



**KINETIKA PINDAH MASSA DAN PERUBAHAN AKTIVITAS  
ANTIOKSIDAN KULIT MANGGIS SELAMA PROSES  
PENGERINGAN MENGGUNAKAN  
OVEN MICROWAVE**

**SKRIPSI**

Oleh

**ENY MUSYAROFAH  
NIM 111710201046**

**DPU : Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng.**

**DPA : Sutarsi, S. TP., M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**



**KINETIKA PINDAH MASSA DAN PERUBAHAN AKTIVITAS  
ANTIOKSIDAN KULIT MANGGIS SELAMA PROSES  
PENGERINGAN MENGGUNAKAN  
OVEN MICROWAVE**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Eny Musyarofah**

**NIM 111710201046**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk Ibunda Pains, Ayahanda Muhamad Ansori,  
dan kakak tercinta Ida Maisaroh



**MOTTO**

"Barang siapa menginginkan soal-soal yang berhubungan dengan dunia, wajiblah ia memiliki ilmunya ; dan barang siapa yang ingin (selamat dan berbahagia) di akhirat, wajiblah ia mengetahui ilmunya pula; dan barangsiapa yang menginginkan kedua-duanya, wajiblah ia memiliki ilmu kedua-duanya pula". (HR. Bukhari dan Muslim)

“Saya tidaklah memiliki bakat spesial, hanya saya sangatlah penasaran dalam suatu hal.”

(Albert Einstein)

“Orang bijaksana akan menjadi majikan dari pikirannya, orang bodoh akan menjadi budaknya”

(David J. Schwartz)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Eny Musyarofah

NIM : 111710201046

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Kinetika Pindah Massa dan Perubahan Aktivitas Antioksidan Kulit Manggis Selama Proses Pengeringan Menggunakan Oven Microwave”** adalah benar-benar karya sendiri, kecuali dalam kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 7 Oktober 2016

Yang menyatakan,

Eny Musyarofah  
NIM. 111710201046

**SKRIPSI**

**KINETIKA PINDAH MASSA DAN PERUBAHAN AKTIVITAS  
ANTIOKSIDAN KULIT MANGGIS SELAMA PROSES  
PENGERINGAN MENGGUNAKAN  
OVEN MICROWAVE**

Oleh

**ENY MUSYAROFAH**

**NIM 111710201046**

Pembimbing:

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

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul **“Kinetika Pindah Massa dan Perubahan Aktivitas Antioksidan Kulit Manggis Selama Proses Pengeringan Menggunakan Oven Microwave”** telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jumat, 7 Oktober 2016

Tempat : Ruang Sidang 2 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. 198109262009012002

Tim Penguji

Ketua

Anggota

Ir. Setiyo Harri M.S.  
NIP. 195309241983031001

Tri Handoyo, S.P., M.Agr., Ph.D.  
NIP. 197112021998021001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Dr. Yuli Witono, S. TP., M.P.  
NIP 19691212 199802 1001

## SUMMARY

**Kinetics of Moving Mass and Change Skin Mangosteen Antioxidant Activities During Drying Process Using Microwave Oven;** Eny Musyarofah, 111710201046; 2016; 47 page; Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture Technology, University of Jember.

Mangosteen (*Garcinia mangostana L.*) is a fruit plant that thrives in Indonesia. Mangosteen's skin can be used for health. Shelf-life of mangosteen's skin is not too long so it require some processed to extend shelf life. Drying is a one of method that can be used to extend mangosteen's skin shelf life. There are not any publication about drying of mangosteen's skin using a microwave oven yet. The aims of this research is obtained a most appropriate treatment for the drying of mangosteen's skin using a microwave oven, in order to obtain the desired moisture content and high levels of antioxidant activity in the product drying results.

This research was conducted at the Laboratory of Engineering of Agricultural Products, Agricultural Engineering Department, Faculty of Agricultural Technology and Laboratory CDAST University of Jember. This research activity conducted on March to August 2015. Mangosteen's skin used is ripe mangosteen skin in fresh condition with characteristics of skin color dark red fruit and the rind is not hard which purchase from fruit farmer located in the village of Songgon, Subdistrict Songgon district Banyuwangi. Mangosteen fruit that has not been used when the research put in plastic and put in the cupboard cooler. Maximum storage mangosteen fruit is for 6 days. Mangosteen skin is dried using a microwave oven with power 233, 338, 525, and 630 watt. In addition to the dry skin mangosteen antioxidant activity was also measured using a spectrophotometer. Data were analyzed and tested validity drying using two ways graphs and statistics. Modelling used is modeling Page and Wang and Singh. Test aims to determine the validity of the data error rate is by using *Coefficient of Determination* ( $R^2$ ), *Root Mean Square Error* (RMSE), and *Relative Percent Error* (P).



From research conducted, obtained by the relationship between power, drying rate, and the antioxidant activity of mangosteen's skin. The results showed that the higher the power used, the faster the time required in the drying process. The time for drying material used power 630 watt only 6 minute, to power 525 watt that is 9 minute, to power 338 watt that is 12 minute and need the time 18 minute for drying used power 233 watt. The used power have effected the drying time and also antioxidant activity. Drying used 630 watt, show the highest antioxidant activity (54%). Analysis of data observation and estimates that obtained from the equation *Page* and *Wang and Singh*, has not different value when compared between equality *Page* and equality *Wang and Singh*. The equation *Page* has smaller error rate than equation *Wang and Singh*. In Equation *Page*  $R^2$  best value is 0.9996; RMSE value is 0.003; and the value of P is 7.532%. This value is obtained from the drying treatment of 630 watt. From these data it can be concluded that *Page* models has better result than *Wang and Singh* models for drying of mangosteen's skin using a microwave oven.

## RINGKASAN

**Kinetika Pindah Massa dan Perubahan Aktivitas Antioksidan Kulit Manggis Selama Proses Pengeringan Menggunakan Oven Microwave;** Eny Musyarofah, 111710201046; 2016; 47 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Manggis (*Garcinia mangostana L.*) merupakan tanaman buah yang tumbuh subur di Indonesia. Kulit manggis dapat dimanfaatkan untuk kesehatan. Masa simpannya yang tidak terlalu panjang mengharuskan kulit manggis diproses untuk memperpanjang masa simpan. Pengeringan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan supaya kulit manggis memiliki masa simpan yang lebih lama. Publikasi tentang pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave belum banyak ditemukan. Dari penelitian yang masih terbatas tersebut, penulis bertujuan untuk melakukan penelitian pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave. Selain pengeringan, uji kandungan antioksidan yang terdapat pada bahan selama proses pengeringan juga penting untuk dilakukan. Tujuan dari penelitian ini yaitu didapatkan sebuah perlakuan yang paling tepat untuk pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave, sehingga diperoleh kadar air yang diinginkan dan kadar aktivitas antioksidan paling tinggi pada produk hasil pengeringan.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian dan Laboratorium CDAST Universitas Jember. Kegiatan Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Maret sampai Agustus 2015. Kulit manggis yang digunakan yaitu kulit manggis masak dalam kondisi segar dengan ciri-ciri warna kulit buah merah kehitaman dan kulit buah tidak keras. Buah manggis yang belum digunakan saat penelitian dimasukkan ke dalam plastik dan diletakkan dilemari pendingin. Maksimal penyimpanan buah manggis yaitu selama 6 hari. Buah manggis berasal dari petani buah yang bertempat di Desa Songgon, Kecamatan Songgon Kabupaten Banyuwangi. Kulit manggis dikeringkan menggunakan oven microwave dengan daya 233, 338, 525, dan 630 watt. Selain dikeringkan kulit manggis juga diukur aktivitas antioksidannya menggunakan spektrofotometer. Data hasil pengeringan

dianalisis dan diuji validitasnya menggunakan dua cara yaitu grafik dan statistik. Pemodelan yang digunakan yaitu Pemodelan Page dan Wang and Singh. Uji validitas bertujuan untuk mengetahui tingkat kesalahan data yaitu dengan menggunakan *Coefficient of Determination* ( $R^2$ ), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Relative Percent Error* (P).

Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh hubungan antara daya, laju pengeringan, dan aktivitas antioksidan kulit manggis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi daya yang digunakan semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan dalam proses pengeringan. Waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan bahan menggunakan daya 630 watt hanya 6 menit, pada daya 525 watt yaitu 9 menit, pada daya 338 watt yaitu 12 menit, dan dibutuhkan waktu pengeringan 18 menit untuk pengeringan menggunakan daya 233 watt. Selain berpengaruh terhadap lama waktu pengeringan, daya yang digunakan juga berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan. Bahan hasil pengeringan yang mempunyai antioksidan tertinggi diperoleh pada perlakuan daya 630 watt yaitu 54%. Analisis data observasi dan estimasi yang diperoleh dari persamaan Page dan Wang and Singh memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Apabila dibandingkan antara persamaan Page dan persamaan Wang and Singh, persamaan Page memiliki tingkat kesalahan yang relatif lebih kecil. Pada persamaan Page nilai  $R^2$  terbaik yaitu 0,9996; nilai RMSE yaitu 0,003; dan nilai P yaitu 7,532%. Nilai tersebut diperoleh dari hasil pengeringan perlakuan daya 630 watt. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pemodelan yang lebih baik digunakan antara model Page dan Wang and Singh untuk pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave yaitu model Page.

## PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikah rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kinetika Pindah Massa dan Perubahan Aktivitas Antioksidan Kulit Manggis Selama Proses Pengeringan Menggunakan Oven Microwave.” Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dengan berbagai macam kendala, namun kendala tersebut dapat terselesaikan dengan ridho Allah dan bantuan dosen serta teman-teman. Oleh karena itu, penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada:

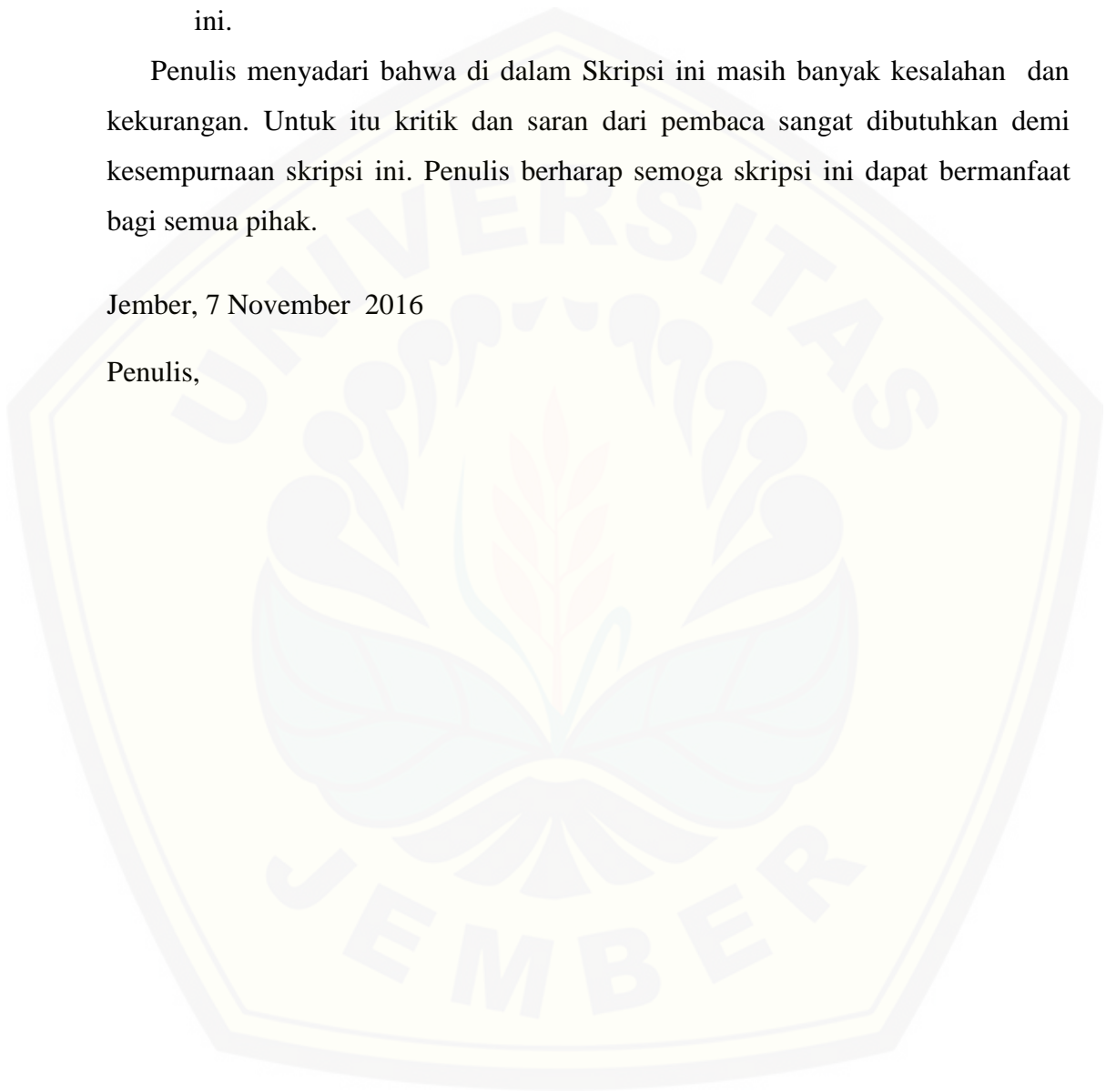
1. Dr. Ir. Iwan Taruna M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian serta bimbingan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Surtasi S.TP., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan masukan dan banyak perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
3. Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
4. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas;
5. Ir. Muharyo Pudjojono selaku Ketua Bimbingan Skripsi yang telah banyak memberikan motivasi, kritik, dan saran untuk segera menyelesaikan skripsi ini;
6. Ibu, Ayah, kakak, dan keluarga besar tercinta yang tak pernah lelah memberikan dukungan baik berupa doa, materi, dan motivasi selama ini;
7. Teman-teman seperjuangan (TEP 2011) yang telah banyak memberikan bantuan, pendapat, dan kerja sama yang baik selama ini;
8. Seluruh teknisi Laboratorium Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian dan Laboratorium CDAST Universitas Jember;

