Digital Repository Universitas Jember

KARAKTERISTIK PENGERINGAN WORTEL (*Daucus carota* L.) BERDASARKAN KERAGAMAN GEOMETRI BAHAN DAN DAYA OVEN *MICROWAVE*

SKRIPSI

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

Oleh

Nur Wahyu Sudiarini
NIM 111710201022

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015

Digital Repository Universitas Jember

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Sudiyono dan Ibunda Nanik yang tercinta;
2. Guru-guru serta dosen yang telah memberikan ilmunya;
3. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Digital Repository Universitas Jember

MOTTO

Cukuplah Allah Menjadi Penolong Kami dan Allah Adalah Sebaik-baik Pelindung
(QS. Ali 'Imran: 173)

"Tetaplah Semangat, Bersabar, Senantiasa Istiqomah dan Berdoa Memohon Kepada Allah, Niscaya Allah Akan Memberi Lebih Dari Yang Kita Mohonkan"
(Nur Wahyu Sudiarini)

Digital Repository Universitas Jember

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Nur Wahyu Sudiarini

NIM : 111710201022

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "*Karakteristik Pengeringan Wortel (Daucus carota* L.) *Berdasarkan Keragaman Geometri Bahan dan Daya Oven Microwave*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 27 Juli 2015

Yang menyatakan,

Nur Wahyu Sudiarini

NIM 111710201022

Digital Repository Universitas Jember

SKRIPSI

KARAKTERISTIK PENGERINGAN WORTEL (*Daucus carota* L.) BERDASARKAN KERAGAMAN GEOMETRI BAHAN DAN DAYA OVEN *MICROWAVE*

Oleh

Nur Wahyu Sudiarini

NIM 111710201022

Pembimbing:

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

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

Digital Repository Universitas Jember

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "*Karakteristik Pengeringan Wortel (Daucus carota* L.) *Berdasarkan Keragaman Geometri Bahan dan Daya Oven Microwave*" telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 22 September 2015

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,	Anggota,
Ir. Setiyo Harri M.S.	Dr. Triana Lindriati S.T., M.P.
NIP.195309241983031001	NIP. 196808141998032001

Mengesahkan
Dekan,

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

Digital Repository Universitas Jember

SUMMARY

Drying Characteristics of Carrot (Daucus carota L.) Based on Geometry diversity Materials and Power Microwave; Nur Wahyu Sudiarini, 111710201022; 2015: 85 pages; Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology Jember University.

Carrots (Daucus Carota L.) is a diversified vegetable crops tubers are widely cultivated in Indonesia is exactly in Lembang and Cipanas. Based on the amount of production, the availability of carrots in Indonesia can be met throughout the year, but at certain times of availability can be reduced or even abundant. This causes an imbalance between demand and supply, thus impacting on the price fluctuations, when the abundant availability of lower prices and vice versa. Another problem is the type of vegetable is classified as perishable foodstuffs. Therefore, we need a preservation process that aims to reduce post-harvest damage when the carrot that is by drying.

Drying carrots in this study using the microwave oven by the influence of the geometry of the material. The use of microwaves is expected to accelerate the drying process and keep the nutritional value of carrots dry, because the warming that has occurred using microwaves. The diversity of the surface geometry made to expand the material that is expected to simplify the process of heat transfer and mass moved during drying. The purpose of this study were determine the drying characteristics in the form of changes in water levels and the rate of drying of carrot on a variety of materials and geometries microwave power conditions, compare the characteristics of the carrot drying using a microwave oven and a convection oven, and create a model for the best drying carrots using microwaves.

The research was conducted in February to April 2015,in the laboratory of Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology Jember University. The materials used in this research are the carrot type imperator obtained from vegetable merchant market Tanjung Jember. Method used in this research was experimental with two geometry in the form of material (228 kg/ m^3, 271 kg/m^3, 613 kg/m^3) and power microwaves (420 W, 537 W, 723 W). Each treatment was carried out three repetitions. The result of measurement was analized using graphycal and statistic analysis.

Results of research and data processing indicates that the drying process by using microwave carrots can reduce the moisture content of the range between 844,283% bk – 968,833% bk be 11.789% bk - bk 13.091% on bulk density of 228 kg / m^3, bk 4.809% - 10.826% bk the bulk density of 271 kg / m^3 and bk 10.280% - 14.921% bk on bulk density of 613 kg / m^3. The best drying rate among the various densities of bulk material occurs in a microwave oven drying at 420 watts power, because the power of the proven segment decline rate in accordance with the existing theory of drying rate. However, when compared to the fastest drop in water levels between microwaves and convection oven is the use of a microwave oven is at 723 W power for each measure bulk density of the material, while the

Digital Repository Universitas Jember

convection drying oven with a temperature of 60 ° C takes a long time is 6 hours , So based on research data can be obtained by drying the best models for drying carrot is a model that is to power Page 420, 537 and 723 W with the value of the material bulk density of the material 228 kg / m^3, 271 kg / m^3 and 613 kg / m^3, because it is based the validity of the test results has the highest R^2 value and lowest RMSE values when compared to the model of Newton.

Digital Repository Universitas Jember

RINGKASAN

Karakteristik Pengeringan Wortel (*Daucus carota* L.) Berdasarkan Keragaman Geometri Bahan dan Daya Oven Microwave; Nur Wahyu Sudiarini, 111710201022; 2015: 85 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Wortel (*Daucus Carota* L.) adalah tanaman sayuran berjenis umbi-umbian yang banyak dibudidayakan di Indonesia yaitu tepatnya di daerah Lembang dan Cipanas. Berdasarkan jumlah produksinya, ketersediaan wortel di Indonesia dapat terpenuhi sepanjang tahun, namun pada waktu tertentu ketersediaannya dapat berkurang atau bahkan melimpah. Hal tersebut menyebabkan ketidakseimbangan antara permintaan dan suplai, sehingga berdampak pada terjadinya fluktuasi harga, yaitu pada saat ketersediaan melimpah harga menjadi turun begitupun sebaliknya. Masalah lain adalah jenis sayuran ini tergolong sebagai bahan makanan yang mudah rusak. Oleh sebab itu, diperlukan suatu proses pengawetan yang bertujuan untuk mengurangi kerusakan wortel saat pasca panen yaitu dengan cara pengeringan.

Pengeringan wortel pada penelitian ini menggunakan oven *microwave* berdasarkan pengaruh bentuk geometri bahan. Penggunaan oven *microwave* diharapkan dapat mempercepat proses pengeringan dan menjaga nilai gizi wortel kering, karena pemanasan yang terjadi menggunakan gelombang mikro. Keragaman geometri dilakukan untuk memperluas permukaan bahan sehingga diharapkan dapat mempermudah proses pindah panas dan pindah massa selama pengeringan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik pengeringan yang berupa perubahan kadar air dan laju pengeringan wortel pada berbagai geometri bahan dan kondisi daya oven *microwave,* membandingkan karakteristik pengeringan wortel menggunakan oven *microwave* dan oven konveksi, dan menyusun model pengeringan terbaik wortel menggunakan oven *microwave.*

Digital Repository Universitas Jember

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan April 2015. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah wortel tipe imperator yang diperoleh dari pedagang sayur pasar Tanjung Jember. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan variabel berupa geometri bahan (228 kg/m^3, 271 kg/m^3 , 613 kg/m^3) dan daya oven *microwave* (420 W, 537 W, 723 w). Setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan. Data hasil pengukuran dianalisis dengan menggunakan analisis grafis dan analisis statistik.

Hasil penelitian dan pengolahan data menunjukkan bahwa proses pengeringan wortel dengan menggunakan microwave dapat menurunkan kadar air dari rentang antara 844,283% bk – 968,833% bk menjadi 11,789% bk – 13,091% bk pada densitas curah 228 kg/m^3, 4,809% bk – 10,826% bk pada densitas curah sebesar 271 kg/m^3 dan 10,280% bk – 14,921% bk pada densitas curah sebesar 613 kg/m^3. laju pengeringan terbaik diantara berbagai densitas curah bahan terjadi pada pengeringan oven *microwave* pada daya 420 watt, karena pada daya tersebut terbukti segmen laju penurunannya sesuai dengan teori laju pengeringan yang ada. Namun, jika dibandingkan penurunan kadar air paling cepat antara oven *microwave* dan oven konveksi adalah pada penggunaan oven microwave yaitu pada daya 723 W untuk masing-masing ukuran densitas curah bahan, sedangkan pada oven konveksi pengeringan dengan suhu 60°C membutuhkan waktu lama yaitu 6 jam. Sehingga berdasarkan data hasil penelitian dapat diperoleh model pengeringan terbaik untuk pengeringan wortel adalah model Page yaitu untuk daya 420, 537 dan 723 W dengan nilai densitas curah bahan sebesar bahan 228 kg/m^3, 271 kg/m^3, dan 613 kg/m^3, karena berdasarkan hasil uji validitas memiliki nilai R^2 tertinggi dan nilai RMSE terendah jika dibandingkan dengan model Newton.

Digital Repository Universitas Jember

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. yang telah melimpahkankan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Karakteristik Pengeringan Wortel (*Daucus carrota* L.) Berdasarkan Keragaman Geometri Bahan dan Daya Oven Microwave". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk 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 ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama, yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, saran dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini;
2. Sutarsi, S.TP., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah serta meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, dan arahan dalam penyusunan skripsi ini;
3. Ir. Setiyo Harri, M.S. dan Dr. Triana Lindriati S.T., M.P. Selaku ketua penguji dan anggota penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Ir. Setiyo Harri, M.S. sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan;
5. Ir. Muharjo Pudjojono selaku Ketua Komisi Bimbingan yang telah memberikan saran dan kritik selama penyusunan skripsi ini;
6. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian yang telah banyak memberikan saran dan pengarahan dalam penyelesaian skripsi ini;
7. Dr. Yuli Witono, S. TP, M. P. selaku Dekan fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
8. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;

Digital Repository Universitas Jember

9. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah banyak membantu selama studi;
10. Bapakku Sudiyono, Ibuku Nanik Sukarni, kakakku Mas Yoyok dan Mas uut beserta keluarga besar tercinta yang tak pernah berhenti dalam memberiku doa, dukungan, kasih sayang, dan semangat dalam penulisan skripsi ini;
11. Vido Exa D yang tak pernah lelah dalam memberikan semangat, motivasi, doa, dan selalu menjadi inspirasi dalam penulisan skripsi ini;
12. Seluruh teman-teman TEP angkatan 2011 yang saling memberikan kekuatan, semangat dan doa dalam penyusunan skripsi ini, semoga kita menjadi orang sukses;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 27 Juli 2015 Penulis,

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
SUMMARY	vii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 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 Komposisi Sayur Wortel	4
2.2 Jenis-Jenis Wortel	4
2.3 Penanganan Pasca Panen Wortel	5
2.4 Pengeringan	6
2.4.1 Pengertian Pengeringan	6
2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan	6
2.4.3 Laju Pengeringan	8
2.4.4 Densitas Curah	9

Digital Repository Universitas Jember

2.5 Pengeringan Bahan Pangan Dengan oven *Microwave* 10
2.5.1 Prinsip Kerja *Microwave* 10
2.5.2 Perbedaan Oven *Microwave* dan oven konveksi 10
2.5.3 Penggunaan microwave pada bahan pangan 11
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN 12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 12
3.2 Bahan dan Alat Penelitian 12
3.2.1 Bahan Penelitian 12
3.2.2 Alat Penelitian 12
3.3 Prosedur Penelitian 13
3.4 Rancangan Penelitian 14
3.5 Pelaksanaan Penelitian 15
3.5.1 Penelitian Pendahuluan 15
3.5.2 Penelitian Utama 16
3.6 Metode Analisis Data 17
3.6.1 Laju Pengeringan 17
3.6.2 Pemodelan 17
3.6.3 Analisis Data 18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN 20
4.1 Pengeringan Wortel 20
4.2 Laju Pengeringan 24
4.3 Pemodelan Pindah Massa dan Air Selama Pengeringan 29
4.4 Uji Validitas 31
BAB 5. PENUTUP 37
5.1 Kesimpulan 37
5.2 Saran 37
DAFTAR PUSTAKA 38

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR TABEL

Halaman

2.1. Kandungan Gizi dalam 100 gram Wortel 4
3.1. Parameter dan Varibel Penelitian 14
4.1. Densitas Curah pada Berbagai Geometri Bahan 20
4.2. Kadar Air dan Durasi Pengeringan Wortel pada Berbagai Perlakuan 21
4.3. Kadar Air Kesetimbangan Wortel pada Berbagai Perlakuan..... 23
4.4. Konstanta Pengeringan dan Nilai Koefisien Determinasi (R^2) 29
4.5. Model Pengeringan Wortel 30
4.6. Nilai R^2 dan RMSE pada Berbagai Perlakuan 35

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR GAMBAR

Halaman

2.1. Kurva Laju Pengeringan 8
3.1. Diagram Alir Penelitian 13
4.1. Grafik Hubungan Laju Pengeringan Densitas Curah 228 kg/m³ 25
4.2. Grafik Hubungan Laju Pengeringan Densitas Curah 271 kg/m³ 25
4.3. Grafik Hubungan Laju Pengeringan Densitas Curah 613 kg/m³ 26
4.4. Grafik Hubungan Laju Pengeringan Oven Konveksi Suhu 60ºC 26
4.5. Grafik Hubungan MR Observasi dan Estimasi 228 kg/m³ 32
4.6. Grafik Hubungan MR Observasi dan Estimasi 271 kg/m³ 33
4.7. Grafik Hubungan MR Observasi dan Estimasi 613 kg/m³ 33
4.8. Grafik Hubungan MR Observasi dan Estimasi pada Suhu 60ºC 34

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran A. Data Hasil Perhitungan Kadar Air 40
Lampiran B. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan 43
Lampiran C. Data Hasil Plotting Persamaan Page dan Newton 46
Lampiran D. Data Hasil Observasi dan Estimasi 62
Lampiran E. Uji Validitas Model..... 74
Lampiran F. Foto Penelitian..... 83

Digital Repository Universitas Jember

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wortel (*Daucus Carota* L.) adalah tanaman sayuran berjenis umbi-umbian yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan berasal dari kawasan Asia Tengah dan Timur. Budidaya wortel di Indonesia berasal dari Jawa Barat tepatnya di daerah Lembang dan Cipanas. Wortel memiliki banyak manfaat bagi kesehatan karena di dalamnya terdapat kandungan alfa- dan beta-karoten sebagai sumber vitamin A bagi pemenuhan gizi manusia (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998:80). Produksi wortel Indonesia pada tahun 2012 mencapai 465.534 ton (Badan Pusat Statistik, 2013:55). Berdasarkan jumlah produksinya, ketersediaan wortel di Indonesia dapat terpenuhi sepanjang tahun, namun pada waktu tertentu ketersediaannya dapat berkurang atau bahkan melimpah. Hal tersebut menyebabkan ketidakseimbangan antara permintaan dan suplai, sehingga berdampak pada terjadinya fluktuasi harga, yaitu pada saat ketersediaan melimpah harga menjadi turun begitupun sebaliknya. Masalah lain adalah jenis sayuran ini tergolong sebagai bahan makanan yang mudah rusak. Oleh sebab itu, diperlukan suatu proses pengawetan yang bertujuan untuk mengurangi kerusakan wortel saat pasca panen.

Terdapat berbagai macam proses pengawetan bahan pangan diantaranya adalah proses termal, blansing, pengeringan dan pendinginan. Namun, metode pengeringan lebih banyak dipilih untuk pengawetan wortel karena mudah dilakukan. Disamping itu, metode pengeringan memiliki banyak keuntungan yaitu volume dan berat bahan akan berkurang sehingga memudahkan penyimpanan dan transportasi (Effendi, 2009:15). Pengeringan pada wortel telah banyak dipelajari dalam berbagai cara, diantaranya adalah pengeringan menggunakan sinar matahari (Mulet *et al*., 1993:1386) dan *microwave* yang dibantu dengan pemanasan udara konvektif (Prabhanjan *et al*., 1995:283). Fakta tersebut menunjukkan bahwa belum ada informasi tentang pengaruh geometri bahan terhadap proses pengeringan wortel. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan studi pengeringan wortel menggunakan oven *microwave* berdasarkan pengaruh bentuk

Digital Repository Universitas Jember

geometri bahan. Penggunaan oven *microwave* diharapkan dapat mempercepat proses pengeringan, meminimalkan perubahan warna pada wortel hasil pengeringan dan menjaga nilai gizi wortel kering, karena pemanasan yang terjadi menggunakan gelombang mikro. Keragaman geometri dilakukan untuk memperluas permukaan bahan sehingga diharapkan dapat mempermudah proses pindah panas dan pindah massa selama pengeringan.

1.2 Rumusan Masalah

Laju pengeringan suatu bahan dipengaruhi salah satunya oleh luas permukaan bahan pada pengeringan menggunakan oven *microwave*. Keragaman geometri bahan akan mempengaruhi luas permukaan bahan tersebut. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan investigasi pada keragaman geometri bahan wortel terhadap karakteristik pengeringan wortel dan kondisi daya oven *microwave.*

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada investigasi tentang perilaku perubahan kadar air bahan dan laju pengeringan pada perlakuan berbagai geometri bahan dan daya dengan oven *microwave.*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah mempelajari proses pengeringan wortel menggunakan oven *microwave*. Sedangkan tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan karakteristik pengeringan yang berupa perubahan kadar air dan laju pengeringan wortel pada berbagai geometri bahan dan kondisi daya oven *microwave*,
2. membandingkan karakteristik pengeringan wortel menggunakan oven *microwave* dan oven konveksi,
3. menyusun model pengeringan wortel terbaik menggunakan oven *microwave*

Digital Repository Universitas Jember

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. dapat memberikan informasi tentang karakteristik pengeringan wortel yang terdiri dari perubahan kadar air dan laju pengeringan selama proses pengeringan menggunakan oven *microwave*,
2. dapat memperoleh alternatif metode pengawetan wortel terbaik sehingga memiliki daya simpan yang lebih lama,
3. dapat mengetahui model pengeringan terbaik yang dapat digunakan untuk pengeringan bahan hasil pertanian khususnya wortel.

Digital Repository Universitas Jember

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposisi Sayur Wortel

Wortel (*Daucus carota* L.) merupakan salah satu jenis sayuran umbi yang memiliki kandungan gizi yang banyak diperlukan oleh tubuh terutama sebagai sumber vitamin A. Kadar vitamin A yang terdapat dalam wortel sebesar 12.000 SI. Umbi wortel banyak mengandung vitamin A yang disebabkan oleh tingginya kandungan karoten yaitu suatu senyawa kimia pembentuk vitamin A. senyawa ini juga yang menyebabkan wortel berwarna kuning kemerahan. Selain itu wortel juga memiliki kandungan gizi yang lain. Pada Tabel 2.1 ini tertera kandungan gizi dalam 100 gram wortel segar sebagai berikut.

Tabel 2.1 Kandungan Gizi dalam 100 gram Wortel

Kandungan Gizi	**Jumlah**
Energi	42,00 kal
Protein	1,20 g
Lemak	0,30 g
Karbohidrat	9,30 g
Kalsium	39,00 mg
Fosfor	37,00 mg
Serat	0,90 g
Besi	0,50 mg
Vitamin A	12.000 SI
Vitamin B1	0,06 mg
Vitamin B2	0,05 mg
Vitamin C	8,00 mg
Niacin	0,70 mg

Sumber: Wirakusumah (2002:15).

2.2 Jenis-Jenis Wortel

Berdasarkan varietasnya, wortel dibedakan menjadi beberapa varietas yaitu tipe Imperator, tipe Chantenay, tipe Nantes. Pada setiap varietas wortel memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda. Pada wortel tipe imperator memiliki umbi berbentuk bulat panjang menyerupai kerucut dengan ujung umbi meruncing, dan wortel ini sering ditanam oleh masyarakat Indonesia. Panjang umbi sekitar 20 – 30 cm dan memiliki rasa yang manis sehingga disukai oleh konsumen. Wortel tipe chantenay memiliki umbi berbentuk bulat panjang dengan ujung umbi tumpul,

Digital Repository Universitas Jember

panjang umbi antara 15 – 20 cm dan rasa umbinya manis, sehingga lebih disukai konsumen. Sedangkan wortel tipe nantes memiliki umbi berbentuk bulat pendek berukuran 5 – 10 cm atau bulat panjang berukuran 10 – 15 cm, jenis wortel ini yang sering ditanam dan dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia serta memiliki rasa yang manis (Cahyono, 2002:15). Pada penelitian ini jenis wortel yang digunakan ialah wortel tipe imperator karena ketersediaan wortel ini melimpah dan memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan wortel tipe nantes.

2.3 Penanganan Pasca Panen Wortel

Penanganan pasca panen wortel merupakan salah satu kegiatan penting untuk menghasilkan kualitas produk hasil panen yang baik. Penanganan pasca panen wortel meliputi beberapa tahapan yaitu :

1. Pemanenan

Wortel dapat dipanen pada umur sekitar 3-4 bulan. Untuk dapat mengetahui umur panen wortel adalah dengan cara melihat daun wortel, yaitu apabila telah menguning dalam keadaan yang baik artinya bukan kuning karena serangan hama ataupun penyakit dan diameter umbinya telah cukup besar yaitu sekitar 2 cm atau lebih. Waktu pemanenan wortel dilaksanakan pada pagi hari dengan menggunakan alat bantu seperti cangkul. Umbi wortel diangkat beserta batangnya untuk memudahkan pengangkutan sehingga tiap untaian mudah dijinjing.

2. Pembersihan dan sortasi

Pembersihan pada wortel dilakukan dengan cara pencucian. Setelah pencucian, dilakukan sortasi untuk memisahkan umbi yang besar, sedang dan kecil. Umbi yang rusak dan terluka dipisahkan karena mudah terkena infeksi mikroba pembusuk.

3. Penyimpanan

Penyimpanan wortel sebaiknya diletakkan pada ruangan yang teduh dan terhindar dari sinar matahari langsung. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga kualitas wortel sebelum akhirnya dijual di pasaran.

Digital Repository Universitas Jember

4. Pengepakan dan pengiriman

Pada proses pengiriman wortel yang memerlukan waktu tempuh sekitar 2 – 3 jam dapat dilakukan pengemasan dengan cara disusun dalam keranjang agar aerasinya cukup. Selanjutnya bak kendaraan ditutup dengan kain terpal agar terhindar dari sinar matahari. Sebaiknya pengiriman dilakukan pada pagi hari ataupun sore hari, agar kualitas wortel tetap terjaga dengan baik.

5. Pengeringan

Pada umumnya wortel dikonsumsi sebagai sayuran dan jus. Namun, untuk memperpanjang masa simpan umbi wortel juga dapat dikeringkan untuk dijadikan sebagai sayuran kering dan dapat juga dijadikan sebagai tepung wortel (Kartasapoetra, 1994:25)

2.4 Pengeringan

2.4.1 Pengertian Pengeringan

Pengeringan adalah suatu proses pengeluaran air dari suatu bahan pangan menuju kadar air kesetimbangan dengan udara sekeliling dimana mutu bahan pangan dapat dicegah dari serangan jamur, enzim dan aktivitas serangga sehingga daya simpannya menjadi lebih panjang. Pengeringan telah banyak dilakukan pada pengolahan hasil pertanian dan bahan pangan dengan menggunakan energi matahari, pemanasan, perbedaan tekanan uap dan pengering beku. Adapun tujuan dari proses pengeringan adalah mengurangi resiko kerusakan pada bahan karena adanya kegiatan mikroba, meminimalkan ruang penyimpanan, mendapatkan produk yang lebih sesuai dengan penggunaannya dan untuk tetap mempertahankan nutrisi yang terkandung dalam bahan pangan, seperti mineral dan vitamin (Effendi, 2009:13).

2.4.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan

Pada proses pengeringan bahan pangan selalu diinginkan kecepatan pengeringan yang maksimum. Berbagai cara akan dilakukan untuk mempercepat proses pindah panas dan pindah massa selama proses pengeringan. Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi kecepatan pengeringan diantaranya:

Digital Repository Universitas Jember

a. Luas permukaan

Pada umumnya, setiap bahan yang akan dikeringkan dapat mengalami pengecilan ukuran, baik dengan cara dipotong ataupun dihaluskan. Fungsi dari pengecilan ukuran tersebut adalah untuk memperluas permukaan bahan karena luas permukaan yang tinggi atau ukuran bahan yang semakin kecil menyebabkan permukaan yang dapat kontak dengan medium pemanas menjadi lebih banyak. Pengecilan ukuran suatu bahan pangan yang akan dikeringkan juga menyebabkan porositas bahan menjadi lebih besar sehingga air lebih mudah berdifusi atau menguap dari bahan pangan, hal tersebut berdampak terhadap kecepatan penguapan air yang akan semakin lebih cepat dan bahan menjadi lebih cepat kering.

b. Suhu

Suhu adalah salah satu faktor penting dalam mempercepat proses pengeringan suatu bahan. Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan, maka semakin cepat proses pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula proses penguapan air yang terjadi pada bahan pangan.

c. Kecepatan pergerakan udara

Udara yang bersikulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingan dengan udara diam. Oleh sebab itu semakin cepat pergerakan atau sirkulasi udara, proses pengeringan akan semakin cepat pula.

d. Kelembapan udara

Kelembapan udara dapat menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkn dapat menyerap air dari udara disekitarmya. Jika udara di sekitar bahan kering lembab, maka kecepatan penyerapan uap air bahan akan semakin cepat. Proses penyerapan akan terhenti sampai kesetimbangan kelembapan nisbi bahan pangan tersebut tercapai. Kesetimbangan kelembapan nisbi bahan pangan adalah kelembapan yang terjadi pada suhu tertentu sampai tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penguapan air dari udara oleh bahan pangan.

