



**KARAKTERISTIK PERUBAHAN MASSA DAN WARNA DAUN KELOR
(*Moringa oleifera*) SELAMA PENGERINGAN DI BAWAH PAPARAN
GELOMBANG MIKRO**

SKRIPSI

Oleh

**Erwin Yulia Agustin
NIM 141710201020**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**KARAKTERISTIK PERUBAHAN MASSA DAN WARNA DAUN KELOR
(*Moringa oleifera*) SELAMA PENGERINGAN DI BAWAH PAPARAN
GELOMBANG MIKRO**

SKRIPSI

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

Oleh

**Erwin Yulia Agustin
NIM 141710201020**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

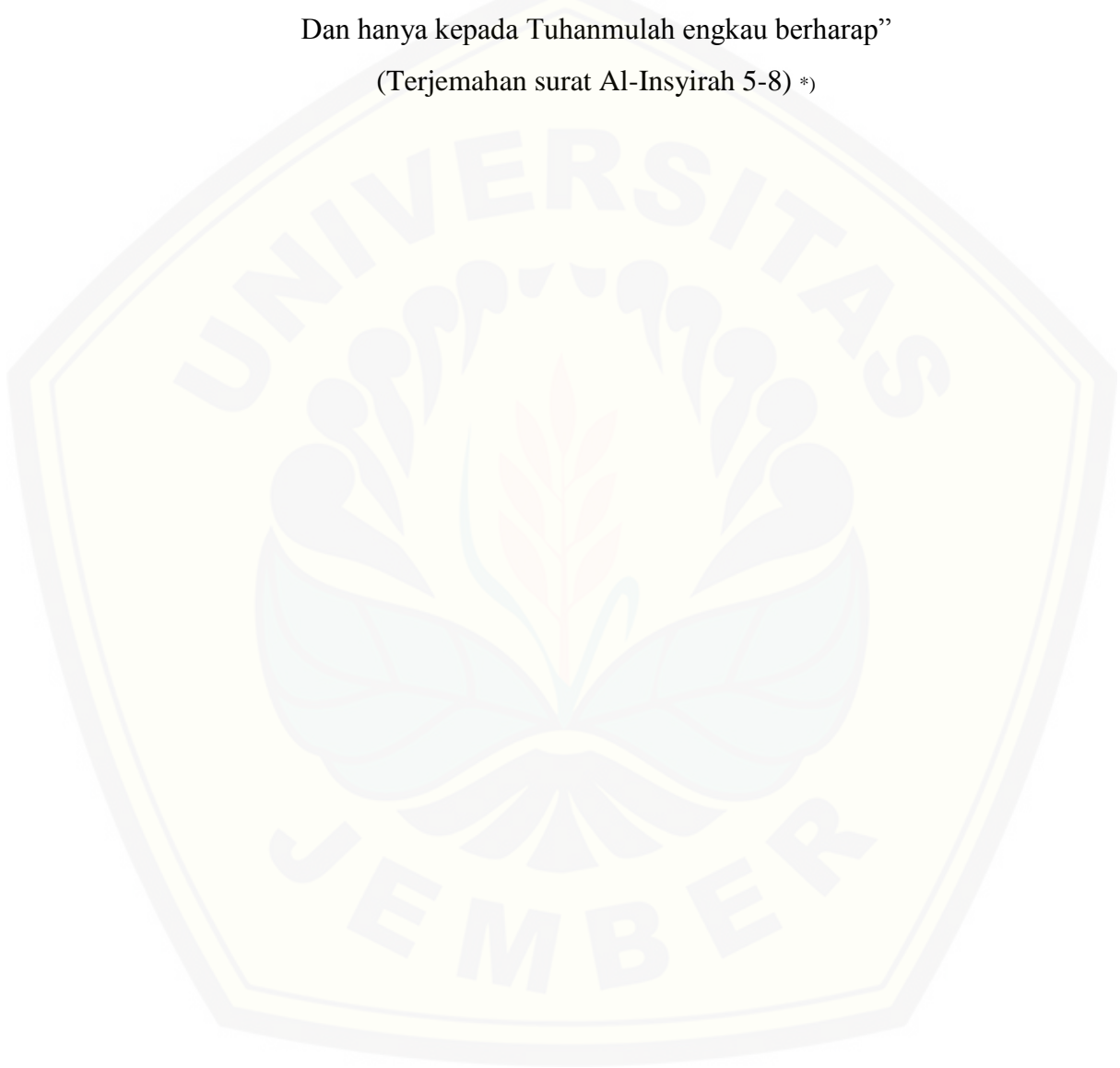
1. almarhum ayah dan almarhumah ibu tercinta yang telah mendidik dan mengajarkan banyak hal;
2. suami tercinta Lukman Fauzi yang telah sabar mendampingi dan memberi semangat;
3. adik tersayang Nur Prihatin Andari, kakak perempuan Eva Fuji Astutik dan kakak laki-laki Ivo Firdaus yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan;
4. guru-guru sejak dari sekolah dasar hingga Sekolah Menengah Atas dan dosen-dosen jurusan Teknik Pertanian yang telah mendidik dan membimbing selama ini;
5. almamater tercinta Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Terjemahan surat Al-Insyirah 5-8) *)



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Erwin Yulia Agustin

NIM : 141710201020

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Karakteristik Perubahan Massa dan Warna Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Selama Pengeringan di Bawah Paparan Gelombang Mikro” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan-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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata kemudian hari ini tidak benar.

Jember, Februari 2020

Yang menyatakan,

Erwin Yulia Agustin
NIM. 141710201020

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK PERUBAHAN MASSA DAN WARNA DAUN KELOR
(*Moringa oleifera*) SELAMA PENGERINGAN DI BAWAH PAPARAN
GELOMBANG MIKRO**

Oleh

**Erwin Yulia Agustin
NIM 141710201020**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng
Dosen Pembimbing Anggota : Dian Purbasari, S.Pi., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Karakteristik Perubahan Massa dan Warna Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Selama Pengeringan di Bawah Paparan Gelombang Mikro” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 20 Februari 2020

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

Dian Purbasari, S.Pi., M.Si.
NIP. 760016795

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil
NIP. 196412311989021040

Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc.
NRP. 760018059

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Siswoyo Soekarno, S.T.P., M.Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Karakteristik Perubahan Massa dan Warna Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Selama Pengeringan di Bawah Paparan Gelombang Mikro; Erwin Yulia Agustin, 141710201020; 2020; 70 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Kelor (*Moringa oleifera*) sangat kaya akan nutrisi, diantaranya kalsium, zat besi, protein, vitamin A, vitamin B dan vitamin C namun memiliki umur simpan yang pendek sehingga, dibutuhkan sebuah teknologi pengawetan untuk meningkatkan umur simpan daun kelor. Teknologi yang dapat digunakan yaitu pengeringan menggunakan *microwave*. *Microwave* menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memanaskan bahannya. Tujuan penelitian ini adalah: (1) mengukur laju perubahan massa daun kelor selama proses pengeringan, (2) menyeleksi model pengeringan lapis tipis yang terpilih sebagai dasar estimasi pengeringan, (3) mengevaluasi karakteristik warna daun kelor hasil pengeringan.

Penelitian ini dilakukan dari September 2018 hingga Desember 2018. Metodologi penelitian yaitu: (1) pengukuran perubahan kadar air bahan selama pengeringan, (2) pengukuran kadar air kesetimbangan (Me), (3) pengukuran perubahan warna, (4) analisis data meliputi analisis laju pengeringan dan pemodelan, pemodelan yang digunakan yaitu *Page* dan *Newton*, dan (5) uji validasi model yang dilakukan dengan menghitung nilai *Coefficient of Determination* (R^2), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan Mean Relative Percent Error (P). Penelitian ini menggunakan daya 710, 537 dan 420 W dan pengeringan oven sebagai pembandingnya. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pengeringan gelombang mikro dapat menurunkan kadar air daun kelor dari rentang 274,96% bk – 326,87% bk menjadi 0,731% bk – 6,11% bk. Model pengeringan lapis tipis yang paling tepat digunakan pada pengeringan gelombang mikro daun kelor yaitu model *Page*. Nilai R^2 yang dihasilkan yaitu berkisar antara 0,970 – 0,999 dan nilai RMSE sebesar 0,010 – 0,093 dengan tingkat kesalahan sebesar 5,40% - 22,50%. Total perubahan warna terkecil terjadi pada daya 710 yaitu sebesar 5,45.

SUMMARY

Characteristics of Mass and Color Change in Moringa Oleifera Leaves During Drying Under Exposure to Microwaves; Erwin Yulia Agustin, 141710201020; 2020; 70 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, The University of Jember.

Moringa (*Moringa oleifera*) is very rich in nutrients, including calcium, iron, protein, vitamin A, vitamin B, and vitamin C but has a short shelf life. Thus, we need a preservation technology to increase the shelf life of Moringa leaves. The technology that can be used is microwave drying. The microwave uses microwave radiation to heat the material. The objectives of this study are (1) measuring the rate mass change of moringa leaves during the drying process, (2) selecting the thin-layer drying model as the basis for estimating drying, and (3) evaluating the color characteristics of the Moringa leaf after drying.

This research was conducted from September 2018 to December 2018. The methodology consisted of (1) measurement of changes in water content of the material during drying, (2) measurement of equilibrium water content (Me), (3) measurement of color changes, (4) data analysis included the drying and modeling rate analysis, the modeling used was Page and Newton, and (5) the model validation test were performed by calculating the coefficient of determination (R^2) value, Root Mean Square Error (RMSE), and Mean Relative Percent Error (P). This study was using 710, 537 and 420 W of power and using oven drying as a comparison. The results of the study showed that microwaves drying decreased the water content of Moringa leaves ranged from 274.96% bk to 326.87%, bk to 0.731% bk – 6.11% bk. The thin layer drying model that was most appropriate to be used in the Moringa leaf microwave drying was the Page model. The resulting R^2 values ranged from 0.970 to 0.999 and the RMSE value was 0.010 - 0.093 with an error rate of 5.40% - 22.50%. The smallest total color change occurred at 710 which was 5.45.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Karakteristik Perubahan Massa dan Warna Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Selama Pengeringan di Bawah Paparan Gelombang Mikro”. 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 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 Dian Purbasari, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis;
2. Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil. selaku ketua Tim Penguji dan Rufiani Nadzirah S.TP., M.Sc. selaku anggota Tim Penguji yang telah memberikan arahan kepada penulis;
3. seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
4. teman-teman seperjuangan TEP UNEJ angkatan 2014 khususnya sahabat-sahabatku Rizaldi Tri, Agus Dharmawan, Ivo Joan dan Navira Palupi yang selalu memberi semangat;
5. teman-teman Himpunan Mahasiswa Islam Komisariat Teknologi Pertanian Universitas Jember, Badan Pengelola Latihan (BPL) HMI Cabang Jember yang telah banyak memberikan masukan dan saran;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

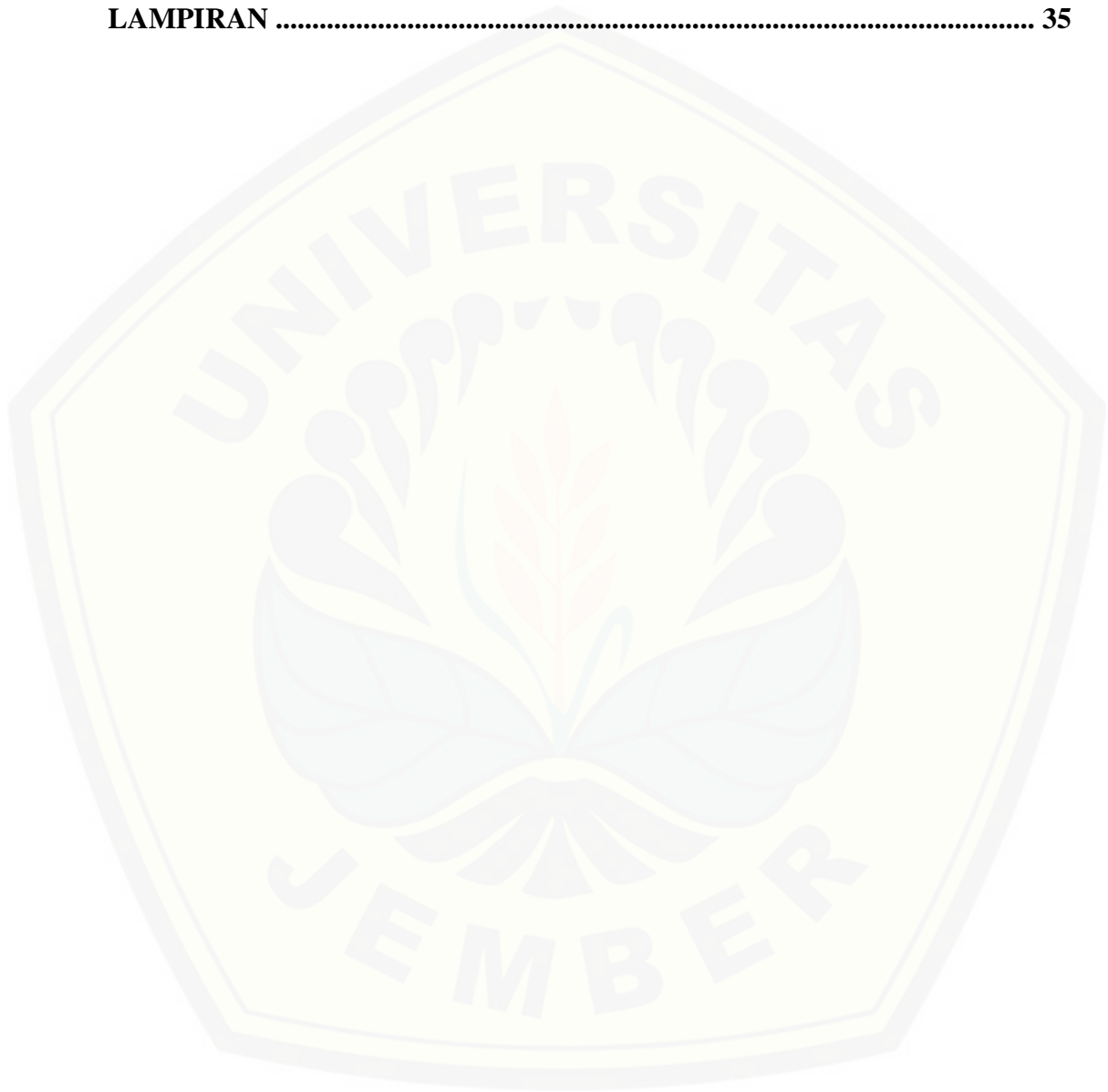
Jember, Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

