



**KARAKTERISTIK PENGERINGAN PISANG KLUTUK (*Musa balbisiana*)
MENGUNAKAN UNIT *FLUIDIZED BED***

SKRIPSI

Oleh :

**Nurul Aini
NIM 101710201040**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**KARAKTERISTIK PENGERINGAN PISANG KLUTUK (*Musa
balbisiana*) MENGGUNAKAN UNIT *FLUIDIZED BED***

SKRIPSI

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

Oleh

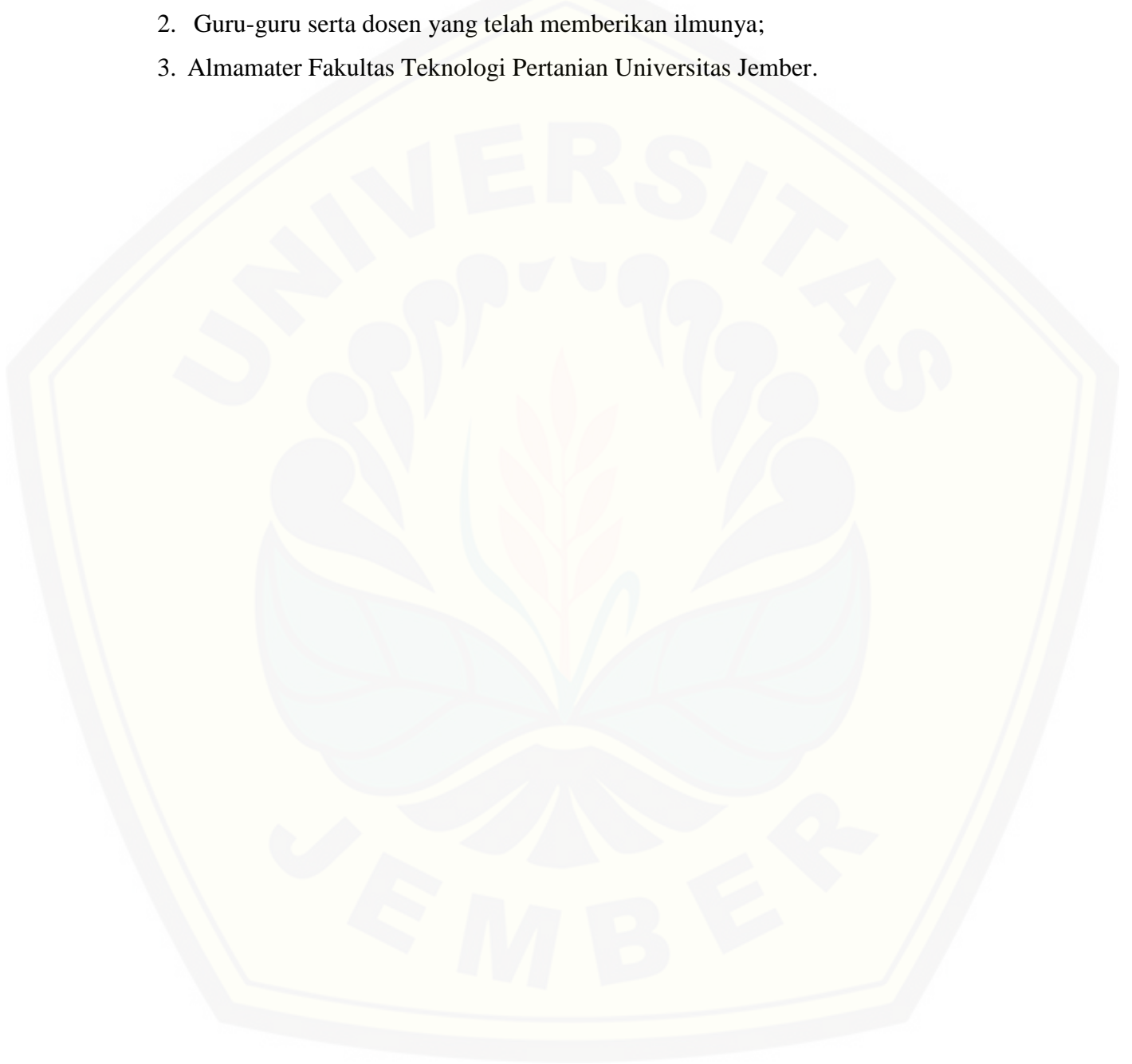
**Nurul Aini
NIM 101710201040**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Karya Tulis Ilmiah ini saya persembahkan untuk:

1. Abaku Basuki Rahmat dan ummiku Aisah yang tercinta;
2. Guru-guru serta dosen yang telah memberikan ilmunya;
3. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

“Manfaatkan masa mudamu sebelum datang masa tuamu, manfaatkan masa luangmu sebelum datang masa sibukmu, manfaatkan waktu sehatmu sebelum datang waktu sakitmu, manfaatkan waktu kayamu sebelum datang waktu miskinmu, manfaatkan hidupmu sebelum datang matimu” (Rasulullah SAW).



PERNYATAAN

Saya yang betanda tangan di bawah ini :

Nama : NURUL AINI

NIM : 101710201040

menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: *“Karakteristik Pengeringan Pisang Klutuk (Musa balbisiana) Menggunakan Unit Fluidized Bed”* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 08 Juli 2015
Yang menyatakan,

Nurul Aini
NIM 101710201040

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK PENGERINGAN PISANG KLUTUK (*Musa
balbisiana*) MENGGUNAKAN UNIT *FLUIDIZED BED***

oleh :

**Nurul Aini
NIM. 101710201040**

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Karakteristik Pengeringan Pisang Klutuk (Musa balbisiana) Menggunakan Unit Fluidized Bed*” karya Nurul Aini NIM 101710201040 telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 08 Juli 2015

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Ir. Setiyo Harri M.S.
NIP. 195309241983031001

Ir. Mukhammad Fauzi M.Si.
NIP. 196307011989031004

Mengesahkan

Dekan,

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

SUMMARY

Drying Characteristic of Klutuk Banana (*Musa balbisiana*) Using Fluidized Bed Unit; Nurul Aini, 101710201040; 2015: 72 page; Agricultural Engineering Department Faculty of Agricultural Technology Jember University.

Klutuk banana is one of banana types in Indonesia which contains moisture, ash, crude fiber and higher sugar reduction than other types of banana. This banana is not being delighted in because it has so many seed, hard and thick peel, and it cannot be consumed directly. As a result, this product has a short saving life and low economic value. One of the best ways to have a long saving life of Klutuk banana is using drying method; reducing the water from the substance to reach out the safe water content for saving step.

The advancement of technology is able to change the traditional drying into a modern drying with more sophisticated equipment. One of the ways in applying the latest technology in food processing was using fluidized bed. Using fluidized bed in drying Klutuk banana is considered as a good method, because the air speed for moving the bananas in drying process can be adjusted. This aim of the research was to determine the physical characteristic of Klutuk banana, determine the effect of air velocity duration and constant drying, and to determine the drying model of Klutuk bananas using fluidized bed.

The research was conducted in March to August 2014, in the laboratory of Agricultural Engineering Department Faculty of Agricultural Technology Jember University. The materials used in this research are klutuk banana obtained from banana merchant in Jember. Method used in this research was experimental with two variables i.e. drying temperatures (50°C, 65°C, dan 80°C) and air velocity (102,78 m³/h, 121,46 m³/h and 140,15 m³/h). Each treatment was carried out two repetitions. The result of measurement was analyzed using graphycal and statistic analysis.

The result showed that for 150 gram of Klutuk banana in each drying process; the faster reduction of air velocity happened on T₃Q₂ treatment (80°C and 121,46 m³/hour); from 854,84 %db became 6,78 %db for 40 minutes in drying process, and T₃Q₂ could reduce the air velocity from 748,85 %db became 7,97 %db in 40 minutes. Meanwhile, the long reduction of air velocity happened to T₁Q₁ treatment i.e. from 737,96 %db became 8,00 %db in 60 minutes. The higher temperature, the rate of drying value became high. The best valid model in drying Klutuk banana was using fluidized bed because the result of determination coefficient (R²) was resemble to 1 that was 0.99 and RMSE value which resembled 0;(0,012-0,022).

RINGKASAN

Karakteristik Pengeringan Pisang Klutuk (*Musa balbisiana*) Menggunakan Unit *Fluidized Bed*; Nurul Aini, 101710201040; 2015: 72 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Pisang klutuk merupakan salah satu jenis pisang yang ada di Indonesia yang memiliki kandungan air, abu, serat dan gula pereduksi yang lebih tinggi dibandingkan jenis pisang yang lain. Pisang ini tidak begitu disukai karena memiliki biji yang banyak, kulitnya keras, tebal dan tidak dapat dikonsumsi sebagai bentuk buah segar. Pisang ini memiliki masa simpan yang pendek dan nilai ekonomi yang rendah. Salah satu cara untuk memperpanjang umur simpan pisang klutuk adalah dengan pengeringan, yaitu pengurangan kandungan air dalam bahan hingga mencapai kadar air yang aman untuk penyimpanan.

Kemajuan teknologi mampu mengubah pengeringan tradisional menjadi pengeringan modern dengan peralatan lebih canggih. Pengeringan menggunakan *fluidized bed* merupakan salah satu penerapan teknologi pada pengolahan pangan. Pengeringan pisang klutuk dianggap cocok jika menggunakan *fluidized bed*, karena kecepatan udara untuk menggerakkan pisang saat dikeringkan dapat disesuaikan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik pengeringan, mengetahui pengaruh kecepatan udara pada durasi dan konstanta pengeringan, serta menentukan model pengeringan pisang klutuk menggunakan *fluidized bed*.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan Agustus 2014. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisang klutuk muda yang didapatkan dari penjual pisang di wilayah Jember. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan variabel berupa suhu (50°C, 65°C, dan 80°C) dan kecepatan udara (102,78 m³/jam, 121,46 m³/jam dan 140,15 m³/jam). Setiap perlakuan dilakukan 2 kali ulangan. Data hasil pengukuran dianalisis dengan menggunakan analisis grafis dan analisis statistik.

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa sebanyak 150 gr pisang klutuk pada masing-masing pengeringan, penurunan kadar air paling cepat terjadi pada perlakuan T_3Q_2 (80°C dan $121,46 \text{ m}^3/\text{jam}$), yaitu dari 854,84 %bk menjadi 6,78 %bk setelah dikeringkan selama 40 menit, dan T_3Q_3 (80°C dan $140,15 \text{ m}^3/\text{jam}$) dan mampu menurunkan kadar air dari 748,85 %bk menjadi 7,97 %bk dalam waktu 40 menit. Sedangkan penurunan kadar air paling lama terjadi pada perlakuan T_1Q_1 yaitu dari 737,96 %bk menjadi 8,00 %bk dalam waktu 60 menit. Semakin tinggi suhu, nilai laju pengeringan semakin besar. Model Page lebih valid digunakan pada pengeringan pisang klutuk menggunakan *fluidized bed* karena koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan mendekati 1 yaitu 0,99 dan nilai RMSE yang mendekati 0 yaitu 0,012-0,022,

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Karakteristik Pengeringan Pisang Klutuk (Musa balbisiana) Menggunakan Unit Fluidized Bed*". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari kendala-kendala yang ada, namun berkat dukungan dan arahan dari berbagai pihak akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian serta bimbingan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Sutarsi, S.TP., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak memberikan materi dan perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
3. Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P., selaku Dekan fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
4. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah banyak memberikan saran dan pengarahan dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Ir. Muharjo Pudjojono selaku Ketua Komisi Bimbingan yang telah memberikan saran dan kritik selama penyusunan skripsi ini;
6. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;

8. Aba, Ummi, dan keluarga besar tercinta yang tak pernah lelah memberikan doa, kasih sayang, kesabaran, semangat dan pengorbanan selama ini;
9. Diangga Bagastara, yang selalu sabar menemani, mendukung, dan memotivasi selama studi;
10. Sahabatku (Lenny, Desi, Natalia, Kristin, Aisaroh dan Setyorini), terimakasih atas dukungan, keceriaan, dan kasih sayang kalian;
11. Silvia Indrayani, terima kasih atas persahabatan yang indah selama ini;
12. Teman-teman minat pengolahan yaitu, Ghofirus, Lukman, Isti, Ayu, dan Niken yang telah berbagi ilmu dalam melakukan penelitian ini;
13. Teman-temanku Teknik Pertanian (TEP) 2010 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang terima kasih atas nasehat serta motivasinya, semoga kita selalu menjadi orang yang sukses;
14. Semua pihak yang tidak tersebut namanya yang telah membantu kelancaran penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan Hidayah-Nya kepada mereka semua. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Akhirnya penulis berharap agar skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak khususnya Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Jember, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
SUMMARY	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penanganan Pasca Panen Pisang Klutuk	4
2.1.1 Karakteristik Pisang Klutuk	5
2.1.2 Pengolahan dan Pemanfaatan Pisang Klutuk.....	5
2.2 Proses Pengeringan Produk Pertanian.....	5
2.2.1 Teori Pengeringan	5
2.2.2 Keuntungan dan Kerugian Pengeringan.....	6
2.2.3 Laju Pengeringan.....	7
2.2.4 Pemodelan Pengeringan Lapis Tipis	8

2.3 Penggunaan Fluidized Bed pada	
Pengeringan Pisang Klutuk.....	9
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat 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	12
3.3.1 Rancangan Penelitian	12
3.3.2 Parameter yang Diukur.....	13
3.3.3 Diagram Alir Penelitian.....	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.5 Metode Analisis Data.....	17
3.5.1 Analisis Teknis	17
3.5.2 Analisis Data	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Pengeringan Pisang Klutuk	20
4.2 Laju Pengeringan	22
4.3 Pemodelan Pindah Massa Selama Proses Pengeringan.....	25
4.4 Uji Validitas Model.....	27
BAB 5. PENUTUP.....	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Model Matematis yang Digunakan Dalam Pengeringan.....	8
Tabel 3.1 Variabel dan Parameter Penelitian	13
Tabel 4.1 Kadar Air dan Durasi Pengeringan Pisang Klutuk pada Berbagai Perlakuan.....	20
Tabel 4.2 Kadar Air Kesetimbangan Pisang Klutuk Berbagai Suhu Pengeringan.	22
Tabel 4.3 Konstanta Pengeringan dan Nilai Koefisien Determinasi (R^2) pada Berbagai Perlakuan.....	26
Tabel 4.4 Model Pengeringan Pisang Klutuk.....	25
Tabel 4.5 Nilai <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> pada Berbagai Perlakuan	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kurva Hubungan Laju Pengeringan dengan Waktu.....	7
Gambar 2.2 Fluidized Bed Dryer TG 200.....	9
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 4.1 Hubungan Laju Pengeringan dengan Lama Pengeringan pada Kecepatan Udara 102,78 m ³ /jam	23
Gambar 4.2 Hubungan Laju Pengeringan dengan Lama Pengeringan pada Kecepatan Udara 121,46 m ³ /jam	23
Gambar 4.3 Hubungan Laju Pengeringan dengan Lama Pengeringan pada Kecepatan Udara 140,15 m ³ /jam	24
Gambar 4.4 Hubungan MR prediksi dengan MR observasi pada Perlakuan T ₁ Q ₁	27
Gambar 4.5 Hubungan MR prediksi dengan MR observasi pada Perlakuan T ₁ Q ₂	28
Gambar 4.6 Hubungan MR prediksi dengan MR observasi pada Perlakuan T ₁ Q ₃	28
Gambar 4.7 Hubungan MR prediksi dengan MR observasi pada Perlakuan T ₂ Q ₁	28
Gambar 4.8 Hubungan MR prediksi dengan MR observasi pada Perlakuan T ₂ Q ₂	29
Gambar 4.9 Hubungan MR prediksi dengan MR observasi pada Perlakuan T ₂ Q ₃	29
Gambar 4.10 Hubungan MR prediksi dengan MR observasi pada Perlakuan T ₃ Q ₁	29
Gambar 4.11 Hubungan MR prediksi dengan MR observasi pada Perlakuan T ₃ Q ₂	30
Gambar 4.12 Hubungan MR prediksi dengan MR observasi pada Perlakuan T ₃ Q ₃	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Selama Pengeringan.....	36
Lampiran B. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan	39
Lampiran C. Data dan Plotting Persamaan Newton dan Page	42
Lampiran D. Data MR Observasi dan MR Estimasi	57
Lampiran E. Uji Validitas Model.....	60
Lampiran F. Foto Penelitian	70

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pisang tergolong tanaman buah berupa herba tidak asing lagi bagi sebagian besar masyarakat. Tumbuhan ini berdasarkan klasifikasi ilmiahnya tergolong dalam keluarga besar Musaceae. Pisang berasal dari Asia dan tersebar di Spanyol, Italia, Indonesia, Amerika dan bagian dunia yang lain. Menurut Margono (2000:1-3), buah pisang merupakan salah satu jenis komoditi hortikultura dalam kelompok buah-buahan yang memiliki nilai sosial dan ekonomi cukup tinggi bagi masyarakat Indonesia, karena antara lain pisang sebagai sumber pro vitamin A yang baik dan pisang sebagai sumber kalori utama. Lebih dari 200 jenis pisang terdapat di Indonesia. Tingginya keragaman ini, memberikan peluang pada Indonesia untuk dapat memanfaatkan dan memilih jenis pisang yang dibutuhkan untuk dikonsumsi. Buah pisang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia baik sebagai buah segar maupun berupa olahan. Menurut Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu dan Teknologi (2010), pisang adalah buah yang sangat bergizi yang merupakan sumber vitamin, mineral dan juga karbohidrat. Pisang dijadikan buah meja, sale pisang, pure pisang dan tepung pisang. Produktivitas pisang di Indonesia pada tahun 2013 mencapai 5.359.126 ton. Jumlah produksi yang sangat besar ini sangat memungkinkan untuk semakin berkembangnya produk olahan pisang (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2013).

