkisar 0 - 257% bk.

Gambar 44 memperlihatkan kurva penurunan kadar air kubis segar terhadap waktu pengeringan pada berbagai kecepatan aliran udara, yaitu 0.5, 1.0, 1.25, 1.25 m/detik dan pada suhu 60 °C. Dari grafik dapat diketahui bahwa perubahan kecepatan aliran udara berpengaruh terhadap penurunan kadar air kubis, dimana terjadi perbedaan kadar air tertinggi dan terendah berkisar 0 - 228% bk.

Gambar 39 - 44 juga memperlihatkan bahwa perubahan suhu lebih berpengaruh terhadap penurunan kadar air kubis dibanding dengan perubahan laju pengeringan pada pendugaan model datar tak hingga, dimana dari hasil evaluasi dapat diketahui bahwa selisih kadar air tertinggi dan terendah pada berbagai suhu lebih besar daripada perbedaan kadar air pada berbagai kecepatan aliran udara pengering.

E. UJI KEABSAHAN MODEL

Uji keabsahan model terhadap kadar air dugaan dilakukan untuk mengetahui keabsahan model datar tak hingga. Keabsahan diuji dengan menggunakan cara uji kebaikan suai.

Jika data hasil percobaan sangat dekat dengan data dugaan maka nilai khi-kuadrat, χ^2 akan bernilai kecil sehingga menunjukkan adanya kesesuaian yang baik. Sebaliknya, jika data hasil percobaan berbeda cukup besar dari data dugaan maka χ^2 akan bernilai besar sehingga kesuaiannya dinyatakan buruk. Kesesuaian yang baik akan membawa pada penerimaan H_0 sedangkan kesesuaian yang buruk akan membawa pada penolakan H_0 , sehingga wilayah kritiknya akan jatuh di kanan sebaran khi kuadrat. Untuk taraf nyata sebesar 0.005, nilai kritik adalah $\chi^2_{0.005}$, sehingga wilayah kritik menjadi $\chi^2_{0.005}$. Banyaknya derajat bebas yang digunakan adalah $v=n-1$ (Walpole, 1992).

Tabel 25 - 32 memperlihatkan hasil pengujian model dengan cara uji kebaikan suai. Dari tabel terlihat bahwa X^2 pada semua kondisi pengeringan berdasarkan model datar tak hingga berada di luar daerah penolakan. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kadar air hasil percobaan dan hasil dugaan model tidak berbeda secara berarti.

Tabel 25. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis segar pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik

Suhu (°C)	X^2 model DTH	$x^2_{0.005}$	R^2
45	2.39	55.01	0.75
50	43.86	49.65	0.73
55	7.62	46.93	0.76
60	5.84	41.40	0.82

Tabel 26. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik

Suhu (°C)	X^2 model DTH	$x^2_{0.005}$	R^2
45	9.10	61.69	0.82
50	25.00	49.65	0.80
55	27.02	46.93	0.77
60	14.97	41.40	0.84

Tabel 27. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis segar pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

Suhu (°C)	χ^2 model DTH	$\chi^2_{0.005}$	R^2
45	2.13	49.65	0.75
50	16.27	49.65	0.79
55	8.23	45.56	0.77
60	6.25	41.40	0.80

Tabel 28. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis blansir pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

Suhu (°C)	χ^2 model DTH	$\chi^2_{0.005}$	R^2
45	20.38	53.67	0.78
50	29.62	48.29	0.81
55	26.16	45.56	0.78
60	25.70	38.58	0.75

Tabel 29. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis segar pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik

Suhu (°C)	χ^2 model DTH	$\chi^2_{0.005}$	R^2
45	5.49	46.93	0.80
50	9.34	44.18	0.77
55	7.06	44.18	0.82
60	3.68	44.18	0.83

Tabel 30. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik

Suhu (°C)	χ^2 model DTH	$\chi^2_{0.005}$	R^2
45	53.45	55.01	0.84
50	14.84	49.65	0.77
55	13.39	44.18	0.80
60	4.41	38.58	0.84

Tabel 31. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis segar pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

Suhu (°C)	χ^2 model DTH	$\chi^2_{0.005}$	R^2
45	17.99	45.56	0.78
50	6.70	46.93	0.81
55	0.56	44.18	0.82
60	6.07	40.00	0.84

Tabel 32. Hasil uji kebaikan suai untuk kubis blansir pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

Suhu (°C)	χ^2 model DTH	$\chi^2_{0.005}$	R^2
45	18.67	53.67	0.83
50	42.04	48.29	0.78
55	16.40	44.18	0.75
60	23.34	38.58	0.76

Keadaan tersebut menunjukkan bahwa model datar tak hingga cukup valid dalam menggambarkan perubahan kadar air pada pengeringan lapisan tipis kubis.

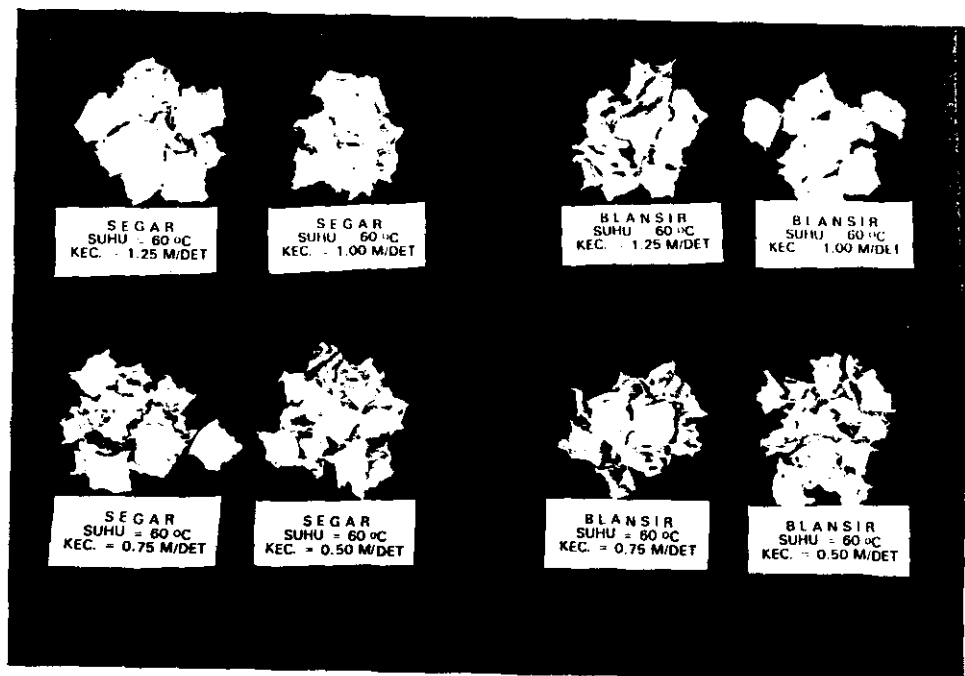
Besarnya variasi total dalam respon nilai kadar air yang diterangkan oleh model datar tak hingga ditentukan dengan nilai koefisien determinasi, R^2 . Dari Tabel 25 - 33 dapat dilihat bahwa nilai koefisien determinasi pada pengeringan kubis berkisar 0.73 - 0.84% yang artinya kebaikan suai antara penduga komputer dengan data percobaan berkisar antara 73 - 84% dimana nilai kesalahan dugaan komputer berkisar 16 - 27% terhadap data percobaan.

Penyimpangan yang terjadi dapat dimengerti karena Whitaker dan Young (1972) menyelesaikan persamaan (30) dengan kondisi batas dimana bahan yang dikeringkan homogen. Kemudian Brooker et al. (1974) menyatakan pula bahwa penyimpangan yang terjadi dapat disebabkan oleh (1) kurang tepatnya pengambilan kondisi batas untuk pemecahan persamaan dan (2) kurang tepatnya anggapan bahwa konstanta pengeringan tidak tergantung pada kadar air awal bahan.

F. UJI ORGANOLEPTIK

Uji organoleptik digunakan untuk membandingkan produk kubis kering yang tidak mengalami perlakuan blansir (segar) terhadap produk kubis kering yang

mengalami perlakuan blansir sebelum pengeringan. Uji organoleptik yang digunakan meliputi warna, aroma, tekstur dan penampakan. Hasil uji organoleptik dapat dilihat pada Gambar 44 dan Tabel 33.



Gambar 44. Perbedaan kubis blansir dan kubis segar setelah pengeringan dengan suhu 60 °C pada berbagai kecepatan aliran udara

Tabel 33. Hasil uji organoleptik produk kubis kering

Jenis uji	Segar	Blansir
Warna	lebih disukai	kurang disukai
Aroma	lebih beraroma	kurang beraroma
Tekstur	lebih renyah	kurang renyah
Penampakan	kurang baik	lebih baik

Hasil uji warna menyatakan bahwa warna pada kubis segar lebih disukai daripada kubis blansir. Hal ini disebabkan warna pada kubis segar lebih mendekati warna kubis sebenarnya.

Dari uji aroma dapat diketahui bahwa kubis segar lebih beraroma dibandingkan kubis blansir. Kurang beraromanya produk blansir dapat disebabkan oleh terjadinya penguapan pada zat volatile karena panas yang diberikan pada bahan.

Uji tekstur menyatakan bahwa pada kubis segar dihasilkan tekstur yang lebih renyah dibandingkan kubis blansir, hal tersebut sesuai dengan pernyataan Van Arsdel et al., (1973). Menurut Ishak Syah (1993) pemanasan pada produk blansir menyebabkan struktur bahan menjadi keras sehingga tekstur pada kubis blansir menjadi kurang renyah.

Penampakan kubis blansir lebih baik daripada kubis segar. Hal tersebut disebabkan permukaan kubis

blansir lebih rata (tidak keriput) dibandingkan dengan kubis segar.

G. KOEFISIEN REHIDRASI

Nilai koefisien rehidrasi pada tiap perlakuan dapat dilihat pada Lampiran 35. Secara umum dapat dilihat bahwa nilai koefisien rehidrasi pada kubis segar lebih besar dibanding kubis blansir.

Nilai koefisien rehidrasi yang lebih kecil pada kubis blansir dapat disebabkan oleh terjadinya perubahan pada komponen-komponen penyusun dinding akibat pemanasan yang diberikan. Perubahan-perubahan yang terjadi meliputi denaturasi protein, degradasi polisakarida dan komponen-komponen lainnya, sehingga struktur bahan menjadi padat dan penyerapan air menjadi lebih rendah dibanding kubis segar.

Penyimpangan terjadi pada suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan aliran udara 0.75 m/detik , dimana nilai koefisien rehidrasi kubis segar lebih kecil dibanding kubis blansir. Penyimpangan yang terjadi dapat dimengerti, karena nilai kadar air akhir yang terukur pada perlakuan tersebut untuk kubis segar lebih besar dibanding kubis blansir, sehingga kemampuan menyerap air pada kubis segar menjadi rendah.



VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

oHimpunan mltk IPB University

IPB University

1. Kurva karakteristik pengeringan kubis segar dan blansir dengan kadar air awal berkisar 93 - 95% menunjukkan bahwa pada proses pengeringan dengan selang pengukuran awal 10 menit tidak terlihat. Laju pengeringan menurun yang ditunjukkan dapat dibedakan menjadi tiga tahap, yaitu laju pengeringan menurun cepat, laju pengeringan menurun lambat dan laju pengeringan menurun sangat lambat.
2. Secara umum model teoritis pengeringan lapisan tipis datar tak hingga dapat digunakan untuk menduga perubahan kadar air kubis pada suhu 45, 50, 55, 60 °C dan pada kecepatan aliran udara 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 m/detik selama proses pengeringan.
3. Kadar air keseimbangan dinamis, M_e merupakan fungsi dari selisih suhu bola basah dan bola kering. Nilai M_e yang diduga pada pengeringan kubis dapat dirumuskan sebagai berikut :
 - a. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik
 1. Kubis segar :
$$M_e = 31.3 - 1.87 Z + 0.0307 Z^2$$

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi para peneliti dan praktisi di bidang pengeringan pangan, khususnya untuk pengeringan sayur-sayuran. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan penelitian lain yang berkaitan dengan pengeringan pangan lainnya.

2. Kubis blansir :

$$Me = 142 - 12.2 Z + 0.273 Z^2$$

b. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

1. Kubis segar :

$$Me = 59.9 - 4.51 Z + 0.0958 Z^2$$

2. Kubis blansir :

$$Me = 38.5 - 2.56 Z + 0.0521Z^2$$

c. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 1.00 m/detik

1. Kubis segar :

$$Me = 48.6 - 3.76Z + 0.0819Z^2$$

2. Kubis blansir :

$$Me = 131 - 11.6Z + 0.265 Z^2$$

d. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

1. Kubis segar :

$$Me = 56.1 - 4.0 Z + 0.0771 Z^2$$

2. Kubis blansir :

$$Me = 77.5 - 5.76 Z + 0.128 Z^2$$

persamaan tersebut berlaku pada Z (selisih bola basah dan bola kering) antara 13 - 25.

4. Koefisien pengeringan, K merupakan fungsi suhu mutlak udara pengering, yang besarnya dapat diduga dengan persamaan berikut :

a. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik

1. Kubis segar :

$$K = \exp(13.6 - 4471/T)$$

2. Kubis blansir :

$$K = \exp(28.6 - 9449/T)$$

b. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 0.75 m/detik

1. Kubis segar :

$$K = \exp(10.7 - 3493/T)$$

2. Kubis blansir :

$$K = \exp(13.8 - 4549/T)$$

c. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 1.0 m/detik

1. Kubis segar :

$$K = \exp(6.07 - 1970/T)$$

2. Kubis blansir :

$$K = \exp(22.6 - 7406/T)$$

d. Pengeringan kubis pada kecepatan aliran udara 1.25 m/detik

1. Kubis segar :

$$K = \exp(9.21 - 2951/T)$$

2. Kubis blansir :

$$K = \exp(26.4 - 8625/T)$$

Persamaan tersebut berlaku pada selang suhu 318 - 333 K.

Lampiran 1. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 93.10 % bb
 Suhu ruang pengering : 45 °C
 RH ruang pengering : 41 %
 Kecepatan aliran udara : 0.5 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	Laju pengeringan (% bk/jam)
1	0	24.11	93.10	1349.02	0.00	0.00
2	10	22.11	92.47	1228.82	12.02	721.20
3	20	21.08	92.11	1166.92	6.19	371.42
4	30	20.18	91.75	1112.82	5.41	324.54
5	40	19.39	91.42	1065.35	4.75	284.88
6	50	18.60	91.05	1017.87	4.75	284.88
7	60	17.79	90.65	969.19	4.87	292.09
8	70	17.23	90.34	935.53	3.37	201.94
9	80	16.56	89.95	895.26	4.03	241.60
10	90	16.01	89.61	862.21	3.31	198.33
11	100	15.39	89.19	824.94	3.73	223.57
12	110	14.87	88.81	793.69	3.13	187.51
13	120	14.31	88.37	760.04	3.37	201.94
14	140	13.26	87.45	696.93	3.16	189.32
15	160	12.28	86.45	638.03	2.94	176.69
16	180	11.32	85.30	580.34	2.88	173.09
17	200	10.41	84.02	525.64	2.73	164.07
18	220	9.64	82.74	479.37	2.31	138.83
19	240	8.95	81.41	437.90	2.07	124.41
20	260	8.36	80.10	402.44	1.77	106.38
21	280	7.80	78.67	368.78	1.68	100.97
22	300	7.24	77.02	335.13	1.68	100.97
23	340	6.42	74.08	285.84	1.23	73.92
24	380	5.54	69.97	232.96	1.32	79.33
25	420	4.87	65.83	192.69	1.01	60.40
26	460	4.32	61.48	159.63	0.83	49.58
27	500	3.90	57.34	134.39	0.63	37.86
28	540	3.48	52.19	109.15	0.63	37.86
29	580	3.22	48.33	93.52	0.39	23.44
30	620	2.98	44.16	79.10	0.36	21.64
31	660	2.80	40.58	68.28	0.27	16.23
32	700	2.55	34.75	53.26	0.38	22.54
33	740	2.41	30.96	44.84	0.21	12.62
34	780	2.30	27.66	38.23	0.17	9.92
35	820	2.23	25.39	34.02	0.11	6.31
36	860	2.21	24.71	32.82	0.03	1.80
37	900	2.19	24.02	31.62	0.03	1.80

Lampiran 2. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 92.90 % bb
 Suhu ruang pengering : 45 °C
 RH ruang pengering : 41 %
 Kecepatan aliran udara : 0.5 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	23.53	92.90	1307.84	0.00	0.00
2	10	21.29	92.15	1173.82	13.40	804.14
3	20	19.77	91.55	1082.88	9.09	545.67
4	30	18.31	90.87	995.52	8.74	524.13
5	40	16.85	90.08	908.17	8.74	524.13
6	50	15.40	89.15	821.41	8.68	520.54
7	60	13.97	88.04	735.85	8.56	513.36
8	70	12.72	86.86	661.06	7.48	448.74
9	80	11.59	85.58	593.45	6.76	405.66
10	90	10.50	84.08	528.23	6.52	391.30
11	100	9.51	82.43	469.00	5.92	355.40
12	110	8.76	80.92	424.13	4.49	269.24
13	120	8.02	79.16	379.85	4.43	265.65
14	140	6.75	75.24	303.87	3.80	227.96
15	160	5.76	70.98	244.63	2.96	177.70
16	180	4.91	65.96	193.77	2.54	152.57
17	200	4.20	60.21	151.29	2.12	127.44
18	220	3.72	55.07	122.57	1.44	86.16
19	240	3.34	49.96	99.84	1.14	68.21
20	260	3.06	45.38	83.09	0.84	50.26
21	280	2.82	40.73	68.73	0.72	43.08
22	300	2.63	36.45	57.36	0.57	34.10
23	340	2.37	29.48	41.80	0.39	23.33
24	380	2.17	22.98	29.84	0.30	17.95
25	420	2.04	18.07	22.06	0.19	11.67
26	460	1.98	15.59	18.47	0.09	5.38
27	500	1.96	14.73	17.27	0.03	1.79
28	540	1.94	13.85	16.07	0.03	1.79
29	580	1.93	13.40	15.48	0.01	0.90
30	620	1.92	12.95	14.88	0.01	0.90
31	660	1.91	12.49	14.28	0.01	0.90
32	700	1.90	12.03	13.68	0.01	0.90

Lampiran 3. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 94.72 % bb
 Suhu ruang pengering : 50 °C
 RH ruang pengering : 35 %
 Kecepatan aliran udara : 0.5 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	29.39	94.72	1794.42	0.00	0.00
2	10	26.45	94.13	1604.92	18.95	1137.04
3	20	24.69	93.72	1491.47	11.34	680.68
4	30	23.14	93.30	1391.56	9.99	599.46
5	40	21.68	92.84	1297.45	9.41	564.65
6	50	20.46	92.42	1218.81	7.86	471.83
7	60	19.24	91.94	1140.17	7.86	471.83
8	70	18.12	91.44	1067.98	7.22	433.16
9	80	17.00	90.87	995.79	7.22	433.16
10	90	15.91	90.25	925.53	7.03	421.56
11	100	14.89	89.58	859.78	6.57	394.48
12	110	13.91	88.85	796.61	6.32	379.01
13	120	13.06	88.12	741.82	5.48	328.74
14	140	11.24	86.20	624.51	5.87	351.94
15	160	9.70	84.01	525.24	4.96	297.80
16	180	8.40	81.53	441.45	4.19	251.39
17	200	7.25	78.60	367.32	3.71	222.38
18	220	6.34	75.53	308.66	2.93	175.97
19	240	5.62	72.40	262.25	2.32	139.23
20	260	5.00	68.97	222.29	2.00	119.89
21	280	4.44	65.06	186.19	1.80	108.29
22	300	3.98	61.02	156.54	1.48	88.95
23	340	3.16	50.91	103.69	1.32	79.28
24	380	2.61	40.56	68.24	0.89	53.18
25	420	2.27	31.66	46.32	0.55	32.87
26	460	2.04	23.95	31.49	0.37	22.24
27	500	1.93	19.62	24.40	0.18	10.64
28	540	1.88	17.48	21.18	0.08	4.83
29	580	1.85	16.14	19.25	0.05	2.90
30	620	1.83	15.22	17.96	0.03	1.93
31	660	1.82	14.76	17.31	0.02	0.97

Lampiran 4. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 94.33 % bb
 Suhu ruang pengering : 50 °C
 RH ruang pengering : 76 %
 Kecepatan aliran udara : 0.5 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	(% bk/jam)
1	0	28.70	94.33	1663.21	0.00	0.00
2	10	26.01	93.74	1497.94	16.53	991.57
3	20	24.32	93.31	1394.12	10.38	622.96
4	30	22.53	92.78	1284.15	11.00	659.82
5	40	20.78	92.17	1176.63	10.75	645.08
6	50	19.32	91.57	1086.94	8.97	538.18
7	60	17.77	90.84	991.71	9.52	571.35
8	70	16.39	90.07	906.93	8.48	508.69
9	80	15.03	89.17	823.38	8.36	501.32
10	90	13.81	88.21	748.43	7.50	449.71
11	100	12.63	87.11	675.93	7.25	434.96
12	110	11.45	85.78	603.44	7.25	434.96
13	120	10.43	84.39	540.77	6.27	375.99
14	140	8.32	80.44	411.15	6.48	388.89
15	160	6.71	75.74	312.23	4.95	296.73
16	180	5.49	70.35	237.28	3.75	224.85
17	200	4.52	63.99	177.69	2.98	178.78
18	220	3.85	57.72	136.53	2.06	123.49
19	240	3.35	51.41	105.81	1.54	92.15
20	260	2.96	45.01	81.85	1.20	71.88
21	280	2.62	37.87	60.96	1.04	62.66
22	300	2.39	31.89	46.83	0.71	42.39
23	340	2.06	20.98	26.56	0.51	30.41
24	380	1.89	13.88	16.11	0.26	15.67
25	420	1.82	10.56	11.81	0.11	6.45
26	460	1.79	9.07	9.97	0.05	2.76
27	500	1.78	8.56	9.36	0.02	0.92
28	540	1.77	8.04	8.74	0.02	0.92