9. Keluarga besar UKM-KI KOSINUSTETA yang telah memberikan semangat kekeluargaan, inspirasi, pengalaman serta membentuk pribadi yang lebih baik;
10. Semua pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam Skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan. Untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat dibutuhkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 7 November 2016

Penulis,

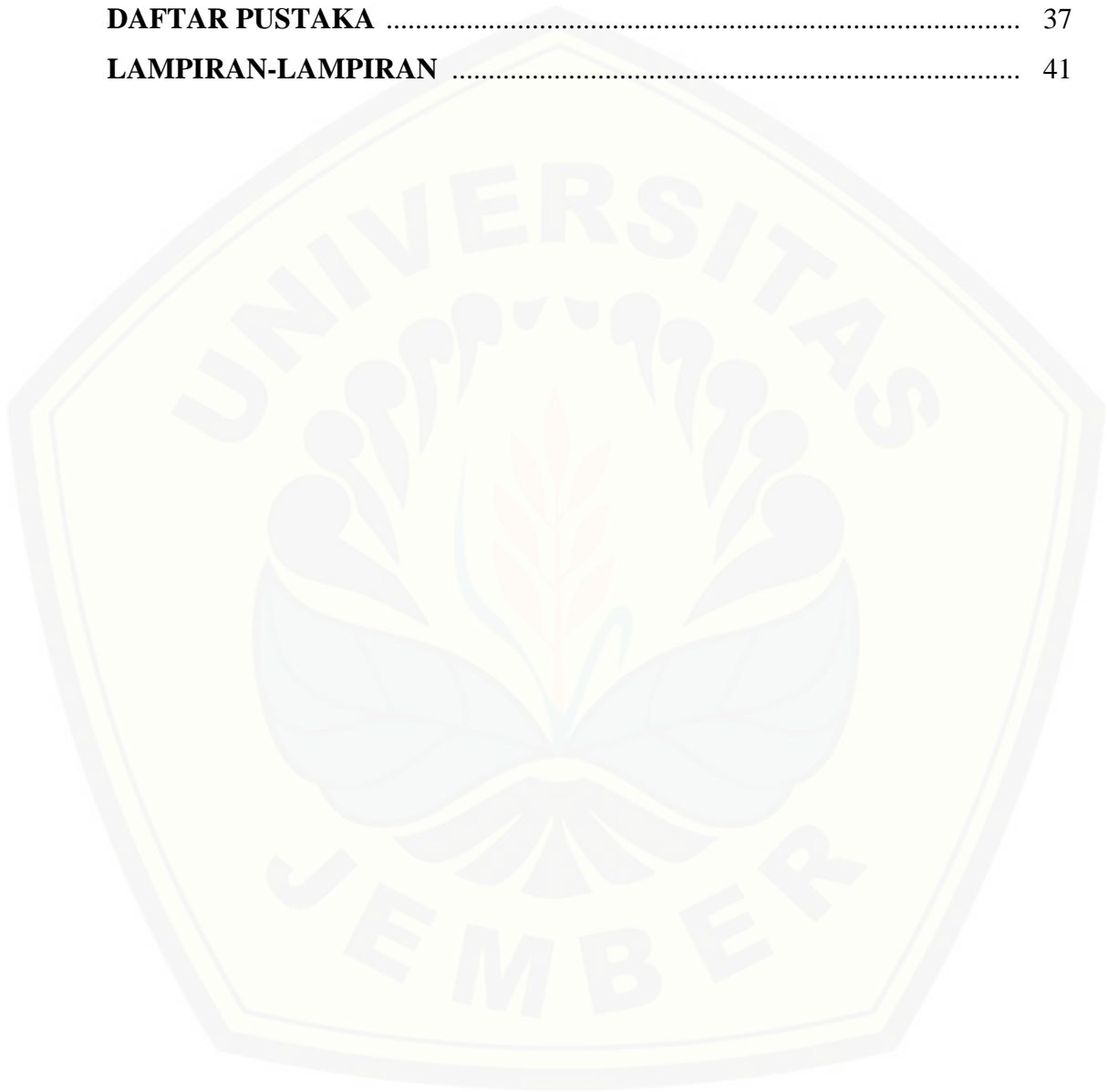


**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Manggis (<i>Garcinia Mangostana</i> Linn)</b> .....	4
<b>2.2 Radikal Bebas</b> .....	5
<b>2.3 Antioksidan</b> .....	5
<b>2.4 Faktor-faktor Penyebab Kerusakan Bahan Pangan</b> .....	5
2.4.1 Mikroba .....	5
2.4.2 Enzim .....	6
2.4.3 Pemanasan .....	6
2.4.4 Kadar Air .....	6

2.4.5 Oksigen .....	6
2.4.6 Sinar .....	6
2.4.7 Waktu Penyimpanan .....	6
<b>2.5 Pengeringan .....</b>	<b>7</b>
2.5.1 Pengertian Pengeringan .....	7
2.5.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan .....	7
2.5.3 Laju Pengeringan .....	9
<b>2.6 Oven Microwave .....</b>	<b>9</b>
<b>2.7 Pengaruh Pemanasan terhadap Aktivitas Antioksidan .....</b>	<b>10</b>
<b>2.8 Metode Uji aktivitas Antioksidan .....</b>	<b>11</b>
<b>2.9 Densitas Curah .....</b>	<b>11</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Tepat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....</b>	<b>12</b>
3.2.1 Bahan .....	12
3.2.2 Alat .....	12
<b>3.3 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>13</b>
3.3.1 Rancangan Penelitian .....	13
3.3.2 Diagram Alir Penelitian .....	13
<b>3.4 Pelaksanaan Penelitian .....</b>	<b>15</b>
3.4.1 Penelitian Pendahuluan .....	15
3.4.2 Penelitian Utama .....	17
3.4.3 Laju Pengeringan .....	19
<b>3.5 Analisis Data .....</b>	<b>19</b>
3.5.1 Pemodelan .....	19
3.5.2 Uji Validitas .....	20
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Pengeringan Kulit Manggis .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 Laju Pengeringan .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Pemodelan Pindah Massa Proses Pengeringan Kulit Manggis ....</b>	<b>26</b>
<b>4.4 Uji Validitas Model .....</b>	<b>28</b>

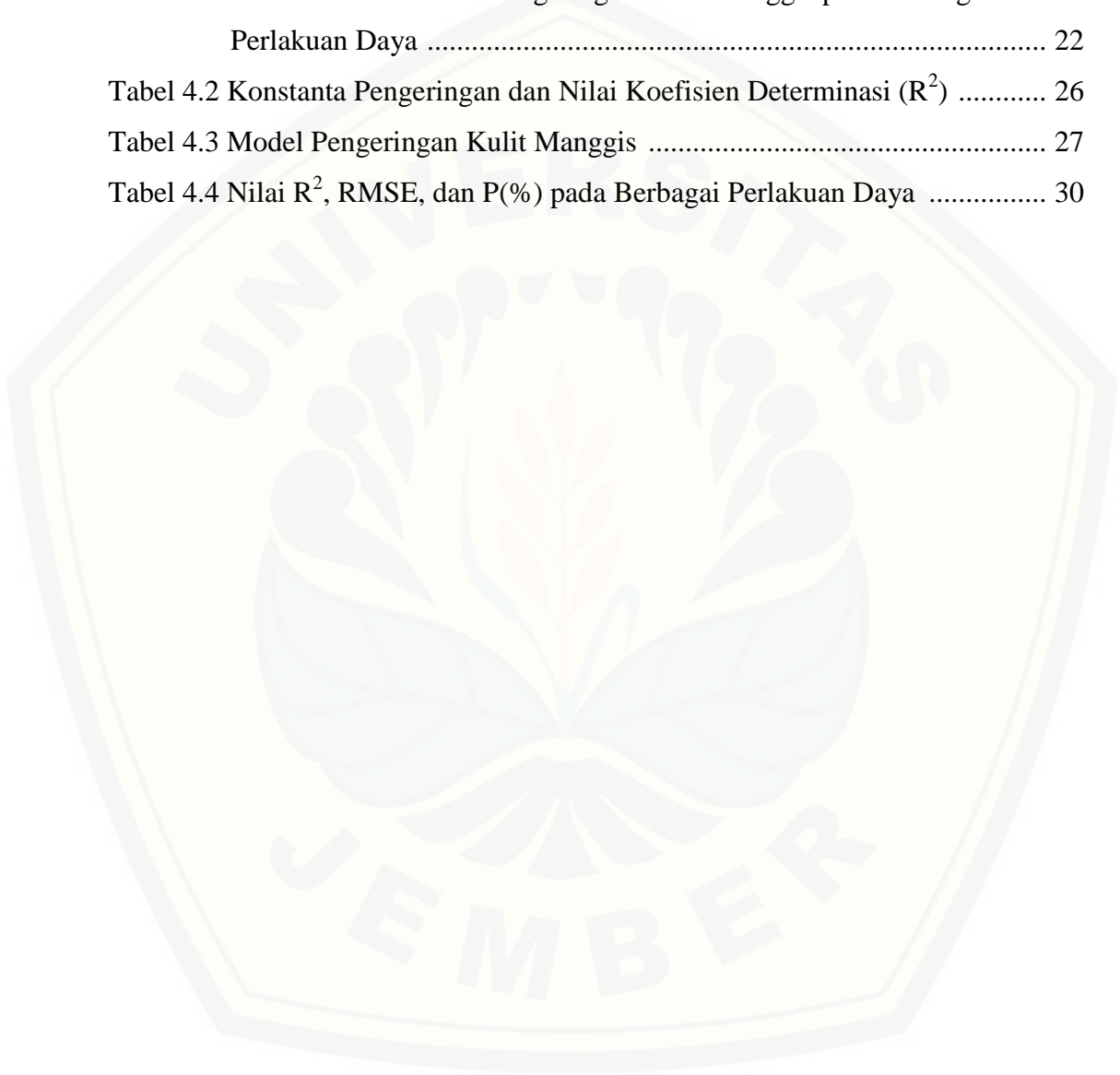
<b>4.5 Aktivitas Antioksidan .....</b>	<b>30</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>36</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>36</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>41</b>





**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 3.1 Variabel Penelitian .....	13
Tabel 4.1 Kadar Air dan Durasi Pengeringan Kulit Manggis pada Berbagai Perlakuan Daya .....	22
Tabel 4.2 Konstanta Pengeringan dan Nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) .....	26
Tabel 4.3 Model Pengeringan Kulit Manggis .....	27
Tabel 4.4 Nilai $R^2$ , RMSE, dan P(%) pada Berbagai Perlakuan Daya .....	30