Salah satu varietas dari pisang adalah pisang klutuk yang telah tersebar ke seluruh Indonesia. Pisang ini memiliki ciri khas berbiji hitam yang sangat banyak dan keras. Seperti halnya jenis pisang lain, pisang ini juga mengandung zat gizi yang relatif banyak seperti karbohidrat, protein, lemak, kalsium, fosfor, besi, vitamin B, dan vitamin C. Penggunaan pisang klutuk selain dimanfaatkan sebagai bumbu tambahan pada makanan, juga digunakan sebagai obat-obatan. Pemanfaatan pisang klutuk ini dapat digunakan untuk mengobati diare, ambien

(wasir), dan pengobatan rambut rontok. Fungsi ini dipengaruhi oleh kandungan steroid dalam ekstrak etanol aktif (Tjandrasari, 1991:24).

Pisang klutuk atau juga biasa disebut pisang batu merupakan salah satu jenis pisang yang belum dimanfaatkan dengan baik dan memiliki nilai ekonomi yang rendah. Dibandingkan pisang lain, pisang klutuk kurang dimanfaatkan, karena bijinya yang banyak dan mengganggu proses pengunyahan di mulut. Pisang klutuk yang tidak termanfaatkan biasanya dibiarkan membusuk di pohon. Alternatif pemanfaatan pisang klutuk salah satunya dengan dijadikan tepung. Tepung pisang klutuk dapat digunakan sebagai minuman herbal karena mengandung serotonin dan norepinefrin yang berfungsi sebagai penenang tubuh (Rahmat, 2013:6). Pengerinan merupakan proses yang cukup berpengaruh pada kualitas tepung. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Martunis (2012: 29), lama waktu pengerinan berpengaruh terhadap sifat fisik bahan yang dikeringkan. Selain mampu meningkatkan nilai jual, pengerinan ini dapat memperpanjang daya simpan dan memudahkan dalam proses transportasi pisang klutuk.

Salah satu alternatif metode pengerinan yang dapat dilakukan untuk mempercepat proses pengerinan pisang klutuk adalah dengan menggunakan *fluidized bed*. *Fluidized bed* bekerja dengan mengatur suhu pengerinan, dan kecepatan aliran udara panas sedangkan bahan yang dikeringkan akan terfluidisasi sehingga laju perpindahan panas akan lebih cepat. Keuntungan model pengerinan ini yaitu laju pengerinan dan efisiensi panas tinggi serta mudah dikendalikan (Indriani *et al.*, 2009:4). Selama ini pengolahan pisang dengan cara pengerinan yang sering dilakukan masyarakat, hanya dikeringkan dengan menggunakan oven ataupun pengerinan langsung dengan menggunakan sinar matahari. Pengerinan pisang klutuk dianggap cocok jika menggunakan *fluidized bed*, karena kecepatan udara untuk menggerakkan pisang saat dikeringkan dapat disesuaikan.

1.2 Rumusan Masalah

Melimpahnya hasil panen pisang klutuk karena kurang pemanfaatan menimbulkan permasalahan yaitu terhadap daya simpannya yang relatif singkat.

Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan untuk memperpanjang umur simpan pisang klutuk. Pengeringan pisang klutuk merupakan metode pengeringan yang jarang ditemui. Untuk itu penelitian ini dilakukan guna mengetahui karakteristik pisang klutuk selama proses pengeringan. Karakteristik pengeringan pisang klutuk dapat diamati berdasarkan variasi suhu dan lama pengeringan dengan menggunakan unit *fluidized bed*.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada investigasi tentang perilaku perubahan kadar air bahan, konstanta pengeringan dan laju pengeringan pada perlakuan berbagai macam suhu dan kecepatan udara dengan *fluidized bed dryer*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah mempelajari proses pengeringan pisang klutuk dengan menggunakan *fluidized bed dryer*. Sedangkan tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan karakteristik pengeringan berupa perubahan kadar air dan laju pengeringan pisang klutuk menggunakan *fluidized bed*.
2. mengetahui pengaruh suhu dan kecepatan udara pada proses pengeringan dengan *fluidized bed* terhadap durasi pengeringan dan konstanta pengeringan.
3. menentukan model pengeringan yang secara keseluruhan dapat merepresentasikan laju pengeringan pisang klutuk menggunakan *fluidized bed*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dicapai pada penelitian ini adalah:

1. sebagai sumber informasi tentang karakteristik pisang klutuk menggunakan *fluidized bed*.
2. menyediakan alternatif penanganan pasca panen pisang klutuk untuk keperluan pangan manusia.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penanganan Pasca Panen Pisang Klutuk

2.1.1 Karakteristik Pisang Klutuk

Menurut Sunarjono (1990:97), tanaman pisang (*Musa sp. Famili Musaceae*) sebenarnya bukan tanaman asli Indonesia, tetapi merupakan tanaman pendatang. Sentra aslinya ialah Asia Tenggara. Akan tetapi, kini tanaman pisang telah tersebar luas seluruh dunia termasuk Indonesia. Menurut Dewati (2008:4), tanaman pisang ini oleh masyarakat dapat dimanfaatkan mulai dari bunga, buah, daun, batang sampai bonggolpun dapat dimanfaatkan. Pisang merupakan tanaman hortikultura yang penting karena potensi produksinya yang cukup besar dan produksi pisang berlangsung tanpa mengenal musim.

Pisang yang sudah umum dibudidayakan dan buahnya enak dimakan disebut *M. Paradisiaca* Linn. Jenis pisang ini merupakan keturunan dari hasil persilangan antara pisang kole (*M. Acuminata* Colla) dan pisang batu atau pisang klutuk (*M. balbisiana*). Diantara jenis pisang yang ada di Indonesia, maka terdapat jenis pisang yang bijinya banyak, yaitu pisang batu (pisang klutuk). Kelompok pisang ini biasanya disuguhkan dalam bentuk olahan sebagai rujak. Pisang ini memiliki ciri-ciri antara lain :

- a. Tinggi pohon 3 meter, lingkaran batang 60 cm -70 cm, berwarna hijau dengan bercak ataupun tanpa bercak
- b. Daun besar dan panjang (2 m x 0,6 m), kadang berlapis lilin tipis, sukar sobek.
- c. Tandan buah panjangnya 20 cm – 100 cm dengan 5 – 7 sisir dan tiap sisir berjumlah 12 – 18 buah yang tersusun rapat.
- d. Buah berpenampang segi tiga atau segi empat, berkulit tebal, daging berwarna putih atau kekuningan, teksturnya agak kasar, buah berbiji banyak (Rukmana, 1999:13-23).

Menurut Endra (2006:15), kandungan kimia daging buah pisang klutuk seperti air, abu, serat, dan gula pereduksi lebih tinggi daripada buah pisang raja dan pisang siam, sedangkan komposisi kimia yang lain lebih rendah seperti

protein, lemak dan karbohidrat. Selain itu menurut Rachmat *et al.* (2013:6), kandungan kimia yang dimiliki oleh pisang klutuk yaitu serotonin dan norepinefrin berfungsi sebagai penenang tubuh.

2.1.2 Pengolahan dan Pemanfaatan Pisang Klutuk

Pisang klutuk dapat dimanfaatkan sebagai anggur buah. Anggur buah adalah jenis minuman sari buah yang dibuat dengan cara peragian. Proses peragian berlangsung selama 7~15 hari. Kandungan gula pada bahan diubah menjadi alkohol oleh ragi. Ragi tersebut mulai bekerja aktif bila terlihat ada gelembung-gelembung udara. Pada proses ini, bahan-bahannya harus ditempatkan dalam botol yang tertutup rapat (tanpa udara). Buah yang biasa dibuat anggur antara lain: pisang klutuk (biji), ambon, raja, tawi, dan jenis pisang lainnya; serta buah nenas, jambu, apel, mangga, pala, dan lain-lainnya. Namun produk anggur pisang yang paling baik adalah dari jenis pisang klutuk (pisang biji), karena buah ini rasanya lebih manis dan baunya lebih harum. Pisang ini mudah didapat, karena sering dijumpai tumbuh dipingir-pingir sungai sebagai tanaman liar, dan harganya sepertiga lebih murah dari jenis pisang lainnya (Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu dan Teknologi, 2000).

Selain dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan anggur buah, saus sambal pisang juga salah satu hasil produk olahan dari pisang klutuk. Saus sambal pisang adalah sejenis saus pedas yang dapat digunakan sebagai pelengkap masakan seperti bakso, mi, dan lainnya yang berasal dari bahan cabe dan buah pisang dengan tambahan bumbu atau rempah. Buah pisang yang digunakan sebagai bahan campuran pada pembuatan saus sambal adalah jenis pisang olahan yang belum matang seperti pisang klutuk (Prabawati *et al.*, 2008:50).

2.2 Proses Pengeringan Produk Pertanian

2.2.1 Teori Pengeringan

Menurut Estiasih dan Ahmadi (2009:87), pengeringan merupakan metode pengawetan dengan cara pengurangan kadar air dari bahan pangan sehingga daya simpan menjadi lebih lama. Perpanjangan daya simpan terjadi karena aktivitas

mikroorganisme dan enzim menurun sebagai akibat dari air yang dibutuhkan untuk aktivitasnya tidak cukup. Nilai standar mutu pengeringan bumbu rempah-rempah diatur dalam SNI 01-3709-1995 yaitu dengan kadar air maksimal 12% basis basah (Gobel, 2012:34).

Pengeringan dapat berlangsung dengan baik jika pemanasan terjadi pada setiap tempat pada bahan tersebut dan uap air dikeluarkan dari seluruh permukaan bahan tersebut. faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan terutama adalah luas permukaan bahan, suhu pengeringan, aliran udara dan tekanan uap air di udara (Winarno, 1980:46).

Menurut Taib *et al.* (1988:2) menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan ada dua golongan yaitu yang berhubungan dengan udara pengering dan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang dikeringkan. Faktor yang berhubungan dengan udara pengering adalah suhu, kecepatan volumetrik aliran udara pengering dan kelembaban udara. Sedangkan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan adalah ukuran bahan, kadar air awal dan tekanan parsial di dalam bahan. Proses pengeringan dapat terjadi jika kombinasi suhu dan kelembaban udara memungkinkan bahan melepaskan air agar tercapai kadar air setimbang. Kombinasi yang terbaik bagi proses pengeringan adalah udara dengan kelembaban rendah dan bersuhu tinggi.

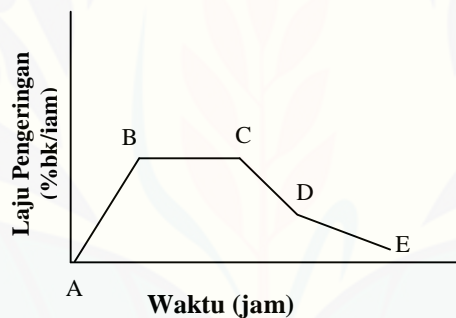
2.2.2 Keuntungan dan Kerugian Pengeringan

Keuntungan dari pengeringan adalah bahan menjadi lebih awet dengan volume bahan menjadi lebih kecil sehingga mempermudah dan menghemat ruang pengangkutan dan pengepakan, berat bahan juga menjadi berkurang sehingga memudahkan pengangkutan, dengan demikian diharapkan biaya produksi menjadi lebih mudah. Disamping keuntungan-keuntungan tersebut di atas, pengeringan juga mempunyai beberapa kerugian yaitu karena sifat asal dari bahan yang dikeringkan dapat berubah misalnya, bentuknya, sifat-sifat fisik dan kimianya, penurunan mutu, dan lain-lainnya. Kerugian yang lainnya juga disebabkan karena beberapa bahan kering perlu pekerjaan tambahan sebelum digunakan, misalnya

harus dibasahkan kembali. Proses pengembalian air ke dalam bahan tersebut disebut rehidrasi (Winarno, 1980:45).

2.2.3 Laju pengeringan

Laju pengeringan dalam proses pengeringan suatu bahan pangan mempunyai arti penting. Karena laju pengeringan menggambarkan bagaimana cepatnya pengeringan itu berlangsung. Laju pengeringan diperlukan untuk merencanakan waktu pengeringan dan untuk memperkirakan ukuran alat yang dipergunakan untuk pengeringan suatu bahan tertentu. Dalam kaitannya dengan ini perlu diketahui berapa lama diperlukan untuk mengeringkan suatu bahan dari suatu kandungan air sampai kandungan air yang lain dan bagaimana pula pengaruh kondisi udara pengering terhadap waktu tersebut (Effendi, 2009:30). Profil laju pengeringan suatu bahan pertanian dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Kurva Hubungan Laju Pengeringan dengan Waktu

Berdasarkan kurva di atas, proses pengeringan dapat dibagi menjadi beberapa segmen atau periode sejalan dengan berkurangnya kadar air, yaitu:

- A - B : periode permulaan / pemanasan
- B - C : periode laju pengeringan konstan
- C : kadar air kritis
- C - D : periode laju pengeringan menurun pertama
- D - E : periode laju pengeringan menurun kedua (Taib et al., 1988).

2.2.4 Pemodelan Pengeringan Lapis Tipis

Pemodelan pengeringan terus berkembang hingga dekade terakhir yang melibatkan proses-proses yang kompleks meliputi perpindahan massa, energi dan momentum. Pemodelan pengeringan dimulai dari sesuatu yang sederhana hingga yang kompleks yang semuanya dapat diterapkan sesuai dengan kondisi dan situasinya. Optimisasi proses dilakukan untuk mendapatkan kondisi-kondisi proses yang menghasilkan efisiensi pengeringan yang lebih baik sehingga diperlukan informasi parameter-parameter proses tertentu yang diperlukan. Parameter-parameter proses tersebut dapat ditentukan dengan pengkorelasian model empiris terhadap data-data eksperimen yang dilakukan dengan metode-metode tertentu tergantung dari kompleks tidaknya persamaan yang dikorelasikan (Istadi *et al.*, 2002:1).