Lampiran 5. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 93.74 % bb
 Suhu ruang pengering : 55 °C
 RH ruang pengering : 27.5 %
 Kecepatan aliran udara : 0.5 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	23.22	93.74	1496.88	0.00	0.00
2	10	20.93	93.05	1339.39	15.75	944.92
3	20	19.18	92.42	1219.04	12.04	722.10
4	30	17.69	91.78	1116.57	10.25	614.82
5	40	16.27	91.06	1018.91	9.77	585.93
6	50	15.06	90.34	935.70	8.32	499.28
7	60	13.91	89.55	856.61	7.91	474.52
8	70	12.82	88.66	781.65	7.50	449.77
9	80	11.74	87.61	707.38	7.43	445.64
10	90	10.75	86.47	639.29	6.81	408.50
11	100	9.79	85.15	573.27	6.60	396.12
12	110	8.83	83.53	507.25	6.60	396.12
13	120	7.91	81.62	443.98	6.33	379.62
14	140	6.20	76.55	326.38	5.88	352.80
15	160	4.85	70.02	233.54	4.64	278.52
16	180	3.93	63.00	170.27	3.16	189.81
17	200	3.13	53.54	115.25	2.75	165.05
18	220	2.57	43.42	76.74	1.93	115.54
19	240	2.25	35.37	54.74	1.10	66.02
20	260	2.00	27.30	37.54	0.86	51.58
21	280	1.87	22.24	28.60	0.45	26.82
22	300	1.79	18.77	23.10	0.28	16.51
23	340	1.66	12.40	14.16	0.22	13.41
24	380	1.63	10.79	12.10	0.05	3.09
25	420	1.61	9.68	10.72	0.03	2.06
26	460	1.60	9.12	10.03	0.02	1.03

Lampiran 6. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 93.57 % bb
 Suhu ruang pengering : 55 °C
 RH ruang pengering : 27.5 %
 Kecepatan aliran udara : 0.5 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	(% bk/jam)
1	0	23.99	93.57	1455.56	0.00	0.00
2	10	20.97	92.65	1259.73	19.58	1174.93
3	20	18.26	91.55	1084.01	17.57	1054.33
4	30	16.09	90.42	943.31	14.07	844.24
5	40	13.99	88.98	807.14	13.62	817.01
6	50	12.29	87.45	696.91	11.02	661.39
7	60	10.66	85.53	591.21	10.57	634.15
8	70	9.38	83.56	508.22	8.30	497.99
9	80	8.13	81.03	427.16	8.11	486.31
10	90	7.08	78.22	359.08	6.81	408.50
11	100	6.21	75.17	302.67	5.64	338.47
12	110	5.41	71.49	250.79	5.19	311.24
13	120	4.77	67.67	209.30	4.15	248.99
14	140	3.65	57.75	136.67	3.63	217.87
15	160	2.96	47.90	91.93	2.24	134.22
16	180	2.52	38.80	63.40	1.43	85.59
17	200	2.22	30.53	43.95	0.97	58.36
18	220	2.02	23.65	30.98	0.65	38.91
19	240	1.89	18.40	22.55	0.42	25.29
20	260	1.82	15.26	18.01	0.23	13.62
21	280	1.75	11.87	13.47	0.23	13.62
22	300	1.72	10.34	11.53	0.10	5.84
23	340	1.69	8.74	9.58	0.05	2.92
24	380	1.67	7.65	8.29	0.03	1.95
25	420	1.65	6.53	6.99	0.03	1.95
26	460	1.64	5.96	6.34	0.02	0.97

Lampiran 7. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 93.75 % bb
 Suhu ruang pengering : 60 °C
 RH ruang pengering : 24 %
 Kecepatan aliran udara : 0.5 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	22.32	93.75	1500.00	0.00	0.00
2	10	19.09	92.69	1268.46	23.15	1389.25
3	20	17.06	91.82	1122.94	14.55	873.12
4	30	15.14	90.79	985.30	13.76	825.81
5	40	13.40	89.59	860.57	12.47	748.39
6	50	11.99	88.37	759.50	10.11	606.45
7	60	10.41	86.60	646.24	11.33	679.57
8	70	9.01	84.52	545.88	10.04	602.15
9	80	7.63	81.72	446.95	9.89	593.55
10	90	6.45	78.37	362.37	8.46	507.53
11	100	5.41	74.21	287.81	7.46	447.31
12	110	4.58	69.54	228.32	5.95	356.99
13	120	3.86	63.86	176.70	5.16	309.68
14	140	2.78	49.82	99.28	3.87	232.26
15	160	2.19	36.30	56.99	2.11	126.88
16	180	1.89	26.19	35.48	1.08	64.52
17	200	1.74	19.83	24.73	0.54	32.26
18	220	1.67	16.47	19.71	0.25	15.05
19	240	1.65	15.45	18.28	0.07	4.30
20	260	1.64	14.94	17.56	0.04	2.15
21	280	1.63	14.42	16.85	0.04	2.15
22	300	1.62	13.89	16.13	0.04	2.15

Lampiran 8. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 93.59 % bb
 Suhu ruang pengering : 60 °C
 RH ruang pengering : 24 %
 Kecepatan aliran udara : 0.5 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	23.32	93.59	1460.00	0.00	0.00
2	10	19.01	92.14	1171.68	28.83	1729.91
3	20	16.25	90.80	987.05	18.46	1107.79
4	30	14.04	89.35	839.21	14.78	887.03
5	40	12.11	87.66	710.10	12.91	774.65
6	50	10.50	85.76	602.40	10.77	646.21
7	60	8.95	83.30	498.71	10.37	622.13
8	70	7.63	80.41	410.41	8.83	529.81
9	80	6.47	76.90	332.81	7.76	465.59
10	90	5.43	72.47	263.24	6.96	417.43
11	100	4.68	68.06	213.07	5.02	301.03
12	110	4.10	63.54	174.27	3.88	232.80
13	120	3.61	58.59	141.49	3.28	196.67
14	140	2.87	47.91	91.99	2.48	148.51
15	160	2.41	37.97	61.22	1.54	92.32
16	180	2.07	27.78	38.47	1.14	68.23
17	200	1.85	19.20	23.76	0.74	44.15
18	220	1.73	13.59	15.73	0.40	24.08
19	240	1.71	12.58	14.39	0.07	4.01
20	260	1.69	11.55	13.05	0.07	4.01
21	280	1.67	10.49	11.72	0.07	4.01
22	300	1.66	9.95	11.05	0.03	2.01

Lampiran 9. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 93.74 % bb
 Suhu ruang pengering : 45 °C
 RH ruang pengering : 38 %
 Kecepatan aliran udara : 0.75 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	23.58	93.74	1497.30	0.00	0.00
2	10	21.37	93.09	1347.59	14.97	898.23
3	20	19.88	92.57	1246.66	10.09	605.59
4	30	18.43	91.99	1148.44	9.82	589.33
5	40	17.22	91.43	1066.48	8.20	491.79
6	50	16.24	90.91	1000.09	6.64	398.31
7	60	15.14	90.25	925.58	7.45	447.08
8	70	14.18	89.59	860.55	6.50	390.18
9	80	13.30	88.90	800.94	5.96	357.66
10	90	12.38	88.08	738.62	6.23	373.92
11	100	11.55	87.22	682.39	5.62	337.34
12	110	10.73	86.24	626.85	5.55	333.28
13	120	9.99	85.22	576.72	5.01	300.76
14	140	8.70	83.03	489.33	4.37	262.15
15	160	7.35	79.92	397.89	4.57	274.35
16	180	6.32	76.64	328.11	3.49	209.32
17	200	5.48	73.06	271.21	2.85	170.70
18	220	4.73	68.79	220.41	2.54	152.41
19	240	4.17	64.60	182.47	1.90	113.80
20	260	3.70	60.10	150.64	1.59	95.51
21	280	3.25	54.58	120.15	1.52	91.45
22	300	2.92	49.44	97.80	1.12	67.06
23	340	2.35	37.18	59.19	0.97	57.92
24	380	2.06	28.34	39.54	0.49	29.47
25	420	1.93	23.51	30.74	0.22	13.21
26	460	1.82	18.89	23.29	0.19	11.18
27	500	1.75	15.64	18.54	0.12	7.11
28	540	1.73	14.67	17.19	0.03	2.03
29	580	1.70	13.16	15.16	0.05	3.05
30	620	1.69	12.65	14.48	0.02	1.02
31	660	1.68	12.13	13.80	0.02	1.02

Lampiran 10. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 93.69 % bb
 Suhu ruang pengering : 45 °C
 RH ruang pengering : 38 %
 Kecepatan aliran udara : 0.75 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	22.04	93.69	1483.59	0.00	0.00
2	10	19.84	92.98	1325.52	15.81	948.43
3	20	17.69	92.13	1171.04	15.45	926.87
4	30	15.63	91.10	1023.02	14.80	888.07
5	40	13.75	89.88	887.95	13.51	810.47
6	50	12.34	88.72	786.64	10.13	607.86
7	60	10.77	87.08	673.83	11.28	676.83
8	70	9.51	85.37	583.30	9.05	543.19
9	80	8.39	83.41	502.83	8.05	482.84
10	90	7.46	81.34	436.01	6.68	400.93
11	100	6.64	79.04	377.09	5.89	353.50
12	110	5.91	76.45	324.64	5.25	314.71
13	120	5.33	73.89	282.96	4.17	250.04
14	140	4.39	68.30	215.42	3.38	202.62
15	160	3.56	60.91	155.79	2.98	178.91
16	180	3.04	54.22	118.43	1.87	112.09
17	200	2.65	47.48	90.40	1.40	84.07
18	220	2.37	41.28	70.29	1.01	60.35
19	240	2.17	35.86	55.92	0.72	43.11
20	260	2.02	31.10	45.14	0.54	32.33
21	280	1.89	26.36	35.80	0.47	28.02
22	300	1.85	24.77	32.92	0.14	8.62
23	340	1.71	18.61	22.86	0.25	15.09
24	380	1.70	18.13	22.15	0.02	1.08
25	420	1.66	16.16	19.27	0.07	4.31
26	460	1.65	15.65	18.55	0.02	1.08
27	500	1.64	15.14	17.83	0.02	1.08
28	540	1.63	14.61	17.12	0.02	1.08

Lampiran 11. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 94.43 % bb
 Suhu ruang pengering : 50 °C
 RH ruang pengering : 33 %
 Kecepatan aliran udara : 0.75 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	29.50	94.43	1695.53	0.00	0.00
2	10	26.48	93.80	1511.71	18.38	1102.88
3	20	24.06	93.17	1364.42	14.73	883.76
4	30	22.05	92.55	1242.08	12.23	734.04
5	40	20.24	91.88	1131.91	11.02	661.00
6	50	18.64	91.19	1034.53	9.74	584.31
7	60	17.05	90.36	937.75	9.68	580.65
8	70	15.65	89.50	852.54	8.52	511.27
9	80	14.19	88.42	763.68	8.89	533.18
10	90	13.17	87.52	701.60	6.21	372.50
11	100	12.16	86.49	640.12	6.15	368.84
12	110	11.12	85.23	576.82	6.33	379.80
13	120	10.24	83.96	523.26	5.36	321.37
14	140	8.51	80.69	417.96	5.26	315.89
15	160	7.15	77.02	335.19	4.14	248.33
16	180	5.88	72.06	257.89	3.86	231.90
17	200	5.05	67.47	207.37	2.53	151.55
18	220	4.18	60.69	154.42	2.65	158.86
19	240	3.48	52.79	111.81	2.13	127.82
20	260	3.00	45.23	82.60	1.46	87.65
21	280	2.65	38.00	61.29	1.07	63.91
22	300	2.39	31.26	45.47	0.79	47.47
23	340	2.09	21.39	27.21	0.46	27.39
24	380	1.97	16.60	19.90	0.18	10.96
25	420	1.89	13.07	15.04	0.12	7.30
26	460	1.86	11.67	13.21	0.05	2.74
27	500	1.85	11.19	12.60	0.02	0.91