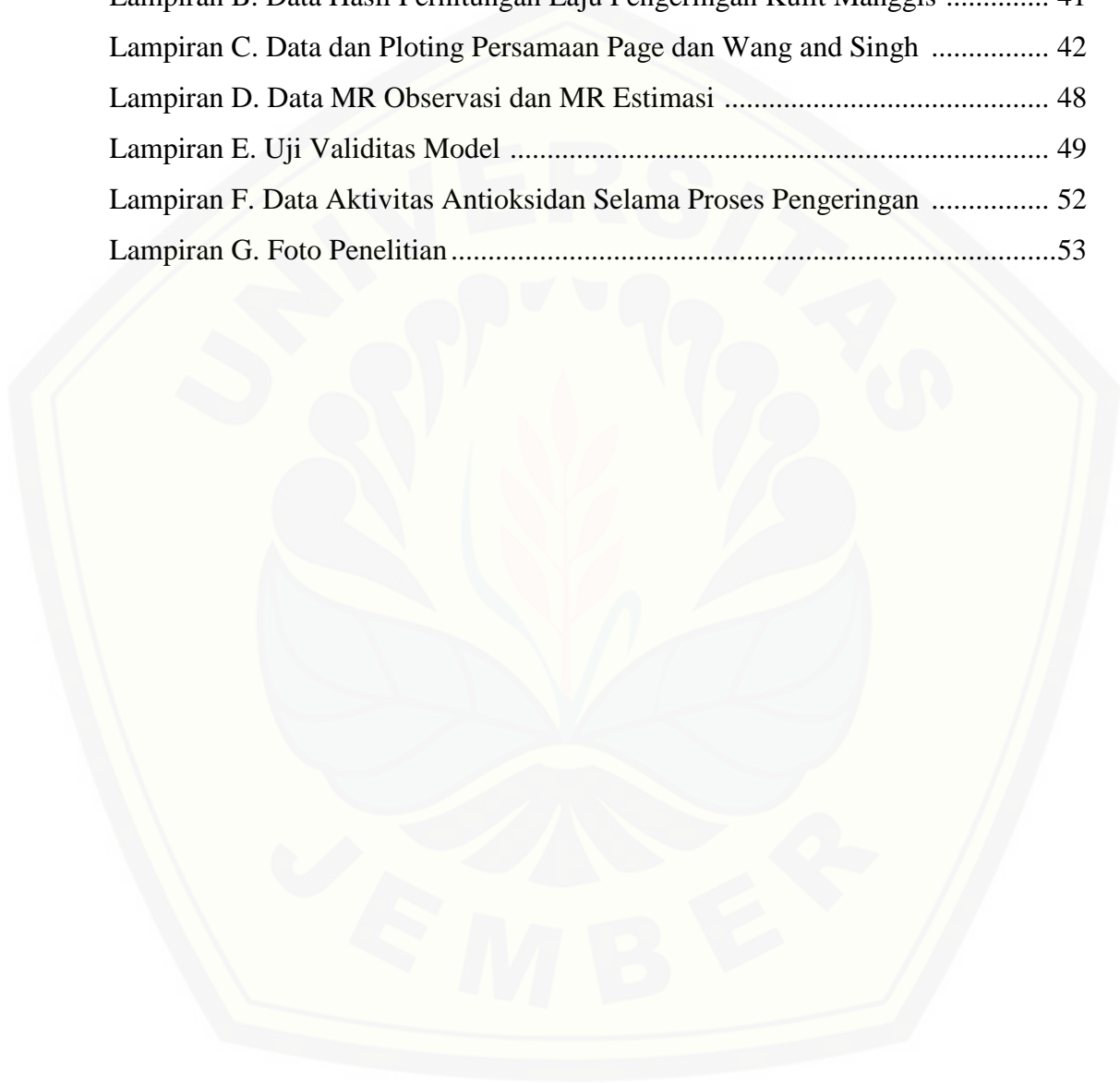


**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Buah Manggis .....	4
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	14
Gambar 4.1 Hubungan Laju Pengeringan Terhadap Waktu Pengeringan pada Berbagai Kondisi Daya .....	25
Gambar 4.2 Hubungan MR Observasi dan MR Estimasi Model Page .....	28
Gambar 4.3 Hubungan MR Observasi dan MR Estimasi Model Wang and Singh .....	29
Gambar 4.4 Aktivitas Antioksidan Kulit Manggis Selama Proses Pengeringan Menggunakan Daya 233 watt.....	31
Gambar 4.5 Aktivitas Antioksidan Kulit Manggis Selama Proses Pengeringan Menggunakan Daya 338 watt.....	31
Gambar 4.6 Aktivitas Antioksidan Kulit Manggis Selama Proses Pengeringan Menggunakan Daya 525 watt.....	32
Gambar 4.7 Aktivitas Antioksidan Kulit Manggis Selama Proses Pengeringan Menggunakan Daya 630 watt.....	33
Gambar 4.8 Hubungan Daya dan Aktivitas Antioksidan pada akhir Waktu Pengeringan .....	35

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran A. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan Selama Pengeringan .....	40
Lampiran B. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Kulit Manggis .....	41
Lampiran C. Data dan Ploting Persamaan Page dan Wang and Singh .....	42
Lampiran D. Data MR Observasi dan MR Estimasi .....	48
Lampiran E. Uji Validitas Model .....	49
Lampiran F. Data Aktivitas Antioksidan Selama Proses Pengeringan .....	52
Lampiran G. Foto Penelitian .....	53



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Manggis (*Garcinia mangostana* Linn) merupakan tanaman buah yang tumbuh di hutan tropis kawasan Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand (Nurchasanah, Tanpa Tahun:1-2). Di Indonesia produksi manggis mengalami peningkatan dari tahun 2010 hingga tahun 2012 mulai dari 84.538 ton menjadi 117.595 ton dan dari 117.595 ton menjadi 190.294 ton (Badan Pusat Statistik, 2013). Indonesia memiliki potensi besar sebagai eksportir buah manggis terbesar di dunia (Nurchasanah, Tanpa Tahun: 6).

Buah manggis terdiri dari 4-7% bonggol buah, 29-31% daging dan biji buah, dan 63-65% kulit buah (Data primer diolah 2015). Sebelum diketahui bahwa kulit manggis dapat dimanfaatkan untuk kesehatan, pemanfaatan buah manggis hanya sebatas pada daging buahnya saja. Bentuk pemanfaat daging buah di masyarakat yaitu dikonsumsi dalam bentuk segar, disajikan dalam bentuk jus, puree buah, dan sirup.

Saat ini pemanfaatan buah manggis tidak sebatas hanya pada daging buah. Kesadaran masyarakat tentang manfaat kulit manggis untuk kesehatan, menjadikan sebagian masyarakat mengolah kulit manggis supaya dapat dikonsumsi. Kulit manggis bisa langsung diolah dalam bentuk segar yaitu dengan cara diolah menjadi jus atau direbus. Masa simpannya yang tidak terlalu lama mengharuskan kulit manggis diproses untuk memperpanjang masa simpan, tujuannya supaya kulit manggis tahan lama sehingga dapat dikonsumsi walaupun tidak dalam musim buah manggis. Pengeringan merupakan metode yang dapat digunakan supaya kulit manggis memiliki masa simpan yang lebih lama. Pengembangan pengolahan kulit manggis berpotensi besar untuk terus dikembangkan karena produksi manggis di Indonesia cukup tinggi. Penelitian tentang kulit manggis sudah banyak dilakukan yaitu terbukti dari banyaknya jurnal yang membahas tentang penelitian kulit manggis namun kajian masalah tentang pengeringan yang tepat masih jarang ditemukan. Contoh penelitian yang sudah dilakukan tentang pengeringan kulit manggis yaitu pengeringan kulit

manggis menggunakan *tunnel dryer*, *drum*, *spray*, *oven*, *freeze dryer*, dan sinar matahari.

Penelitian pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave belum banyak dipublikasikan yaitu terbukti dengan sulit ditemukannya jurnal tentang penelitian tersebut. Dari penelitian yang masih terbatas tersebut, penulis bertujuan untuk melakukan penelitian pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave. Selain pengeringan, uji kandungan antioksidan yang terdapat pada bahan selama proses pengeringan juga penting untuk dilakukan, tujuannya yaitu untuk meminimalkan kerusakan kandungan yang terdapat pada bahan. Tujuan dari penelitian ini yaitu didapatkan sebuah perlakuan yang paling tepat untuk pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave, sehingga diperoleh kadar air yang diinginkan dan kadar aktivitas antioksidan paling tinggi pada produk hasil pengeringan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Kadar air dan aktivitas antioksidan merupakan parameter kualitas kimia suatu bahan hasil pertanian yang perlu diperhatikan. Proses pengeringan pada kulit manggis akan mengakibatkan menurunnya kadar air dan perubahan aktivitas antioksidan. Namun sampai saat ini belum ada publikasi yang menjelaskan hubungan antara daya listrik dan waktu pengeringan dengan menurunnya kadar air dan perubahan aktivitas antioksidan kulit manggis selama proses pengeringan menggunakan oven microwave. Perlu adanya studi tentang hubungan daya listrik dan waktu pengeringan terhadap menurunnya kadar air dan perubahan aktivitas antioksidan pada pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave.

## **1.3 Batasan Masalah**

Ruang lingkup permasalahan penelitian ini dibatasi pada pengukuran penurunan kadar air dan perubahan aktivitas antioksidan kulit manggis pada berbagai kondisi daya listrik yang digunakan selama proses pengeringan dengan menggunakan oven microwave.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan Umum**

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mempelajari proses pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave.

### **1.4.2 Tujuan Khusus**

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. menentukan model pindah massa proses pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave pada berbagai daya;
- b. mengukur perubahan aktivitas antioksidan pada kulit manggis selama proses pengeringan.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. dapat menjadi sumber informasi tentang karakteristik pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave;
2. mengetahui penurunan kadar air dan perubahan aktivitas antioksidan kulit manggis selama proses pengeringan menggunakan oven microwave.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Manggis (*Garcinia mangostana linn*)

Manggis merupakan tanaman tahunan yang berasal dari asia tenggara. Tanaman ini tumbuh di hutan tropis di kawasan Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand. Secara morfologis, manggis merupakan tanaman berkayu keras dan umur manggis relatif lama yaitu bisa mencapai 150 tahun. Pohon manggis dapat diperbanyak melalui dua cara yaitu dengan pembibitan biji dan penyambungan pucuk (Nurchasanah, Tanpa tahun:2). Berikut merupakan taksonomi tanaman manggis:

<i>Kingdom</i>	: <i>Plantae</i> (tumbuh-tumbuhan)
<i>Divisio</i>	: <i>Spermatophyta</i> (tumbuhan berbiji)
<i>Sub-divisio</i>	: <i>Angiospermae</i> (berbiji tertutup)
<i>Class</i>	: <i>Dicotyledone</i> (biji berkeping dua)
<i>Ordo</i>	: <i>Guttiferanales</i>
<i>Familia</i>	: <i>Guttiferae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Garnicia</i>
<i>Species</i>	: <i>Garnicia mangostana Linn</i>

Sumber: Compedium (dalam Rukmana, 2003:17)

Tanaman manggis dapat tumbuh mulai dari ketinggian 7 sampai 65 meter. Buah manggis berbentuk bulat dengan kulit buah berwarna merah tua atau merah keunguan ketika matang. Buah manggis mempunyai kandungan antinflamasi dan antioksidan yang tinggi. Penelitian yang sudah pernah dilakukan menyebutkan bahwa buah manggis merupakan buah yang memiliki kandungan antioksidan tertinggi di dunia (Kurniawan, 2014:11).

Manggis bersifat *apomiksis obligat* yaitu suatu keadaan dimana biji yang dihasilkan tidak berasal dari *fertilisasi*. Hal tersebut menimbulkan dugaan bahwa manggis di dunia hanya memiliki satu klon dan sifatnya sama dengan induknya. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa ada keanekaragaman tanaman manggis yang mungkin lebih disebabkan oleh faktor lingkungan maupun genetik yang diakibatkan mutasi alami (Kurniawan, 2014:14).

Di Negara Cina, kulit manggis sudah dimanfaatkan sejak lama sebagai obat tradisional sedangkan di Indonesia pemanfaatan kulit manggis masih tergolong baru (Nurchasanah, Tanpa tahun:12-13). Dibandingkan dengan buah lain, kekuatan antioksidan buah manggis jauh lebih tinggi. Dibidang pengobatan, kulit manggis dapat dimanfaatkan untuk mengobati luka, perut kembung, menghentikan diare, mengurangi peradangan pada usus besar dan kecil, dan lain-lain (Kurniawan, 2014:29-36).

## **2.2 Radikal Bebas**

Para ahli biokimia menyebutkan bahwa radikal bebas merupakan salah satu bentuk senyawa oksigen reaktif dan memiliki elektron yang tidak berpasangan. Radikal bebas dapat terbentuk dalam tubuh dengan berbagai macam faktor (Winarsi, 2007:12).

## **2.3 Antioksidan**

Antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron yang mampu menangkal atau meredam dampak negatif oksidan dalam tubuh. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan satu elektron kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga oksidan dapat dihambat (Winarsi, 2007:77).

## **2.4 Faktor-faktor Penyebab Kerusakan Bahan Pangan**

Kerusakan bahan pangan dapat disebabkan oleh faktor-faktor sebagai berikut: mikroba, aktivitas enzim dalam bahan pangan, serangga, suhu, kadar air, udara terutama oksigen, sinar dan jangka waktu penyimpanan.

### **2.4.1 Mikroba**

Mikroba penyebab kebusukan pangan dapat ditemukan dimana saja baik di tanah, air, dan udara. Mikroba seharusnya tidak ditemukan didalam jaringan hidup karena dapat menyebabkan kerusakan. Sebagian mikroba dapat dibunuh dengan cara pemanasan karena sebagian mikroba hanya dapat tumbuh dengan baik di bawah suhu 55°C.



#### 2.4.2 Enzim

Enzim yang ada pada bahan pangan dapat berasal dari mikroba atau memang sudah ada pada bahan pangan secara normal. Adanya enzim dapat mengakibatkan terjadinya reaksi biokimia yang dapat mengakibatkan perubahan pada komposisi bahan. Sebagian enzim dapat diinonaktifkan atau dirusak dengan cara dipanaskan.

#### 2.4.3 Pemanasan

Pemanasan yang tidak diawasi dengan teliti dapat mengakibatkan kerusakan bahan pangan. Pemanasan dengan suhu yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan kerusakan protein, emulsi, vitamin, dan lemak.

#### 2.4.4 Kadar air

Beberapa bahan pangan seperti sayuran dan buah-buahan menghasilkan air dari respirasi dan transpirasi. Air inilah yang dapat membantu pertumbuhan mikroba.