Menurut Amiruddin (2013:14), pengeringan lapisan tipis adalah pengeringan dimana seluruh bahan dalam lapisan tersebut dapat menerima langsung aliran udara pengering yang melewatinya dengan kelembaban relatif dan suhu konstan. Pada pengeringan lapisan tipis bidang pengeringan lebih besar dan ketebalan bahan dikurangi sehingga pengeringan berlangsung serentak dan merata ke seluruh bahan. Menurut Ishak (2013: 26) beberapa model teoritis yang sering digunakan dalam pengeringan lapisan tipis hasil-hasil pertanian, antara lain:

Tabel 2.1 Model Matematis yang digunakan dalam Pengeringan

No	Model	Persamaan
1	Newton	$MR = \exp(-kt)$
2	Page	$MR = \exp(-kt^n)$
3	Modified page	$MR = \exp[-(kt)^n]$
4	Hederson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$
5	Wang and Singh	$MR = M_o + at + bt^2$

2.3. Penggunaan Fluidized Bed pada Pengeringan Pisang Klutuk

Menurut Mujumdar (2006:174), *Fluidized Bed Dryer* yang terlihat pada Gambar 2.2 merupakan mesin pengering yang memiliki dua komponen utama yaitu ruang pengering dan blower. Mesin pengering dapat mengatur suhu udara, interval pengeringan, dan kecepatan aliran udara panas. Pengeringan ini banyak digunakan untuk pengeringan bahan berbentuk partikel atau butiran, baik untuk industri kimia, pangan, keramik, farmasi, pertanian, polimer dan limbah. Metode pengeringan fluidisasi digunakan untuk mempercepat proses pengeringan dan mempertahankan mutu bahan kering. Proses pengeringan dipercepat dengan cara meningkatkan kecepatan aliran udara panas sampai bahan terfluidisasi (Indriani *et al.*, 2009:4)



Gambar 2.2 *Fluidized Bed Dryer* TG 200

Pengeringan dilakukan dengan menghembuskan udara panas dari *blower* melalui suatu saluran ke atas bak pengering sehingga melewati bahan. Bahan yang diberi hembusan udara panas dapat bergerak dan memiliki sifat seperti fluida. Proses pengeringan dapat dipercepat dengan meningkatkan kecepatan aliran udara sampai bahan terfluidisasi. Pada kondisi ini terjadi penghambusan bahan sehingga

menyebabkan luas kontak membesar antar partikel dan media pengering sehingga meningkatkan laju perpindahan panas dan massa (Taufiq, 2004).

Teknologi pengeringan *fluidized bed dryer* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan *spray dryer* yaitu laju pengeringan yang tinggi di antara padatan dan udara panas sehingga waktu pengeringan lebih cepat, efisiensi termal yang tinggi, perpindahan panas bahan lebih mudah, pengendalian dan penanganan mudah, biaya perawatan murah, dan cocok digunakan untuk operasi skala besar. Kelemahan *fluidized bed dryer* adalah *pressure drop* tinggi, konsumsi energi tinggi, kualitas produk tidak seragam, serta terjadinya erosi pada pipa dan kolom (Vistanty, 2010:5). Pada pengeringan metode *fluidized bed* dipengaruhi oleh dua kondisi yaitu suhu udara pengering dan kecepatan udara pengering yang digunakan.

1. Suhu Pengeringan

Menurut Estiasih dan Ahmadi (2009:101), pada umumnya semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan. Semakin tinggi udara, maka semakin banyak uap air yang dapat ditampung oleh udara tersebut sebelum terjadi kejenuhan. Dapat disimpulkan bahwa udara bersuhu tinggi lebih cepat mengambil air dari bahan pangan sehingga proses pengeringan lebih cepat.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yuniawati (2013), metode pengeringan terfluidisasi menentukan sifat fisik produk akhir pada kombinasi perlakuan antara kecepatan aliran udara panas. Suhu memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap karakteristik produk bahan kering dibanding dengan kecepatan aliran udara panas.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Indriani *et al.* (2009:29), laju pengeringan pada *fluidized bed* ditentukan oleh temperatur udara masuk yang digunakan. Semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan dan kadar air pada bahan akan semakin cepat turun. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sujud (2013:28), pada pengeringan jamur tiram dengan metode *fluidized bed*, semakin tinggi suhu yang digunakan pada pengeringan maka semakin cepat pula laju pengeringan yang terjadi.

2. Kecepatan Udara

Udara yang bergerak atau bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingkan udara diam. Pada proses pergerakan udara, uap air dari bahan akan diambil dan terjadi mobilitas yang menyebabkan udara tidak pernah mencapai titik jenuh (Estiasih dan Ahmadi, 2009:103). Apabila kecepatan udara panas terlalu rendah, aliran udara panas sukar menembus bahan sehingga mengakibatkan pengeringan kurang sempurna. Apabila kecepatan udara panas terlalu tinggi, maka kecepatan aliran udara panas ke bahan menjadi terputus. Sehingga aliran bahan yang dikeringkan menjadi terhambat (Taib *et al.*, 1988:109)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sujud (2013:24-25), pada pengeringan jamur tiram dengan metode *fluidized bed* semakin tinggi kecepatan udara yang digunakan maka laju perpindahan panas akan semakin cepat. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Djaeni *et al.* (2012), pada pengeringan gabah menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan udara pengering maka proses pengeringan membutuhkan waktu yang lebih singkat. Pada proses pengeringan, air dari bahan basah diuapkan dengan media seperti gas. Panas yang dibawa udara ini akan memanasi permukaan bahan basah, sehingga suhunya naik dan air akan teruapkan (Widjanarko *et al.*, 2012:108)

BAB 3. METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Agustus 2014, di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah pisang klutuk mentah. Bahan didapatkan dari penjual pisang klutuk yang berada di Pasar Tanjung-Jember. Sebelum dilakukan pengeringan, pisang klutuk diparut terlebih dahulu untuk mempercepat proses pengeringan.

3.2.2. Alat

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu: 1 set *fluidized bed dryer* tipe TG 200; oven merk *memert*; timbangan digital merk *ohaus pioneer* dengan akurasi 0,01 g dan akurasi 0,001 g; kamera digital; *stopwatch*; pisau; gelas ukur; pamarut pisang; baskom; nampan/cawan; spatula.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik pengeringan pisang klutuk yang meliputi berat bahan, kadar air dan laju pengeringan selama proses pengeringan. Penelitian dilakukan dengan 2 kali ulangan pada masing-masing perlakuan percobaan. Variabel yang diamati merupakan suhu dan kecepatan udara yang digunakan. Parameter dan variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel dan Parameter Penelitian

No.	Variabel Percobaan	Skala	Kode	Parameter Respon
1.	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	50	T_1	- Kadar Air Bahan
		65	T_2	- Konstanta
		80	T_3	Pengeringan
2.	Kecepatan Udara Pengeringan (m^3/jam)	102,78	Q_1	- Laju Pengeringan
		121,46	Q_2	
		140,15	Q_3	

Kombinasi Perlakuan:

T_1Q_1	T_2Q_1	T_3Q_1
T_1Q_2	T_2Q_2	T_3Q_2
T_1Q_3	T_2Q_3	T_3Q_3

Penelitian dilakukan dengan 2 kali ulangan pada masing – masing kombinasi perlakuan.

3.3.2. Parameter yang diukur

Pada penelitian ini, parameter-parameter yang diukur dan diamati untuk memudahkan proses analisis dan perhitungan antara lain:

a. Berat bahan (pisang klutuk)

Berat bahan pisang klutuk diukur dengan menggunakan timbangan digital. Berat bahan yang diukur adalah berat bahan awal, berat bahan selama proses pengeringan, dan berat bahan akhir.

b. Kadar air

Kadar air pisang klutuk yang diukur adalah kadar air awal, kadar air bahan selama proses pengeringan, kadar air akhir, dan kadar air kesetimbangan.

c. Kecepatan udara

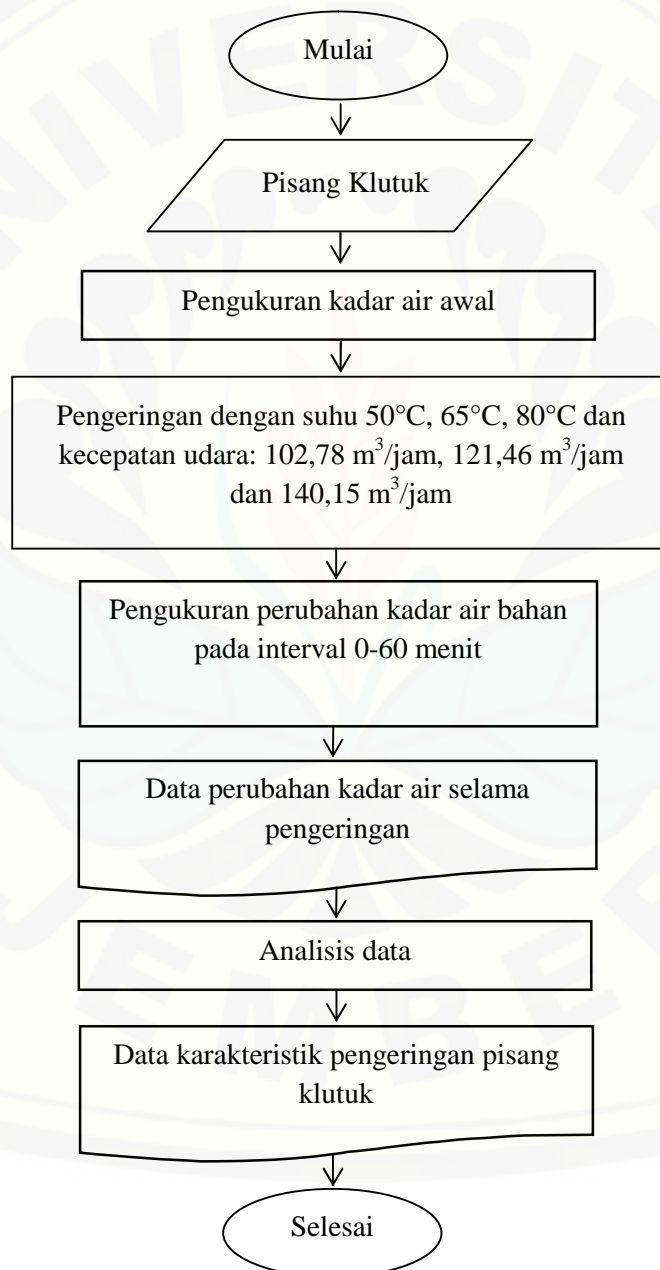
Udara panas dihembuskan ke dalam ruang pengering dari level 10 dan di ubah-ubah dengan kelipatan 5 sampai mencapai level kecepatan udara minimum bahan terfluidisasi atau bergerak.

d. Waktu pengeringan

Waktu pengeringan ditentukan sampai sampel mencapai kadar air yang diinginkan $\pm 7\%$ bb dan aman untuk disimpan.

3.3.3 Diagram Alir Penelitian

Prosedur penelitian yang telah dilakukan, ditampilkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pengeringan adalah metode untuk mengurangi kadar air pisang klutuk. Sebelum proses pengeringan dilakukan, maka perlu adanya penyiapan bahan. Pencucian adalah tahap awal dari penyiapan bahan. Pisang klutuk dicuci dengan tujuan untuk membersihkan kotoran yang melekat pada kulit pisang. Kotoran biasanya berupa getah yang menempel maupun kotoran lainnya yang mudah melekat seperti tanah maupun kotoran kecil-kecil. Pisang yang telah dicuci, selanjutnya ditiriskan untuk menghilangkan air dari proses pencucian. Proses penirisan ini berlangsung maksimal 10 menit. Selanjutnya pengecilan ukuran pisang dengan cara pisang diparut. Tujuan dari pengecilan ukuran ini adalah untuk mempercepat proses pengeringan pada pisang.

Proses selanjutnya yaitu parutan pisang klutuk direndam dalam larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0,2%. Perendaman ini bertujuan untuk mencegah terjadinya *browning* atau biasa disebut dengan reaksi pencoklatan pada bahan pangan. Setelah direndam parutan pisang klutuk diperas untuk menghilangkan sebagian air yang ada pada pisang klutuk.

Hasil dari perendaman pisang klutuk, selanjutnya masuk ke proses pengeringan. Pengeringan adalah proses pemindahan panas dan uap air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering yang biasanya berupa panas. Tujuan dari pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lama (Taufiq, 2004:21)

Pengukuran kadar air awal pada pisang klutuk dilakukan terlebih dahulu sebelum proses pengeringan dengan menggunakan *fluidized bed*. Nilai kadar air awal bahan basis basah (%bb) dapat dihitung dengan rumus:

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

Sedangkan dalam basis kering (%bk), kadar air bahan dapat dihitung dengan Persamaan 3.4:

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

Hasil dari pengukuran kadar air awal ini digunakan untuk memudahkan perhitungan kadar air akhir. Pada penelitian ini pisang klutuk dikeringkan menggunakan suhu 50, 65, dan 80°C. Pisang klutuk dikeringkan hingga mencapai kadar air ±7% bb. Kecepatan udara pengeringan yang digunakan dengan 3 variasi yaitu sebesar 102,78 m3/jam, 121,46 m3/jam dan 140,15 m3/jam. Pada setiap kombinasi perlakuan antara suhu dan kecepatan udara pisang yang digunakan adalah 150 gram. Pengeringan tiap perlakuan dibagi menjadi 6 titik waktu. Lama waktu yang dibutuhkan pada setiap perlakuan berkisar antara 40 - 60 menit. Berikut prosedur pengukuran kadar air bahan dan kadar air kesetimbangan (Me) selama pengeringan, antara lain:

a. Pengukuran perubahan kadar air bahan selama pengeringan

Perubahan kadar air selama pengeringan dapat dilakukan setelah mengetahui kadar air awal bahan melalui metode gravimetri. Kemudian ditimbang bahan berupa pisang klutuk (±150 gram) dan dimasukkan ke dalam *fluidized bed* dengan kombinasi suhu dan kecepatan udara. Setelah 5 menit pertama, bahan dikeluarkan dari *fluidized bed*, dimasukkan dalam eksikator selama 5-15 menit atau hingga suhu bahan normal (sesuai dengan suhu ruangan laboratorium, yaitu 25-27°C), kemudian ditimbang beratnya. Pengamatan tersebut diulang kembali pada 6 titik interval waktu sampai mencapai kadar air yang diinginkan (kurang dari 8% bb) dan dilakukan dua kali ulangan pada masing – masing perlakuan yang telah ditentukan. Kadar air bahan basis basah dapat dihitung dengan persamaan 3.5:

$$m(\%bb) = \frac{W_t - W_d}{W_t} \times 100\% = \frac{W_m}{W_t} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

- dimana: m = Kadar air basis basah (%bb)
 Wm = Berat air dalam bahan (gram)

Wd = Berat padatan (gram)

Wt = Berat total (gram)

b. Pengukuran Kadar Air Kesetimbangan (Me)

Langkah awal pengukuran kadar air kesetimbangan adalah menyiapkan dan menimbang wadah kosong yang akan digunakan. Setelah itu, bahan berupa pisang klutuk ditimbang sebanyak ± 5 gram. Bahan yang telah ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam oven bersuhu 50°C dan dioven selama 2 hari. Selanjutnya, bahan dimasukkan ke dalam eksikator hingga suhu bahan setara dengan suhu ruang ($25\text{-}27^{\circ}\text{C}$). Kemudian, berat bahan ditimbang dan dioven kembali selama 2 jam. Bahan kemudian dimasukkan kembali ke eksikator, setelah suhu bahan setara dengan suhu ruang maka pisang klutuk ditimbang kembali untuk mengetahui berat akhirnya. Prosedur yang sama juga berlaku pada suhu 65°C dan 80°C . Sisa sampel dari tiga variasi suhu kemudian ditimbang untuk dikeringkan secara bersamaan dengan suhu oven 105°C . Bahan kemudian dimasukkan ke dalam eksikator hingga suhu bahan setara dengan suhu ruang ($25\text{-}27^{\circ}\text{C}$) dan ditimbang beratnya. Selanjutnya nilai kadar air kesetimbangan (Me) dapat dihitung dengan persamaan 3.5.