Digital Repository Universitas Jember

e. Penguapan air

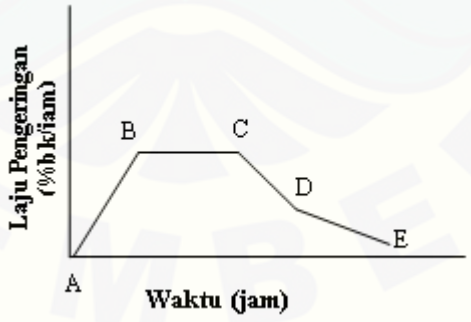
Penguapan merupakan proses penghilangan air dari bahan pangan yang dikeringkan sampai diperoleh produk kering yang stabil. Pada proses penguapan air dari permukaan bahan, terjadi proses pengambilan energi dari bahan tersebut sehingga permukaan bahan menjadi dingin. Proses pendinginan tersebut disebabkan oleh penyerapan panas laten, perubahan fase cair menjadi uap,gas atau panas penguapan yang mengubah air menjadi uap.

f. Lama pengeringan

Lama pengeringan dapat menentukan lama kontak bahan dengan panas. Namun, terdapat beberapa bahan pangan yang sensitif terhadap panas, sehingga waktu pengeringan yang digunakan harus maksimum, yaitu kadar air akhir bahan yang diinginkan telah tercapai dengan lama waktu pengeringan yang relatif singkat (Estiasih dan Ahmadi, 2009:101).

2.4.3 Laju Pengeringan

Laju pengeringan merupakan gambaran proses berlangsungnya pengeringan suatu bahan. Laju pengeringan berfungsi untuk merencanakan waktu dan memperkirakan ukuran alat yang digunakan selama proses pengeringan (Effendi, 2009:30). Berikut ini terdapat kurva laju pengeringan yang menjelaskan beberapa tahap sejalan dengan berkurangnya kadar air, yaitu:



Gambar 2.1 Kurva Laju Pengeringan

Berdasarkan gambar 2.1, proses pengeringan dapat dibagi menjadi beberapa segmen sejalan dengan berkurangnya kadar air, yaitu:

a. A-B : periode permulaan / pemanasan

Digital Repository Universitas Jember

b. B-C : periode laju pengeringan konstan
c. C : kadar air kritis
d. C-D : periode laju pengeringan menurun pertama
e. D-E : periode laju pengeringan menurun kedua (Taib *et al.*, 1988:84).

Tahap A-B, tahap ini merupakan periode permulaan/pemanasan pada pengeringan suatu bahan. Tahap tersebut terjadi selama kondisi permukaan bahan menuju keseimbangan dengan udara pengering. Tahap B-C, tahap ini dikenal dengan tahap periode laju pengeringan konstan. Selama periode ini permukaan bahan tetap jenuh dengan air karena pergerakan air dalam bahan menuju permukaan seimbang dengan penguapan air dari permukaan bahan. Titik C adalah titik kadar air kritis yang merupakan titik kadar air terendah di mana laju pergerakan air bebas dari dalam bahan ke permukaan bahan sama dengan laju penguapan air maksimum dari permukaan bahan . Tahap C-D dan D-E merupakan tahap periode laju pengeringan menurun, periode ini terdiri dari dua bagian yaitu periode laju pengeringan menurun pertama dan periode laju pengeringan menurun kedua. Di dalam periode laju pengeringan menurun terdapat dua proses yaitu pergerakan air dari dalam bahan ke permukaan bahan dan penguapan air dari permukaan bahan (Effendi, 2009:30).

2.4.4 Densitas Curah (*bulk density)*

Densitas curah adalah sifat fisik suatu bahan yang umumnya berfumgsi untuk menentukan seberapa banyak volume suatu bahan dapat disimpan dalam suatu wadah. Semakin kecil ukuran suatu bahan maka nilai densitasny semakin besar. Pengukuran densitas curah dapat menggunakan kemasan plastik yang memiliki volume 25cm^3. Kemudian memasukkan bahan kedalam kemasan plastik tersebut hingga mencapai volume maksimal tanpa adanya proses pemadatan. Selanjutnya nilai densitas curah dapat dihitung dengan menggunakan rasio antara berat bahan yang memenuhi kemasan plastik dengan volume plastik tersebut, dengan perhitungan persamaan:

$$\rho = \frac{mb}{V} \quad \text{..... (2.1)}$$

Digital Repository Universitas Jember

keterangan: ρ = densitas curah (kg/m^3); mb = massa total bahan (kg); V = volume wadah (m^3) (Maryanto dan Yuwanti, 2007:11).

2.5 Pengeringan Bahan Pangan dengan Oven *Microwave*

2.5.1 Prinsip Kerja *Microwave*

Oven *microwave* adalah sebuah peralatan dapur yang menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memasak atau memanaskan makanan. Prinsip kerja Oven *microwave* ialah dengan melewatkan radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak maupun gula yang sering terdapat pada bahan pangan. Molekul tersebut selanjutnya menyerap energi elektromagnetik yang ada didalamnya. Proses penyerapan molekul pada suatu makanan bersifat elektrik dipol, artinya bahwa molekul tersebut memiliki muatan negatif pada salah satu sisinya dan bermuatan positif pada sisi lainnya. Akibatnya, adanya medan elektrik yang berubah-ubah dan diinduksikan melalui gelombang mikro tersebut menyebabkan masing-masing sisi akan berputar untuk saling mensejajarkan diri antara yang satu dengan lainnya. Pergerakan molekul tersebut akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antar molekul. Pada peristiwa inilah akan menghasilkan energi panas yang berfungsi sebagai agen pemanasan bahan makanan dalam oven *microwave* (Saputra dan Ningrum, 2010:2).

2.5.2 Perbedaan Oven *Microwave* dengan Oven Konveksi

Perbedaan oven *microwave* dengan oven konveksi ialah terletak pada proses pemanasan bahan pangan yang terjadi. Pada oven konveksi pemanasan terjadi melalui perambatan panas dari sumber panas ke permukaan bahan. Dari permukaan bahan tersebut, panas merambat masuk ke dalam bahan. Dengan mekanisme seperti ini, mengakibatkan bagian permukaan bahan mendapatkan panas yang lebih intensif dibandingkan dengan bagin dalam bahan. Sehingga akibatnya, untuk bahan pangan padat, bagian permukaan bahan akan hangus terlebih dahulu sementara bagian dalamnya masih belum matang.

Pada pemanasan dengan gelombang mikro, panas yang diperoleh dihasilkan di bagian dalam bahan pada saat molekul polar mengalami *oscilasi*

Digital Repository Universitas Jember

akibat pancaran gelombang mikro. Panas tersebut selanjutnya merambat secara merata ke seluruh bagian bahan. Dengan mekanisme seperti ini, maka bagian permukaan bahan tidak mengalami pemanasan yang intensif. Sehingga pemanasan yang dilakukan dapat terjadi secara merata keseluruh bagian bahan pangan (Muchtadi dan Sugiyono, 2013:259).

2.5.3 Penggunaan Oven *Microwave* pada Pengolahan Bahan Pangan

Penggunaan *microwave* dalam industri makanan telah banyak diterapkan. Hal ini disebabkan karena penggunaan *microwave* memberikan banyak keuntungan yaitu mempercepat proses pengeringan, meminimalkan perubahan warna akibat proses pemanasan dan mempercepat proses laju pengeringan (Decareau,1985:54). Namun, *microwave* juga memiliki kekurangan yaitu temperatur yang ada dalam *microwave* tidak dapat diukur menggunakan thermometer atau termokopel sederhana karena memiliki energi panas cukup besar yang akan berinteraksi dengan logam termokopel dan mengakibatkan kerusakan pada alat ukur tersebut.

Aplikasi penggunaan *microwave* pada dasarnya digunakan untuk melakukan proses pemanasan bahan pada berbagai tujuan. Pemanasan dengan gelombang mikro dpat diaplikasikan untuk berbagai tujuan misalnya pengeringan, pemanggangan, pemasakan, pasteurisasi dan sterilisasi. Hal tersebut juga terbukti telah banyak penelitian mengenai pemanfaatan penggunaan oven *microwave* pada berbagai bahan pangan hasil pertanian. Salah satu contohnya adalah pengeringan kunyit menggunakan oven *microwave*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa laju pengeringan oven *microwave* lebih besar dibandingkan laju pengeringan dengan oven konveksi (Saputra dan Ningrum, 2013:3). Selain itu, menurut hasil penelitian Farihatus (2015:25) mengenai pengeringan daun jeruk purut di bawah paparan gelombang mikro menunjukkan bahwa pengeringan 20 gram daun jeruk purut menggunakan oven *microwave* memerlukan waktu yang relatif lebih singkat yaitu 3 menit pada daya 723 watt dibandingkan pengeringan menggunakan oven konveksi yang memerlukan waktu 420 menit dengan suhu 60°C.

Digital Repository Universitas Jember

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember pada bulan Februari sampai dengan April 2015.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah wortel tipe imperator yang diperoleh dari pedagang sayur di Pasar Tanjung, Jember. Wortel yang digunakan dalam penelitian ini harus memiliki kondisi yang baik, yaitu wortel yang masih keras dan segar. Wortel yang telah diperoleh, sebagian langsung digunakan sebagai bahan penelitian, dan sisanya disimpan dalam lemari es dengan suhu 5°C. Penyimpanan dilakukan dengan menggunakan kemasan plastik klip dengan posisi wortel tertata rapi dan tidak ada udara didalam kemasan tersebut, hal ini bertujuan untuk meminimalkan kerusakan bahan dan memperpanjang masa simpan. Pemakaian wortel ini dibatasi selama maksimal 3 hari dari waktu pembelian agar kondisi bahan tetap terjaga dengan baik.

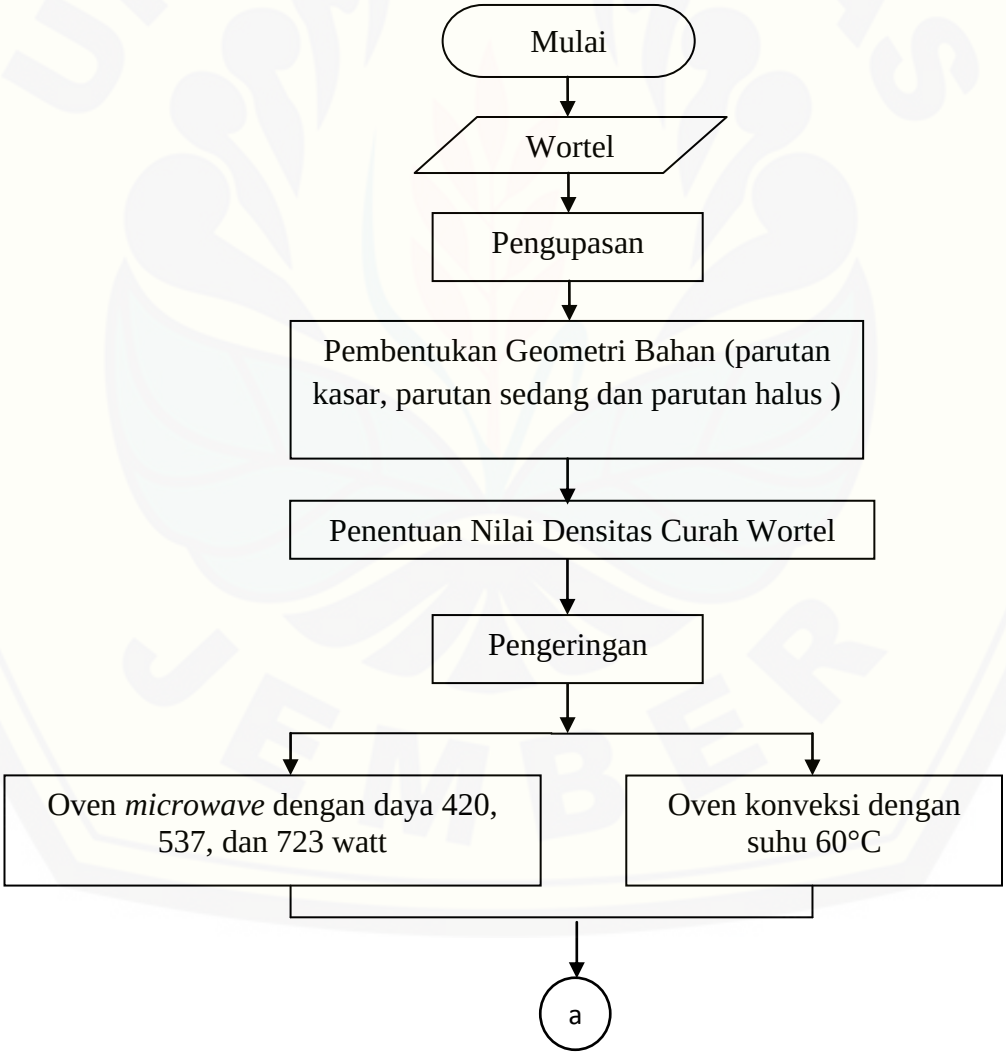
3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari oven *microwave* merk Panasonic dengan ukuran ruang oven 217 mm (H) x 359 mm (W) X 352 (D), diameter baki kaca 340 mm, frekuensi pengoperasian 2.450 MHz, sumber daya 220 – 240 V 50 Hz; oven konveksi; timbangan digital merk Ohaus Pioneer dengan ketelitian 0,001 g; cawan aluminium; label penanda; piring bahan; penjepit; eksikator; pisau dan parutan.

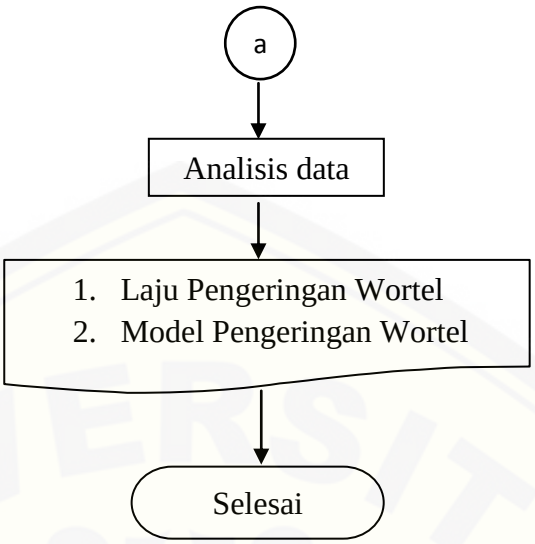
Digital Repository Universitas Jember

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini mengacu pada Gambar 3.1. Penelitian ini dimulai dari pengumpulan wortel kemudian dilakukan pengupasan dan pembentukan geometri wortel. Pembentukan geometri bahan terbagi menjadi 3 bentuk yaitu parutan kasar, parutan sedang dan parutan halus. Selanjutnya diukur nilai densitas curah wortel pada setiap geometri bahan yang digunakan. Kemudian wortel dikeringkan didalam oven *microwave* dan dianalisa perubahan kadar air setiap interval waktu tertentu, selain itu pada tiap interval waktu tersebut dilakukan juga pengukuran perubahan massa wortel selama proses pengeringan. Setelah itu dilakukan pengolahan dan analisis data untuk memperoleh kesimpulan.



Digital Repository Universitas Jember



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk mengetahui perubahan kadar air bahan yang terjadi selama proses pengeringan dengan berbagai keragaman geometri dan daya oven *microwave*. Parameter yang diamati meliputi perubahan kadar air bahan wortel pada masing-masing geometri bahan selama proses pengeringan. Penelitian ini menggunakan 3 pengulangan untuk setiap kombinasi perlakuan percobaan antara geometri bahan dan daya oven *microwave*. Variabel eksperimen yang diamati adalah keragaman geometri bahan dan daya oven *microwave* yang digunakan selama proses pengeringan. Parameter dan variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Parameter dan Variabel Penelitian

No	Variabel Eksperimental	Perlakuan	Kode	Parameter Respon
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Geometri	Parutan Kasar	G1	a. Perubahan kadar air bahan b. Laju pengeringan
		ParutanSedang	G2	
		Parutan Halus	G3	
2	Daya (watt)	723	P1	
		537	P2	
		420	P3	

Digital Repository Universitas Jember

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Penelitian Pendahuluan

a. Penentuan Daya Terpakai Pada Oven *Microwave*

Penentuan daya yang terpakai pada oven microwave dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu aquades dengan suhu awal sebesar 20 ± 2°C dimasukkan ke dalam 2 gelas kaca masing-masing sebanyak 1 liter, selanjutnya dimasukkan ke oven *microwave* dengan cara diletakkan dtengah-tengah oven *microwave* dan dinding kedua gelas tersebut saling menyentuh, setelah itu aquades dipanaskan dalam oven *microwave* selama 2 menit dan setelah proses pemanasan selesai, suhu aquades pada masing-masing gelas diukur. Setelah diketahui suhu awal dan suhu akhir pada masing-masing gelas, dilakukan perhitungan dengan Persamaan 3.1 sebagai berikut:

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

keterangan:

Mwabs = daya yang diserap bahan (W)

m = massa bahan (g)

Cp = panas spesifik bahan (KJ/Kg°C)

ΔT = selisih suhu (°C)

Δt = selisih waktu pemanasan (detik) (Buffler, 1993:125).

b. Penentuan Nilai Densitas Curah Bahan

Penentuan nilai densitas curah dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pertama menyiapkan gelas kaca, kemudian diukur volume ruang gelas kaca tersebut dengan cara mengisi gelas kaca dengan aquades hingga memenuhi seluruh ruang gelas kaca. Kemudian mengukur banyaknya aquades yang telah menempati ruang gelas kaca tersebut dengan menggunakan gelas ukur. Kedua, memasukkan wortel yang telah dibentuk sesuai dengan pembentukan geometri bahan yaitu parutan kasar, parutan sedang dan parutas halus ke dalam gelas kaca hingga mencapai volume maksimal tanpa adanya proses pemadatan. Selanjutnya, menimbang seluruh wortel yang telah memenuhi ruang gelas kaca. Nilai densitas

Digital Repository Universitas Jember

curah hasil pengukuran dapat dihitung dengan menggunakan rasio antara berat wortel yang memenuhi ruang gelas kaca dengan volume gelas kaca tersebut sesuai dengan perhitungan Persamaan 2.1.

c. Pengukuran Kadar Air Awal Wortel

Penentuan kadar air wortel dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pertama pengukuran berat cawan kosong yang akan digunakan (a) gram,kemudian pengukuran berat wortel (± 5 gram) + cawan bahan (b) gram,selanjutnya memasukkan bahan + cawan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam kemudian dikeluarkan, memasukkan bahan + cawan ke dalam eksikator hingga suhu bahan menjadi konstan, kemudian timbang beratnya (c) gram, penentuan kadar air bahan basis basah (m) dengan Persamaan 3.2

$$m(\%bb) = \frac{(b-a)-(c-a)}{(b-a)} \times 100\% \quad \text{.....(3.2)}$$

sedangkan dalam basis kering (M) kadar air bahan dapat dihitung dengan persamaan:

$$M(\%db) = \frac{(m)}{(100-m)} \times 100\% \quad \text{.....(3.3)}$$

d. Penentuan Interval Waktu

Langkah awal pada penentuan interval waktu pengeringan adalah menyiapkan cawan kosong yang akan digunakan dan ditimbang beratnya. Selanjutnya timbang wortel sebanyak (± 50 gram) . wadah + bahan dimasukkan ke dalam oven *microwave* pada daya 420 W selama waktu tertentu hingga dicapai kadar air kurang dari 12%. Setelah itu, bahan + wadah dikeluarkan dari oven *microwave* dan dimasukkan ke dalam eksikator hingga suhu bahan menjadi konstan, dan ditimbang beratnya. Kadar air bahan basis basah dapat dihitung dengan Persamaan 3.4:

$$m(\%bb) = \frac{Wt-Wd}{Wt} \times 100\% = \frac{Wm}{Wt} \times 100\% \quad \text{.....(3.4)}$$

keterangan: m = kadar air basis basah (%bb);

Wm = Berat air dalam bahan (gram)

Digital Repository Universitas Jember

Wd = Berat padatan (gram)

Wt = Berat total (gram).

Selanjutnya setelah mengetahui lama total waktu pengeringan yang dibutuhkan,maka dapat menentukan interval waktu yang akan digunakan pada setiap daya 420, 537 dan 723 W.

3.5.2 Penelitian Utama

a. Pengukuran perubahan kadar air bahan selama pengeringan

Perubahan kadar air selama pengeringan dalam oven *microwave* diukur dengan tahapan pertama menimbang cawan kosong yang akan digunakan. Kemudian ditimbang wortel (± 50 gram), dan dimasukkan ke dalam oven *microwave* pada daya 420 W. Pada proses pengeringan wortel tersebut, dilakukan pembalikan bahan setiap 30 detik, hal tersebut bertujuan agar wortel tidak hangus. Setelah 1 menit pertama bahan dikeluarkan dari oven *microwave* dan dimasukkan ke dalam eksikator selama 15 menit sampai suhu bahan normal (sesuai dengan suhu ruangan laboratorium yaitu berkisar antara 25-27°C), kemudian ditimbang beratnya. Perubahan kadar air dapat dihitung dengan persamaan 3.4. Perlakuan tersebut diulang kembali pada interval waktu 1 menit (kelipatannya) sampai kadar air kurang dari 12% bb. Percobaan diatas juga dilakukan pada pengeringan menggunakan oven *microwave* daya 723 dan 537 W serta pengeringan dengan oven konveksi suhu 60°C.

b. Pengukuran kadar air kesetimbangan (Me)

Pengukuran kadar air kesetimbangan dapat dilakukan sama seperti pengukuran perubahan kadar air. Pengeringan dilakukan hingga dicapai berat konstan. Selanjutnya, nilai kadar air kesetimbangan (Me) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.3.

3.6 Metode Analisis Data

3.6.1 Laju Pengeringan

Menurut Brooker *et al.* (1992:296), profil laju pengeringan selama berlangsungnya proses pengeringan dapat dihitung dengan persamaan:

Digital Repository Universitas Jember

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

keterangan: $\frac{dM}{dt}$ = Laju Pengeringan (%bk/menit)

Mt_1 = Kadar air bahan saat waktu ke-t_1

Mt_2= Kadar air bahan saat waktu ke- t_2

Δt = selisih $t_1$dan t_2 (menit).

3.6.2 Pemodelan

Menurut Brooker *et al*. (1992:195), perubahan kadar air bahan selama proses pengeringan dapat dihitung dengan Persamaan Page:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-k.t^n) \quad \text{.....(3.6)}$$

keterangan: MR= Rasio Kadar Air

Mt = Kadar Air pada saat t

Me = Kadar Air Kesetimbangan

M_0 = Kadar air Awal

Koefisien pengeringan *k dan n* diperoleh dari hasil linerisasi Persamaan 3.6, sebagai berikut:

ln(-ln(MR)) = ln k + n ln t……..……... (3.7)

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

Sedangkan untuk perbandingan, digunakan persamaan eksponensial (Newton) sebagai berikut:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-k.t) \quad \text{.....(3.8)}$$

Digital Repository Universitas Jember

Koefisien pengeringan *k* dan *n* diperoleh dari hasil linerisasi Persamaan 3.8: sebagai berikut:

(-ln (*MR*)) = *kt*..... (3.9)

Persamaan diatas dapat diuraikan menjadi suatu persamaan regresi yaitu:

y = ax

keterangan: y = (-ln MR)

a = *k*

x = t

3.6.3 Analisis Data

Data-data yang telah diperoleh dari hasil penelitian akan dianalisis menggunakan *software Microsoft Excel* 2010 dan disajikan dalam bentuk grafik yaitu mengenai perubahan kadar air dan laju pengeringan. Selain itu juga dilakukan uji validitas yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kebenaran dari data yang dihasilkan. Uji validitas yang dilakukan yaitu dengan menggunakan kriteria *coefficient of determination* (R^2) dan *root mean square error* (RMSE). Nilai R^2 menunjukkan tingkat akurasi tren kurva model pengeringan yang dievaluasi untuk mengikuti bentuk kurva yang dibentuk oleh data eksperimen pengeringan. Sedangkan nilai RMSE menunjukkan nilai deviasi antara nilai estimasi dan data eksperimen pengeringan (% basis kering). Dari kedua parameter statistik diatas dapat dihitung dengan Persamaan 3.10, 3.11:

$$R^2 = 1 - \frac{(\sum MRest - MRobs)^2}{(\sum MRobs - \overline{MR}obs)^2} \quad \text{.....(3.10)}$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (MRest,i - MRobs,i)^2 \right]^{1/2} \quad \text{.....(3.11)}$$

$MR_{est,i}$ dan $MR_{obs,i}$ adalah nilai MR hasil estimasi dan observasi pada saat ke-i, sedangkan N adalah jumlah pengamatan yang dilakukan. Berdasarkan Persamaan pemodelan yang digunakan diatas model pengeringan yang terbaik adalah apabila R^2 menunjukkan nilai tertinggi, sedangkan untuk RMSE menunjukkan nilai terendah (Taruna dan Sutanto, 2013:3).

Digital Repository Universitas Jember

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengeringan Wortel

Bahan utama penelitian yang digunakan adalah sayur wortel segar yang diperoleh dari produsen sayuran di wilayah Pasar Tanjung, Jember-Jawa Timur. Kandungan air yang tersimpan di dalam wortel cukup banyak yaitu berkisar antara 89,250% bb – 91,479% bb, hal tersebut dapat menyebabkan umur simpan wortel relatif pendek. Untuk memperpanjang umur simpan wortel perlu dilakukan suatu penanganan pasca panen yaitu dengan cara mengurangi kadar air bahan melalui proses pengeringan. Pada penelitian ini proses pengeringan yang dilakukan menggunakan oven *microwave* dan oven konveksi suhu 60°C dengan berbagai perlakuan terhadap daya dan geometri bahan. Daya yang digunakan yaitu sebesar 420, 537, dan 723 W, serta geometri bahan yang digunakan yaitu parutan kasar, parutan sedang dan parutan halus. Pada masing-masing geometri bahan dilakukan pengukuran mengenai densitas curah. Hasil pengukuran densitas curah untuk setiap geometri bahan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Densitas Curah pada Berbagai Geometri Bahan

Geometri Bahan	Nilai Densitas Curah (ρ) (kg/m³)
Parutan Kasar	228
Parutan sedang	271
Parutan Halus	613

Sumber: Data primer diolah (2015).