Lampiran 12. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 94.15 % bb
 Suhu ruang pengering : 50 °C
 RH ruang pengering : 33 %
 Kecepatan aliran udara : 0.75 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan	
					(% bb/mnt)	(% bk/jam)
1	0	30.92	94.15	1609.08	0.00	0.00
2	10	27.93	93.52	1443.81	16.53	991.62
3	20	25.44	92.89	1306.17	13.76	825.80
4	30	22.98	92.13	1170.20	13.60	815.85
5	40	20.86	91.33	1053.02	11.72	703.09
6	50	18.96	90.46	948.00	10.50	630.13
7	60	17.35	89.57	859.01	8.90	533.95
8	70	15.77	88.53	771.67	8.73	524.00
9	80	14.26	87.31	688.21	8.35	500.78
10	90	13.32	86.42	636.25	5.20	311.75
11	100	12.29	85.28	579.32	5.69	341.59
12	110	11.28	83.96	523.49	5.58	334.96
13	120	10.40	82.60	474.85	4.86	291.85
14	140	8.79	79.42	385.86	4.45	266.97
15	160	7.46	75.75	312.35	3.68	220.54
16	180	6.25	71.05	245.46	3.34	200.65
17	200	5.31	65.93	193.51	2.60	155.87
18	220	4.52	59.97	149.84	2.18	131.00
19	240	3.85	53.01	112.81	1.85	111.10
20	260	3.36	46.16	85.72	1.35	81.25
21	280	3.00	39.69	65.82	0.99	59.70
22	300	2.78	34.92	53.66	0.61	36.48
23	340	2.40	24.62	32.66	0.53	31.51
24	380	2.19	17.39	21.05	0.29	17.41
25	420	2.12	14.66	17.18	0.10	5.80
26	460	2.08	13.02	14.97	0.06	3.32
27	500	2.07	12.60	14.42	0.01	0.83
28	540	2.06	12.18	13.86	0.01	0.83

Lampiran 13. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 93.10 % bb
 Suhu ruang pengering : 55 °C
 RH ruang pengering : 27.5 %
 Kecepatan aliran udara : 0.75 /detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air		Laju pengeringan	
			(% bb)	(% bk)	(% bb/mnt)	(% bk/jam)
1	0	24.76	93.10	1348.36	0.00	0.00
2	10	22.24	92.31	1200.95	14.74	884.46
3	20	20.35	91.60	1090.39	11.06	663.34
4	30	18.62	90.82	989.19	10.12	607.19
5	40	17.11	90.01	900.87	8.83	529.97
6	50	15.71	89.12	818.97	8.19	491.37
7	60	14.33	88.07	738.25	8.07	484.35
8	70	13.09	86.94	665.71	7.25	435.21
9	80	11.79	85.50	589.67	7.60	456.27
10	90	10.69	84.01	525.32	6.43	386.07
11	100	9.65	82.28	464.49	6.08	365.01
12	110	8.69	80.33	408.33	5.62	336.94
13	120	7.83	78.17	358.02	5.03	301.84
14	140	6.18	72.34	261.51	4.83	289.56
15	160	5.04	66.08	194.82	3.33	200.06
16	180	3.99	57.15	133.40	3.07	184.26
17	200	3.22	46.91	88.36	2.25	135.13
18	220	2.75	37.84	60.86	1.37	82.48
19	240	2.41	29.07	40.98	0.99	59.67
20	260	2.29	25.35	33.96	0.35	21.06
21	280	2.13	19.74	24.60	0.47	28.08
22	300	2.03	15.79	18.75	0.29	17.55
23	340	1.95	12.33	14.07	0.12	7.02
24	380	1.90	10.03	11.14	0.07	4.39
25	420	1.89	9.55	10.56	0.01	0.88

Lampiran 14. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 92.90 % bb
 Suhu ruang pengering : 55 °C
 RH ruang pengering : 27.5 %
 Kecepatan aliran udara : 0.75 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air		Laju pengeringan	
			(% bb)	(% bk)	(% bb/mnt)	(% bk/jam)
1	0	23.07	92.90	1307.59	0.00	0.00
2	10	20.01	91.81	1120.88	18.67	1120.21
3	20	17.23	90.49	951.27	16.96	1017.71
4	30	14.67	88.83	795.07	15.62	937.17
5	40	12.44	86.82	659.01	13.61	816.36
6	50	10.55	84.46	543.69	11.53	691.90
7	60	9.00	81.79	449.12	9.46	567.43
8	70	7.70	78.71	369.81	7.93	475.91
9	80	6.65	75.35	305.74	6.41	384.39
10	90	5.83	71.89	255.71	5.00	300.19
11	100	5.10	67.86	211.17	4.45	267.24
12	110	4.53	63.82	176.39	3.48	208.67
13	120	4.06	59.63	147.72	2.87	172.06
14	140	3.33	50.78	103.18	2.23	133.62
15	160	2.84	42.29	73.28	1.49	89.69
16	180	2.47	33.64	50.70	1.13	67.73
17	200	2.22	26.17	35.45	0.76	45.76
18	220	2.05	20.05	25.08	0.52	31.12
19	240	1.96	16.38	19.59	0.27	16.47
20	260	1.90	13.74	15.93	0.18	10.98
21	280	1.85	11.41	12.88	0.15	9.15
22	300	1.81	9.45	10.43	0.12	7.32
23	340	1.80	8.95	9.82	0.02	0.92
24	380	1.78	7.92	8.60	0.03	1.83
25	420	1.77	7.40	7.99	0.02	0.92

Lampiran 15. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 93.96 % bb
 Suhu ruang pengering : 60 °C
 RH ruang pengering : 22.5 %
 Kecepatan aliran udara : 0.75 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	Laju pengeringan (% bk/jam)
1	0	22.31	93.96	1556.67	0.00	0.00
2	10	18.99	92.91	1310.13	24.65	1479.19
3	20	16.72	91.95	1141.57	16.86	1011.38
4	30	14.74	90.86	994.54	14.70	882.17
5	40	13.06	89.69	869.79	12.48	748.51
6	50	11.49	88.28	753.21	11.66	699.50
7	60	9.90	86.40	635.14	11.81	708.41
8	70	8.50	84.16	531.18	10.40	623.76
9	80	7.15	81.17	430.94	10.02	601.48
10	90	5.91	77.21	338.86	9.21	552.47
11	100	4.97	72.90	269.06	6.98	418.81
12	110	4.18	67.78	210.39	5.87	351.98
13	120	3.64	63.00	170.29	4.01	240.59
14	140	2.99	54.96	122.03	2.41	144.80
15	160	2.37	43.18	75.99	2.30	138.12
16	180	1.95	30.94	44.80	1.56	93.56
17	200	1.55	13.12	15.10	1.49	89.11
18	220	1.49	9.62	10.64	0.22	13.37
19	240	1.46	7.76	8.41	0.11	6.68
20	260	1.45	7.13	7.67	0.04	2.23

Lampiran 16. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 93.91 % bb
 Suhu ruang pengering : 60 °C
 RH ruang pengering : 22.5 %
 Kecepatan aliran udara : 0.75 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	23.34	93.91	1542.31	0.00	0.00
2	10	19.48	92.70	1270.70	27.16	1629.64
3	20	16.28	91.27	1045.53	22.52	1351.00
4	30	13.71	89.63	864.70	18.08	1085.02
5	40	11.66	87.81	720.45	14.42	865.48
6	50	9.89	85.63	595.91	12.45	747.27
7	60	8.31	82.90	484.73	11.12	667.06
8	70	7.02	79.76	393.96	9.08	544.62
9	80	5.90	75.91	315.15	7.88	472.85
10	90	4.91	71.06	245.49	6.97	417.97
11	100	4.16	65.84	192.72	5.28	316.64
12	110	3.62	60.74	154.72	3.80	227.98
13	120	3.14	54.74	120.94	3.38	202.65
14	140	2.82	49.60	98.43	1.13	67.55
15	160	2.36	39.78	66.06	1.62	97.10
16	180	2.03	29.99	42.84	1.16	69.66
17	200	1.86	23.59	30.88	0.60	35.89
18	220	1.71	16.89	20.32	0.53	31.66
19	240	1.61	11.73	13.29	0.35	21.11
20	260	1.59	10.62	11.88	0.07	4.22
21	280	1.57	9.48	10.47	0.07	4.22
22	300	1.56	8.90	9.77	0.04	2.11

Lampiran 17. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 94.40 % bb
 Suhu ruang pengering : 45 °C
 RH ruang pengering : 38 %
 Kecepatan aliran udara : 1.00 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bk)	Kadar air (% bb)	Laju pengeringan (% bk/mnt)	Laju pengeringan (% bb/jam)
1	0	25.30	94.40	1685.37	0.00	0.00
2	10	23.00	93.84	1523.06	16.23	973.84
3	20	21.50	93.41	1417.21	10.59	635.11
4	30	20.28	93.01	1331.12	8.61	516.56
5	40	19.24	92.63	1257.73	7.34	440.34
6	50	18.26	92.24	1188.57	6.92	414.94
7	60	17.28	91.80	1119.41	6.92	414.94
8	70	16.38	91.35	1055.90	6.35	381.07
9	80	15.60	90.92	1000.86	5.50	330.26
10	90	14.81	90.43	945.11	5.57	334.49
11	100	14.08	89.94	893.60	5.15	309.09
12	110	13.33	89.37	840.67	5.29	317.56
13	120	12.60	88.75	789.15	5.15	309.09
14	140	11.29	87.45	696.71	4.62	277.33
15	160	10.12	86.00	614.15	4.13	247.69
16	180	9.00	84.25	535.11	3.95	237.11
17	200	7.94	82.15	460.31	3.74	224.41
18	220	7.07	79.96	398.91	3.07	184.18
19	240	6.36	77.72	348.81	2.51	150.31
20	260	5.76	75.40	306.47	2.12	127.02
21	280	5.22	72.85	268.36	1.91	114.32
22	300	4.77	70.29	236.61	1.59	95.27
23	340	3.95	64.12	178.74	1.45	86.80
24	380	3.36	57.83	137.11	1.04	62.45
25	420	2.90	51.14	104.65	0.81	48.69
26	460	2.55	44.43	79.95	0.62	37.05
27	500	2.29	38.12	61.60	0.46	27.52
28	540	2.12	33.16	49.60	0.30	17.99
29	580	1.98	28.43	39.72	0.25	14.82
30	620	1.80	21.27	27.02	0.32	19.05
31	660	1.78	20.39	25.61	0.04	2.12
32	700	1.76	19.48	24.20	0.04	2.12
33	740	1.75	19.02	23.49	0.02	1.06