3.5 Metode Analisis Data

3.5.1 Analisis Teknis

a. Perubahan kadar air selama pengeringan

Perubahan kadar air selama pengeringan diamati berdasarkan interval waktu yang telah ditentukan untuk masing-masing perlakuan. Menurut Brooker *et al.* (1992:195) perubahan kadar air bahan selama pengeringan dapat dihitung dengan persamaan eksponensial (Newton) sebagai berikut:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-k.t) \dots\dots\dots (3.6)$$

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

$$(-\ln(MR)) = kt \dots\dots\dots (3.7)$$

Persamaan di atas dapat diuraikan menjadi suatu persamaan regresi yaitu :

$$y = ax$$

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

$$a = k$$

$$x = t$$

Sedangkan untuk perbandingan, digunakan persamaan Page:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-k.t^n) \dots\dots\dots (3.8)$$

dimana :

MR : Rasio Kadar Air

Mt : Kadar Air pada saat t

Me : Kadar Air Kesetimbangan

M₀ : Kadar Air Awal

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

$$\ln(-\ln(MR)) = \ln k + n \ln t \dots\dots\dots (3.9)$$

Persamaan diatas dapat diuraikan menjadi suatu persamaan regresi yaitu :

$$y = a + bx$$

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

$$a = \ln k$$

$$b = n$$

$$x = \ln t$$

Dengan regresi linier antara koefisien k dan n dengan daya pengeringan, akan diperoleh persamaan k dan n sebagai fungsi daya :

$$k(t) = f(P) \dots\dots\dots (3.10)$$

$$n(t) = f(P) \dots\dots\dots (3.11)$$

b. Laju pengeringan

Menurut Brooker *et al.* (1992:296) profil laju pengeringan selama pengeringan berlangsung ditentukan dengan persamaan :

$$\frac{dM}{dt} = \frac{Mt_1 - Mt_2}{\Delta t} \dots\dots\dots(3.12)$$

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

t = selisih t_1 dan t_2 (menit)

3.5.2 Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian berupa data hasil percobaan (data observasi) akan dianalisis menggunakan *software Microsoft Excel 2010* dan disajikan dalam bentuk grafik. Selain itu, dilakukan uji validitas untuk mengetahui tingkat kebenaran/kepercayaan data yang dihasilkan. Uji validitas dilakukan dengan menggunakan kriteria *Coefficient of Determination* (COD atau R^2) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Menurut Manalu (2011:12), nilai R^2 menunjukkan kemampuan model dengan nilai tertinggi 1, sedangkan RMSE menunjukkan deviasi antara hasil hitung terhadap data pengukuran, nilai yang diinginkan mendekati nol. Semakin besar nilai R^2 dan semakin kecil nilai RMSE maka metode yang digunakan semakin baik. Nilai R^2 dan RMSE, dihitung dengan persamaan berikut (Nawari, 2010:240):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (M \text{ Re } xp_i - MRpre_i)^2}{\sum_{i=1}^N (M \text{ Re } xp_i - \overline{MRexp})^2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (M \text{ Re } xp - MRpre)_i^2}{N}}$$

dimana $MRexp,i$ adalah rasio kadar air percobaan ke- i , $MRpre,i$ adalah rasio kadar air hitung ke- i , N adalah jumlah pengamatan, dan \overline{MRexp} adalah nilai rata-rata rasio kadar air percobaan.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengeringan Pisang Klutuk

Bahan utama penelitian ini berupa pisang klutuk yang didapat dari penjual pisang di wilayah Pasar Tanjung, Jember-Jawa Timur. Pisang klutuk yang digunakan pada penelitian ini memiliki kadar air awal rata-rata yang beragam, yaitu antara 93,45% bb – 94,45% bb. Pengeringan pisang klutuk dilakukan hingga mencapai kadar air $\pm 7\%$ bb. Waktu yang dibutuhkan pada setiap perlakuan berkisar antara 40 - 60 menit.

Pada pengeringan menggunakan *fluidized bed* ini bahan akan mengalami fluidisasi selama proses pengeringan berlangsung. Pada awal pengeringan, pisang klutuk tidak terfluidisasi dengan sempurna karena memiliki kadar air yang tinggi. Rata-rata untuk 5 hingga 10 menit pertama pada setiap perlakuan, bahan masih belum mengalami fluidisasi secara menyeluruh. Hal ini mengakibatkan hasil pengeringan pisang klutuk tidak merata. Ketidakmerataan selama proses pengeringan dapat diatasi dengan pembalikan bahan hingga pisang klutuk kering pada interval waktu yang telah ditentukan.

Hasil penelitian menunjukkan nilai kadar air yang diperoleh pada masing-masing perlakuan pengeringan berada di bawah 8%. Nilai kadar air akhir yang diperoleh sebesar 6,19% bb – 7,55% bb. Hasil pengeringan pisang klutuk pada masing-masing perlakuan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Kadar Air dan Durasi Pengeringan Pisang Klutuk pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	Kadar Air Awal Rata-Rata		Kadar Air Akhir Rata-Rata		Durasi (menit)	%bk/menit
	(%bb)	(%bk)	(%bb)	(%bk)		
T ₁ Q ₁	93,58	1482,16	7,40 ± 0,13	7,99 ± 0,15	60	24,57
T ₁ Q ₂	94,31	1659,99	7,18 ± 0,78	7,74 ± 0,91	50	33,05
T ₁ Q ₃	93,47	1433,81	7,55 ± 0,06	8,17 ± 0,07	50	28,51
T ₂ Q ₁	93,69	1486,02	7,05 ± 0,42	7,58 ± 0,48	50	29,57
T ₂ Q ₂	93,87	1533,52	7,42 ± 0,49	8,02 ± 0,58	45	33,90
T ₂ Q ₃	94,45	1703,39	7,24 ± 0,66	7,81 ± 0,76	45	37,68
T ₃ Q ₁	93,45	1452,73	6,19 ± 1,46	6,62 ± 1,65	45	32,14
T ₃ Q ₂	94,00	1570,68	6,34 ± 0,96	6,78 ± 1,10	40	39,10
T ₃ Q ₃	93,64	1473,35	7,38 ± 0,13	7,97 ± 0,15	40	36,63

Pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa waktu pengeringan tersingkat adalah pada perlakuan T_3Q_2 . Pada perlakuan T_3Q_2 menggunakan suhu 80°C dan kecepatan udara $121,46 \text{ m}^3/\text{jam}$, nilai kadar air dapat diturunkan dari $1570,68\% \text{ bk}$ menjadi $6,78\% \text{ bk}$ dalam waktu 40 menit. Selama proses pengeringan terjadi pengurangan kadar air mencapai $1563,9\% \text{ bk}$ dari kadar air awal. Kecepatan pengeringan pada perlakuan ini yaitu mencapai $39,10\% \text{ bk}$ per menit merupakan kecepatan pengeringan yang terbesar. Sedangkan pada pengeringan T_1Q_1 menggunakan suhu 50°C dan kecepatan udara $102,78 \text{ m}^3/\text{jam}$, dapat menurunkan nilai kadar air dari $1482,16\% \text{ bk}$ menjadi $7,99\% \text{ bk}$. Pada perlakuan T_1Q_1 ini memiliki kecepatan pengeringan paling rendah yaitu $24,57\% \text{ bk}$ per menit. Hal ini menyebabkan pada perlakuan T_1Q_1 memiliki durasi pengeringan terlama yaitu 60 menit.

Pada setiap perlakuan, nilai kecepatan pengeringan yang dihasilkan bervariasi. Hal itu dikarenakan adanya pengaruh kandungan getah yang berbeda-beda pada tiap sampel. Semakin banyak getah pada bahan, maka bahan akan semakin lengket dan akan mempengaruhi tingkat gerakan bahan selama proses pengeringan menggunakan *fluidized bed*. Selain itu faktor suhu dan kecepatan aliran udara selama pengeringan juga berpengaruh pada besarnya kecepatan pengeringan. Menurut Taufik (2004:22) semakin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengering pada *fluidized bed*, maka makin besar energi panas yang dibawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran kadar air kesetimbangan. Nilai kadar air kesetimbangan (M_e) merupakan nilai yang didapatkan berdasarkan kandungan air di dalam bahan kering setimbang dengan tekanan uap air yang sama dengan tekanan uap air lingkungan. Penentuan nilai kadar air kesetimbangan (M_e) dapat diperoleh saat bahan yang dikeringkan telah mencapai berat yang konstan. Bahan dikeringkan dalam oven sampai waktu tertentu hingga tidak terjadi penguapan air bahan yang di tunjukkan dengan berat bahan mencapai titik konstan. Kadar air kesetimbangan pisang klutuk dapat dilihat pada Tabel 4.2.

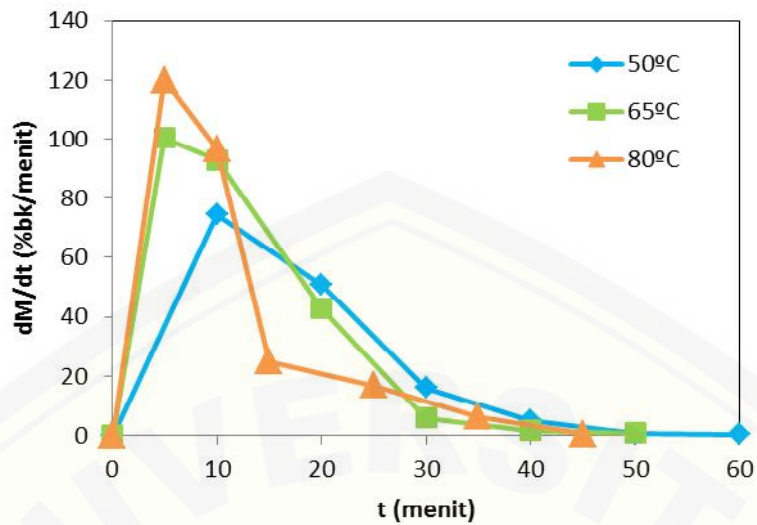
Tabel 4.2 Tabel Kadar Air Kesetimbangan Pisang Klutuk Berbagai Suhu Pengeringan

Perlakuan Suhu	t (waktu)	Mo (%bk)	Me (%bk)
T ₁ (50°C)	50 jam	1280,342	5,36
T ₂ (65°C)	50 jam	1292,492	1,30
T ₃ (80°C)	50 jam	1310,001	0,31

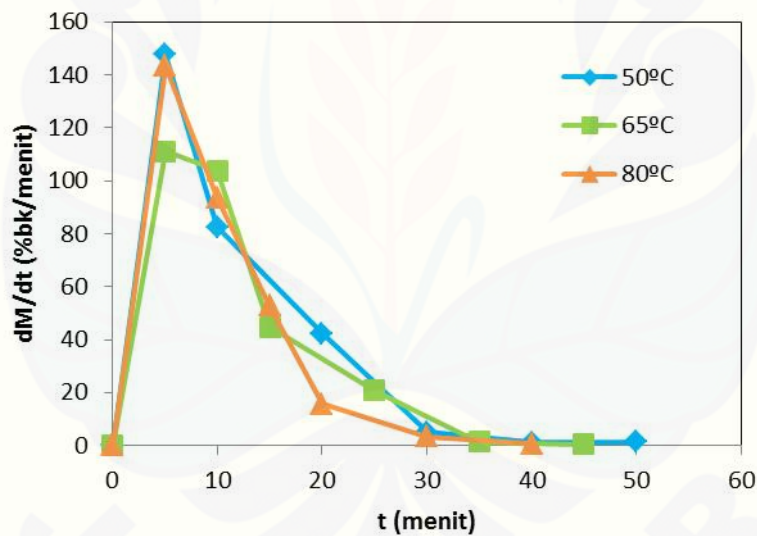
Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa nilai kadar air kesetimbangan tertinggi adalah pada suhu 50°C yaitu dengan nilai Me mencapai 5,36% basis kering. Sedangkan nilai kadar air kesetimbangan terendah yaitu pada suhu 80°C dengan nilai Me sebesar 0,31% basis kering. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai berat konstan rata-rata selama 50 jam untuk masing-masing perlakuan. Semakin besar suhu yang digunakan, maka nilai Me (kadar air kesetimbangan) yang dihasilkan semakin kecil. Hasil akhir dari proses pengeringan ini berupa pisang klutuk kering untuk dilakukan pengamatan terhadap karakteristik pengeringannya.

4.2 Laju Pengeringan

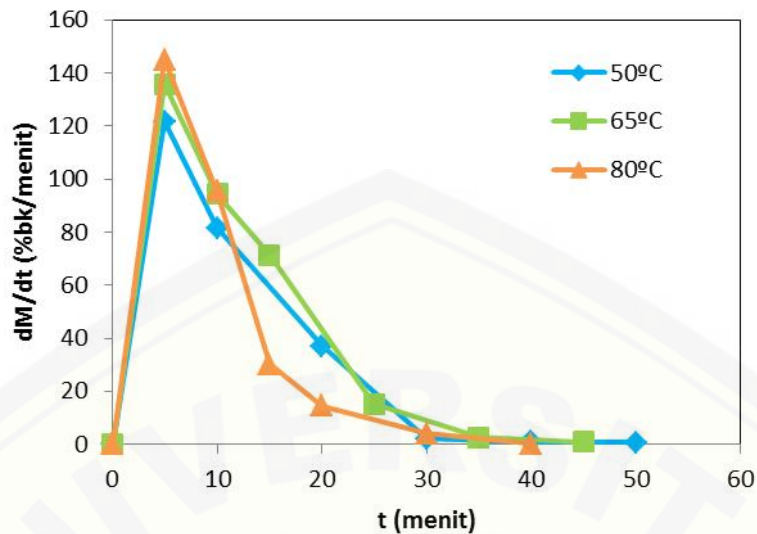
Penurunan kadar air pada pisang klutuk erat kaitannya dengan laju pengeringan. Pemahaman laju pengeringan adalah perubahan kadar air atau proses mengurangi air bahan pada interval waktu selama pengeringan berlangsung. Hasil percobaan menunjukkan bahwa selama proses pengeringan berlangsung di dalam bahan terjadi proses penguapan air dari bahan ke udara sekitar setiap satuan waktu. Laju pengeringan dipengaruhi oleh kondisi pengering, bentuk dan ukuran partikel yang dikeringkan. Laju pengeringan merupakan suatu penggambaran faktor yang mempengaruhi pengeringan terhadap proses pengeringan. Grafik hubungan antara laju pengeringan terhadap waktu pengeringan ditunjukkan pada Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.1 Hubungan waktu versus laju pengeringan (dM/dt) pada beragam suhu pengeringan dan saat kecepatan aliran udara pada 102,78 m^3/jam



Gambar 4.2 Hubungan waktu versus laju pengeringan (dM/dt) pada beragam suhu pengeringan dan saat kecepatan aliran udara pada 121,46 m^3/jam



Gambar 4.3 Hubungan waktu versus laju pengeringan (dM/dt) pada beragam suhu pengeringan dan saat kecepatan aliran udara pada 140,15 m^3/jam

Pada Gambar 4.1 hingga 4.3 terlihat bahwa laju pengeringan tertinggi terjadi pada saat kecepatan aliran udara 140,15 m^3/jam dan suhu 80°C. Besarnya laju pengeringan tersebut terjadi karena pada kecepatan udara yang besar, bahan yang diberi hembusan udara panas dapat bergerak dan memiliki sifat seperti fluida. Selanjutnya air dari bahan basah diuapkan dengan media seperti gas. Panas yang dibawa udara ini akan memanasi permukaan bahan basah, sehingga suhunya naik dan air akan teruapkan. Pada awal pengeringan, terjadi kenaikan laju pengeringan yang cukup tinggi dan selanjutnya akan mengalami penurunan. Saat kadar air bahan mendekati kadar air kesetimbangan, penguapan air bahan semakin sedikit dan laju pengeringan semakin melambat.

