



**KINETIKA PERPINDAHAN MASSA AIR BIJI PEPAYA PADA PROSES
PENGERINGAN INFRAMERAH**

SKRIPSI

Oleh:

**Savira Indriani Dimulyo
NIM 111710201036**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Sutarsi, S.TP., M.Sc.

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**KINETIKA PERPINDAHAN MASSA AIR BIJI PEPAYA PADA PROSES
PENGERINGAN INFRAMERAH**

SKRIPSI

Oleh:

**Savira Indriani Dimulyo
NIM 111710201036**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**KINETIKA PERPINDAHAN MASSA AIR BIJI PEPAYA PADA PROSES
PENGERINGAN INFRAMERAH**

SKRIPSI

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

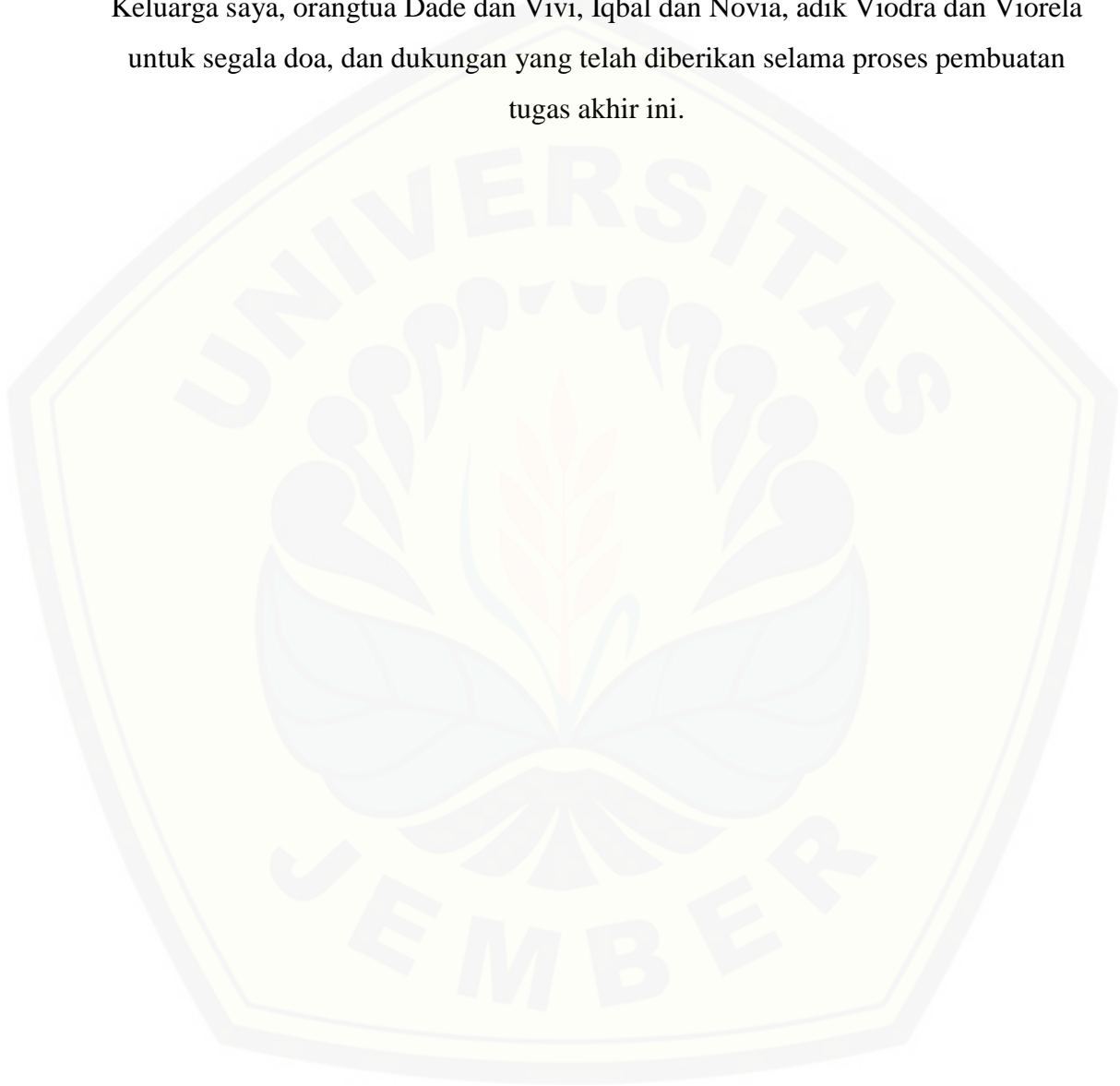
oleh
Savira Indriani Dimulyo
NIM 111710201036

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Keluarga saya, orangtua Dade dan Vivi, Iqbal dan Novia, adik Viodra dan Viorela
untuk segala doa, dan dukungan yang telah diberikan selama proses pembuatan
tugas akhir ini.





MOTO

*Sukses dapat diraih dengan usaha, do'a, dan keikhlasan. Percaya bahwa takdir
Allah tidak akan pindah sedikit pun.*

(Savira)

*Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau
sudah selesai (mengejar yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu.*

(Q.S Al Insyirah : 6-8)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Savira Indriani Dimulyo

NIM : 111710201036

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul **“Kinetika Perpindahan Massa Air Biji Pepaya pada Proses Pengeringan Inframerah”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Januari 2017

Yang menyatakan,

Savira Indriani Dimulyo

NIM 111710201036

SKRIPSI

**KINETIKA PERPINDAHAN MASSA AIR BIJI PEPAYA PADA PROSES
PENGERINGAN INFRAMERAH**

Oleh

Savira Indriani Dimulyo
NIM 111710201036

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Sutarsi, S.TP., M.Sc.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kinetika Perpindahan Massa Air Biji Pepaya Pada Proses Pengeringan Inframerah” telah diuji dan disahkan pada:

Hari/Tanggal : 13 Januari 2017

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

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

Sutarsi, S. TP., M. Sc.
NIP.198109262005012002

Tim Penguji

Ketua

Anggota

Ir. Setiyo Harri M.S.
NIP.195309241983031001

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

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P.
NIP. 196912121998021001

RINGKASAN

Kinetika Perpindahan Massa Air Biji Pepaya Pada Proses Pengeringan Inframerah; Savira Indriani Dimulyo, 111710201036; 2016: 83 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Biji pepaya dapat diolah menjadi minyak dan tepung. Biji pepaya dikonsumsi oleh manusia untuk menurunkan kadar kolesterol dalam tubuh. Konversi biji pepaya menjadi minyak dan tepung memerlukan proses pengeringan dengan berbagai cara. Pengeringan juga bertujuan untuk daya simpan biji pepaya menjadi lebih panjang.. Biji pepaya dapat dikeringkan dengan alternatif lain yaitu menggunakan *Oven*, *Microwave*, *Fluidized bed*, dan Inframerah. Metode pengeringan inframerah menjadi alternatif karena memiliki kelebihan dalam hal efisiensi energi dan waktu serta terhadap karakteristik produk yang dihasilkan. Kelebihan metode ini menjadikan metode inframerah diterapkan dalam pengeringan biji pepaya. Salah satu parameter dalam pengeringan biji pepaya adalah laju pengeringan atau laju perpindahan massa air. Parameter tersebut dipengaruhi oleh suhu, maka dilakukan analisis mengenai pengaruh suhu pada pengeringan inframerah terhadap laju pengeringan biji pepaya.

Penelitian dilaksanakan untuk mengetahui tentang karakteristik pengeringan biji pepaya menggunakan metode pengeringan inframerah. Pengeringan biji pepaya dilakukan dengan beragam suhu. Pengamatan yang dilakukan berupa pindah massa air oleh biji pepaya selama pengeringan berlangsung. Data yang di analisis berupa laju pengeringan, model pengeringan, dan rasio rehidrasi.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa biji pepaya masih memiliki kandungan air yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 65,117%bb–68,070%bb. Laju pengeringan terbesar yaitu 7,189%bk/menit terdapat pada suhu 100°C. Semakin besar media pemanas dengan biji pepaya, semakin cepat pindah panas ke dalam biji pepaya, sehingga penguapan air dari biji pepaya akan lebih meningkat. Uji validitas dilakukan pada model Page dan model Wang & Singh. Hasil Uji

validitas Nilai R^2 dan RMSE terbaik terdapat pada model Wang & Singh. Model Wang & Singh merupakan model yang sesuai untuk karakteristik pengeringan biji pepaya menggunakan pengeringan inframerah. Koefisien rehidrasi biji pepaya tertinggi yaitu pada suhu 100°C dengan nilai 2,702. Semakin meningkat suhu pengeringan, semakin meningkat rasio rehidrasi.



SUMMARY

Mass Water Transfer Kinetics of Papaya Seeds on Infrared Drying Process; Savira Indriani Dimulyo, 111710201036; 2016: 83 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Papaya seeds can be processed into oil and flour. Papaya seeds may be consumed by human to lower cholesterol levels in their body. The conversion of papaya seeds into powdery or oil forms will need a drying process that can be done in several ways. Drying also aims to storability of papaya seeds becomes longer.. Papaya seeds can be dried with other alternative is the use oven, microwave, fluidized bed, and infrared. Infrared drying is one of the option methods, which has some advantages in terms of energy and time efficiency and the final product characteristics. The advantages of this method makes the infrared method applied in the papaya seeds drying. One parameter drying papaya seeds are drying rate or the rate of mass water transfer. Analysis conducted is about infrared drying effect of temperature on the rate of drying papaya seeds.

The research was conducted to find out about the characteristics of drying papaya seeds using the infrared drying method. The experimental infrared drying of papaya seeds was performed with a variety of temperatures from 50 to 100°C. Thus the aim of the present research was to determine the water mass transfer characteristic of papaya seed during infrared drying, model drying, and the rehydration properties of final product.

Based on the results of research that papaya seeds still have water content is high enough that ranges 65,117%*bb*–68,070%*bb*. As expected, the highest drying rate of about 7,189%*db*/min was obtained at temperature 100°C. The greater temperature difference between the heating medium with papaya seeds, the faster moving heat into the papaya seeds, so that evaporation of water from papaya seeds increased. Validity test carried out on the model page and model Wang & Singh. Test results validity R^2 and RMSE best value contained in the model of Wang and Singh. Model Wang and Singh is an appropriate model to the characteristics of papaya seeds drying using infrared drying. The highest

rehydration coefficient of papaya seeds was 2,702 and shown at drying temperature 100°C. An increase in drying temperature, increased the rehydration ratio.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Kinetika Perpindahan Massa Air Biji Pepaya Pada Proses Pengeringan Inframerah”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universtitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi untuk penyelesaian skripsi ini;
2. Sutarsi, S.TP., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi untuk penyelesaian skripsi ini;
3. Ir. Muharjo Pudjojono selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian yang telah membantu dalam penulisan naskah skripsi;
4. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;
5. Keluarga saya, orangtua Dade dan Vivi, Iqbal dan Novia, adik Viodra dan Viorela yang selalu memberikan doa dan dukungan setiap waktu;
6. Teman-teman seperjuangan TEP 2011 Sayyidah, Esa, Agil, Pujo, Fadol, Amsani, Panda, Alfani, Vikri, Ubed, Haris, Ardika, Ayin, Vrita, Tiara, Rima, Mika, Eni, Lastri, Alen, Irma, Clara, Judik, Taufik, Juned, Didi, Ade, Doni, Betty, Wendy, Tacik, Mama Beta, Dewi, Samsul, Fifi, Tanjung, Hariyadi, Agung, Dani, Fauqi, Ugis, Gagah, Dian, Inak, Sinta, Dini, Kecap, Didik, Afif, Men, Anang, Tirta, Teguh, Kukuh, Azis, dan Farid yang telah membantu dan memberikan informasi serta dukungan selama ini;
7. Seluruh keluarga besar mahasiswa FTP dan HMJ IMATEKTA;

8. Teman-teman IMATETANI (Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia) yang telah membantu dengan saling berbagi literatur;
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik do'a, tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua orang.

Jember, 13 Januari 2017

Penulis



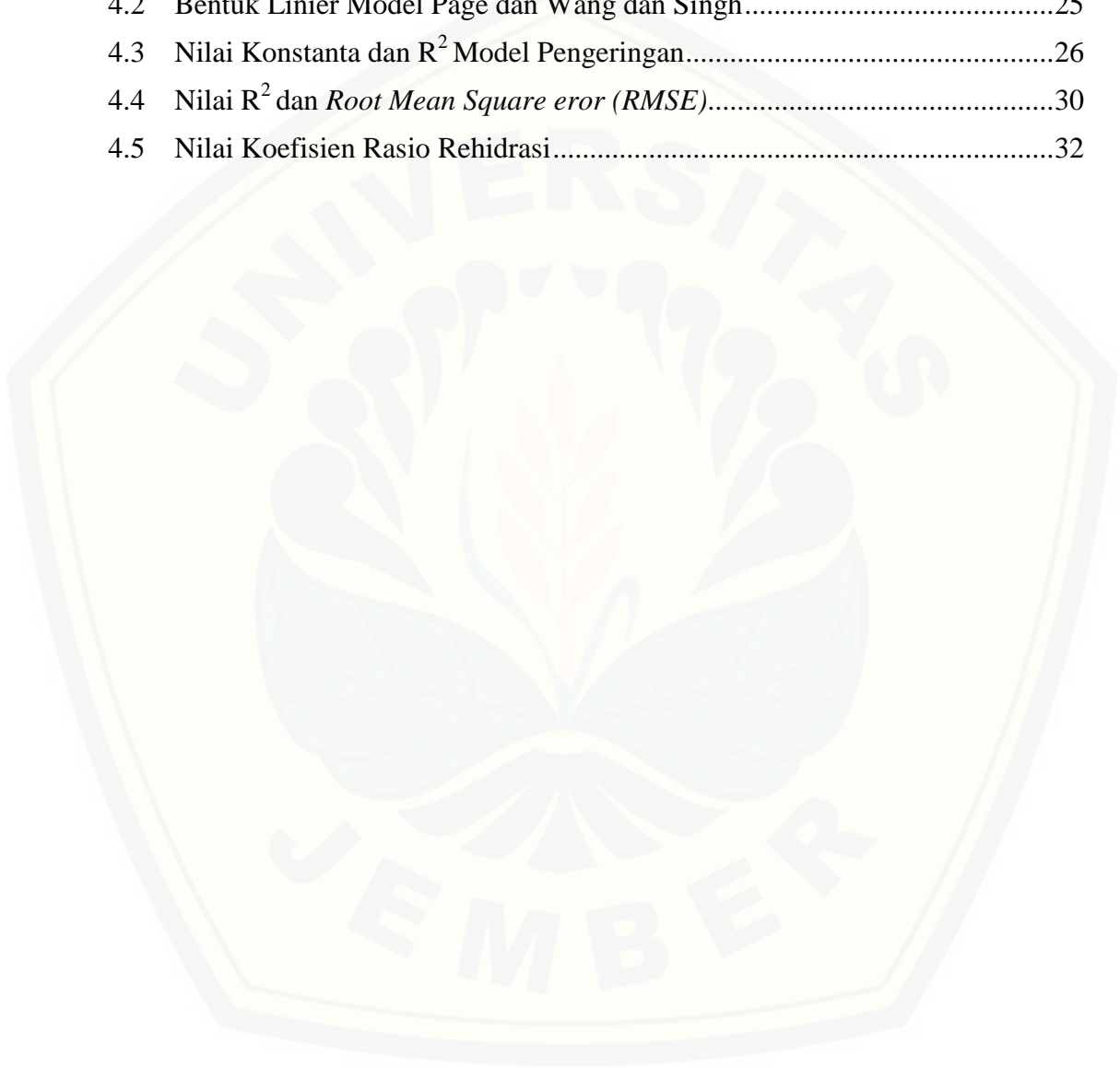
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY.	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Latar Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pemanfaatan Biji pepaya	4
2.2 Teori Pengeringan.....	5
2.2.1 Faktor Kecepatan Pindah Panas dan Massa.....	5
2.2.2 Kadar Air	7
2.3 laju Pengeringan	7
2.4 Metode Pengeringan Inframerah	9
2.5 Parameter Mutu Produk Hasil Pengeringan	10
2.5.1 Kadar Air	10
2.5.2 Warna.....	10
2.5.3 Cita Rasa	10
2.5.4 Rasio Rehidrasi	11

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	12
3.2.1 Bahan	12
3.2.2 Alat.....	12
3.3 Pelaksanaan Penelitian	13
3.3.1 Deskripsi Alat Pengeringan	14
3.3.2 Prosedur Penyiapan Bahan	14
3.3.3 Rancangan Penelitian.....	15
3.3.4 Parameter Diukur	15
3.4 Pengukuran Kadar Air Awal.....	16
3.5 Analisis Data.....	16
3.5.1 Kadar Air Awal.....	16
3.5.2 Kadar Air Bahan	16
3.5.3 Perubahan Kadar Air Selama Pengeringan.....	17
3.5.4 Laju Pengeringan	18
3.5.5 Uji Validitas	18
3.5.6 Pengukuran Rasio Rehidrasi	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Proses Pengeringan Biji Pepaya	20
4.2 laju Pengeringan	22
4.3 Moisture Ratio (Rasio Kelembaban).....	24
4.4 Model Pindah Massa Proses Pengeringan Biji Pepaya	25
4.5 Uji Validitas.....	26
4.6 Rasio Rehidrasi	31
4.6.1 Pengaruh Suhu Terhadap Rasio rehidrasi	32
BAB 5. PENUTUP.....	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Rancangan Percobaan	15
4.1 Kadar Air dan Durasi Pengeringan Biji Pepaya.....	20
4.2 Bentuk Linier Model Page dan Wang dan Singh.....	25
4.3 Nilai Konstanta dan R^2 Model Pengeringan.....	26
4.4 Nilai R^2 dan <i>Root Mean Square error (RMSE)</i>	30
4.5 Nilai Koefisien Rasio Rehidrasi.....	32