Lampiran 18. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 94.05 % bb
 Suhu ruang pengering : 45 °C
 RH ruang pengering : 38 %
 Kecepatan aliran udara : 1.00 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bk)	air (% bb)	Laju pengeringan (% bk/mnt) (% bb/jam)
1	0	23.91	94.05	1580.75	0.00 0.00
2	10	20.68	93.12	1353.70	22.71 1362.32
3	20	18.32	92.23	1187.80	16.59 995.38
4	30	16.22	91.23	1040.18	14.76 885.72
5	40	14.35	90.09	908.73	13.15 788.71
6	50	12.75	88.84	796.26	11.25 674.83
7	60	11.32	87.43	695.74	10.05 603.13
8	70	10.01	85.79	603.65	9.21 552.52
9	80	8.96	84.12	529.84	7.38 442.86
10	90	7.98	82.17	460.95	6.89 413.33
11	100	7.15	80.10	402.61	5.83 350.07
12	110	6.40	77.77	349.89	5.27 316.33
13	120	5.77	75.35	305.60	4.43 265.71
14	140	4.66	69.47	227.57	3.90 234.08
15	160	3.86	63.15	171.34	2.81 168.71
16	180	3.24	56.09	127.76	2.18 130.75
17	200	2.75	48.27	93.31	1.72 103.33
18	220	2.43	41.46	70.82	1.12 67.48
19	240	2.18	34.74	53.24	0.88 52.72
20	260	2.04	30.27	43.40	0.49 29.52
21	280	1.92	25.91	34.97	0.42 25.31
22	300	1.84	22.69	29.34	0.28 16.87
23	340	1.72	17.29	20.91	0.21 12.65
24	380	1.64	13.26	15.28	0.14 8.44
25	420	1.63	12.73	14.58	0.02 1.05
26	460	1.62	12.19	13.88	0.02 1.05

Lampiran 19. Data hasil percobaan pengeringan blansir

Kadar air awal : 93.90 % bb
 Suhu ruang pengering : 50 °C
 RH ruang pengering : 33 %
 Kecepatan aliran udara : 1.00 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air		Laju pengeringan	
			(% bk)	(% bb)	(% bk/mnt)	(% bb/jam)
1	0	23.61	93.90	1538.95	0.00	0.00
2	10	21.18	93.20	1370.27	16.87	1012.11
3	20	19.46	92.60	1250.87	11.94	716.39
4	30	17.86	91.93	1139.80	11.11	666.41
5	40	16.58	91.31	1050.95	8.89	533.13
6	50	15.18	90.51	953.76	9.72	583.11
7	60	13.97	89.69	869.77	8.40	503.97
8	70	12.87	88.81	793.41	7.64	458.16
9	80	11.85	87.84	722.60	7.08	424.84
10	90	10.89	86.77	655.96	6.66	399.85
11	100	9.69	85.13	572.66	8.33	499.81
12	110	9.09	84.15	531.01	4.17	249.90
13	120	8.26	82.56	473.39	5.76	345.70
14	140	7.11	79.74	393.56	3.99	239.49
15	160	5.90	75.58	309.56	4.20	251.99
16	180	4.79	69.93	232.51	3.85	231.16
17	200	4.02	64.17	179.06	2.67	160.35
18	220	3.28	56.08	127.69	2.57	154.11
19	240	2.79	48.37	93.68	1.70	102.04
20	260	2.41	40.23	67.30	1.32	79.14
21	280	2.19	34.22	52.02	0.76	45.82
22	300	2.01	28.33	39.53	0.62	37.49
23	340	1.77	18.61	22.87	0.42	24.99
24	380	1.70	15.26	18.01	0.12	7.29
25	420	1.66	13.22	15.23	0.07	4.17
26	460	1.64	12.16	13.85	0.03	2.08
27	500	1.63	11.62	13.15	0.02	1.04
28	540	1.62	11.08	12.46	0.02	1.04

Lampiran 20. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 93.72 % bb
 Suhu ruang pengering : 50 °C
 RH ruang pengering : 33 %
 Kecepatan aliran udara : 1.00 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bk)	Kadar air (% bb)	Laju pengeringan (% bk/mnt) (% bb/jam)	
1	0	24.62	93.72	1493.49	0.00	0.00
2	10	21.08	92.67	1264.37	22.91	1374.73
3	20	18.03	91.43	1066.96	19.74	1184.44
4	30	15.24	89.86	886.39	18.06	1083.47
5	40	13.14	88.24	750.47	13.59	815.52
6	50	11.06	86.03	615.84	13.46	807.75
7	60	9.45	83.65	511.64	10.42	625.23
8	70	8.11	80.95	424.91	8.67	520.38
9	80	7.01	77.96	353.71	7.12	427.17
10	90	6.00	74.25	288.34	6.54	392.22
11	100	4.99	69.04	222.97	6.54	392.22
12	110	4.47	65.44	189.31	3.37	201.94
13	120	3.88	60.18	151.13	3.82	229.12
14	140	3.13	50.64	102.58	2.43	145.63
15	160	2.56	39.65	65.69	1.84	110.68
16	180	2.19	29.45	41.74	1.20	71.84
17	200	1.94	20.36	25.56	0.81	48.54
18	220	1.82	15.11	17.80	0.39	23.30
19	240	1.75	11.71	13.27	0.23	13.59
20	260	1.73	10.69	11.97	0.06	3.88
21	280	1.71	9.65	10.68	0.06	3.88
22	300	1.70	9.12	10.03	0.03	1.94
23	340	1.69	8.58	9.38	0.02	0.97
24	380	1.68	8.03	8.74	0.02	0.97

Lampiran 21. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 94.48 % bb
 Suhu ruang pengering : 55 °C
 RH ruang pengering : 27.5 %
 Kecepatan aliran udara : 1.00 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bk)	air (% bb)	Laju pengeringan (% bk/mnt) (% bb/jam)	
1	0	24.70	94.48	1710.00	0.00	0.00
2	10	20.05	93.19	1369.25	34.07	2044.49
3	20	17.55	92.22	1186.05	18.32	1099.19
4	30	15.25	91.05	1017.51	16.85	1011.26
5	40	13.49	89.88	888.54	12.90	773.83
6	50	11.81	88.45	765.43	12.31	738.66
7	60	10.24	86.67	650.38	11.50	690.29
8	70	8.92	84.70	553.65	9.67	580.37
9	80	7.87	82.66	476.71	7.69	461.66
10	90	6.99	80.48	412.22	6.45	386.92
11	100	6.13	77.74	349.20	6.30	378.12
12	110	5.36	74.54	292.78	5.64	338.55
13	120	4.72	71.09	245.88	4.69	281.39
14	140	3.59	61.99	163.07	4.14	248.42
15	160	2.66	48.70	94.92	3.41	204.45
16	180	2.29	40.41	67.81	1.36	81.34
17	200	2.11	35.33	54.62	0.66	39.57
18	220	1.75	22.02	28.24	1.32	79.14
19	240	1.60	14.71	17.25	0.55	32.98
20	260	1.54	11.39	12.85	0.22	13.19
21	280	1.49	8.41	9.19	0.18	10.99
22	300	1.46	6.53	6.99	0.11	6.60
23	340	1.44	5.23	5.52	0.04	2.20
24	380	1.43	4.57	4.79	0.02	1.10

Lampiran 22. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 94.19 % bb
 Suhu ruang pengering : 55 °C
 RH ruang pengering : 27.5 %
 Kecepatan aliran udara : 1.00 m/detk

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bk)	air (% bb)	Laju pengeringan (% bk/mnt)	(% bb/jam)
1	0	27.15	94.19	1620.51	0.00	0.00
2	10	21.81	92.76	1282.11	33.84	2030.39
3	20	18.66	91.54	1082.49	19.96	1197.70
4	30	15.99	90.13	913.29	16.92	1015.19
5	40	13.86	88.61	778.31	13.50	809.87
6	50	12.04	86.89	662.98	11.53	692.01
7	60	10.47	84.93	563.49	9.95	596.95
8	70	9.11	82.68	477.30	8.62	517.10
9	80	8.06	80.42	410.77	6.65	*399.23
10	90	7.22	78.14	357.53	5.32	319.39
11	100	6.45	75.53	308.74	4.88	292.77
12	110	5.75	72.56	264.38	4.44	266.16
13	120	5.19	69.59	228.89	3.55	212.92
14	140	4.27	63.04	170.59	2.92	174.90
15	160	3.52	55.17	123.06	2.38	142.58
16	180	3.07	48.60	94.55	1.43	85.55
17	200	2.71	41.77	71.73	1.14	68.44
18	220	2.46	35.85	55.89	0.79	47.53
19	240	2.21	28.60	40.05	0.79	47.53
20	260	2.02	21.88	28.01	0.60	36.12
21	280	1.90	16.95	20.40	0.38	22.81
22	300	1.83	13.77	15.97	0.22	13.31
23	340	1.71	7.72	8.36	0.19	11.41
24	380	1.70	7.18	7.73	0.02	0.95

Lampiran 23. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal : 94.64 % bb
 Suhu ruang pengering : 60 °C
 RH ruang pengering : 20.5 %
 Kecepatan aliran udara : 1.00 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air		Laju pengeringan	
			(% bk)	(% bb)	(% bk/mnt)	(% bb/jam)
1	0	24.73	94.64	1764.58	0.00	0.00
2	10	20.39	93.50	1437.36	32.72	1963.35
3	20	16.98	92.19	1180.25	25.71	1542.64
4	30	13.99	90.52	954.81	22.54	1352.63
5	40	11.19	88.15	743.70	21.11	1266.68
6	50	8.85	85.01	567.27	17.64	1058.58
7	60	6.92	80.83	421.75	14.55	873.10
8	70	5.44	75.62	310.16	11.16	669.53
9	80	4.32	69.30	225.72	8.44	506.67
10	90	3.52	62.32	165.40	6.03	361.91
11	100	2.93	54.73	120.91	4.45	266.91
12	110	2.48	46.52	86.99	3.39	203.57
13	120	2.24	40.79	68.89	1.81	108.57
14	140	1.96	32.33	47.78	1.06	63.33
15	160	1.81	26.72	36.47	0.57	33.93
16	180	1.71	22.44	28.93	0.38	22.62
17	200	1.57	15.52	18.37	0.53	31.67
18	220	1.52	12.74	14.60	0.19	11.31
19	240	1.50	11.58	13.10	0.08	4.52
20	260	1.49	10.99	12.34	0.04	2.26

Lampiran 24. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal : 93.45092 % bb
 Suhu ruang pengering : 60 °C
 RH ruang pengering : 20.5 %
 Kecepatan aliran udara : 1.00 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bk)	air (% bb)	Laju pengeringan (% bk/mnt) (% bb/jam)	
1	0	24.74	94.45	1702.10	0.00	0.00
2	10	19.88	93.09	1348.09	35.40	2124.06
3	20	16.08	91.46	1071.29	27.68	1660.79
4	30	13.09	89.51	853.50	21.78	1306.78
5	40	10.53	86.96	667.02	18.65	1118.85
6	50	8.52	83.89	520.61	14.64	878.47
7	60	6.90	80.10	402.61	11.80	708.02
8	70	5.62	75.57	309.37	9.32	559.42
9	80	4.61	70.22	235.80	7.36	441.42
10	90	3.85	64.34	180.44	5.54	332.16
11	100	3.31	58.52	141.11	3.93	236.01
12	110	2.84	51.66	106.87	3.42	205.41
13	120	2.58	46.79	87.93	1.89	113.63
14	140	2.32	40.83	68.99	0.95	56.82
15	160	2.12	35.24	54.42	0.73	43.70
16	180	1.93	28.87	40.58	0.69	41.52
17	200	1.76	22.00	28.20	0.62	37.15
18	220	1.64	16.29	19.46	0.44	26.22
19	240	1.56	12.00	13.63	0.29	17.48
20	260	1.53	10.27	11.45	0.11	6.56
21	280	1.51	9.08	9.99	0.07	4.37
22	300	1.50	8.48	9.26	0.04	2.19