Pada setiap perlakuan dengan kombinasi kecepatan aliran udara panas dengan suhu, menit ke-30 merupakan saat pengeringan mulai menurun karena telah mencapai kesetimbangan. Setelah 30 menit proses pengeringan menjadi lambat karena jumlah air di dalam bahan semakin berkurang. Sedangkan pada menit ke-5, proses pengeringan berlangsung secara cepat. Hal ini ditunjukkan dengan puncak tertinggi pada Gambar 4.1, 4.2, 4.3.

4.3 Pemodelan Pindah Massa Selama Proses Pengeringan

Pada penelitian ini, pemodelan pengeringan yang digunakan adalah model persamaan Newton dan Page. Kedua persamaan tersebut digunakan untuk menentukan model yang sesuai dengan prediksi kadar air pisang klutuk. Pemodelan merupakan penyederhanaan dari fenomena pengeringan yang diamati untuk dapat memahami, menerangkan dan memprediksi perilaku sistem yang diteliti. Pemodelan pengeringan dapat dilakukan dengan mengkorelasikan data-data eksperimen sesuai parameter yang dibutuhkan. Pada setiap model pengeringan menghasilkan konstanta pengeringan tersendiri dan nilai konstanta yang dihasilkan akan berbeda-beda.

Model persamaan Newton, nilai konstanta dapat dicari dengan cara menghubungkan nilai $-\ln(MR)$ dengan waktu (t). Selanjutnya dengan cara dilinierkan dan diperoleh persamaan $y = ax$, dimana nilai a merupakan konstanta pengeringan pisang klutuk (k), nilai x merupakan waktu (t) dan y merupakan $-\ln MR$.

Pada model persamaan Page terdapat nilai konstanta pengeringan (k) dan (N). Model Page ini berlaku sebagai pembanding dari model Newton. Nilai konstanta (k) dan (N) tersebut diperoleh dari hasil regresi linier $\ln(-\ln MR)$ dengan $\ln(t)$ sehingga didapat persamaan $y = ax + b$, dimana y merupakan $\ln(-\ln MR)$, a merupakan nilai n , x merupakan nilai $\ln t$, dan k merupakan nilai eksponen b . Nilai konstanta pada masing-masing model pengeringan dapat dilihat pada Tabel 4.3, sedangkan model persamaannya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Konstanta pengeringan dan nilai koefisien determinasi (R^2) pada berbagai perlakuan pengeringan pisang klutuk

Perlakuan	Model Newton		Model Page		
	K	R^2	k	n	R^2
T ₁ Q ₁	0,1076	0,99	0,0429	1,2461	0,99
T ₁ Q ₂	0,1282	0,98	0,1156	1,0334	0,99
T ₁ Q ₃	0,1308	0,96	0,1127	1,0539	0,97
T ₂ Q ₁	0,1163	0,98	0,0748	1,1350	0,98
T ₂ Q ₂	0,1328	0,96	0,0770	1,1680	0,98
T ₂ Q ₃	0,1313	0,99	0,0906	1,1164	0,99
T ₃ Q ₁	0,1245	0,99	0,1068	1,0466	0,99
T ₃ Q ₂	0,1511	0,99	0,1155	1,0939	0,98
T ₃ Q ₃	0,1495	0,96	0,1513	1,0097	0,98

Tabel 4.4 Model pengeringan pisang klutuk

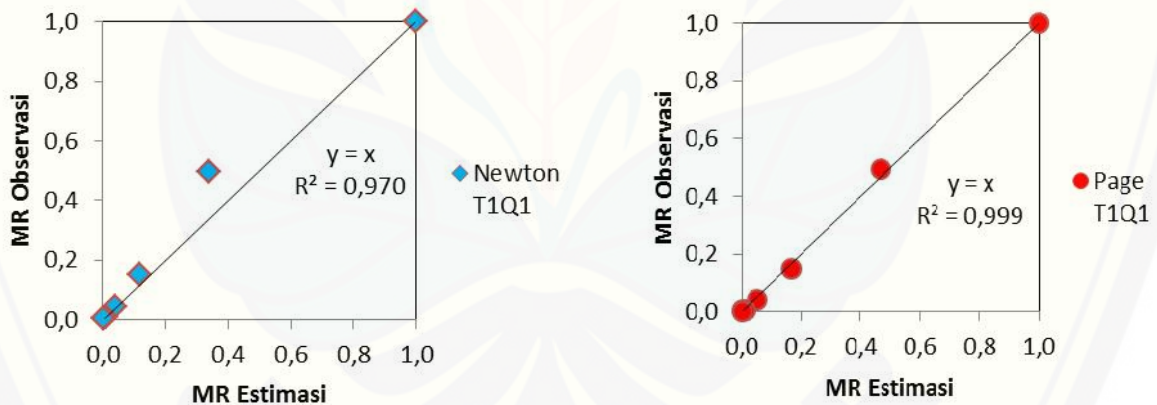
Perlakuan	Model Newton	Model Page
T ₁ Q ₁	$MR = e^{-0,1076t}$	$MR = e^{-0,0429 t^{1,2461}}$
T ₁ Q ₂	$MR = e^{-0,1282t}$	$MR = e^{-0,1156 t^{1,0334}}$
T ₁ Q ₃	$MR = e^{-0,1308t}$	$MR = e^{-0,1127 t^{1,0539}}$
T ₂ Q ₁	$MR = e^{-0,1163t}$	$MR = e^{-0,0748 t^{1,1350}}$
T ₂ Q ₂	$MR = e^{-0,1328t}$	$MR = e^{-0,0770 t^{1,1680}}$
T ₂ Q ₃	$MR = e^{-0,1313t}$	$MR = e^{-0,0906 t^{1,1164}}$
T ₃ Q ₁	$MR = e^{-0,1245t}$	$MR = e^{-0,1068 t^{1,0466}}$
T ₃ Q ₂	$MR = e^{-0,1511t}$	$MR = e^{-0,1155 t^{1,0939}}$
T ₃ Q ₃	$MR = e^{-0,1495t}$	$MR = e^{-0,1513 t^{1,0097}}$

Berdasarkan Tabel 4.3 dan 4.4 dapat diketahui bahwa nilai konstanta pengeringan yang dihasilkan pada berbagai perlakuan dan pemodelan pengeringan berbeda. Nilai konstanta pengeringan (k) tertinggi untuk model Newton terjadi pada perlakuan pengeringan T₃Q₂ dan model Page pada perlakuan T₃Q₃. Sedangkan konstanta terkecil terjadi pada perlakuan pengeringan T₁Q₁ untuk model Newton dan model Page. Perbedaan hasil konstanta pada masing-masing perlakuan dipengaruhi oleh besarnya suhu dan kecepatan udara yang digunakan selama pengeringan. Hasil analisis dari nilai koefisien determinasi (R^2) untuk

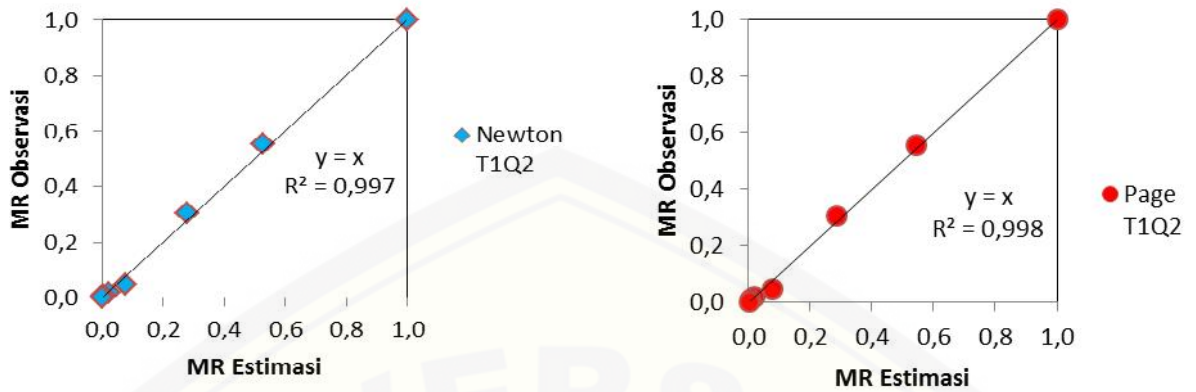
masing-masing perlakuan, yaitu memiliki nilai R^2 mendekati 1, yaitu 0,96– 0,99. Berdasarkan hal ini menunjukkan bahwa kedua model dapat dikatakan mampu menggambarkan proses pengeringan pisang klutuk dengan baik.

4.4 Uji Validitas Model

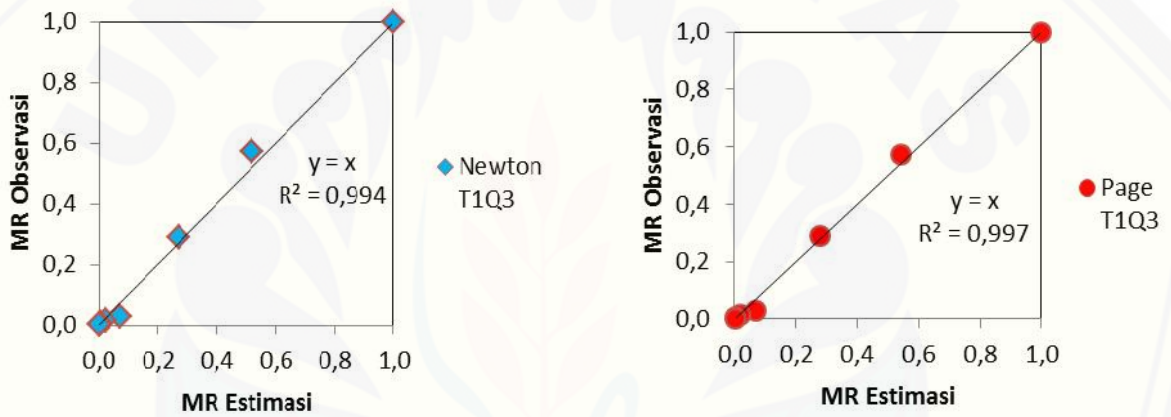
Uji validitas model digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian suatu pemodelan yang digunakan dalam menggambarkan proses pengeringan pisang klutuk. Uji validitas dapat dilakukan secara grafik maupun secara statistik. Pada uji validitas secara grafik dapat dilakukan dengan cara plotting hubungan antara MR estimasi (MR hasil perhitungan menggunakan pemodelan) dan MR observasi (MR eksperimen), selanjutnya dilihat nilai koefisien determinasi (R^2) dari masing-masing model. Berdasarkan pada nilai R^2 yang terbesar pada kedua model, maka dapat diketahui bahwa model tersebut paling sesuai atau cocok untuk digunakan. Hasil analisa grafik uji validitas model pada penelitian pisang klutuk ini dapat dilihat pada Gambar 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 dan 4.12.



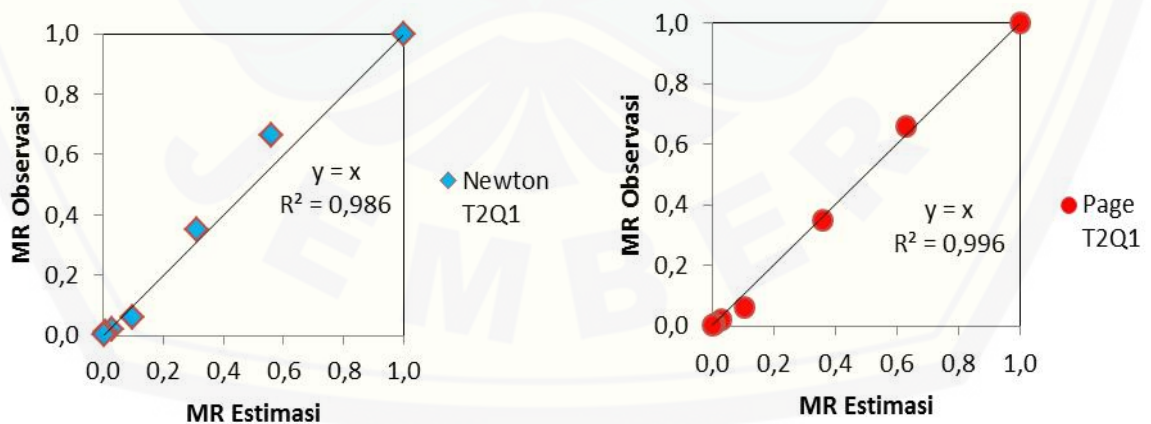
Gambar 4.4 Hubungan MR prediksi dan MR observasi pada suhu 50°C dan kecepatan aliran udara 102,78 m³/jam



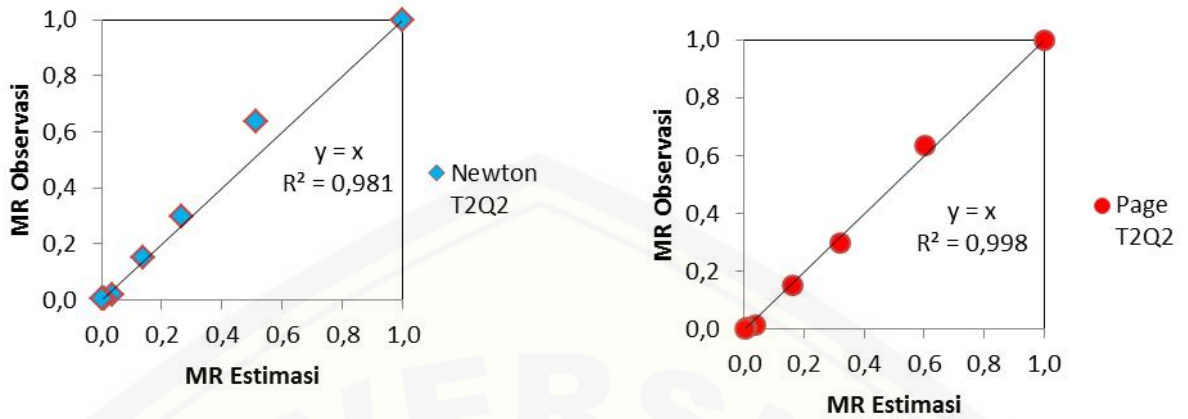
Gambar 4.5 Hubungan MR prediksi dan MR observasi pada suhu 50°C dan kecepatan aliran udara 121,46 m³/jam



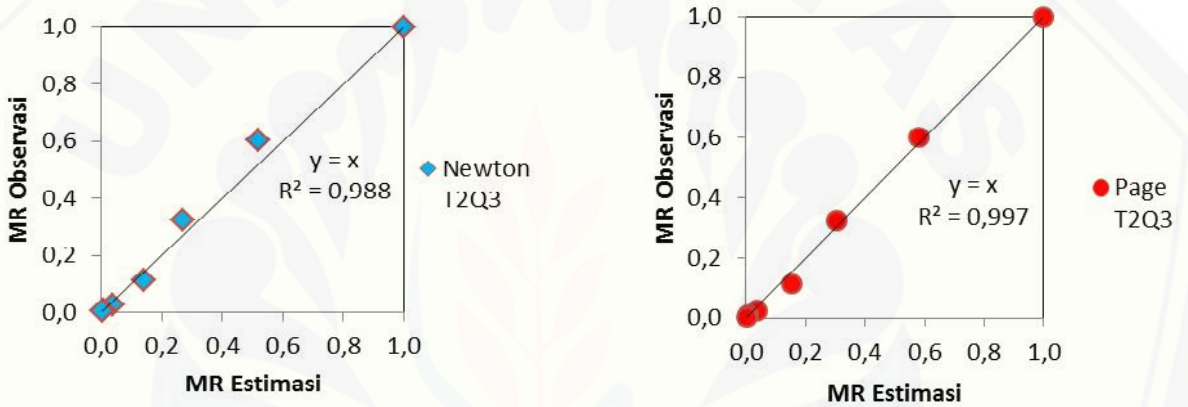
Gambar 4.6 Hubungan MR prediksi dan MR observasi pada suhu 50°C dan kecepatan aliran udara 140,15 m³/jam