#### 2.4.5 Oksigen

Oksigen dapat merusak vitamin terutama vitamin A, C, warna bahan pangan, cita rasa dan kandungan zat lain. Selain itu oksigen dibutuhkan untuk pertumbuhan kapang karena pada umumnya kapang bersifat aerobik.

#### 2.4.6 Sinar

Sinar dapat merusak beberapa vitamin terutama riboflavin, vitamin A, vitamin C dan warna pangan. Hal tersebut dikarenakan sinar merupakan katalisator terjadinya oksidasi lemak dan perubahan protein.

#### 2.4.7 Waktu Penyimpanan

Pada umumnya semakin lama waktu penyimpanan bahan pangan maka kemungkinan terjadi kerusakan akan semakin besar. Hal tersebut dikarenakan efek kerusakan oleh pertumbuhan mikroba, keaktifan enzim, perkembangbiakan

serangga, pengaruh pemanasan, kadar air, oksigen dan sinar semuanya dipengaruhi oleh waktu.

(Winarno, 1980:18-24).

## **2.5 Pengerinan**

### **2.5.1 Pengertian Pengerinan**

Pengerinan merupakan proses penguapan air dari suatu bahan pangan menuju kadar air tertentu. Pengerinan bertujuan untuk mencegah bahan pangan terserang jamur, enzim, dan aktivitas serangga. Untuk memperpanjang daya simpan suatu bahan pangan maka sebagian air pada bahan dihilangkan atau diuapkan sehingga mencapai kadar air tertentu. Proses pengerinan dilakukan dengan cara menghembuskan udara atau gas panas yang tidak jenuh pada bahan yang akan dikeringkan (Effendi, 2009:13). Keuntungan dari proses pengerinan yaitu bahan menjadi lebih awet dengan volume bahan menjadi lebih kecil. Selain itu, proses pengerinan juga memiliki beberapa kerugian, diantaranya yaitu: merubah sifat fisik dan kimia bahan (Winarno, 1980:45).

### **2.5.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Pengerinan**

Pada proses pengerinan biasanya diinginkan kecepatan pengerinan yang maksimum. Ada beberapa faktor yang dapat mempercepat pindah panas dan pindah massa selama proses pengerinan. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

#### **a. Luas Permukaan**

Semakin besar luas permukaan bahan pangan maka semakin cepat proses pengerinan dan semakin kecil luas permukaan bahan pangan maka semakin lama proses pengerinan. Bahan pangan dapat diperluas permukaannya dengan cara pengecilan ukuran. Proses tersebut dapat dilakukan dengan cara diiris, dipotong atau digiling. Ukuran bahan pangan yang semakin kecil menyebabkan kontak langsung permukaan bahan pangan dengan medium pemanas menjadi lebih besar. Luas permukaan bahan pangan yang tinggi juga mengakibatkan air lebih mudah menguap sehingga mempercepat penguapan air dan bahan pangan menjadi

lebih cepat kering. Selain itu ukuran bahan pangan yang kecil menjadikan jarak yang ditempuh oleh panas menuju pusat bahan pangan mengalami penurunan dibandingkan dengan ukuran bahan pangan yang besar. Pergerakan air dari pusat bahan pangan menuju permukaan juga menjadi lebih pendek sehingga mempercepat proses penguapan.

b. Suhu

Pada umumnya, semakin tinggi perbedaan suhu antara medium pemanas dan bahan pangan maka semakin cepat proses penguapan. Hal tersebut dikarenakan perbedaan suhu yang tinggi antara medium pemanas dan bahan pangan mengakibatkan semakin cepat proses pindah panas ke dalam bahan pangan.

c. Kecepatan Pergerakan Udara

Semakin cepat sirkulasi udara, proses pengeringan juga akan terjadi semakin cepat. Hal tersebut disebabkan udara disekitar bahan pangan tidak mengalami keejenuhan akibat uap air yang keluar dari bahan pangan karena udara dalam kondisi bergerak. Apabila udara dalam kondisi diam maka udara akan mencapai titik jenuh sehingga dapat memperlambat proses pengeringan.

d. Kelembaban Udara

Jika udara memiliki nilai kelembaban yang rendah maka proses pengeringan akan terjadi lebih cepat dan begitu juga sebaliknya. Kelembaban udara yang rendah menunjukkan konsentrasi uap air belum mengalami titik jenuh sehingga uap air bahan pangan akan mudah berpindah dari bahan pangan ke udara sekitar.

e. Lama Pengeringan

Lama pengeringan menentukan lama interaksi bahan pangan dengan panas. Sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas sehingga pengeringan harus diupayakan terjadi dalam waktu yang singkat, yaitu kadar air bahan yang diinginkan sudah tercapai dengan waktu pengeringan yang pendek.

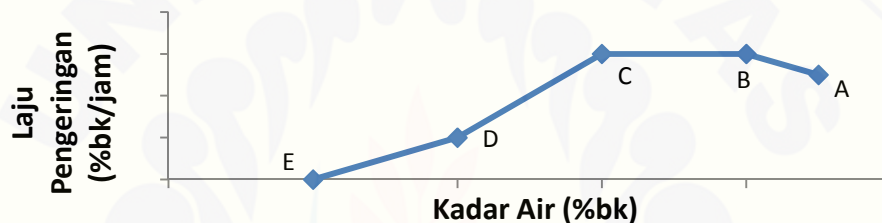
f. Penguapan Air

Penguapan air merupakan proses penghilangan air dari bahan pangan sampai diperoleh produk bahan pangan dengan kadar air sesuai yang diinginkan. (Estiasih dan Ahmadi, 2009:101-105). Jumlah uap air yang dihilangkan berhubungan dengan waktu pengeringan sehingga semakin banyak uap air yang

dikeluarkan maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan semakin lama. Hal tersebut menjadikan interaksi bahan pangan dengan panas semakin lama sehingga berpengaruh terhadap produk bahan pangan hasil pengeringan (Taib *et al.*, 1988:42).

### 2.5.3 Laju Pengeringan

Laju pengeringan menggambarkan cepat lambatnya pengeringan berlangsung. Laju pengeringan dapat digunakan untuk merencanakan waktu pengeringan dan ukuran alat pengeringan yang digunakan. Tahap pengeringan dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut (Taib *et al.*, 1988:37-38).



- A-B: periode permulaan/pemanasan
  - B-C: periode laju pengeringan konstan
  - C : kadar air kritis
  - C-D: periode laju pengeringan menurun pertama
  - D-E: periode laju pengeringan menurun kedua
- Gambar 2.1 Kurva Pengeringan

Tahap A-B adalah tahap pengeringan periode permulaan pada suatu bahan. Proses tersebut terjadi selama kondisi permukaan bahan menuju kesetimbangan dengan kondisi udara pengering. Tahap B-C adalah tahap pengeringan periode kecepatan konstan. Pada tahap ini penguapan air dari permukaan bahan dan pergerakan air dari dalam bahan menuju permukaan sama sehingga kondisi permukaan bahan tetap jenuh dengan air. Tahap C-D adalah tahap periode laju pengeringan menurun tahap pertama sedangkan tahap D-E adalah tahap periode laju pengeringan menurun tahap kedua (Effendi, 2009:30-31).

## 2.6 Oven Microwave

Oven microwave merupakan peralatan untuk memanaskan bahan makanan. Alat ini memanfaatkan radiasi gelombang mikro untuk memasak atau

memanaskan makanan. Cara kerja alat ini yaitu dengan melewatkan gelombang mikro pada molekul air, lemak, maupun gula yang terdapat pada bahan makanan. Molekul tersebut menyerap energi elektromagnetik. Proses tersebut dinamakan pemanasan dielektrik (*dielectric heating*) sedangkan molekul pada bahan bersifat *dipol (electric dipoles)* yaitu memiliki dua sisi yaitu sisi positif dan negatif. Akibat kehadiran medan elektrik yang berubah-ubah dan diinduksikan melalui gelombang mikro mengakibatkan pada masing-masing sisi akan saling berputar untuk mensejajarkan diri sehingga terjadi gesekan antar molekul. Proses pemanasan dapat terjadi akibat dari gesekan antar molekul yang satu dengan molekul yang lain. Hal tersebut dikarenakan gesekan antar molekul dapat menimbulkan panas sehingga dapat dimanfaatkan untuk proses pemanasan (Varma, 2001:196).

## 2.7 Pengaruh Pemanasan terhadap Aktivitas Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa kimia yang dapat rusak apabila mengalami pemanasan pada suhu yang tinggi dan batas waktu tertentu. Teori tersebut dibuktikan oleh Wijana *et al.* (2011:6) yang melakukan penelitian tentang pengeringan kulit manggis menggunakan *tunnel dryer* dengan variasi suhu 60 °C, 75 °C, dan 90 °C dan variasi waktu pengeringan yaitu 4, 6 dan 8 jam. Hasil penelitian membuktikan bahwa aktivitas antioksidan tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu 75 °C dan waktu pengeringan 4 jam.

Husni *et al.* (2014:169) melakukan penelitian tentang pengeringan *Padina* sp. dengan menggunakan bantuan oven dan sinar matahari dengan variasi suhu dan waktu pengeringan yaitu menggunakan oven dengan suhu 50, 55, dan 60 °C dan waktu pengeringan selama 4, 6, dan 8 jam sedangkan pengeringan menggunakan sinar matahari waktu yang digunakan yaitu 8 jam. Dari variasi pengeringan tersebut diperoleh aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada perlakuan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 50°C dan waktu pengeringan 4 jam.

Suryadi (2013:18) sudah melakukan penelitian tentang pengeringan kulit manggis menggunakan sinar matahari dengan waktu pengeringan 20 menit dan

*freeze drying* dengan waktu pengeringan 15 menit. Dari penelitian tersebut diperoleh aktivitas antioksidan pada kulit manggis yang menggunakan pengeringan *freeze drying* lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengeringan menggunakan sinar matahari. Penelitian lain yang dilakukan oleh Saputra (2013:11-12) yaitu pengeringan kulit manggis menggunakan alat *drum* dan *spray* membuktikan bahwa pengeringan menggunakan *spray* menghasilkan antioksidan lebih tinggi dibandingkan pengeringan menggunakan *drum*. Hal tersebut diduga karena kecepatan pengeringan per satuan waktu menggunakan *drum* lebih rendah dibandingkan menggunakan *spray*. Dari semua penelitian yang sudah dilakukan tersebut menunjukkan bahwa bahan penelitian, alat, suhu, dan waktu pengeringan berpengaruh terhadap perubahan aktivitas antioksidan.

## 2.8 Metode Uji Aktivitas Antioksidan

DPPH yaitu radikal yang digunakan untuk mengukur kemampuan antoksidan. Warna ungu gelap pada DPPH akan hilang ketika direduksi menjadi bentuk non-radikal. DPPH secara umum digunakan untuk penelitian beberapa senyawa alami (Bondet *et al*, dalam Bloom (2009: 39).

## 2.9 Densitas Curah

Densitas curah merupakan perbandingan antara massa dengan volume unit yang ditempati. Berikut merupakan rumus dari densitas curah:

$$\rho_b = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

$\rho_b$  = densitas curah ( $\text{kg/m}^3$ )

$m$  = massa bahan (kg)

$V$  = volume ( $\text{m}^3$ )

(Schulze, 2008:20)

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Engineering Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, dan Laboratorium CDAST, Universitas Jember mulai bulan Maret- Agustus 2015.

### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

#### 3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu kulit manggis, DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), aquades, dan etanol 97%. Kulit manggis yang digunakan yaitu kulit manggis masak dalam kondisi segar dengan ciri-ciri warna kulit buah merah kehitaman dan kulit buah tidak keras. Pembelian buah manggis dilakukan setiap 6 hari sekali. Buah manggis yang belum digunakan saat penelitian dimasukkan ke dalam plastik dan diletakkan dilemari pendingin. Maksimal penyimpanan buah manggis yaitu selama 6 hari. Buah manggis berasal dari petani buah yang bertempat di Desa Songgon, Kecamatan Songgon Kabupaten Banyuwangi.

#### 3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

oven microwave (Sharp tipe R-249IN(W); 220 V, 50Hz oven (*Memmert* tipe UNB 400); neraca digital dengan akurasi 0,01 dan 0,001g; thermocouple; blender (Philps tipe 350W, 220-240V, 50-60Hz); cawan alumunium; label penanda; gelas kaca ukuran 1 liter dan 83 ml; penjepit, eksikator, *stopwatch*; pipet ukur,; piring bahan; gelas ukur dengan ukuran 50 ml; plastik klip; mortar; wadah kedap udara; stirrer, tabung reaksi, hibridization oven, dan spektrofotometer.

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui kinetika pindah massa dan perubahan aktivitas antioksidan. Parameter yang diamati meliputi kadar air dan aktivitas antioksidan pada bahan selama proses pengeringan dengan pengembangan pengetahuan tentang perlakuan pengeringan paling tepat pada oven microwave. Penelitian dilakukan dengan 3 kali ulangan pada masing-masing perlakuan percobaan. Variabel Perlakuan dan variabel respon dapat dilihat pada Tabel 3.1.