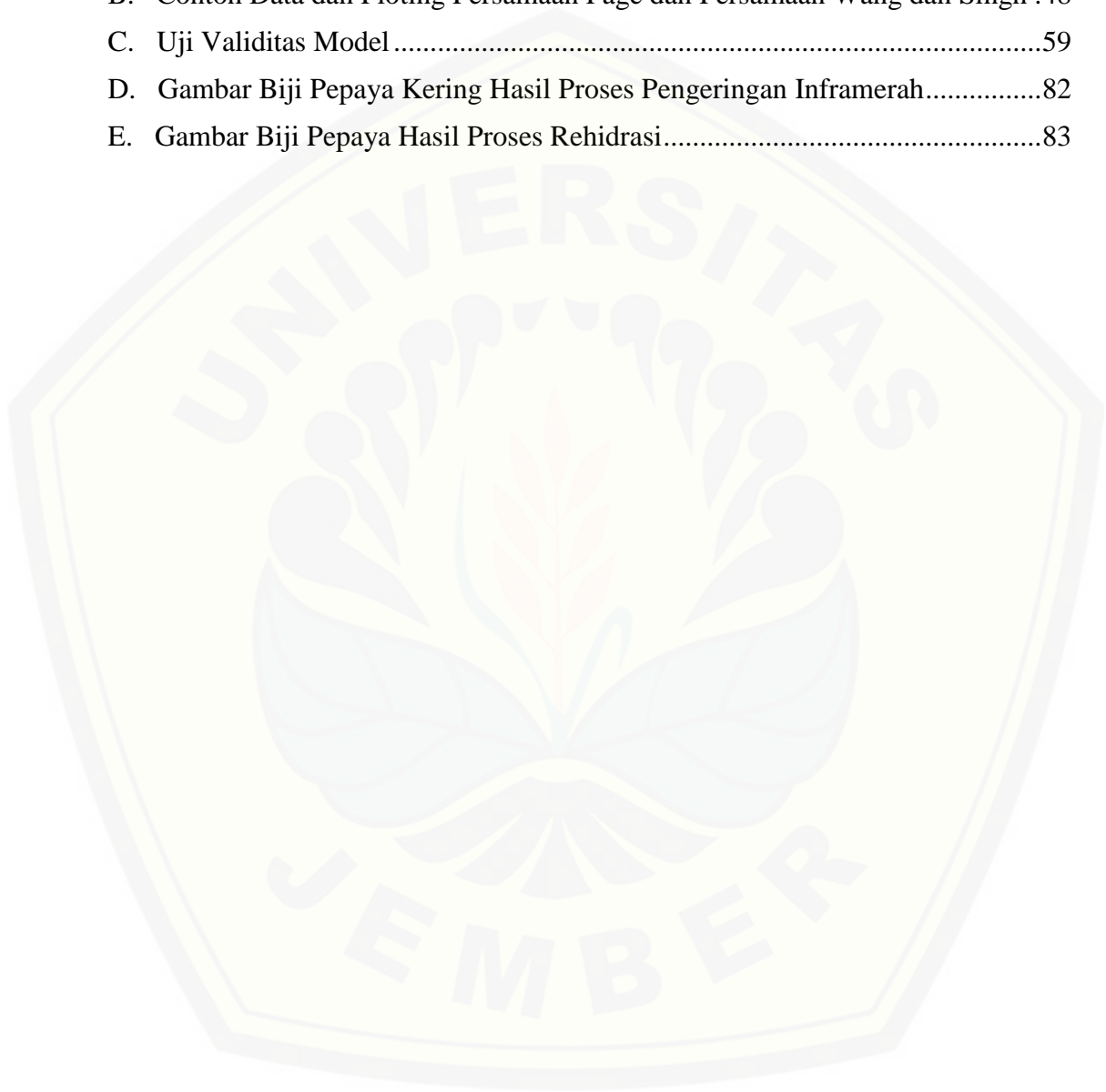


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kurva Pengeringan.....	8
3.1 Diagram Alir Penelitian	13
3.2 OHAUS MB23/MB25 <i>Moisture Analyzer</i>	14
4.1 Hubungan Penurunan Kadar Air Biji Pepaya dan Waktu Pengeringan.....	21
4.2 Hubungan Laju Pengeringan Biji Pepaya dengan Waktu Menggunakan Pemanas Inframerah pada Beragam Suhu	22
4.3 Hubungan Moisture Ratio (MR) dengan Waktu Selama Proses Pengeringan.....	24
4.4 Hubungan MR Data, Page dan Wang dan Singh pada Suhu 50°C	27
4.5 Hubungan MR Data, Page dan Wang dan Singh pada Suhu 60°C	27
4.6 Hubungan MR Data, Page dan Wang dan Singh pada Suhu 70°C	28
4.7 Hubungan MR Data, Page dan Wang dan Singh pada Suhu 80°C	28
4.8 Hubungan MR Data, Page dan Wang dan Singh pada Suhu 90°C	29
4.9 Hubungan MR Data, Page dan Wang dan Singh pada Suhu 100°C	29
4.10 Nilai Rasio Rehidrasi Biji Pepaya pada Beragam Suhu Pengeringan Inframerah	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Data Hasil Perhitungan Kadar Air dan Laju Pengeringan Biji Pepaya.....	37
B. Contoh Data dan Ploting Persamaan Page dan Persamaan Wang dan Singh .	48
C. Uji Validitas Model	59
D. Gambar Biji Pepaya Kering Hasil Proses Pengeringan Inframerah.....	82
E. Gambar Biji Pepaya Hasil Proses Rehidrasi.....	83



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pepaya berasal dari Amerika dan merupakan tanaman yang cukup banyak dibudidayakan di Indonesia. Buah pepaya dapat dinikmati setiap saat karena pohon pepaya berbuah setiap tahun. Produksi pepaya Indonesia meningkat dilihat dari tahun 2009 yaitu 772.844 ton dan tahun 2013 mencapai 871.282 ton (BPS, 2015). Peningkatan produksi terjadi karena buah pepaya sangat digemari oleh berbagai kalangan. Buah pepaya memiliki rasa yang manis dan memiliki banyak manfaat untuk kesehatan manusia.

Manfaat pepaya tidak hanya pada buahnya saja. Biji pepaya memiliki keunggulan yang sering diabaikan oleh konsumen buah pepaya. Biji pepaya dapat dimanfaatkan untuk kesehatan manusia sebagai obat cacangan dan mengandung fitokimia yang berguna untuk menurunkan kadar kolesterol dalam tubuh. Limbah biji pepaya dapat diolah selain sebagai bahan baku obat, juga dapat diolah menjadi minyak dan tepung. Biji pepaya yang telah kering digiling atau ditumbuk hingga menjadi tepung, kemudian tepung tersebut diekstraksi untuk diambil minyaknya (Rukmana, 1995:16).

Konversi biji pepaya menjadi minyak dan tepung memerlukan proses pengeringan dengan berbagai cara. Pengeringan juga bertujuan untuk daya simpan biji pepaya menjadi lebih panjang. Selain dikeringkan dengan sinar matahari dapat dikeringkan dengan alternatif lain yaitu menggunakan *oven*, *microwave*, *fluidized bed*, dan inframerah. Metode pengeringan inframerah menjadi alternatif, karena memiliki kelebihan dalam hal efisiensi energi dan waktu serta terhadap karakteristik produk yang dihasilkan. Kelebihan metode ini menjadikan metode inframerah diterapkan dalam pengeringan biji pepaya. Salah satu parameter dalam pengeringan biji pepaya adalah laju pengeringan atau laju perpindahan massa air yang keduanya dipengaruhi oleh suhu. Biji pepaya setelah dikeringkan akan mengalami perubahan mutu yang salah satunya diukur dengan sifat rehidrasi. Kesuksesan suatu pengeringan dapat dilihat jika kemampuan rehidrasi tinggi.

Sehingga diperlukannya analisis mengenai kinetika perpindahan massa air biji pepaya pada proses pengeringan inframerah.

1.2 Rumusan Masalah

Metode pengeringan inframerah merupakan salah satu metode yang berpotensi karena proses pengeringan ini lebih efisien dalam hal energi dan waktu dibandingkan dengan pengeringan lain. Manfaat biji pepaya sangat banyak dan dibutuhkan oleh manusia sehingga pemanfaatan biji pepaya sangat diminati apalagi dalam hal kesehatan. Studi tentang pengeringan biji pepaya menggunakan pengeringan inframerah belum banyak ditemukan dan sangat berpotensi untuk dikembangkan. Sehingga penelitian dilakukan dengan tujuan untuk melakukan studi pengaruh suhu terhadap karakteristik pengeringan biji pepaya, laju pengeringan, dan sifat rehidrasi biji pepaya hasil pengeringan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah mempelajari proses pengeringan biji pepaya menggunakan pengeringan inframerah, dan tujuan khusus dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menentukan kinetika perpindahan massa air dari biji pepaya selama pengeringan menggunakan pemanas inframerah.
2. Mengevaluasi pengaruh suhu pengeringan terhadap laju pengeringan.
3. Menentukan koefisien rehidrasi biji pepaya hasil pengeringan menggunakan inframerah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang karakteristik pengeringan biji pepaya menggunakan pemanas inframerah.
2. Mengetahui perubahan kinetika perpindahan massa air dari biji pepaya selama proses pengeringan menggunakan pemanas inframerah.
3. Mengetahui pengaruh suhu terhadap laju pengeringan.
4. Mengetahui koefisien rehidrasi biji pepaya setelah pengeringan menggunakan pemanas inframerah dilakukan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanfaatan Biji Pepaya

Biji pepaya berbentuk agak bulat dengan panjang kira-kira 5 mm. Bagian biji terdiri dari embrio, jaringan bahan makanan, dan kulit biji. Kulit biji pepaya berwarna hitam dengan permukaan kasar, bergerigi, membentuk alur-alur sepanjang biji, tebal, dan keras. Dalam satu gram biji pepaya terdapat 45-50 buah. Sewaktu masih melekat pada buah, biji dilapisi oleh suatu lapisan kulit biji yang berwarna keputihan, lunak, dan agak bening. Biji yang akan digunakan untuk benih atau akan disimpan harus dibersihkan dari lapisan ini. Cara membersihkan dapat secara langsung atau dengan cara fermentasi, yaitu dengan membiarkan biji-biji tersebut selama 2-3 hari baru kemudian dicuci dengan air sampai bersih (Kalie, 2008:38).

Biji pepaya dapat diolah lebih lanjut menjadi minyak dan tepung. Berdasarkan hasil analisis fitokimia ekstrak biji pepaya memiliki kandungan *alkaloid, flavanoid, tanin, saponin, arhraqinones, dan anthocyanoside*. Kandungan fitokimia tersebut mempunyai efek hipolipidemia dan antioksidan dalam darah sehingga secara signifikan dapat menurunkan kadar kolesterol. Minyak biji pepaya berwarna kuning dan mengandung asam *oleat* (71,60%), asam *palmiat* (15,13%), asam *linoleta* (7,68%), asam *atrearat* (3,60%), dan asam-asam lemak lainnya dalam jumlah presentase yang kecil. Asam lemak tak jenuh seperti asam *oleat* dan *linoleat* berguna bagi manusia yang sedang diet atau ingin mengurangi berat badan. Dari setiap ton buah pepaya akan dihasilkan sekitar 580kg limbah, dan 130kg diantaranya berupa limbah biji yang dapat menghasilkan 12kg minyak (Rukmana, 1995:16).

Menurut Rukmana (1995:16) cara membuat minyak dari biji pepaya adalah sebagai berikut :

1. Rendam biji pepaya dalam air bersih agar kulit luar biji (membran *sarcolesta*) mengembang, sehingga mudah dilepaskan dari bijinya.
2. Biji pepaya tadi dibilas dan dicuci sampai bersih hingga tidak mengandung lendir lagi.

3. Keringkan biji pepaya dengan cara dihamparkan pada tampah di udara terbuka.
4. Biji pepaya yang telah kering segera dimasukkan ke dalam suatu ruang yang berisi gas nitrogen pada suhu 18°C.
5. Biji pepaya yang telah kering digiling atau ditumbuk hingga menjadi tepung, kemudian tepung tersebut diekstraksi untuk diambil minyaknya.
6. Biji pepaya yang telah ditumbuk halus kemudian dicampur sedikit larutan cuka, berkhasiat untuk mengeluarkan keringat bagi penderita yang masuk angin.
7. Biji pepaya dapat digunakan sebagai obat cacingan.

2.2 Teori Pengeringan

Pengeringan merupakan metode pengawetan dengan cara pengurangan kadar air dari bahan pangan sehingga daya simpan menjadi lebih panjang. Perpanjangan daya simpan terjadi karena aktivitas mikroorganisme dan enzim menurun sebagai akibat dari air yang dibutuhkan untuk aktivitasnya tidak cukup. Tujuan lain dari pengeringan adalah untuk diversifikasi produk seperti inovasi pada produk sereal instan dan minuman instan. Prinsip proses pengeringan adalah proses terjadinya pindah panas dari alat pengeringan dan difusi air (pindah massa) dari bahan yang dikeringkan. Pindah massa air tersebut memerlukan perubahan fase air dari cair menjadi uap atau dari beku menjadi uap (pada pengeringan beku) (Estiasih dan Ahmadi, 2011:87-88).

2.2.1 Faktor Kecepatan Pindah Panas dan Massa

Menurut Estiasih dan Ahmadi (2011:101-104) faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pindah panas dan massa selama proses pengeringan adalah sebagai berikut :

a. Luas Permukaan

Ukuran bahan semakin kecil akan menyebabkan permukaan dapat kontak dengan medium pemanas lebih banyak. Luas permukaan yang tinggi juga menyebabkan air lebih mudah berdifusi atau menguap dari bahan pangan sehingga lebih cepat kering. Ukuran yang lebih kecil menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas.

b. Suhu

Pada umumnya semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Semakin tinggi suhu udara, semakin banyak uap air yang dapat ditampung oleh udara tersebut sebelum terjadi kejenuhan. Dapat disimpulkan bahwa udara bersuhu tinggi lebih cepat mengambil air dari bahan pangan sehingga proses pengeringan lebih cepat.

c. Kecepatan Pergerakan Udara

Udara yang bergerak atau bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingkan dengan udara diam. Dapat disimpulkan bahwa, semakin cepat pergerakan/sirkulasi udara, proses pengeringan akan semakin cepat. Prinsip ini yang menyebabkan beberapa proses pengeringan menggunakan sirkulasi udara atau udara yang bergerak seperti pengeringan kabinet, *tunnel dryer*, pengeringan semprot, dan lain-lain.

d. Kelembaban Udara

Udara yang kering lebih cepat mengambil uap air sehingga kecepatan pengeringan lebih tinggi. Kelembaban udara menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkan bersifat *higroskopis* yang dapat menyerap air dari udara sekitar. Jika udara sekitar bahan kering tersebut mengandung uap air tinggi atau lembab, maka kecepatan penyerapan uap air oleh bahan pangan tersebut akan semakin cepat. Proses penyerapan akan terhenti sampai kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan tersebut tercapai. Kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan adalah kelembaban pada suhu tertentu dimana tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penyerapan uap air dari udara oleh bahan pangan.

2.2.2 Kadar Air

Menurut Estiasih dan Ahmadi (2011:102) kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan. Dalam hal ini terdapat dua metode untuk menentukan kadar air bahan tersebut yaitu berdasarkan bobot kering (*dry basis*) dan berdasarkan bobot basah (*wet basis*). Dalam penentuan kadar air bahan hasil pertanian biasanya dilakukan berdasarkan bobot basah (*wet basis*). Kadar air basis basah dapat ditentukan dengan Persamaan 2.1.

$$m = \frac{wt-wd}{wt} \times 100\% = \frac{wm}{wt} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan : m = kadar air basis basah (%bb)
 Wm = berat air dalam bahan (g)
 Wd = berat bahan kering (g)
 Wt = berat total (g)

Kadar air basis kering (%bk) merupakan perbandingan antara berat air dalam bahan dengan berat padatan yang ada dalam bahan. Kadar air berat kering ditentukan dengan Persamaan 2.2.

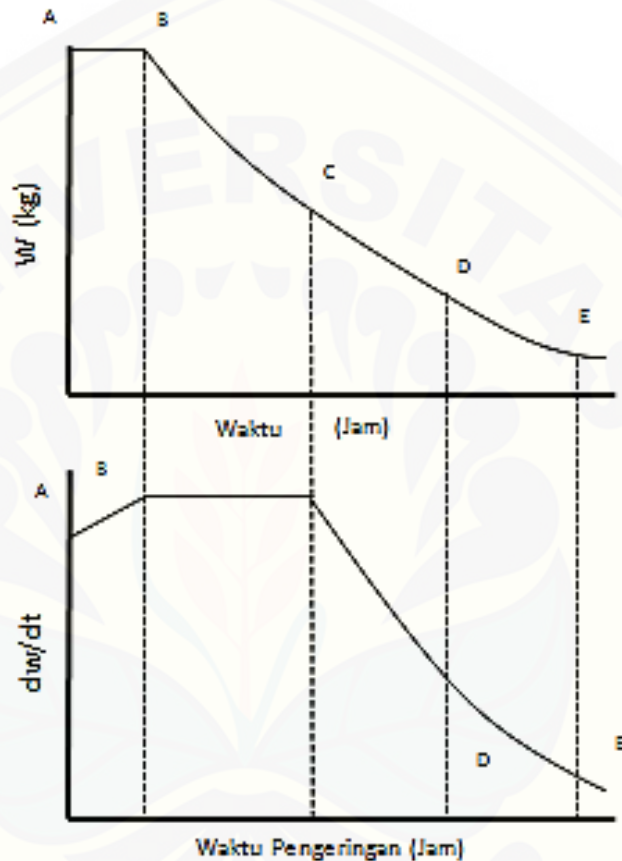
$$m = \frac{wt-wd}{wt-wm} \times 100\% = \frac{wm}{wd} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan : m = kadar air basis basah (%bk)
 Wm = berat air dalam bahan (g)
 Wd = berat bahan kering (g)
 Wt = berat total (g)

2.3 Laju Pengeringan

Menurut Effendi (2009:30-31) laju pengeringan dalam proses pengeringan suatu bahan pangan mempunyai arti penting. Karena laju pengeringan menggambarkan bagaimana cepatnya pengeringan tersebut berlangsung. Laju pengeringan diperlukan untuk merencanakan waktu pengeringan dan untuk memperkirakan ukuran alat yang dipergunakan untuk pengeringan suatu bahan tertentu. Dalam kaitannya dengan ini perlu diketahui berapa lama diperlukan untuk mengeringkan suatu bahan dari suatu kandungan air sampai kandungan air

yang lain dan bagaimana pula pengaruh kondisi udara pengering terhadap waktu tersebut. Seperti halnya kandungan air, kesetimbangan, laju pengeringan suatu bahan juga tidak dapat diramalkan tetapi harus diamati dan ditentukan dengan percobaan-percobaan. Pola penurunan kadar air selama pengeringan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva Pengeringan

1. Tahap penyesuaian akibat pemanasan bahan sampai terjadi penguapan dimulai dari A ke B atau garis AB.
2. Tahap kecepatan pengeringan konstan dimulai dari B ke C atau BC.
3. Tahap kecepatan pengeringan menurun pertama dimulai dari C ke D.
4. Tahap kecepatan pengeringan menurun kedua dimulai dari D ke E.

2.4 Metode Pengeringan Inframerah

Radiasi yang berasal dari sinar terdiri dari beberapa panjang gelombang mulai dari yang sangat pendek sampai yang sangat panjang. Berdasarkan spektrum elektromagnetiknya, radiasi dapat dibedakan atas 2 macam yaitu radiasi panas (*heating radiation*) dan radiasi pengion (*ionizing radiation*). Radiasi panas adalah radiasi yang menggunakan sinar dengan frekuensi yang rendah atau dengan gelombang panjang, misalnya sinar inframerah yang sebagian besar energinya dikeluarkan dalam bentuk panas. Sedangkan radiasi pengion menggunakan sinar dengan frekuensi yang tinggi atau dengan gelombang pendek (Winarno *et al.*, 1980:54).

Radiasi inframerah (panjang gelombang dari 0.78-1000 μm), energi panas yang dihasilkan dapat langsung diserap oleh bahan makanan. Sama seperti *microwave*, frekuensi gelombang dan induksi, radiasi inframerah mentransfer energi panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik dan meliputi bagian dari spektrum elektromagnetik yang berbatasan dengan cahaya tampak dan gelombang mikro (Jun dan Irudayaraj, 2009:114-115). Panas yang dihasilkan dari hasil gesekan molekul air pada pemanas gelombang mikro, sedangkan pada pemanas inframerah diakibatkan energi diserap dan diubah menjadi panas. Tujuan dari pemanasan dengan gelombang mikro dan inframerah adalah menurunkan kadar air, inaktivasi mikroba dan enzim, dan mendapatkan cita rasa tertentu (Estiasih dan Ahmadi, 2011:9-17).