Pada Tabel 4.1 dapat diketahui nilai densitas curah pada masing-masing geometri bahan yang dilakukan. Pengukuran densitas curah ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak bahan yang dapat disimpan dalam suatu wadah berdasarkan ukuran bahan yang telah dilakukan melalui pengecilan ukuran dengan parutan kasar, sedang, dan halus. Berdasarkan hasil pengukuran densitas curah pada masing-masing geometri bahan maka dapat disimpulkan bahwa pada parutan halus memiliki nilai densitas curah tertinggi yaitu sebesar 613 kg/m³. Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil ukuran suatu bahan, maka semakin banyak massa bahan yang mampu menempati suatu ruang (Maryanto dan Yuwanti, 2007:11).

Digital Repository Universitas Jember

Pada proses pengeringan dengan menggunakan oven *microwave* dan oven konveksi, dilakukan pengeringan hingga kadar air bahan mencapai maksimal sebesar 12% bb. Selama proses pengeringan berlangsung, dilakukan pengamatan terhadap perubahan kadar air sesuai dengan interval waktu yang ditentukan pada daya 420, 537, dan 723 W dan juga berdasarkan masing-masing geometri bahan yang telah diketahui nilai densitas curah bahan yaitu 228 kg/m³, 271 kg/m³, dan 613 kg/m³. Pada proses pengeringan wortel juga dilakukan pembalikan bahan setiap 30 detik, hal ini bertujuan agar hasil pengeringan bahan yang dikeringkan dalam oven *microwave* tidak hangus dan tetap mempertahankan warna.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan total waktu untuk masing-masing daya dan geometri bahan berbeda-beda. Terdapat perbedaan 1 menit untuk untuk masing-masing total waktu yang dibutuhkan berdasarkan nilai densitas curah bahan dan daya yang digunakan pada oven *microwave*, sedangkan pada oven konveksi total waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan sampai kadar air maksimal mencapai 12%bb juga mengalami perbedaan 30 menit untuk setiap densitas curah bahan. Pada penggunaan oven konveksi waktu tercepat yaitu selama 300 menit pada densitas curah bahan sebesar 613 kg/m³. Hasil pengeringan wortel untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kadar Air dan Durasi Pengeringan Wortel pada Berbagai Perlakuan

Metode	Perlakuan		Kadar Air Awal Rata-Rata		Kadar Air Akhir Rata-Rata		Durasi (menit)
	Densitas Curah (kg/m³)	Daya	(%bb)	(%bk)	(%bb)	(%bk)	
Microwave	228	420	90,644	968,833	11,021	12,393	12
		537	90,641	968,490	11,568	13,091	11
		723	90,644	968,833	10,542	11,789	10
	271	420	90,641	968,490	9,765	10,826	11
		537	89,869	890,369	8,335	9,096	9
		723	89,405	844,283	4,588	4,809	8
	613	420	89,717	876,661	9,287	10,280	13
		537	90,177	922,404	12,482	14,269	11
		723	90,333	936,455	12,982	14,921	10
Konveksi	228	60°C	89,993	899,300	10,036	11,168	360
	271	60°C	89,993	899,300	9,106	10,023	330
	613	60°C	89,993	899,300	4,966	5,228	300

Sumber: Data primer diolah (2015).

Pada Tabel 4.2 dapat diketahui pada penggunaan oven *microwave* bahwa waktu tercepat untuk densitas curah bahan sebesar 228 kg/m³ yaitu pada daya

Digital Repository Universitas Jember

sebesar 723 W, dengan penurunan nilai kadar air mulai 968,833% bk menjadi 11,789% bk dalam waktu 10 menit. Pada densitas curah bahan sebesar 271 kg/m³ pengeringan tercepat terjadi pada daya 723 W dengan perubahan kadar air awal sebesar 844,283% bk menjadi 4,809% bk selama 8 menit. Sedangkan pada densitas curah bahan sebesar 613 kg/m³ pengeringan tercepat terjadi pada daya 723 W dengan perubahan kadar air yang semula 936,455 % bk menjadi 14,921% bk dengan waktu 10 menit. Untuk membandingkan antara ketiga geometri bahan yang tercepat antara densitas curah bahan sebesar 228 kg/m³, 271 kg/m³, dan 613kg/m³ adalah densitas curah bahan sebesar 613 kg/m³. Hal tersebut dapat dilihat pada penurunan kadar air pada setiap interval waktu lebih cepat jika dibandingkan densitas curah bahan sebesar 228 kg/m³ dan 271 kg/m³. Jadi, pengeringan dengan menggunakan oven *microwave* telah membuktikan bahwa semakin kecil ukuran bahan mengakibatkan luas permukaan per satuan massa bahan tersebut semakin besar sehingga dapat melakukan proses pindah panas dan pindah massa secara lebih cepat.

Pada pengeringan wortel dengan menggunakan oven konveksi bertujuan untuk membandingkan kecepatan pengeringan dengan oven *microwave.* Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa pengeringan tercepat terjadi pada densitas curah bahan sebesar 613 kg/m³ yaitu perubahan kadar air semula 899,300% bk menjadi 5,228% bk, dengan waktu pengeringan selama 300 menit. Jika dibandingkan kecepatan waktu pengeringan antara oven *microwave* dengan oven konveksi, maka dapat diketahui bahwa penggunaan oven *microwave* lebih efektif, karena total waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air maksimal 12% lebih singkat. Lamanya waktu pengeringan pada oven konveksi dipengaruhi oleh panas yang diberikan pada bahan rendah sehingga penguapan air yang terjadi akan lambat. Sedangkan apabila dilihat dari kecepatan pengeringan berdasarkan geometri bahan, baik pada penggunaan oven *microwave* ataupun oven konveksi, densitas curah bahan sebesar 613 kg/m³ selalu lebih cepat mencapai kadar air yang diinginkan. Hal ini disebabkan karena ukuran bahan lebih kecil, sehingga memperbesar luas permukaan per satuan massa bahan dan mempercepat berlangsungnya proses pengeringan wortel.

Digital Repository Universitas Jember

Berdasarkan hasil pengukuran perubahan kadar air wortel selama proses pengeringan menggunakan oven *microwave* dapat diketahui bahwa semakin besar daya yang digunakan, maka akan semakin cepat proses pengeringan suatu bahan berlangsung. Menurut Murthy *et.al.* (2014:11), daya *microwave* yang lebih besar akan menghasilkan panas yang lebih besar sehingga proses penguapan air akan berlangsung lebih cepat. Hal inilah yang menyebabkan waktu pengeringan pada daya 723 watt menjadi lebih singkat jika dibandingkan dengan daya 537 watt dan 420 watt. Hasil pengeringan wortel menggunakan oven *microwave* ini jika dibandingkan dengan hasil penelitian mengenai pengeringan daun jeruk purut (Farihatus, 2015:25) dapat dikatakan sejalan, karena berdasarkan hasil perbandingan penelitian tersebut terbukti bahwa apabila daya yang digunakan pada oven *microwave* tinggi, maka waktu pengeringan akan relatif singkat.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran terhadap kadar air kesetimbangan. Kadar air kesetimbangan dapat diperoleh jika berat bahan yang dikeringkan sudah mencapai berat konstan pada berbagai kondisi pengeringan yang digunakan dalam penelitian ini. Kadar air kesetimbangan wortel dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kadar Air Kesetimbangan Wortel pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	t (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)
MW-420	18 menit	917,294	3,150
MW-537	16 menit	917,294	3,146
MW-723	15 menit	917,294	1,829
Ov-60 (ρ 228 kg/m³)	480 menit	968,490	2,238
Ov-60 (ρ 271 kg/m³)	480 menit	872,384	1,524
Ov-60 (ρ 613 kg/m³)	480 menit	1031,862	3,280

Sumber: Data primer diolah (2015).

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui nilai kadar air kesetimbangan pada berbagai perlakuan. Pada tabel tersebut nilai kadar air kesetimbangan pada penggunaan oven *microwave* diperoleh waktu paling cepat pada daya 723 watt dengan nilai Me terendah sebesar 1,829 %bk dibandingkan dengan daya 537 watt dan 420 watt. Hal tersebut membuktikan bahwa semakin besar daya yang digunakan pada suatu proses pengeringan, maka akan semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan bahan tersebut untuk mencapai berat konstan bahan. Sedangkan pada pengukuran nilai kadar air kesetimbangan dengan menggunakan

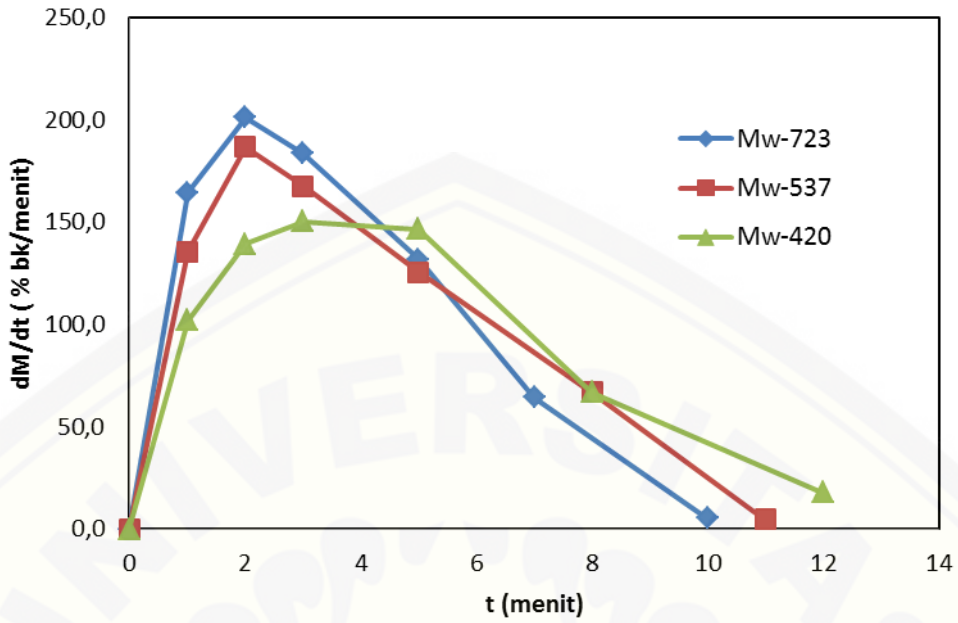
Digital Repository Universitas Jember

pembanding oven konveksi diperoleh waktu yang lama yaitu 480 menit dengan nilai Me pada masing-masing geometri bahan sebesar 2,238 %bk pada densitas curah bahan 228 kg/m³, 1,524 %bk pada densitas curah bahan 271 kg/m³ dan 3,280 %bk pada densitas curah bahan sebesar 613 kg/m³ untuk mencapai berat konstan dari bahan yang dikeringkan.

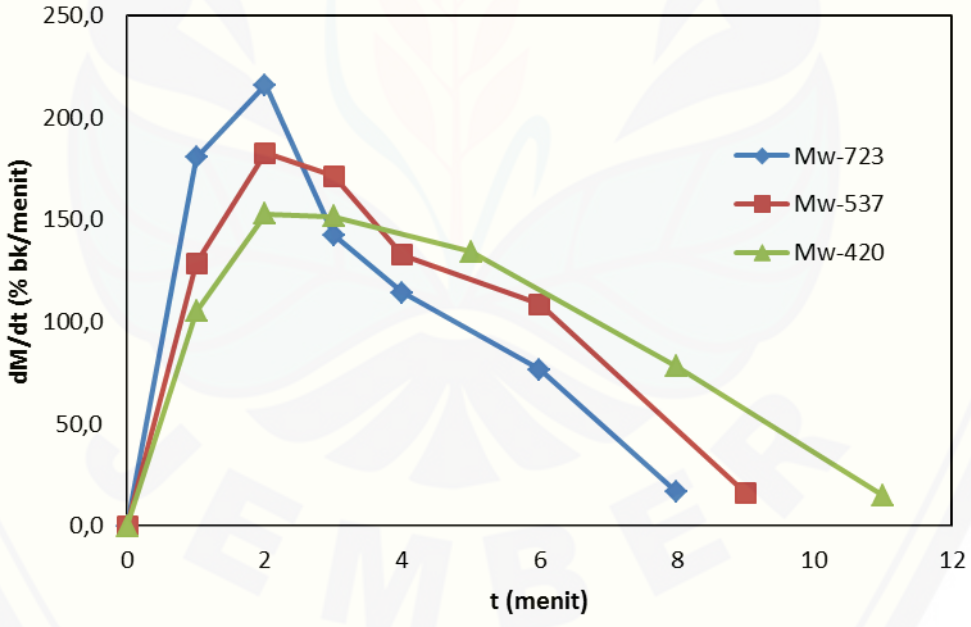
4.2 Laju Pengeringan

Laju pengeringan merupakan gambaran hubungan antara besarnya air yang diuapkan dari bahan pada satuan waktu. Nilai laju pengeringan suatu bahan dapat ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya kandungan air dalam bahan, kondisi dan pengaturan geometris bahan selama proses pengeringan serta penggunaan alat pengeringan (Effendi, 2009:33). Nilai laju pengeringan dapat diperoleh berdasarkan perhitungan antara selisih kadar air bahan (% basis kering) dibagi dengan interval waktu yang digunakan pada saat pengamatan berlangsung. Hasil dari perhitungan laju pengeringan dapat dilihat pada Lampiran B, sedangkan untuk grafik antara laju pengeringan terhadap waktu pengeringan dapat dilihat pada Gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4.

Digital Repository Universitas Jember

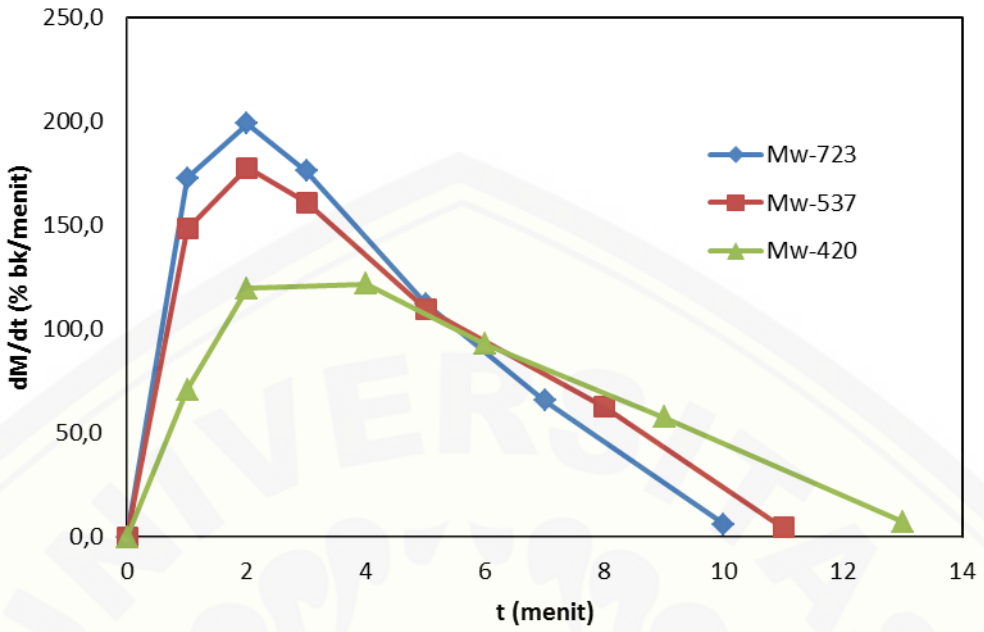


Gambar 4.1 Hubungan Laju Pengeringan Terhadap Waktu Pengeringan pada Berbagai Kondisi Daya dan Densitas Curah 228 Kg/m³

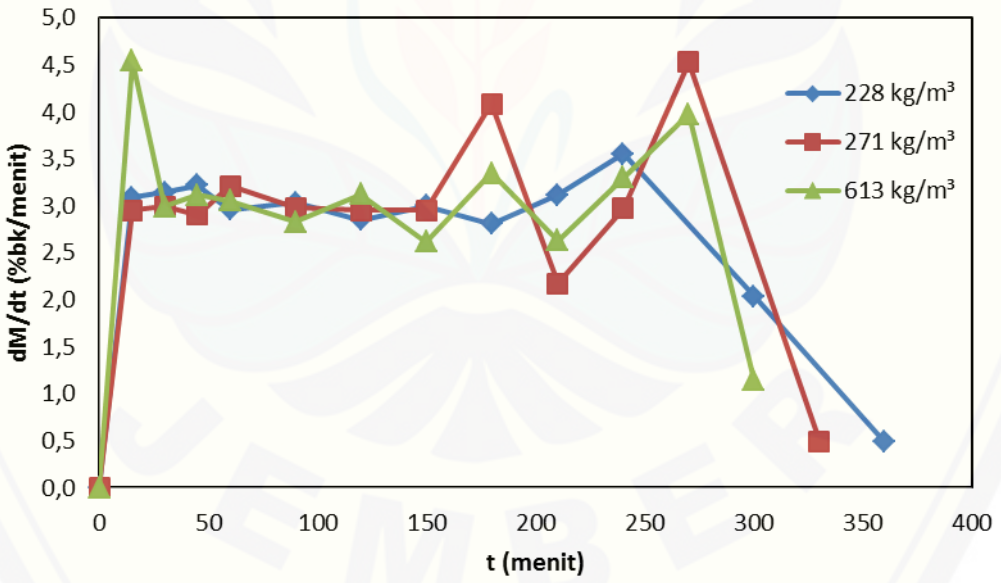


Gambar 4.2 Hubungan Laju Pengeringan Terhadap Waktu Pengeringan pada Berbagai Kondisi Daya dan Densitas Curah 271 Kg/m³

Digital Repository Universitas Jember



Gambar 4.3 Hubungan Laju Pengeringan Terhadap Waktu Pengeringan pada Berbagai Kondisi Daya dan Densitas Curah 613 Kg/m³



Gambar 4.4 Hubungan Laju Pengeringan Terhadap Waktu pada Oven Konveksi 60°C

Digital Repository Universitas Jember

Berdasarkan Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 dapat terlihat bahwa semakin tinggi daya yang digunakan, maka semakin besar pula nilai laju pengeringan yang terjadi. Periode laju pengeringan tertinggi terjadi pada perlakuan oven *microwave* dengan daya 723 W pada masing-masing densitas curah bahan. Pada densitas curah 228 kg/m³ nilai laju pengeringan tertinggi yaitu 201,4%bk/menit. Densitas curah 271 kg/m³ nilai laju pengeringan tertinggi sebesar 216.1%bk/menit, sedangkan untuk densitas curah sebesar 613 kg/m³ laju pengeringan tertinggi sebesar 198,8%bk/menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa apabila daya yang digunakan semakin tinggi, maka energi panas yang masuk ke dalam bahan akan semakin besar, sehingga kecepatan pindah panas ke dalam bahan dan penguapan air dari dalam bahan akan lebih banyak. Namun, berdasarkan teori yang ada segmen laju pengeringan yang terbaik terdapat pada daya 420 W baik untuk densitas curah bahan 228 kg/m³, 271 kg/m³, dan 613 kg/m³. Grafik tersebut terlihat secara jelas beberapa segmen periode laju pengeringan yang terdiri dari periode permulaan/pemanasan, periode laju pengeringan konstan, kadar air kritis, periode laju pengeringan menurun pertama dan periode laju pengeringan menurun kedua. Pada Gambar 4.1 dengan densitas curah 228 kg/m³ periode permulaan/pemanasan pada menit ke 0-2, periode laju pengeringan konstan pada menit ke 2-5, kadar air kritis pada menit ke 5, laju pengeringan menurun pertama pada menit ke 5-8 dan laju pengeringan menurun kedua pada menit ke 8-12. Gambar 4.2 merupakan laju pengeringan bahan dengan densitas curah 271 kg/m³ periode permulaan/pemanasan pada menit ke 0-2, periode laju pengeringan konstan pada menit ke 2-5, kadar air kritis pada menit ke 5, laju pengeringan menurun pertama pada menit ke 5-8 dan laju pengeringan menurun kedua pada menit ke 8-11. Sedangkan untuk Gambar 4.3 merupakan laju pengeringan dengan densitas curah bahan sebesar 613 kg/m³ yaitu dimulai dari periode permulaan/pemanasan pada menit ke 0- 2, periode laju pengeringan konstan pada menit ke 2-4, kadar air kritis pada menit ke 6, laju pengeringan menurun pertama pada menit ke 6-9 dan laju pengeringan menurun kedua pada menit ke 9-13.

Digital Repository Universitas Jember

Pada Gambar 4.4 mengenai grafik hubungan laju pengeringan terhadap waktu pada penggunaan oven konveksi 60°C terlihat bahwa profil laju pengeringan berlangsung tidak stabil pada setiap proses berlangsungnya pengamatan. Hal ini disebabkan karena prinsip kerja dari oven konveksi berbeda dengan oven *microwave*. Pada penggunaan oven konveksi, pemanasan terjadi melalui perambatan panas dari sumber panas ke permukaan bahan. Dari permukaan bahan tersebut, panas merambat masuk ke dalam bahan. Dengan mekanisme tersebut, mengakibatkan bagian permukaan bahan pangan mendapatkan panas yang lebih intensif dibandingkan dengan bagian dalam bahan. Sehingga hal tersebut mengakibatkan pemanasan yang tidak merata, dan berdampak terhadap ketidakstabilan terhadap profil laju pengeringan. Namun berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui beberapa segmen laju pengeringan, pada densitas curah 228 kg/m^3 periode permulaan/ pemanasan terjadi pada menit ke 0-15, periode laju pengeringan konstan terjadi pada menit ke 15-210 dan periode pengeringan menurun pada menit ke 300-360. Pada densitas curah bahan 271 kg/m^3 periode laju pengeringan permulaan/pemanasan pada menit ke 0-15, periode laju pengeringan konstan pada menit ke 15-240 dan laju pengeringan menurun pada menit ke 270-330. Sedangkan untuk densitas curah 613 kg/m^3 periode laju pengeringan permulaan/pemanasan pada menit ke 0-15, periode laju pengeringan konstan pada menit ke 30- 240 dan laju pengeringan menurun pada menit ke 270-300. Berdasarkan grafik tersebut juga diketahui nilai laju pengeringan tertinggi untuk masing-masing nilai densitas curah bahan. Pada densitas curah 228 kg/m^3 nilai laju pengeringan tertinggi yaitu 3,6%bk/menit. Densitas curah 271 kg/m^3 nilai laju pengeringan tertinggi sebesar 4,5%bk/menit, sedangkan untuk densitas curah sebesar 613 kg/m^3 laju pengeringan tertinggi sebesar 4,5%bk/menit. Apabila profil laju pengeringan pada Gambar 4.1; 4.2; 4.3 dan Gambar 4.4 dibandingkan, maka dapat disimpulkan bahwa pada pengeringan menggunakan oven *microwave* proses pindah panas berlangsung lebih cepat, hal tersebut dapat terlihat pada nilai laju pengeringan pada oven *microwave* lebih besar dibandingkan dengan oven konveksi.

Digital Repository Universitas Jember

4.3 Pemodelan Pindah Massa Air Selama Proses Pengeringan

Pada setiap bahan pangan hasil pertanian, memiliki nilai konstanta pengeringan K yang berbeda. Perbedaan ini tergantung jenis bahan pangan dan persamaan yang digunakan. Dalam penelitan ini, persamaan yang digunakan ialah persamaan model Page dan persamaan model Newton. Kedua persamaan tersebut digunakan untuk mengetahui model yang sesuai dalam memprediksi kadar air wortel selama proses pengeringan berlangsung.

Pada persamaan model Page, nilai konstanta pengeringan yang diperlukan adalah k dan n. Nilai konstanta pada Persamaan Page dapat diperoleh dengan cara menghubungkan nilai ln(-ln(MR)) dengan ln(t), kemudian dilinearkan sehingga akan didapat persamaan y = a + bx, dimana y merupakan ln(-ln MR), a merupakan nilai dari ln k, b merupakan nilai dari n dan x merupakan nilai dari ln t.

Model Newton digunakan sebagai pembanding dari model Page. Pada persamaan model Newton, konstanta yang diperlukan adalah k. Nilai konstanta pada persamaan ini diperoleh dari hasil regresi linier –ln (MR) dengan waktu (t), sehingga diperoleh persamaan y = ax, dimana y merupakan –ln (MR), a merupakan nilai dari k dan x merupakan nilai dari t (Brooker *et al*., 1992:195).

Nilai konstanta untuk masing-masing model pengeringan dapat dilihat pada Tabel 4.4, sedangkan model dari persamaannya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Konstanta pengeringan dan nilai koefisien determinasi (R^2) pada berbagai perlakuan pengeringan

Metode Pengeringan	Perlakuan			Model Page			Model Newton	
	Daya (watt)	Suhu (°C)	ρ (kg/m³)	k	n	R^2	k	R^2
Microwave	723		228	0,180	1,453	0,994	0,449	0,952
	537		228	0,148	1,466	0,993	0,404	0,949
	420		228	0,105	1,516	0,999	0,338	0,941
	723		271	0,189	1,552	0,973	0,563	0,886
	537		271	0,147	1,588	0,996	0,473	0,910
	420		271	0,107	1,565	0,997	0,379	0,922
	723		613	0,201	1,368	0,994	0,421	0,961
	537		613	0,171	1,383	0,994	0,390	0,955
	420		613	0,117	1,415	0,985	0,329	0,938
Oven		60	228	0,00102	1,3523	0,9679	0,0090	0,8104
		60	271	0,00089	1,3825	0,9586	0,0092	0,7555
		60	613	0,00147	1,3069	0,9133	0,0110	0,6300

Sumber: Data primer diolah (2015).