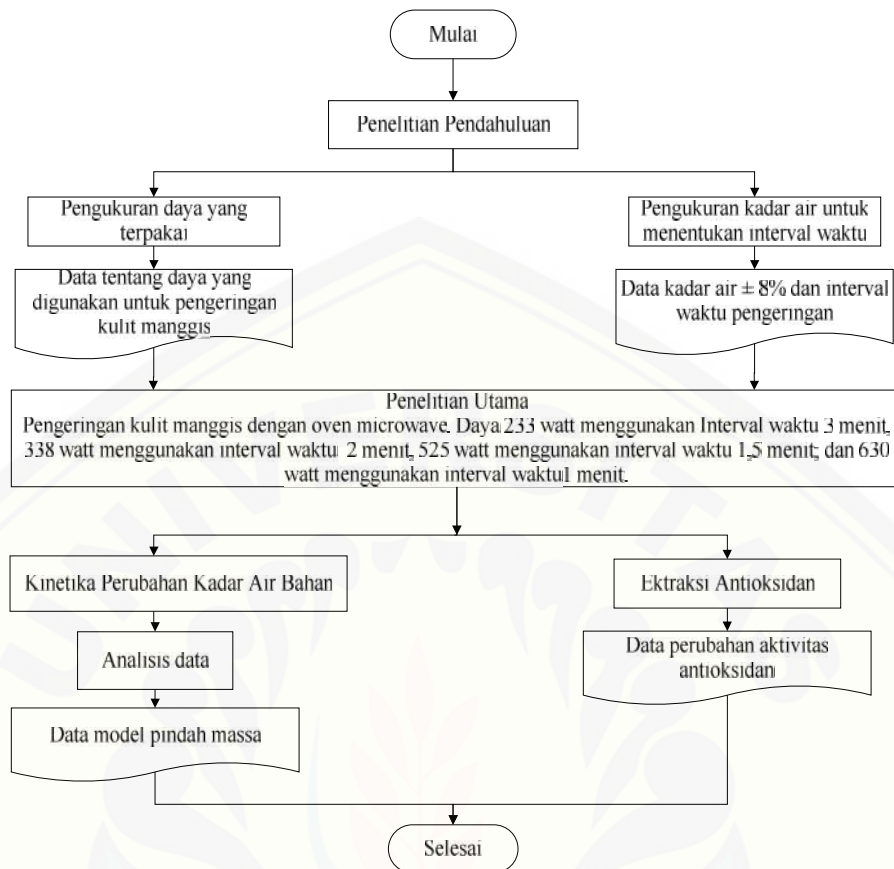
Tabel 3.1 Variabel Penelitian

No	Variabel Perlakuan	Perlakuan	Kode	Variabel Respon
1)	2)	3)	4)	5)
1.	Daya (watt)	233	P1	a. Perubahan massa
		338	P2	b. Perubahan Aktivitas
		525	P3	Antioksidan
		630	P4	

#### 3.3.2 Diagram Alir Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini mengacu pada diagram alir prosedur umum penelitian yang digambarkan pada Gambar 3.1.





**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat diketahui bahwa penelitian ini dimulai dengan penelitian pendahuluan. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui daya yang dipakai dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air yang diinginkan serta interval waktu yang akan dipakai pada penelitian utama. Penelitian utama yang dilakukan yaitu pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave dengan daya 233, 338, 525 dan 630 watt dan pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan spektrofotometer selama proses pengeringan. Hasil data dari penelitian utama digunakan untuk menentukan model kinetika pindah massa dan mengetahui perubahan aktivitas antioksidan selama proses pengeringan. Selanjutnya dilakukan analisis data sehingga diperoleh suatu kesimpulan.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Penelitian Pendahuluan

##### a. Penyiapan Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu  $\pm 50$  gram. Persiapan sampel dilakukan dengan cara buah manggis dikupas dan diambil kulit manggis bagian dalamnya. Kemudian dilakukan pengecilan ukuran dan dihitung densitas curahnya menggunakan Persamaan 2.1.

##### b. Perhitungan Densitas Curah

Langkah pertama yang dilakukan untuk mengukur densitas curah yaitu mengukur volume wadah yang digunakan. Wadah yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas kaca. Pengukuran volume gelas dilakukan dengan cara mengisi gelas dengan aquades sampai memenuhi ruang gelas kemudian mengukur banyaknya aquades yang tertampung dalam gelas menggunakan gelas ukur. Langkah kedua yaitu pengecilan ukuran kulit buah dengan menggunakan blender, yaitu dengan menggunakan kecepatan 1 dan waktu  $\pm 5$  detik. Langkah ketiga yaitu memasukkan bahan yang sudah dikecilkan ukurannya ke dalam gelas hingga penuh dan menimbang berat bahan. Nilai densitas curah dihitung menggunakan Persamaan 2.1. Dari perhitungan yang sudah dilakukan diperoleh densitas curah  $457 \text{ kg/m}^3$  sehingga densitas curah yang digunakan untuk penelitian ini yaitu  $\pm 457 \text{ kg/m}^3$ .

##### c. Pengukuran Daya Pada Oven Microwave

Pengukuran daya pada oven microwave bertujuan untuk mengetahui berapa besar daya yang bekerja saat oven microwave dihidupkan. Hal tersebut dikarenakan pada spesifikasi alat tidak ada keterangan berapa daya yang bekerja pada alat tersebut. Pengukuran daya dilakukan dengan cara sebagai berikut: aquades dengan suhu awal  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  dimasukkan ke dalam dua gelas kaca masing-masing sebanyak satu liter, masukkan ke dalam oven microwave dan letakkan pada bagian tengah dengan kedua gelas saling menyentuh, panaskan aquades selama dua menit, setelah selesai ukur suhu pada masing-masing gelas. Setelah diketahui suhu pada masing-masing gelas maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 3.1

$$M_{wabs} = \frac{(4,18 \cdot m \cdot \Delta T)}{\Delta t} \dots \dots \dots (3.1)$$

Persamaan 3.1 dapat diturunkan menjadi Persamaan 3.2.

$$M_{wabs} = 35x (\Delta T_1 + \Delta T_2) \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan:

$M_{wabs}$  = daya yang diserap bahan (W)

M = massa bahan (g)

$\Delta T_1$  = kenaikan suhu air dalam gelas 1 (°C)

$\Delta T_2$  = kenaikan suhu air dalam gelas 2 (°C)

(Khraisheh dalam Reddy (2006:46)).

d. Pengukuran Kadar Air Awal Kulit Manggis

Pengukuran kadar air kulit manggis dilakukan dengan menggunakan metode *gravimetri* dengan tahapan sebagai berikut: proses pertama yang dilakukan yaitu mengukur kadar air bahan awal ( $KA_1$ ). Pengukuran kadar air awal bahan dilakukan dengan cara menimbang cawan bahan dalam keadaan kosong (a) yang sudah dioven  $\pm 30$  menit, menimbang kulit manggis ( $\pm 5$  gram) + cawan bahan (b) memasukkan bahan + cawan ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama 24 jam, keluarkan bahan + cawan dari oven, masukkan ke dalam eksikator hingga suhu bahan menjadi konstan ( $\pm 15$  menit) dan timbang beratnya (c).

Penentuan kadar air bahan basis basah (m) setelah pengovenan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3 (Brooker, 1992:93).

$$m(\%wb) = \frac{(b-a)-(c-a)}{(b-a)} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

sedangkan dalam basis kering (M) kadar air dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4 berikut:

$$M(\%db) = \frac{(m)}{(1 - m)} \times 100\% \dots \dots \dots (3.4)$$

e. Penentuan Interval Waktu Pengeringan Kulit Manggis

Tahap-tahan pengukuran lama waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan kulit manggis yaitu menimbang cawan bahan dalam keadaan kosong (a),

menimbang kulit buah manggis ( $\pm 50$  gram) + wadah bahan (b), masukkan bahan + wadah (b) ke dalam oven microwave pada daya yang sudah ditentukan selama waktu yang dibutuhkan sampai diperoleh kadar air  $\pm 8\%$ , keluarkan bahan + wadah dari oven microwave (c) masukkan ke dalam eksikator hingga suhu bahan menjadi konstan ( $\pm 15$  menit) selanjutnya perhitungan penurunan berat bahan.

Perhitungan penurunan berat bahan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5

$$\text{Massa bahan} = c - a \dots \dots \dots (3.5)$$

selanjutnya perhitungan kadar air bahan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3. (basis basah) juga dapat dihitung berdasarkan pada Persamaan 3.4. (basis kering).

Jika total waktu pengeringan kulit manggis untuk mencapai kadar air  $\pm 8\%$  pada masing-masing daya sudah diketahui, maka langkah selanjutnya untuk menentukan interval waktu pengeringan dilakukan dengan cara total waktu pengeringan dibagi 6 karena kadar air yang diamati ada 7 titik yaitu 1 titik untuk kadar air awal dan 6 titik untuk kadar air selama proses pengeringan. Dari penelitian pendahuluan yang sudah dilakukan diperoleh interval waktu 3 menit untuk daya 233 watt dengan total waktu pengeringan 18 menit; 2 menit untuk daya 338 watt dengan total waktu pengeringan 12 menit; 1,5 menit untuk daya 525 watt dengan total waktu pengeringan 9 menit; dan digunakan interval waktu 1 menit pada daya 630 watt dengan total waktu pengeringan 6 menit.

### 3.4.2 Penelitian Utama

#### a. Pengeringan Kulit Manggis dengan Oven Microwave

Berikut merupakan pengukuran kadar air selama proses pengeringan: kulit manggis diukur kadar air bahan awal ( $KA_1$ ) dengan menggunakan metode gravimetri, selanjutnya dilakukan penelitian utama yaitu menimbang massa wadah kosong yang akan digunakan (a), menimbang kulit manggis ( $\pm 50$  gram) + wadah (b), memasukkan bahan + wadah ke dalam oven microwave

pada daya yang sudah ditentukan, keluarkan bahan dari oven microwave dan masukkan ke dalam eksikator, diamkan hingga suhu bahan menjadi konstan ( $\pm 15$  menit), selanjutnya timbang (c), proses pengeringan dilakukan dengan menerapkan interval waktu yang sudah ditentukan pada penelitian pendahuluan. Pada proses pengeringan dilakukan pembalikan bahan setiap 30 detik yang bertujuan supaya bahan tidak rusak.

Perhitungan kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.3 atau 3.4. Prosedur percobaan di atas dilakukan untuk daya 223, 338, 525, dan 630 watt dengan interval waktu yang sudah ditentukan pada penelitian pendahuluan dan dilakukan tiga kali ulangan pada masing-masing daya.

b. Pengukuran Kadar Air Kesetimbangan (Me)

Pengukuran kadar air kesetimbangan hampir sama dengan pengukuran kadar air bahan. Langkah pertama yang dilakukan yaitu pengeringan awal dilakukan dengan jumlah waktu pengeringan dari masing-masing perlakuan daya. Langkah kedua yaitu pengeringan dilanjutkan dengan interval waktu 0,5 menit. Pengeringan dilakukan hingga berat bahan menjadi konstan. Dikatakan konstan apabila berat akhir yang diperoleh sama dengan berat bahan yang dikeringkan pada interval sebelumnya. Nilai kadar air kesetimbangan dapat dihitung dengan Persamaan 3.4.

c. Pengukuran Aktivitas Antioksidan Kulit Manggis

Aktivitas antioksidan dianalisis menurut metode yang dikembangkan oleh Yamaguchi *et al.* (1998) dengan modifikasi berdasarkan kemampuan penangkapan radikal bebas. Hasil pengeringan kulit manggis ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan ukuran 20 mesh (850 $\mu$ m). Sampel yang digunakan untuk pengukuran aktivitas antioksidan yaitu kulit manggis yang lolos ayakan 20 mesh dan tidak lolos ayakan 50 mesh (300 $\mu$ m) selanjutnya masukkan serbuk kulit manggis ke dalam botol reaksi dengan berat 0,5 gram dan ditambahkan etanol 97% sebanyak 4,5 ml. Selanjutnya campuran dihomogenkan dengan cara di masukkan dalam hibridization oven dalam kondisi suhu 25  $^{\circ}$ C dan kecepatan 80 rpm selama 24 jam, kemudian larutan didiamkan selama  $\pm 1$  jam.

Pengukuran aktivitas antioksidan dilakukan dengan menggunakan metode DPPH yaitu dengan cara membuat absorbansi sample dengan mencampurkan 600 µl DPPH 23,6 µg/ml, 600 µl etanol 97% dan 10 µl larutan ekstrak kulit manggis dimasukkan dalam tabung reaksi kemudian divortex selama 10 detik dan didiamkan selama 10 menit. Absorbansi kontrol dibuat dengan mencampurkan 600 µl DPPH 23,6 µg/ml, 600 µl etanol 97% dan 10 µl aquades. Kemudian diukur nilai absorbansinya pada spektrofotometer menggunakan panjang gelombang 517 nm. Aktivitas antioksidan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6:

$$\% \text{ aktivitas antioksidan} = \frac{A_k - A_s}{A_k} \times 100\% \dots \dots \dots (3.6)$$

(Kumar, 2005: 167)

### 3.4.3 Laju Pengeringan

Laju pengeringan dapat dihitung menggunakan persamaan 3.7 (Brooker, 1992:296).

$$\frac{d}{dt} = \frac{M_1 - M_2}{\Delta t} \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan:

$$\frac{d}{dt} = \text{Laju Pengeringan (\% bk/menit)}$$

$M_{t_1}$  = Kadar air basis kering saat waktu ke- $t_1$

$M_{t_2}$  = Kadar air basis kering saat waktu ke- $t_2$

$\Delta t$  = selisih  $t_1$  dan  $t_2$  (menit)

## 3.5 Analisis Data

### 3.5.1 Pemodelan

Perubahan kadar air bahan selama pengeringan dapat dihitung dengan Persamaan 3.8

$$MR = \frac{M - M_0}{M_0 - M_0} \dots \dots \dots (3.8)$$

Sedangkan untuk pemodelan dapat digunakan Persamaan Page sebagai berikut:

$$MR = \exp(-K.t^N) \dots\dots\dots(3.9)$$

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

$$\ln(-\ln(MR)) = \ln k + n \ln t \dots\dots\dots(3.10)$$

Nilai konstanta  $k$  dan  $n$  didapatkan dengan cara plotting dimana  $\ln(-\ln(MR))$  sebagai sumbu  $y$  dan  $\ln t$  sebagai sumbu  $x$ .