Lampiran 25. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal bahan : 94.05 % bb
 Suhu ruang pengering : 45 °C
 RH ruang pengering : 38 %
 Kecepatan aliran udara : 1.25 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	Laju pengeringan (% bk/jam)
1	0	23.06	94.05	1581.25	0.00	0.00
2	10	20.99	93.47	1430.33	15.09	905.51
3	20	19.64	93.02	1331.90	9.84	590.55
4	30	18.60	92.63	1256.08	7.58	454.94
5	40	17.58	92.20	1181.72	7.44	446.19
6	50	16.58	91.73	1108.81	7.29	437.45
7	60	15.79	91.31	1051.21	5.76	345.58
8	70	15.12	90.93	1002.36	4.88	293.09
9	80	14.39	90.47	949.14	5.32	319.34
10	90	13.63	89.94	893.73	5.54	332.46
11	100	13.04	89.48	850.71	4.30	258.09
12	110	12.37	88.91	801.87	4.88	293.09
13	120	11.76	88.34	757.39	4.45	266.84
14	140	10.63	87.10	675.01	4.12	247.16
15	160	9.54	85.62	595.54	3.97	238.41
16	180	8.48	83.83	518.26	3.86	231.85
17	200	7.46	81.61	443.89	3.72	223.10
18	220	6.51	78.93	374.63	3.46	207.79
19	240	5.69	75.89	314.84	2.99	179.35
20	260	4.93	72.18	259.43	2.77	166.23
21	280	4.33	68.32	215.69	2.19	131.23
22	300	3.86	64.47	181.42	1.71	102.80
23	340	3.07	55.32	123.83	1.44	86.40
24	380	2.54	46.00	85.19	0.97	57.96
25	420	2.19	37.37	59.67	0.64	38.28
26	460	1.97	30.38	43.63	0.40	24.06
27	500	1.87	26.65	36.34	0.18	10.94
28	540	1.80	23.80	31.23	0.13	7.66
29	580	1.73	20.72	26.13	0.13	7.66
30	620	1.70	19.32	23.94	0.05	3.28
31	660	1.69	18.84	23.21	0.02	1.09

Lampiran 26. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal bahan : 93.89 % bb
 Suhu ruang pengering : 45 °C
 RH ruang pengering : 38 %
 Kecepatan aliran udara : 1.25 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	Laju pengeringan (% bk/jam)
1	0	22.96	93.89	1536.11	0.00	0.00
2	10	20.27	93.08	1344.42	19.17	1150.12
3	20	18.09	92.24	1189.08	15.53	932.07
4	30	16.10	91.28	1047.27	14.18	850.84
5	40	14.06	90.02	901.90	14.54	872.21
6	50	12.14	88.44	765.09	13.68	820.91
7	60	10.75	86.95	666.04	9.91	594.30
8	70	9.58	85.35	582.66	8.34	500.24
9	80	8.42	83.33	500.00	8.27	495.96
10	90	7.66	81.68	445.85	5.42	324.94
11	100	6.67	78.96	375.30	7.05	423.28
12	110	5.98	76.53	326.13	4.92	295.01
13	120	5.38	73.92	283.37	4.28	256.53
14	140	4.44	68.39	216.39	3.35	200.95
15	160	3.69	61.97	162.95	2.67	160.33
16	180	3.08	54.44	119.48	2.17	130.40
17	200	2.58	45.61	83.85	1.78	106.89
18	220	2.24	37.35	59.62	1.21	72.68
19	240	1.99	29.48	41.81	0.89	53.44
20	260	1.85	24.14	31.83	0.50	29.93
21	280	1.78	21.16	26.84	0.25	14.96
22	300	1.73	18.88	23.28	0.18	10.69
23	340	1.68	16.47	19.72	0.09	5.34
24	380	1.65	14.95	17.58	0.05	3.21
25	420	1.64	14.43	16.87	0.02	1.07

Lampiran 27. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal bahan : 93.52 % bb
 Suhu ruang pengering : 50 °C
 RH ruang pengering : 33 %
 Kecepatan aliran udara : 1.25 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	Laju pengeringan (% bk/jam)
1	0	24.42	93.52	1443.46	0.00	0.00
2	10	21.79	92.74	1277.23	16.62	997.37
3	20	20.24	92.18	1179.26	9.80	587.80
4	30	18.97	91.66	1098.99	8.03	481.62
5	40	17.86	91.14	1028.84	7.02	420.94
6	50	16.78	90.57	960.58	6.83	409.57
7	60	15.68	89.91	891.05	6.95	417.15
8	70	14.78	89.30	834.17	5.69	341.31
9	80	13.93	88.64	780.44	5.37	322.34
10	90	13.13	87.95	729.88	5.06	303.38
11	100	12.39	87.23	683.11	4.68	280.63
12	110	11.70	86.48	639.50	4.36	261.67
13	120	11.03	85.66	597.15	4.23	254.08
14	140	9.76	83.79	516.88	4.01	240.81
15	160	8.57	81.54	441.66	3.76	225.64
16	180	7.49	78.88	373.40	3.41	204.78
17	200	6.51	75.70	311.46	3.10	185.82
18	220	5.52	71.34	248.89	3.13	187.72
19	240	4.82	67.18	204.65	2.21	132.73
20	260	4.04	60.84	155.35	2.46	147.90
21	280	3.47	54.40	119.32	1.80	108.08
22	300	2.96	46.55	87.09	1.61	96.70
23	340	2.34	32.39	47.90	0.98	58.78
24	380	2.01	21.29	27.04	0.52	31.29
25	420	1.83	13.54	15.66	0.28	17.07
26	460	1.79	11.61	13.14	0.06	3.79
27	500	1.78	11.11	12.50	0.02	0.95

Lampiran 28. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal bahan : 93.39 % bb
 Suhu ruang pengering : 50 °C
 RH ruang pengering : 33 %
 Kecepatan aliran udara : 1.25 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	Laju pengeringan (% bk/jam)
1	0	22.92	93.39	1412.41	0.00	0.00
2	10	19.87	92.37	1211.15	20.13	1207.55
3	20	17.19	91.18	1034.30	17.68	1061.06
4	30	14.94	89.86	885.84	14.85	890.82
5	40	12.93	88.28	753.20	13.26	795.79
6	50	11.19	86.46	638.39	11.48	688.90
7	60	9.60	84.21	533.47	10.49	629.51
8	70	8.52	82.21	462.20	7.13	427.59
9	80	7.56	79.95	398.86	6.33	380.08
10	90	6.76	77.58	346.07	5.28	316.73
11	100	6.09	75.12	301.86	4.42	265.26
12	110	5.49	72.40	262.26	3.96	237.55
13	120	5.00	69.69	229.93	3.23	194.00
14	140	4.14	63.39	173.18	2.84	170.24
15	160	3.46	56.20	128.31	2.24	134.61
16	180	2.95	48.63	94.66	1.68	100.96
17	200	2.56	40.80	68.92	1.29	77.20
18	220	2.29	33.82	51.11	0.89	53.45
19	240	2.13	28.85	40.55	0.53	31.67
20	260	1.95	22.28	28.67	0.59	35.63
21	280	1.87	18.96	23.39	0.26	15.84
22	300	1.79	15.34	18.12	0.26	15.84
23	340	1.74	12.90	14.82	0.08	4.95
24	380	1.69	10.33	11.52	0.08	4.95
25	420	1.67	9.25	10.20	0.03	1.98
26	460	1.66	8.71	9.54	0.02	0.99

Lampiran 29. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal bahan : 94.01 % bb
 Suhu ruang pengering : 55 °C
 RH ruang pengering : 27.5 %
 Kecepatan aliran udara : 1.25 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	Laju pengeringan (% bk/jam)
1	0	23.73	94.01	1569.60	0.00	0.00
2	10	20.51	93.07	1343.04	22.66	1359.32
3	20	18.45	92.30	1198.11	14.49	869.63
4	30	16.52	91.40	1062.32	13.58	814.75
5	40	14.75	90.36	937.78	12.45	747.20
6	50	12.94	89.02	810.43	12.73	764.09
7	60	11.47	87.61	707.01	10.34	620.56
8	70	9.95	85.72	600.06	10.69	641.67
9	80	8.86	83.96	523.37	7.67	460.14
10	90	7.65	81.42	438.24	8.51	510.80
11	100	6.67	78.69	369.29	6.90	413.71
12	110	5.71	75.11	301.74	6.75	405.26
13	120	4.84	70.63	240.53	6.12	367.27
14	140	3.44	58.68	142.03	4.93	295.50
15	160	2.56	44.48	80.12	3.10	185.75
16	180	2.15	33.89	51.27	1.44	86.54
17	200	1.89	24.80	32.98	0.91	54.88
18	220	1.83	22.33	28.76	0.21	12.66
19	240	1.74	18.32	22.42	0.32	19.00
20	260	1.67	14.89	17.50	0.25	14.78
21	280	1.63	12.80	14.68	0.14	8.44
22	300	1.61	11.72	13.28	0.07	4.22
23	340	1.59	10.61	11.87	0.04	2.11
24	380	1.58	10.04	11.17	0.02	1.06

Lampiran 30. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal bahan : 93.63 % bb
 Suhu ruang pengering : 55 °C
 RH ruang pengering : 27.5 %
 Kecepatan aliran udara : 1.25 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt) (% bk/jam)	
1	0	24.16	93.63	1468.85	0.00	0.00
2	10	19.66	92.17	1176.64	29.22	1753.27
3	20	16.24	90.52	954.56	22.21	1332.48
4	30	13.22	88.35	758.45	19.61	1176.64
5	40	10.82	85.77	602.61	15.58	935.08
6	50	8.84	82.58	474.03	12.86	771.44
7	60	7.43	79.27	382.47	9.16	549.36
8	70	6.10	74.75	296.11	8.64	518.19
9	80	5.33	71.11	246.11	5.00	300.00
10	90	4.58	66.38	197.41	4.87	292.21
11	100	4.03	61.79	161.69	3.57	214.29
12	110	3.57	56.86	131.82	2.99	179.22
13	120	3.19	51.72	107.15	2.47	148.05
14	140	2.61	41.00	69.48	1.88	112.99
15	160	2.27	32.16	47.40	1.10	66.23
16	180	2.07	25.60	34.42	0.65	38.96
17	200	1.94	20.62	25.98	0.42	25.32
18	220	1.87	17.65	21.43	0.23	13.64
19	240	1.80	14.45	16.88	0.23	13.64
20	260	1.76	12.50	14.29	0.13	7.79
21	280	1.73	10.98	12.34	0.10	5.84
22	300	1.71	9.94	11.04	0.06	3.90
23	340	1.69	8.88	9.74	0.03	1.95
24	380	1.68	8.33	9.09	0.02	0.97

Lampiran 31. Data hasil percobaan pengeringan kubis blansir

Kadar air awal bahan : 93.78 % bb
 Suhu ruang pengering : 60 °C
 RH ruang pengering : 22.5 %
 Kecepatan aliran udara : 1.25 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air (% bb)	Kadar air (% bk)	Laju pengeringan (% bb/mnt)	Laju pengeringan (% bk/jam)
1	0	24.56	93.78	1507.90	0.00	0.00
2	10	20.83	92.67	1263.70	24.42	1465.18
3	20	17.57	91.31	1050.27	21.34	1280.56
4	30	15.43	90.10	910.17	14.01	840.61
5	40	13.01	88.26	751.74	15.84	950.60
6	50	10.98	86.09	618.84	13.29	797.40
7	60	9.06	83.14	493.14	12.57	754.19
8	70	7.37	79.27	382.50	11.06	663.85
9	80	5.80	73.66	279.71	10.28	616.71
10	90	4.67	67.29	205.74	7.40	443.87
11	100	3.76	59.38	146.16	5.96	357.46
12	110	3.13	51.20	104.92	4.12	247.47
13	120	2.69	43.22	76.11	2.88	172.84
14	140	2.14	28.62	40.10	1.80	108.02
15	160	1.91	20.03	25.04	0.75	45.17
16	180	1.77	13.70	15.88	0.46	27.50
17	200	1.74	12.21	13.91	0.10	5.89
18	220	1.71	10.67	11.95	0.10	5.89
19	240	1.69	9.62	10.64	0.07	3.93
20	260	1.68	9.08	9.99	0.03	1.96