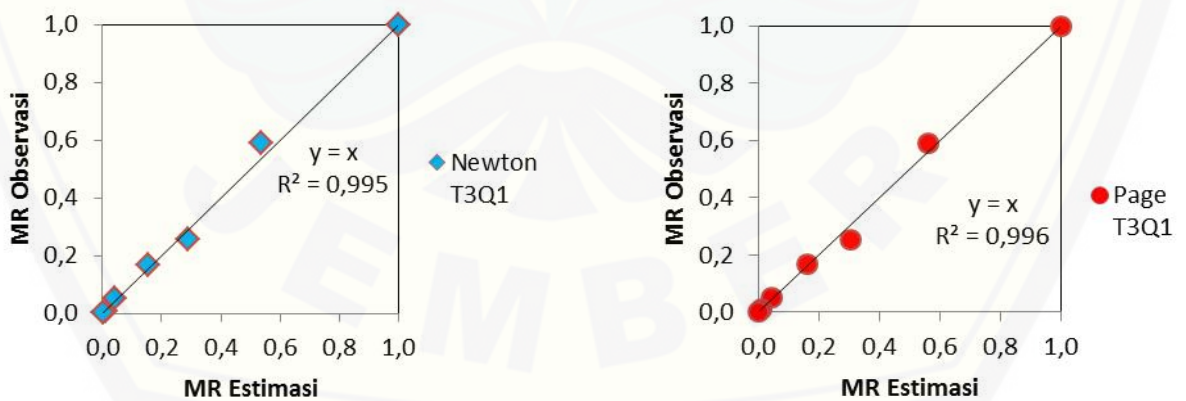
Gambar 4.7 Hubungan MR prediksi dan MR observasi pada suhu 65°C dan kecepatan aliran udara 102,78 m³/jam



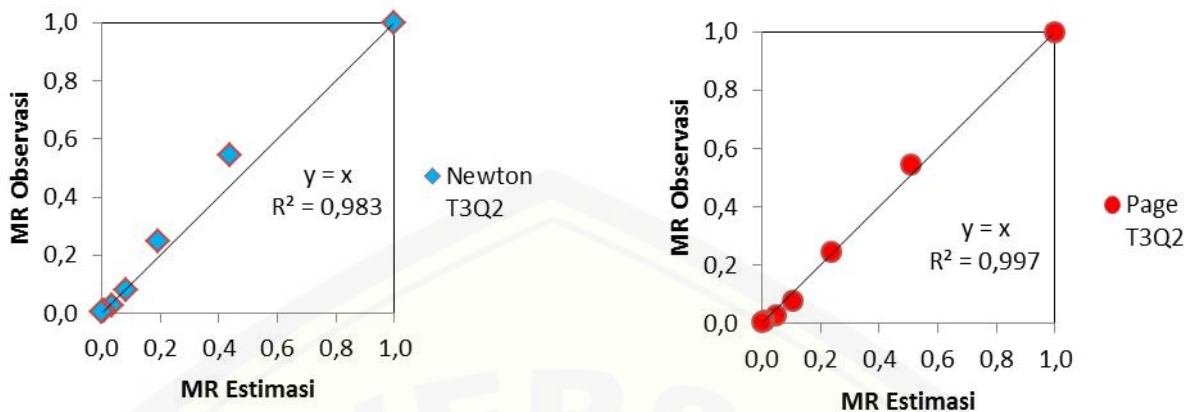
Gambar 4.8 Hubungan MR prediksi dan MR observasi pada suhu 65°C dan kecepatan aliran udara 121,46 m³/jam



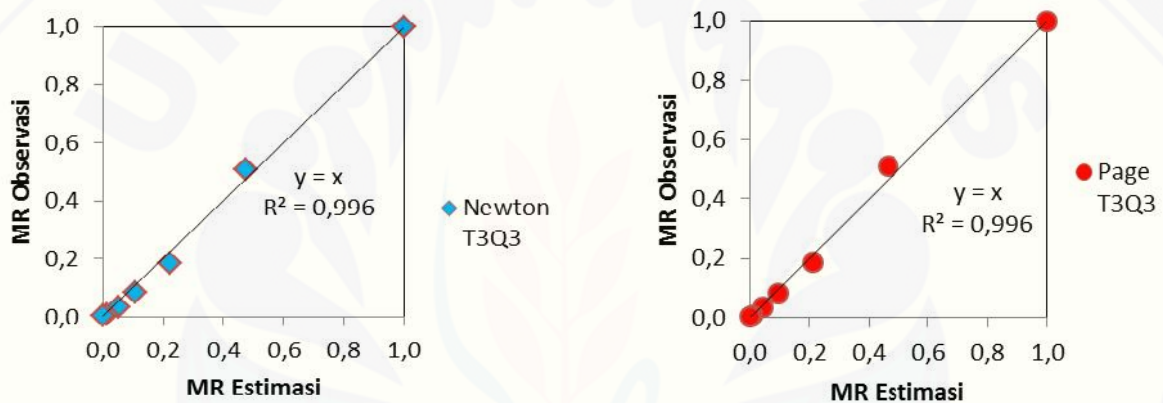
Gambar 4.9 Hubungan MR prediksi dan MR observasi pada suhu 65°C dan kecepatan aliran udara 140,15 m³/jam



Gambar 4.10 Hubungan MR prediksi dan MR observasi pada suhu 80°C dan kecepatan aliran udara 102,78 m³/jam



Gambar 4.11 Hubungan MR prediksi dan MR observasi pada suhu 80°C dan kecepatan aliran udara 121,46 m³/jam



Gambar 4.12 Hubungan MR prediksi dan MR observasi pada suhu 80°C dan kecepatan aliran udara 140,15 m³/jam

Berdasarkan Gambar 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 dan 4.11 dapat diketahui bahwa analisis grafik pada kedua model menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Pada pengeringan pisang klutuk menggunakan *fluidized bed*, nilai koefisien determinasi (R^2) berkisar antara 0,97-0,99. Hal ini menunjukkan bahwa MR estimasi dan MR observasi pada kedua model memiliki kesesuaian atau akurasi yang tinggi. Besarnya nilai R^2 pada pengeringan ini untuk model Page lebih besar dari model Newton.

Uji validitas model pengeringan secara statistik dapat dilakukan dengan menghitung nilai *Root Mean Square Error (RMSE)*. Nilai *RMSE* pada masing-masing perlakuan pengeringan pisang klutuk ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Model Newton		Model Page	
	R ²	RMSE	R ²	RMSE
TIQ1	0,970	0,060	0,999	0,012
TIQ2	0,997	0,018	0,998	0,014
TIQ3	0,994	0,027	0,997	0,021
T2Q1	0,986	0,044	0,996	0,022
T2Q2	0,981	0,049	0,998	0,017
T2Q3	0,988	0,039	0,997	0,020
T3Q1	0,995	0,024	0,996	0,022
T3Q2	0,983	0,045	0,997	0,018
T3Q3	0,996	0,022	0,996	0,021

Berdasarkan Tabel 4.5 diperoleh hasil uji validitas secara statistik pada pengeringan pisang klutuk. Nilai R² dan RMSE pada kedua model memiliki perbedaan. Nilai R² digunakan untuk melihat tingkat kesesuaian model pengeringan dengan hasil observasi. Apabila nilai dari R² mendekati nilai 1, maka tingkat kesesuaian model pengeringan dengan hasil observasi sangat besar. Sedangkan apabila nilai RMSE mendekati nilai nol, maka menunjukkan bahwa model pengeringan mendekati hasil observasi. Pada model Page dapat terlihat bahwa model ini memiliki R² yang lebih mendekati nilai 1 dengan nilai RMSE yang lebih mendekati 0 dibandingkan dengan model Newton. Sehingga dari hasil perbandingan model Newton dan model Page, maka model Page merupakan model yang terbaik untuk mempresentasikan karakteristik pengeringan pisang klutuk menggunakan *fluidized bed*.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. proses pengeringan pisang klutuk menggunakan *fluidized bed* mampu menurunkan kadar air dari rentang 1482,16 % bk – 1703,39% bk menjadi 6,62% bk – 8,17% bk Penurunan kadar air tercepat terjadi pada pengeringan suhu 80°C dan kecepatan udara 121,46 m³/jam, yaitu 1570,68% bk menjadi 6,78 % bk dalam waktu 40 menit. Perlakuan pengeringan menggunakan *fluidized bed* pada berbagai suhu dan kecepatan udara memiliki laju pengeringan tertinggi pada pengeringan dengan kecepatan aliran udara 140,15 m³/jam dan suhu 80°C.
2. suhu dan kecepatan udara pada *fluidized bed* mempengaruhi durasi dan konstanta pengeringan pisang klutuk. Semakin tinggi suhu dan kecepatan udara yang digunakan, maka semakin besar nilai kemampuan bahan dalam menguapkan air.
3. hasil perhitungan R² dan RMSE menunjukkan bahwa pemodelan yang sesuai untuk memprediksi karakteristik pengeringan pisang klutuk menggunakan *fluidized bed* adalah model Persamaan Page.

5.2 Saran

Perlu diadakan penelitian lanjutan mengenai pengeringan pisang klutuk menggunakan unit pengering yang berbeda sehingga didapatkan pisang klutuk yang berkualitas tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin. 2013. *Perubahan Sifat Fisik Talas (Colocasia Esculenta L. Schoot) Selama Pengeringan Lapis Tipis*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Produksi Tanaman Buah Indonesia*. www.bps.go.id (diakses 1 November 2014).
- Brooker, D. B., Barker, A. F. W., dan Hall, C. W. 1992. *Drying and Storage of Grain and Oilseeds*. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- Dewati, R. 2008. *Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol*. Surabaya: UPN Press.
- Djaeni, M., Buchori, L., dan Ratnawati. 2012. "Peningkatan Kecepatan Pengeringan Gabah Dengan Metode Mixed Adsorption Drying Menggunakan Zeolite Pada Ungguan Terfluidisasi." Tidak Diterbitkan. Makalah. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Effendi, S. 2009. *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Endra, Y. 2006. "Analisis Proksimat dan Komposisi Asam Amino Buah Pisang Batu (*Musa balbisiana Colla*)." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Bogor: IPB.
- Estiasih, T. dan Ahmadi, K. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Gobel, R. A. 2012. "Studi Pembuatan Bumbu Inti Sambal Kering." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Makassar: Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Indriani, Novi, Sarosa, dan Aini. 2009. "Pembuatan Fluidized Bed Dryer untuk Pengeringan Benih Pertanian Secara Semi Batch." Tidak Diterbitkan. Laporan Tugas Akhir. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ishak. 2013. "Model Pengeringan Lapis Tipis Cengkeh (*Syzigium aromaticum*)." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Istadi, Sumardiono, S., dan Soetrinanto, S. 2002. *Penentuan Konstanta Pengeringan Dalam Sistem Pengeringan Lapis Tipis (Thin Layer Drying)*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia 2002.

http://eprints.undip.ac.id/216/1/Paper_UI_2002KonstPengeringan.pdf.
[12 September 2014].

Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.

Manalu, L. P. 2011. *Studi Karakteristik Pengeringan Simplisia Temuputih dan Temulawak*.
<http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/55163.pdf>. [24 Agustus 2014].

Margono, T. 2000. *Anggur Buah Pisang Klutuk*. Jakarta: Grasindo. hlm: 1-3.

Martunis. 2012. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan terhadap Kuantitas dan Kualitas Pati Kentang Varietas Granola. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 4 (3):26-30.

Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu dan Teknologi. 2000. *Anggur Buah*. www.warintek.ristek.go.id/pangan_kesehatan/pangan/.../anggur_buah.pdf. (diakses 28 oktober 2014).

Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu dan Teknologi. 2010. *Pisang*. www.warintek.ristek.go.id/pertanian/pisang.pdf (diakses 24 November 2014).

Mujumdar, A.S. 2006. *Hanbook Industrial Drying*. USA: CRC press.

Nawari. 2010. *Analisis Regresi dengan Ms Excel 2007 dan SPSS 17*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

Prabawati, S., Suryanti, R., dan Setyabudi, D. 2008. *Teknologi Pasca Panen dan Teknik Pengolahan Buah Pisang*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Rachmat, Nurlily, Ameliani, dan Mulyani. 2013. *Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Jantung Pisang Batu (Musa Balbisiana Colla)*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah

Rukmana, R. 1999. *Usaha Tani Pisang*. Yogyakarta : Kanisius.

Sujud, A. 2013. "Karakteristik Pengeringan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Asteatus*) Menggunakan Mesin Pengering Tipe Fluidized Bed." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

Sunarjono, H. 1990. *Ilmu Produksi Tanaman Buah-Buahan*. Bandung: Sinar Baru.

- Taib, G., Gambira, S., dan Wirraatmaja, S. 1988. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta: PT Melton Putra.
- Taufiq, M. 2004. "Pengaruh Temperatur terhadap Laju Pengeringan Jagung pada Pengering Konvensional dan Fluidized Bed." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Tjandrasari, S. 1991. *Pengaruh Ekstrak Pisang Klutuk (Musa brachycarpa Back) terhadap Ulkus Lambung Tikus karena Salisilat*. Yogyakarta: Fakultas Farmasi, Universitas Gajah Mada.
- Vistanty, H. 2010. *Pengeringan Pasta Susu Kedelai Menggunakan Pengering Unggun Terfluidakan Partikel Inert*. Tesis. Semarang: Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Widjanarko, A., Djaeni, M., dan Ratnawati. 2009. Penggunaan Zeolite Sintetis dalam Pengeringan Gabah dengan Proses Fluidisasi Indirect Contact. *Jurnal Teknologi dan Industri*, 2 (2):103-110.
- Winarno, F. G. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta : PT Gramedia.
- Yuniawati, R. E. 2013. "Karakteristik Fisik Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Hasil Pengeringan Terfluidisasi." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

Lampiran A. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan Selama Pengeringan1. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan pada Perlakuan T₁Q₁

t (menit)	m (%bb)			M (% bk)		
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
0	93,58	93,58	93,58	1482,16	1482,16	1482,157
10	87,92	88,21	88,07	727,83	748,08	737,96
20	70,20	69,12	69,66	235,62	223,88	229,75
30	37,22	43,85	40,54	59,29	78,09	68,69
40	16,55	13,63	15,09	19,83	15,78	17,81
50	12,22	9,32	10,77	13,91	10,28	12,10
60	7,31	7,49	7,40	7,89	8,10	8,00

2. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan pada Perlakuan T₁Q₂

t (menit)	m (%bb)			M (% bk)		
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
0	94,31	94,31	94,31	1659,99	1659,99	1659,99
5	90,22	90,21	90,22	922,73	921,09	921,91
10	83,62	83,54	83,58	510,43	507,62	509,03
20	45,57	46,39	45,98	83,71	86,53	85,12
30	28,40	22,55	25,48	39,66	29,12	34,39
40	20,38	15,41	17,90	25,60	18,22	21,91
50	6,62	7,73	7,18	7,09	8,38	7,74

3. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan pada Perlakuan T₁Q₃

t (menit)	m (%bb)			M (% bk)		
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
0	93,47	93,47	93,47	1433,81	1433,81	1433,81
5	88,69	89,65	89,17	783,92	865,80	824,86
10	80,72	80,60	80,66	418,63	415,47	417,05
20	31,98	31,46	31,72	47,01	45,89	46,45
30	17,69	22,08	19,89	21,49	28,33	24,91
40	11,92	15,41	13,67	13,53	18,22	15,88
50	7,51	7,59	7,55	8,12	8,22	8,17

4. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan pada Perlakuan T₂Q₁

t (menit)	m (%bb)			M (% bk)		
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
0	93,69	93,69	93,69	1486,02	1486,02	1486,02
5	90,82	90,74	90,78	989,70	979,56	984,63
10	83,59	83,77	83,68	523,22	516,27	519,75
20	52,24	43,19	47,72	109,40	76,02	92,71
30	16,35	31,86	24,11	19,55	46,75	33,15
40	13,68	13,40	13,54	15,85	15,48	15,67
50	7,34	6,75	7,05	7,92	7,24	7,58

5. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan pada Perlakuan T₂Q₂

t (menit)	m (%bb)			M (% bk)		
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
0	93,87	93,87	93,87	1533,52	1533,52	1533,52
5	90,81	90,63	90,72	988,53	967,32	977,93
10	82,71	81,49	82,10	478,53	440,29	459,41
15	71,48	68,77	70,13	250,69	220,17	235,43
25	18,31	24,07	21,19	22,41	31,70	27,06
35	13,79	8,23	11,01	15,99	8,97	12,48
45	7,07	7,77	7,42	7,61	8,43	8,02

6. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan pada Perlakuan T₂Q₃

t (menit)	m (%bb)			M (% bk)		
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
0	94,45	94,45	94,45	1703,39	1703,39	1703,39
5	91,42	90,77	91,10	1066,01	983,36	1024,69
10	85,10	84,24	84,67	571,11	534,59	552,85
15	67,54	64,75	66,15	208,11	183,72	195,92
25	24,52	34,86	29,69	32,49	53,51	43,00
35	16,08	12,18	14,13	19,16	13,87	16,52
45	6,77	7,71	7,24	7,27	8,35	7,81

7. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan pada Perlakuan T₃Q₁

t (menit)	m (%bb)			M (% bk)		
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
0	93,45	93,45	93,45	1452,73	1452,73	1452,73
5	89,53	89,50	89,52	855,11	852,26	853,69
10	78,71	78,75	78,73	369,72	370,53	370,13
15	70,98	71,19	71,09	244,63	247,07	245,85
25	43,92	42,71	43,32	78,32	74,55	76,44
35	11,88	11,80	11,84	13,49	13,38	13,44
45	7,22	5,16	6,19	7,79	5,45	6,62

8. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan pada Perlakuan T₃Q₂

t (menit)	m (%bb)			M (% bk)		
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
0	94,00	94,00	94,00	1570,68	1570,68	1570,68
5	89,57	89,48	89,53	858,67	851,00	854,84
10	79,48	79,40	79,44	387,44	385,44	386,44
15	53,44	56,92	55,18	114,78	132,11	123,45
20	33,38	29,13	31,26	50,11	41,11	45,61
30	9,18	13,29	11,24	10,11	15,33	12,72
40	7,02	5,66	6,34	7,56	6,00	6,78

9. Data Hasil Perhitungan Kadar Air Bahan pada Perlakuan T₃Q₃

t (menit)	m (%bb)			M (% bk)		
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
0	93,64	93,64	93,64	1473,35	1473,35	1473,35
5	88,08	88,35	88,22	738,99	758,70	748,85
10	73,49	72,86	73,18	277,15	268,45	272,80
15	54,64	55,30	54,97	120,44	123,69	122,07
20	31,95	34,92	33,44	46,96	53,67	50,32
30	9,92	8,53	9,23	11,01	9,33	10,17
40	7,29	7,47	7,38	7,86	8,07	7,97

Lampiran B. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk1. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk pada Perlakuan T_1Q_1

t (menit)	M (% bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	1482,157	0	0	0
10	737,96	508,21	10	74,42
20	229,75	161,06	10	50,82
30	68,69	50,89	10	16,11
40	17,81	5,71	10	5,09
50	12,10	4,10	10	0,57
60	8,00	8,00	10	0,41

2. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk pada Perlakuan T_1Q_2

t (menit)	M (% bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	1659,99	0	0	0
5	921,91	412,89	5	147,62
10	509,03	423,91	5	82,58
20	85,12	50,73	10	42,39
30	34,39	12,48	10	5,07
40	21,91	14,18	10	1,25
50	7,74	7,74	10	1,42

3. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk pada Perlakuan T_1Q_3

t (menit)	M (% bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	1433,81	0	0	0
5	824,86	407,81	5	121,79
10	417,05	370,60	5	81,56
20	46,45	21,54	10	37,06
30	24,91	9,04	10	2,15
40	15,88	7,71	10	0,90
50	8,17	8,17	10	0,77

4. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk pada Perlakuan T₂Q₁

t (menit)	M (% bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	1486,02	0	0	0
5	984,63	464,89	5	100,28
10	519,75	427,04	5	92,98
20	92,71	59,56	10	42,70
30	33,15	17,49	10	5,96
40	15,67	8,09	10	1,75
50	7,58	7,58	10	0,81

5. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk pada Perlakuan T₂Q₂

t (menit)	M (% bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	1533,52	0	0	0
5	977,93	518,52	5	111,12
10	459,41	223,98	5	103,70
15	235,43	208,38	5	44,80
25	27,06	14,58	10	20,84
35	12,48	4,46	10	1,46
45	8,02	8,02	10	0,45

6. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk pada Perlakuan T₂Q₃

t (menit)	M (% bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	1703,39	0	0	0
5	1024,69	471,84	5	135,74
10	552,85	356,94	5	94,37
15	195,92	152,92	5	71,39
25	43,00	26,49	10	15,29
35	16,52	8,71	10	2,65
45	7,81	7,81	10	0,87

7. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk pada Perlakuan T_3Q_1

t (menit)	M (% bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	1452,73	0	0	0
5	853,69	483,56	5	119,81
10	370,13	124,28	5	96,71
15	245,85	169,42	5	24,86
25	76,44	63,00	10	16,94
35	13,44	6,82	10	6,30
45	6,62	6,62	10	0,68

8. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk pada Perlakuan T_3Q_2

t (menit)	M (% bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	1570,68	0	0	0
5	854,84	468,40	5	143,17
10	386,44	263,00	5	93,68
15	123,45	77,84	5	52,60
20	45,61	32,89	5	15,57
30	12,72	5,94	10	3,29
40	6,78	6,78	10	0,59

9. Data Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Pisang Klutuk pada Perlakuan T_3Q_3

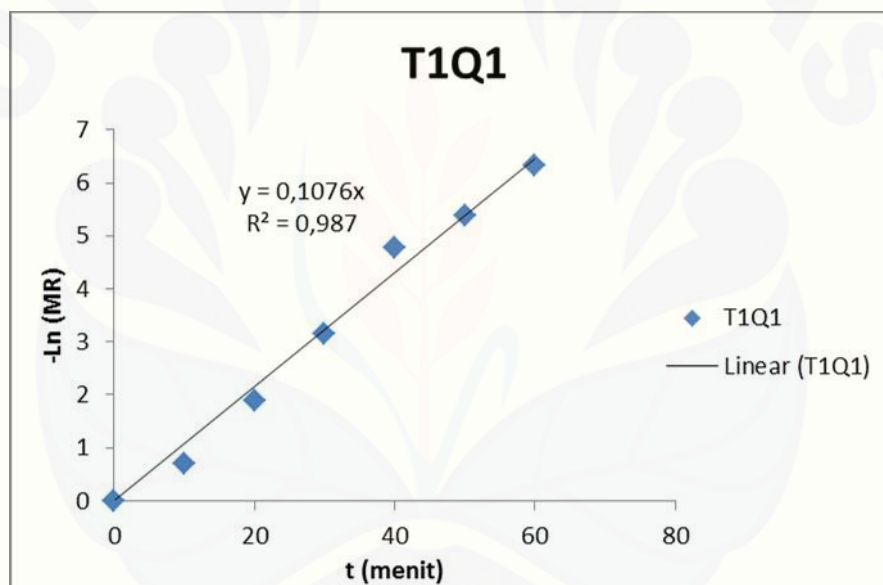
t (menit)	M (% bk)	dM (%bk)	dt (menit)	dM/dt (%bk/menit)
0	1473,35	0	0	0
5	748,85	476,05	5	144,90
10	272,80	150,74	5	95,21
15	122,07	71,75	5	30,15
20	50,32	40,15	5	14,35
30	10,17	2,21	10	4,01
40	7,97	7,97	10	0,22

Lampiran C. Data dan Ploting Persamaan Newton dan Persamaan Page

1. Persamaan Newton

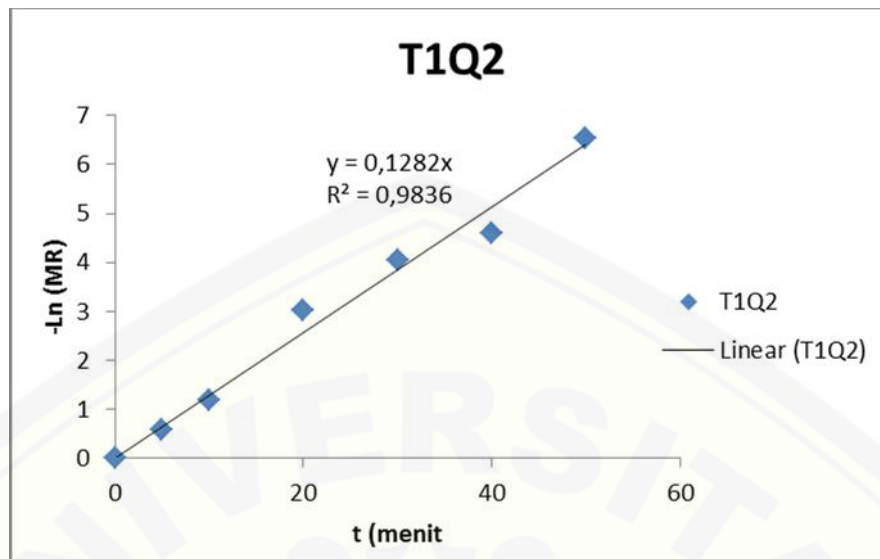
1.1 Perlakuan Pengeringan T₁Q₁

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	k
0	#NUM!	1.482,16	5,36	1.482,16	1	0	0,1076
10	2,30	1.482,16	5,36	737,96	0,496	0,7010	
20	3,00	1.482,16	5,36	229,75	0,152	1,8842	
30	3,40	1.482,16	5,36	68,69	0,043	3,1493	
40	3,69	1.482,16	5,36	17,81	0,008	4,7759	
50	3,91	1.482,16	5,36	12,10	0,005	5,3896	
60	4,09	1.482,16	5,36	8,00	0,002	6,3269	



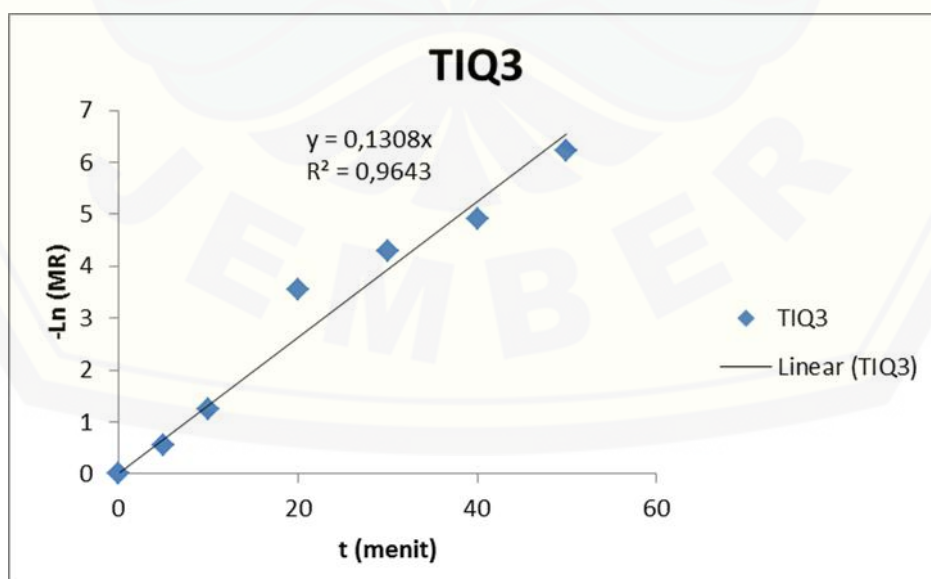
1.2 Perlakuan Pengeringan T₁Q₂

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	k
0	#NUM!	1.659,99	5,36	1.659,99	1	0	0,1282
5	1,61	1.659,99	5,36	921,91	0,554	0,5907	
10	2,30	1.659,99	5,36	509,03	0,304	1,1894	
20	3,00	1.659,99	5,36	85,12	0,048	3,0323	
30	3,40	1.659,99	5,36	34,39	0,018	4,0430	
40	3,69	1.659,99	5,36	21,91	0,010	4,6049	
50	3,91	1.659,99	5,36	7,74	0,001	6,5442	



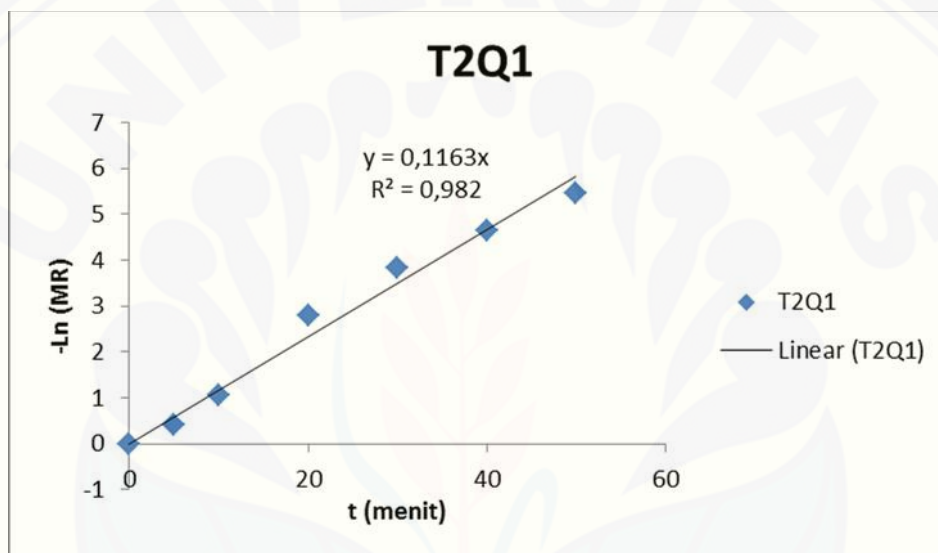
1.3 Perlakuan Pengeringan T₁Q₃

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	k
0	#NUM!	1.433,81	5,36	1.433,81	1	0	0,1308
5	1,61	1.433,81	5,36	824,86	0,574	0,5556	
10	2,30	1.433,81	5,36	417,05	0,288	1,2441	
20	3,00	1.433,81	5,36	46,45	0,029	3,5486	
30	3,40	1.433,81	5,36	24,91	0,014	4,2914	
40	3,69	1.433,81	5,36	15,88	0,007	4,9111	
50	3,91	1.433,81	5,36	8,17	0,002	6,2312	

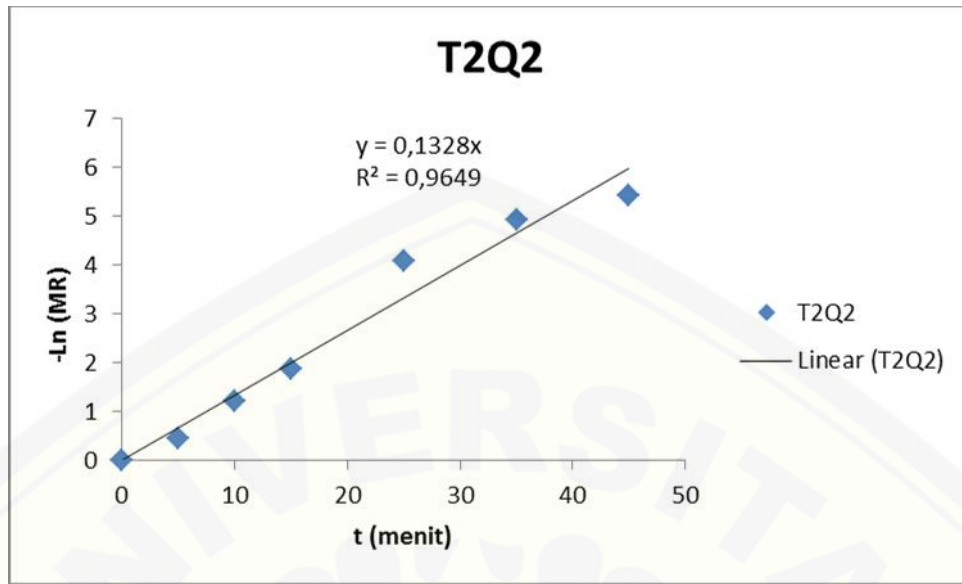


1.4 Perlakuan Pengeringan T₂Q₁

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	k
0	#NUM!	1.486,02	1,30	1.486,02	1	0	0,1163
5	1,61	1.486,02	1,30	984,63	0,662	0,4120	
10	2,30	1.486,02	1,30	519,75	0,349	1,0521	
20	3,00	1.486,02	1,30	92,71	0,062	2,7876	
30	3,40	1.486,02	1,30	33,15	0,021	3,8419	
40	3,69	1.486,02	1,30	15,67	0,010	4,6378	
50	3,91	1.486,02	1,30	7,58	0,004	5,4656	