Persamaan diatas dapat diuraikan menjadi suatu persamaan regresi yaitu:

$$y = a + bx$$

keterangan:

$$y = \ln(-\ln(MR))$$

$$a = \ln K$$

$$b = N$$

$$x = \ln t$$

keterangan:

MR : Rasio Kadar Air

Mt : Kadar Air pada saat  $t$

Me : Kadar Air Keseimbangan

Mo : Kadar Air Awal

Untuk perbandingan, digunakan Model Wang and Singh yang ditunjukkan pada persamaan 3.11 sebagai berikut:

$$MR = ax^2 + bx + 1 \dots\dots\dots(3.11)$$

Nilai konstanta  $a$  dan  $b$  diperoleh dari hasil plotting dimana  $MR$  sebagai sumbu  $y$  dan  $t$  sebagai sumbu  $x$  (Radhika *et al*, 2011).

### 3.5.2 Uji Validitas

Uji validitas dilakukan dengan menggunakan dua cara yaitu grafis dan statistik. Data yang diuji yaitu data yang diperoleh dari hasil percobaan (data observasi) dan hasil simulasi model (data prediksi). Data-data tersebut dianalisis menggunakan software microsoft excel 2010. Analisis grafis dilakukan dengan cara memploting perbandingan antara  $MR$  observasi dan  $MR$  prediksi. Model yang digunakan yaitu Model Persamaan Page dan Wang and Singh. Model

tersebut digunakan untuk meninjau nilai  $R^2$ . Nilai tersebut menunjukkan tingkat akurasi tren kurva yang dibentuk oleh data observasi. Jika nilai  $R^2$  mendekati 1, maka model yang digunakan memiliki tingkat kesalahan yang kecil. Nilai  $R^2$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.12

$$R^2 = 1 - \frac{\sum M}{\sum M} \frac{-M}{-M} \dots \dots \dots (3.12)$$

Untuk analisis statistik, uji validitas dilakukan dengan cara menghitung nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* dan *mean relative percent error (P)*. Nilai RMSE menunjukkan nilai deviasi antara data observasi dan estimasi pengeringan (% basis kering) sedangkan nilai P menunjukkan prosentase kesalahan (*error*) yang diperoleh dari hasil perhitungan model pengeringan dibandingkan dengan nilai data hasil percobaan pengeringan dengan Persamaan 3.13 dan 3.14

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y - y_i)^2} \dots \dots \dots (3.13)$$

Keterangan:

- y = nilai kadar air observasi (%bk)
- y<sub>est</sub> = nilai kadar air prediksi (%bk)
- N = jumlah titik
- i = subcript, i= 1,2,3,...., ..., N

$$P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{[M_{est,i} - M_{obs,i}]}{M_{obs,i}} \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan:

- MR<sub>est, i</sub> = MR estimasi pada saat ke-i
- MR<sub>obs, i</sub> = MR observasi pada saat ke-i
- N = jumlah pengamatan yang dilakukan

Berdasarkan persamaan model yang digunakan, pengeringan dikatakan baik jika nilai  $R^2$  mendekati 1 sedangkan nilai RMSE mendekati 0, dan prosentase nilai P mendekati 0 % (Taruna dan Sutanto, 2013).



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pemodelan pindah massa proses pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave yang paling baik modelnya yaitu menggunakan model page. Dari model page didapatkan persamaan pada daya 233 watt yaitu  $MR = e^{-0,0} t^{1,5}$ , pada daya 338 watt yaitu  $MR = e^{-0,1} t^{1,4}$ , pada daya 525 watt yaitu  $MR = e^{-0,1} t^{1,5}$ , dan pada daya 630 watt yaitu  $MR = e^{-0,2} t^{1,6}$ .
2. Dari empat perlakuan pengeringan dengan daya 233, 338, 525, dan 630 watt menunjukkan bahwa daya yang digunakan dan waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan menghasilkan rentan aktivitas antioksidan yang berdeda. Pada perlakuan pengeringan dengan daya 233 watt dan waktu pengeringan paling lama 18 menit menghasilkan rentan prosentase aktivitas antioksidan 46-52%. Pada perlakuan pengeringan dengan daya 338 watt dan waktu pengeringan paling lama 12 menit menghasilkan prosentase aktivitas antioksidan 47-54%. Pada perlakuan pengeringan dengan daya 525 watt dan waktu pengeringan paling lama 9 menit menghasilkan prosentase aktivitas antioksidan 50-56%. Pada perlakuan pengeringan dengan daya 630 watt dan waktu pengeringan paling lama 6 menit menghasilkan prosentase aktivitas antioksidan 52-58%. Hasil antioksidan pada akhir pengeringan yaitu 48% pada daya 233 watt, 47% pada daya 338 watt, 50% pada daya 525 watt, dan 54% pada daya 630 watt. Dari data tersebut menunjukkan bahwa hasil pengeringan dengan prosentase aktivitas antioksidan tertinggi diperoleh pada perlakuan pengeringan 630 watt.

### 5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang nilai rendemen, kadar abu, protein, lemak dan karbohidrat selain itu perlu juga adanya uji organoleptik untuk mengetahui tingkat kesukaan konsumen pada serbuk hasil pengeringan kulit manggis menggunakan oven microwave.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2013. *Badan Pusat Statistik Republik Indonesia*. [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id\\_subjek=55\\_notab=10](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subjek=55_notab=10) [3 Februari 2015].
- Bloom, R. Z. 2009. Antioxidant and Anti-Proliferative Properties of Selected Grape Seed Extracts. ProQuest LLC. [https://books.google.co.id/books?id=Z2ailM8GpasC&pg=PP2&dq=antioksidant+and+antipoliferative+bloom&hl=en&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=antioksidant%20and%20anti-poliferative%20bloom&f=false](https://books.google.co.id/books?id=Z2ailM8GpasC&pg=PP2&dq=antioksidant+and+antipoliferative+bloom&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=antioksidant%20and%20anti-poliferative%20bloom&f=false) [25 Agustus 2016].
- Brooker, D. B. 1992. *Drying and Storage of Grains and Oilseeds*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Effendi, S. 2009. *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Estiasih, T. dan Ahmadi. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hadriyono, K. R. P. 2011. *Karakter Kulit Manggis, Kadar Polifenol dan Potensi antioksidan Kulit Manggis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Husni, A., Putra, D. R., dan Lelana, I. Y. B. 2014. Aktivitas Antioksidan Padina Sp. Pada Berbagai Suhu dan Lama Pengeringan. *JPB Perikanan*. 9 (2): 165–173. <https://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=books&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjmdWPw97OAhWJPI8KHewFDQ8QFggfMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bbp4b.litbang.kkp.go.id%2Fjurnaljpbkp%2Findex.php%2Fjpbkp%2Farticle%2Fdownload%2F109%2F75&usq=AFQjCNEwZfAa7u3vqbDWbJ4bUH1IAR3V3Q> [15 Maret 2015].
- Kumar, S. 2015. *Analytical Techniques for Natural Product Research*. Boston USA: Centre for Angriculture and Biosciences International. [https://books.google.co.id/books?id=jOSTCwAAQBAJ&pg=PA167&dq=formula+percent+antioxidant+activity&hl=id&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=formula%20percent%20antioxidant%20activity&f=false](https://books.google.co.id/books?id=jOSTCwAAQBAJ&pg=PA167&dq=formula+percent+antioxidant+activity&hl=id&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=formula%20percent%20antioxidant%20activity&f=false) [24 Agustus 2016].
- Kurniawan, R. F. 2014. *76 Kedahsyatan Manfaat Manggis Untuk Pengobatan dan Kesehatan*. Jakarta Selatan: Dan Idea.
- Nurchasanah. Tanpa tahun. *Kasiat Sakti Manggis Tumpas Berbagai Penyakit*. Jakarta: Dunia Sehat.

- Radhika, G. B., Satyanarayana, S. V., dan Rao, D. G. 2011. *Mathematical Model on Thin Layer Drying of Finger Millet (Eluesine coracana)*. Advance Journal of Food Science and Technology 3 (2): 127-131. <http://maxwellsci.com/print/ajfst/v3-127-131.pdf> [5 Maret 2015]
- Reddy, L. 2006. *Drying Characteristics of Saskatoon Berries Under Microwave and Combined Microwave-Convection Heating*. Saskatoon: University of Saskatchewan.60-62. <http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk3/SU/TC-SSU-02112008164628.pdf> [1 Maret 2015].
- Rozannah, N. A. V. 2013. “Kinetika Pindah Massa dan Perubahan Warna Ampas Tahu Selama Proses Pengeringan Menggunakan Oven Microwave.” Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Rukmana, H. R. 2003. *Bibit Manggis*. Yogyakarta: KASINUS. [https://books.Google.co.id/books?id=IL3r2FD8x4sC&pg=PA53&dq=bibit+manggis&hl=en&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=bibit%20manggis&f=false](https://books.Google.co.id/books?id=IL3r2FD8x4sC&pg=PA53&dq=bibit+manggis&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=bibit%20manggis&f=false) [25 Agustus 2016].
- Saputra J. M. 2013. *Pengolahan Ekstrak Kulit Manggis Menggunakan Alat Pengering Drum dan Spray*. Bogor: Institut Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/65154/F13jms.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [5 Maret 2015].
- Schulze, D. 2008. *Powders and Bulk Solids*. Germany: Springer. [https://books.google.co.id/books?id=pGxWO47yA1MC&printsec=frontcover&dq=Powders+and+Bulk+Solids.&hl=id&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Powder%20and%20Bulk%20Solids.&f=false](https://books.google.co.id/books?id=pGxWO47yA1MC&printsec=frontcover&dq=Powders+and+Bulk+Solids.&hl=id&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Powder%20and%20Bulk%20Solids.&f=false) [28 Agustus 2016].
- Sudiarini N. W. 2013. “Karakteristik Pengeringan Wortel (*Daucus carota* L.) Berdasarkan Keragaman Geometri Bahan dan Daya Oven Microwave.” Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Suryadi, J. 2013. Daya Antioksidan Ekstrak Etanol Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Pengeringan Matahari Langsung dan Freeze Drying. *Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*. 2(1): 1-19. <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=119197&val=5455> [5 Maret 2015].
- Taib, G., Said, G. dan Wiraatmadja, S. 1988. *Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

- Taruna, I. Dan Sutanto, H. E. 2013. *Kinetika Pengeringan Lapisan Tipis Umbi Iles-Iles Menggunakan Metode Pengeringan Konveksi*. Jember: Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Varma, R. S. *Solvent-free accelerated organic syntheses using microwaves*. Journal of Pure Appl. Chem 73:(193-198). <http://citeseersx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.596.3562&rep=rep1&type=pdf> [3 Februari 2015].
- Wijana, S., Sucipto, dan Sari, M. L. 2011. *Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Pada Bubuk Kulit Manggis (Garcinia Mangostana L.)*. <http://skripsitipftp.staff.ub.ac.id/files/2015/05/7.-JURNAL-Lia-Meika-Sari.pdf> [27 Maret 2015].
- Winarno, Fardiaz, S., dan Fardiaz, D. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta: PT Gramedia.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami & Radikal Bebas Potensi dan Aplikasi dalam Kesehatan*. Yogyakarta: Kanisius. <https://books.google.co.id/books?id=A1C1KQ2Oaj0C&printsec=frontcover&dq=antioksidan+alami+dan+radikal+bebas&hl=id&sa=X&ved=0ahUKEwigkd3Xwt7OAhXLuo8KHeA5CwoQ6AEIHzAA#v=onepage&q=antioksidan%20alami%20dan%20radikal%20bebas&f=false> [20 Agustus 2016].
- Yamaguchi, T., Takamura, H., Matoba, T., and Terao, J., 1998. *HPLC Method For Evaluation Of The Radical-Cavenging Activity Of Foods By Using 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl*. Journal of Biosci Biotechnol Biochem 62:(1201-1204). <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1271/bbb.62.1201?needAccess=true> [3 Februari 2015].