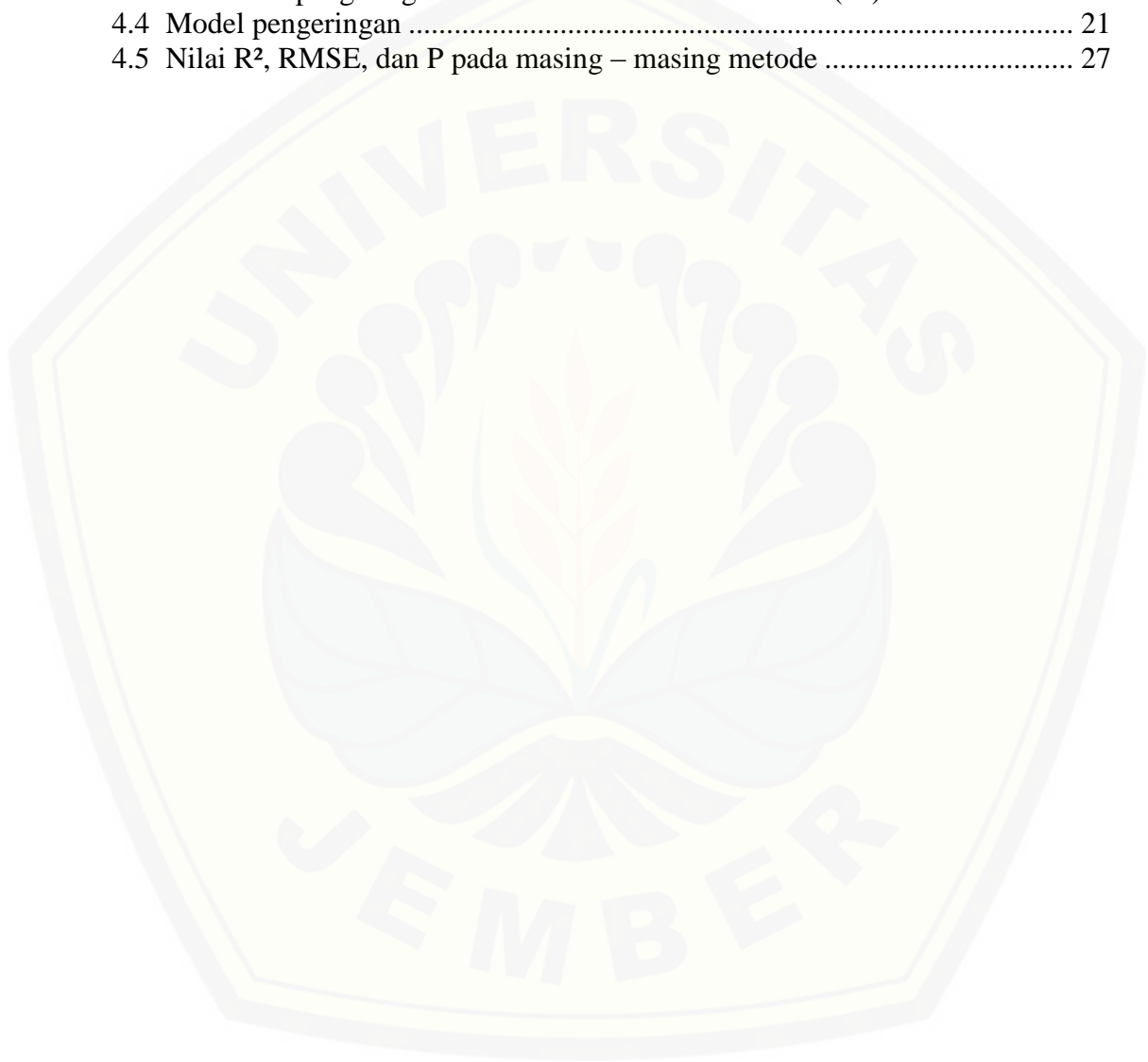
	Halaman
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
SKRIPSI	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Daun Kelor	4
2.2 Pengeringan	5
2.2.1 Mekanisme Pengeringan	5
2.2.2 Laju Pengeringan	7
2.3 Pengeringan Microwave	8
2.4 Karakteristik Warna Proses Pengeringan	10
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3 Pelaksanaan Penelitian	13
3.4 Prosedur Penelitian	12
3.4.1 Pengukuran Kadar Air Awal.....	12
3.4.2 Pengukuran Warna Awal Bahan	14
3.4.3 Pengeringan Menggunakan Microwave.....	14
3.4.4 Pengeringan Menggunakan Oven	14
3.4.5 Pengukuran Perubahan Kadar Air dan Warna Daun Kelor .	14
3.4.6 Analisis Data	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Pengeringan Daun Kelor	18
4.1.1 Proses Pengeringan Daun Kelor	18
4.1.2 Laju Pengeringan	20
4.2 Model Pengeringan	22
4.2.1 Pemodelan Pengeringan Daun Kelor	22

4.2.2 Uji Validasi Model.....	24
4.3 Karakteristik Perubahan Warna Produk Daun Kelor Kering	27
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	35



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Variabel eksperimen.....	11
4.1 Kadar air dan durasi pengeringan daun kelor	18
4.2 Kadar air kesetimbangan daun kelor pada berbagai perlakuan.....	19
4.3 Konstanta pengeringan dan nilai koefisien determinasi (R^2).....	20
4.4 Model pengeringan	21
4.5 Nilai R^2 , RMSE, dan P pada masing – masing metode	27

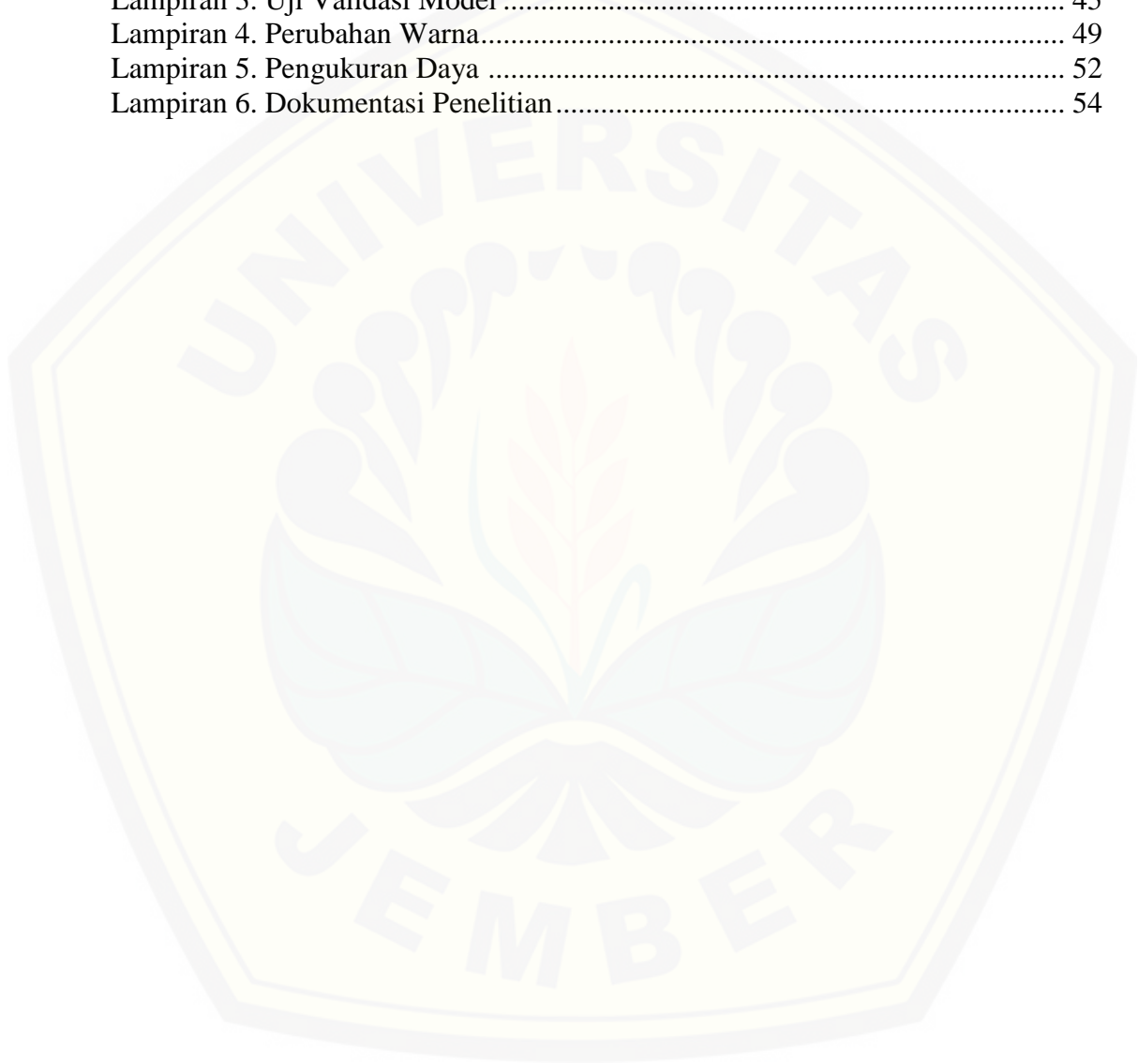


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Daun kelor	5
2.2 Kurva karakteristik pengeringan.....	8
2.3 Microwave	9
3.1 Diagram alir penelitian	12
4.1 Produk daun kelor untuk pengukuran warna	20
4.2 Grafik hubungan laju pengeringan terhadap waktu pengeringan menggunakan gelombang mikro	21
4.3 Grafik hubungan laju pengeringan terhadap waktu pengeringan menggunakan oven	21
4.4 Hubungan MR observasi dan MR estimasi model <i>page</i> pada metode pengeringan gelombang mikro	24
4.5 Hubungan MR observasi dan MR estimasi model <i>page</i> pada metode pengeringan oven	25
4.6 Hubungan MR observasi dan MR estimasi model <i>newton</i> pada metode pengeringan gelombang mikro	25
4.7 Hubungan MR observasi dan MR estimasi model <i>newton</i> pada metode pengeringan oven	26
4.8 Perbandingan nilai parameter warna L antara bahan segar dan kering	28
4.9 Perbandingan nilai parameter warna a antara bahan segar dan kering	28
4.10 Perbandingan nilai parameter warna b antara bahan segar dan kering.....	29
4.11 Total perbedaan warna (ΔE) pada masing – masing perlakuan	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Hasil Perhitungan Laju Pengerinan Air Bahan Selama Pengerinan	35
Lampiran 2. Data dan Ploting Persamaan Page dan Persamaan Newton	37
Lampiran 3. Uji Validasi Model	45
Lampiran 4. Perubahan Warna.....	49
Lampiran 5. Pengukuran Daya	52
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	54



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelor (*Moringa oleifera*) tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi sampai di ketinggian \pm 1000 dpl. Tanaman kelor bisa dikonsumsi mulai dari daun sampai dengan bunganya. Di Indonesia, terutama di Jawa Timur, kelor sering dimanfaatkan hanya sebatas tanaman pagar. Daun kelor dapat dipanen setelah tanaman tumbuh 1,5 hingga 2 meter yang biasanya memakan waktu 3 sampai 6 bulan. Namun dalam budidaya intensif yang bertujuan untuk produksi daunnya, kelor dipelihara dengan ketinggian tidak lebih dari 1 meter. Daun kelor segar lebih sering dijadikan alternatif sayuran dan diolah menjadi masakan apabila tidak ada lagi sayuran yang bisa dimakan. Bahkan pengolahan daun kelor yang lazim dilakukan hanya dimasak dengan air (direbus) dan ditambahkan dengan garam saja (Fuglie, 2005).