Pemanas inframerah memiliki peranan penting dalam teknologi pengeringan. Sebagian produk sayuran kering dibuat secara konvensional menggunakan pengering udara panas. Namun, metode ini tidak tepat digunakan ketika sayur kering digunakan sebagai bahan makanan instan karena tingkat rehidrasi rendah pada sayuran. Penggunaan teknologi pengeringan inframerah untuk dehidrasi makanan memiliki banyak keuntungan termasuk pengurangan waktu pengeringan, sumber energi alternatif, peningkatan efisiensi energi, suhu yang sama pada produk saat pengeringan, memiliki kualitas produk yang baik setelah pengeringan, dan lebih bersih. Umumnya bahan padat menyerap radiasi

inframerah di lapisan permukaan pipih, tetapi bahan berpori lembab yang ditembus oleh radiasi untuk lebih dalam dan terus menerus tergantung pada kadar air (Jun dan Irudayaraj, 2009:118).

2.5 Parameter Mutu Produk Hasil Pengeringan

2.5.1 Kadar Air

Kadar air sangat berpengaruh terhadap mutu bahan pangan, dalam hal ini merupakan salah satu sebab mengapa di dalam pengolahan pangan air tersebut sering dikeluarkan atau dikurangi dengan cara penguapan atau pengentalan dan pengeringan. Pengurangan air di samping bertujuan mengawetkan juga untuk mengurangi besar dan berat bahan pangan sehingga memudahkan dan menghemat pengepakan. Pada umumnya keawetan bahan pangan mempunyai hubungan erat dengan kadar air yang dikandungnya. Beberapa jenis biji-bijian yang diperdagangkan di pasar mempunyai kadar air tertentu, misalnya beras dengan kadar air sekitar 14 persen atau kacang kedelai dengan kadar air sekitar 8 persen. Pada kadar air tersebut beras dan kacang kedelai mempunyai keawetan dan daya simpan lebih lama dibandingkan dengan keadaan segarnya pada kadar air yang lebih tinggi (Winarno *et al.*, 1980:4).

2.5.2 Warna

Bahan pangan jika dikurangi kadar airnya akan mengandung senyawa-senyawa seperti protein, karbohidrat, lemak, dan mineral dalam konsentrasi yang lebih tinggi, akan tetapi vitamin-vitamin dan zat warna pada umumnya menjadi rusak atau berkurang. Pada umumnya bahan pangan yang dikeringkan berubah warnanya menjadi coklat. Perubahan warna tersebut disebabkan oleh reaksi-reaksi *browning non-enzimatis* yang paling sering terjadi adalah reaksi antara asam organik dengan gula pereduksi, dan antara asam-asam amino dengan gula pereduksi (Winarno *et al.*, 1980:51).

2.5.3 Cita Rasa

Perubahan yang terjadi pada cita rasa bahan pangan biasanya lebih kompleks daripada yang terjadi pada warna bahan pangan. Pada kopi misalnya telah dikenal 200 komponen penyebab cita rasa dan aroma, meskipun masing-masing dalam konsentrasi yang sangat rendah. Zat-zat organik ini sangat sensitif terhadap udara, panas, dan berinteraksi satu sama lain. Cita rasa kopi, susu, daging dan sebagian besar bahan pangan lainnya biasanya tidak stabil, yaitu dapat mengalami perubahan selama penanganan, pengolahan dan penyimpanan (Winarno *et al.*, 1980:15-16).

2.5.4 Rasio Rehidrasi

Menurut Winarno *et al.* (1980:45-48) pengeringan memiliki beberapa keuntungan dan memiliki kerugian. Kerugian dari pengeringan yaitu karena sifat asal dari bahan yang dikeringkan dapat berubah misalnya bentuk, sifat-sifat fisik dan kimianya, penurunan mutu dan lain-lainya. Kerugian yang lainya juga disebabkan karena beberapa bahan kering perlu pekerjaan tambahan sebelum digunakan, misalnya harus dibasahi kembali. Proses pengembalian air ke dalam bahan tersebut disebut rehidrasi. Kebalikan dari proses pengeringan adalah proses rehidrasi yaitu proses pengambilan air kepada bahan kering, misalnya dengan cara merendam bahan yang dikeringkan. Ratio rehidrasi (*rehydration ratio*) adalah perbandingan antara berat bahan setelah rehidrasi dengan berat bahan segar mula-mula.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember pada bulan Juni 2015–Agustus 2015.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji pepaya berasal dari pepaya jenis *California* didapatkan dari pedagang yang berada di daerah Jember.

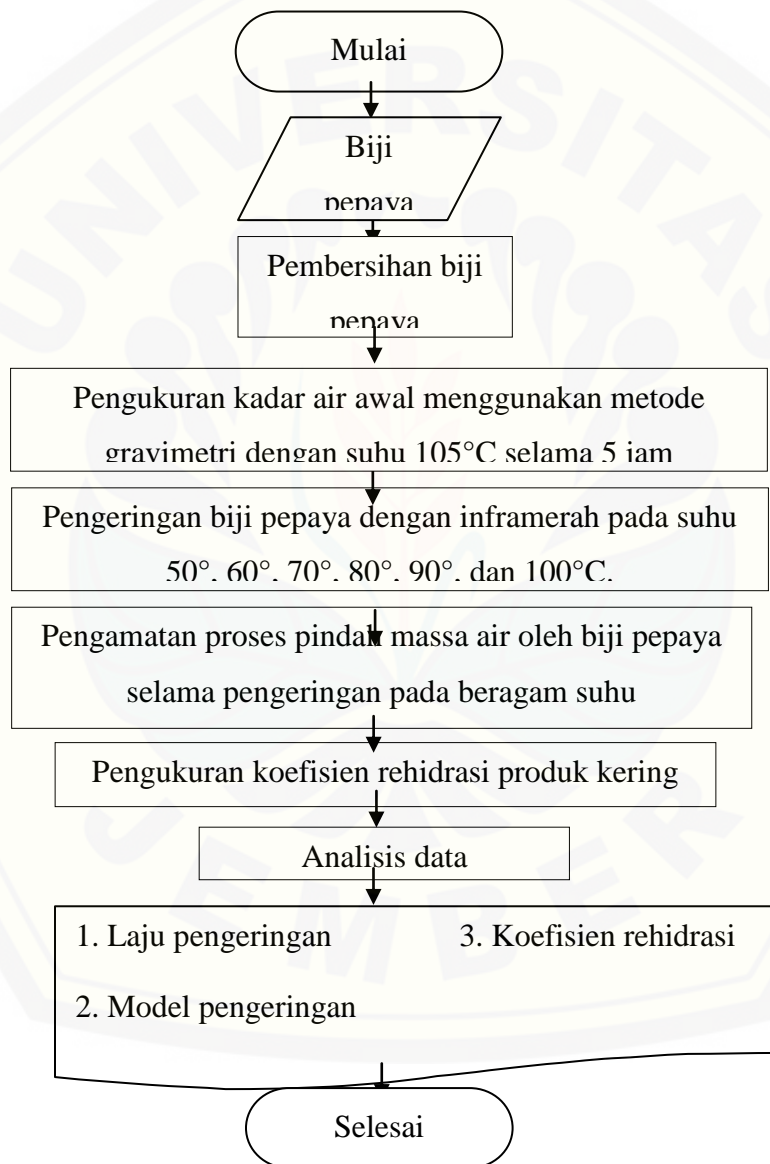
3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian terdiri atas:

OHAUS MB25 *moisture analyzer* memiliki kapasitas 110g dengan berat 2,1kg dan dimensi 28x16,5x12,7 cm; *waterbath*; timbangan digital *ohaus pioneer* (akurasi 0,001g); cawan sampel; eksikator; *oven memmer*; kamera digital; *thermocouple*; wadah kedap udara; label penanda; penjepit; kantong plastik; pisau; sarung tangan plastik.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian mengacu diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Deskripsi Alat Pengering

OHAUS MB25 *Moisture Analyzer* memiliki kapasitas 110g dengan berat 2,1kg, dan dimensi 28x16,5x12,7cm. Diameter *sample pan* yaitu 90mm. Suhu pada alat ini dapat diatur mulai 50°C hingga 160°C. Alat ini dapat menampilkan kadar air %, padatan %, berat, dan waktu pengeringan pada display sehingga lebih cepat, mudah dan efisien (Gambar 3.2).

Alat pengeringan ini memanfaatkan halogen melalui radiasi inframerah sebagai sumber panas. Pengeringan dengan alat ini bahan yang akan dikeringkan tanpa bersentuhan dengan sumber panas. Jumlah energi yang ditransfer besar dalam waktu singkat. Pemanas dilakukan secara halus dengan radiasi menembus ke dalam objek yang akan dipanaskan dan tidak hanya pada permukaan bahan saja.



Gambar 3. 2 OHAUS MB23/MB25 Moisture Analyzer

3.3.2 Prosedur Penyiapan Bahan

Penelitian menggunakan sampel biji pepaya sebanyak 15g. Pengambilan biji dilakukan secara manual dengan membelah buah pepaya menjadi 2 menggunakan pisau. Sebelum digunakan, biji dibersihkan terlebih dahulu dari selaput bening. Sampel yang digunakan diletakan merata pada wadah pengering.

3.3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang dilakukan yaitu mengamati parameter berupa laju pengeringan dan waktu pengeringan. Variabel yang digunakan adalah suhu dan dilakukan selama 3 kali pengulangan. Rancangan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Rancangan Percobaan

Variabel Percobaan (Suhu °C)	Kode	Variabel Pengukuran
50	T1	a. Kadar air
60	T2	
70	T3	
80	T4	b. Koefisien Rehidrasi
90	T5	
100	T6	

Variabel suhu yang digunakan bertujuan untuk semua kegiatan pengolahan yang berkaitan dengan pengeringan biji pepaya. Kegiatan pengolahan biji pepaya seperti pembuatan ekstrak biji pepaya (45- 60°C), minyak biji pepaya, dan tepung biji pepaya. Sehingga suhu yang digunakan mulai dari yang terendah pada alat, yaitu suhu 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, dan 100°C. Tujuan digunakannya suhu tersebut adalah untuk mengetahui perpindahan massa air dari biji pada variasi suhu pengeringan biji pepaya.

3.3.4 Parameter Diukur

Pada penelitian ini, untuk memudahkan proses analisis dan perhitungan, berikut merupakan parameter yang diukur dan diamati, yaitu :

- Berat sampel (biji pepaya), berat sampel yang diukur adalah berat bahan awal, berat bahan akhir, dan penurunan berat bahan selama proses pengeringan.
- Kadar air, kadar air sampel yang diukur adalah kadar air awal, kadar air akhir, dan penurunan kadar air selama proses pengeringan.
- Waktu pengeringan, waktu pengeringan ditentukan hingga kadar air sampel mencapai $\leq 10\%$.

d. Rasio rehidrasi, biji pepaya setelah pengeringan diukur rasio rehidrasinya.

3.4 Pengukuran Kadar Air Awal

Pengukuran kadar air awal didapatkan dari metode gravimetri dengan prosedur sebagai berikut :

1. Cawan dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 1,5 jam.
2. Masukkan cawan yang telah dipanaskan ke dalam desikator selama 15 menit.
3. Timbang cawan tersebut menggunakan neraca analitik.
4. Biji pepaya yang telah ditimbang berat awalnya, dimasukkan ke dalam cawan yang sudah ditimbang dan dipasang kode masing-masing sampel.
5. Cawan yang sudah berisi biji pepaya kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 3 jam dengan suhu 105°C.
6. Sesudah dimasukkan dalam oven, cawan berisikan biji pepaya dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit.
7. Setelah didinginkan, cawan yang berisi biji pepaya ditimbang menggunakan neraca analitik.
8. Kemudian dapat dihitung kadar air menggunakan Persamaan (3.1).

3.5 Analisis Data

3.5.1 Kadar Air Awal

Data berat sampel awal dan berat sampel sesudah dikeringkan menggunakan metode gravimetri, kemudian dapat dicari kadar air awal dengan Persamaan 3.1.

$$\text{Kadar air awal} = \frac{\text{berat sampel akhir} - \text{berat sampel awal}}{\text{berat sampel (g)}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

3.5.2 Kadar Air Bahan

Pengukuran kadar air basis basah dapat dihitung dengan Persamaan (2.1) sedangkan untuk pengukuran kadar air basis kering dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.2). Nilai (me) didapatkan dari pengeringan sampai mencapai berat

konstan. Alat pengeringan inframerah OHAUS akan berbunyi setelah mencapai kadar air kesetimbangan atau berat konstan.

3.5.3 Perubahan Kadar Air Selama Pengeringan

Pengamatan kadar air bahan selama pengeringan berlangsung pada suhu 50, 60, 70, 80, 90, dan 100°C. Data perubahan kadar air biji pepaya tersebut di analisis sebagai laju pengeringan untuk mendapatkan persamaan MR.

Perubahan kadar air selama pengeringan di prediksi dengan Persamaan Page (3.2).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} = \exp^{-kt^N} \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan :

Koefisien k dan N diperoleh dari hasil regresi linier antara $\ln(-\ln(MR))$ dan $\ln t$, sebagai berikut :

$$\ln(-\ln(MR)) = \ln k + N \ln t \dots \dots \dots (3.3)$$

Nilai konstanta k dan N diperoleh dengan cara plotting $\ln(-\ln(MR))$ sebagai sumbu y dan $\ln t$ sebagai sumbu x. Sehingga persamaan tersebut dapat diuraikan menjadi persamaan regresi :

$$Y = a + bx$$

- Dengan y = $\ln(-\ln MR)$,
- a = $\ln k$,
- b = N,
- x = $\ln t$.

- Keterangan : MR = rasio kadar air,
- Mt = kadar air pada saat t,
- Me = kadar air kesetimbangan,
- Mo = kadar air awal.

Untuk perbandingan digunakan Persamaan Wang & Singh, dapat dilihat pada Persamaan 3.4.

$$MR = 1 + at + bt^2 \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

Nilai Konstanta *a* dan *b* diperoleh dari hasil plotting MR sebagai sumbu y dan t sebagai sumbu x.

3.5.4 Laju Pengerinan

Profil laju pengeringan selama pengeringan berlangsung dapat ditentukan dengan Persamaan 3.5.

$$\frac{dM}{dt} = \frac{Mt_1 - Mt_2}{\Delta t} \dots \dots \dots (3.5)$$

- Keterangan :
- $\frac{dM}{dt}$ = laju pengeringan (%bk/menit),
 - Mt_1 = kadar air bahan saat waktu ke- t_1 ,
 - Mt_2 = kadar air bahan saat waktu ke- t_2 ,
 - Δt = selisih t_1 dan t_2 .

3.5.5 Uji Validitas

Uji Validitas dilakukan dengan grafik hasil plotting MR data dan MR prediksi, maka diperoleh nilai *Coefficient of determination* (R^2). Jika nilai R^2 bernilai mendekati 1 maka model yang digunakan memiliki tingkat kesalahan yang kecil (Persamaan 3.6).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(\hat{y} - y_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \dots \dots \dots (3.6)$$

- Keterangan :
- \hat{y} = nilai kadar air prediksi,
 - y_i = nilai kadar air observasi,
 - \bar{y} = nilai rata-rata kadar air observasi.

Uji validasi juga dilakukan dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE). Analisis ini digunakan untuk menguji suatu model dapat ditentukan dengan Persamaan 3.7.

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MRest,i - MRobs,i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan : MR_{est} = Nilai MR estimasi,

MR_{obs} = Nilai MR observasi,

N = Jumlah titik,

Jika, nilai RMSE mendekati nilai 0 maka tingkat kesalahan semakin kecil, nilai terbaik pada RMSE adalah nilai yang terkecil.

3.5.6 Pengukuran Rasio Rehidrasi

Menurut Oktavia (2002) pengukuran rasio rehidrasi dilakukan dengan cara, sampel biji pepaya dimasukan ke dalam gelas piala dan ditimbang dengan *Aquadest* (ml). Sampel biji pepaya kemudian dimasukan ke *waterbath* bersuhu 80°C selama 10 menit. Hasil pemasakan dibiarkan sampai mencapai suhu kamar, setelah itu sampel biji pepaya yang telah mengalami rehidrasi ditimbang. Rasio rehidrasi diuji untuk mengetahui kemampuan pengambilan air ke dalam bahan, dihitung menggunakan Persamaan 3.8.

$$\text{Rasio Rehidrasi} = \frac{\text{berat tiris (berat setelah menyerap air (g))}}{\text{berat awal bahan (g)}} \dots \dots \dots (3.8)$$

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kinetika perpindahan massa biji pepaya dapat dilihat dari perbandingan nilai konstanta pengeringan model page dan wang & singh. Konstanta pengeringan biji pepaya menunjukkan nilai semakin meningkat seiring dengan kenaikan suhu dari kedua model. nilai konstanta pengeringan dengan R^2 terbaik adalah pada model wang & singh dengan nilai $a = 0,00020$, $b = -0,0278$ dan $R^2 0,9995$.
2. Suhu berpengaruh terhadap laju pengeringan dapat dilihat pada suhu 100°C yaitu menguapkan air sebesar $7,189\%$ bk/menit, sedangkan terendah terdapat pada suhu 50°C yaitu $1,211\%$ bk/menit. Semakin besar perbedaan antara suhu media pemanas dengan biji pepaya yang dikeringkan, semakin besar kecepatan pindah panas ke dalam biji pepaya, sehingga penguapan air dari biji pepaya akan lebih banyak dan cepat.
3. Koefisien rehidrasi biji pepaya hasil pengeringan tertinggi yaitu pada suhu 100°C dengan nilai $2,702$. Sedangkan nilai rasio rehidrasi terendah pada suhu 50°C dengan nilai $2,555$. Semakin besar suhu semakin cepat proses pengeringan. Semakin cepat produk dikeringkan, semakin baik kualitas proses rehidrasi.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengeringan biji pepaya dengan alat pengering lain untuk dapat menghasilkan pengeringan biji pepaya dengan kualitas yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 2015. *Data Produksi Buah-Buahan dan Sayuran Tahunan Di Indonesia 2009-2013*. <https://www.bps.go.id/site/resultTab>. [5 September 2016].
- Effendi, S. 2009. *Teknologi Pengolahan dan pengawetan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Estiasih, T. dan Ahmadi, K. 2011. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Edisi I. Cetakan II. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Jun, S. dan Irudayaraj, J. M. 2009. *Food Processing Operations Modeling: Design and Analysis*. Second Edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. <https://books.google.co.id/books?id=cAplIxrz4C&lpg=PA118&dq=infrared%20drying&hl=id&pg=PA118#v=onepage&q=infrard%20drying>. [2 November 2016].
- Kalie, M.B. 2008. *Bertanam Pepaya:Edisi Revisi*. Cetakan XXV. Jakarta: Penebar Swadaya. <https://books.google.co.id/books?id=TzxH4TKehDMC&lpg=PR4&dq=bertanam%20pepaya&hl=id&pg=PA38#v=onepage&f=t rue>. [12 Maret 2015].
- Oktavia, R. 2002. *Pengaruh Larutan Na₂ HPO₄ dan Na Sitrat Serta Pengeringan pada Pembuatan Nasi Instan*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Rukmana, R. 1995. *Seri Budidaya Pepaya*. Yogyakarta: Kanisius. https://books.google.co.id/books?id=Ngr_Gr91RWwC&lpg=PA3&dq=Buk%20Seri%20Budidaya%20Pepaya&hl=id&pg=PA3#v=onepage&q=Buku%20Seri%20Budidaya%20Pepaya. [12 Maret 2015].
- Septian, E. N. 2014. "Proses Perpindahan Massa dan Perubahan Warna Menggunakan Pemanas Halogen". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Winarno, F. G., Fardiaz, S., dan Fardiaz, D. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta: PT Gramedia.