**Lampiran A. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan Selama Pengeringan**

## 1. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan Pada Daya 233 Watt

t (menit)	m(%bb)			Rata- rata	M(%bk)			Rata- rata
	1	2	3		1	2	3	
0	65,35	69,58	68,56	67,83	211,78	228,69	218,04	211,78
3	59,02	58,94	62,53	60,16	151,46	143,53	166,85	151,46
6	48,03	50,90	47,93	48,95	96,05	103,68	92,03	96,05
9	28,93	28,34	29,06	28,78	40,41	39,55	40,97	40,41
12	21,36	20,77	19,05	20,39	25,64	26,22	23,53	25,64
15	11,08	13,21	11,67	11,98	13,63	15,22	13,21	13,63
18	6,51	6,79	6,96	6,76	7,25	7,29	7,49	7,25

## 2. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan Pada Daya 338 Watt

t (menit)	m(%bb)			Rata- rata	M(%bk)			Rata- rata
	1	2	3		1	2	3	
0	66,75	68,50	69,14	68,13	200,72	217,43	224,08	214,08
2	58,10	60,87	60,91	59,96	138,67	155,53	155,80	150,00
4	49,39	45,83	44,67	46,63	97,58	84,59	80,75	87,64
6	20,14	20,24	22,18	20,86	25,22	25,38	28,50	26,37
8	14,01	16,22	15,08	15,11	16,30	16,22	17,76	16,76
10	12,15	11,93	12,74	12,27	13,83	13,54	14,60	13,99
12	7,20	6,24	6,46	6,63	7,76	6,65	6,90	7,11

## 3. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan Pada Daya 525 Watt

t (menit)	m(%bb)			Rata- rata	M(%bk)			Rata- rata
	1	2	3		1	2	3	
0	70,26	68,78	68,50	69,18	236,21	220,33	217,43	224,66
1,5	63,17	62,73	63,62	63,17	171,55	168,28	174,90	171,58
3	45,22	42,38	44,04	43,88	82,53	73,55	78,69	78,26
4,5	22,33	24,83	21,74	22,97	28,75	33,03	27,77	29,85
6	14,02	15,96	14,24	14,74	16,31	18,99	16,60	17,30
7,5	11,16	8,81	8,73	9,57	11,16	9,66	9,57	10,13
9	6,81	5,32	6,47	6,20	7,30	5,62	6,92	6,61

## 4. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan Pada Daya 630 Watt

t (menit)	m(%bb)			Rata- rata	M(%bk)			Rata- rata
	1	2	3		1	2	3	
0	64,49	68,62	68,78	67,30	181,64	218,64	220,33	206,87
1	57,78	65,28	61,92	61,66	136,86	188,06	162,60	162,51
2	45,09	48,98	52,27	48,78	82,13	95,99	109,52	95,88
3	29,66	32,07	33,69	31,81	42,17	47,21	50,81	46,73
4	14,46	15,85	14,72	15,01	16,90	18,84	17,26	17,67
5	9,05	10,59	10,26	9,96	9,95	11,84	11,43	11,07
6	5,49	5,33	5,54	5,45	5,81	5,63	5,86	5,77

**Lampiran B. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Kulit Manggis**

## 1. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Kulit Manggis Pada Daya 233 Watt

t (menit)	M(%)	dM(%)	dt(menit)	dM/dt(%bk/menit)
0	211,78	0,00	0	0,00
3	151,46	60,33	3	20,11
6	96,05	55,41	3	18,47
9	40,41	55,64	3	18,55
12	25,64	14,77	3	4,92
15	13,63	12,01	3	4,00
18	7,25	6,38	3	2,13

## 2. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Kulit Manggis Pada Daya 338 Watt

t (menit)	M(%)	dM(%)	dt(menit)	dM/dt(%bk/menit)
0	214,08	0,00	0	0,00
2	150,00	64,08	2	32,04
4	87,64	62,36	2	31,18
6	26,37	61,27	2	30,63
8	16,76	9,61	2	4,81
10	13,99	2,77	2	1,39
12	7,11	6,88	2	3,44

## 3. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Kulit Manggis Pada Daya 525 Watt

t (menit)	M(%)	dM(%)	dt(menit)	dM/dt(%bk/menit)
0	224,66	0,00	0	0,00
1,5	171,58	53,08	1,5	35,39
3	78,26	93,32	1,5	62,21
4,5	29,85	48,40	1,5	32,27
6	17,30	12,55	1,5	8,37
7,5	10,13	7,17	1,5	4,78
9	6,61	3,52	1,5	2,34

## 4. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Kulit Manggis Pada Daya 630 Watt

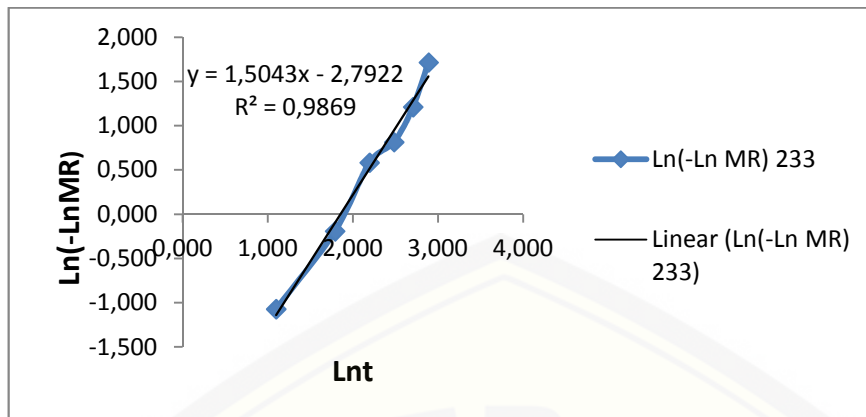
t (menit)	M(%)	dM(%)	dt(menit)	dM/dt(%bk/menit)
0	206,87	0,00	0	0,00
1	162,51	44,36	1	44,36
2	95,88	66,63	1	66,63
3	46,73	49,15	1	49,15
4	17,67	29,07	1	29,07
5	11,07	6,59	1	6,59
6	5,77	5,30	1	5,30

**Lampiran C. Data dan Ploting Persamaan Page dan Wang & Sing****1. Persamaan Page**

## 1.1 Perlakuan Pengeringan dengan Daya 233 watt

t (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	K
0	#NUM!	211,78	6,44	211,78	1,00	0,00	#NUM!
3	1,10	211,78	6,44	151,46	0,71	0,34	-1,07
6	1,79	211,78	6,44	96,05	0,44	0,83	-0,19
9	2,20	211,78	6,44	40,41	0,17	1,79	0,58
12	2,48	211,78	6,44	25,64	0,10	2,26	0,81
15	2,71	211,78	6,44	13,63	0,03	3,36	1,21
18	2,89	211,78	6,44	7,25	0,00	5,55	1,71

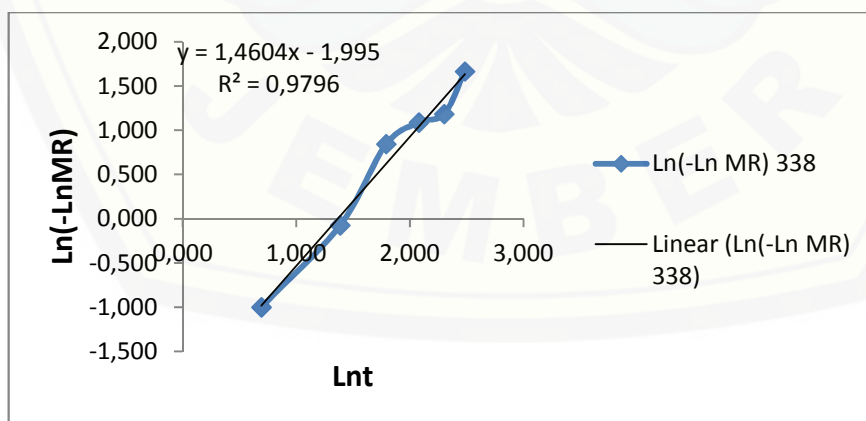
n	Ln K	K
1,50	-2,79	0,06



1.2 Perlakuan Pengeringan dengan Daya 338 watt

t (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	K
0	#NUM!	214,08	6,08	214,08	1,00	0,00	#NUM!
2	0,69	214,08	6,08	150,00	0,69	0,37	-1,00
4	1,39	214,08	6,08	87,64	0,39	0,93	-0,07
6	1,79	214,08	6,08	26,37	0,10	2,33	0,84
8	2,08	214,08	6,08	16,76	0,05	2,97	1,09
10	2,30	214,08	6,08	13,99	0,04	3,27	1,18
12	2,48	214,08	6,08	7,11	0,01	5,29	1,67

n	Ln K	K
1,46	-2,00	0,14

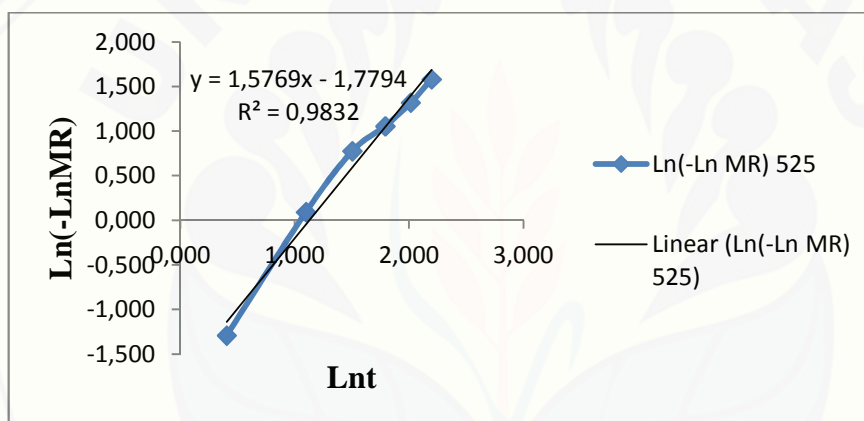




## 1.3 Perlakuan Pengeringan dengan Daya 525 watt

t (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	K
0	#NUM!	224,66	4,90	224,66	1,00	0,00	#NUM!
1,5	0,41	224,66	4,90	171,58	0,76	0,28	-1,29
3	1,10	224,66	4,90	78,26	0,33	1,10	0,09
4,5	1,50	224,66	4,90	29,85	0,11	2,17	0,78
6	1,79	224,66	4,90	17,30	0,06	2,87	1,06
7,5	2,01	224,66	4,90	10,13	0,02	3,74	1,32
9	2,20	224,66	4,90	6,61	0,01	4,86	1,58

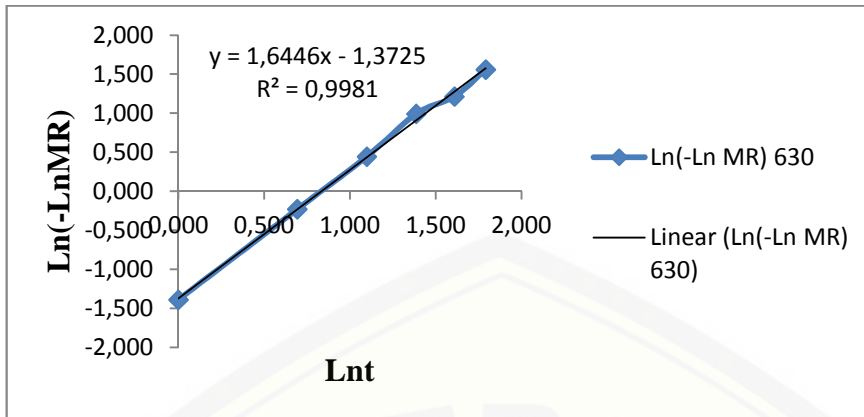
n	Ln K	K
1,58	-1,78	0,17



## 1.4 Perlakuan Pengeringan dengan Daya 630 watt

t (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	K
1	#NUM!	206,869	4,03	206,87	1,00	0,00	#NUM!
2	0,00	206,869	4,03	162,51	0,78	0,25	-1,39
3	0,69	206,869	4,03	95,88	0,45	0,79	-0,23
4	1,10	206,869	4,03	46,73	0,21	1,56	0,44
5	1,39	206,869	4,03	17,67	0,07	2,70	0,99
6	1,61	206,869	4,03	11,07	0,03	3,36	1,21