Daun kelor mengandung protein yang cukup tinggi dengan kualitas yang tidak kalah dari protein susu. Dikatakan demikian karena kandungan protein daun kelor lebih tinggi daripada kandungan protein susu, sedang dari segi komposisi asam amino, kelor dan susu memiliki kandungan asam amino esensial yang sama lengkapnya (Fuglie, 2005). Selain itu daun kelor juga sangat kaya akan nutrisi yang diperlukan oleh tubuh antara lain kalsium, besi, protein, vitamin A, vitamin B1, B3, B12 dan vitamin C. Daun kelor mengandung zat besi lebih tinggi daripada sayuran lainnya yaitu sebesar 17,2 mg/100 g.

Tingkat konsumsi masyarakat terhadap daun kelor masih terbilang rendah. Masyarakat hanya memanfaatkan daun kelor seadanya padahal apabila ditinjau dari segi kandungan gizi, daun kelor kaya akan nutrisi dan vitamin. Selain itu masalah lain yang menyebabkan rendahnya pemanfaatan daun kelor yaitu mudah rusak atau memiliki umur simpan yang pendek sehingga perlu adanya suatu teknologi untuk meningkatkan umur simpan daun kelor. Salah satu teknologi yang bisa digunakan yaitu pengeringan. Pengeringan yang digunakan harus mampu mempertahankan kualitas dari daun kelor mengingat daun kelor rentan terhadap kerusakan sehingga

diperlukan metode pengeringan yang mampu menjaga mutu dan kualitas daun kelor. Alternatif yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan *microwave*.

Pengeringan *microwave* merupakan salah satu alternatif pengeringan pengganti matahari. *Microwave* menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memanaskan bahannya. Keunggulan penggunaan *microwave* yaitu pemanasan dapat lebih cepat dengan mutu yang lebih baik serta pengawasan yang lebih mudah (Rahma, 2012). Oleh karena itu perlu adanya penelitian terkait pengeringan daun kelor menggunakan metode pengeringan berbasis gelombang mikro (*microwave*). Penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi dan informasi terkait karakteristik laju pengeringan dan perubahan warna daun kelor menggunakan gelombang mikro untuk memaksimalkan pemanfaatan daun kelor

1.2 Rumusan Masalah

Pada proses pengeringan beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu laju pengeringan dan kualitas warna yang dihasilkan. Namun hingga saat ini belum ada studi atau penelitian yang memberikan informasi tentang pengeringan gelombang mikro daun kelor berdasarkan karakteristik laju pengeringan dan mutu warna produk. Oleh karena itu perlu adanya studi tentang pengaruh besarnya daya paparan gelombang mikro terhadap perubahan massa dan warna daun kelor.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini masalah dibatasi pada pengaruh besar daya paparan gelombang mikro terhadap perubahan massa dan warna daun kelor. Variabel yang diukur yaitu kadar air dan warna daun kelor.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini yaitu untuk mempelajari proses pengeringan daun kelor menggunakan gelombang mikro. Sedangkan tujuan khusus penelitian ini yaitu:

1. Mengukur laju perubahan massa daun kelor selama proses pengeringan menggunakan gelombang mikro.

2. Menyeleksi model pengeringan lapis tipis yang terpilih sebagai dasar estimasi pengeringan daun kelor dengan gelombang mikro.
3. Mengevaluasi karakteristik warna daun kelor hasil pengeringan menggunakan gelombang mikro.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) memberikan sumber informasi tentang metode pengeringan daun kelor dibawah paparan gelombang mikro.
2. Bagi pemerintah yaitu memberikan sumber informasi pemanfaatan daun kelor melalui proses pengeringan sebagai upaya untuk mencapai ketahanan pangan berdsarkan UU No. 18 Tahun 2012 tentang pangan.
3. Bagi masyarakat memberikan sumber informasi tentang proses pengeringan daun kelor sebagai alternatif metode pengawetan daun kelor.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daun Kelor

Berikut merupakan klasifikasi dari daun kelor yaitu:

Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobiota (tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (menghasilkan biji)
Devisi	: Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)
Sub Kelas	: Dilleniidae
Ordo	: Capparales
Famili	: Moringaceae
Genus	: Moringa
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i> Lam

Kelor (*Moringa oleifera*) tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi sampai di ketinggian ± 1000 dpl. Kelor banyak ditanam sebagai tapal batas atau pagar di halaman rumah atau ladang. Daun kelor dapat dipanen setelah tanaman tumbuh 1,5 hingga 2 meter yang biasanya memakan waktu 3 sampai 6 bulan. Pemanenan dilakukan dengan cara memetik batang daun dari cabang atau dengan memotong cabangnya dengan jarak 20 sampai 40 cm di atas tanah (Kurniasih, 2014).

Daun kelor di Indonesia khususnya Jawa Timur dikonsumsi sebagai sayuran dengan rasa yang khas, yang memiliki rasa langu dan juga digunakan untuk pakan ternak karena dapat meningkatkan perkembangbiakan ternak khususnya unggas. Selain dikonsumsi daun kelor juga dijadikan obat-obatan dan penjernih air. Adapun morfologi daun kelor dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Daun kelor (Sumber: Tilong, 2012)

Daun kelor berbentuk bulat telur dengan tepi daun rata dan ukurannya kecilkecil bersusun majemuk dalam satu tangkai (Tilong, 2012). Daun muda teksturnya lembut dan lemas sedangkan daun tua agak kaku dan keras. Daun berwarna hijau tua biasanya digunakan untuk membuat tepung atau powder daun kelor. Apabila jarang dikonsumsi maka daun kelor memiliki rasa agak pahit tetapi tidak beracun (Hariana, 2008). Rasa pahit akan hilang jika kelor sering dipanen secara berkala untuk dikonsumsi. Daun kelor merupakan salah satu bagian dari tanaman kelor yang telah banyak diteliti kandungan gizi dan kegunaannya.

Daun kelor sangat kaya akan nutrisi, diantaranya kalsium, besi, protein, vitamin A, vitamin B dan vitamin C. Kandungan daun kelor segar per 100 g yaitu Air 75 g, energi 92 Kal, protein 6.8 g, lemak 1.7 g, karbohidrat 12.5 g, serat 0.9 g kalsium 440 mg, potasium 259 mg, fosfor 70 mg, besi 7 mg Zinc 0.16 mg, β -karoten 6.78 mg, tiamin (vitamin B1) 0.06 mg, riboflavin (vitamin B2) 0.05 mg, niacin (vitamin B3) 0.8 mg, vitamin C 220 (Fuglie, 2001).

2.2 Pengeringan

Pengeringan adalah aplikasi pemanasan melalui kondisi yang teratur, sehingga dapat menghilangkan sebagian besar air dalam suatu bahan dengan cara diuapkan (Muarif, 2013).

2.2.1 Mekanisme pengeringan

Mekanisme pengeringan diterangkan melalui teori tekanan uap. Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan air terikat. Air bebas berada di permukaan dan

yang pertama kali mengalami penguapan. Bila air permukaan telah habis, maka terjadi migrasi air dan uap air dari bagian dalam bahan secara difusi. Migrasi air dan uap terjadi karena perbedaan tekanan uap pada bagian dalam dan bagian luar bahan (Handerson dan Perry, 1976).

Sebelum proses pengeringan berlangsung, tekanan uap air di dalam bahan berada dalam keseimbangan dengan tekanan uap air di udara sekitarnya. Pada saat pengeringan dimulai, uap panas yang dialirkan meliputi permukaan bahan akan menaikkan tekanan uap air, terutama pada daerah permukaan, sejalan dengan kenaikan suhunya.

Pada saat proses ini terjadi, perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air berlangsung atau terjadi pengeringan pada permukaan bahan. Setelah itu tekanan uap air pada permukaan bahan akan menurun. Setelah kenaikan suhu terjadi pada seluruh bagian bahan, maka terjadi pergerakan air secara difusi dari bahan ke permukaannya dan seterusnya proses penguapan pada permukaan bahan akan menurun sampai terjadi keseimbangan dengan udara sekitar. Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan pangan adalah (Buckle, 1987):

- a. Sifat fisik dan kimia dari bahan pangan.
- b. Pengaturan susunan bahan pangan.
- c. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering.
- d. Proses pemindahan dari media pemanas ke bahan yang dikeringkan melalui dua tahapan proses selama pengeringan yaitu:
 - i. Proses perpindahan panas terjadinya penguapan air dari bahan yang dikeringkan.
 - ii. Proses perubahan air yang terkandung dalam media yang dikeringkan menguapkan air menjadi gas.

Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian, yaitu panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan, dan air harus dikeluarkan dari dalam bahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan adalah:

- a. Luas Permukaan

Pada umumnya, bahan pangan yang dikeringkan mengalami pengecilan ukuran, baik dengan cara diiris, dipotong, atau digiling. Proses pengecilan ukuran dapat mempercepat proses pengeringan dengan mekanisme sebagai berikut :

- (1) Pengecilan ukuran memperluas permukaan bahan.
- (2) Luas permukaan yang tinggi juga menyebabkan air lebih mudah berdifusi atau menguap.
- (3) Ukuran yang kecil menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas menuju pusat bahan pangan yang dikeringkan.

b. Perbedaan suhu sekitar

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. Dapat disimpulkan bahwa udara bersuhu tinggi lebih cepat menguapkan air dari bahan pangan sehingga proses pengeringan lebih cepat.

c. Kecepatan aliran udara

Udara yang bergerak atau bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingkan udara diam. Semakin cepat pergerakan atau sirkulasi udara, proses pengeringan akan semakin cepat.

d. Kelembaban udara

Kelembaban udara menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkan dapat menyerap air dari udara di sekitarnya. Jika udara disekitar bahan pengering 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.

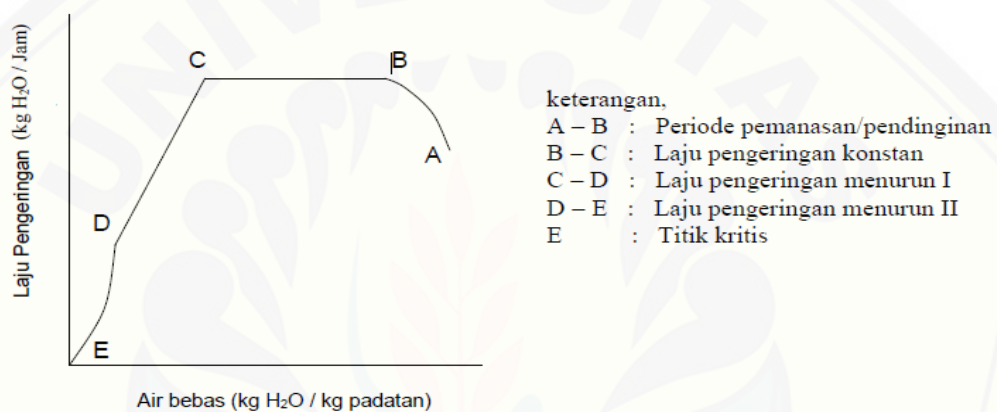
e. Lama pengeringan

Lama pengeringan menentukan lama kontak bahan dengan panas. Karena sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas maka waktu pengeringan yang digunakan harus maksimum, yaitu kadar air bahan akhir yang diinginkan telah tercapai dengan lama pengeringan yang pendek. Pengeringan dengan suhu yang

tinggi dan waktu yang pendek dapat lebih menekan kerusakan bahan pangan dibandingkan dengan waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu lebih rendah.

2.2.2 Laju Pengeringan

Laju pengeringan didefinisikan sebagai hilangnya massa air suatu bahan pangan per unit waktu per unit luasan. Data laju pengeringan ditampilkan dalam bentuk kurva pengeringan (*drying curves*) yang merupakan hubungan antara laju pengeringan dan kadar air basis kering. Gambar 2.2 berikut adalah kurva laju pengeringan.



Gambar 2.2 Kurva karakteristik pengeringan (Sumber: Taib *et al.*, 1988)

Profil laju pengeringan selama pengeringan berlangsung ditentukan dengan Persamaan berikut.

$$\frac{dM}{dt} = \frac{Mt_1 - Mt_2}{\Delta t} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

Mt 1 = Kadar air bahan saat waktu ke-1

Mt 2 = Kadar air bahan saat waktu ke-2

Δt = Selisih t1 dan t2 (menit) (Brooker *et al.*, 1992)

2.3 Pengeringan Microwave

Pengeringan *microwave* merupakan salah satu alternatif pengeringan pengganti matahari. *Microwave* menggunakan radiasi gelombang mikro untuk

memanaskan bahannya. Keunggulan penggunaan *microwave* yaitu pemanasan dapat lebih cepat dengan mutu yang lebih baik serta pengawasan yang lebih mudah (Rahma, 2012). Gelombang mikro terletak diantara gelombang radio dan radiasi inframerah. Penggunaan frekuensi gelombang mikro untuk aplikasi pangan umumnya menggunakan frekuensi 2450 dan 915 MHz (Muchtadi dan Sugiono, 2013).

Cara kerja dari pengering *microwave* dalam memanaskan sebuah bahan yaitu yang pertama arus bolak balik maupun searah dengan beda potensial rendah maupun tinggi diubah dalam bentuk searah. Dengan adanya arus searah ini megatron dapat menghasilkan gelombang mikro dengan frekuensi 2,45 GHz dan diarahkan oleh sebuah antena. Kedua, *waveguide* meneruskan gelombang mikro ke *stirrer* dan disebarkan ke dalam ruang oven. Gelombang mikro ini kemudian dipantulkan oleh dinding dalam oven dan diserap oleh molekul – molekul makanan (Muchtadi dan Sugiyono, 2013).