Lampiran 32. Data hasil percobaan pengeringan kubis segar

Kadar air awal bahan : 93.34 % bb
 Suhu ruang pengering : 60 °C
 RH ruang pengering : 22.5 %
 Kecepatan aliran udara : 1.25 m/detik

No.	Waktu (menit)	Berat bersih (gram)	Kadar air		Laju pengeringan	
			(% bb)	(% bk)	(% bb/mnt)	(% bk/jam)
1	0	23.81	93.34	1402.27	0.00	0.00
2	10	18.93	91.63	1094.37	30.79	1847.40
3	20	14.78	89.28	832.53	26.18	1571.05
4	30	12.42	87.24	683.63	14.89	893.41
5	40	10.28	84.58	548.61	13.50	810.13
6	50	8.69	81.76	448.29	10.03	601.92
7	60	7.31	78.32	361.22	8.71	522.42
8	70	6.15	74.23	288.03	7.32	439.14
9	80	5.03	68.49	217.36	7.07	423.99
10	90	4.28	62.97	170.04	4.73	283.92
11	100	3.61	56.10	127.77	4.23	253.64
12	110	3.13	49.36	97.48	3.03	181.71
13	120	2.79	43.19	76.03	2.15	128.71
14	140	2.26	29.87	42.59	1.67	100.32
15	160	2.01	21.15	26.82	0.79	47.32
16	180	1.88	15.70	18.62	0.41	24.61
17	200	1.77	10.46	11.68	0.35	20.82
18	220	1.68	5.66	6.00	0.28	17.04
19	240	1.67	5.09	5.37	0.03	1.89
20	260	1.66	4.52	4.74	0.03	1.89
21	280	1.65	3.94	4.11	0.03	1.89

Lampiran 33. Program komputer untuk menentukan kadar air dan laju pengeringan

```

10 CLS
20 PRINT "          PENGERINGAN KUBIS          " : PRINT
25 PRINT " OLEH: ROSLINA ERDAWATY HUTAGAOL F 26.0135 "
30 DEF FNY(X) = *100/(100-X)
40 DIM T(300), B(300)
60 INPUT "JUDUL                = ", D$
70 INPUT "KADAR AIR AWAL (bb)   = ", KAA
80 INPUT "BERAT WADAH           = ", BW
90 INPUT "SUHU                  = ", T
100 INPUT "RH                    = ", R
110 INPUT "KECEPATAN ALIRAN UDARA = ", V
115 INPUT "NAMA FILE DATA MENTAH = ", PLS$: PRINT
120 BK = FNY(KAA)
150 INPUT "APAKAH DATA SUDAH DIREKAM ? Y(a)/B(elum)"; Q$:
    IF Q$="Y" OR Q$="y" THEN GOTO 300
160 PRINT "SIAPKAN DISKET UNTUK DATA PENIMBANGAN "; PLS$:
    B$=INPUT$(1)
170 OPEN "O", #2, "B:"+PLS$
175 CLS
180 PRINT "MASUKKAN T NEGATIP JIKA DATA HABIS"
190 PRINT "MASUKKAN DATA WAKTU DAN PENIMBANGAN": PRINT
200 K=-1
210 K = K+1 : N = K+1
220 PRINT "DATA KE          : "; N; TAB(20);
230 INPUT "WAKTU          : "; T(K)
240 IF T(K) < 0 THEN GOTO 290
250 PRINT TAB(20);
255 INPUT "BERAT KOTOR : "; BK(K)
260 INPUT "APAKAH DATA SUDAH BENAR ? Y(a)/S(alah)"; J$: IF J$="S" OR
    J$="s" THEN GOTO 220
270 WRITE #2, T(K), BK(K)
280 GOTO 210
290 CLOSE #2
295 PRINT
300 INPUT "APAKAH DATA MENTAH SUDAH DICETAK ?
    Y(a)/B(elum)"; P$
310 IF P$="Y" OR P$="y" THEN GOTO 530
320 PRINT "SIAPKAN KERTAS UNTUK MENCETAK DATA MENTAH
    "; PLS$: B$=INPUT$(1)
330 PRINT TAB(15); D$: PRINT
340 PRINT TAB(10); "KADAR AIR AWAL BAHAN (bb) : "; KAA; "
    %bb"
350 PRINT TAB(10); "BERAT WADAH                : "; BW; "
    gram"
360 PRINT TAB(10); "SUHU                    : "; T; " C"
365 PRINT TAB(10); "RH                      : "; R; " %"
370 PRINT TAB(10); "KECEPATAN ALIRAN UDARA : "; V; " m/dt"

```

```

380 PRINT :PRINT
385 PRINT "SIAPKAN DISKET UNTUK MEMBACA DATA MENTAH
";PLS$:B$=INPUT$(1)
390 GOSUB 950
400 PRINT TAB(24);"No.";TAB(34);"WAKTU
(menit)";TAB(53);"BERAT (gram)"
410 GOSUB 950
430 OPEN "I",#2,"B:"+PLS$
440 I=0
450 IF EOF(2) THEN GOTO 480
460 INPUT #2,T(I),BK(I)
470 I=I+1 : GOTO 450
480 CLOSE #2 : K=I-1
490 FOR I=0 TO K
500 PRINT USING "###" #####
####.####";I+1;T(I);BK(I)
510 NEXT I
520 GOSUB 950
530 OPEN "I",#2,"B:"+PLS$
540 PRINT "DATA TELAH SIAP DIOLAH, SEDIAKAN KERTAS "
550 BB=BK(0)-BW : BA=KAA*BB/100
560 PRINT TAB(15);D$:PRINT :PRINT
570 PRINT TAB(10);"PERUBAHAN KADAR AIR BAHAN SELAMA
PENGERINGAN"
580 PRINT TAB(10);"KADAR AIR AWAL BAHAN (bb) : ";KAA; "
%bb"
590 PRINT TAB(10);"SUHU : ";T; " C"
595 PRINT TAB(10);"RH : ";R; " %"
600 PRINT TAB(10);"KECEPATAN ALIRAN UDARA : ";V;" m/dt"
:PRINT :PRINT
610 GOSUB 950
620 PRINT " No. WAKTU KA(%bb)
KA(%bk) LAJU PENGERINGAN "
630 PRINT " (menit) bk/mnt bk/jam"
640 GOSUB 950
650 TI=T(0)
660 PRINT : INPUT "NAMA FILE HASIL PERHITUNGAN : ",HPLS$
670 PRINT :PRINT "SIAPKAN DISKET UNTUK MEREKAM HASIL
PERHITUNGAN";PLS$:B$=INPUT$(1)
680 OPEN "O",#1,"B:"+HPLS$
690 FOR J=0 TO K
700 UA=BK(0)-BK(J)
710 KAB=(BA-(UA)/(BB-UA)*100 : KBK=FNY(KAB)
720 IF J=0 THEN LAJ=0 : LAJ1=LAJ*60 :GOTO 740
730 LAJ =(BK-KBK)/(T(J)-TI) :LAJ1=LAJ*60
740 PRINT USING "###" ##### ##.## ###.##
##.#### ###.####",
J+1;T(J);KAB;KBK;LAJ;LAJ1
750 WRITE #1,T(J),KAB,KBK,LAJ,LAJ1
760 BK=KBK :TI=T(J)
770 NEXT J
780 CLOSE

```

```
790 GOSUB 950
800 DIM AA(200,4)
810 PRINT "SIAPKAN DISKET UNTUK MEREKAM HASIL PERHITUNGAN
      :";HPLS$:B$=INPUT$(1)
820 OPEN "I",#1,"B:"+HPLS$
830 FOR I=0 TO 105
840 FOR J=0 TO 4
850 INPUT #1,AA(I,J)
860 IF EOF(1) THEN GOTO 880
870 NEXT J:NEXT I
880 CLOSE
890 END
950 PRINT -----"
960 RETURN
```



Lampiran 34. Program komputer untuk menentukan nilai Me dan K

```

10 CLS
20 PRINT "      PENDINGINAN KUBIS      " : PRINT
30 PRINT " OLEH: ROSLINA ERDAWATY HUTAGAOL F 26.0135 "
60 DEF FNKK(X) = X/(100-X)*100
70 DEF FNDTTM (X,Y,Z) = EXP(-1*(X^2*Z*Y))/X^2
80 DEF FNDTTK (X,Y,Z) = Y*EXP(-1*(X^2*Z*Y))
90 INPUT "NAMA FILE DATA KADAR AIR = ",HPLS$ : PRINT
100 INPUT "JUDUL = ",BHN$
110 INPUT "SUHU UDARA PENDINGING = ",T$
115 INPUT "RH UDARA PENDINGING = ",R$
120 INPUT "KECEPATAN ALIRAN UDARA = ",V$
130 PRINT : PRINT
140 PRINT "SIAPKAN DISKET UNTUK MEMBACA DATA KADAR AIR"
150 DIM KA(110,4),BS(100),A(1,2),DF(2)
160 REM
170 REM**** PEMBACAAN DATA KADAR AIR ****
180 REM
190 OPEN "I",#1,"B:"+HPLS$
200 FOR I=0 TO 102
210 FOR J=0 TO 4
220 INPUT #1,KA(I,J)
230 IF EOF(1) THEN GOTO 250
240 NEXT J : NEXT I
250 CLOSE #1
260 JD = I
270 INPUT "NILAI DUGAAN ME = ",ME
280 INPUT "NILAI DUGAAN K = ",K
290 INPUT "JUMLAH DERET YANG DIGUNAKAN = ",DRT
300 INPUT "DATA AWAL YANG DIGUNAKAN UNTUK MENDUGA PARAME-
TER = ",DA
305 CLS
310 PRINT : PRINT : PRINT "          NILAI DUGAAN
ME = ";ME;"DUGAAN NILAI K = ";K
320 PRINT
330 PRINT TAB (6), "-----"
340 PRINT TAB (7), " ME      K      DME      DK      SD"
350 PRINT TAB (6), "-----"
360 MO = KA(0,2)
370 FOR I=0 TO 1
380 FOR J=0 TO 2
390 A(I,J) = 0
400 NEXT J : NEXT I
410 SD = 0
420 REM
430 REM**** MODEL DATAR ****
440 REM
450 FOR I = DA TO JD