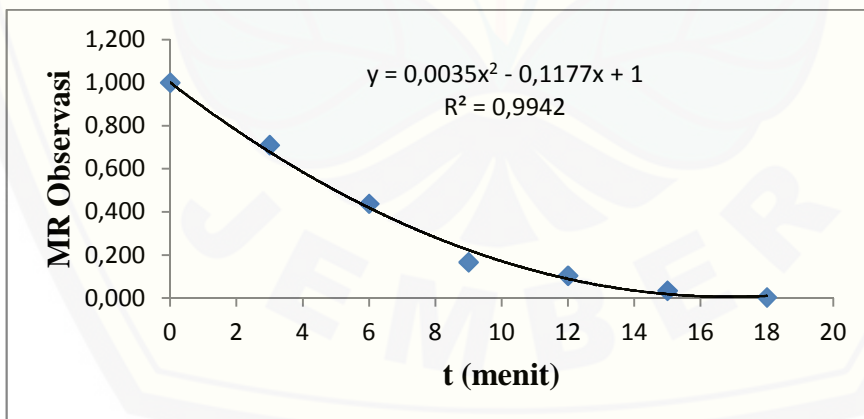
n	Ln K	K
1,64	-1,37	0,25



## 2. Persamaan Wang & Sing

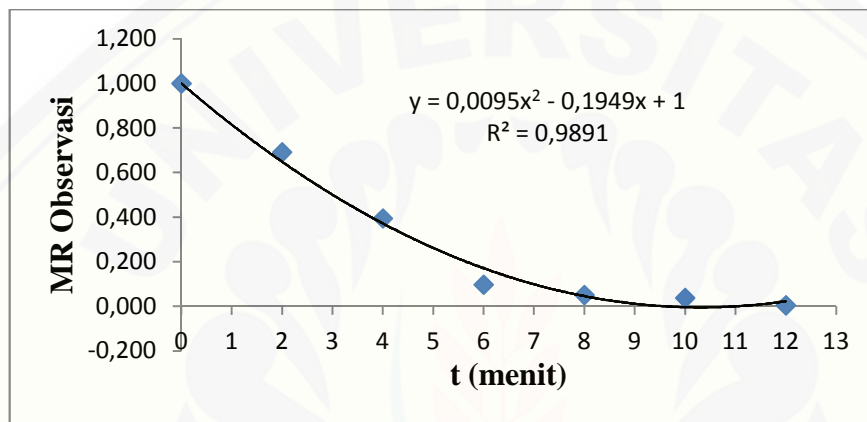
### 2.1 Perlakuan Pengeringan dengan Daya 233 watt

t (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	a	b
0	211,78	6,44	211,78	1,00	0,117	0,003
3	211,78	6,44	151,46	0,71		
6	211,78	6,44	96,05	0,44		
9	211,78	6,44	40,41	0,17		
12	211,78	6,44	25,64	0,10		
15	211,78	6,44	13,63	0,03		
18	211,78	6,44	7,25	0,00		



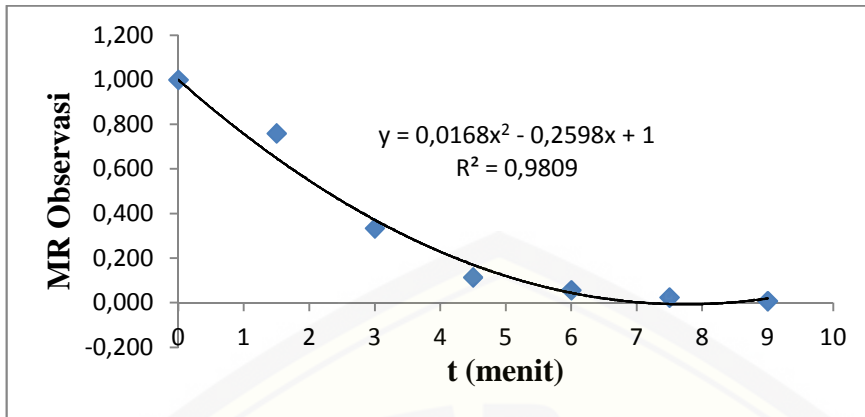
## 2.2 Perlakuan Pengeringan dengan Daya 338 watt

t (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	a	b
0	214,08	6,078	214,08	1,00	0,194	0,009
2	214,08	6,078	150,00	0,69		
4	214,08	6,078	87,64	0,39		
6	214,08	6,078	26,37	0,10		
8	214,08	6,078	16,76	0,05		
10	214,08	6,078	13,99	0,04		
12	214,08	6,078	7,11	0,01		



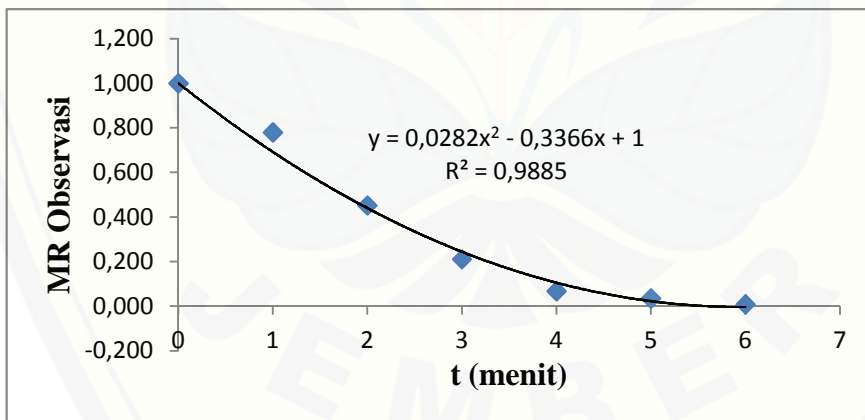
## 2.3 Perlakuan Pengeringan dengan Daya 525 watt

t (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	a	b
0	224,66	4,90	224,66	1,00	0,259	0,018
1,5	224,66	4,90	171,58	0,76		
3	224,66	4,90	78,26	0,33		
4,5	224,66	4,90	29,85	0,11		
6	224,66	4,90	17,30	0,06		
7,5	224,66	4,90	10,13	0,02		
9	224,66	4,90	6,61	0,01		



2.4 Perlakuan Pengeringan dengan Daya 630 watt

t (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	a	b
1	206,87	4,03	206,87	1,00	0,336	0,031
2	206,87	4,03	162,51	0,78		
3	206,87	4,03	95,88	0,45		
4	206,87	4,03	46,73	0,21		
5	206,87	4,03	17,67	0,07		
6	206,87	4,03	11,07	0,03		



**Lampiran D. Data MR Observasi Dan MR Estimasi**

## 1. MR Observasi dan MR Estimasi Pada Daya 233 Watt

<b>t</b> <b>(menit)</b>	<b>MR</b> <b>Observasi</b>	<b>MR Estimasi</b>	
		<b>Page</b>	<b>Wang &amp; Sing</b>
0	1,00	1,00	1,00
3	0,71	0,73	0,68
6	0,44	0,40	0,41
9	0,17	0,19	0,19
12	0,10	0,08	0,03
15	0,03	0,03	-0,08
18	0,00	0,01	-0,13

## 2. MR Observasi dan MR Estimasi Pada Daya 338 Watt

<b>t</b> <b>(menit)</b>	<b>MR</b> <b>Observasi</b>	<b>MR Estimasi</b>	
		<b>Page</b>	<b>Wang &amp; Sing</b>
0	1,00	1,00	1,00
2	0,69	0,69	0,65
4	0,39	0,36	0,37
6	0,10	0,16	0,16
8	0,05	0,06	0,02
10	0,04	0,02	-0,04
12	0,01	0,01	-0,03

## 3. MR Observasi dan MR Estimasi Pada Daya 525 Watt

<b>t</b> <b>(menit)</b>	<b>MR</b> <b>Observasi</b>	<b>MR Estimasi</b>	
		<b>Page</b>	<b>Wang &amp; Sing</b>
0	1,00	1,00	1
1,5	0,76	0,73	0,652
3	0,33	0,39	0,385
4,5	0,11	0,16	0,199
6	0,06	0,06	0,094
7,5	0,02	0,02	0,07
9	0,01	0,00	0,127

## 4. MR Observasi dan MR Estimasi Pada Daya 630 Watt

t (menit)	MR	MR Estimasi	
	Observasi	Page	Wang & Sing
0	1,00	1,00	1,00
1	0,78	0,78	0,70
2	0,45	0,45	0,45
3	0,21	0,21	0,27
4	0,07	0,08	0,15
5	0,03	0,03	0,09
6	0,01	0,01	0,10

## Lampiran E. Uji Validitas Model

## 1. Model Persamaan Page

## 1.1 Daya 223 watt

t (menit)	MR Obs (y <sub>i</sub> )	MR Est (y)	(y-y <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	(y <sub>i</sub> -y) <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	RMSE	P(%)
	y	y <sub>est</sub>					
0	1,00	1,00	0,00	0,42	1,00	0,01	28,29
3	0,71	0,73	0,00	0,13			
6	0,44	0,40	0,00	0,01			
9	0,17	0,19	0,00	0,03			
12	0,10	0,08	0,00	0,06			
15	0,03	0,03	0,00	0,10			
18	0,00	0,01	0,00	0,12			
Jumlah			0,00	0,87			
y	0,35						

## 1.2 Daya 338 watt

t (menit)	MR Obs (y <sub>i</sub> )	MR Est (y)	(y-y <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	(y <sub>i</sub> -y) <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	RMSE	P (%)
	y	y <sub>est</sub>					
0	1,00	1,00	0,00	0,45	0,99	0,01	21,42
2	0,69	0,69	0,00	0,13			
4	0,39	0,36	0,00	0,00			
6	0,10	0,16	0,00	0,05			
8	0,05	0,06	0,00	0,08			
10	0,04	0,02	0,00	0,08			
12	0,01	0,01	0,00	0,10			
Jumlah			0,01	0,91			
y	0,33						

## 1.3 Daya 525 watt

t (menit)	MR Obs (y <sub>i</sub> ) y	MR Est (y) yest	(y-y <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	(y <sub>i</sub> -y) <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	RMSE	P (%)
0	1,00	1,00	0,00	0,45	0,99	0,01	19,13
1,5	0,76	0,73	0,00	0,19			
3	0,33	0,39	0,00	0,00			
4,5	0,11	0,16	0,00	0,05			
6	0,06	0,06	0,00	0,07			
7,5	0,02	0,02	0,00	0,09			
9	0,01	0,00	0,00	0,10			
Jumlah			0,01	0,95			
y	0,34						

## 1.4 Daya 630 watt

t (menit)	MR Obs (y <sub>i</sub> ) y	MR Est (y) yest	(y-y <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	(y <sub>i</sub> -y) <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	RMSE	P (%)
0	1,00	1,00	0,00	0,40	1,00	0,00	7,53
1	0,78	0,78	0,00	0,17			
2	0,45	0,45	0,00	0,01			
3	0,21	0,21	0,00	0,02			
4	0,07	0,08	0,00	0,09			
5	0,03	0,03	0,00	0,11			
6	0,01	0,01	0,00	0,13			
Jumlah			0,00	0,93			
y	0,37						

**2. Model Persamaan Wang & Sing**

## 2.1 Daya 223 watt

t (menit)	MR Obs (y <sub>i</sub> ) y	MR Est (y) yest	(y-y <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	(y <sub>i</sub> -y) <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	RMSE	P (%)
0	1,00	1,00	0,00	0,42	0,99	0,01	55,76
3	0,71	0,68	0,00	0,13			
6	0,44	0,42	0,00	0,01			
9	0,17	0,22	0,00	0,03			
12	0,10	0,09	0,00	0,06			
15	0,03	0,02	0,00	0,10			
18	0,00	0,02	0,00	0,12			
Jumlah			0,01	0,87			
y	0,3502						

## 2.2 Daya 338 watt

t (menit)	MR Obs	MR Est	$(y-y_i)^2$	$(y_i-y)^2$	R <sup>2</sup>	RMSE	P (%)
	(y <sub>i</sub> )	(y)					
	y	y <sub>est</sub>					
0	1,00	1,00	0,00	0,45	0,99	0,01	95,70
2	0,69	0,65	0,00	0,13			
4	0,39	0,37	0,00	0,00			
6	0,10	0,17	0,01	0,05			
8	0,05	0,05	0,00	0,08			
10	0,04	0,00	0,00	0,08			
12	0,01	0,03	0,00	0,10			
Jumlah			0,01	0,91			
y	0,3246						

## 2.3 Daya 525 watt

t (menit)	MR Obs	MR Est	$(y-y_i)^2$	$(y_i-y)^2$	R <sup>2</sup>	RMSE	P (%)
	(y <sub>i</sub> )	(y)					
	y	y <sub>est</sub>					
0	1,00	1,00	0,00	0,45	0,98	0,02	57,50
1,5	0,76	0,65	0,01	0,19			
3	0,33	0,37	0,00	0,00			
4,5	0,11	0,17	0,00	0,05			
6	0,06	0,05	0,00	0,07			
7,5	0,02	0,00	0,00	0,09			
9	0,01	0,02	0,00	0,10			
Jumlah			0,02	0,95			
Y	0,3223						

## 2.4 Daya 630 watt

t (menit)	MR Obs	MR Est	$(y-y_i)^2$	$(y_i-y)^2$	R <sup>2</sup>	RMSE	P (%)
	(y <sub>i</sub> )	(y)					
	y	y <sub>est</sub>					
0	1,00	1,00	0,00	0,40	0,99	0,01	38,91
1	0,78	0,69	0,01	0,17			
2	0,45	0,44	0,00	0,01			
3	0,21	0,24	0,00	0,02			
4	0,07	0,10	0,00	0,09			
5	0,03	0,02	0,00	0,11			
6	0,01	0,00	0,00	0,13			
Jumlah			0,01	0,93			
Y	0,3568						



**Lampiran F. Aktivitas Antioksidan**

<b>Perlakuan</b>	<b>Aktivitas Antioksidan</b>
P0T0	48%
P1T1	46%
P1T2	51%
P1T3	52%
P1T4	50%
P1T5	50%
P1T6	48%
P0T0	52%
P2T1	47%
P2T2	51%
P2T3	52%
P2T4	54%
P2T5	52%
P2T6	47%
P0T0	52%
P3T1	51%
P3T2	54%
P3T3	55%
P3T4	56%
P3T5	54%
P3T6	50%
P0T0	52%
P4T1	53%
P4T2	52%
P4T3	54%
P4T4	58%
P4T5	56%
P4T6	54%

Lampiran G. Foto Penelitian