Lampiran A. Data Hasil Perhitungan Kadar Air dan Laju Pengeringan Biji**Pepaya**

A1. Data Hasil Perhitungan Kadar Air dan Laju Pengeringan Biji Pepaya pada Suhu 50°C.

t (menit)	m(%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	66,117	195,154	0,000	0	0,000
5	65,407	189,097	6,057	5	1,211
10	64,812	184,210	4,887	5	0,977
15	64,255	179,782	4,427	5	0,885
20	63,689	175,421	4,361	5	0,872
25	63,118	171,158	4,263	5	0,853
30	62,533	166,927	4,231	5	0,846
35	61,949	162,828	4,099	5	0,820
40	61,376	158,924	3,904	5	0,781
45	60,770	154,921	4,003	5	0,801
50	60,227	151,445	3,476	5	0,695
55	59,584	147,445	4,000	5	0,800
60	58,964	143,704	3,741	5	0,748
65	58,342	140,063	3,640	5	0,728
70	57,683	136,323	3,740	5	0,748
75	56,997	132,554	3,770	5	0,754
80	56,294	128,812	3,741	5	0,748
85	55,685	125,663	3,150	5	0,630
90	54,905	121,760	3,903	5	0,781
95	53,838	116,636	5,124	5	1,025
100	52,876	112,235	4,401	5	0,880
105	51,801	107,480	4,756	5	0,951
110	51,010	104,134	3,346	5	0,669
115	50,145	100,592	3,542	5	0,708
120	49,239	97,016	3,576	5	0,715
125	48,266	93,310	3,706	5	0,741
130	47,280	89,700	3,610	5	0,722
135	46,285	86,188	3,512	5	0,702
140	45,223	82,580	3,608	5	0,722
145	44,128	79,005	3,575	5	0,715

150	43,051	75,625	3,380	5	0,676
155	41,901	72,149	3,476	5	0,695

t (menit)	m(%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
160	40,804	68,966	3,183	5	0,637
165	39,619	65,653	3,313	5	0,663
170	38,398	62,372	3,280	5	0,656
175	37,128	59,093	3,279	5	0,656
180	35,858	55,945	3,148	5	0,630
185	34,578	52,895	3,050	5	0,610
190	33,290	49,944	2,951	5	0,590
195	31,995	47,091	2,853	5	0,571
200	30,516	43,973	3,117	5	0,623
205	28,964	40,825	3,148	5	0,630
210	27,615	38,201	2,623	5	0,525
215	26,269	35,677	2,524	5	0,505
220	24,944	33,283	2,394	5	0,479
225	23,609	30,955	2,328	5	0,466
230	22,287	28,726	2,229	5	0,446
235	21,001	26,628	2,098	5	0,420
240	18,916	23,333	3,295	5	0,659
245	17,712	21,529	1,804	5	0,361
250	16,450	19,693	1,836	5	0,367
255	15,173	17,891	1,803	5	0,361
260	13,977	16,251	1,640	5	0,328
265	12,748	14,613	1,638	5	0,328
270	11,761	13,332	1,281	5	0,256
275	10,831	12,150	1,182	5	0,236
280	9,907	11,001	1,149	5	0,230
285	9,019	9,918	1,083	5	0,217
290	8,141	8,868	1,050	5	0,210
295	7,249	7,819	1,049	5	0,210
300	6,198	6,610	1,210	5	0,242
305	5,501	5,822	0,788	5	0,158
310	4,942	5,199	0,623	5	0,125
315	4,466	4,675	0,524	5	0,105
320	4,075	4,248	0,427	5	0,085

325	3,772	3,920	0,328	5	0,066
330	3,528	3,657	0,263	5	0,053
335	3,282	3,395	0,263	5	0,053
340	3,097	3,197	0,197	5	0,039
345	2,942	3,033	0,164	5	0,033

A2. Data Hasil Perhitungan Kadar Air dan Laju Pengeringan Biji Pepaya pada Suhu 60°C.

t (menit)	m(%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	65,903	193,307	0,000	0	0,000
4	65,088	186,452	6,855	4	1,714
8	64,321	180,291	6,160	4	1,540
12	63,571	174,523	5,768	4	1,442
16	62,843	169,146	5,377	4	1,344
20	62,105	163,899	5,247	4	1,312
24	61,321	158,554	5,345	4	1,336
28	60,546	153,470	5,084	4	1,271
32	59,733	148,354	5,116	4	1,279
36	58,895	143,289	5,065	4	1,266
40	58,008	138,152	5,136	4	1,284
44	57,098	133,101	5,051	4	1,263
48	56,148	128,049	5,051	4	1,263
52	55,174	123,095	4,954	4	1,239
56	54,150	118,109	4,986	4	1,247
60	53,091	113,188	4,921	4	1,230
64	52,006	108,364	4,824	4	1,206
68	50,861	103,508	4,856	4	1,214
72	49,684	98,749	4,759	4	1,190
76	48,450	93,991	4,758	4	1,190
80	47,190	89,363	4,629	4	1,157
84	45,887	84,799	4,563	4	1,141
88	44,527	80,269	4,530	4	1,133
92	43,128	75,836	4,433	4	1,108
96	41,669	71,436	4,400	4	1,100
100	40,179	67,166	4,270	4	1,067
104	38,254	61,958	5,208	4	1,302
108	36,661	57,885	4,073	4	1,018
112	35,066	54,008	3,878	4	0,969
116	33,447	50,260	3,747	4	0,937
120	31,760	46,545	3,715	4	0,929
124	30,081	43,025	3,520	4	0,880

128	28,367	39,604	3,422	4	0,855
132	26,602	36,247	3,357	4	0,839
136	24,951	33,246	3,000	4	0,750
140	23,261	30,312	2,934	4	0,734

t (menit)	m(%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
144	21,554	27,476	2,836	4	0,709
148	19,894	24,835	2,640	4	0,660
152	18,186	22,229	2,607	4	0,652
156	16,540	19,817	2,411	4	0,603
160	14,826	17,406	2,411	4	0,603
164	13,237	15,257	2,150	4	0,537
168	11,664	13,205	2,052	4	0,513
172	10,164	11,315	1,890	4	0,472
176	8,721	9,556	1,759	4	0,440
180	7,483	8,089	1,466	4	0,367
184	6,325	6,752	1,337	4	0,334
188	5,313	5,612	1,141	4	0,285
192	4,339	4,536	1,075	4	0,269
196	3,618	3,754	0,782	4	0,196
200	3,162	3,265	0,489	4	0,122
204	2,732	2,809	0,456	4	0,114
208	2,423	2,483	0,326	4	0,081
212	2,110	2,156	0,327	4	0,082
216	1,986	2,026	0,130	4	0,033

A3. Data Hasil Perhitungan Kadar Air dan Laju Pengeringan Biji Pepaya pada Suhu 70°C.

t (menit)	m(%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	67,277	205,943	0,000	0	0,000
4	66,114	195,437	10,507	4	2,627
8	65,037	186,324	9,113	4	2,278
12	64,033	178,338	7,986	4	1,997
16	63,013	170,655	7,683	4	1,921
20	61,952	163,110	7,546	4	1,886
24	60,834	155,596	7,513	4	1,878
28	59,659	148,152	7,444	4	1,861
32	58,507	141,278	6,875	4	1,719
36	57,147	133,603	7,675	4	1,919
40	55,790	126,430	7,173	4	1,793
44	54,373	119,392	7,038	4	1,760
48	52,862	112,353	7,038	4	1,760
52	51,305	105,549	6,804	4	1,701
56	49,666	98,849	6,700	4	1,675
60	47,959	92,318	6,531	4	1,633
64	46,163	85,884	6,434	4	1,608
68	44,312	79,689	6,195	4	1,549
72	42,386	73,661	6,028	4	1,507
76	40,369	67,769	5,892	4	1,473
80	38,347	62,248	5,521	4	1,380
84	36,265	56,936	5,312	4	1,328
88	34,154	51,893	5,043	4	1,261
92	32,055	47,190	4,703	4	1,176
96	29,933	42,726	4,464	4	1,116
100	27,852	38,605	4,121	4	1,030
104	24,287	32,098	6,507	4	1,627
108	22,301	28,728	3,370	4	0,842
112	20,427	25,701	3,027	4	0,757
116	18,663	22,980	2,721	4	0,680
120	16,988	20,501	2,480	4	0,620
124	15,538	18,431	2,069	4	0,517
128	14,266	16,670	1,761	4	0,440

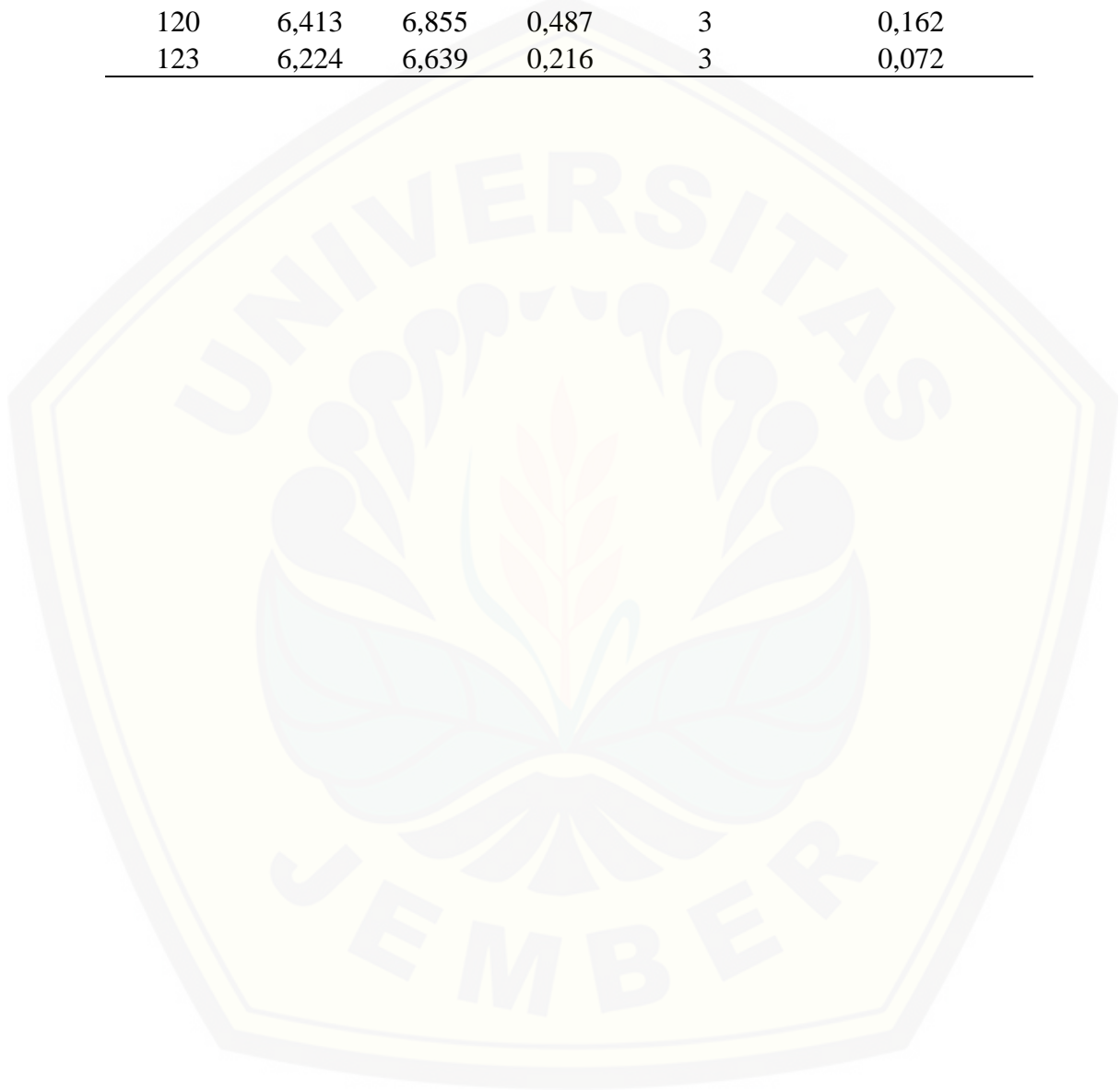
132	13,189	15,217	1,453	4	0,363
136	12,297	14,038	1,179	4	0,295
140	11,464	12,961	1,077	4	0,269

t (menit)	m(%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
144	10,831	12,155	0,806	4	0,202
148	10,213	11,381	0,774	4	0,193
152	9,723	10,774	0,607	4	0,152
156	9,310	10,269	0,505	4	0,126
160	8,949	9,831	0,438	4	0,109
164	8,639	9,458	0,373	4	0,093
168	8,414	9,190	0,269	4	0,067

A4. Data Hasil Perhitungan Kadar Air dan Laju Pengeringan Biji Pepaya pada Suhu 80°C.

t (menit)	m(%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	68,070	213,185	0,000	0	0,000
3	66,992	202,958	10,228	3	3,409
6	65,887	193,145	9,812	3	3,271
9	64,870	184,656	8,490	3	2,830
12	63,853	176,653	8,003	3	2,668
15	62,796	168,789	7,864	3	2,621
18	61,675	160,926	7,864	3	2,621
21	60,538	153,410	7,516	3	2,505
24	59,297	145,685	7,724	3	2,575
27	58,050	138,379	7,307	3	2,436
30	56,704	130,967	7,411	3	2,470
33	55,289	123,660	7,307	3	2,436
36	53,794	116,423	7,237	3	2,412
39	52,203	109,221	7,203	3	2,401
42	50,576	102,331	6,889	3	2,296
45	48,833	95,442	6,889	3	2,296
48	46,993	88,657	6,785	3	2,262
51	45,047	81,976	6,681	3	2,227
54	43,021	75,505	6,472	3	2,157
57	40,912	69,241	6,263	3	2,088
60	38,681	63,083	6,159	3	2,053
63	36,401	57,237	5,846	3	1,949
66	34,082	51,705	5,532	3	1,844
69	31,684	46,381	5,324	3	1,775
72	29,263	41,371	5,010	3	1,670
75	26,888	36,778	4,593	3	1,531
78	24,526	32,498	4,280	3	1,427
81	22,260	28,636	3,862	3	1,287
84	19,987	24,983	3,653	3	1,218
87	17,579	21,329	3,653	3	1,218
90	15,544	18,406	2,923	3	0,974
93	14,002	16,284	2,122	3	0,707
96	12,510	14,301	1,983	3	0,661
99	11,020	12,387	1,914	3	0,638
102	9,650	10,682	1,705	3	0,568

t (menit)	m(%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
111	7,646	8,281	0,765	3	0,255
114	7,199	7,759	0,522	3	0,174
117	6,838	7,342	0,418	3	0,139
120	6,413	6,855	0,487	3	0,162
123	6,224	6,639	0,216	3	0,072



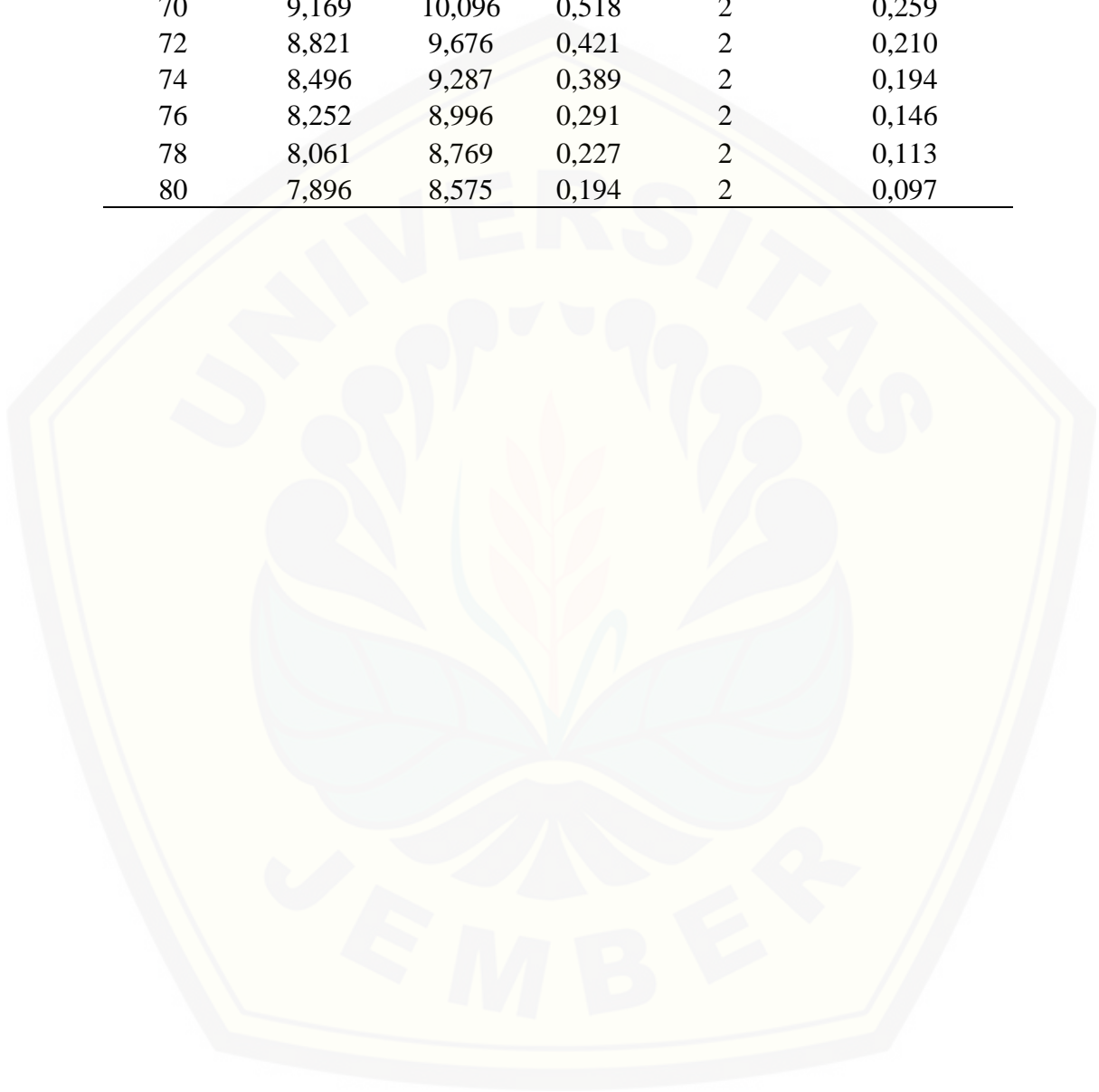
A5. Data Hasil Perhitungan Kadar Air dan Laju Pengeringan Biji Pepaya pada Suhu 90°C.