Menurut Soesanto (2007), penggunaan energi gelombang mikro pada *microwave* termasuk mekanisme perpindahan panas secara radiasi. Radiasi merupakan perpindahan panas dari suatu benda ke benda lainnya, tanpa adanya kontak fisik, melalui gerakan gelombang. Menurut Taylor (2005), mekanisme dasar dari pemanasan gelombang mikro disebabkan adanya agitasi molekul-molekul polar atau ion-ion yang bergerak (*oscillate*) karena adanya gerakan medan magnetik atau elektrik. Adanya gerakan medan magnetik dan elektrik menyebabkan partikel-partikel mencoba untuk berorientasi atau mensejajarkan dengan medan tersebut. Pergerakan partikel-partikel tersebut dibatasi oleh gaya pembatas (interaksi partikel dan ketahanan dielektrik). Hal ini menyebabkan gerakan partikel tertahan dan membangkitkan gerakan acak sehingga menghasilkan panas. Radiasi gelombang mikro berbeda dengan metode pemanasan konvensional. Radiasi gelombang mikro memberikan pemanasan yang merata. Pada pemanasan konvensional dinding oil bath dipanaskan terlebih dahulu, kemudian bahannya. Akibat distribusi panas seperti ini selalu terjadi perbedaan suhu antara dinding dan bahan yang dipanaskan (Taylor, 2005). Gambar 2.3 berikut adalah gambar mikrowave.



Gambar 2.3 Microwave

2.4 Karakteristik Warna Proses Pengeringan

Warna merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap minat orang dalam memilih makanan. Warna digunakan untuk mengetahui perubahan yang terjadi secara fisik maupun kimia pada suatu produk pertanian (de Man, 1999). Pengukuran warna secara objektif penting dilakukan pada produk pangan, karena merupakan daya tarik utama bagi konsumen untuk mengenal dan menyukai sifat-sifatnya.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengukur warna adalah colourreader. Prinsip kerja color reader adalah sistem pemaparan warna dengan menggunakan sistem CIE dengan tiga reseptor warna yaitu L, a, b Hunter. Lambang L menunjukkan tingkat kecerahan berdasarkan warna putih, lambang a menunjukkan kemerahan atau kehijauan, dan lambang b menunjukkan kekuningan atau kebiruan. Cara kerja alat ini adalah ditempelkan pada sampel, yang akan diuji intensitas warnanya, kemudian tombol pengujian ditekan sampai berbunyi atau lampu menyala dan akan memunculkannya dalam bentuk angka dan kemudian diukur pada grafik untuk mengetahui spesifikasi warna (Ditha, dkk. 2016). L (*Lightness*) menunjukkan tingkat terangnya suatu warna dimana 0 menunjukkan warna hitam dan 100 menunjukkan warna putih. Huruf a merupakan pengukuran warna kromatik campuran yang menunjukkan warna hijau dan merah, dimana a+ adalah merah dan a- adalah hijau, sedangkan b merupakan pengukuran warna kromatik campuran kuning biru yang menunjukkan warna biru dan kuning dimana b+ adalah kuning dan b- adalah biru (Hutching, 1999).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses pengeringan terhadap warna suatu bahan. Menurut Septia (2014) dalam

penelitiannya menyatakan bahwa, proses pengeringan dapat mempengaruhi kecerahan suatu bahan. Penelitian tersebut menganalisa perubahan warna yang terjadi dengan mengukur variabel L,a, dan b dalam bahan. Selain itu penelitian Su'aidah (2014) menyatakan bahwa proses pengeringan daun jeruk purut menggunakan oven dan *microwave* mengakibatkan terjadinya perubahan warna pada daun jeruk purut begitu pula dengan penelitian Arien (2016) yang menyatakan pengeringan daun salam menggunakan oven dan *microwave* menyebabkan perubahan warna daun dari sebelum dan sesudah dikeringkan.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2018 hingga Desember 2018 di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu oven (*Memmert* tipe UNB 400), *microwave* (Panasonic tipe NN-GT547W), neraca digital (Sony tipe DSC-W630), *Microsoft excel*, desikator, *stopwatch*, unit pengecil ukuran, label penanda dan cawan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu daun kelor segar yang diperoleh dari beberapa daerah yang ada di Jember.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

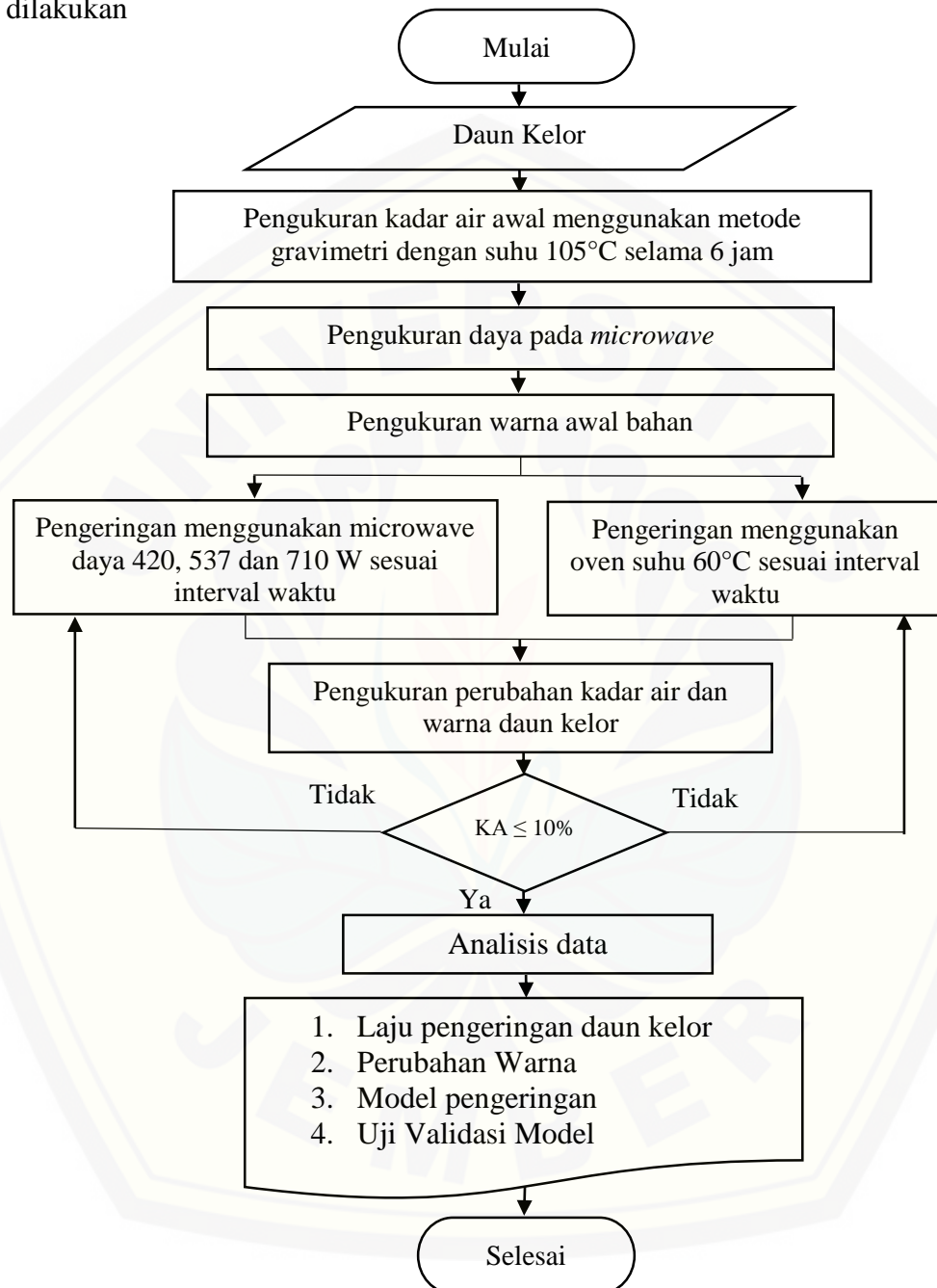
Metode penelitian ini yaitu metode eksperimen yang bertujuan untuk menginvestigasi karakteristik pengeringan daun kelor menggunakan gelombang mikro. Variabel yang diamati meliputi perubahan massa dan warna daun kelor selama pengeringan. Penelitian dilakukan sebanyak 2 kali ulangan pada masing – masing perlakuan percobaan. Variabel penelitian secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Eksperimen

No	Variabel Perlakuan	Perlakuan	Kode	Variabel Pengukuran
1.	Daya (W)	420	M-420	a. Laju pengeringan
		537	M-537	b. Laju Perubahan atribut warna (L, a, dan b)
		710	M-710	
2.	Suhu (°C)	60	0-60	

3.4 Prosedur Penelitian

Gambar 3.1 adalah tahapan penelitian pengeringan daun kelor yang dilakukan



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Pengukuran Kadar Air Awal

Pengukuran kadar air awal dilakukan dengan menggunakan metode thermogravimetri (Sutaryo *et al.*, 2007) yaitu dengan menyediakan cawan kosong

kemudian beri kode sesuai kode sampel dan panaskan dalam oven dengan suhu 100 – 150°C selama 1 jam. Masukkan cawan dan eksikator dan timbang (a) gram. Timbang daun kelor ± 5 gram, berat bahan dan cawan dianggap sebagai (b) gram. Bahan dan cawan dimasukkan ke dalam oven dan dikeringkan pada suhu 100 – 150°C selama 24 jam. Masukkan cawan dan bahan dari oven kedalam eksikator hingga suhunya konstan. Sampel bahan dan cawan yang telah dikeringkan ditimbang dan dicatat sebagai (c) gram. Nilai kadar air awal bahan basis basah (%wb) dihitung dengan rumus:

$$m(\%wb) = \frac{(b-a)-(c-a)}{(b-a)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

3.4.2 Pengukuran Daya pada *Microwave*

Pengeringan gelombang mikro menggunakan daya pada berbagai level pengeringan merupakan konversi dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Magriby (2016). Daya yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 420, 537 dan 710 W. Namun daya yang ada pada microwave yaitu terdiri dari high, medium high, medium, medium low, defrost, dan low sehingga diperlukan konversi. Menentukan daya yang digunakan pada pengeringan *microwave* dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu aquades dengan suhu awal 20 – 22 °C dimasukkan ke dalam 2 gelas kaca masing – masing sebanyak 1 liter. Tahap selanjutnya gelas berisi aquades dimasukkan ke dalam *microwave* sesuai dengan level daya yang ada yaitu higt, medium higt, medium, medium low, defrost, dan low. Gelas berisi aquades diletakkan ditengah – tengah microwave dan dinding kedua gelas saling bersentuhan, setelah itu aquades dipanaskan dalam microwave selama 2 menit. Setelah proses pemanasan selesai, suhu masing – masing gelas diukur. Maka diketahui suhu awal dan suhu akhir masing – masing gelas kemudian dilakukan perhitungan dengan Persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$MWabs = \frac{(4,187.m.Cp.\Delta T)}{\Delta t} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

- MWabs = Daya yang diserap bahan (W)
- m = Massa bahan (g)
- Cp = Panas spesifik bahan (KJ/kg°C)

ΔT = Selisih Suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Δt = Selisih waktu pemanasan (detik) (Buffer, 1993:125)

3.4.3 Pengukuran Warna Awal Bahan

Pengukuran warna awal dilakukan menggunakan *color reader*. *Color reader* ditembakkan pada bahan segar di titik yang berbeda.

3.4.4 Pengeringan Menggunakan *Microwave*

Daya yang digunakan dalam pengeringan menggunakan *microwave* yaitu 420,537 dan 710. Pada daya 420 waktu pengeringan yang digunakan yaitu 6 menit. Pada daya 537 waktu pengeringan yang digunakan yaitu 6 menit. Pada daya 710 waktu pengeringan yang digunakan yaitu 5 menit.

3.4.5 Pengeringan Menggunakan Oven

Suhu yang digunakan dalam pengeringan menggunakan oven yaitu 60°C . Waktu pengeringan yang digunakan yaitu 300 menit.