Digital Repository Universitas Jember

Tabel 4.5 Model pengeringan wortel

Perlakuan	ρ (kg/m³)	Model Page	Model Newton
Mw-723	228	$MR = e^{-0,180\ t^{1,458}}$	$MR = e^{-0,449t}$
Mw-537	228	$MR = e^{-0,148\ t^{1,466}}$	$MR = e^{-0,404t}$
Mw-420	228	$MR = e^{-0,105\ t^{1,516}}$	$MR = e^{-0,338t}$
Mw-723	271	$MR = e^{-0,189\ t^{1,552}}$	$MR = e^{-0,563t}$
Mw-537	271	$MR = e^{-0,147\ t^{1,588}}$	$MR = e^{-0,473t}$
Mw-420	271	$MR = e^{-0,107\ t^{1,565}}$	$MR = e^{-0,379t}$
Mw-723	613	$MR = e^{-0,201\ t^{1,368}}$	$MR = e^{-0,421t}$
Mw-537	613	$MR = e^{-0,171\ t^{1,388}}$	$MR = e^{-0,390t}$
Mw-420	613	$MR = e^{-0,117\ t^{1,415}}$	$MR = e^{-0,329t}$
Ov-60	228	$MR = e^{-0,00102\ t^{1,3528}}$	$MR = e^{-0,00900t}$
Ov-60	271	$MR = e^{-,000089\ t^{1,3825}}$	$MR = e^{-0,00920t}$
Ov-60	613	$MR = e^{-0,00147\ t^{1,3069}}$	$MR = e^{-0,1100t}$

Sumber: Data primer diolah (2015).

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dapat diperoleh hasil bahwa nilai konstanta pada masing-masing perlakuan dan model berbeda-beda. Nilai konstanta pengeringan (k) tertinggi terjadi pada daya 723 watt baik untuk model Page ataupun Newton. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar daya yang digunakan dalam suatu proses pengeringan, maka dapat meningkatkan laju pengeringan pada wortel. Pada penggunaan oven konveksi nilai konstanta pengeringan (k) tertinggi terjadi pada densitas curah sebesar 613 kg/m³, baik untuk model Page maupun Newton. Sedangkan apabila dilihat berdasarkan geometri bahan dari bahan yang memiliki densitas curah 228 kg/m³, 271 kg/m³, dan 613 kg/m³, nilai konstanta (k) tertinggi untuk kedua persamaan model Page dan Newton terjadi pada bahan dengan densitas sebesar 613 kg/m³ yaitu pada bahan berbentuk parutan halus. Jadi semakin kecil ukuran bahan, maka semakin besar luas permukaannya dan semakin tinggi nilai konstanta (k) yang diperoleh sehingga mempercepat laju pengeringan yang terjadi. Jika dibandingkan antara penggunaan oven *microwave* dan oven konveksi berdasarkan nilai konstanta (k) baik untuk model Page ataupun Newton, penggunaan oven *microwave* lebih cepat karena nilai konstanta (k) yang diperoleh jauh lebih besar dibandingkan oven konveksi. Apabila nilai k pada pengerigan wortel dibandingkan dengan penelitian

Digital Repository Universitas Jember

sebelumnya yang juga melakukan pengeringan menggunakan microwave yaitu penelitian mengenai pengeringan daun jeruk purut (Farihatus, 2015:29) nilai k pada pengeringan wortel lebih kecil dibandingkan dengan daun jeruk perut. Hal tersebut disebabkan karena kadar air pada bahan berbeda jauh, dimana kadar air wortel lebih besar yaitu antara 89,250% bb – 91,479% bb dibandingkan daun jeruk perut yang memiliki kadar air 59,63% bb – 64,91% bb dan juga daun jeruk tersebut berbentuk lembaran tipis sehingga antar daun pada saat dikeringkan tidak saling menempel, hal tersebut yang menyebabkan kecepatan pengeringan daun jeruk purut lebih besar dibandingkan dengan pengeringan wortel.

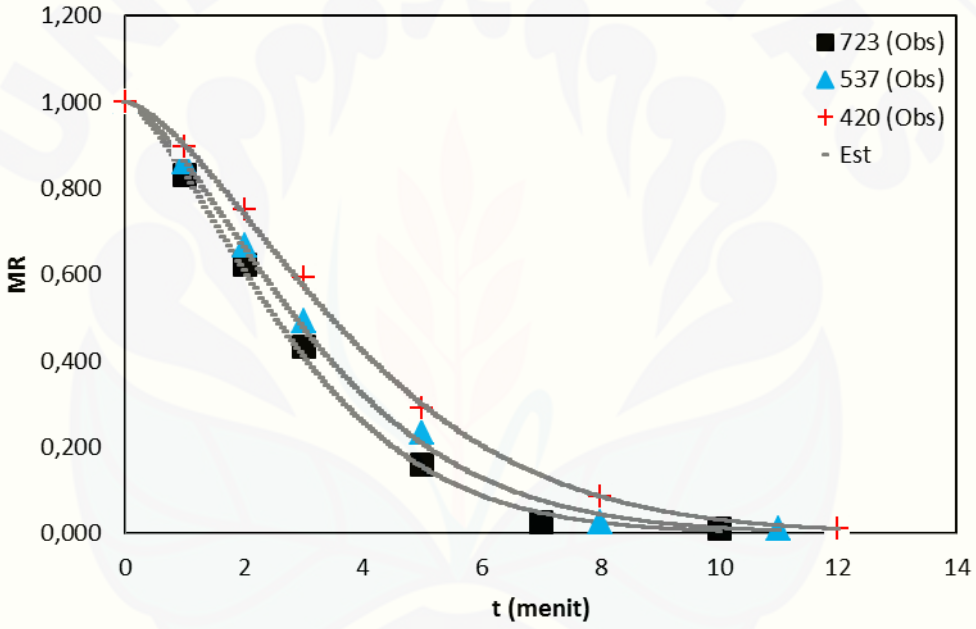
Apabila dianalisis berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) pada masing-masing perlakuan pengeringan, hasil model pengeringan dengan menggunakan oven *microwave* masih lebih baik dibandingkan dengan oven konveksi. Pada oven *microwave* nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1, yaitu 0,886 – 0,999. Sedangkan pengeringan wortel dengan oven konveksi nilai koefisien determinasi (R^2) berkisar antara 0,726 – 0,9698. Jika dilihat dari rentan nilai tersebut, nilai koefisien determinasi (R^2) pada penggunaan oven *microwave* lebih mendekati 1. Sedangkan berdasarkan model pengeringan yang digunakan antara model Page dan model Newton, berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) terbaik adalah model Page karena nilai R^2 relatif konstan dan mendekati nilai 1 untuk setiap proses perlakuan pengeringan. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan persamaan model Page dalam menggambarkan proses pengeringan wortel masih lebih baik dibandingkan dengan persamaan model Newton.

4.4 Uji Validitas

Uji validitas model digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan model yang digunakan dalam suatu penelitian. Model yang digunakan pada penelitian mengenai karakteristik pengeringan wortel (*Daucus carota* L.) berdasarkan keragaman geometri bahan dan daya oven *microwave* ini adalah model Page dan model Newton. Dengan mengetahui tingkat akurasi pada masing-masing model yang diuji, maka dapat ditentukan model pengeringan yang terbaik dan paling cocok untuk digunakan pada penelitian ini. Uji validitas model dapat dilakukan

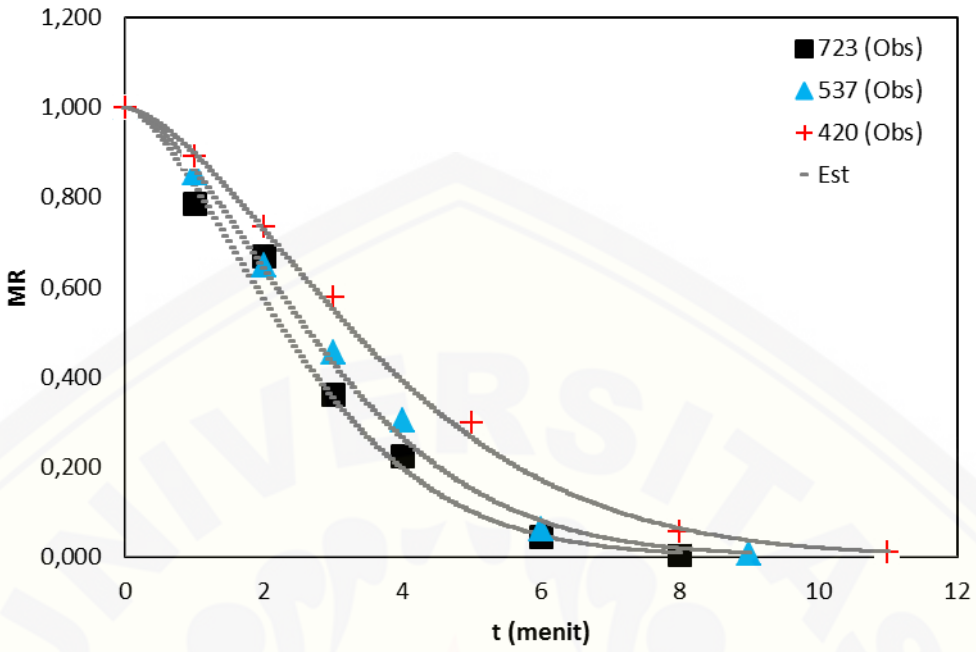
Digital Repository Universitas Jember

dengan dua cara yaitu baik secara grafik ataupun dengan statistik. Uji validitas secara grafik dilakukan dengan cara ploting hubungan antara MR estimasi (MR berdasarkan hasil perhitungan menggunakan pemodelan) dan MR observasi (MR hasil percobaan penelitian). Apabila titik hasil plot MR observasi mendekati garis hasil plot MR estimasi maka model yang digunakan tersebut sesuai dengan pengeringan wortel. Hasil analisa grafik uji validitas model Newton dapat dilihat pada Lampiran D, sedangkan analisa grafik uji validitas model Page dilihat pada Gambar 4.5, 4.6, 4.7, dan 4.8,

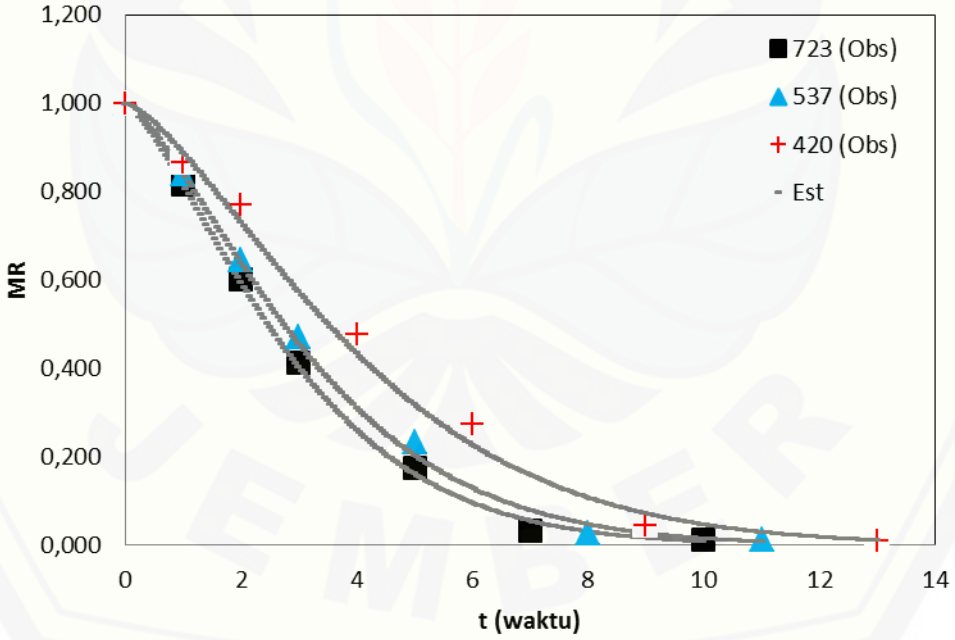


Gambar 4.5 Hubungan MR Observasi dan MR Estimasi pada Densitas Curah 228kg/m³ dan Daya 420, 537, 723 W

Digital Repository Universitas Jember

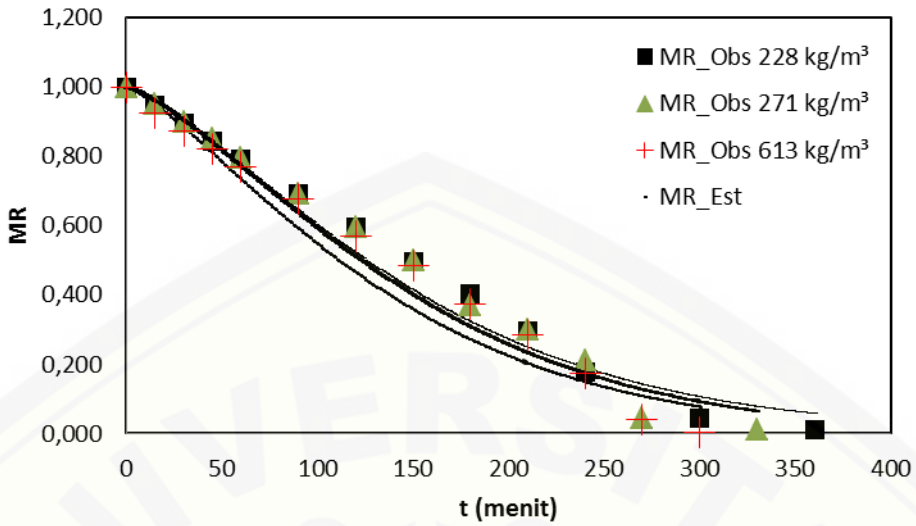


Gambar 4.6 Hubungan MR Observasi dan MR Estimasi pada Densitas Curah 271kg/m³ dan Daya 420, 537, 723 W



Gambar 4.7 Hubungan MR Observasi dan MR Estimasi pada Densitas Curah 613kg/m³ dan Daya 420, 537, 723 W

Digital Repository Universitas Jember



Gambar 4.8 Hubungan MR Observasi dan MR Estimasi pada Suhu 60°C

Gambar 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 di atas merupakan gambar terbaik hubungan antara MR observasi dan MR estimasi pada pemodelan Page. Dapat diketahui bahwa analisa grafik hubungan antara MR observasi dan MR estimasi berbeda-beda pada setiap densitas curah bahan dan daya yang digunakan. Jika dibandingkan antara model Page dan Newton pada grafik hubungan MR observasi dan MR estimasi dapat disimpulkan bahwa model Page memiliki grafik yang lebih sempurna dibandingkan model Newton. Hal tersebut dapat diketahui dari garis hubungannya yaitu titik nilai hasil pengeringan secara observasi tidak jauh berbeda dengan titik nilai hasil estimasi. Sedangkan pada grafik hubungan MR observasi dan MR estimasi dengan menggunakan model Newton terjadi beberapa penyimpangan terhadap titik-titik hasil pengeringan. Sehingga dari grafik hubungan tersebut dapat disimpulkan bahwa model Page memiliki kesesuaian atau tingkat akurasi yang lebih baik dibandingan dengan model Newton baik pada pengeringan dengan menggunakan oven *microwave* ataupun oven konveksi.

Digital Repository Universitas Jember

Uji validitas pengeringan secara statistik dapat dihitung dengan menggunakan nilai *coefficient of determination* (R^2) dan *root mean square eror* (RMSE). Nilai hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai R^2 dan RMSE pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	ρ (kg/m³)	Model Page		Model Newton	
		R^2	RMSE	R^2	RMSE
Mw-723	228	0,9988	0,0126	0,8761	0,1286
Mw-537	228	0,9987	0,0130	0,8584	0,1377
Mw-420	228	0,9994	0,0092	0,8325	0,1494
Ov-60	228	0,9773	0,0498	0,7554	0,1635
Mw-723	271	0,9872	0,0402	0,7629	0,1732
Mw-537	271	0,9971	0,0190	0,7822	0,1645
Mw-420	271	0,9980	0,0163	0,7893	0,1686
Ov-60	271	0,9721	0,0552	0,7337	0,1703
Mw-723	613	0,9991	0,0109	0,9169	0,1033
Mw-537	613	0,9984	0,0142	0,8948	0,1169
Mw-420	613	0,9930	0,0311	0,8466	0,1448
Ov-60	613	0,9538	0,0704	0,8832	0,1981

Sumber: Data primer diolah (2015).

Hasil uji validitas secara statistik menunjukkan perbedaan nilai yang cukup jauh antara perlakuan pengeringan menggunakan oven *microwave* dan oven konveksi. Pada pengeringan wortel menggunakan *microwave* nilai R^2 dan RMSE pada model Page lebih baik dibandingkan model Newton. Nilai R^2 pada model Page mendekati angka 1 yaitu berkisar 0,9872-0,9994, sedangkan nilai untuk RMSE mendekati nilai 0 yaitu berkisar antara 0,0092-0,0402. Uji validitas dengan menggunakan model Newton dapat diketahui bahwa nilai R^2 lebih kecil dibandingkan dengan nilai R^2 pada model Page yaitu berkisar antara 0,7629-0,9169. Sedangkan pada nilai RMSE juga lebih tinggi dibandingkan model Page. Hal tersebut bersesuaian dengan teori yang ada bahwa pada uji validitas untuk nilai R^2 apabila menunjukkan nilai tertinggi dan mendekati nilai 1, sedangkan untuk nilai RMSE apabila menunjukkan nilai terendah (Taruna dan Sutanto, 2013:3).

Pengeringan menggunakan oven konveksi model Page juga lebih baik dibandingkan model Newton. Hal tersebut dapat dilihat berdasarkan nilai R^2 pada model Page lebih besar yaitu berkisar antara 0.9538 – 0,9773 dibandingkan

Digital Repository Universitas Jember

dengan model Newton yang memiliki nilai R^2 sebesar 0,7337 – 0,8832 . Nilai RMSE pada model Page juga lebih kecil dibandingkan model Newton. Sehingga berdasarkan hasil uji validitas secara statistik di atas dapat disimpulkan bahwa model Page merupakan pemodelan yang sesuai untuk pengeringan bahan pangan yaitu wortel dengan daya pengeringan yang digunakan sebesar 420,537 dan 723 W serta suhu sebesar 60ºC dan densitas curah bahan sebesar 228 kg/m³, 271 kg/m³, dan 613 kg/m³.

Digital Repository Universitas Jember

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Proses pengeringan wortel dengan menggunakan microwave dapat menurunkan kadar air dari rentang antara 844,283% bk – 968,833% bk menjadi 11,789% bk – 13,091% bk pada densitas curah 228 kg/m^3, 4,809% bk – 10,826% bk pada densitas curah sebesar 271 kg/m^3 dan 10,280% bk – 14,921% bk pada densitas curah sebesar 613 kg/m^3. laju pengeringan tercepat terjadi pada daya 723 W pada setiap densitas curah bahan. Semakin tinggi daya yang digunakan, maka semakin cepat laju pengeringan berlangsung.
2. Penurunan kadar air paling cepat antara oven *microwave* dan oven konveksi adalah pada penggunaan oven microwave yaitu pada daya 723 W untuk masing-masing ukuran densitas curah bahan, sedangkan pada oven konveksi pengeringan dengan suhu 60°C membutuhkan waktu lama yaitu 6 jam.
3. Model pengeringan terbaik untuk pengeringan wortel adalah model Page yaitu untuk daya 420, 537 dan 723 W dengan nilai densitas curah bahan sebesar bahan 228 kg/m^3, 271 kg/m^3, dan 613 kg/m^3, karena berdasarkan hasil uji validitas memiliki nilai R^2 tertinggi dan nilai RMSE terendah jika dibandingkan dengan model Newton.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengeringan wortel menggunakan unit pengeringan yang berbeda sehingga diharapkan dapat menghasilkan pengeringan wortel dengan kualitas yang lebih baik.

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2013. *Data Statistik Produksi Sayuran di Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.

Brooker, D. B., Barker, A.F., dan Hall, C. W. 1992. *Drying and Storage of Grain and Oilseeds*. The AVI Publishing Company, Inc,. Westport, Connecticut.

Buffler, C.R. 1993. *Microwave Cooking and Processing Engineering Fundamentals for the Food Scientist*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Cahyono. 2002. *Wortel Teknik Budidaya dan Analisa Usaha Tani.* Yogyakarta: Kanisius.

Decareau, R. V. 1985. *Microwaves In The Food Processing Industry.* London: Academic Press Inc.

Effendi, S. 2009. *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan.* Bandung: Alfabeta.

Estiasih, T. dan Ahmadi, K. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan.* Jakarta: PT Bumi Aksara.

Kartasapoetra, A. G. 1994. *Teknologi Penanganan Pasca Panen.* Jakarta: Rineka Cipta.

Maryanto dan Yuwanti, S. 2007. *Diklat Sifat Fisik Pangan dan Bahan Hasil Pertanian.* Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Muchtadi, T. dan Sugiyono. 2013. *Prinsip dan Proses Teknologi Pangan.* Bandung: Alfabeta.

Mulet, Berna, Roseljla, dan Canellas. 1993. *Analysis of Open Sun Drying Experiments Drying Technology*. Journal Of Food Engineering. Vol.11 (6): 1386 – 1400.

Murthy, Haris, Rashmi, Blessy, dan Monisha. 2014. *Effect of Blanching and Microwave Power on Drying Behavior of Green Peas.* Reseach Journal og Engineering Sciences. Vol.3(4):10-18.

Prabhanjan, D. G., Ramaswamy, H. S., dan Raghavan, G. S. V. 1995. *Microwave-Assisted Convective Air Drying of Thin Layer Carrots*. Journal Of Food Engineering. Vol.5 (25): 283-289.

Digital Repository Universitas Jember

Rozannah, N. A. V. 2013. *Kinetika Pindah Massa dan Perubahan Warna Ampas Tahu Selama Proses Pengeringan Menggunakan Oven Microwave.* Jember: Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Rubatzky, V. E. dan Yamaguchi, M. 1998. *Sayuran Dunia 1.* Bandung: ITB.

Su'aidah F. 2015. *Studi Karakteristik Pengeringan Daun Jeruk Purut (Citrus hystrix DC) Di Bawah Paparan Gelombang Mikro.* Jember: Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Saputra, A. dan Ningrum, D.K. 2010. *Pengeringan Kunyit Menggunakan Microwave dan oven.* http://eprints.undip.ac.id/13360/1/SKRIPSI_2006_PENGERINGAN KUNYIT. pdf.[11 mei 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.* Prosiding Seminar Nasional FTP-UNPAD-HIPI-2014. Jatinegara: Buku III Bidang Pasca Panen dan Teknologi Proses.

Wirakusumah, E. S. 2002. *Buah dan Sayur Untuk Terapi.* Jakarta: Penebar Swadaya.