t (menit)	m(%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	65,383	188,890	0,000	0	0,000
3	63,984	177,657	11,232	3	3,744
6	62,429	166,167	11,490	3	3,830
9	61,004	156,442	9,725	3	3,242
12	59,483	146,814	9,629	3	3,210
15	57,906	137,570	9,244	3	3,081
18	56,221	128,423	9,147	3	3,049
21	54,414	119,372	9,051	3	3,017
24	52,554	110,771	8,601	3	2,867
27	50,520	102,105	8,666	3	2,889
30	47,858	91,844	10,261	3	3,420
33	46,140	85,672	6,171	3	2,057
36	43,819	78,001	7,671	3	2,557
39	41,311	70,395	7,607	3	2,536
42	38,750	63,270	7,125	3	2,375
45	36,034	56,337	6,933	3	2,311
48	33,367	50,078	6,259	3	2,086
51	30,560	44,012	6,066	3	2,022
54	27,759	38,427	5,585	3	1,862
57	24,993	33,324	5,103	3	1,701
60	22,358	28,799	4,526	3	1,509
63	19,841	24,755	4,044	3	1,348
66	17,353	20,999	3,755	3	1,252
69	15,125	17,822	3,177	3	1,059
72	13,282	15,318	2,503	3	0,834
75	11,734	13,296	2,022	3	0,674
78	10,518	11,756	1,541	3	0,514
81	9,662	10,697	1,059	3	0,353
84	8,869	9,734	0,963	3	0,321
87	8,387	9,156	0,578	3	0,193
90	7,762	8,419	0,737	3	0,246
93	7,378	7,969	0,449	3	0,150
96	7,075	7,616	0,353	3	0,118
99	6,825	7,327	0,289	3	0,096
102	6,657	7,134	0,193	3	0,064
105	6,517	6,973	0,161	3	0,054
108	6,433	6,877	0,096	3	0,032

A6. Data Hasil Perhitungan Kadar Air dan Laju Pengeringan Biji Pepaya pada Suhu 100°C.

t (menit)	m (%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	65,690	191,460	0,000	0	0,000
2	64,951	185,312	6,148	2	3,074
4	63,091	170,935	14,377	2	7,189
6	61,770	161,576	9,358	2	4,679
8	60,468	152,963	8,613	2	4,307
10	59,234	145,301	7,661	2	3,831
12	57,736	136,610	8,691	2	4,346
14	56,282	128,742	7,869	2	3,934
16	54,745	120,970	7,772	2	3,886
18	53,095	113,199	7,772	2	3,886
20	51,413	105,816	7,383	2	3,691
22	49,621	98,498	7,318	2	3,659
24	47,755	91,406	7,092	2	3,546
26	45,802	84,509	6,897	2	3,449
28	43,789	77,903	6,606	2	3,303
30	41,655	71,394	6,509	2	3,254
32	39,470	65,210	6,185	2	3,092
34	37,257	59,381	5,829	2	2,914
36	34,943	53,714	5,667	2	2,833
38	32,645	48,468	5,246	2	2,623
40	30,272	43,417	5,051	2	2,526
42	27,979	38,851	4,566	2	2,283
44	25,746	34,674	4,177	2	2,089
46	23,539	30,788	3,886	2	1,943
48	21,339	27,129	3,659	2	1,830
50	19,367	24,020	3,109	2	1,554
52	17,559	21,300	2,720	2	1,360
54	15,875	18,872	2,429	2	1,214
56	14,406	16,832	2,040	2	1,020
58	13,032	14,986	1,846	2	0,923
60	11,991	13,626	1,360	2	0,680
62	11,232	12,655	0,971	2	0,486
64	10,615	11,877	0,777	2	0,389

t (menit)	m (%bb)	M(%bk)	dM(%)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
66	10,068	11,197	0,680	2	0,340
68	9,594	10,615	0,583	2	0,291
70	9,169	10,096	0,518	2	0,259
72	8,821	9,676	0,421	2	0,210
74	8,496	9,287	0,389	2	0,194
76	8,252	8,996	0,291	2	0,146
78	8,061	8,769	0,227	2	0,113
80	7,896	8,575	0,194	2	0,097



Lampiran B. Contoh Data dan Ploting Persamaan Page dan Persamaan Wang dan Singh.

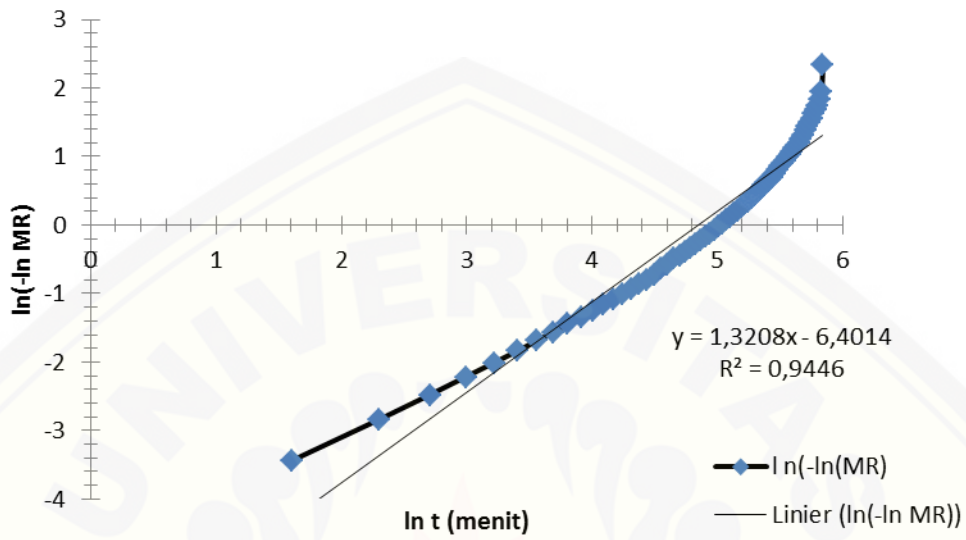
B1. Persamaan Page

a) Suhu 50°C

t (menit)	ln(t)	M_0	M_2	ln(-lnMR)	MR
0	0,000	197,000	3,033	0,000	1,000
5	1,609	197,000	3,033	-3,441	0,968
10	2,303	197,000	3,033	-2,836	0,943
15	2,708	197,000	3,033	-2,484	0,920
20	2,996	197,000	3,033	-2,222	0,897
25	3,219	197,000	3,033	-2,014	0,875
30	3,401	197,000	3,033	-1,839	0,853
35	3,555	197,000	3,033	-1,691	0,832
40	3,689	197,000	3,033	-1,566	0,811
45	3,807	197,000	3,033	-1,448	0,791
50	3,912	197,000	3,033	-1,354	0,772
55	4,007	197,000	3,033	-1,254	0,752
60	4,094	197,000	3,033	-1,166	0,732
65	4,174	197,000	3,033	-1,085	0,713
70	4,248	197,000	3,033	-1,006	0,694
75	4,317	197,000	3,033	-0,931	0,674
80	4,382	197,000	3,033	-0,859	0,655
85	4,443	197,000	3,033	-0,801	0,638
90	4,500	197,000	3,033	-0,731	0,618
95	4,554	197,000	3,033	-0,644	0,591
100	4,605	197,000	3,033	-0,571	0,569
105	4,654	197,000	3,033	-0,496	0,544
110	4,700	197,000	3,033	-0,444	0,526
115	4,745	197,000	3,033	-0,389	0,508
120	4,787	197,000	3,033	-0,336	0,489
125	4,828	197,000	3,033	-0,281	0,470
130	4,868	197,000	3,033	-0,229	0,451
135	4,905	197,000	3,033	-0,178	0,433
140	4,942	197,000	3,033	-0,126	0,414
145	4,977	197,000	3,033	-0,075	0,396
150	5,011	197,000	3,033	-0,028	0,378
155	5,043	197,000	3,033	0,022	0,360

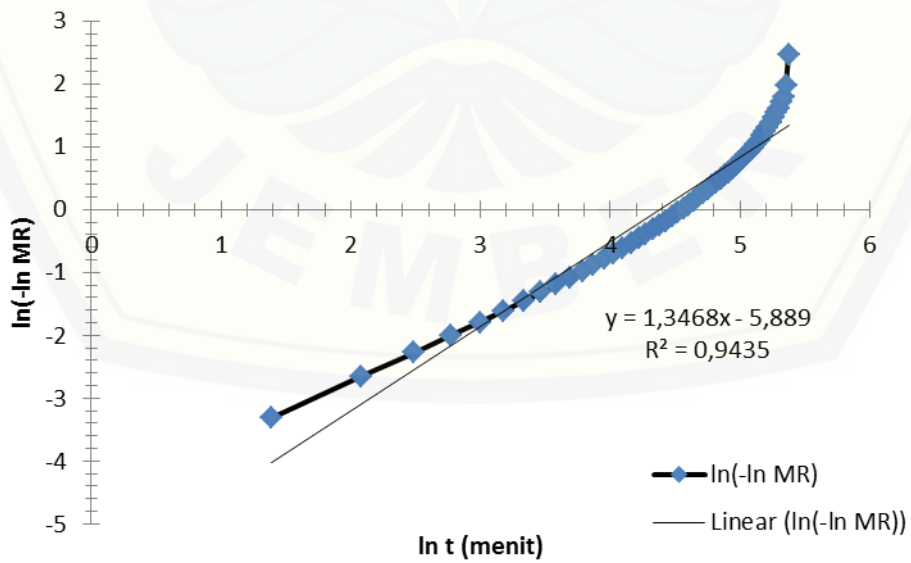
t (menit)	ln(t)	M_0	M_e	ln(-lnMR)	MR
160	5,075	197,000	3,033	0,067	0,343
165	5,106	197,000	3,033	0,114	0,326
170	5,136	197,000	3,033	0,161	0,309
175	5,165	197,000	3,033	0,208	0,292
180	5,193	197,000	3,033	0,254	0,276
185	5,220	197,000	3,033	0,299	0,260
190	5,247	197,000	3,033	0,343	0,244
195	5,273	197,000	3,033	0,386	0,230
200	5,298	197,000	3,033	0,435	0,213
205	5,323	197,000	3,033	0,485	0,197
210	5,347	197,000	3,033	0,529	0,183
215	5,371	197,000	3,033	0,572	0,170
220	5,394	197,000	3,033	0,614	0,158
225	5,416	197,000	3,033	0,656	0,146
230	5,438	197,000	3,033	0,698	0,134
235	5,460	197,000	3,033	0,740	0,123
240	5,481	197,000	3,033	0,810	0,106
245	5,501	197,000	3,033	0,850	0,096
250	5,521	197,000	3,033	0,894	0,087
255	5,541	197,000	3,033	0,940	0,077
260	5,561	197,000	3,033	0,984	0,069
265	5,580	197,000	3,033	1,033	0,060
270	5,598	197,000	3,033	1,074	0,054
275	5,617	197,000	3,033	1,114	0,047
280	5,635	197,000	3,033	1,157	0,042
285	5,652	197,000	3,033	1,202	0,036
290	5,670	197,000	3,033	1,251	0,030
295	5,687	197,000	3,033	1,306	0,025
300	5,704	197,000	3,033	1,382	0,019
305	5,720	197,000	3,033	1,442	0,015
310	5,737	197,000	3,033	1,500	0,011
315	5,753	197,000	3,033	1,560	0,009
320	5,768	197,000	3,033	1,622	0,006
325	5,784	197,000	3,033	1,682	0,005
330	5,799	197,000	3,033	1,745	0,003
335	5,814	197,000	3,033	1,835	0,002
340	5,829	197,000	3,033	1,951	0,001
345	5,844	197,000	3,033	2,344	0,000