3.4.6 Pengukuran Perubahan Kadar Air dan Warna Daun Kelor

Pengukuran perubahan kadar air bahan selama pengeringan dilakukan dengan dua metode yaitu pengeringan dengan menggunakan gelombang mikro dan pengeringan menggunakan oven sebagai pembandingnya. Pengukuran perubahan kadar air dilakukan tiap interval waktu yaitu setiap 1 menit sedangkan pada oven setiap 30 menit. Pengukuran warna daun kelor diukur setiap interval waktu seperti pada pengukuran massa. Pengukuran warna dapat dilakukan dengan beberapa tahap yaitu: 1) produk daun kelor kering hasil pengeringan gelombang mikro dihancurkan menggunakan unit pengecil ukuran, 2) *color reader* ditembakkan pada kertas putih lalu ditembakkan pada produk daun kelor kering pada lima titik yang berbeda dan diketahui ΔL , Δa , dan Δb . Nilai L , a dan b diperoleh dengan perhitungan menggunakan Persamaan sebagai berikut:

$$\Delta L = L - L_t \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\Delta a = a - a_t \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\Delta b = b - b_t \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan L , a dan b merupakan nilai bahan yang diukur dan L_t , a_t , b_t adalah nilai dari target warna, dihitung nilai total perubahan warna (ΔE) menggunakan Persamaan berikut:

$$\Delta E = [(L - L_c)^2 + (a - a_c)^2 + (b - b_c)^2]^{1/2} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

L = parameter warna antara putih (+100) sampai dengan hitam (-100)

a = parameter warna antara merah (+100) sampai dengan hijau (-100)

b = parameter warna antara kuning (+100) sampai dengan biru (-100)

L_c, a_c, b_c = nilai L, a dan b pada saat $t = 0$ menit

3.4.7 Analisis Data

Data – data yang diperoleh pada penelitian ini akan dianalisis menggunakan Software Microsoft Excel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Analisis yang dilakukan meliputi analisis laju pengeringan dan pemodelan.

a. Laju Pengeringan

Analisis laju pengeringan dilakukan untuk mengetahui jumlah pengupuan air atau penurunan air dalam bahan tiap interval waktu. Laju pengeringan ini dapat dihitung dengan Persamaan 2.1. Setelah diketahui nilai laju pengeringan tersebut dapat diplot sehingga dapat berbentuk grafik.

b. Pemodelan

Menurut Broker *et al* (1992) pengukuran perubahan kadar air bahan selama proses pengeringan dapat dihitung menggunakan persamaan *Page*:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-K \cdot t^n) \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan: MR = Rasio kadar air

M_r = Kadar air pada saat t

M_e = Kadar air kesetimbangan

M_0 = Kadar air awal

Koefisien K dan n untuk Persamaan di atas diperoleh dari hasil regresi linier antara $\ln(-\ln(MR))$ dan $\ln t$, sebagai berikut:

$$\ln(-\ln(MR)) = \ln k + n \ln t \dots\dots\dots (3.7)$$

Persamaan diatas dapat diuraikan menjadi suatu Persamaan regresi yaitu:

$$y = a + bx \dots\dots\dots (3.8)$$

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

$a = \ln k$

$$\begin{aligned} b &= n \\ x &= \ln t \end{aligned}$$

Sedangkan untuk perbandingan, digunakan Persamaan eksponensial (*Newton*), dengan persamaan:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-k.t) \dots \dots \dots (3.9)$$

Koefisien pengeringan k diperoleh dari hasil linierisasi sebagai berikut:

$$(-\ln(MR)) = kt \dots \dots \dots (3.10)$$

Persamaan diatas dapat diuraikan menjadi suatu persamaan regresi sebagai berikut:

$$y = ax \dots \dots \dots (3.11)$$

Keterangan: $y = -\ln(MR)$
 $a = k$
 $b = t$

c. Uji Validasi

Uji validasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara data yang diperoleh dan data estimasi hasil perhitungan. Uji validasi suatu model dilakukan dengan menghitung nilai *Coefficient of Determination* (R^2), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Mean Relative Percent Error* (P) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (M Rest_i - M Robs_i)^2}{\sum_{i=1}^N (M Robs_i - M Robs)^2} \dots \dots \dots (3.12)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M Rest_i - M Robs_i)^2 \right]^{1/2} \dots \dots \dots (3.13)$$

$$P = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|M Rest_i - M Robs_i|}{M Robs_i} \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan:

R^2 = Nilai kesesuaian kurva yang dibentuk oleh data pengukuran

RMSE = Nilai deviasi antara hasil hitung terhadap data pengukuran

P = Besarnya prosentase kesalahan nilai perhitungan model pengeringan dengan nilai data pengukuran

$MR_{est,i}$, $MR_{obs,I}$ = Nilai MR hasil estimasi dan observasi dan observasi
pada saat ke- i

N = Jumlah titik pengamatan

I = subscript = 1, 2,, N

Persamaan yang memiliki nilai R^2 tinggi dan *Root Mean Square Error* (RMSE) terkecil berarti tingkat kesalahannya semakin kecil pula (Taruna dan Sutanto, 2013).



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Metode pengeringan gelombang mikro dapat menurunkan kadar air daun kelor dari rentang 274,96% bk – 326,87% bk menjadi 0,731% bk – 6,11% bk. Laju penurunan kadar air tercepat terjadi pada daya 710 W yaitu sebesar 199,02% bk
2. Model pengeringan lapis tipis yang paling tepat digunakan pada pengeringan gelombang mikro daun kelor yaitu model *Page*. Nilai R^2 yang dihasilkan yaitu berkisar antara 0,970 – 0,999 dan nilai RMSE sebesar 0,010 – 0,093 dengan tingkat kesalahan sebesar 5,40% - 22,50%.
3. Pengeringan gelombang mikro dengan daya 710 menghasilkan total perubahan warna lebih kecil yaitu sebesar 5,45 dibandingkan pengeringan gelombang mikro dengan daya 420 W, 537 W dan pengeringan menggunakan oven.

5.2 Saran

Perlu adanya pengurangan interval waktu pengeringan daun kelor mengingat proses pengeringan menggunakan *microwave* terjadi cukup cepat sehingga semakin singkat interval waktu yang digunakan data yang diperoleh akan semakin baik untuk menggambarkan karakteristik perubahan massa dan warna daun kelor.

DAFTAR PUSTAKA

- Arieian, M. C. P. 2016. *Karakteristik Perubahan Massa dan Warna Daun Salam (Syzygium polyanthum) Selama Pengeringan Menggunakan Gelombang Mikro*. Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Brooker, D. B., A.F, Barker., dan C.W, Hall. 1992. *Drying and Storage of Grain and Oilseeds*. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- Buckle, K.A., 1987. *Ilmu Pangan*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- De Man. J. M. 1999. *Principles of Food Chemistry Third edition*. Gaithersburg: An Aspen Publication.
- Ditha Novi A, Lilik E.R dan Purwadi. 2016. Penambahan *Carboxymethyle Cellulose (CMC)* pada Minuman Madu Sari Apel Ditinjau Dari Rasa, Roma, Warna, pH, Viskositas, dan Kekeruhan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak 11(1) : 59-68*.
- Fuglie, J.W. 2005. *Moringa oleifera: a Review of Medical Evidence for it's Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties*.(online) (www.tlfjournal.com). Diakses tanggal 12 Agustus 2018.
- Fuglie, L.J. 2001. *The Miracle of Tree (The Attribute of Moringa)*. Senegal: CWS Dakar.
- Hariana A. 2008. *Tumbuhan Obat dan Khasiatnya Seri 2*. Depok : Penebar Swadaya.
- Henderson, S.M and R.L. Perry. 1976. *Agricultural Process Engineering*. 3rd ed. The AVI Publ. Co., Inc, Westport, Connecticut, USA.
- Hutching, J.B. 1999. *Food Color and Appearance*. Maryland : Aspen publisher Inc.
- Kurniasih. 2013. *Khasiat dan Manfaat Daun Kelor*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Lidiasari, E., M.I Syafuri., dan F. Syaiful. 2006. Pengaruh Suhu Pengeringan Tepung Tapi Ubi Kayu Terhadap Mutu Fisik dan Kimia yang Dihasilkan. *Skripsi*. Sumatra Selatan: Teknologi Pertanian, Universitas Sriwijaya.
- Muarif, 2013. *Rancang Bangun Alat Pengering*. www.digilibspolsri.ac.id [20 Mei 2017]
- Muchtadi, T. R, dan Sugiyono. 2013. *Prinsip dan Proses Teknologi Pangan*. Bogor: Alfabeta, CV.

- Rahma, R. A. 2012. *Microwave*. <http://rizkaauliarahma.wordpress.com/2012/01/05/icrowave/>. [20 Mei 2017].
- Septia, E. N. 2014. Proses Perpindahan Massa dan Warna Ampas Tahu Selama Pengeringan Menggunakan Oven Microwave. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
- Soesanto, H. 2007. Pembuatan Isoeugenol dari Eugenol Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. [Skripsi]. Bogor: Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fateta. IPB.
- Su'aidah, F. 2014. Studi Karakteristik Pengeringan Daun Jeruk Purut (Citrus Hystrix Dx) di Bawah Paparan Gelombang Mikro. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
- Sutaryo, Nurwantoro, dan A.M Legowo. 2007. *Academic Curriculum Development Buku Ajar Analisis Pangan*. Semarang. Program Studi Teknologi Hasil Ternak Universitas Diponegoro.
- Taib, G., G. Said., dan S. Wiraatmaja. 1988. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Taylor, M. 2005. *Developments in Microwave Chemistry*. Evalueserve. All Right Reserved.
- Taruna, I dan E.H Sutanto. 2013. Kinetika Pengeringan Lapisan Tipis Umbi Iles – Iles Menggunakan Metode Pengeringan Konveksi. *Skripsi*. Jember: Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Tilong, A. D. 2012. *Ternyata, Kelor Penakluk Diabetes*. Jogjakarta: DIVA Press.

Lampiran 1. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Air Bahan Selama Pengeringan

1. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Daun Kelor pada Pengeringan Gelombang mikro daya 420

t (menit)	Berat rata-rata	Rata-rata m (%bb)	Rata-rata M (%bk)	dM	dt (jam)	dM / dt (%bk/menit)
0	20.002	72.81	274.96	0.0	0	0.00
1	15.954	65.83	199.70	75.3	1	75.26
2	11.746	53.53	120.88	78.8	1	78.83
3	9.046	39.85	69.64	51.2	1	51.24
4	7.254	25.26	35.45	34.2	1	34.19
5	6.278	13.76	16.85	18.6	1	18.60
6	5.825	7.06	7.95	8.9	1	8.90
7	5.696	4.87	5.28	2.7	1	2.67

2. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Daun Kelor pada Pengeringan Gelombang mikro daya 537

t (menit)	Berat rata- rata	Rata- rata m (%bb)	Rata-rata M (%bk)	dM	dt (jam)	dM / dt (%bk/menit)
0	20.000	74.65	300.78	0.00	0	0.00
1	13.400	62.30	167.06	133.72	1	133.72
2	9.000	43.77	77.91	89.15	1	89.15
3	6.530	22.06	28.39	49.52	1	49.52
4	5.680	10.41	11.68	16.71	1	16.71
5	5.460	6.82	7.38	4.31	1	4.31
6	5.395	5.71	6.11	1.26	1	1.26

3. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Daun Kelor pada Pengeringan Gelombang mikro daya 710

t (menit)	Berat rata-rata	Rata-rata m (%bb)	Rata-rata M (%bk)	dM	dt (jam)	dM / dt (%bk/menit)
0	20.000	76.46	324.80	0.00	0	0.00
1	10.630	55.66	125.78	199.02	1	199.02
2	6.350	25.76	34.87	90.91	1	90.91
3	5.250	10.32	11.51	23.36	1	23.36
4	5.055	6.85	7.37	4.14	1	4.14
5	5.010	6.02	6.41	0.96	1	0.96
6	4.960	5.06	5.35	1.06	1	1.06

4. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Daun Kelor pada Pengeringan Oven Suhu 60°C

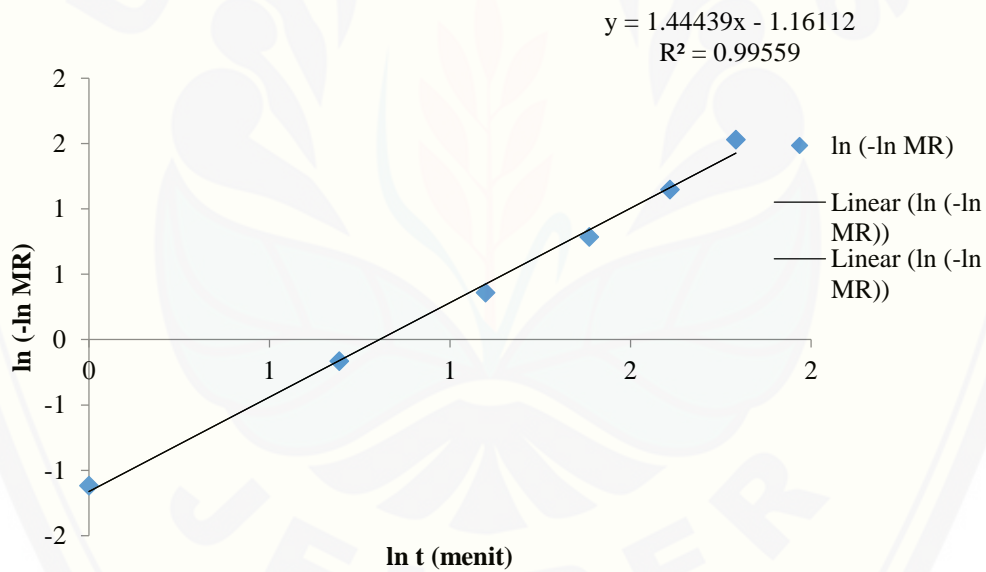
t (menit)	Berat rata-rata	Rata-rata m (%bb)	Rata-rata M (%bk)	dM	dt (jam)	dM / dt (%bk/menit)
0	20.000	76.57	326.87	0.00	0	0.00
15	18.706	74.95	299.24	27.63	15	1.84
30	17.559	73.32	274.76	24.48	15	1.63
60	15.373	69.52	228.12	37.64	30	1.25
90	13.610	65.57	190.48	37.64	30	1.25
120	11.359	58.66	142.44	48.03	30	1.60
150	9.138	48.38	95.04	37.37	30	1.25
180	7.387	35.57	57.67	37.37	30	1.25
210	5.832	19.07	24.48	33.19	30	1.11
240	5.005	6.20	6.81	17.66	30	0.59
270	4.739	1.13	1.15	5.67	30	0.19
300	4.720	0.73	0.73	0.42	30	0.01