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran A. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan Selama Pengeringan

1. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	90,641	90,641	90,65	90,644	968,490	968,490	969,519	968,833
1	88,986	89,114	88,720	88,940	807,906	818,590	786,538	804,345
2	85,921	86,154	85,218	85,764	610,256	622,222	576,496	602,991
3	80,361	81,060	80,796	80,739	409,188	427,991	420,726	419,302
5	57,104	60,506	64,329	60,646	133,120	153,205	180,342	155,556
7	20,543	23,566	20,137	21,415	25,855	30,832	25,214	27,300
10	11,191	9,827	10,609	10,542	12,602	10,897	11,868	11,789

2. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	90,641	90,641	90,641	90,641	968,490	968,490	968,490	968,490
1	89,438	89,179	89,219	89,279	846,795	824,145	827,564	832,835
2	86,579	86,727	86,474	86,593	645,085	653,419	639,316	645,940
3	83,080	82,901	82,124	82,702	491,026	484,829	459,402	478,419
5	70,361	69,591	68,357	69,436	237,393	228,846	216,026	227,422
8	20,000	23,529	20,273	21,267	25,000	30,769	25,427	27,065
11	10,687	11,331	12,687	11,568	11,966	12,778	14,530	13,091

3. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	90,650	90,641	90,641	90,644	969,519	968,490	968,490	968,833
1	89,757	89,705	89,511	89,658	876,282	871,368	853,419	867,023
2	88,128	87,885	87,729	87,914	742,308	725,427	714,957	727,564
3	85,255	85,185	85,255	85,232	578,205	575,000	578,205	577,137
5	71,756	75,303	74,496	73,852	254,060	304,915	292,094	283,690
8	48,058	46,818	41,280	45,385	92,521	88,034	70,299	83,618
12	10,687	10,345	12,030	11,021	11,966	11,538	13,675	12,393

4. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	89,250	89,250	89,716	89,405	830,233	830,233	872,384	844,283
1	86,004	87,005	87,608	86,872	614,498	669,517	707,004	663,673
2	79,812	81,892	83,197	81,634	395,353	452,230	495,136	447,573
3	71,979	76,216	77,145	75,113	256,877	320,446	337,549	304,957
4	63,941	65,178	67,468	65,529	177,323	187,175	207,393	190,630
6	29,581	25,588	26,989	27,386	42,007	34,387	36,965	37,786
8	4,490	4,991	4,283	4,588	4,701	5,253	4,475	4,810

Digital Repository Universitas Jember

5. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	89,250	90,641	89,716	89,869	830,233	968,490	872,384	890,369
1	87,624	89,478	87,909	88,337	707,993	850,427	727,043	761,821
2	83,959	86,817	84,734	85,170	523,420	658,547	555,058	579,008
3	77,174	82,876	80,031	80,027	338,104	483,974	400,778	407,619
4	69,027	77,081	72,601	72,903	222,862	336,325	264,981	274,723
6	33,907	39,184	36,149	36,413	51,301	64,431	56,615	57,449
9	7,692	8,772	8,541	8,335	8,333	9,615	9,339	9,096

6. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	90,641	90,641	90,641	90,641	968,490	968,490	968,490	968,490
1	89,667	89,509	89,685	89,620	867,735	853,205	869,444	863,461
2	87,606	87,603	87,777	87,662	706,838	706,624	718,162	710,541
3	84,661	84,869	84,932	84,821	551,923	560,897	563,675	558,832
5	73,855	74,398	74,852	74,368	282,479	290,598	297,650	290,242
8	35,626	33,428	38,340	35,798	55,342	50,214	62,179	55,912
11	9,478	9,302	10,516	9,765	10,470	10,256	11,752	10,826

7. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	90,641	89,716	90,641	90,333	968,490	872,384	968,490	936,455
1	88,715	87,718	88,772	88,402	786,111	714,202	790,598	763,637
2	85,502	83,698	85,533	84,911	589,744	513,424	591,239	564,802
3	80,178	77,921	80,353	79,484	404,487	352,918	408,974	388,793
5	64,626	60,326	61,258	62,070	182,692	152,052	158,120	164,288
7	22,900	24,394	26,761	24,685	29,701	32,265	36,538	32,835
10	13,494	13,029	12,423	12,982	15,598	14,981	14,185	14,921

8. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	90,641	90,641	89,250	90,177	968,490	968,490	830,233	922,404
1	89,022	89,124	87,368	88,505	810,897	819,444	691,636	773,992
2	85,938	86,063	84,845	85,615	611,111	617,521	559,851	596,161
3	81,697	81,882	80,293	81,291	446,368	451,923	407,435	435,242
5	68,548	68,945	67,473	68,322	217,949	222,009	207,435	215,798
8	23,362	21,802	19,940	21,701	30,483	27,881	24,907	27,757
11	11,698	12,523	13,226	12,482	13,248	14,316	15,242	14,269

Digital Repository Universitas Jember

9. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	89,250	89,250	90,650	89,717	830,233	830,233	969,519	876,662
1	88,350	88,363	89,806	88,840	758,364	759,294	793,191	770,283
2	86,928	86,482	87,762	86,854	664,981	639,777	717,094	673,951
4	80,785	79,843	81,384	80,372	420,428	396,097	437,179	417,901
6	71,381	67,804	70,932	69,594	249,416	210,595	244,017	234,676
9	26,402	27,493	26,603	26,833	35,874	37,918	48,984	40,925
13	8,050	8,034	11,766	9,287	8,755	8,736	13,348	10,280

10. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ pada Oven suhu 60°C

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	89,993	89,993	89,993	89,993	899,300	899,300	899,300	899,300
15	89,579	89,465	89,474	89,506	859,640	849,251	850,050	852,980
30	89,034	89,000	88,846	88,960	811,888	809,091	796,503	805,827
45	88,462	88,406	88,143	88,337	766,733	762,537	743,357	757,542
60	87,870	87,739	87,494	87,701	724,376	715,584	699,600	713,187
90	86,208	86,280	85,965	86,151	625,075	628,871	612,488	622,145
120	84,471	84,394	84,004	84,290	543,956	540,759	525,175	536,630
150	81,693	81,964	81,463	81,707	446,254	454,446	439,461	446,720
180	80,540	76,144	77,990	78,225	413,886	319,181	354,346	362,471
210	73,672	71,707	73,264	72,881	279,820	253,447	274,026	269,098
240	63,520	59,928	62,112	61,853	174,126	149,550	163,936	162,537
300	22,040	27,358	35,751	28,383	28,272	37,662	55,644	40,526
360	9,330	11,416	9,362	10,036	10,290	12,887	10,329	11,169

11. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ pada Oven suhu 60°C

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	89,993	89,993	89,993	89,993	899,300	899,300	899,300	899,300
15	89,547	89,549	89,492	89,529	856,643	856,843	851,648	855,045
30	89,077	89,089	88,873	89,013	815,485	816,484	798,701	810,223
45	88,500	88,542	88,341	88,461	769,530	772,727	757,742	766,666
60	87,870	87,825	87,651	87,782	724,376	721,379	709,790	718,515
90	86,531	86,495	85,805	86,277	642,458	640,460	604,496	629,138
120	84,870	84,543	83,718	84,377	560,939	546,953	514,186	540,693
150	82,741	82,042	80,772	81,852	479,421	456,843	420,080	452,115
180	77,291	76,201	76,656	76,716	340,360	320,180	328,372	329,637
210	75,223	71,514	70,489	72,409	303,596	251,049	238,861	264,502
240	67,116	58,908	64,096	63,373	204,096	143,357	178,521	175,325
270	28,362	27,569	29,000	28,310	39,591	38,062	40,845	39,499
330	9,982	8,668	8,668	9,106	11,089	9,491	9,491	10,024

Digital Repository Universitas Jember

12. Data Kadar Air Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ pada Oven Suhu 60°C

t (menit)	m (%bb)				M (%bk)			
	1	**2**	**3**	**Rata-rata**	**1**	**2**	**3**	**Rata-rata**
0	89,993	89,993	89,993	89,993	899,300	899,300	899,300	899,300
15	89,525	88,745	89,479	89,250	854,645	788,511	850,450	831,202
30	89,041	88,281	88,803	88,709	812,488	753,347	793,107	786,314
45	88,387	87,593	88,259	88,080	761,139	705,994	751,748	739,627
60	87,678	86,850	87,648	87,392	711,588	660,440	709,590	693,873
90	86,246	85,310	86,093	85,883	627,073	580,719	619,081	608,958
120	83,902	83,216	84,096	83,738	521,179	495,804	528,771	515,251
150	81,970	80,757	81,352	81,360	454,645	419,680	436,264	436,863
180	79,155	74,174	77,414	76,914	379,720	287,213	342,757	336,563
210	74,281	69,294	72,117	71,897	288,811	225,674	258,641	257,709
240	64,326	56,019	62,760	61,035	180,320	127,373	168,531	158,741
270	31,061	22,523	30,679	28,087	45,055	29,071	44,256	39,461
300	4,485	5,566	4,848	4,966	4,695	5,894	5,095	5,228

Lampiran B. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Wortel

1. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	968,833	0	0	0
1	804,345	164,488	1	164,5
2	602,991	201,354	1	201,4
3	419,302	183,689	1	183,7
5	155,556	263,746	2	131,9
7	27,300	128,256	2	64,1
10	11,789	15,511	3	5,2

2. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	968,49	0	0	0,0
1	832,835	135,655	1	135,7
2	645,94	186,895	1	186,9
3	478,419	167,521	1	167,5
5	227,422	250,997	2	125,5
8	27,065	200,357	3	66,8
11	13,091	13,974	3	4,7

3. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	968,833	0	0	0,0
1	867,023	101,81	1	101,8
2	727,564	139,459	1	139,5
3	577,137	150,427	1	150,4
5	283,69	293,447	2	146,7
8	83,618	200,072	3	66,7
12	12,393	71,225	4	17,8

Digital Repository Universitas Jember

4. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	844,283	0	0	0
1	663,673	180,61	1	180,6
2	447,573	216,1	1	216,1
3	304,957	142,616	1	142,6
4	190,630	114,327	1	114,3
6	37,786	152,844	2	76,4
8	4,810	32,976	2	16,5

5. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	890,369	0	0	0
1	761,821	128,548	1	128,5
2	579,008	182,813	1	182,8
3	407,619	171,389	1	171,4
4	274,723	132,896	1	132,9
6	57,449	217,274	2	108,6
9	9,096	48,353	3	16,1

6. Data Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	968,49	0	0	0
1	863,461	105,029	1	105,0
2	710,541	152,92	1	152,9
3	558,832	151,709	1	151,7
5	290,242	268,59	2	134,3
8	55,912	234,33	3	78,1
11	10,826	45,086	3	15,0

7. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	936,455	0	0	0
1	763,637	172,818	1	172,8
2	564,802	198,835	1	198,8
3	388,793	176,009	1	176,0
5	164,288	224,505	2	112,3
7	32,835	131,453	2	65,7
10	14,921	17,914	3	6,0

8. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	922,404	0	0	0
1	773,992	148,412	1	148,4
2	596,161	177,831	1	177,8
3	435,242	160,919	1	160,9
5	215,798	219,444	2	109,7
8	27,757	188,041	3	62,7
11	14,269	13,488	3	4,5

Digital Repository Universitas Jember

9. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	830,233	70,939	0	0,0
1	759,294	119,517	1	70,9
2	639,777	243,68	1	119,5
4	396,097	185,502	2	121,8
6	210,595	172,677	2	92,8
9	37,918	29,182	3	57,6
13	8,736	8,736	4	7,3

10. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Pada Oven Suhu 60°C

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	899,300	46,320	0	0,0
15	852,980	47,153	15	3,1
30	805,827	48,285	15	3,1
45	757,542	44,355	15	3,2
60	713,187	91,042	15	3,0
90	622,145	85,515	30	3,0
120	536,630	89,910	30	2,9
150	446,720	84,249	30	3,0
180	362,471	93,373	30	2,8
210	269,098	106,561	30	3,1
240	162,537	122,011	30	3,6
300	40,526	29,357	60	2,0
360	11,169	11,169	60	0,5

11. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ pada Oven Suhu 60°C

t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	899,300	44,255	0	0,0
15	855,045	44,821	15	3,0
30	810,223	43,557	15	3,0
45	766,666	48,151	15	2,9
60	718,515	89,377	15	3,2
90	629,138	88,445	30	3,0
120	540,693	88,578	30	2,9
150	452,115	122,477	30	3,0
180	329,637	65,135	30	4,1
210	264,502	89,177	30	2,2
240	175,325	135,825	30	3,0
270	39,499	29,476	60	4,5
330	10,024	10,024	60	0,5

Digital Repository Universitas Jember

12. Data Laju Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ pada Oven Suhu 60°C

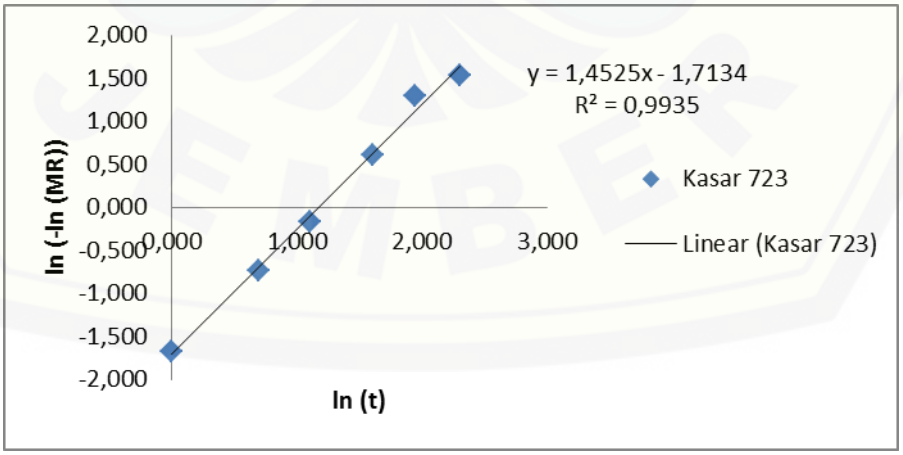
t (menit)	M (%bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	899,300	68,098	0	0,0
15	831,202	44,888	15	4,5
30	786,314	46,687	15	3,0
45	739,627	45,754	15	3,1
60	693,873	84,915	15	3,1
90	608,958	93,706	30	2,8
120	515,251	78,388	30	3,1
150	436,863	100,300	30	2,6
180	336,563	78,855	30	3,3
210	257,709	98,967	30	2,6
240	158,741	119,281	30	3,3
270	39,461	34,233	60	2,0
300	5,228	5,228	60	0,6

Lampiran C. Data dan Ploting Persamaan Page dan Persamaan Newton

1. Persamaan Page

1.1 Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 723 W

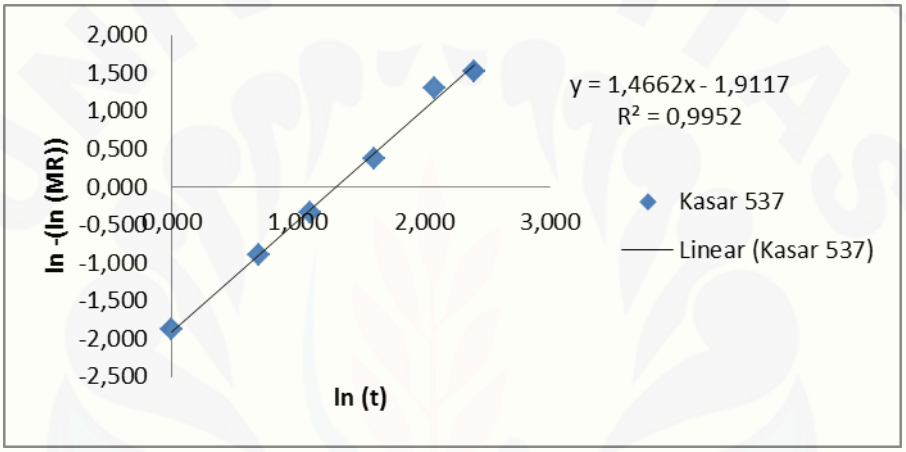
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	968,833	1,796	968,833	1,000	#NUM!	0,180	1,4525
1	0,000	968,833	1,796	804,345	0,830	-1,680		
2	0,693	968,833	1,796	602,991	0,622	-0,745		
3	1,099	968,833	1,796	419,302	0,432	-0,175		
5	1,609	968,833	1,796	155,556	0,159	0,609		
7	1,946	968,833	1,796	27,300	0,026	1,295		
10	2,303	968,833	1,796	11,789	0,010	1,527		



Digital Repository Universitas Jember

1.2 Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 537 W

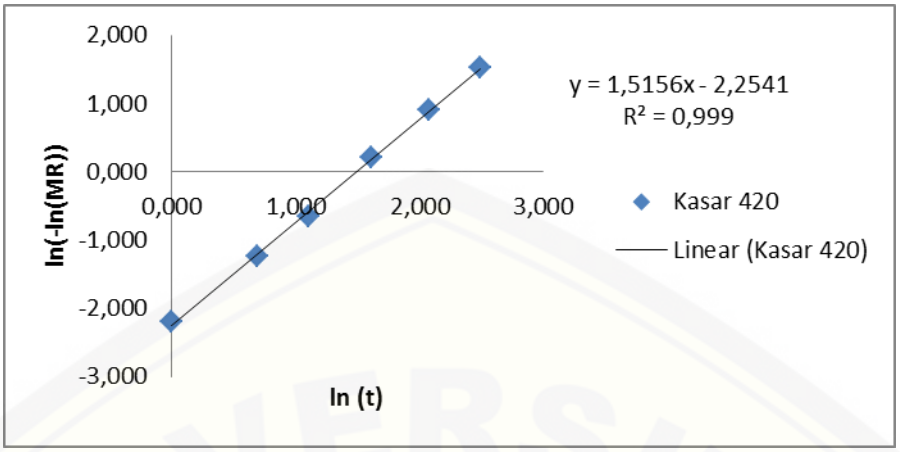
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	968,490	3,050	968,490	1,000	#NUM!	0,148	1,466
1	0,000	968,490	3,050	832,835	0,859	-1,884		
2	0,693	968,490	3,050	645,940	0,666	-0,900		
3	1,099	968,490	3,050	478,419	0,492	-0,344		
5	1,609	968,490	3,050	227,422	0,233	0,376		
8	2,079	968,490	3,050	27,066	0,025	1,305		
11	2,398	968,490	3,050	13,091	0,010	1,527		



1.3 Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 420 W

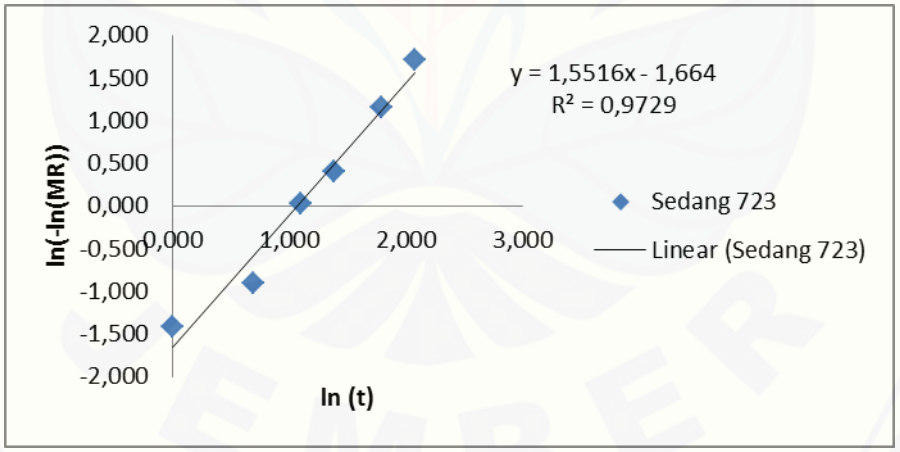
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	968,833	3,054	968,833	1,000	#NUM!	0,105	1,516
1	0,000	968,833	3,054	867,023	0,895	-2,199		
2	0,693	968,833	3,054	727,564	0,750	-1,246		
3	1,099	968,833	3,054	577,137	0,594	-0,652		
5	1,609	968,833	3,054	283,689	0,291	0,211		
8	2,079	968,833	3,054	83,618	0,084	0,907		
12	2,485	968,833	3,054	12,393	0,010	1,527		

Digital Repository Universitas Jember



1.4 Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 723 W

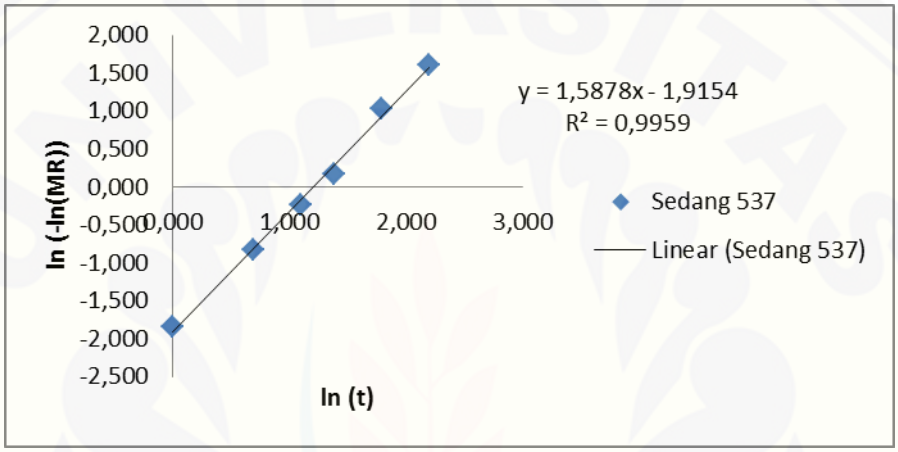
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	844,283	1,796	844,283	1,000	#NUM!	0,189	1,552
1	0,000	844,283	1,796	663,673	0,785	-1,419		
2	0,693	844,283	1,796	447,573	0,668	-0,908		
3	1,099	844,283	1,796	304,957	0,360	0,021		
4	1,386	844,283	1,796	190,630	0,224	0,403		
6	1,792	844,283	1,796	37,786	0,043	1,146		
8	2,079	844,283	1,796	4,809	0,004	1,709		



Digital Repository Universitas Jember

1.5 Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 537 W

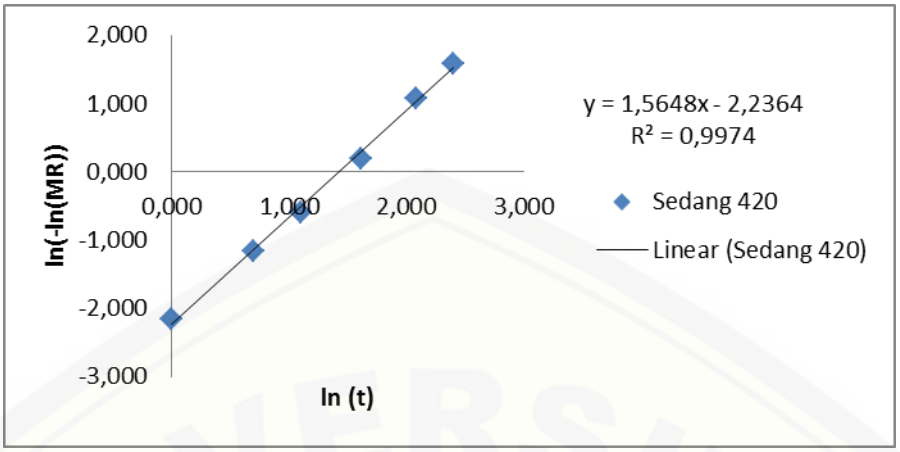
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	890,369	3,050	890,369	1,000	#NUM!	0,147	1,588
1	0,000	890,369	3,050	761,821	0,854	-1,846		
2	0,693	890,369	3,050	579,008	0,648	-0,835		
3	1,099	890,369	3,050	407,619	0,454	-0,236		
4	1,386	890,369	3,050	274,723	0,304	0,175		
6	1,792	890,369	3,050	57,449	0,061	1,029		
9	2,197	890,369	3,050	9,096	0,007	1,602		



1.6 Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 420 W

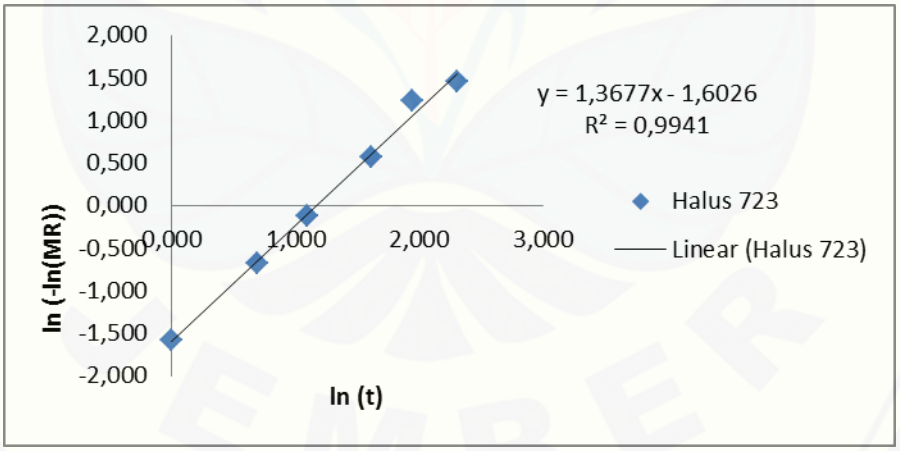
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	968,490	3,054	968,490	1,000	#NUM!	0,107	1,565
1	0,000	968,490	3,054	863,462	0,891	-2,159		
2	0,693	968,490	3,054	710,541	0,733	-1,169		
3	1,099	968,490	3,054	558,832	0,576	-0,595		
5	1,609	968,490	3,054	290,242	0,297	0,194		
8	2,079	968,490	3,054	55,912	0,055	1,065		
11	2,398	968,490	3,054	10,826	0,008	1,574		

Digital Repository Universitas Jember



1.7 Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 723 W

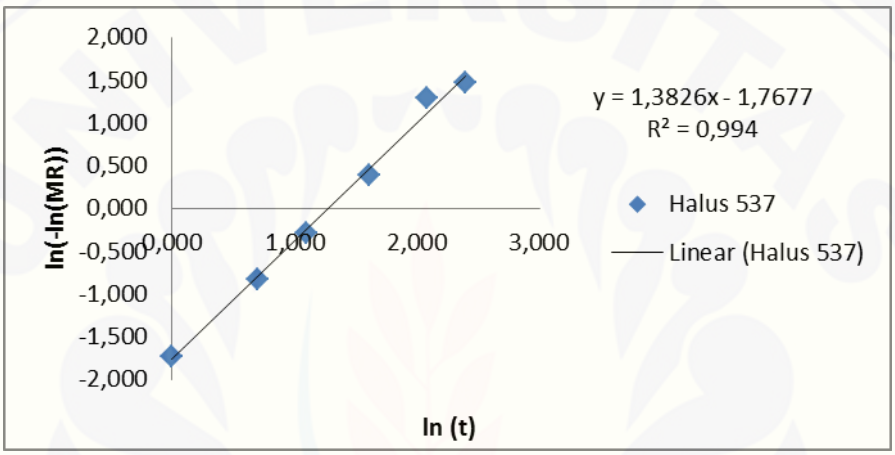
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	936,455	1,796	936,455	1,000	#NUM!	0,201	1,368
1	0,000	936,455	1,796	763,637	0,815	-1,587		
2	0,693	936,455	1,796	564,802	0,602	-0,678		
3	1,099	936,455	1,796	388,793	0,414	-0,126		
5	1,609	936,455	1,796	164,288	0,174	0,559		
7	1,946	936,455	1,796	32,835	0,033	1,227		
10	2,303	936,455	1,796	14,921	0,014	1,451		



Digital Repository Universitas Jember

1.8 Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 537 W

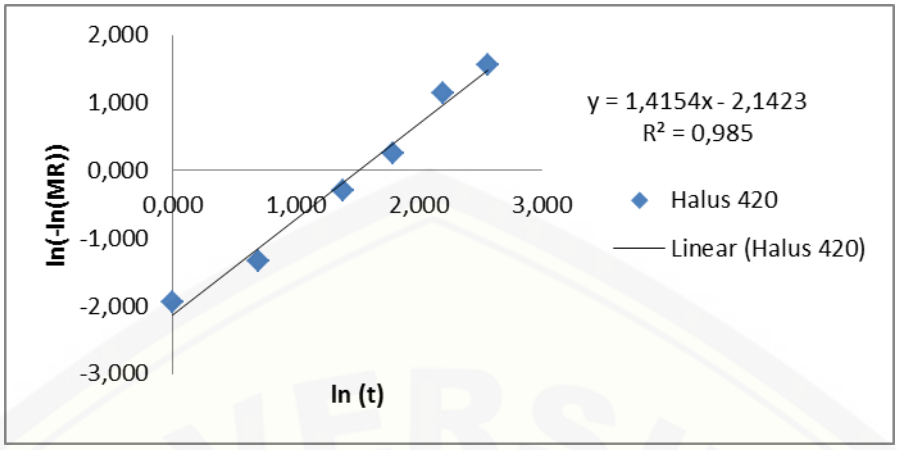
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	922,404	3,050	922,404	1,000	#NUM!	0,171	1,382
1	0,000	922,404	3,050	773,993	0,838	-1,733		
2	0,693	922,404	3,050	596,161	0,646	-0,828		
3	1,099	922,404	3,050	435,242	0,471	-0,284		
5	1,609	922,404	3,050	215,797	0,232	0,379		
8	2,079	922,404	3,050	27,757	0,027	1,284		
11	2,398	922,404	3,050	14,269	0,013	1,469		