ln k	k	n
-6,4014	0,001659	1,3208



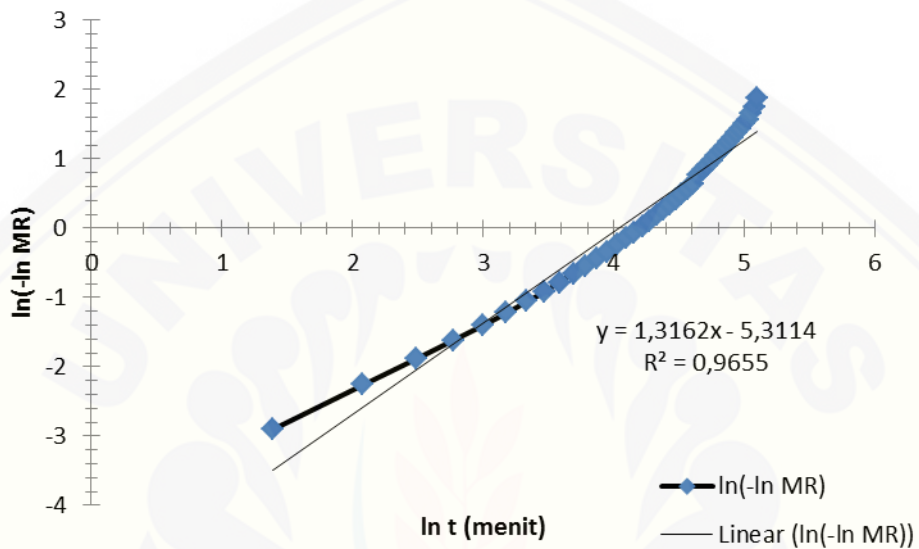
b) Suhu 60°C

ln k	k	n
-5,889	0,00277	1,3468



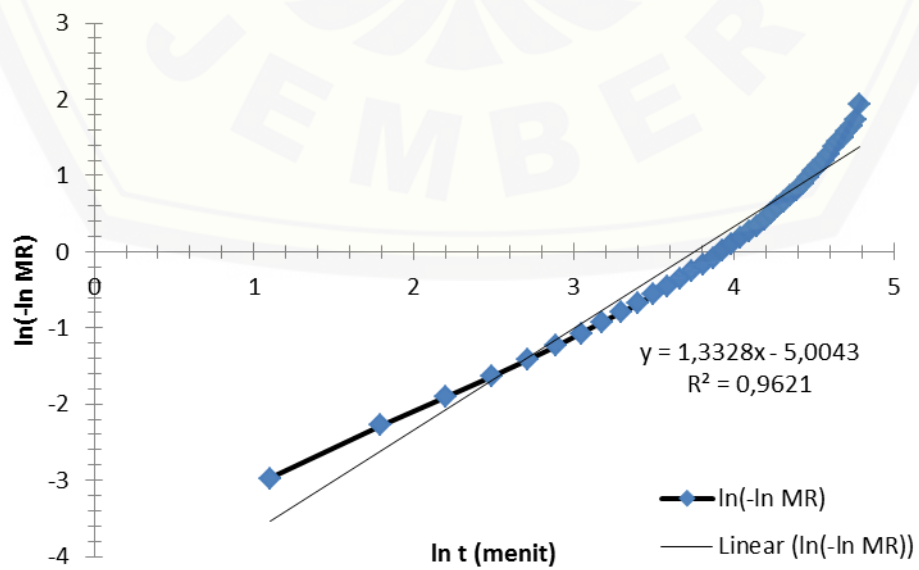
c) Suhu 70°C

ln k	k	n
-5,3114	0,004935	1,3162



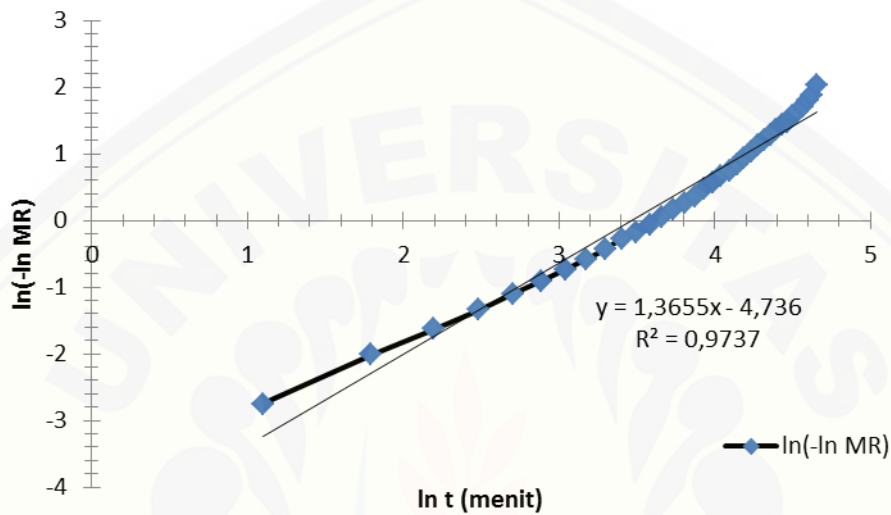
d) Suhu 80°C

ln k	k	n
-5,0043	0,006709	1,3328



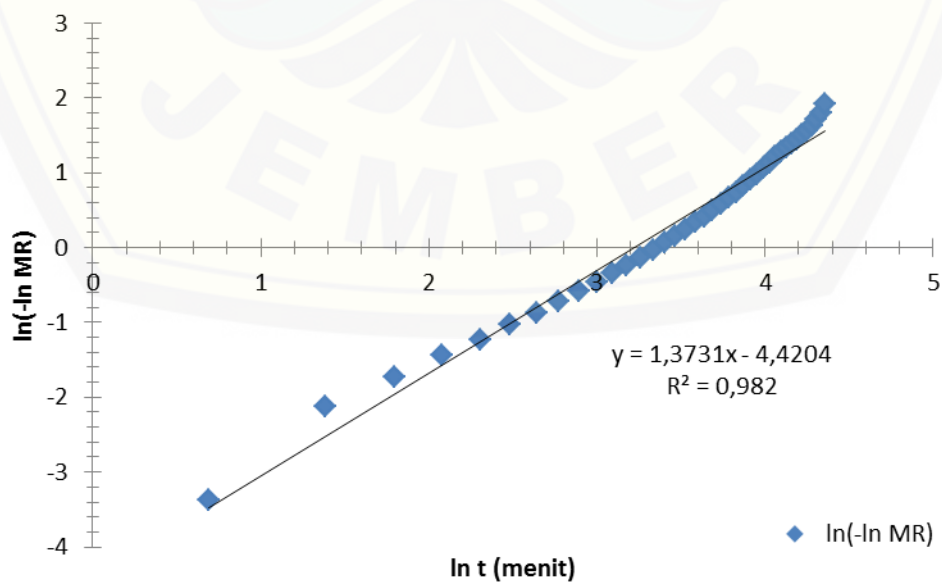
e) Suhu 90°C

ln k	k	n
-4,736	0,008774	1,3655



f) Suhu 100°C

lnk	K	n
-4,4204	0,012029	1,3731



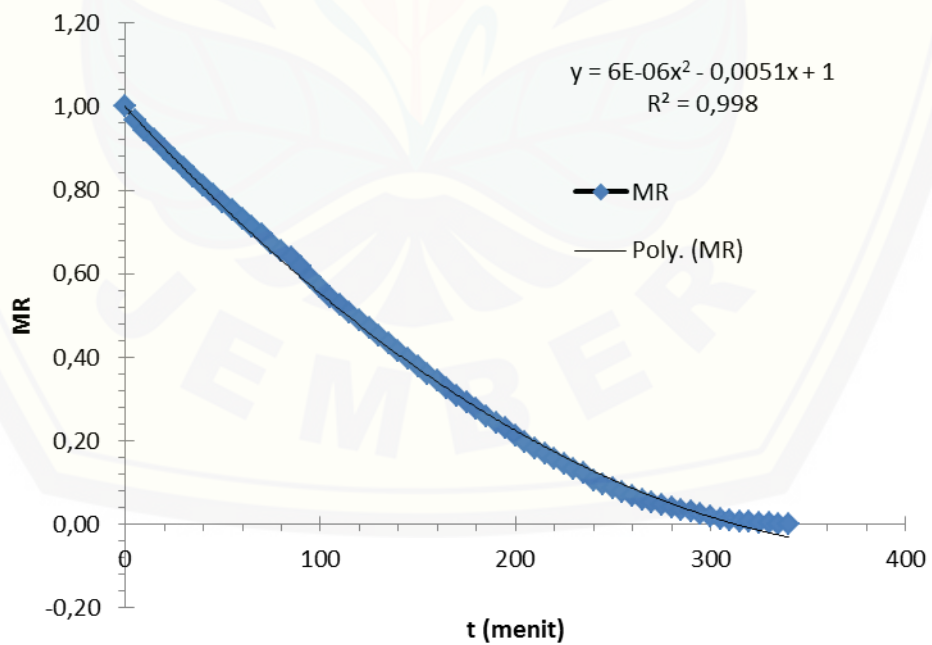
B2. Persamaan Wang dan Singh

a) Suhu 50°C

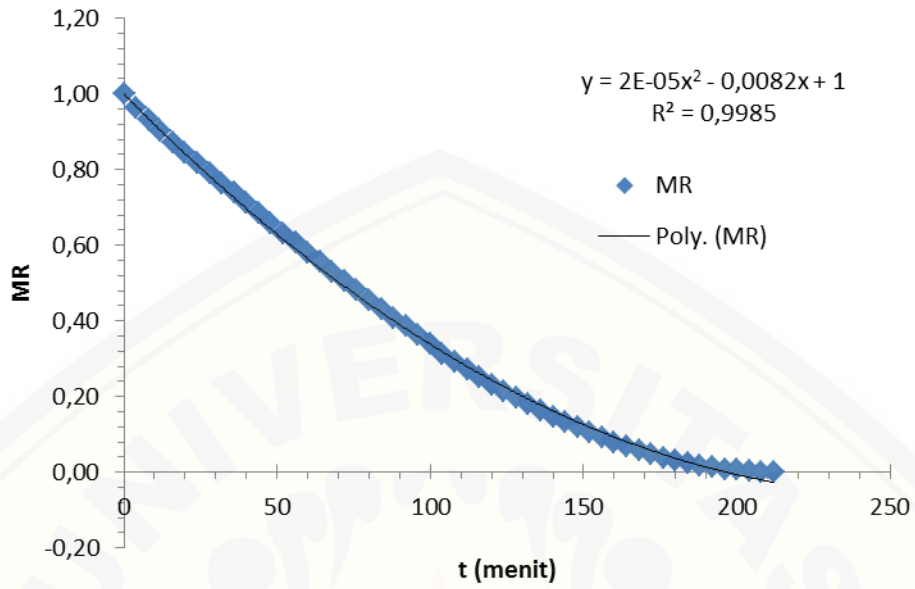
t (menit)	ln(t)	M_0	M_e	MR	a	b
0	0,000	197,000	3,033	1,000	0,000006	-0,0051
5	1,609	197,000	3,033	0,968		
10	2,303	197,000	3,033	0,943		
15	2,708	197,000	3,033	0,920		
20	2,996	197,000	3,033	0,897		
25	3,219	197,000	3,033	0,875		
30	3,401	197,000	3,033	0,853		
35	3,555	197,000	3,033	0,832		
40	3,689	197,000	3,033	0,811		
45	3,807	197,000	3,033	0,791		
50	3,912	197,000	3,033	0,772		
55	4,007	197,000	3,033	0,752		
60	4,094	197,000	3,033	0,732		
65	4,174	197,000	3,033	0,713		
70	4,248	197,000	3,033	0,694		
75	4,317	197,000	3,033	0,674		
80	4,382	197,000	3,033	0,655		
85	4,443	197,000	3,033	0,638		
90	4,500	197,000	3,033	0,618		
95	4,554	197,000	3,033	0,591		
100	4,605	197,000	3,033	0,569		
105	4,654	197,000	3,033	0,544		
110	4,700	197,000	3,033	0,526		
115	4,745	197,000	3,033	0,508		
120	4,787	197,000	3,033	0,489		
125	4,828	197,000	3,033	0,470		
130	4,868	197,000	3,033	0,451		
135	4,905	197,000	3,033	0,433		
140	4,942	197,000	3,033	0,414		
145	4,977	197,000	3,033	0,396		

t (menit)	$\ln(t)$	M_0	M_e	MR	A	b
150	5,011	197,000	3,033	0,378		
155	5,043	197,000	3,033	0,360		
160	5,075	197,000	3,033	0,343		
165	5,106	197,000	3,033	0,326		
170	5,136	197,000	3,033	0,309		
175	5,165	197,000	3,033	0,292		
180	5,193	197,000	3,033	0,276		
185	5,220	197,000	3,033	0,260		
190	5,247	197,000	3,033	0,244		
195	5,273	197,000	3,033	0,230		
200	5,298	197,000	3,033	0,213		
205	5,323	197,000	3,033	0,197		
210	5,347	197,000	3,033	0,183		
215	5,371	197,000	3,033	0,170		
220	5,394	197,000	3,033	0,158		
225	5,416	197,000	3,033	0,146		
230	5,438	197,000	3,033	0,134		
235	5,460	197,000	3,033	0,123		
240	5,481	197,000	3,033	0,106		
245	5,501	197,000	3,033	0,096		
250	5,521	197,000	3,033	0,087		
255	5,541	197,000	3,033	0,077		
260	5,561	197,000	3,033	0,069		
265	5,580	197,000	3,033	0,060		

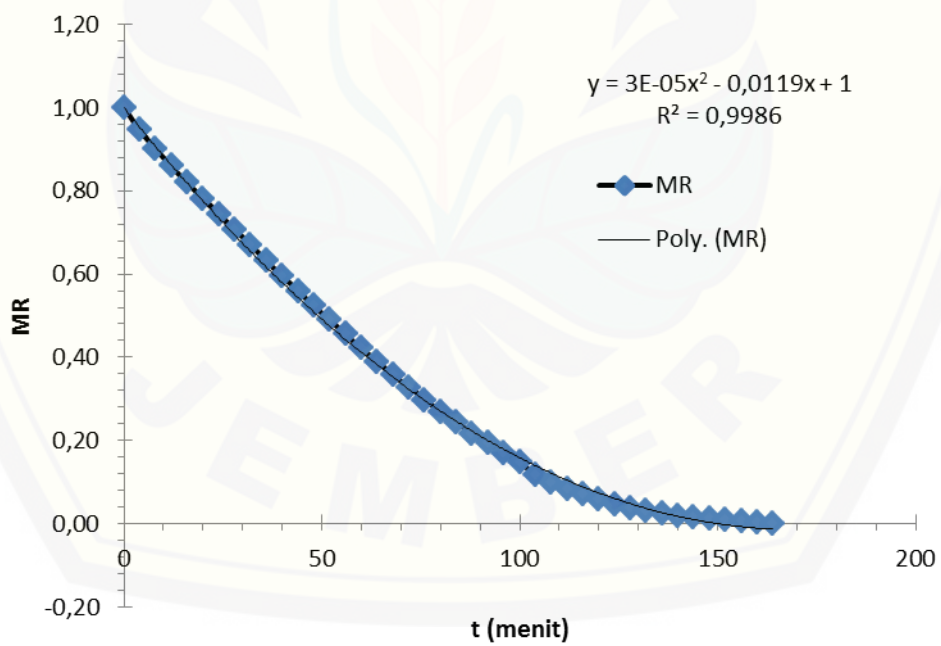
t (menit)	ln(t)	M_0	M_e	MR	a	b
270	5,598	197,000	3,033	0,054		
275	5,617	197,000	3,033	0,047		
280	5,635	197,000	3,033	0,042		
285	5,652	197,000	3,033	0,036		
290	5,670	197,000	3,033	0,030		
295	5,687	197,000	3,033	0,025		
300	5,704	197,000	3,033	0,019		
305	5,720	197,000	3,033	0,015		
310	5,737	197,000	3,033	0,011		
315	5,753	197,000	3,033	0,009		
320	5,768	197,000	3,033	0,006		
325	5,784	197,000	3,033	0,005		
330	5,799	197,000	3,033	0,003		
335	5,814	197,000	3,033	0,002		
340	5,829	197,000	3,033	0,001		
345	5,844	197,000	3,033	0,000		



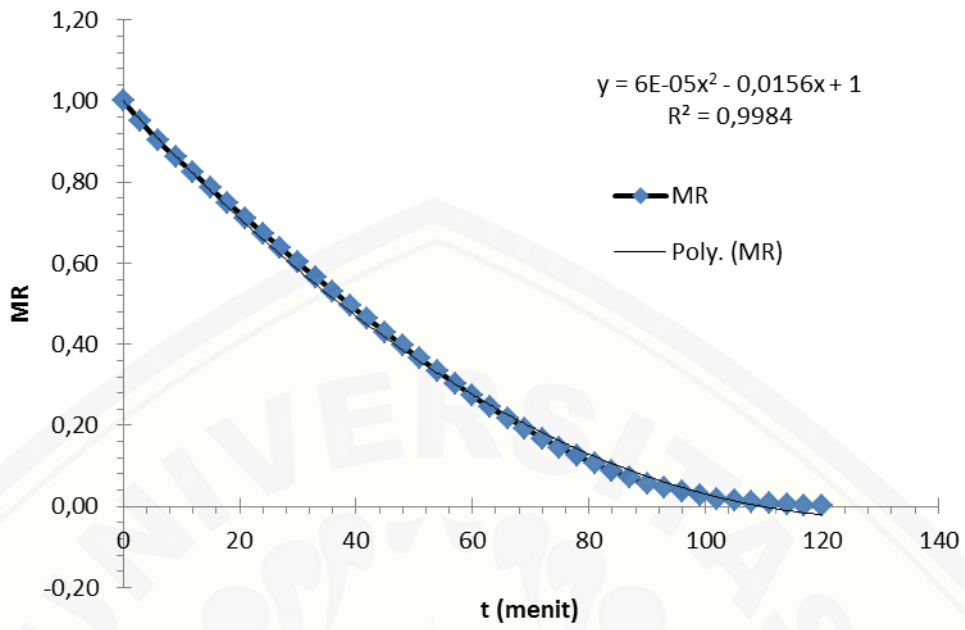
b) Suhu 60 °C



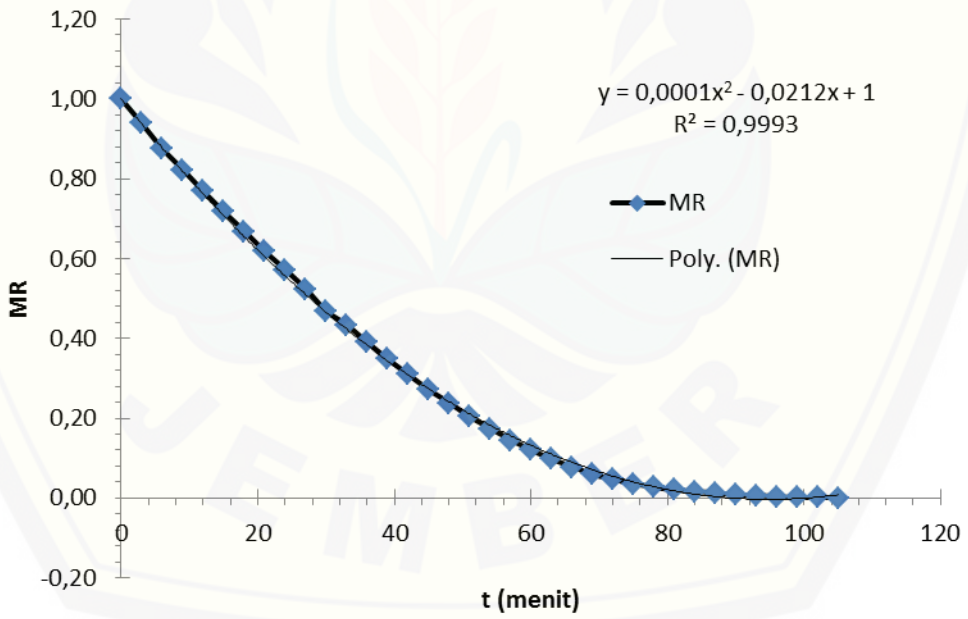
c) Suhu 70 °C



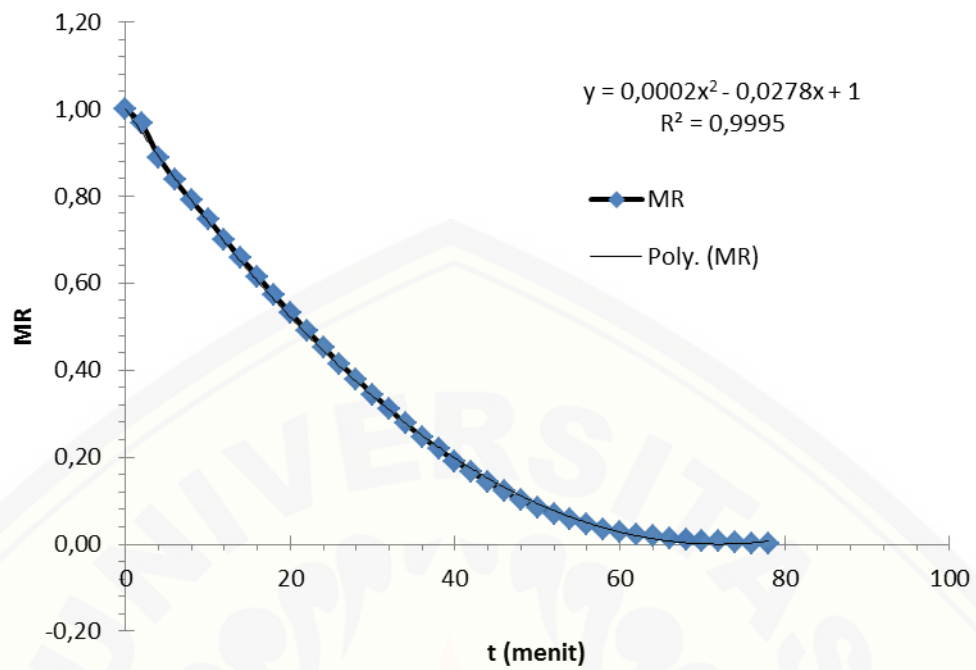
d) Suhu 80 °C



e) Suhu 90°C



f) Suhu 100°C



Lampiran C. Uji Validitas Model

C1. Persamaan Page

a) Suhu 50°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	y	yest				
0	1,000	1,000	0,37205	0,00000	0,39432	0,000000
5	0,968	0,986	0,37205	0,00031	0,35571	0,000314
10	0,943	0,966	0,37205	0,00052	0,32602	0,000521
15	0,920	0,942	0,37205	0,00050	0,30023	0,000502
20	0,897	0,917	0,37205	0,00038	0,27586	0,000385
25	0,875	0,890	0,37205	0,00022	0,25304	0,000223
30	0,853	0,862	0,37205	0,00008	0,23137	0,000084
35	0,832	0,834	0,37205	0,00000	0,21130	0,000005
40	0,811	0,805	0,37205	0,00004	0,19304	0,000039
45	0,791	0,776	0,37205	0,00020	0,17517	0,000204
50	0,772	0,748	0,37205	0,00062	0,16035	0,000624
55	0,752	0,719	0,37205	0,00107	0,14410	0,001074
60	0,732	0,691	0,37205	0,00173	0,12971	0,001734
65	0,713	0,663	0,37205	0,00256	0,11642	0,002563
70	0,694	0,635	0,37205	0,00344	0,10352	0,003436
75	0,674	0,608	0,37205	0,00434	0,09127	0,004343
80	0,655	0,582	0,37205	0,00529	0,07989	0,005295
85	0,638	0,556	0,37205	0,00673	0,07090	0,006734
90	0,618	0,531	0,37205	0,00753	0,06049	0,007526
95	0,591	0,507	0,37205	0,00713	0,04811	0,007131
100	0,569	0,483	0,37205	0,00725	0,03861	0,007252
105	0,544	0,461	0,37205	0,00693	0,02949	0,006928
110	0,526	0,438	0,37205	0,00773	0,02381	0,007728
115	0,508	0,417	0,37205	0,00824	0,01846	0,008244
120	0,489	0,397	0,37205	0,00860	0,01375	0,008603
125	0,470	0,377	0,37205	0,00870	0,00960	0,008700
130	0,451	0,358	0,37205	0,00875	0,00627	0,008752
135	0,433	0,339	0,37205	0,00876	0,00372	0,008762
140	0,414	0,322	0,37205	0,00854	0,00178	0,008538
145	0,396	0,305	0,37205	0,00822	0,00056	0,008217
150	0,378	0,289	0,37205	0,00796	0,00004	0,007959
155	0,360	0,273	0,37205	0,00749	0,00015	0,007493
160	0,343	0,259	0,37205	0,00719	0,00082	0,007187

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²	RMSE
-----------	---------	--------	-----------	----------------	------

	(y_i)	(\hat{y})				
	y	yest		($\hat{y}-y_i$) ²	($y_i-\bar{y}$) ²	(y-yest) ²
165	0,326	0,245	0,37205	0,00667	0,00211	0,006666
170	0,309	0,231	0,37205	0,00609	0,00397	0,006090
175	0,292	0,218	0,37205	0,00545	0,00641	0,005448
180	0,276	0,206	0,37205	0,00485	0,00930	0,004852
185	0,260	0,194	0,37205	0,00428	0,01261	0,004281
190	0,244	0,183	0,37205	0,00374	0,01630	0,003739
195	0,230	0,173	0,37205	0,00323	0,02031	0,003230
200	0,213	0,163	0,37205	0,00256	0,02520	0,002564
205	0,197	0,153	0,37205	0,00191	0,03067	0,001914
210	0,183	0,144	0,37205	0,00153	0,03564	0,001529
215	0,170	0,136	0,37205	0,00119	0,04078	0,001191
220	0,158	0,128	0,37205	0,00091	0,04597	0,000909
225	0,146	0,120	0,37205	0,00066	0,05131	0,000660
230	0,134	0,113	0,37205	0,00046	0,05671	0,000456
235	0,123	0,106	0,37205	0,00030	0,06203	0,000299
240	0,106	0,099	0,37205	0,00004	0,07094	0,000042
245	0,096	0,093	0,37205	0,00001	0,07603	0,000010
250	0,087	0,087	0,37205	0,00000	0,08140	0,000000
255	0,077	0,082	0,37205	0,00002	0,08684	0,000020
260	0,069	0,077	0,37205	0,00006	0,09195	0,000062
265	0,060	0,072	0,37205	0,00013	0,09720	0,000133
270	0,054	0,067	0,37205	0,00019	0,10139	0,000186
275	0,047	0,063	0,37205	0,00024	0,10534	0,000239
280	0,042	0,059	0,37205	0,00030	0,10925	0,000302
285	0,036	0,055	0,37205	0,00037	0,11301	0,000368
290	0,030	0,051	0,37205	0,00044	0,11671	0,000444
295	0,025	0,048	0,37205	0,00054	0,12047	0,000536
300	0,019	0,045	0,37205	0,00069	0,12491	0,000692
305	0,015	0,042	0,37205	0,00075	0,12782	0,000753
310	0,011	0,039	0,37205	0,00078	0,13015	0,000778
315	0,009	0,037	0,37205	0,00078	0,13213	0,000784
320	0,006	0,034	0,37205	0,00077	0,13374	0,000771
325	0,005	0,033	0,37205	0,00079	0,13500	0,000788
330	0,003	0,030	0,37205	0,00070	0,13600	0,000696
335	0,002	0,028	0,37205	0,00066	0,13701	0,000661
340	0,001	0,026	0,37205	0,00062	0,13777	0,000617
					0,9699	0,00648

b) Suhu 60°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	y	yest				
0	1,000	1,000	0,37204	0,00000	0,39433	0,00000
4	0,964	0,982	0,37204	0,00033	0,35062	0,00033
8	0,932	0,955	0,37204	0,00055	0,31353	0,00055
12	0,902	0,924	0,37204	0,00051	0,28066	0,00051
16	0,874	0,891	0,37204	0,00028	0,25167	0,00028
20	0,846	0,855	0,37204	0,00008	0,22490	0,00008
24	0,818	0,819	0,37204	0,00000	0,19918	0,00000
28	0,792	0,782	0,37204	0,00010	0,17616	0,00010
32	0,765	0,745	0,37204	0,00041	0,15442	0,00041
36	0,739	0,708	0,37204	0,00094	0,13431	0,00094
40	0,712	0,672	0,37204	0,00161	0,11535	0,00161
44	0,685	0,636	0,37204	0,00244	0,09811	0,00244
48	0,659	0,601	0,37204	0,00334	0,08227	0,00334
52	0,633	0,567	0,37204	0,00432	0,06808	0,00432
56	0,607	0,534	0,37204	0,00525	0,05516	0,00525
60	0,581	0,503	0,37204	0,00613	0,04373	0,00613
64	0,556	0,472	0,37204	0,00698	0,03382	0,00698
68	0,531	0,443	0,37204	0,00763	0,02513	0,00763
72	0,506	0,415	0,37204	0,00818	0,01786	0,00818
76	0,481	0,389	0,37204	0,00850	0,01183	0,00850
80	0,457	0,363	0,37204	0,00873	0,00716	0,00873
84	0,433	0,339	0,37204	0,00878	0,00369	0,00878
88	0,409	0,316	0,37204	0,00864	0,00137	0,00864
92	0,386	0,294	0,37204	0,00836	0,00019	0,00836
96	0,363	0,274	0,37204	0,00791	0,00008	0,00791
100	0,341	0,255	0,37204	0,00739	0,00099	0,00739
104	0,313	0,236	0,37204	0,00591	0,00345	0,00591
108	0,292	0,219	0,37204	0,00529	0,00640	0,00529
112	0,272	0,203	0,37204	0,00470	0,01006	0,00470
116	0,252	0,188	0,37204	0,00410	0,01437	0,00410
120	0,233	0,174	0,37204	0,00345	0,01941	0,00345
124	0,214	0,161	0,37204	0,00286	0,02487	0,00286
128	0,196	0,148	0,37204	0,00230	0,03083	0,00230
132	0,179	0,137	0,37204	0,00176	0,03730	0,00176

t	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²	RMSE
---	---------	--------	-----------	----------------	------