Lampiran 2. Data dan Ploting Persamaan Page dan Newton

1. Persamaan Page

1.1 Pengeringan Gelombang Mikro Menggunakan Daya 420

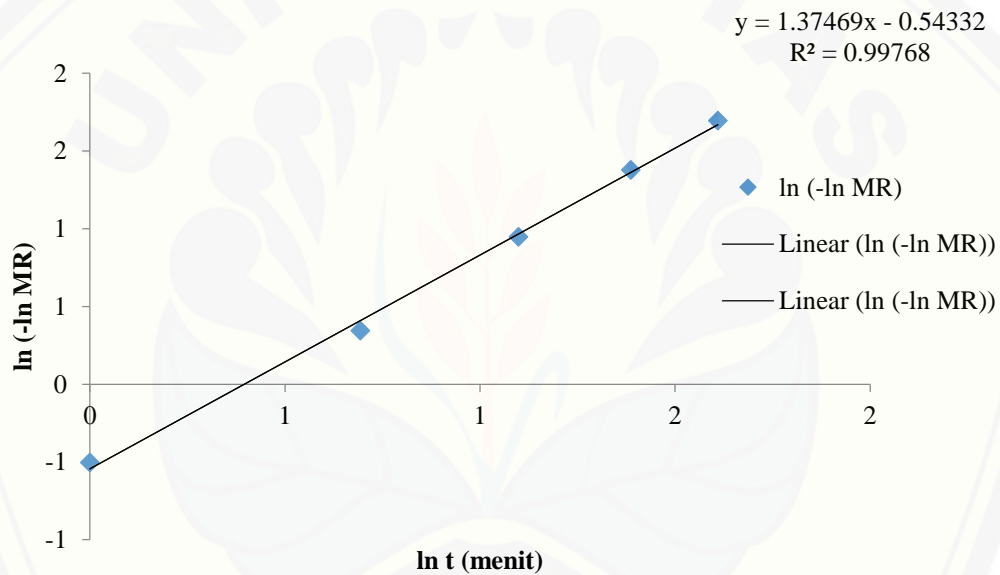
t (menit)	ln t	M0	Me	Mt	MR	ln (MR)	ln (-ln MR)
0	0	274.958	5.277	274.958	1.000	0.000	0.000
1	0.000	274.958	5.277	199.703	0.721	-0.327	-1.117
2	0.693	274.958	5.277	120.878	0.429	-0.847	-0.166
3	1.099	274.958	5.277	69.642	0.239	-1.433	0.360
4	1.386	274.958	5.277	35.448	0.112	-2.190	0.784
5	1.609	274.958	5.277	16.851	0.043	-3.148	1.147
6	1.792	274.958	5.277	7.952	0.010	-4.613	1.529
7	1.946	274.958	5.277	5.277	0.000	#NUM!	#NUM!



ln k	k	N	R2
-1.161	0.31314	1.444	0.996

1.2 Pengeringan Gelombang Mikro Menggunakan Daya 537

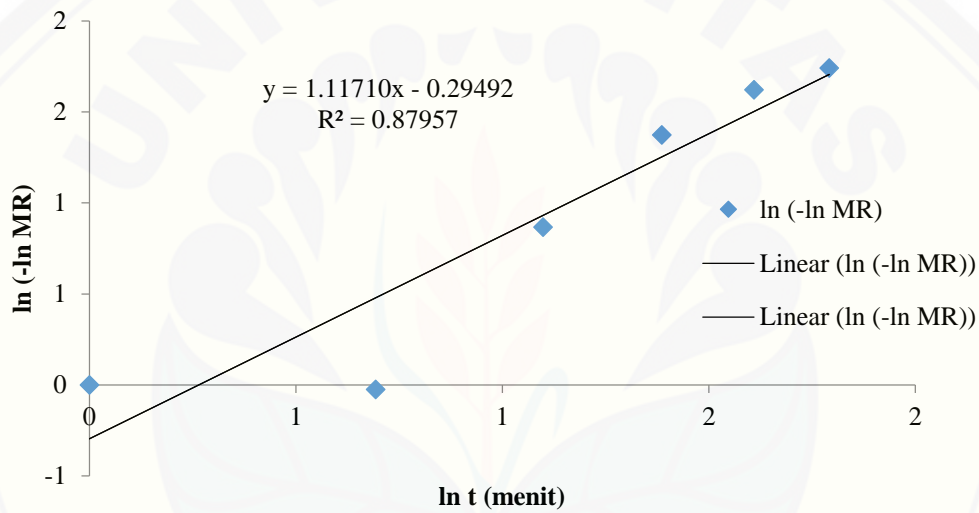
t (menit)	ln t	M0	Me	Mt	MR	ln (MR)	ln (-ln MR)
0	0	300.781	6.112	300.781	1.000	0.000	0.000
1	0.000	300.781	6.112	167.065	0.546	-0.605	-0.503
2	0.693	300.781	6.112	77.912	0.244	-1.412	0.345
3	1.099	300.781	6.112	28.391	0.076	-2.582	0.949
4	1.386	300.781	6.112	11.684	0.019	-3.968	1.378
5	1.609	300.781	6.112	7.376	0.004	-5.451	1.696
6	1.792	300.781	6.112	6.112	0.000	#NUM!	#NUM!



ln k	k	N	R2
-0.543	0.58082	1.375	0.998

1.3 Pengeringan Gelombang Mikro Menggunakan Daya 710

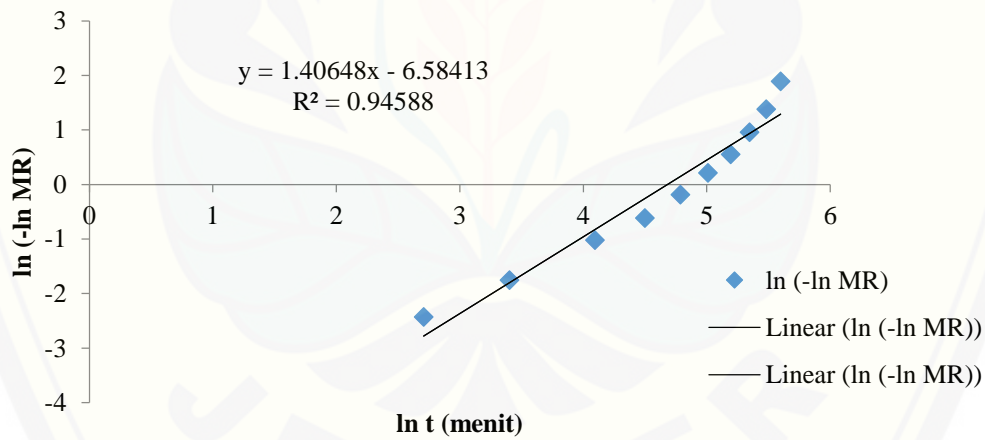
t (menit)	ln t	M0	Me	Mt	MR	ln (MR)	ln (-ln MR)
1	0	324.797	5.350	324.797	1.000	0.000	0.000
2	0.693	324.797	5.350	125.779	0.377	-0.976	-0.025
3	1.099	324.797	5.350	34.873	0.092	-2.381	0.868
4	1.386	324.797	5.350	11.509	0.019	-3.949	1.373
5	1.609	324.797	5.350	7.367	0.006	-5.065	1.622
6	1.792	324.797	5.350	6.412	0.003	-5.706	1.742



ln k	k	N	R2
-0.295	0.74459	1.117	0.880

1.4 Pengeringan Menggunakan Oven Suhu 60°C

t (menit)	ln t	M0	Me	Mt	MR	ln (MR)	ln (-ln MR)
0	0	326.872	0.731	326.872	1.000	0.000	0.000
15	2.708	326.872	0.731	299.243	0.915	-0.089	-2.425
30	3.401	326.872	0.731	274.762	0.840	-0.174	-1.748
60	4.094	326.872	0.731	228.116	0.697	-0.361	-1.020
90	4.500	326.872	0.731	190.476	0.582	-0.542	-0.613
120	4.787	326.872	0.731	142.442	0.435	-0.834	-0.182
150	5.011	326.872	0.731	95.038	0.289	-1.241	0.216
180	5.193	326.872	0.731	57.665	0.175	-1.745	0.557
210	5.347	326.872	0.731	24.476	0.073	-2.620	0.963
240	5.481	326.872	0.731	6.814	0.019	-3.982	1.382
270	5.598	326.872	0.731	1.147	0.001	-6.664	1.897
300	5.704	326.872	0.731	0.731	0.000	#NUM!	#NUM!

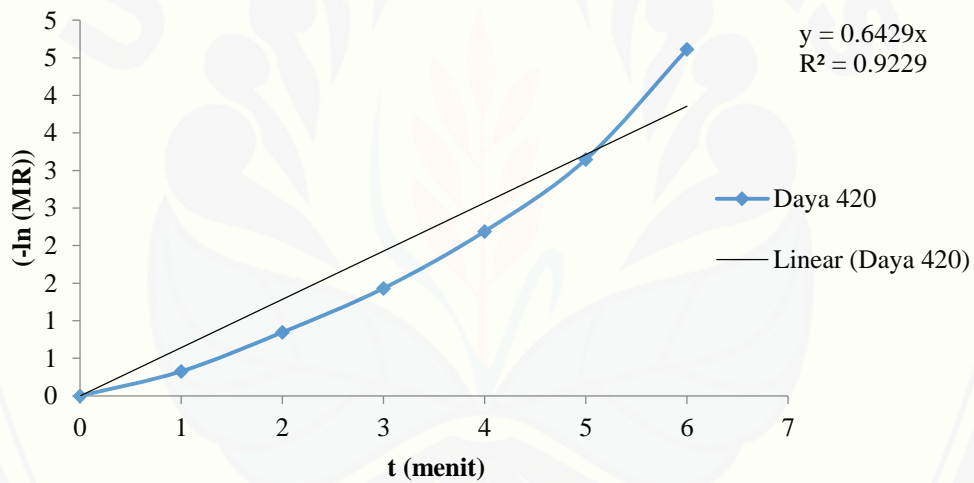


ln k	k	N	R2
-6.584	0.00138	1.406	0.946

2. Persamaan *Newton*

2.1 Pengeringan Gelombang Mikro Menggunakan Daya 420

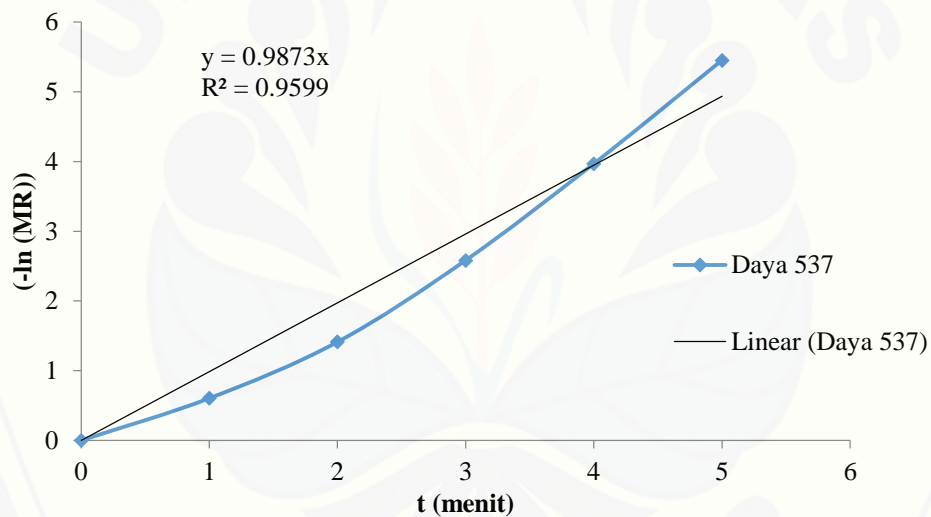
t (menit)	Mo	Me	Mt	MR	(-Ln(MR))
0	274.9582	5.277	274.95822	1.000	0.000
1	274.9582	5.277	199.703	0.721	0.327
2	274.9582	5.277	120.878	0.429	0.847
3	274.9582	5.277	69.642	0.239	1.433
4	274.9582	5.277	35.448	0.112	2.190
5	274.9582	5.277	16.851	0.043	3.148
6	274.9582	5.277	7.952	0.010	4.613
7	274.9582	5.277	5.277	0.000	#NUM!