1.9 Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 420 W

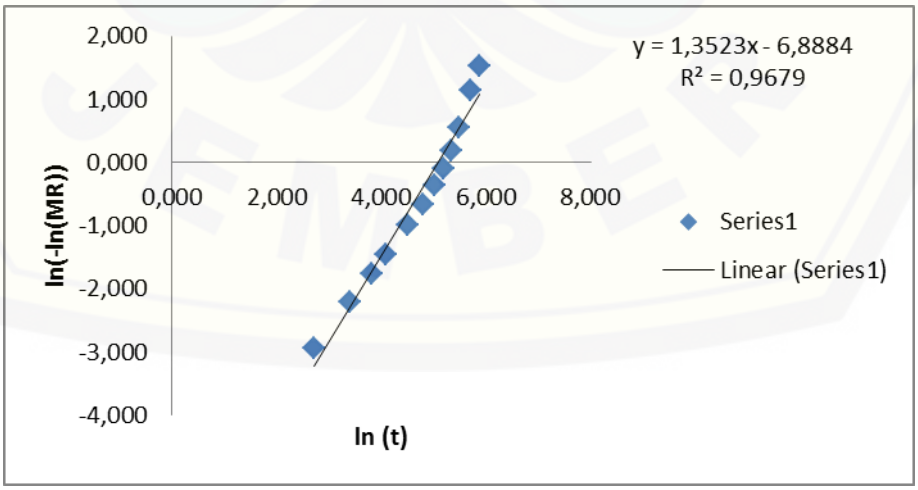
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	876,661	3,054	876,661	1,000	#NUM!	0,117	1,415
1	0,000	876,661	3,054	770,283	0,866	-1,939		
2	0,693	876,661	3,054	673,951	0,770	-1,342		
4	1,386	876,661	3,054	417,901	0,477	-0,301		
6	1,792	876,661	3,054	234,676	0,274	0,258		
9	2,197	876,661	3,054	40,925	0,044	1,139		
13	2,565	876,661	3,054	10,280	0,009	1,550		

Digital Repository Universitas Jember



1.10 Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

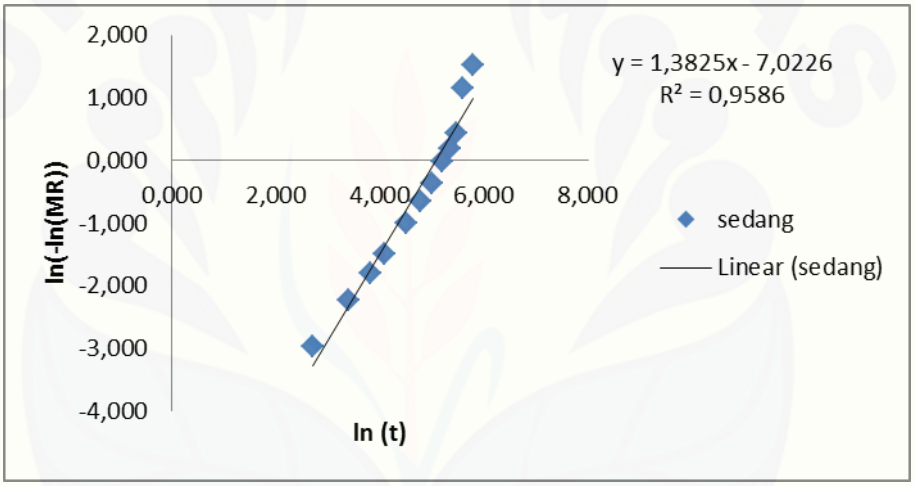
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	899,300	2,238	899,300	1,000	#NUM!	0,00102	1,3523
15	2,708	899,300	2,238	852,980	0,948	-2,930		
30	3,401	899,300	2,238	805,827	0,896	-2,209		
45	3,807	899,300	2,238	757,542	0,842	-1,760		
60	4,094	899,300	2,238	713,187	0,792	-1,456		
90	4,500	899,300	2,238	622,145	0,691	-0,995		
120	4,787	899,300	2,238	536,630	0,596	-0,659		
150	5,011	899,300	2,238	446,720	0,495	-0,352		
180	5,193	899,300	2,238	362,471	0,402	-0,093		
210	5,347	899,300	2,238	269,098	0,297	0,194		
240	5,481	899,300	2,238	162,537	0,179	0,543		
300	5,704	899,300	2,238	40,526	0,043	1,146		
360	5,886	899,300	2,238	11,169	0,010	1,527		



Digital Repository Universitas Jember

1.11 Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

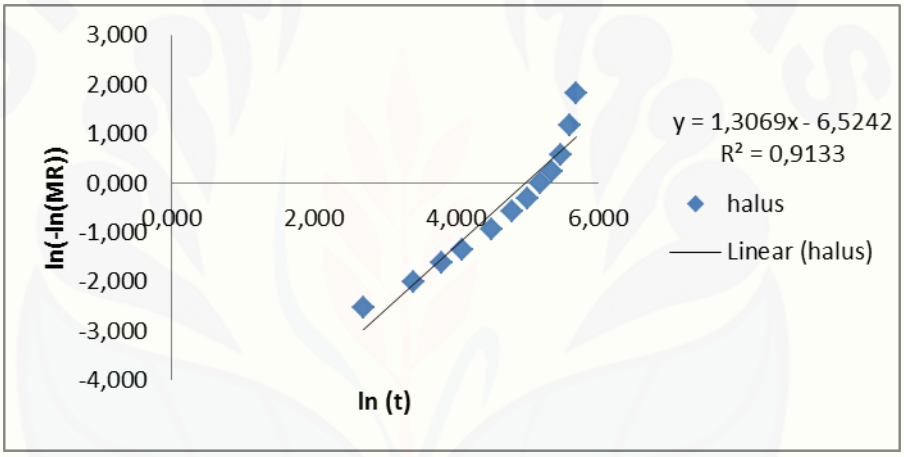
T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	899,300	1,524	899,300	1,000	#NUM!	0,00096	1,3629
15	2,708	899,300	1,524	855,045	0,950	-2,970		
30	3,401	899,300	1,524	810,223	0,898	-2,229		
45	3,807	899,300	1,524	766,666	0,849	-1,810		
60	4,094	899,300	1,524	718,515	0,797	-1,483		
90	4,500	899,300	1,524	629,138	0,693	-1,003		
120	4,787	899,300	1,524	540,693	0,597	-0,662		
150	5,011	899,300	1,524	452,115	0,499	-0,364		
180	5,193	899,300	1,524	329,637	0,371	-0,008		
210	5,347	899,300	1,524	264,502	0,300	0,186		
240	5,481	899,300	1,524	175,325	0,212	0,439		
270	5,704	899,300	1,524	39,499	0,043	1,146		
330	5,886	899,300	1,524	10,024	0,010	1,527		



Digital Repository Universitas Jember

1.12 Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

T (menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)	k	n
0	#NUM!	899,300	3,280	899,300	1,000	#NUM!	0,00158	1,2849
15	2,708	899,300	3,280	831,202	0,924	-2,538		
30	3,401	899,300	3,280	786,314	0,874	-2,005		
45	3,807	899,300	3,280	739,627	0,822	-1,630		
60	4,094	899,300	3,280	693,873	0,771	-1,347		
90	4,500	899,300	3,280	608,958	0,676	-0,938		
120	4,787	899,300	3,280	515,251	0,571	-0,579		
150	5,011	899,300	3,280	436,863	0,484	-0,321		
180	5,193	899,300	3,280	336,563	0,372	-0,011		
210	5,347	899,300	3,280	257,709	0,284	0,230		
240	5,481	899,300	3,280	158,741	0,173	0,562		
270	5,704	899,300	3,280	39,461	0,041	1,161		
300	5,886	899,300	3,280	5,228	0,002	1,827		

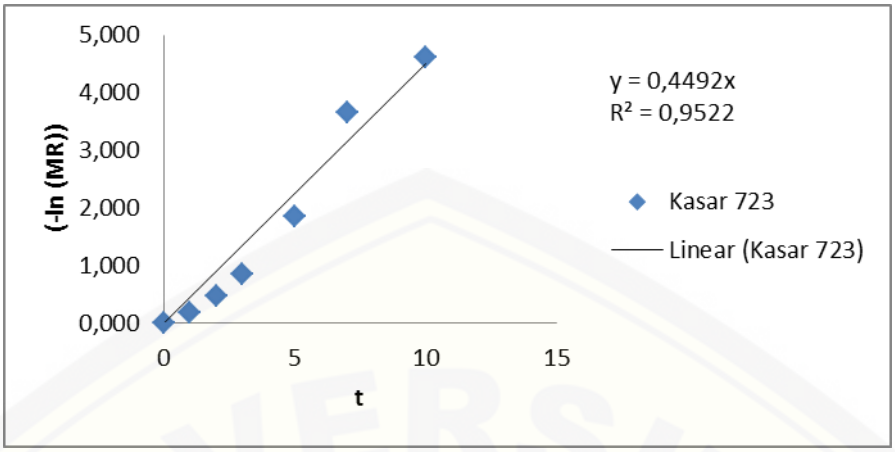


2. Persamaan Newton

2.1 Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 723 W

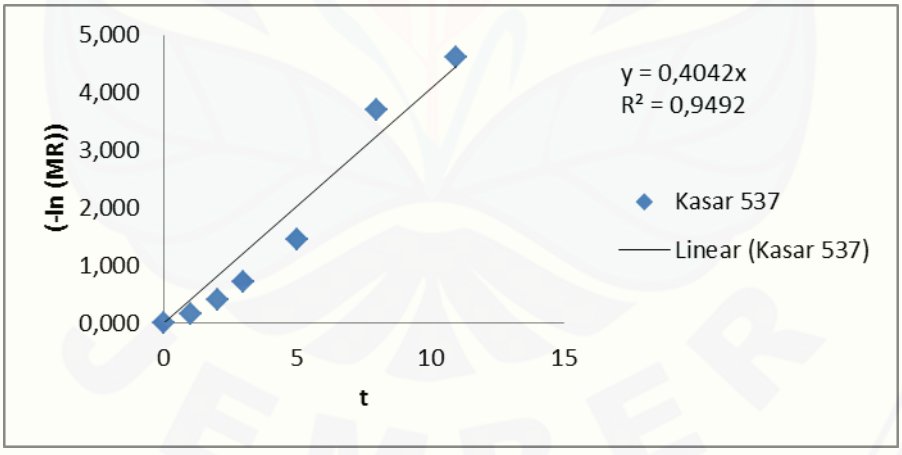
T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	968,833	1,796	968,833	1,000	#NUM!	0,449
1	968,833	1,796	804,345	0,830	-1,680	
2	968,833	1,796	602,991	0,622	-0,745	
3	968,833	1,796	419,302	0,432	-0,175	
5	968,833	1,796	155,556	0,159	0,609	
7	968,833	1,796	27,300	0,026	1,295	
10	968,833	1,796	11,789	0,010	1,527	

Digital Repository Universitas Jember



2.2 Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³Daya 537 W

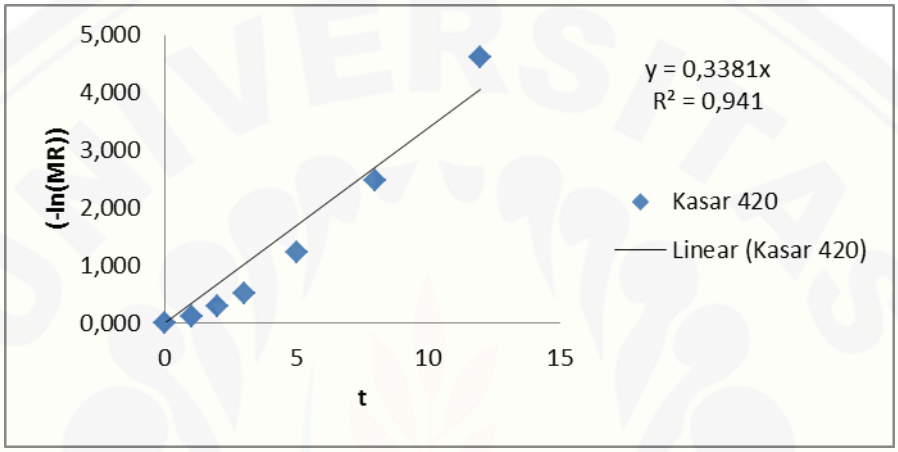
T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	968,490	3,050	968,490	1,000	0,000	0,404
1	968,490	3,050	832,835	0,859	0,152	
2	968,490	3,050	645,940	0,666	0,406	
3	968,490	3,050	478,419	0,492	0,709	
5	968,490	3,050	227,422	0,233	1,457	
8	968,490	3,050	27,066	0,025	3,689	
11	968,490	3,050	13,091	0,010	4,605	



Digital Repository Universitas Jember

2.3 Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³Daya 420 W

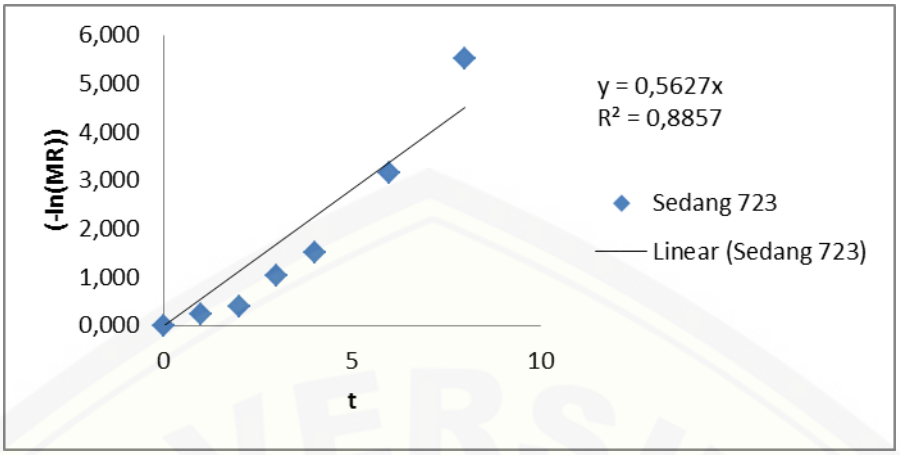
T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	968,833	3,054	968,833	1,000	0,000	0,338
1	968,833	3,054	867,023	0,895	0,111	
2	968,833	3,054	727,564	0,750	0,288	
3	968,833	3,054	577,137	0,594	0,521	
5	968,833	3,054	283,689	0,291	1,234	
8	968,833	3,054	83,618	0,084	2,477	
12	968,833	3,054	12,393	0,010	4,605	



2.4 Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³Daya 723 W

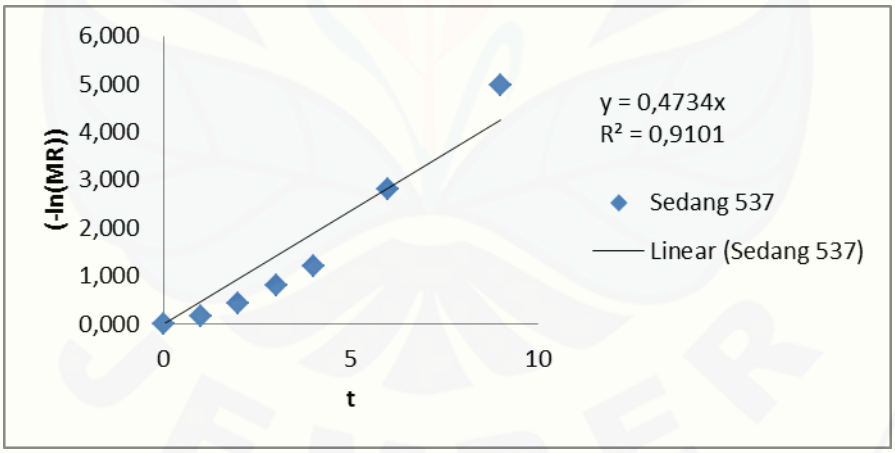
T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	844,283	1,796	844,283	1,000	0,000	0,563
1	844,283	1,796	663,673	0,785	0,242	
2	844,283	1,796	447,573	0,668	0,403	
3	844,283	1,796	304,957	0,360	1,022	
4	844,283	1,796	190,630	0,224	1,496	
6	844,283	1,796	37,786	0,043	3,147	
8	844,283	1,796	4,809	0,004	5,521	

Digital Repository Universitas Jember



2.5 Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 537 W

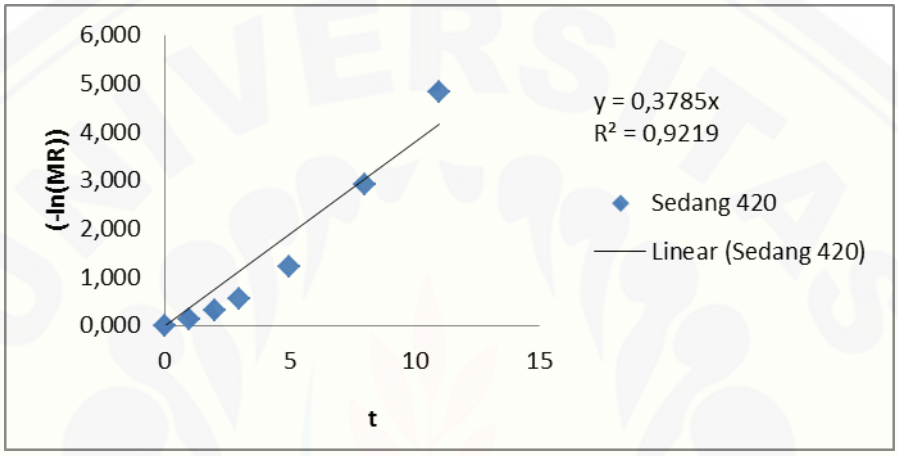
T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	890,369	3,050	890,369	1,000	0,000	0,473
1	890,369	3,050	761,821	0,854	0,158	
2	890,369	3,050	579,008	0,648	0,434	
3	890,369	3,050	407,619	0,454	0,790	
4	890,369	3,050	274,723	0,304	1,191	
6	890,369	3,050	57,449	0,061	2,797	
9	890,369	3,050	9,096	0,007	4,962	



Digital Repository Universitas Jember

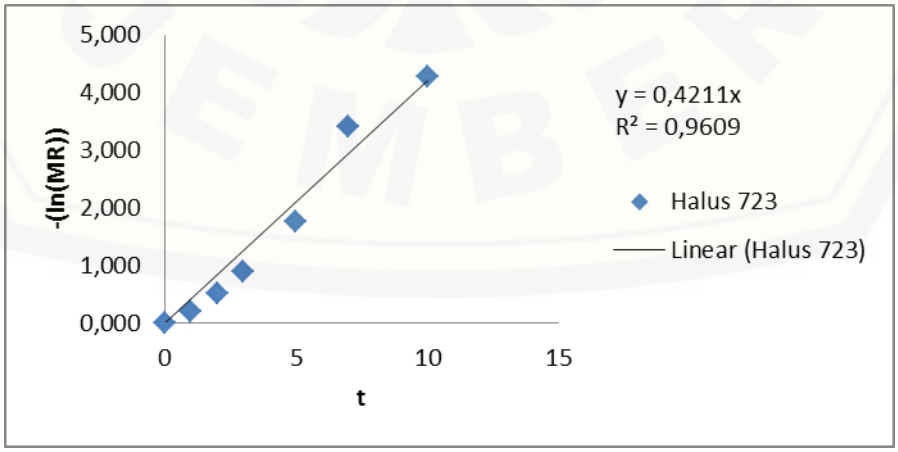
2.6 Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 420 W

T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	968,490	3,054	968,490	1,000	0,000	0,379
1	968,490	3,054	863,462	0,891	0,115	
2	968,490	3,054	710,541	0,733	0,311	
3	968,490	3,054	558,832	0,576	0,552	
5	968,490	3,054	290,242	0,297	1,214	
8	968,490	3,054	55,912	0,055	2,900	
11	968,490	3,054	10,826	0,008	4,828	



2.7 Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 723 W

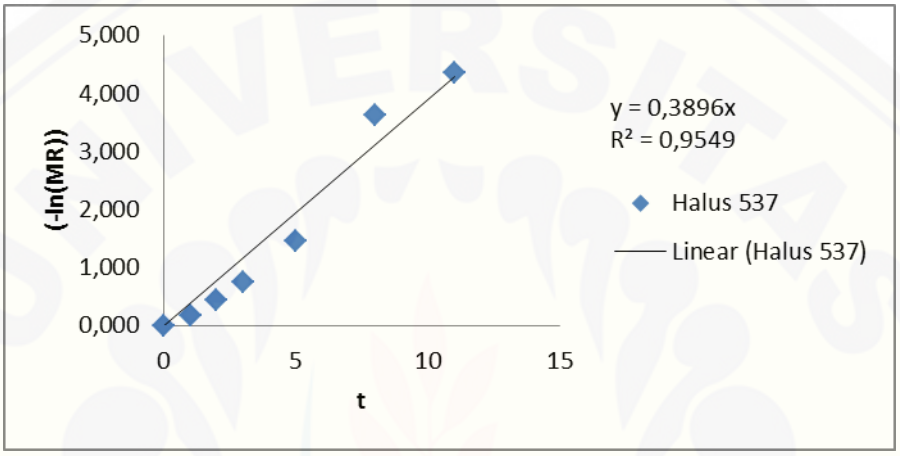
T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	936,455	1,796	936,455	1,000	0,000	0,421
1	936,455	1,796	763,637	0,815	0,205	
2	936,455	1,796	564,802	0,602	0,507	
3	936,455	1,796	388,793	0,414	0,882	
5	936,455	1,796	164,288	0,174	1,749	
7	936,455	1,796	32,835	0,033	3,411	
10	936,455	1,796	14,921	0,014	4,269	



Digital Repository Universitas Jember

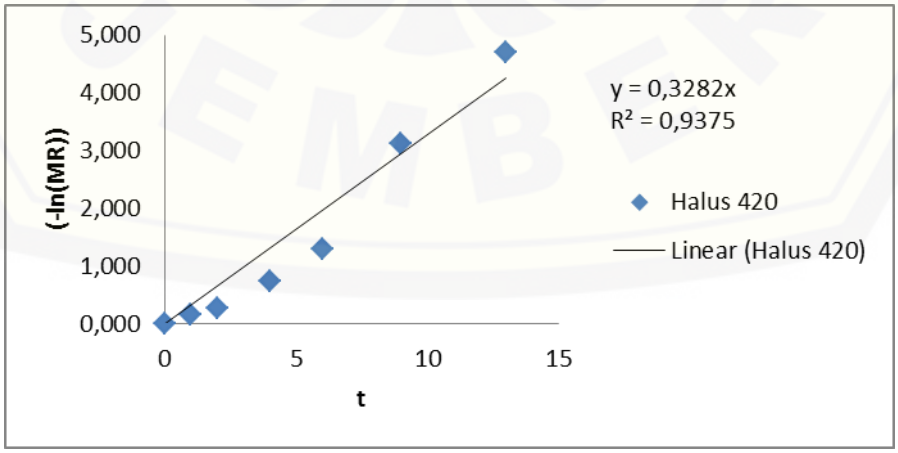
2.8 Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 537 W

T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	922,404	3,050	922,404	1,000	0,000	0,390
1	922,404	3,050	773,993	0,838	0,177	
2	922,404	3,050	596,161	0,646	0,437	
3	922,404	3,050	435,242	0,471	0,753	
5	922,404	3,050	215,797	0,232	1,461	
8	922,404	3,050	27,757	0,027	3,612	
11	922,404	3,050	14,269	0,013	4,343	



2.9 Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 420 W

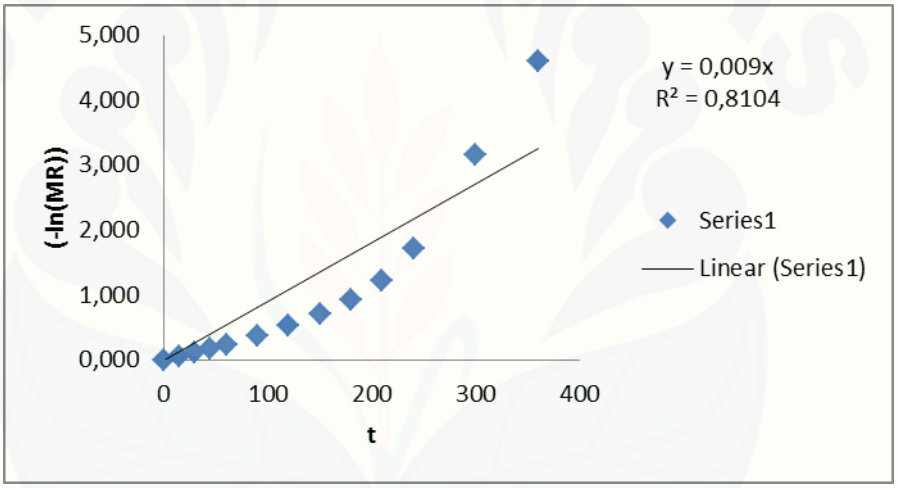
T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	876,661	3,054	876,661	1,000	0,000	0,329
1	876,661	3,054	770,283	0,866	0,144	
2	876,661	3,054	673,951	0,770	0,261	
4	876,661	3,054	417,901	0,477	0,740	
6	876,661	3,054	234,676	0,274	1,295	
9	876,661	3,054	40,925	0,044	3,124	
13	876,661	3,054	10,280	0,009	4,711	