(menit)	(y_i) Y	(\hat{y}) yest		$(\hat{y}-y_i)^2$	$(y_i-\bar{y})^2$	$(y-yest)^2$
136	0,163	0,126	0,37204	0,00137	0,04360	0,00137
140	0,148	0,116	0,37204	0,00100	0,05024	0,00100
144	0,133	0,107	0,37204	0,00068	0,05710	0,00068
148	0,119	0,098	0,37204	0,00044	0,06389	0,00044
152	0,106	0,090	0,37204	0,00023	0,07097	0,00023
156	0,093	0,083	0,37204	0,00010	0,07784	0,00010
160	0,080	0,076	0,37204	0,00002	0,08504	0,00002
164	0,069	0,070	0,37204	0,00000	0,09172	0,00000
168	0,058	0,064	0,37204	0,00003	0,09834	0,00003
172	0,049	0,058	0,37204	0,00010	0,10464	0,00010
176	0,039	0,053	0,37204	0,00020	0,11068	0,00020
180	0,032	0,049	0,37204	0,00029	0,11584	0,00029
184	0,025	0,045	0,37204	0,00040	0,12064	0,00040
188	0,019	0,041	0,37204	0,00048	0,12482	0,00048
192	0,013	0,037	0,37204	0,00058	0,12882	0,00058
196	0,009	0,034	0,37204	0,00062	0,13177	0,00062
200	0,006	0,031	0,37204	0,00059	0,13364	0,00059
204	0,004	0,028	0,37204	0,00057	0,13539	0,00057
208	0,002	0,026	0,37204	0,00054	0,13664	0,00054
212	0,001	0,023	0,37204	0,00051	0,13790	0,00051
					0,9719	0,00709

c) Suhu 70°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
0	1,000	1,000	0,34195	0,00000	0,43304	0,00000
4	0,947	0,970	0,34195	0,00054	0,36560	0,00054
8	0,900	0,927	0,34195	0,00070	0,31172	0,00070
12	0,860	0,878	0,34195	0,00034	0,26799	0,00034
16	0,821	0,827	0,34195	0,00004	0,22905	0,00004
20	0,782	0,775	0,34195	0,00005	0,19378	0,00005
24	0,744	0,724	0,34195	0,00041	0,16160	0,00041
28	0,706	0,673	0,34195	0,00111	0,13258	0,00111
32	0,671	0,623	0,34195	0,00226	0,10829	0,00226
36	0,632	0,576	0,34195	0,00314	0,08416	0,00314
40	0,596	0,531	0,34195	0,00422	0,06433	0,00422
44	0,560	0,488	0,34195	0,00522	0,04745	0,00522
48	0,524	0,447	0,34195	0,00596	0,03314	0,00596
52	0,489	0,409	0,34195	0,00654	0,02175	0,00654
56	0,455	0,373	0,34195	0,00683	0,01286	0,00683
60	0,422	0,339	0,34195	0,00686	0,00644	0,00686
64	0,390	0,308	0,34195	0,00659	0,00226	0,00659
68	0,358	0,280	0,34195	0,00615	0,00026	0,00615
72	0,328	0,253	0,34195	0,00553	0,00021	0,00553
76	0,298	0,229	0,34195	0,00474	0,00196	0,00474
80	0,270	0,206	0,34195	0,00400	0,00523	0,00400
84	0,243	0,186	0,34195	0,00323	0,00985	0,00323
88	0,217	0,167	0,34195	0,00250	0,01558	0,00250
92	0,193	0,150	0,34195	0,00187	0,02209	0,00187
96	0,171	0,135	0,34195	0,00131	0,02933	0,00131
100	0,150	0,120	0,34195	0,00086	0,03692	0,00086
104	0,117	0,108	0,34195	0,00009	0,05056	0,00009
108	0,100	0,096	0,34195	0,00002	0,05855	0,00002
112	0,085	0,086	0,34195	0,00000	0,06623	0,00000
116	0,071	0,076	0,34195	0,00003	0,07354	0,00003
120	0,058	0,068	0,34195	0,00009	0,08055	0,00009
124	0,048	0,060	0,34195	0,00016	0,08666	0,00016
128	0,039	0,053	0,34195	0,00022	0,09204	0,00022
132	0,031	0,047	0,34195	0,00026	0,09663	0,00026
136	0,025	0,042	0,34195	0,00028	0,10044	0,00028

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²	RMSE
	(y _i)	(\hat{y})			

	Y	yest		$(\hat{y}-y_i)^2$	$(y_i-\bar{y})^2$	$(y-yest)^2$
140	0,019	0,037	0,34195	0,00031	0,10400	0,00031
144	0,015	0,033	0,34195	0,00030	0,10672	0,00030
148	0,011	0,029	0,34195	0,00031	0,10935	0,00031
152	0,008	0,025	0,34195	0,00030	0,11142	0,00030
156	0,006	0,022	0,34195	0,00028	0,11317	0,00028
160	0,003	0,020	0,34195	0,00027	0,11470	0,00027
164	0,001	0,017	0,34195	0,00025	0,11599	0,00025
					0,9794	0,00691



d) Suhu 80°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{Y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
0	1,000	1,000	0,35237	0,00000	0,41943	0,00000
3	0,950	0,971	0,35237	0,00044	0,35774	0,00044
6	0,903	0,930	0,35237	0,00071	0,30317	0,00071
9	0,862	0,882	0,35237	0,00041	0,25960	0,00041
12	0,823	0,832	0,35237	0,00008	0,22161	0,00008
15	0,785	0,780	0,35237	0,00002	0,18722	0,00002
18	0,747	0,729	0,35237	0,00032	0,15572	0,00032
21	0,711	0,678	0,35237	0,00104	0,12833	0,00104
24	0,673	0,629	0,35237	0,00196	0,10293	0,00196
27	0,638	0,581	0,35237	0,00319	0,08148	0,00319
30	0,602	0,536	0,35237	0,00439	0,06229	0,00439
33	0,567	0,492	0,35237	0,00553	0,04588	0,00553
36	0,532	0,451	0,35237	0,00646	0,03210	0,00646
39	0,497	0,412	0,35237	0,00709	0,02082	0,00709
42	0,463	0,376	0,35237	0,00758	0,01231	0,00758
45	0,430	0,342	0,35237	0,00766	0,00602	0,00766
48	0,397	0,311	0,35237	0,00741	0,00200	0,00741
51	0,365	0,282	0,35237	0,00686	0,00015	0,00686
54	0,333	0,255	0,35237	0,00615	0,00036	0,00615
57	0,303	0,230	0,35237	0,00530	0,00243	0,00530
60	0,273	0,208	0,35237	0,00432	0,00626	0,00432
63	0,245	0,187	0,35237	0,00339	0,01153	0,00339
66	0,218	0,168	0,35237	0,00255	0,01800	0,00255
69	0,192	0,150	0,35237	0,00176	0,02559	0,00176
72	0,168	0,135	0,35237	0,00112	0,03393	0,00112
75	0,146	0,120	0,35237	0,00065	0,04262	0,00065
78	0,125	0,107	0,35237	0,00031	0,05161	0,00031
81	0,106	0,096	0,35237	0,00012	0,06045	0,00012
84	0,089	0,085	0,35237	0,00001	0,06946	0,00001
87	0,071	0,076	0,35237	0,00002	0,07910	0,00002
90	0,057	0,067	0,35237	0,00011	0,08726	0,00011
93	0,047	0,060	0,35237	0,00017	0,09344	0,00017
96	0,037	0,053	0,35237	0,00025	0,09940	0,00025
99	0,028	0,047	0,35237	0,00035	0,10533	0,00035
102	0,020	0,041	0,35237	0,00047	0,11075	0,00047

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{Y}	R ²	RMSE
	(y _i)	(\hat{y})			

	y	Yest		$(\hat{y}-y_i)^2$	$(y_i-\bar{y})^2$	$(y-y_{est})^2$
105	0,015	0,036	0,35237	0,00048	0,11414	0,00048
108	0,012	0,032	0,35237	0,00041	0,11608	0,00041
111	0,008	0,028	0,35237	0,00041	0,11862	0,00041
114	0,005	0,025	0,35237	0,00037	0,12037	0,00037
117	0,003	0,022	0,35237	0,00034	0,12178	0,00034
120	0,001	0,019	0,35237	0,00032	0,12343	0,00032
					0,9774	0,00734



e) Suhu 90°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	Y	Yest				
0	1,000	1,000	0,30610	0,00000	0,48150	0,00000
3	0,938	0,961	0,30610	0,00053	0,39970	0,00053
6	0,875	0,904	0,30610	0,00081	0,32386	0,00081
9	0,822	0,838	0,30610	0,00028	0,26590	0,00028
12	0,769	0,770	0,30610	0,00000	0,21414	0,00000
15	0,718	0,702	0,30610	0,00026	0,16971	0,00026
18	0,668	0,635	0,30610	0,00108	0,13083	0,00108
21	0,618	0,571	0,30610	0,00223	0,09733	0,00223
24	0,571	0,510	0,30610	0,00366	0,07007	0,00366
27	0,523	0,454	0,30610	0,00482	0,04713	0,00482
30	0,467	0,402	0,30610	0,00425	0,02581	0,00425
33	0,433	0,354	0,30610	0,00627	0,01608	0,00627
36	0,391	0,310	0,30610	0,00648	0,00717	0,00648
39	0,349	0,271	0,30610	0,00607	0,00184	0,00607
42	0,310	0,236	0,30610	0,00547	0,00001	0,00547
45	0,272	0,204	0,30610	0,00452	0,00118	0,00452
48	0,237	0,177	0,30610	0,00368	0,00473	0,00368
51	0,204	0,152	0,30610	0,00269	0,01042	0,00269
54	0,173	0,131	0,30610	0,00183	0,01763	0,00183
57	0,145	0,112	0,30610	0,00113	0,02586	0,00113
60	0,120	0,095	0,30610	0,00063	0,03448	0,00063
63	0,098	0,081	0,30610	0,00029	0,04322	0,00029
66	0,078	0,069	0,30610	0,00008	0,05222	0,00008
69	0,060	0,058	0,30610	0,00000	0,06051	0,00000
72	0,046	0,049	0,30610	0,00001	0,06746	0,00001
75	0,035	0,041	0,30610	0,00004	0,07336	0,00004
78	0,027	0,035	0,30610	0,00006	0,07802	0,00006
81	0,021	0,029	0,30610	0,00006	0,08130	0,00006
84	0,016	0,024	0,30610	0,00007	0,08435	0,00007
87	0,012	0,020	0,30610	0,00006	0,08620	0,00006
90	0,008	0,017	0,30610	0,00007	0,08860	0,00007
93	0,006	0,014	0,30610	0,00006	0,09007	0,00006
96	0,004	0,011	0,30610	0,00006	0,09124	0,00006
99	0,002	0,009	0,30610	0,00005	0,09220	0,00005
102	0,001	0,008	0,30610	0,00004	0,09285	0,00004
105	0,001	0,006	0,30610	0,00003	0,09338	0,00003
					0,9836	0,00667

f) Suhu 100°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	Y	yest				
0	1,000	1,000	0,30647	0,00000	0,48098	0,00000
2	0,966	0,969	0,30647	0,00001	0,43548	0,00001
4	0,888	0,922	0,30647	0,00120	0,33790	0,00120
6	0,837	0,869	0,30647	0,00103	0,28103	0,00103
8	0,790	0,811	0,30647	0,00048	0,23331	0,00048
10	0,748	0,753	0,30647	0,00003	0,19460	0,00003
12	0,700	0,694	0,30647	0,00003	0,15493	0,00003
14	0,657	0,637	0,30647	0,00040	0,12291	0,00040
16	0,615	0,582	0,30647	0,00107	0,09492	0,00107
18	0,572	0,529	0,30647	0,00185	0,07054	0,00185
20	0,532	0,479	0,30647	0,00276	0,05073	0,00276
22	0,492	0,432	0,30647	0,00352	0,03430	0,00352
24	0,453	0,389	0,30647	0,00412	0,02144	0,00412
26	0,415	0,348	0,30647	0,00448	0,01182	0,00448
28	0,379	0,311	0,30647	0,00462	0,00527	0,00462
30	0,343	0,277	0,30647	0,00442	0,00137	0,00442
32	0,310	0,246	0,30647	0,00406	0,00001	0,00406
34	0,278	0,218	0,30647	0,00361	0,00082	0,00361
36	0,247	0,192	0,30647	0,00298	0,00356	0,00298
38	0,218	0,169	0,30647	0,00238	0,00780	0,00238
40	0,191	0,149	0,30647	0,00175	0,01345	0,00175
42	0,166	0,130	0,30647	0,00124	0,01986	0,00124
44	0,143	0,114	0,30647	0,00083	0,02682	0,00083
46	0,121	0,099	0,30647	0,00049	0,03423	0,00049
48	0,101	0,086	0,30647	0,00022	0,04203	0,00022
50	0,084	0,075	0,30647	0,00009	0,04929	0,00009
52	0,070	0,065	0,30647	0,00002	0,05612	0,00002
54	0,056	0,056	0,30647	0,00000	0,06259	0,00000
56	0,045	0,049	0,30647	0,00001	0,06829	0,00001
58	0,035	0,042	0,30647	0,00005	0,07367	0,00005
60	0,028	0,036	0,30647	0,00007	0,07776	0,00007
62	0,022	0,031	0,30647	0,00007	0,08075	0,00007
64	0,018	0,026	0,30647	0,00007	0,08318	0,00007

t	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²	RMSE
---	---------	--------	-----------	----------------	------

(menit)	(y_i) Y	(\hat{y}) yest		$(\hat{y}-y_i)^2$	$(y_i-\bar{y})^2$	$(y-yest)^2$
64	0,018	0,026	0,30647	0,00007	0,08318	0,00007
66	0,014	0,023	0,30647	0,00007	0,08534	0,00007
68	0,011	0,019	0,30647	0,00007	0,08721	0,00007
70	0,008	0,016	0,30647	0,00007	0,08890	0,00007
72	0,006	0,014	0,30647	0,00006	0,09027	0,00006
74	0,004	0,012	0,30647	0,00006	0,09156	0,00006
76	0,002	0,010	0,30647	0,00006	0,09252	0,00006
78	0,001	0,009	0,30647	0,00006	0,09328	0,00006
					0,9875	0,00550

C2. Wang dan Singh

a) Suhu 50°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{Y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	Y	yest				
0	1,000	1,000	0,37205	0,00000	0,39432	0,000000
5	0,968	0,975	0,37205	0,00004	0,35571	0,000038
10	0,943	0,950	0,37205	0,00004	0,32602	0,000043
15	0,920	0,925	0,37205	0,00002	0,30023	0,000024
20	0,897	0,900	0,37205	0,00001	0,27586	0,000010
25	0,875	0,876	0,37205	0,00000	0,25304	0,000001
30	0,853	0,852	0,37205	0,00000	0,23137	0,000000
35	0,832	0,829	0,37205	0,00001	0,21130	0,000008
40	0,811	0,806	0,37205	0,00003	0,19304	0,000034
45	0,791	0,783	0,37205	0,00006	0,17517	0,000063
50	0,772	0,760	0,37205	0,00016	0,16035	0,000156
55	0,752	0,738	0,37205	0,00020	0,14410	0,000196
60	0,732	0,716	0,37205	0,00028	0,12971	0,000276
65	0,713	0,694	0,37205	0,00038	0,11642	0,000377
70	0,694	0,672	0,37205	0,00046	0,10352	0,000458
75	0,674	0,651	0,37205	0,00052	0,09127	0,000525
80	0,655	0,630	0,37205	0,00059	0,07989	0,000591
85	0,638	0,610	0,37205	0,00081	0,07090	0,000811
90	0,618	0,590	0,37205	0,00081	0,06049	0,000807
95	0,591	0,570	0,37205	0,00047	0,04811	0,000473
100	0,569	0,550	0,37205	0,00034	0,03861	0,000344
105	0,544	0,531	0,37205	0,00017	0,02949	0,000172
110	0,526	0,512	0,37205	0,00022	0,02381	0,000218
115	0,508	0,493	0,37205	0,00023	0,01846	0,000228
120	0,489	0,474	0,37205	0,00022	0,01375	0,000223
125	0,470	0,456	0,37205	0,00019	0,00960	0,000190
130	0,451	0,438	0,37205	0,00017	0,00627	0,000166
135	0,433	0,421	0,37205	0,00015	0,00372	0,000148
140	0,414	0,404	0,37205	0,00011	0,00178	0,000113
145	0,396	0,387	0,37205	0,00008	0,00056	0,000081
150	0,378	0,370	0,37205	0,00006	0,00004	0,000065
155	0,360	0,354	0,37205	0,00004	0,00015	0,000040
160	0,343	0,338	0,37205	0,00003	0,00082	0,000034
165	0,326	0,322	0,37205	0,00002	0,00211	0,000019