k	R2
0.6429	0.9229

2.2 Pengeringan Gelombang Mikro Menggunakan Daya 537

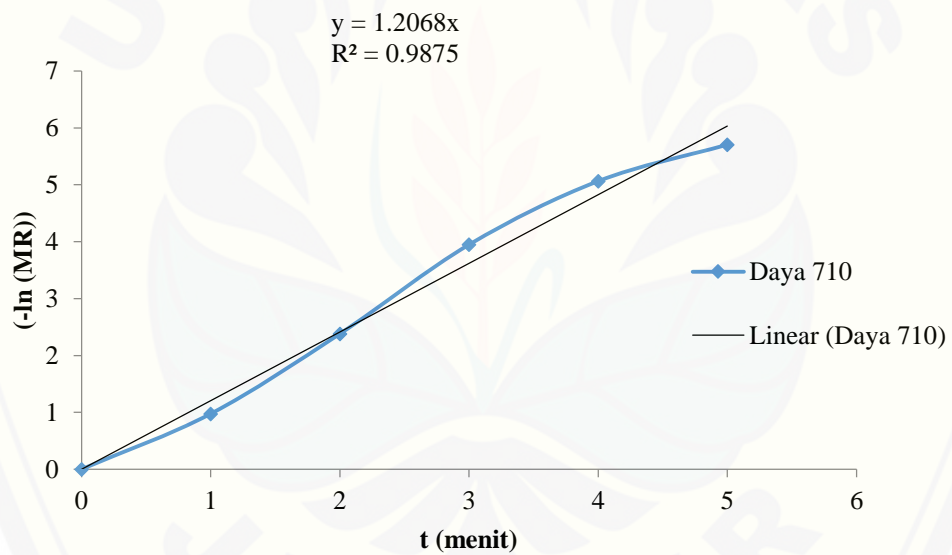
t (menit)	Mo	Me	Mt	MR	(-Ln(MR))
0	300.781	6.112	300.781	1.000	0.000
1	300.781	6.112	167.065	0.546	0.605
2	300.781	6.112	77.912	0.244	1.412
3	300.781	6.112	28.391	0.076	2.582
4	300.781	6.112	11.684	0.019	3.968
5	300.781	6.112	7.376	0.004	5.451
6	300.781	6.112	6.112	0.000	#NUM!



k	R2
0.9873	0.9599

2.3 Pengeringan Gelombang Mikro Menggunakan Daya 710

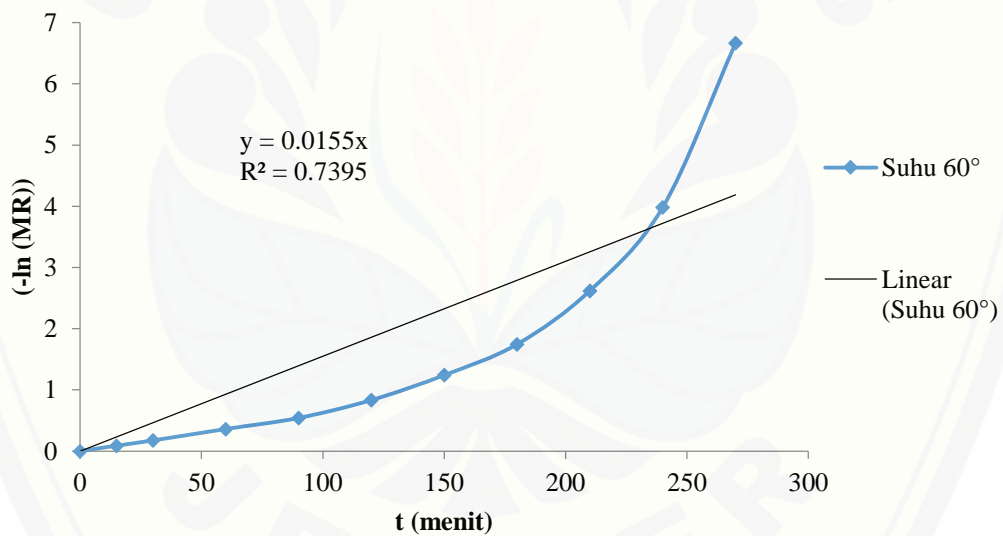
t (menit)	Mo	Me	Mt	MR	(-Ln(MR))
0	324.797	5.350	324.797	1.000	0.000
1	324.797	5.350	125.779	0.377	0.976
2	324.797	5.350	34.873	0.092	2.381
3	324.797	5.350	11.509	0.019	3.949
4	324.797	5.350	7.367	0.006	5.065
5	324.797	5.350	6.412	0.003	5.706
6	0.000	0.000	0.000	0.000	#NUM!



k	R2
1.2068	0.9875

2.4 Pengeringan Menggunakan Oven Suhu 60°C

t (menit)	Mo	Me	Mt	MR	(-Ln(MR))
0	326.872	0.731	326.872	1.000	0.000
15	326.872	0.731	299.243	0.915	0.089
30	326.872	0.731	274.762	0.840	0.174
60	326.872	0.731	228.116	0.697	0.361
90	326.872	0.731	190.476	0.582	0.542
120	326.872	0.731	142.442	0.435	0.834
150	326.872	0.731	95.038	0.289	1.241
180	326.872	0.731	57.665	0.175	1.745
210	326.872	0.731	24.476	0.073	2.620
240	326.872	0.731	6.814	0.019	3.982
270	326.872	0.731	1.147	0.001	6.664
300	326.872	0.731	0.731	0.000	#NUM!



k	R2
0.0155	0.7395

Lampiran 3. Uji Validasi Model

1. Model Persamaan Page

1.1 Pengeringan Gelombang Mikro Daya 420

t (menit)	MR obs	MR est	\bar{Y}	R ²			RMSE	P (%)	
	(y _i)	\hat{y}		(MRest-MRobs) ²	(MRobs-MRovg) ²	MRest-MRobs /MRobs			
	y	yest					(yest-y) ²	(yest-y)/y	
0	1.00000	1.00000	0.31912	0.00000	0.46359	0.00000	0.99911	0.01034	10.619
1	0.72095	0.73115	0.31912	0.00010	0.16146	0.01415			
2	0.42866	0.42648	0.31912	0.00000	0.01200	0.00508			
3	0.23867	0.21639	0.31912	0.00050	0.00647	0.09335			
4	0.11188	0.09835	0.31912	0.00018	0.04295	0.12090			
5	0.04292	0.04071	0.31912	0.00000	0.07629	0.05141			
6	0.00992	0.01552	0.31912	0.00003	0.09561	0.56459			
7	0.00000	0.00549	0.31912	0.00003	0.10184	#DIV/0!			

1.2 Pengeringan Gelombang Mikro Daya 537

t (menit)	MR data	MR est	\bar{Y}	R ²			RMSE	P (%)	
	(y _i)	\hat{y}		(MRest-MRobs) ²	(MRobs-MRovg) ²	MRest-MRobs /MRobs			
	y	yest					(yest-y) ²	(yest-y)/y	
0	1.00000	1.00000	0.26981	0.00000	0.53317	0.00000	0.99922	0.00978	5.414
1	0.54622	0.55944	0.26981	0.00017	0.07640	0.02421			
2	0.24367	0.22177	0.26981	0.00048	0.00068	0.08987			
3	0.07561	0.07209	0.26981	0.00001	0.03772	0.04654			
4	0.01891	0.02013	0.26981	0.00000	0.06295	0.06436			
5	0.00429	0.00495	0.26981	0.00000	0.07050	0.15399			
6	0.00000	0.00109	0.26981	0.00000	0.07280	#DIV/0!			

1.3 Pengeringan Gelombang Mikro Daya 710

t (menit)	MR data	MR est	\bar{Y}	R ²			RMSE	P (%)	
	(y _i)	\hat{y}		(MRest-MRobs) ²	(MRobs-MRovg) ²	MRest-MRobs /MRobs			
	y	yest				R ²	(yest-y) ²	(yest-y)/y	
0	1.00000	1.00000	0.2140	0.00000	0.61772	0.00000	0.96976	0.05990	19.995
1	0.37699	0.47493	0.2140	0.00959	0.02655	0.25977			
2	0.09242	0.19887	0.2140	0.01133	0.01479	1.15182			
3	0.01928	0.07883	0.2140	0.00355	0.03793	3.08835			
4	0.00632	0.03010	0.2140	0.00057	0.04315	3.76490			
5	0.00332	0.01116	0.2140	0.00006	0.04440	2.35807			
6	0.00000	0.00404	0.2140	0.00002	0.04582	#DIV/0!			

1.4 Pengeringan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR data	MR est	\bar{Y}	R ²			RMSE	P (%)	
	(y _i)	\hat{y}		(MRest-MRobs) ²	(MRobs-MRovg) ²	MRest-MRobs /MRobs			
	y	yest				R ²	(yest-y) ²	(yest-y)/y	
0	1.00000	1.00000	0.41879	0.00000	0.33781	0.00000	0.97220	0.06035	22.476
15	0.91528	0.93957	0.41879	0.00059	0.24651	0.02654			
30	0.84022	0.84770	0.41879	0.00006	0.17761	0.00890			
60	0.69720	0.64532	0.41879	0.00269	0.07751	0.07441			
90	0.58179	0.46083	0.41879	0.01463	0.02657	0.20791			
120	0.43451	0.31314	0.41879	0.01473	0.00025	0.27933			
150	0.28916	0.20409	0.41879	0.00724	0.01680	0.29420			
180	0.17457	0.12826	0.41879	0.00214	0.05964	0.26530			
210	0.07281	0.07801	0.41879	0.00003	0.11970	0.07144			
240	0.01865	0.04605	0.41879	0.00075	0.16011	1.46908			
270	0.00128	0.02645	0.41879	0.00063	0.17432	19.72530			
300	0.00000	0.01480	0.41879	0.00022	0.17538	#DIV/0!			

2. Persamaan Newton

2.1 Pengeringan Gelombang Mikro Daya 420

t (menit)	MR data	MR est	\bar{Y}	R ²			R ²	RMSE	P
	(y _i)	\hat{y}		(MRest-MRobs) ²	(MRobs-MRovg) ²	MRest-MRobs /MRobs			
	y	yest					(yest-y) ²	(yest-y)/y	
0	1.00000	1.00000	0.31912	0.00000	0.46359	0.00000	0.92554	0.09454	31.592
1	0.72095	0.52577	0.31912	0.03810	0.16146	0.27073			
2	0.42866	0.27643	0.31912	0.02317	0.01200	0.35513			
3	0.23867	0.14534	0.31912	0.00871	0.00647	0.39106			
4	0.11188	0.07641	0.31912	0.00126	0.04295	0.31699			
5	0.04292	0.04018	0.31912	0.00001	0.07629	0.06391			
6	0.00992	0.02112	0.31912	0.00013	0.09561	1.12954			
7	0.00000	0.01111	0.31912	0.00012	0.10184	#DIV/0!			

2.2 Pengeringan Gelombang Mikro Daya 537

t (menit)	MR data	MR est	\bar{Y}	R ²			R ²	RMSE	P
	(y _i)	\hat{y}		(MRest-MRobs) ²	(MRobs-MRovg) ²	MRest-MRobs /MRobs			
	y	yest					(yest-y) ²	(yest-y)/y	
0	1.00000	1.00000	0.26981	0.00000	0.53317	0.00000	0.95115	0.07721	25.082
1	0.54622	0.37258	0.26981	0.03015	0.07640	0.31789			
2	0.24367	0.13882	0.26981	0.01099	0.00068	0.43030			
3	0.07561	0.05172	0.26981	0.00057	0.03772	0.31593			
4	0.01891	0.01927	0.26981	0.00000	0.06295	0.01893			
5	0.00429	0.00718	0.26981	0.00001	0.07050	0.67268			
6	0.00000	0.00268	0.26981	0.00001	0.07280	#DIV/0!			

2.3 Pengeringan Gelombang Mikro Daya 710

t (menit)	MR data	MR est	\bar{Y}	R ²			R ²	RMSE	P
	(y _i)	\hat{y}		(MRest-MRobs) ²	(MRobs-MRovg) ²	MRest-MRobs /MRobs			
	y	yest					(yest-y) ²	(yest-y)/y	
0	1.00000	1.00000	0.21405	0.00000	0.61772	0.00000	0.99262	0.02959	16.769
1	0.37699	0.29915	0.21405	0.00606	0.02655	0.20648			
2	0.09242	0.08949	0.21405	0.00001	0.01479	0.03168			
3	0.01928	0.02677	0.21405	0.00006	0.03793	0.38845			
4	0.00632	0.00801	0.21405	0.00000	0.04315	0.26794			
5	0.00332	0.00240	0.21405	0.00000	0.04440	0.27932			
6	0.00000	0.00072	0.21405	0.00000	0.04582	#DIV/0!			

2.4 Pengeringan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR data	MR est	\bar{Y}	R ²			R ²	RMSE	P
	(y _i)	\hat{y}		(MRest-MRobs) ²	(MRobs-MRovg) ²	MRest-MRobs /MRobs			
	y	yest					(yest-y) ²	(yest-y)/y	
0	1.00000	1.00000	0.41879	0.00000	0.33781	0.00000	0.75078	0.18070	34.298
15	0.91528	0.79255	0.41879	0.01506	0.24651	0.13409			
30	0.84022	0.62814	0.41879	0.04498	0.17761	0.25242			
60	0.69720	0.39455	0.41879	0.09159	0.07751	0.43408			
90	0.58179	0.24783	0.41879	0.11153	0.02657	0.57401			
120	0.43451	0.15567	0.41879	0.07775	0.00025	0.64173			
150	0.28916	0.09778	0.41879	0.03662	0.01680	0.66184			
180	0.17457	0.06142	0.41879	0.01280	0.05964	0.64815			
210	0.07281	0.03858	0.41879	0.00117	0.11970	0.47008			
240	0.01865	0.02423	0.41879	0.00003	0.16011	0.29932			
270	0.00128	0.01522	0.41879	0.00019	0.17432	10.92835			
300	0.00000	0.00956	0.41879	0.00009	0.17538	#DIV/0!			