Digital Repository Universitas Jember

2.10 Pengeringan Wortel Densitas Curah 228 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

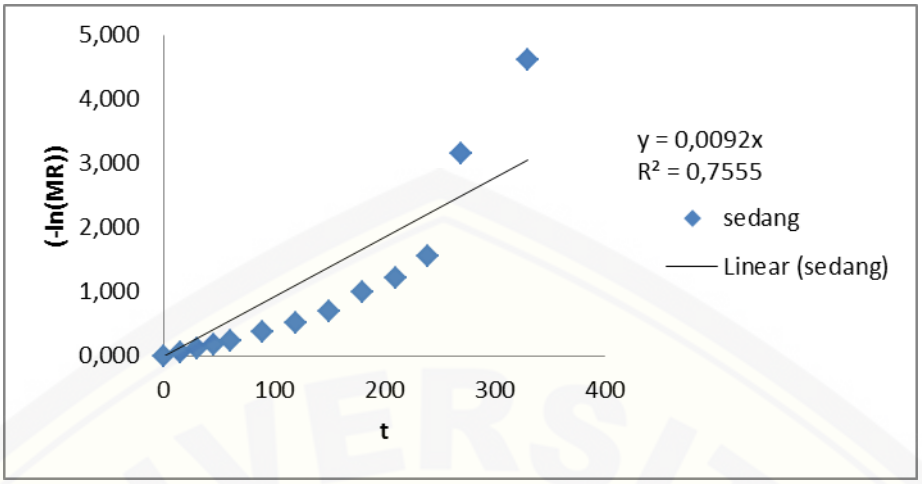
T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	899,300	2,238	899,300	1,000	0,000	0,009
15	899,300	2,238	852,980	0,948	0,053	
30	899,300	2,238	805,827	0,896	0,110	
45	899,300	2,238	757,542	0,842	0,172	
60	899,300	2,238	713,187	0,792	0,233	
90	899,300	2,238	622,145	0,691	0,370	
120	899,300	2,238	536,630	0,596	0,518	
150	899,300	2,238	446,720	0,495	0,703	
180	899,300	2,238	362,471	0,402	0,911	
210	899,300	2,238	269,098	0,297	1,214	
240	899,300	2,238	162,537	0,179	1,720	
300	899,300	2,238	40,526	0,043	3,147	
360	899,300	2,238	11,169	0,010	4,605	



2.11 Pengeringan Wortel Densitas Curah 271 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

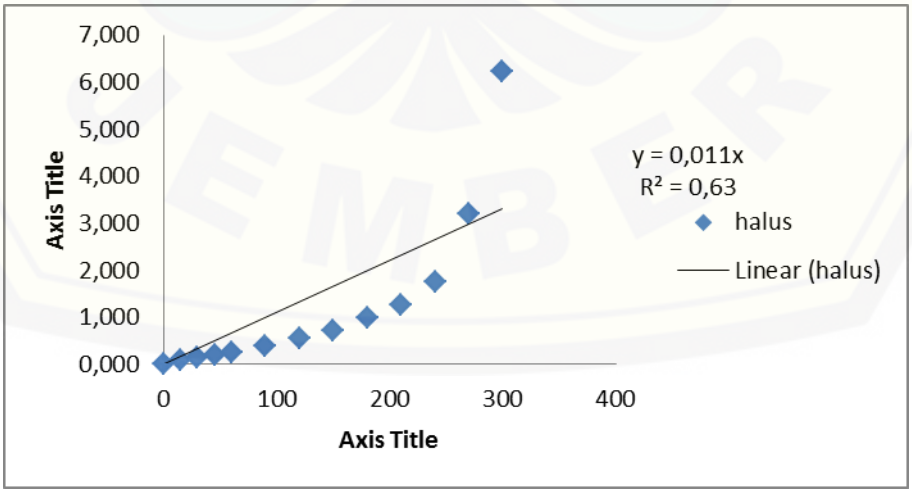
T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	899,300	1,524	899,300	1,000	0,000	0,009
15	899,300	1,524	855,045	0,950	0,051	
30	899,300	1,524	810,223	0,898	0,108	
45	899,300	1,524	766,666	0,849	0,164	
60	899,300	1,524	718,515	0,797	0,227	
90	899,300	1,524	629,138	0,693	0,367	
120	899,300	1,524	540,693	0,597	0,516	
150	899,300	1,524	452,115	0,499	0,695	
180	899,300	1,524	329,637	0,371	0,992	
210	899,300	1,524	264,502	0,300	1,204	
240	899,300	1,524	175,325	0,212	1,551	
270	899,300	1,524	39,499	0,043	3,147	
330	899,300	1,524	10,024	0,010	4,605	

Digital Repository Universitas Jember



2.12 Pengeringan Wortel Densitas Curah 613 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

T (menit)	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	(-Ln (MR))	k
0	899,300	3,280	899,300	1,000	0,000	0,011
15	899,300	3,280	831,202	0,924	0,079	
30	899,300	3,280	786,314	0,874	0,135	
45	899,300	3,280	739,627	0,822	0,196	
60	899,300	3,280	693,873	0,771	0,260	
90	899,300	3,280	608,958	0,676	0,392	
120	899,300	3,280	515,251	0,571	0,560	
150	899,300	3,280	436,863	0,484	0,726	
180	899,300	3,280	336,563	0,372	0,989	
210	899,300	3,280	257,709	0,284	1,259	
240	899,300	3,280	158,741	0,173	1,754	
270	899,300	3,280	39,461	0,041	3,194	
300	899,300	3,280	5,228	0,002	6,215	



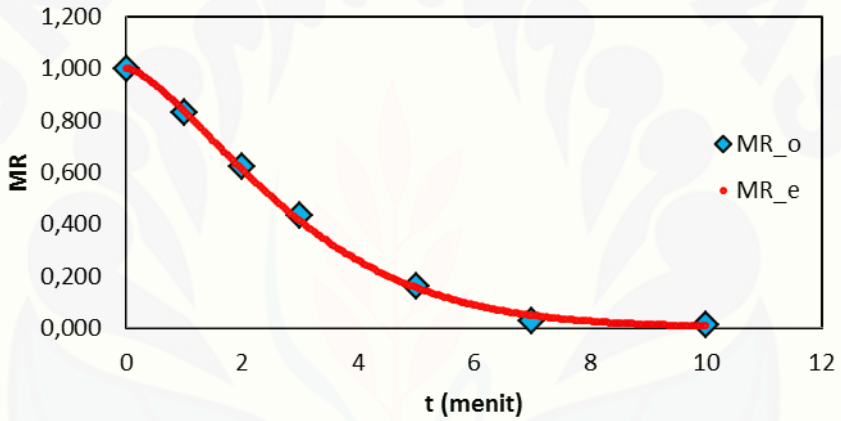
Digital Repository Universitas Jember

Lampiran D. Data MR Observasi dan MR Estimasi

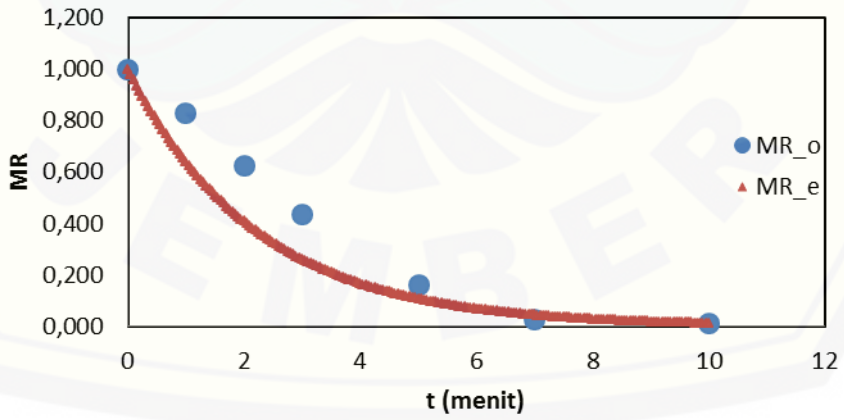
1. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
1	0,830	0,835	0,638
2	0,622	0,611	0,407
3	0,432	0,411	0,260
5	0,159	0,155	0,106
7	0,026	0,048	0,043
10	0,010	0,006	0,011

Page:



Newton:

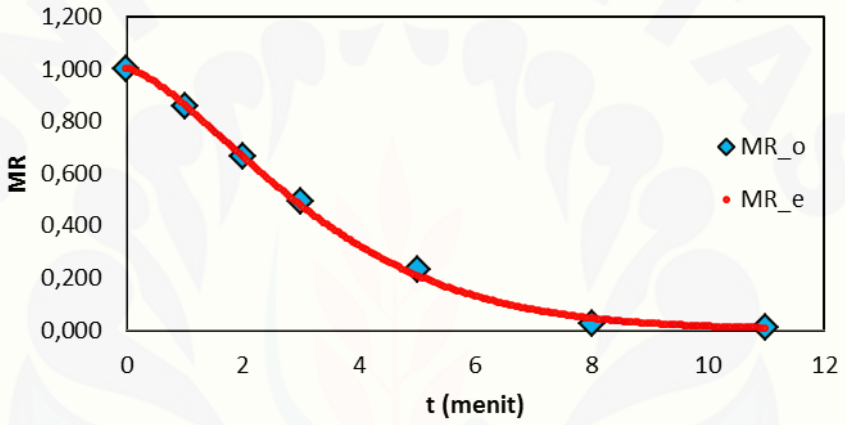


Digital Repository Universitas Jember

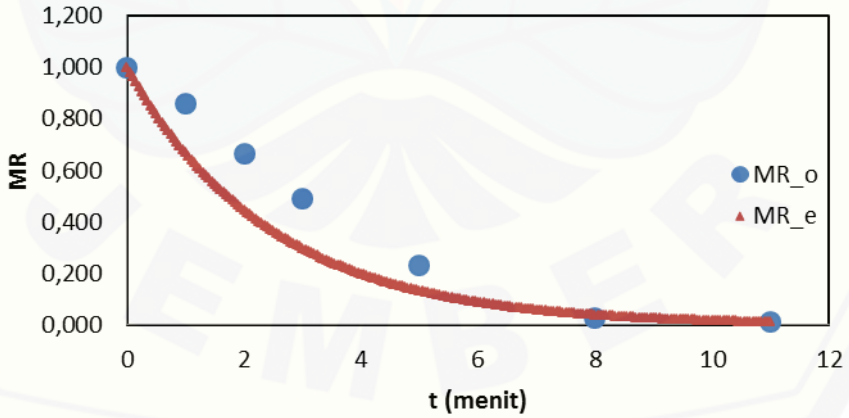
2. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
1	0,859	0,862	0,668
2	0,666	0,664	0,446
3	0,492	0,477	0,298
5	0,233	0,209	0,133
8	0,025	0,044	0,039
11	0,010	0,007	0,012

Page:



Newton:

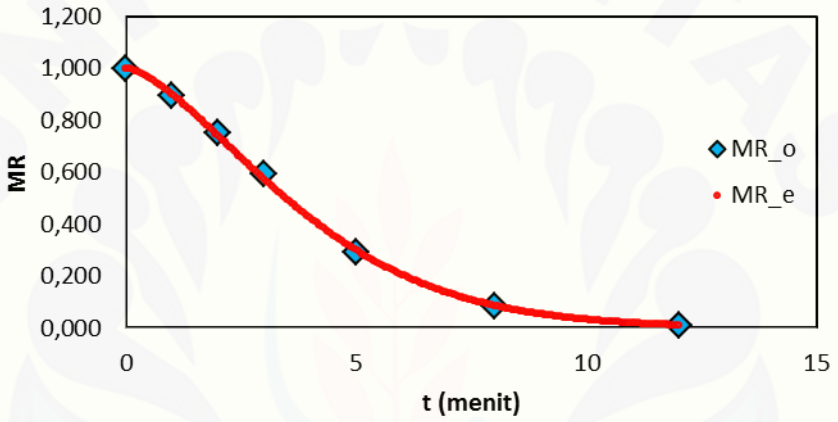


Digital Repository Universitas Jember

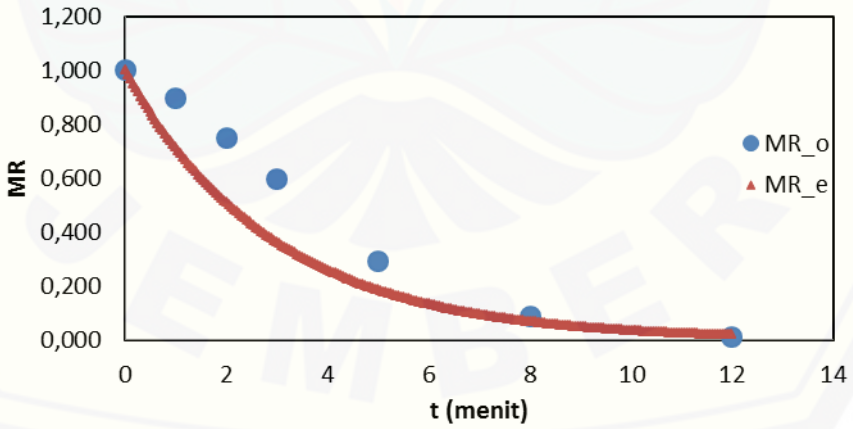
3. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
1	0,895	0,900	0,713
2	0,750	0,741	0,509
3	0,594	0,574	0,363
5	0,291	0,300	0,185
8	0,084	0,086	0,067
12	0,010	0,011	0,017

Page:



Newton:

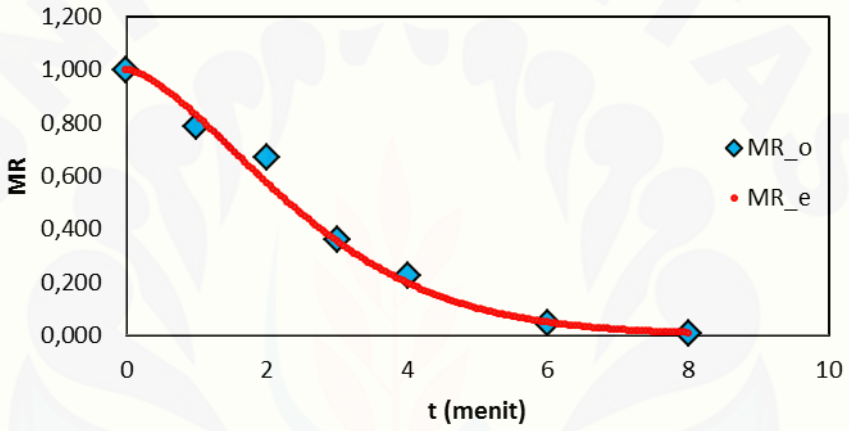


Digital Repository Universitas Jember

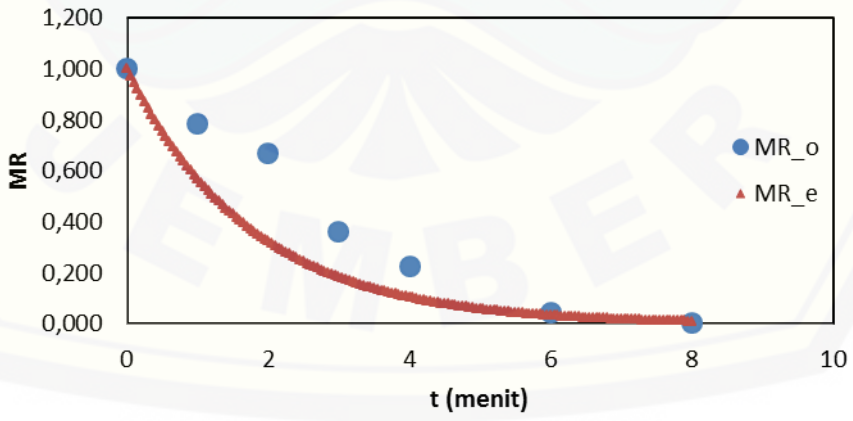
4. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
1	0,785	0,828	0,569
2	0,668	0,575	0,324
3	0,360	0,354	0,185
4	0,224	0,197	0,105
6	0,043	0,047	0,034
8	0,004	0,009	0,011

Page:



Newton:

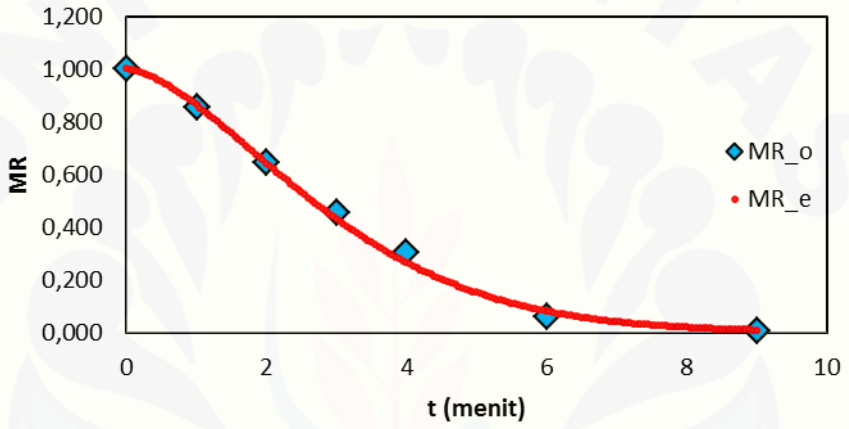


Digital Repository Universitas Jember

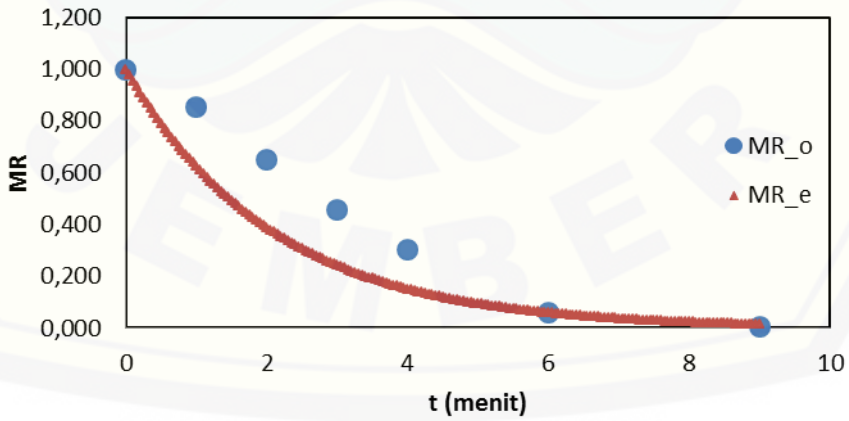
5. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
1	0,854	0,863	0,623
2	0,648	0,643	0,388
3	0,454	0,431	0,242
4	0,304	0,265	0,151
6	0,061	0,080	0,059
9	0,007	0,008	0,014

Page:



Newton:

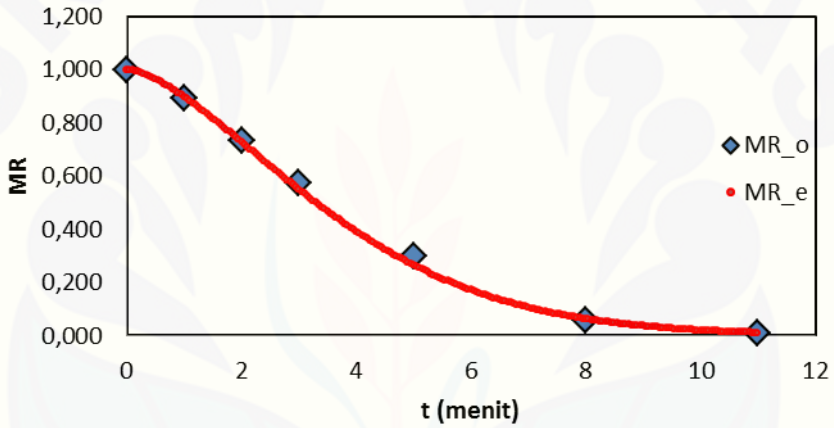


Digital Repository Universitas Jember

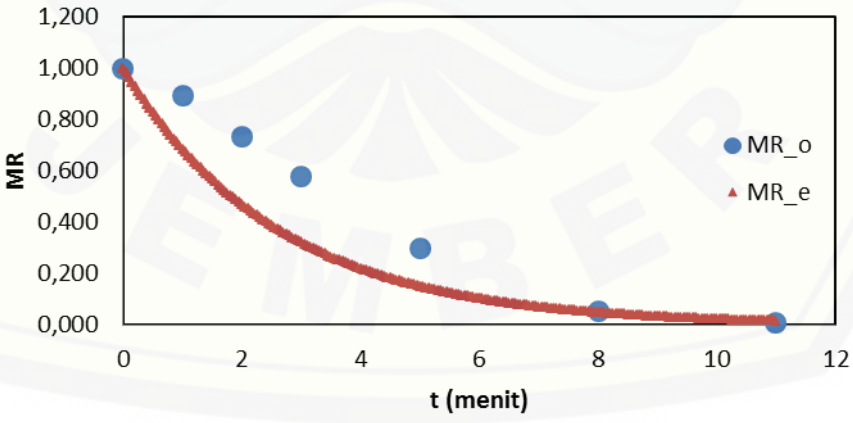
6. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
1	0,891	0,899	0,685
2	0,733	0,729	0,469
3	0,576	0,550	0,321
5	0,297	0,265	0,150
8	0,055	0,063	0,048
11	0,008	0,010	0,015

Page:



Newton:

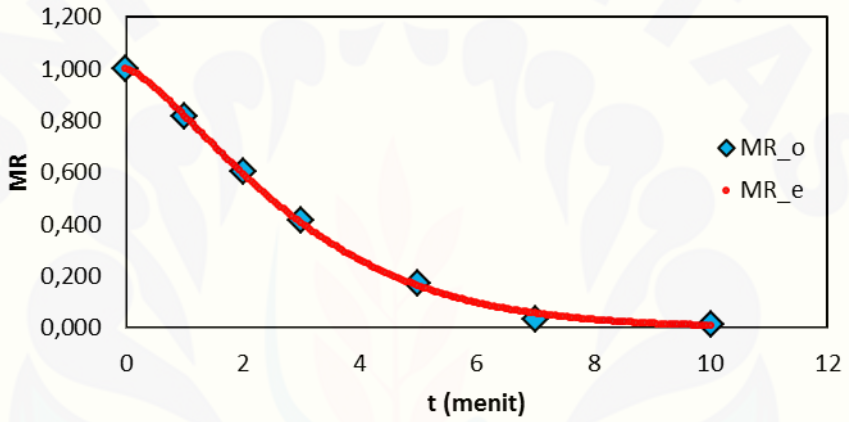


Digital Repository Universitas Jember

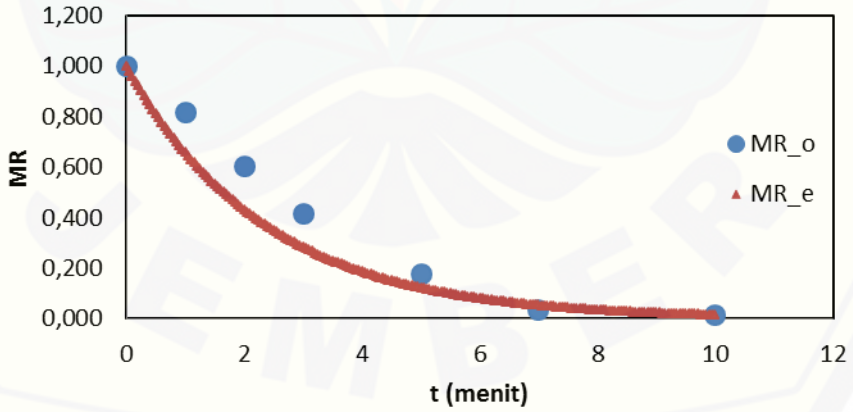
7. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
1	0,815	0,818	0,656
2	0,602	0,595	0,431
3	0,414	0,405	0,283
5	0,174	0,162	0,122
7	0,033	0,056	0,052
10	0,014	0,009	0,015

Page:



Newton:

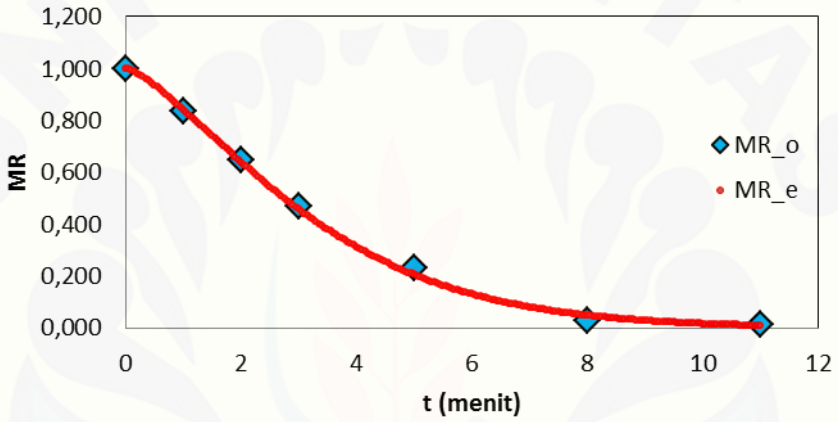


Digital Repository Universitas Jember

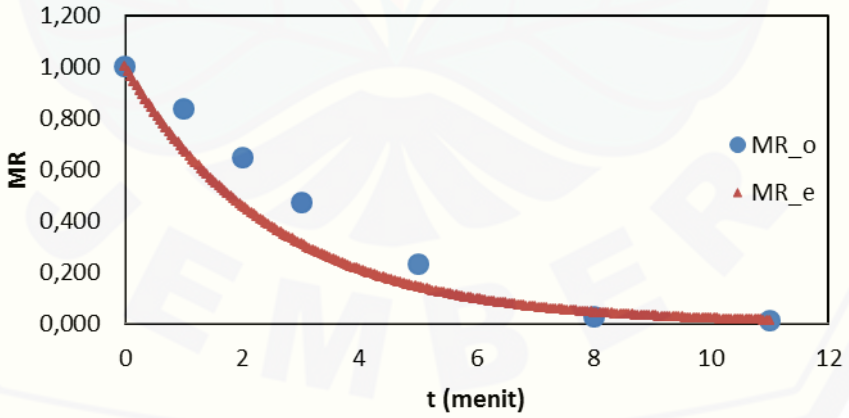
8. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
1	0,838	0,843	0,677
2	0,646	0,640	0,458
3	0,471	0,458	0,310
5	0,232	0,205	0,142
8	0,027	0,048	0,044
11	0,013	0,009	0,014