```

```

460 TDTM = 0 : TDTK = 0
470 T = KA(I,0)/60
475 W = 2 * DRT + 1
480 FOR U = 1 TO W STEP 2
490 JD TM = FN DTTM(U,T,K)
500 JD TK = FN DTTK(U,T,K)
510 TDTM = TDTM + JD TM : TDTK = TDTK + JD TK
520 NEXT U
530 TME = 1 - 8/9.8696044# * TDTM : DF(0) = TME
540 TK = -(MO-ME) * 8/9.8696044# * TDTK : DF(1) = TK
550 DF(2) = KA(I,2) - (MO-ME) * (8/9.8696044#) * TDTM - ME
560 FOR J1=0 TO 1
570 FOR J2=0 TO 2
580 A(J1,J2) = A(J1,J2) + DF(J1) * DF(J2)
590 NEXT J2 : NEXT J1
600 SD = SD + DF(2)^2
610 NEXT I
620 GOSUB 1000 : GOTO 630
630 REM
640 REM**** CETAK HASIL PERHITUNGAN ****
650 REM
660 SD = SQR(SD/JD)
670 DME = X(0) : DK = X(1)
680 ME = ME + DME : K = K + DK
690 PRINT USING "          #####.#####   #####.#####
      #.#####   #.#####   ##.#####";ME;K;DME;DK;SD
700 IF ABS(DME/ME) > .000005 THEN GOTO 370
710 IF ABS(DK/K) > .000005 THEN GOTO 370
720 PRINT TAB(9), "-----"
724 PRINT : PRINT : PRINT
725 PRINT TAB(12);BHN$ : PRINT : PRINT
726 PRINT TAB(12);"SUHU UDARA PENERING      : ";T$; " C"
727 PRINT TAB(12);"RH UDARA PENERING      : ";R$; " %"
728 PRINT TAB(12);"KECEPATAN ALIRAN UDARA : ";V$; " m/dt"
      : PRINT
730 PRINT USING "          ME = ###.##### (%bk)      K =
      ###.#####/JAM";ME;K
740 GOTO 1280
1000 REM
1010 REM **** SUBPROGRAM PENYAPUAN GAUSS YORDAN ****
1020 REM
1030 FOR D=0 TO 1
1040 R(D) = A(D,2)
1050 NEXT D
1060 FOR H=0 TO 1
1070 W = A(H,H)
1080 A(H,H) = 1
1090 FOR J=0 TO 1
1100 A(H,J) = A(H,J)/W
1110 NEXT J
1120 FOR JH=0 TO 1
1130 IF JH=H THEN GOTO 1190

```



```

1140 W = A(JH,H)
1150 A(JH,H) = 0
1160 FOR JG=0 TO 1
1170 A(JH,JG) = A(JH,JG) - A(H,JG) * W
1180 NEXT JG
1190 NEXT JH
1200 NEXT H
1210 FOR I=0 TO 1
1220 X(I) = 0
1230 FOR J=0 TO 1
1240 X(I) = X(I) + A(I,J) * R(J)
1250 NEXT J : NEXT I
1260 RETURN
1270 GOSUB 2000
1280 PRINT
1290 PRINT " -----"
1300 PRINT "          NO          WAKTU          KA (%bk)
      KA (%bb)"
1310 PRINT " (menit)  DATA    HITUNG    DATA    HITUNG"
1320 GOSUB 2000
1330 SD = 0 : SDI = 0
1340 KARAT = 0
1350 MO = KA(0,2)
1355 KHI = 0
1360 PRINT
1370 INPUT "NAMA FILE HASIL BANDING = ",VINO$
1380 PRINT : PRINT "SIAPKAN DISKET UNTUK MEREKAM"
1390 OPEN "O",#1,"B:"+VINO$
1400 FOR I=0 TO JD
1410 T = KA(I,0)/60
1420 REM
1430 REM **** METODE DATAR ****
1440 REM
1450 AR = 0
1455 V = 2 * DRT + 1
1460 FOR M=1 TO V STEP 2
1470 DE = FNDTTM(M,T,K)
1480 AR = AR + DE
1490 NEXT M
1500 KA(I,3) = ME + (MO-ME)*8/9.869604401# * AR
1510 SD = SD + (KA(I,3) - KA(I,2))^2
1520 KA(I,4) = FNKB(KA(I,3))
1530 SDI = SDI + (KA(I,4) - KA(I,1))^2
1540 KARAT = KARAT + KA(I,2)
1550 PRINT USING " ##          ####   ###.####
      ###.####   ###.####   ###.####"
      ;I+1;KA(I,0);KA(I,2);KA(I,3);KA(I,1);KA(I,4)
1560 WRITE #1,I+1,KA(I,0),KA(I,2),KA(I,3),KA(I,1),KA(I,4)
1562 OI = KA(I,1)
1564 EI = KA(I,4)
1566 KHI = KHI + (OI-EI)^2/EI
1570 NEXT I

```


Lampiran 35. Nilai koefisien rehidrasi kubis

Perlakuan	Suhu (°C)	Kecepatan udara pengering (m/detik)	B ₀ sebelum rehidrasi (gram)	B _a sesudah rehidrasi (gram)	koefisien rehidrasi
Segar	45	0.5	0.49	1.63	3.33
Segar	45	0.75	0.38	1.36	3.58
Segar	45	1.0	0.80	3.20	4.00
Segar	45	1.25	0.34	1.81	5.32
Segar	50	0.5	0.80	3.13	3.91
Segar	50	0.75	0.79	2.88	3.65
Segar	50	1.0	0.78	3.23	4.14
Segar	50	1.25	0.42	1.88	4.48
Segar	55	0.5	0.34	1.73	5.09
Segar	55	0.75	0.80	3.10	3.88
Segar	55	0.50	1.87	2.63	5.26
Segar	55	1.25	0.31	1.38	4.45
Segar	60	0.5	1.51	5.75	3.81
Segar	60	0.75	0.81	4.07	5.02
Segar	60	1.0	0.54	2.78	5.15
Segar	60	1.25	0.37	1.82	4.92
Blansir	45	0.5	0.47	1.39	2.96
Blansir	45	0.75	0.36	1.27	3.53
Blansir	45	1.0	0.79	2.52	3.19
Blansir	45	1.25	0.34	1.32	3.88
Blansir	50	0.5	1.13	3.62	3.20
Blansir	50	0.75	0.81	3.43	4.23
Blansir	50	1.0	0.79	2.88	3.65
Blansir	50	1.25	0.47	1.91	4.06
Blansir	55	0.5	0.41	2.02	4.93
Blansir	55	0.75	0.80	3.49	4.36
Blansir	55	1.0	0.35	1.65	4.71
Blansir	55	1.25	0.39	1.42	3.64
Blansir	60	0.5	1.51	5.47	3.62
Blansir	60	0.75	0.81	3.45	4.26
Blansir	60	1.0	0.54	2.20	4.07
Blansir	60	1.25	0.37	1.68	4.54

DAFTAR PUSTAKA

- Adi P. W. 1991. Mempelajari Karakteristik Pengeringan Lapisan Tipis Bawang Putih dan Kacang Tanah. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, IPB. Bogor.
- Arpi, N. 1981. Mempelajari Pengaruh Jenis Kubis, Macam Sulfitasi Dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Kubis Kering. Skripsi. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Asandhi A.A. 1989. Penelitian dan Pengembangan Sayuran dan Tanaman Hias Dalam Repelita IV Untuk Mencapai Sistem Pertanian Tangguh. Penerbit Balai Penelitian Hortikultura, Lembang.
- Barley, S.D., M.L. Bazinet, J.L. Driscoll dan A.I. Mc Carthy. 1960. The volatile sulfur components of cabbage. J. Food Sci. 39(3):1963
- ✓ Balley, L.H. 1963. The Standard Cyclopedia of Horticulture. The Mac Millan Company. New York.
- BPS. 1991. Statistika Industri. Jakarta.
- Brooker, D.B., F.W. Bakker dan C.W. Hall. 1974. Drying Cereal Grains. The AVI Publishing Book Inc., New York.
- Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet dan M. Wooton. 1978. Food Science. Australian-Asian Universities Cooperation Scheme. New South Wales. Kensington, Australia.
- Choiril Anwar. 1987. Model Matematika Pengeringan Lapisan Tipis Cengkeh. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, IPB. Bogor.
- Crank, J. 1957. The Mathematical of Diffusion. Oxford University Press, New York.
- Desrosier, N.W. 1977. Elements of Food Technology. The AVI Publishing Book Inc., New York.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan R.I., 1972. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pertanian. 1974. Kubis. Dok. Indon. V. Indonesia.

- Edmond, J.B., A.M. Musser dan F.S. Andrews. 1957. Fundamentals of Horticulture. Mc Graw Hill Book Co. Inc., New York, Toronto, London.
- Hall, C.W. 1957. Drying Farm Crops. Avi Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Hall, C.W. 1980. Drying and Storage of Agriculture Process Engineering. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Heldman, D.R. dan R.P. Singh. 1981. Food Process Engineering. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Henderson, S.M. dan R.L. Perry. 1976. Agricultural Process Engineering. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Henderson, S.M. dan S. Pabis. 1961. Grain Drying Theory. Di dalam Temperature effect on drying coefficient. Journal of Agriculatural Research 6(3):169
- Ishak Syah. 1993. Mempelajari Karakteristik Pengeringan Jamur Merang. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, IPB. Bogor.
- Labuza. 1968. Sorption phenomena in food. J. of Food Tech. 22 : 263.
- Luh, B.S. dan J.G. Woodroof. 1988. Commercial Vegetable Processing. Reinhold Publishing. New York.
- Luikov. 1966. Di dalam Brooker, D.B., F.W. Bakker dan C.W. Hall. 1974. Drying Cereal Grains. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Mizrahi, G.J. H.E. Prescott dan C.J. Cante. 1970. On rehydration and respiration of dry and partially dried vegetables. J. Food Sc. 39 : 681
- Mustika, Y.D. 1992. Mempelajari Karakteristik Pengeringan Bawang Daun. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, IPB. Bogor.
- Niewhoff, M. 1969. Cole Crops. Leonard Hill Publishing. London.
- Nishiyama, Y. 1982. Deep layered grain simulation by sphere drying model. J. of the Fac. of. Agric. Iwate University 16(1):49

- Ochse, J.J. dan Brink. 1977. Vegetable of The Dutch East Indies. A. Asher and Co. Publishing. Amsterdam.
- Page, G. 1949. Di dalam Chinnan, M.S. 1980. Drying of fully exposed in shell pecans. ASAE paper 80:3554.
- Paul, W. dan J. Carew. 1955. Vegetable Production and Marketing. Willey Eastern Private Limited Publishing. New Delhi.
- Patmadiwiria I. 1992. Mempelajari Karakteristik Pengeringan Nangka. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, IPB. Bogor.
- Pracaya. 1992. Kol alias Kubis. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.
- Shoemaker J.S., Benyamin dan J.E. Tuskey. 1955. Practical Horticulture. Willey Eastern Private Limited Publishing. New Delhi.
- Soedarmo dan Sediaoetama. 1977. Ilmu Gizi. Penerbit Dian Rakyat. Jakarta.
- Soenardjono, H. 1976. Pengantar Pengetahuan Dasar Hortikultura. Penerbit N.V. Masa Baru. Jakarta.
- Somogyi L.P. dan B.S. Luh. 1981. Di dalam B.S. Luh dan J.G. Woodroof. 1988. Commercial Vegetable Processing. Reinhold Publishing. New York.
- Thahir R., 1986. Analisa Pengeringan Gabah Berdasarkan Model Silindris. Tesis. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Thompson, H.C. dan W.C. Kelly. 1957. Vegetable Crops. Mc Graw Hill Book Co. Inc., New York, Toronto, London.
- Van Arsdell W.B., Copley dan Morgan. 1973. Food Dehydration. The AVI Publishing Co. Inc., Westport Connecticut.
- Walpole, R.E. dan R.H. Myers. 1978. Probability and Statistics for Engineers and Scientists, Macmillan Publishing Co. Inc., New York.
- Whitaker, T.B. dan J.H. Young. 1972. Simulation of moisture movement in peanut kernels : evaluation of diffusion equation. Trans. of ASAE 15(1):163