Lampiran 4. Perubahan Warna

1. Data Perubahan Warna Daun Kelor Pengeringan Gelombang Mikro

Daya 420

1.1 Data Parameter L, a dan b Pengeringan Gelombang Mikro Daya 420

t (Menit)	L		Rata- Rata	a		Rata- Rata	b		Rata- Rata
	L1	L2		a1	a3		b1	b2	
0	48.88	40.66	44.77	-7.3	-1.6	-4.42	16.32	19.96	18.14
1	45.56	36.80	41.18	-6.0	-5.8	-5.92	12.96	20.78	16.87
2	44.46	31.56	38.01	-6.0	-1.7	-3.83	13.68	17.58	15.63
3	45.58	31.76	38.67	-4.5	0.7	-1.90	11.52	18.00	14.76
4	44.40	29.32	36.86	-4.6	-2.3	-3.44	12.40	17.24	14.82
5	42.66	26.86	34.76	-4.3	-1.2	-2.74	11.96	15.08	13.52
6	41.66	28.10	34.88	-3.4	-2.0	-2.66	9.44	17.20	13.32
7	43.16	24.68	33.92	-4.52	-10.34	-7.43	12.42	14.68	13.55

1.1 Total Perubahan Warna Pengeringan Gelombang Mikro Daya 420

t (Menit)	L	a	b	Lc	ac	bc	$(L-Lc)^2$	$(a-ac)^2$	$(b-bc)^2$	ΔE
0	44.77	-4.42	18.14	44.77	-4.42	18.14	0.00	0.00	0.00	0.00
1	41.18	-5.92	16.87	44.77	-4.42	18.14	12.89	2.25	1.61	4.09
2	38.01	-3.83	15.63	44.77	-4.42	18.14	45.70	0.35	6.30	7.24
3	38.67	-1.90	14.76	44.77	-4.42	18.14	37.21	6.35	11.42	7.42
4	36.86	-3.44	14.82	44.77	-4.42	18.14	62.57	0.96	11.02	8.63
5	34.76	-2.74	13.52	44.77	-4.42	18.14	100.20	2.82	21.34	11.15
6	34.88	-2.66	13.32	44.77	-4.42	18.14	97.81	3.10	23.23	11.14
7	33.92	-7.43	13.55	44.77	-4.42	18.14	117.72	9.06	21.07	12.16

2. Data Perubahan Warna Daun Kelor Pengeringan Gelombang Mikro Daya 537

2.1 Data Parameter L, a dan b Pengeringan Gelombang Mikro Daya 537

t (Menit)	L		Rata- Rata	a		Rata- Rata	b		Rata- Rata
	L1	L2		a1	a2		b1	b2	
0	46.38	47.14	46.76	-6.72	-6.00	-6.36	14.28	15.52	14.90
1	46.48	44.78	45.63	-6.88	-7.18	-7.03	13.70	16.26	14.98
2	44.68	42.70	43.69	-6.04	-5.02	-5.53	13.78	12.98	13.38
3	43.44	40.94	42.19	-5.50	-4.30	-4.90	12.10	11.40	11.75
4	42.16	39.86	41.01	-4.78	-3.84	-4.31	11.68	10.22	10.95
5	42.06	42.44	42.25	-4.46	-4.90	-4.68	11.16	13.02	12.09
6	41.88	40.28	41.08	-4.64	-3.92	-4.28	11.76	10.66	11.21

2.2 Total Perubahan Warna Pengeringan Gelombang Mikro Daya 537

t (Menit)	L	a	b	Lc	ac	bc	(L- Lc)2	(a- ac)2	(b-bc)2	ΔE
0	46.76	-6.36	14.90	46.76	-6.36	14.90	0.00	0.00	0.00	0.00
1	45.63	-7.03	14.98	46.76	-6.36	14.90	1.28	0.45	0.01	1.32
2	43.69	-5.53	13.38	46.76	-6.36	14.90	9.42	0.69	2.31	3.52
3	42.19	-4.90	11.75	46.76	-6.36	14.90	20.88	2.13	9.92	5.74
4	41.01	-4.31	10.95	46.76	-6.36	14.90	33.06	4.20	15.60	7.27
5	42.25	-4.68	12.09	46.76	-6.36	14.90	20.34	2.82	7.90	5.57
6	41.08	-4.28	11.21	46.76	-6.36	14.90	32.26	4.33	13.62	7.09

3. Data Perubahan Warna Daun Kelor Pengeringan Gelombang Mikro Daya 710

3.1 Data Parameter L, a dan b Pengeringan Gelombang Mikro Daya 710

t (Menit)	L		Rata- Rata	a		Rata- Rata	b		Rata- Rata
	L1	L2		a1	a2		b1	b2	
0	46.10	45.94	46.02	-7.00	-6.70	-6.85	15.30	14.50	14.90
1	45.92	42.94	44.43	-6.62	-6.40	-6.51	13.82	13.44	13.63
2	42.40	43.58	42.99	-4.64	-5.80	-5.22	12.10	13.98	13.04
3	41.54	42.04	41.79	-5.06	-5.16	-5.11	11.60	12.60	12.10
4	42.64	39.80	41.22	-4.92	-4.56	-4.74	13.04	10.56	11.80
5	42.88	40.50	41.69	-4.26	-4.32	-4.29	10.90	10.66	10.78
6	42.88	40.5	41.69	-5.42	-4.4	-4.91	13.24	11.18	12.21

3.2 Total Perubahan Warna Pengeringan Gelombang Mikro Daya 710

t (Menit)	L	a	b	Lc	ac	bc	(L-Lc) ²	(a-ac) ²	(b-bc) ²	ΔE
0	46.02	-6.85	14.90	46.02	-6.85	14.90	0.00	0.00	0.00	0.00
1	44.43	-6.51	13.63	46.02	-6.85	14.90	2.53	0.12	1.61	2.06
2	42.99	-5.22	13.04	46.02	-6.85	14.90	9.18	2.66	3.46	3.91
3	41.79	-5.11	12.10	46.02	-6.85	14.90	17.89	3.03	7.84	5.36
4	41.22	-4.74	11.80	46.02	-6.85	14.90	23.04	4.45	9.61	6.09
5	41.69	-4.29	10.78	46.02	-6.85	14.90	18.75	6.55	16.97	6.50
6	41.69	-4.91	12.21	46.02	-6.85	14.90	18.75	3.76	7.24	5.45

4. Data Perubahan Warna Daun Kelor Pengeringan Oven Suhu 60°C

4.1 Data Parameter L, a dan b Pengeringan Oven Suhu 60°C

t (Menit)	L		Rata-Rata	a		Rata-Rata	b		Rata-Rata
	L1	L2		a1	a2		b1	b2	
0	37.24	41.1	39.17	-6.90	16.92	-11.91	19.26	22.86	21.06
15	39.36	38.72	39.04	-5.04	-2.46	-3.75	18.5	17.46	17.98
30	35.54	39.1	37.32	-1.56	0.40	-0.58	16.98	16.3	16.64
60	39.86	37.34	38.60	-1.30	-3.66	-2.48	17.94	17.38	17.66
90	32.04	34.76	33.40	-3.00	-1.96	-2.48	15.58	16.98	16.28
120	37.8	38.54	38.17	-1.64	-0.12	-0.88	19.88	16.54	18.21
150	38.44	35.02	36.73	-2.82	-7.54	-5.18	17.42	16.82	17.12
180	36.98	34.16	35.57	1.22	-2.18	-0.48	15.16	17.86	16.51
210	33.74	34.32	34.03	-0.10	1.04	0.47	16	13.84	14.92
240	30.02	35.76	32.89	-0.26	1.7	0.72	12.88	14.96	13.92
270	32.28	35.28	33.78	-0.48	1.56	0.54	15.08	15.04	15.06
300	33.48	34.3	33.89	1.04	0.1	0.57	13.38	15.66	14.52

4.2 Total Perubahan Warna Pengeringan Oven Suhu 60°C

t (Menit)	L	a	b	Lc	ac	bc	(L-Lc) ²	(a-ac) ²	(b-bc) ²	ΔE
0	39.17	-11.91	21.06	39.17	-11.91	21.06	0.00	0.00	0.00	0.00
15	39.04	-3.75	17.98	39.17	-11.91	21.06	0.02	66.59	9.49	8.72
30	37.32	-0.58	16.64	39.17	-11.91	21.06	3.42	128.37	19.54	12.30
60	38.60	-2.48	17.66	39.17	-11.91	21.06	0.32	88.92	11.56	10.04
90	33.40	-2.48	16.28	39.17	-11.91	21.06	33.29	88.92	22.85	12.04
120	38.17	-0.88	18.21	39.17	-11.91	21.06	1.00	121.66	8.12	11.44
150	36.73	-5.18	17.12	39.17	-11.91	21.06	5.95	45.29	15.52	8.17
180	35.57	-0.48	16.51	39.17	-11.91	21.06	12.96	130.64	20.70	12.82
210	34.03	0.47	14.92	39.17	-11.91	21.06	26.42	153.26	37.70	14.74
240	32.89	0.72	13.92	39.17	-11.91	21.06	39.44	159.52	50.98	15.81
270	33.78	0.54	15.06	39.17	-11.91	21.06	29.05	155.00	36.00	14.83
300	33.89	0.57	14.52	39.17	-11.91	21.06	27.88	155.75	42.77	15.05

Lampiran 5. Pengukuran Daya

Penelitian ini menggunakan tiga level daya yaitu *high*, *medium high*, dan *medium*.

Tingkatan (Level)	Nilai (Daya)
High	710
Medium High	537
Medium	420

Cara menentukan nilai daya terpakai pada setiap level yaitu:

1. Menyiapkan 2 *beaker glass* dan diisi aquades masing – masing 1 liter dengan suhu 20 ± 2 °C.
2. Beaker glass yang telah berisi aquades dipanaskan di dalam oven microwave dengan daya high selama 2 menit dengan posisi kedua beaker glass tidak saling bersentuhan.
3. Setelah 2 menit kedua beaker glass dikeluarkan dan diukur suhunya.
4. Selanjutnya perhitungan daya pada microwave dihitung seperti berikut:

Ulangan 1

Beaker glass 1	beaker glass 2
$T_1 = 22$ °C	$T_1 = 21,2$ °C
$T_2 = 31,3$ °C	$T_2 = 31,1$ °C
$\Delta T = 9,3$ °C	$\Delta T = 9,9$ °C
$t = 120$ detik	
$m = 1000$ gr	

$$\begin{aligned}
 M.W_{abs} &= \frac{(m \cdot C_p \cdot \Delta T)}{\Delta t} \\
 &= \frac{1000 \cdot 4,187 \cdot (9,3 + 9,9)}{120} \\
 &= \frac{1000 \cdot 4,187 \cdot 19,2}{120} \\
 &= 669,92 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Ulangan 2

Beaker glass 1	beaker glass 2
$T_1 = 22$ °C	$T_1 = 22$ °C
$T_2 = 32,4$ °C	$T_2 = 32,3$ °C
$\Delta T = 10,4$ °C	$\Delta T = 10,3$ °C
$t = 120$ detik	
$m = 1000$ gr	

$$\begin{aligned}
 M.W_{\text{abs}} &= \frac{(m \cdot C_p \cdot \Delta T)}{\Delta t} \\
 &= \frac{1000 \cdot 4,187 \cdot (10,4 + 10,3)}{120} \\
 &= \frac{1000 \cdot 4,187 \cdot 20,7}{120} \\
 &= 722,25 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Ulangan 3

Beaker glass 1	beaker glass 2
$T_1 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_1 = 21,1 \text{ }^\circ\text{C}$
$T_2 = 32,7 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_2 = 31,8 \text{ }^\circ\text{C}$
$\Delta T = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$
$t = 120 \text{ detik}$	
$m = 1000 \text{ gr}$	

$$\begin{aligned}
 M.W_{\text{abs}} &= \frac{(m \cdot C_p \cdot \Delta T)}{\Delta t} \\
 &= \frac{1000 \cdot 4,187 \cdot (10,7 + 10,7)}{120} \\
 &= \frac{1000 \cdot 4,187 \cdot 21,4}{120} \\
 &= 746,68 \text{ W}
 \end{aligned}$$

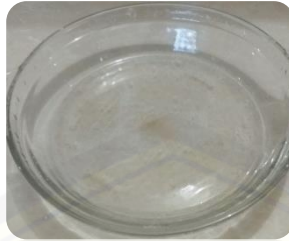
$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata daya high} &= \frac{669,92 \text{ W} + 722,25 \text{ W} + 746,68 \text{ W}}{3} \\
 &= 712,95 \\
 &= 710 \text{ W (pembulatan)}
 \end{aligned}$$

Cara perhitungan yang sama juga dilakukan untuk daya medium high dan medium. Sehingga didapatkan nilai daya 537 W pada medium high dan 420 W pada daya medium.

Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian



Oven



Cawan



Neraca Digital



Desikator



Color Reader



Microwave



M- 420



M- 537



M- 723



O- 60