Page:



Newton:

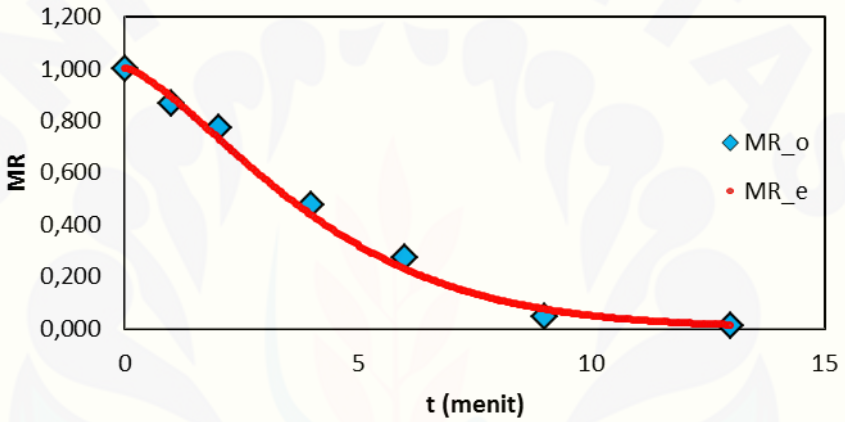


Digital Repository Universitas Jember

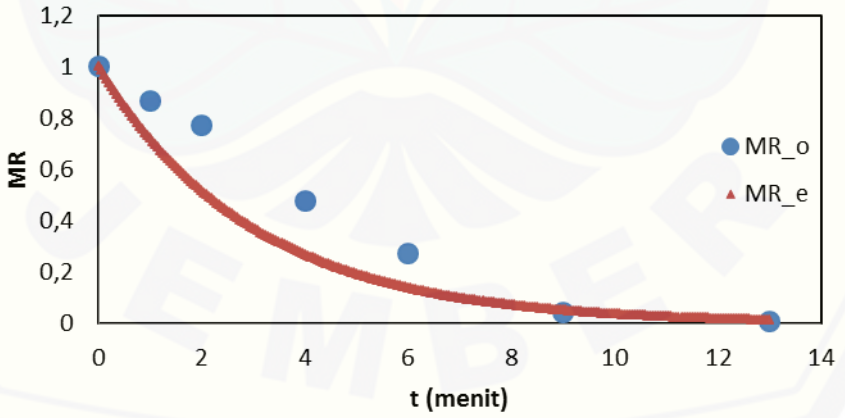
9. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
1	0,866	0,890	0,720
2	0,770	0,732	0,518
4	0,477	0,435	0,268
6	0,274	0,228	0,139
9	0,044	0,073	0,052
13	0,009	0,012	0,014

Page:



Newton:

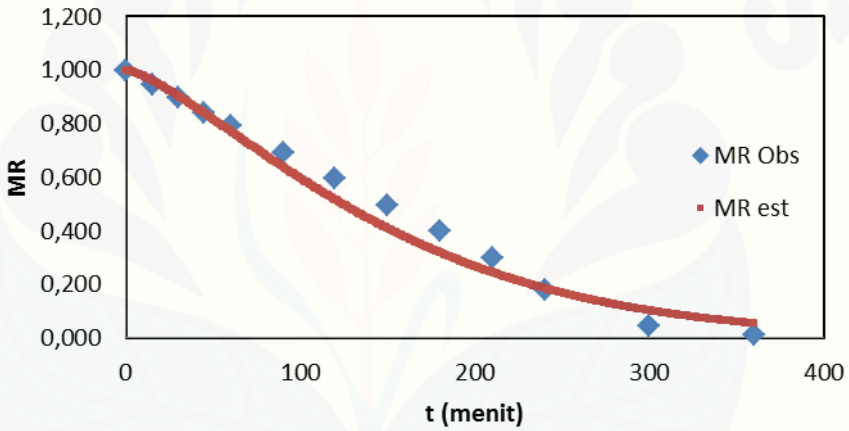


Digital Repository Universitas Jember

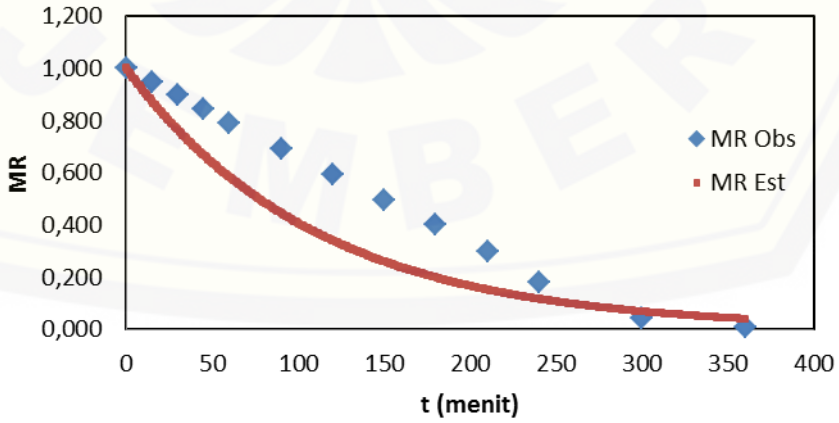
10. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 228 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
15	0,948	0,961	0,874
30	0,896	0,904	0,763
45	0,842	0,839	0,667
60	0,792	0,772	0,583
90	0,691	0,639	0,445
120	0,596	0,516	0,340
150	0,495	0,409	0,259
180	0,402	0,319	0,198
210	0,297	0,244	0,151
240	0,179	0,185	0,115
300	0,043	0,102	0,067
360	0,010	0,054	0,039

Page:



Newton:

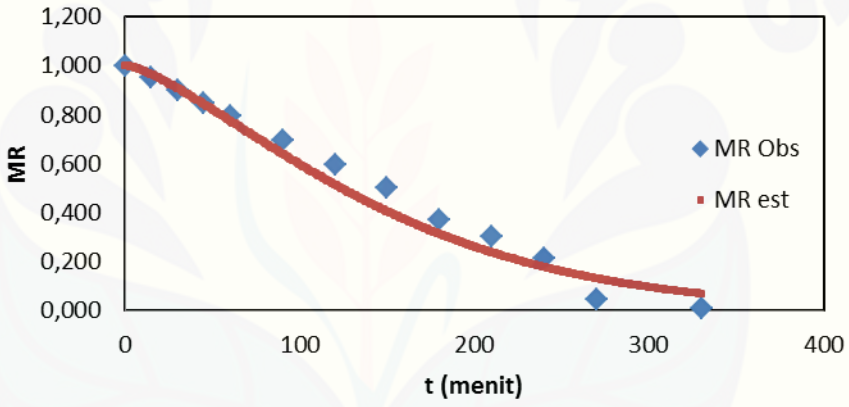


Digital Repository Universitas Jember

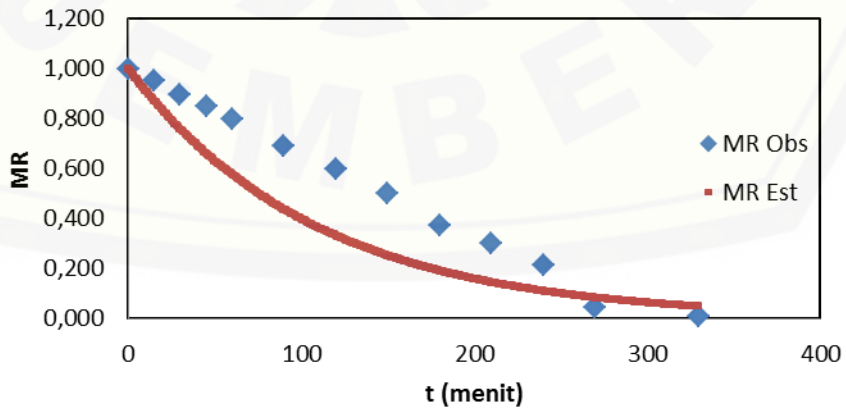
11. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 271 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
15	0,950	0,963	0,871
30	0,898	0,907	0,759
45	0,849	0,842	0,661
60	0,797	0,774	0,576
90	0,693	0,639	0,437
120	0,597	0,513	0,332
150	0,499	0,404	0,252
180	0,371	0,311	0,191
210	0,300	0,236	0,145
240	0,212	0,176	0,110
270	0,043	0,129	0,083
330	0,010	0,067	0,048

Page:



Newton:

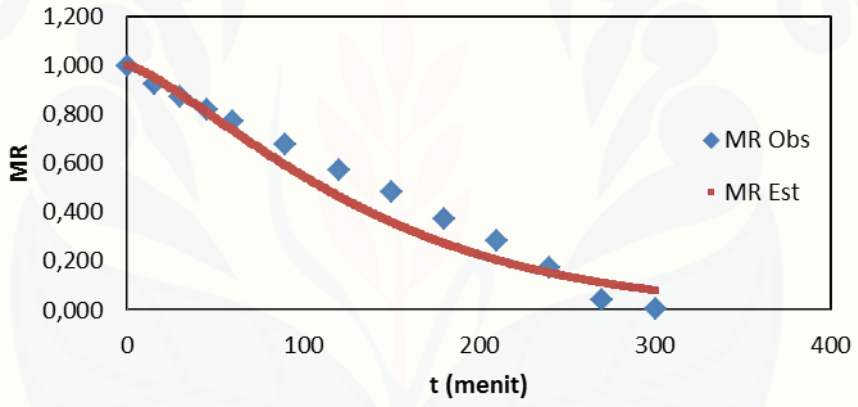


Digital Repository Universitas Jember

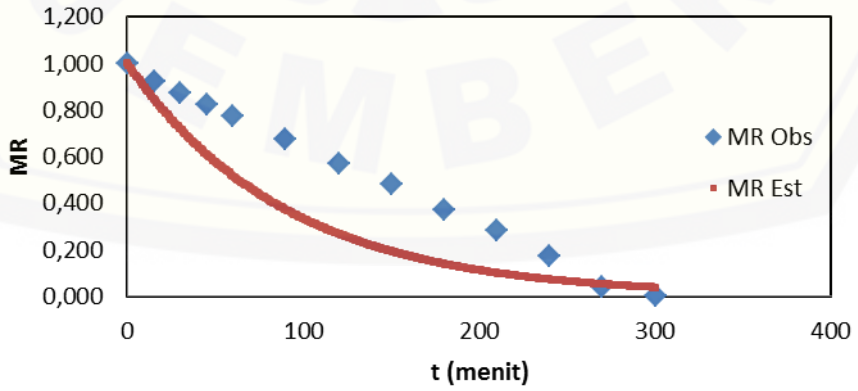
12. MR Observasi dan MR Estimasi Densitas Curah 613 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Page	Newton
0	1,000	1,000	1,000
15	0,924	0,951	0,848
30	0,874	0,882	0,719
45	0,822	0,808	0,610
60	0,771	0,734	0,517
90	0,676	0,591	0,372
120	0,571	0,465	0,267
150	0,484	0,358	0,192
180	0,372	0,272	0,138
210	0,284	0,203	0,099
240	0,173	0,150	0,071
270	0,041	0,109	0,051
300	0,002	0,079	0,037

Page :



Newton:



Digital Repository Universitas Jember

Lampiran E. Uji Validitas Model

1. Persamaan Page

1.1 Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,000000	0,313760	0,9988	0,0126
1	0,830	0,835	0,000025	0,152211		
2	0,622	0,611	0,000121	0,033176		
3	0,432	0,411	0,000441	0,000062		
5	0,159	0,155	0,000016	0,078881		
7	0,026	0,048	0,000484	0,171278		
10	0,010	0,006	0,000016	0,184777		
Jumlah	3,079		0,001103	0,934145		
$\bar{x}$	0,440					

1.2 Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2816577	0,9987	0,0130
1	0,859	0,862	0,0000090	0,1518772		
2	0,666	0,664	0,0000040	0,0386965		
3	0,492	0,477	0,0002250	0,0005159		
5	0,233	0,209	0,0005760	0,0558309		
8	0,025	0,044	0,0003610	0,1973898		
11	0,010	0,007	0,0000090	0,2109434		
Jumlah	3,285		0,0011840	0,9369114		
$\bar{x}$	0,469					

1.3 Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2325995	0,9994	0,0092
1	0,895	0,900	0,0000250	0,1423445		
2	0,750	0,741	0,0000810	0,0539567		
3	0,594	0,574	0,0004000	0,0058195		
5	0,291	0,300	0,0000810	0,0513994		
8	0,084	0,086	0,0000040	0,1881081		
12	0,010	0,011	0,0000010	0,2577738		
Jumlah	3,624		0,0005920	0,9320014		
$\bar{x}$	0,518					

Digital Repository Universitas Jember

1.4 Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,3129603	0,9872	0,0402
1	0,785	0,828	0,0018490	0,1186310		
2	0,668	0,575	0,0086490	0,0517238		
3	0,360	0,354	0,0000360	0,0064918		
4	0,224	0,197	0,0007290	0,0469032		
6	0,043	0,047	0,0000160	0,1580630		
8	0,004	0,009	0,0000250	0,1905946		
Jumlah	3,084		0,0113040	0,8853677		
$\bar{x}$	0,441					

1.5 Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2751752	0,9971	0,0190
1	0,854	0,863	0,0000810	0,1433163		
2	0,648	0,643	0,0000250	0,0297809		
3	0,454	0,431	0,0005290	0,0004592		
4	0,304	0,265	0,0015210	0,0293878		
6	0,061	0,080	0,0003610	0,1717510		
9	0,007	0,008	0,0000010	0,2194253		
Jumlah	3,328		0,0025180	0,8692957		
$\bar{x}$	0,475					

1.6 Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,000000	0,241502	0,9980	0,0163
1	0,891	0,899	0,000064	0,146252		
2	0,733	0,729	0,000016	0,050368		
3	0,576	0,550	0,000676	0,004547		
5	0,297	0,265	0,001024	0,044762		
8	0,055	0,063	0,000064	0,205727		
11	0,008	0,010	0,000004	0,250572		
Jumlah	3,560		0,001848	0,943730		
$\bar{x}$	0,509					

Digital Repository Universitas Jember

1.7 Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,3180960	0,9991	0,0109
1	0,815	0,818	0,0000090	0,1436410		
2	0,602	0,595	0,0000490	0,0275560		
3	0,414	0,405	0,0000810	0,0004840		
5	0,174	0,162	0,0001440	0,0686440		
7	0,033	0,056	0,0005290	0,1624090		
10	0,014	0,009	0,0000250	0,1780840		
Jumlah	3,052		0,0008370	0,8989140		
$\bar{x}$	0,436					

1.8 Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2905210	0,9984	0,0142
1	0,838	0,843	0,0000250	0,1421290		
2	0,646	0,640	0,0000360	0,0342250		
3	0,471	0,458	0,0001690	0,0001000		
5	0,232	0,205	0,0007290	0,0524410		
8	0,027	0,048	0,0004410	0,1883560		
11	0,013	0,009	0,0000160	0,2007040		
Jumlah	3,227		0,0014160	0,9084760		
$\bar{x}$	0,461					

1.9 Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2586449	0,9930	0,0311
1	0,866	0,890	0,0005760	0,1403038		
2	0,770	0,732	0,0014440	0,0776020		
4	0,477	0,435	0,0017640	0,0002082		
6	0,274	0,228	0,0021160	0,0472752		
9	0,044	0,073	0,0008410	0,2001923		
13	0,009	0,012	0,0000090	0,2327373		
Jumlah	3,440		0,0067500	0,9569637		
$\bar{x}$	0,491					

Digital Repository Universitas Jember

1.10 Densitas Curah 228 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,000000	0,199671	0,9773	0,0498
15	0,948	0,961	0,000169	0,155903		
30	0,896	0,904	0,000064	0,117543		
45	0,842	0,839	0,000009	0,083432		
60	0,792	0,772	0,000400	0,057047		
90	0,691	0,639	0,002704	0,019002		
120	0,596	0,516	0,006400	0,001836		
150	0,495	0,409	0,007396	0,003382		
180	0,402	0,319	0,006889	0,022847		
210	0,297	0,244	0,002809	0,065615		
240	0,179	0,185	0,000036	0,139991		
300	0,043	0,102	0,003481	0,260257		
360	0,010	0,054	0,001936	0,295016		
Jumlah	7,191		0,032293	1,421544		
$\bar{x}$	0,553					

1.11 Densitas Curah 271 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,000000	0,197751	0,9721	0,0552
15	0,950	0,963	0,000171	0,155782		
30	0,898	0,907	0,000074	0,117438		
45	0,849	0,842	0,000047	0,086255		
60	0,797	0,774	0,000511	0,058415		
90	0,693	0,639	0,002916	0,018959		
120	0,597	0,513	0,006979	0,001738		
150	0,499	0,404	0,009112	0,003171		
180	0,371	0,311	0,003588	0,033969		
210	0,300	0,236	0,004128	0,065182		
240	0,212	0,176	0,001304	0,117860		
270	0,043	0,129	0,007456	0,262459		
330	0,010	0,067	0,003279	0,297360		
Jumlah	7,219		0,039564	1,416341		
$\bar{x}$	0,555					

Digital Repository Universitas Jember

1.12 Densitas Curah 613 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,000000	0,213444	0,9538	0,0704
15	0,924	0,951	0,000710	0,148996		
30	0,874	0,882	0,000069	0,112896		
45	0,822	0,808	0,000186	0,080656		
60	0,771	0,734	0,001403	0,054289		
90	0,676	0,591	0,007271	0,019044		
120	0,571	0,465	0,011328	0,001089		
150	0,484	0,358	0,015788	0,002916		
180	0,372	0,272	0,010022	0,027556		
210	0,284	0,203	0,006511	0,064516		
240	0,173	0,150	0,000527	0,133225		
270	0,041	0,109	0,004683	0,247009		
300	0,002	0,079	0,005920	0,287296		
Jumlah	6,994		0,064420	1,392932		
$\bar{x}$	0,538					

2. Persamaan Newton

2.1 Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,3137600	0,8761	0,1286
1	0,830	0,638	0,0368640	0,1522114		
2	0,622	0,407	0,0462250	0,0331760		
3	0,432	0,260	0,0295840	0,0000617		
5	0,159	0,106	0,0028090	0,0788807		
7	0,026	0,043	0,0002890	0,1712777		
10	0,010	0,011	0,0000010	0,1847772		
Jumlah	3,079		0,1157720	0,9341449		
$\bar{x}$	0,440					

2.2 Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2816577	0,8584	0,1377
1	0,859	0,668	0,0364810	0,1518772		
2	0,666	0,446	0,0484000	0,0386965		
3	0,492	0,298	0,0376360	0,0005159		
5	0,233	0,133	0,0100000	0,0558309		
8	0,025	0,039	0,0001960	0,1973898		
11	0,010	0,012	0,0000040	0,2109434		
Jumlah	3,285		0,1327170	0,9369114		
$\bar{x}$	0,469		0,0000000	0,2816577		

Digital Repository Universitas Jember

2.3 Densitas Curah 228 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2325995	0,8325	0,1494
1	0,895	0,713	0,0331240	0,1423445		
2	0,750	0,509	0,0580810	0,0539567		
3	0,594	0,363	0,0533610	0,0058195		
5	0,291	0,185	0,0112360	0,0513994		
8	0,084	0,067	0,0002890	0,1881081		
12	0,010	0,017	0,0000490	0,2577738		
Jumlah	3,624		0,1561400	0,9320014		
$\bar{x}$	0,518					

2.4 Densitas Curah 271 kg/m³ Daya723 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,3129603	0,7629	0,1732
1	0,785	0,569	0,0466560	0,1186310		
2	0,668	0,324	0,1183360	0,0517238		
3	0,360	0,185	0,0306250	0,0064918		
4	0,224	0,105	0,0141610	0,0469032		
6	0,043	0,034	0,0000810	0,1580630		
8	0,004	0,011	0,0000490	0,1905946		
Jumlah	3,084		0,2099080	0,8853677		
$\bar{x}$	0,441					

2.5 Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2751752	0,7822	0,1645
1	0,854	0,623	0,0533610	0,1433163		
2	0,648	0,388	0,0676000	0,0297809		
3	0,454	0,242	0,0449440	0,0004592		
4	0,304	0,151	0,0234090	0,0293878		
6	0,061	0,059	0,0000040	0,1717510		
9	0,007	0,014	0,0000490	0,2194253		
Jumlah	3,328		0,1893670	0,8692957		
$\bar{x}$	0,475					

Digital Repository Universitas Jember

2.6 Densitas Curah 271 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2415020	0,7893	0,1686
1	0,891	0,685	0,0424360	0,1462516		
2	0,733	0,469	0,0696960	0,0503682		
3	0,576	0,321	0,0650250	0,0045466		
5	0,297	0,150	0,0216090	0,0447625		
8	0,055	0,048	0,0000490	0,2057270		
11	0,008	0,015	0,0000490	0,2505718		
Jumlah	3,560		0,1988640	0,9437297		
$\bar{x}$	0,509					

2.7 Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 723 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,3180960	0,9169	0,1033
1	0,815	0,656	0,0252810	0,1436410		
2	0,602	0,431	0,0292410	0,0275560		
3	0,414	0,283	0,0171610	0,0004840		
5	0,174	0,122	0,0027040	0,0686440		
7	0,033	0,052	0,0003610	0,1624090		
10	0,014	0,015	0,0000010	0,1780840		
Jumlah	3,052		0,0747490	0,8989140		
$\bar{x}$	0,436					

2.8 Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 537 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2905210	0,8948	0,1169
1	0,838	0,677	0,0259210	0,1421290		
2	0,646	0,458	0,0353440	0,0342250		
3	0,471	0,310	0,0259210	0,0001000		
5	0,232	0,142	0,0081000	0,0524410		
8	0,027	0,044	0,0002890	0,1883560		
11	0,013	0,014	0,0000010	0,2007040		
Jumlah	3,227		0,0955760	0,9084760		
$\bar{x}$	0,461					

Digital Repository Universitas Jember

2.9 Densitas Curah 613 kg/m³ Daya 420 W

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,0000000	0,2586449	0,8466	0,1448
1	0,866	0,720	0,0213160	0,1403038		
2	0,770	0,518	0,0635040	0,0776020		
4	0,477	0,268	0,0436810	0,0002082		
6	0,274	0,139	0,0182250	0,0472752		
9	0,044	0,052	0,0000640	0,2001923		
13	0,009	0,014	0,0000250	0,2327373		
Jumlah	3,440		0,1468150	0,9569637		
$\bar{x}$	0,491					

2.10 Densitas Curah 228 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,000000	0,199671	0,7554	0,1635
15	0,948	0,874	0,005476	0,155903		
30	0,896	0,763	0,017689	0,117543		
45	0,842	0,667	0,030625	0,083432		
60	0,792	0,583	0,043681	0,057047		
90	0,691	0,445	0,060516	0,019002		
120	0,596	0,34	0,065536	0,001836		
150	0,495	0,259	0,055696	0,003382		
180	0,402	0,198	0,041616	0,022847		
210	0,297	0,151	0,021316	0,065615		
240	0,179	0,115	0,004096	0,139991		
300	0,043	0,067	0,000576	0,260257		
360	0,01	0,039	0,000841	0,295016		
Jumlah	7,191		0,347664	1,421544		
$\bar{x}$	0,553					

2.11 Densitas Curah 271 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,000000	0,197751	0,7337	0,1703
15	0,950	0,963	0,006225	0,155782		
30	0,898	0,907	0,019373	0,117438		
45	0,849	0,842	0,035344	0,086255		
60	0,797	0,774	0,048931	0,058415		
90	0,693	0,639	0,065576	0,018959		
120	0,597	0,513	0,070468	0,001738		
150	0,499	0,404	0,061217	0,003171		
180	0,371	0,311	0,032436	0,033969		
210	0,300	0,236	0,024069	0,065182		
240	0,212	0,176	0,010420	0,117860		
270	0,043	0,129	0,001633	0,262459		
330	0,010	0,067	0,001446	0,297360		
Jumlah	7,219		0,377138	1,416341		
$\bar{x}$	0,555					

Digital Repository Universitas Jember

2.12 Densitas Curah 613 kg/m³ dengan Oven Suhu 60°C

t (menit)	MR Obs (x)	MR Est (y)	$(y - x)^2$	$(x - \bar{x})^2$	R^2	RMSE
0	1,000	1,000	0,000000	0,213444	0,8832	0,1981
15	0,924	0,951	0,005792	0,853776		
30	0,874	0,882	0,024049	0,763876		
45	0,822	0,808	0,045126	0,675684		
60	0,771	0,734	0,064592	0,594441		
90	0,676	0,591	0,092674	0,456976		
120	0,571	0,465	0,092334	0,326041		
150	0,484	0,358	0,085235	0,234256		
180	0,372	0,272	0,054724	0,138384		
210	0,284	0,203	0,034128	0,080656		
240	0,173	0,150	0,010330	0,029929		
270	0,041	0,109	0,000106	0,001681		
300	0,002	0,079	0,001217	0,000004		
Jumlah	6,994		0,510306	4,369148		
$\bar{x}$	0,538					

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran F. Foto Penelitian

1. Alat Penelitian

Oven Memmert UNB-400

Oven *Microwave*

Neraca digital Ohauss Pioner 0,01 gram

Petri dish

Unit pengecil ukuran

2. Hasil Penelitian

G1P1

G1P2

G1P3

G2P1

G2P2

G2P3

G3P1

G3P2

G3P3