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{Y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	y	yest				
170	0,309	0,306	0,37205	0,00001	0,00397	0,000007
175	0,292	0,291	0,37205	0,00000	0,00641	0,000001
180	0,276	0,276	0,37205	0,00000	0,00930	0,000001
185	0,260	0,262	0,37205	0,00000	0,01261	0,000004
190	0,244	0,248	0,37205	0,00001	0,01630	0,000010
195	0,230	0,234	0,37205	0,00002	0,02031	0,000017
200	0,213	0,220	0,37205	0,00004	0,02520	0,000045
205	0,197	0,207	0,37205	0,00009	0,03067	0,000095
210	0,183	0,194	0,37205	0,00011	0,03564	0,000107
215	0,170	0,181	0,37205	0,00012	0,04078	0,000115
220	0,158	0,168	0,37205	0,00012	0,04597	0,000115
225	0,146	0,156	0,37205	0,00011	0,05131	0,000115
230	0,134	0,144	0,37205	0,00011	0,05671	0,000110
235	0,123	0,133	0,37205	0,00010	0,06203	0,000097
240	0,106	0,122	0,37205	0,00025	0,07094	0,000253
245	0,096	0,111	0,37205	0,00021	0,07603	0,000205
250	0,087	0,100	0,37205	0,00018	0,08140	0,000175
255	0,077	0,090	0,37205	0,00015	0,08684	0,000151
260	0,069	0,080	0,37205	0,00012	0,09195	0,000116
265	0,060	0,070	0,37205	0,00009	0,09720	0,000091
270	0,054	0,060	0,37205	0,00005	0,10139	0,000046
275	0,047	0,051	0,37205	0,00001	0,10534	0,000014
280	0,042	0,042	0,37205	0,00000	0,10925	0,000001
285	0,036	0,034	0,37205	0,00000	0,11301	0,000004
290	0,030	0,026	0,37205	0,00002	0,11671	0,000023

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y_i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	($y_i-\bar{y}$) ²	($y-y_{est}$) ²
	y	y _{est}				
295	0,025	0,018	0,37205	0,00005	0,12047	0,000053
300	0,019	0,010	0,37205	0,00007	0,12491	0,000075
305	0,015	0,003	0,37205	0,00014	0,12782	0,000141
310	0,011	-0,004	0,37205	0,00025	0,13015	0,000246
315	0,009	-0,011	0,37205	0,00039	0,13213	0,000388
320	0,006	-0,018	0,37205	0,00057	0,13374	0,000573
325	0,005	-0,024	0,37205	0,00081	0,13500	0,000806
330	0,003	-0,030	0,37205	0,00108	0,13600	0,001080
335	0,002	-0,035	0,37205	0,00137	0,13701	0,001373
340	0,001	-0,040	0,37205	0,00170	0,13777	0,001704
					0,9977	0,00179

b) Suhu 60°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	Y	yest				
0	1,000	1,000	0,37204	0,00000	0,39433	0,00000
4	0,964	0,968	0,37204	0,00001	0,35062	0,00001
8	0,932	0,936	0,37204	0,00001	0,31353	0,00001
12	0,902	0,904	0,37204	0,00001	0,28066	0,00001
16	0,874	0,874	0,37204	0,00000	0,25167	0,00000
20	0,846	0,844	0,37204	0,00001	0,22490	0,00001
24	0,818	0,815	0,37204	0,00001	0,19918	0,00001
28	0,792	0,786	0,37204	0,00003	0,17616	0,00003
32	0,765	0,758	0,37204	0,00005	0,15442	0,00005
36	0,739	0,731	0,37204	0,00006	0,13431	0,00006
40	0,712	0,704	0,37204	0,00006	0,11535	0,00006
44	0,685	0,678	0,37204	0,00005	0,09811	0,00005
48	0,659	0,652	0,37204	0,00004	0,08227	0,00004
52	0,633	0,628	0,37204	0,00003	0,06808	0,00003
56	0,607	0,604	0,37204	0,00001	0,05516	0,00001
60	0,581	0,580	0,37204	0,00000	0,04373	0,00000
64	0,556	0,557	0,37204	0,00000	0,03382	0,00000
68	0,531	0,535	0,37204	0,00002	0,02513	0,00002
72	0,506	0,513	0,37204	0,00006	0,01786	0,00006
76	0,481	0,492	0,37204	0,00013	0,01183	0,00013
80	0,457	0,472	0,37204	0,00024	0,00716	0,00024
84	0,433	0,452	0,37204	0,00038	0,00369	0,00038
88	0,409	0,433	0,37204	0,00058	0,00137	0,00058
92	0,386	0,415	0,37204	0,00084	0,00019	0,00084
96	0,363	0,397	0,37204	0,00117	0,00008	0,00117
100	0,341	0,380	0,37204	0,00155	0,00099	0,00155
104	0,313	0,364	0,37204	0,00252	0,00345	0,00252
108	0,292	0,348	0,37204	0,00310	0,00640	0,00310
112	0,272	0,332	0,37204	0,00369	0,01006	0,00369
116	0,252	0,318	0,37204	0,00432	0,01437	0,00432
120	0,233	0,304	0,37204	0,00508	0,01941	0,00508
124	0,214	0,291	0,37204	0,00583	0,02487	0,00583
128	0,196	0,278	0,37204	0,00666	0,03083	0,00666
132	0,179	0,266	0,37204	0,00760	0,03730	0,00760
136	0,163	0,255	0,37204	0,00837	0,04360	0,00837

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{Y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	Y	yest				
140	0,148	0,244	0,37204	0,00924	0,05024	0,00924
144	0,133	0,234	0,37204	0,01017	0,05710	0,01017
148	0,119	0,224	0,37204	0,01107	0,06389	0,01107
152	0,106	0,216	0,37204	0,01211	0,07097	0,01211
156	0,093	0,208	0,37204	0,01311	0,07784	0,01311
160	0,080	0,200	0,37204	0,01430	0,08504	0,01430
164	0,069	0,193	0,37204	0,01536	0,09172	0,01536
168	0,058	0,187	0,37204	0,01650	0,09834	0,01650
172	0,049	0,181	0,37204	0,01761	0,10464	0,01761
176	0,039	0,176	0,37204	0,01876	0,11068	0,01876
180	0,032	0,172	0,37204	0,01969	0,11584	0,01969
184	0,025	0,168	0,37204	0,02062	0,12064	0,02062
188	0,019	0,165	0,37204	0,02147	0,12482	0,02147
192	0,013	0,163	0,37204	0,02243	0,12882	0,02243
196	0,009	0,161	0,37204	0,02313	0,13177	0,02313
200	0,006	0,160	0,37204	0,02357	4,66727	0,02357
204	0,004	0,160	0,37204	0,02416	8,94021	0,02416
208	0,002	0,159	0,37204	0,02474	17,52980	0,02474
212	0,000	0,160	0,37204	0,02553	34,74608	0,02553
					0,9944	0,01165

c) Suhu 70°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y_i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	($y_i-\bar{y}$) ²	($y-\text{yest}$) ²
	y	yest				
0	1,000	1,000	0,34195	0,00000	0,43304	0,00000
4	0,947	0,953	0,34195	0,00004	0,36560	0,00004
8	0,900	0,907	0,34195	0,00004	0,31172	0,00004
12	0,860	0,862	0,34195	0,00000	0,26799	0,00000
16	0,821	0,817	0,34195	0,00001	0,22905	0,00001
20	0,782	0,774	0,34195	0,00007	0,19378	0,00007
24	0,744	0,732	0,34195	0,00015	0,16160	0,00015
28	0,706	0,690	0,34195	0,00025	0,13258	0,00025
32	0,671	0,650	0,34195	0,00045	0,10829	0,00045
36	0,632	0,610	0,34195	0,00047	0,08416	0,00047
40	0,596	0,572	0,34195	0,00056	0,06433	0,00056
44	0,560	0,534	0,34195	0,00064	0,04745	0,00064
48	0,524	0,498	0,34195	0,00068	0,03314	0,00068
52	0,489	0,462	0,34195	0,00073	0,02175	0,00073
56	0,455	0,428	0,34195	0,00077	0,01286	0,00077
60	0,422	0,394	0,34195	0,00079	0,00644	0,00079
64	0,390	0,361	0,34195	0,00080	0,00226	0,00080
68	0,358	0,330	0,34195	0,00082	0,00026	0,00082
72	0,328	0,299	0,34195	0,00083	0,00021	0,00083
76	0,298	0,269	0,34195	0,00083	0,00196	0,00083
80	0,270	0,240	0,34195	0,00088	0,00523	0,00088
84	0,243	0,212	0,34195	0,00094	0,00985	0,00094
88	0,217	0,185	0,34195	0,00103	0,01558	0,00103
92	0,193	0,159	0,34195	0,00117	0,02209	0,00117
96	0,171	0,134	0,34195	0,00134	0,02933	0,00134
100	0,150	0,110	0,34195	0,00158	0,03692	0,00158
104	0,117	0,087	0,34195	0,00091	0,05056	0,00091
108	0,100	0,065	0,34195	0,00124	0,05855	0,00124
112	0,085	0,044	0,34195	0,00169	0,06623	0,00169
116	0,071	0,023	0,34195	0,00225	0,07354	0,00225
120	0,058	0,004	0,34195	0,00293	0,08055	0,00293
124	0,048	-0,014	0,34195	0,00383	0,08666	0,00383
128	0,039	-0,032	0,34195	0,00493	0,09204	0,00493
132	0,031	-0,048	0,34195	0,00627	0,09663	0,00627

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	y	yest				
132	0,031	-0,048	0,34195	0,00627	0,09663	0,00627
136	0,025	-0,064	0,34195	0,00784	0,10044	0,00784
140	0,019	-0,078	0,34195	0,00950	0,10400	0,00950
144	0,015	-0,092	0,34195	0,01140	0,10672	0,01140
148	0,011	-0,104	0,34195	0,01331	0,10935	0,01331
152	0,008	-0,116	0,34195	0,01533	0,11142	0,01533
156	0,006	-0,126	0,34195	0,01739	0,11317	0,01739
160	0,003	-0,136	0,34195	0,01940	0,11470	0,01940
164	0,001	-0,145	0,34195	0,02134	0,11599	0,02134
					0,9619	0,00939

d) Suhu 80°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y_i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	($y_i-\bar{y}$) ²	($y-\text{yest}$) ²
	y	yest				
0	1,000	1,000	0,35237	0,00000	0,41943	0,00000
3	0,950	0,954	0,35237	0,00001	0,35774	0,00001
6	0,903	0,909	0,35237	0,00003	0,30317	0,00003
9	0,862	0,864	0,35237	0,00001	0,25960	0,00001
12	0,823	0,821	0,35237	0,00000	0,22161	0,00000
15	0,785	0,780	0,35237	0,00003	0,18722	0,00003
18	0,747	0,739	0,35237	0,00007	0,15572	0,00007
21	0,711	0,699	0,35237	0,00014	0,12833	0,00014
24	0,673	0,660	0,35237	0,00017	0,10293	0,00017
27	0,638	0,623	0,35237	0,00023	0,08148	0,00023
30	0,602	0,586	0,35237	0,00025	0,06229	0,00025
33	0,567	0,551	0,35237	0,00026	0,04588	0,00026
36	0,532	0,516	0,35237	0,00024	0,03210	0,00024
39	0,497	0,483	0,35237	0,00019	0,02082	0,00019
42	0,463	0,451	0,35237	0,00016	0,01231	0,00016
45	0,430	0,420	0,35237	0,00011	0,00602	0,00011
48	0,397	0,389	0,35237	0,00006	0,00200	0,00006
51	0,365	0,360	0,35237	0,00002	0,00015	0,00002
54	0,333	0,333	0,35237	0,00000	0,00036	0,00000
57	0,303	0,306	0,35237	0,00001	0,00243	0,00001
60	0,273	0,280	0,35237	0,00005	0,00626	0,00005
63	0,245	0,255	0,35237	0,00011	0,01153	0,00011
66	0,218	0,232	0,35237	0,00018	0,01800	0,00018
69	0,192	0,209	0,35237	0,00028	0,02559	0,00028
72	0,168	0,188	0,35237	0,00039	0,03393	0,00039
75	0,146	0,168	0,35237	0,00047	0,04262	0,00047
78	0,125	0,148	0,35237	0,00053	0,05161	0,00053
81	0,106	0,130	0,35237	0,00056	0,06045	0,00056
84	0,089	0,113	0,35237	0,00058	0,06946	0,00058
87	0,071	0,097	0,35237	0,00067	0,07910	0,00067
90	0,057	0,082	0,35237	0,00063	0,08726	0,00063
93	0,047	0,068	0,35237	0,00046	0,09344	0,00046
96	0,037	0,055	0,35237	0,00033	0,09940	0,00033
99	0,028	0,044	0,35237	0,00025	0,10533	0,00025

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	Y	yest				
102	0,020	0,033	0,35237	0,00018	0,11075	0,00018
105	0,015	0,024	0,35237	0,00008	0,11414	0,00008
108	0,012	0,015	0,35237	0,00001	0,11608	0,00001
111	0,008	0,008	0,35237	0,00000	0,11862	0,00000
114	0,005	0,001	0,35237	0,00002	0,12037	0,00002
117	0,003	-0,004	0,35237	0,00005	0,12178	0,00005
120	0,001	-0,008	0,35237	0,00008	0,12343	0,00008
					0,9983	0,00217

e) Suhu 90°C

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y- \hat{y}) ²
	y	yest				
0	1,000	1,000	0,30610	0,00000	0,48150	0,00000
3	0,938	0,937	0,30610	0,00000	0,39970	0,00000
6	0,875	0,876	0,30610	0,00000	0,32386	0,00000
9	0,822	0,817	0,30610	0,00002	0,26590	0,00002
12	0,769	0,760	0,30610	0,00008	0,21414	0,00008
15	0,718	0,705	0,30610	0,00018	0,16971	0,00018
18	0,668	0,651	0,30610	0,00029	0,13083	0,00029
21	0,618	0,599	0,30610	0,00037	0,09733	0,00037
24	0,571	0,549	0,30610	0,00048	0,07007	0,00048
27	0,523	0,501	0,30610	0,00051	0,04713	0,00051
30	0,467	0,454	0,30610	0,00016	0,02581	0,00016
33	0,433	0,409	0,30610	0,00056	0,01608	0,00056
36	0,391	0,366	0,30610	0,00059	0,00717	0,00059
39	0,349	0,325	0,30610	0,00056	0,00184	0,00056
42	0,310	0,286	0,30610	0,00057	0,00001	0,00057
45	0,272	0,249	0,30610	0,00054	0,00118	0,00054
48	0,237	0,213	0,30610	0,00060	0,00473	0,00060
51	0,204	0,179	0,30610	0,00063	0,01042	0,00063
54	0,173	0,147	0,30610	0,00070	0,01763	0,00070
57	0,145	0,117	0,30610	0,00083	0,02586	0,00083
60	0,120	0,088	0,30610	0,00105	0,03448	0,00105
63	0,098	0,061	0,30610	0,00136	0,04322	0,00136
66	0,078	0,036	0,30610	0,00169	0,05222	0,00169
69	0,060	0,013	0,30610	0,00219	0,06051	0,00219
72	0,046	-0,008	0,30610	0,00295	0,06746	0,00295
75	0,035	-0,028	0,30610	0,00394	0,07336	0,00394
78	0,027	-0,045	0,30610	0,00518	0,07802	0,00518
81	0,021	-0,061	0,30610	0,00673	0,08130	0,00673
84	0,016	-0,075	0,30610	0,00826	0,08435	0,00826
87	0,012	-0,087	0,30610	0,01000	0,08620	0,01000
90	0,008	-0,098	0,30610	0,01133	0,08860	0,01133
93	0,006	-0,107	0,30610	0,01270	0,09007	0,01270
96	0,004	-0,114	0,30610	0,01384	0,09124	0,01384
99	0,002	-0,119	0,30610	0,01468	0,09220	0,01468
102	0,001	-0,122	0,30610	0,01522	0,09285	0,01522
105	0,001	-0,124	0,30610	0,01538	0,09338	0,01538

							0,9619	0,01018
f) Suhu 100°C								
t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE		
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²		
	Y	yest						
0	1,000	1,000	0,31414	0,00000	0,47041	0,00000		
2	0,966	0,945	0,31414	0,00045	0,42542	0,00045		
4	0,888	0,892	0,31414	0,00002	0,32905	0,00002		
6	0,837	0,840	0,31414	0,00001	0,27297	0,00001		
8	0,790	0,790	0,31414	0,00000	0,22597	0,00000		
10	0,748	0,742	0,31414	0,00003	0,18790	0,00003		
12	0,700	0,695	0,31414	0,00002	0,14896	0,00002		
14	0,657	0,650	0,31414	0,00005	0,11760	0,00005		
16	0,615	0,606	0,31414	0,00007	0,09026	0,00007		
18	0,572	0,564	0,31414	0,00006	0,06653	0,00006		
20	0,532	0,524	0,31414	0,00006	0,04734	0,00006		
22	0,492	0,485	0,31414	0,00004	0,03152	0,00004		
24	0,453	0,448	0,31414	0,00002	0,01926	0,00002		
26	0,415	0,412	0,31414	0,00001	0,01021	0,00001		
28	0,379	0,378	0,31414	0,00000	0,00422	0,00000		
30	0,343	0,346	0,31414	0,00001	0,00086	0,00001		
32	0,310	0,315	0,31414	0,00003	0,00002	0,00003		
34	0,278	0,286	0,31414	0,00007	0,00132	0,00007		
36	0,247	0,258	0,31414	0,00013	0,00453	0,00013		
38	0,218	0,232	0,31414	0,00020	0,00922	0,00020		
40	0,191	0,208	0,31414	0,00031	0,01528	0,00031		
42	0,166	0,185	0,31414	0,00039	0,02208	0,00039		
44	0,143	0,164	0,31414	0,00045	0,02939	0,00045		
46	0,121	0,144	0,31414	0,00053	0,03712	0,00053		
48	0,101	0,126	0,31414	0,00062	0,04523	0,00062		
50	0,084	0,110	0,31414	0,00065	0,05275	0,00065		
52	0,070	0,095	0,31414	0,00066	0,05981	0,00066		
54	0,056	0,082	0,31414	0,00066	0,06648	0,00066		
56	0,045	0,070	0,31414	0,00064	0,07235	0,00064		
58	0,035	0,060	0,31414	0,00064	0,07789	0,00064		
60	0,028	0,052	0,31414	0,00059	0,08209	0,00059		
62	0,022	0,045	0,31414	0,00052	0,08516	0,00052		

t (menit)	MR data	MR Est	\bar{y}	R ²		RMSE
	(y _i)	(\hat{y})		($\hat{y}-y_i$) ²	(y _i - \bar{y}) ²	(y-yest) ²
	Y	yest				
64	0,018	0,040	0,31414	0,00048	0,08766	0,00048
66	0,014	0,036	0,31414	0,00049	0,08988	0,00049
68	0,011	0,034	0,31414	0,00054	0,09180	0,00054
70	0,008	0,034	0,31414	0,00066	0,09352	0,00066
72	0,006	0,035	0,31414	0,00085	0,09494	0,00085
74	0,004	0,038	0,31414	0,00116	0,09625	0,00116
76	0,002	0,042	0,31414	0,00161	0,09724	0,00161
78	0,001	0,048	0,31414	0,00224	0,09802	0,00224
					0,9959	0,00316

Lampiran D. Gambar Biji Pepaya Kering Hasil Proses Pengeringan Inframerah



Lampiran E. Gambar Biji Pepaya Hasil Proses Rehidrasi