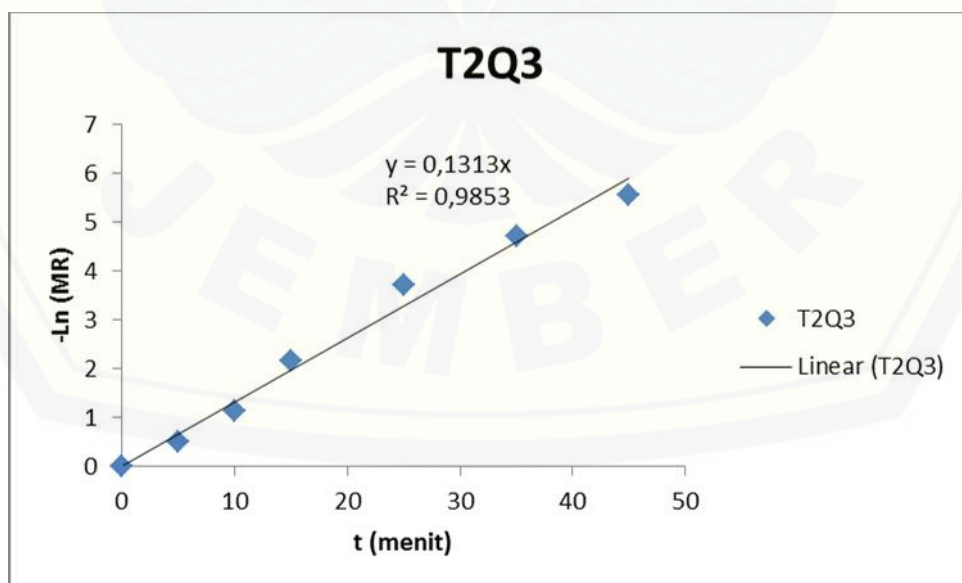
1.5 Perlakuan Pengeringan T₂Q₂

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	k
0	#NUM!	1.533,52	1,30	1.533,52	1	0	0,1328
5	1,61	1.533,52	1,30	977,93	0,637	0,4504	
10	2,30	1.533,52	1,30	459,41	0,299	1,2074	
15	2,71	1.533,52	1,30	235,43	0,153	1,8786	
25	3,22	1.533,52	1,30	27,06	0,017	4,0857	
35	3,56	1.533,52	1,30	12,48	0,007	4,9203	
45	3,81	1.533,52	1,30	8,02	0,004	5,4294	



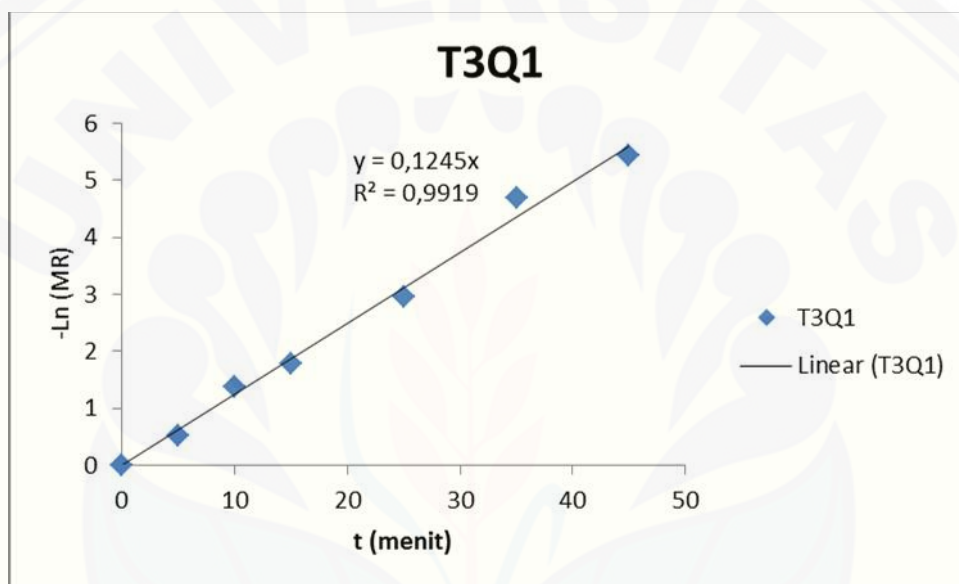
1.6 Perlakuan Pengeringan T₂Q₃

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	k
0	#NUM!	1.703,39	1,30	1.703,39	1	0	0,1313
5	1,61	1.703,39	1,30	1.024,69	0,601	0,5087	
10	2,30	1.703,39	1,30	552,85	0,324	1,1269	
15	2,71	1.703,39	1,30	195,92	0,114	2,1686	
25	3,22	1.703,39	1,30	43,00	0,024	3,7091	
35	3,56	1.703,39	1,30	16,52	0,009	4,7170	
45	3,81	1.703,39	1,30	7,81	0,004	5,5663	

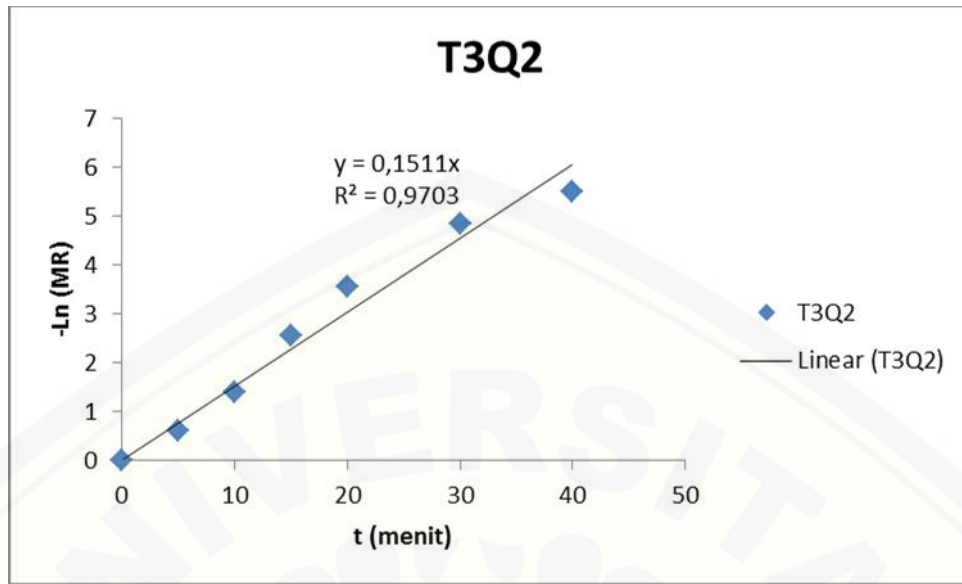


1.7 Perlakuan Pengeringan T₃Q₁

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	k
0	#NUM!	1.452,73	0,31	1.452,73	1	0	0,1245
5	1,61	1.452,73	0,31	853,69	0,588	0,5318	
10	2,30	1.452,73	0,31	370,13	0,255	1,3680	
15	2,71	1.452,73	0,31	245,85	0,169	1,7775	
25	3,22	1.452,73	0,31	76,44	0,052	2,9485	
35	3,56	1.452,73	0,31	13,44	0,009	4,7061	
45	3,81	1.452,73	0,31	6,62	0,004	5,4389	

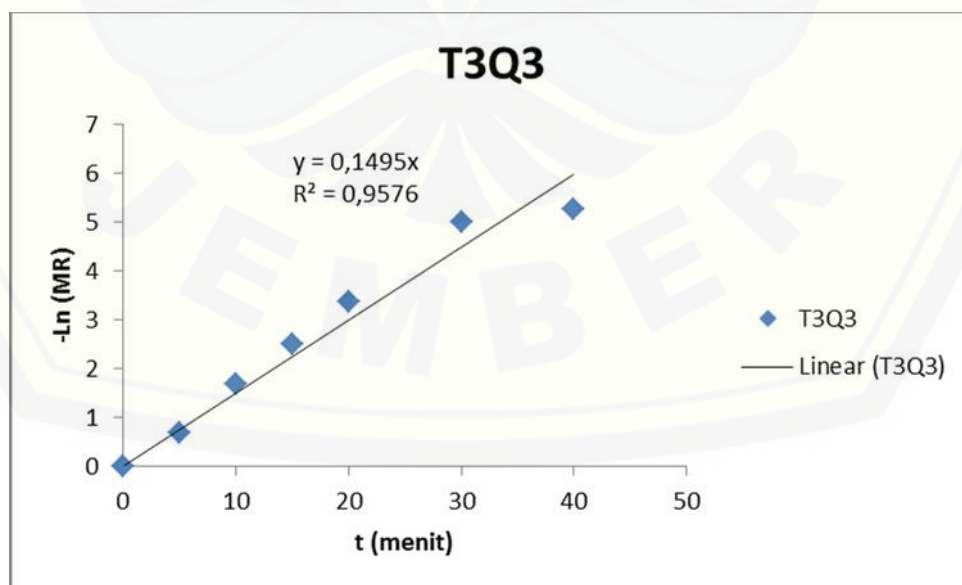
1.8 Perlakuan Pengeringan T₃Q₂

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	k
0	#NUM!	1.570,68	0,31	1.570,68	1	0	0,1511
5	1,61	1.570,68	0,31	854,84	0,544	0,5318	
10	2,30	1.570,68	0,31	386,44	0,246	1,3680	
15	2,71	1.570,68	0,31	123,45	0,078	1,7775	
20	3,00	1.570,68	0,31	45,61	0,029	2,9485	
30	3,40	1.570,68	0,31	12,72	0,008	4,7061	
40	3,69	1.570,68	0,31	6,78	0,004	5,4389	



1.9 Perlakuan Pengeringan T₃Q₃

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	-Ln (MR)	k
0	#NUM!	1.473,35	0,31	1.473,35	1	0	0,1495
5	1,61	1.473,35	0,31	748,85	0,508	0,6770	
10	2,30	1.473,35	0,31	272,80	0,185	1,6875	
15	2,71	1.473,35	0,31	122,07	0,083	2,4930	
20	3,00	1.473,35	0,31	50,32	0,034	3,3829	
30	3,40	1.473,35	0,31	10,17	0,007	5,0066	
40	3,69	1.473,35	0,31	7,97	0,005	5,2591	

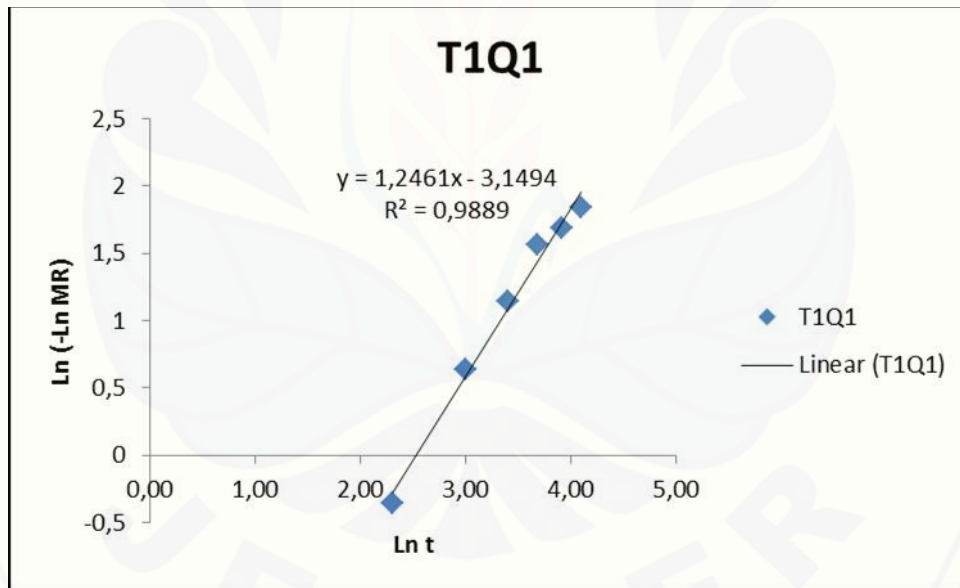


2. Persamaan Page

2.1 Perlakuan Pengeringan T₁Q₁

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)
0	#NUM!	1.482,16	5,36	1.482,16	1	#NUM!
10	2,30	1.482,16	5,36	737,96	0,496	-0,3552
20	3,00	1.482,16	5,36	229,75	0,152	0,6335
30	3,40	1.482,16	5,36	68,69	0,043	1,1472
40	3,69	1.482,16	5,36	17,81	0,008	1,5636
50	3,91	1.482,16	5,36	12,10	0,005	1,6845
60	4,09	1.482,16	5,36	8,00	0,002	1,8448

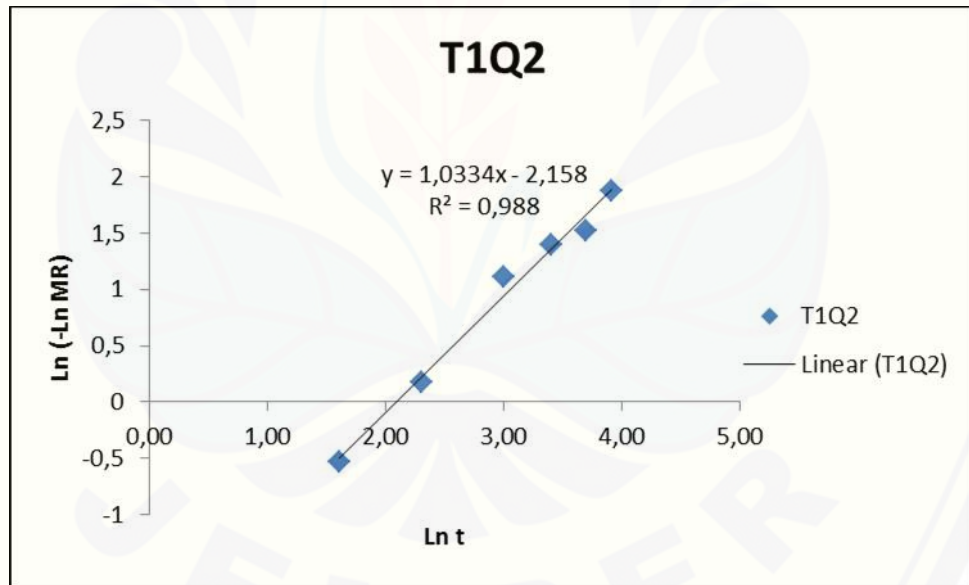
n	Ln K	K
1,2461	-3,1494	0,0429



2.2 Perlakuan Pengeringan T₁Q₂

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)
0	#NUM!	1.659,99	5,36	1.659,99	1	#NUM!
5	1,61	1.659,99	5,36	921,91	0,554	-0,5264
10	2,30	1.659,99	5,36	509,03	0,304	0,1735
20	3,00	1.659,99	5,36	85,12	0,048	1,1093
30	3,40	1.659,99	5,36	34,39	0,018	1,3970
40	3,69	1.659,99	5,36	21,91	0,010	1,5271
50	3,91	1.659,99	5,36	7,74	0,001	1,8786

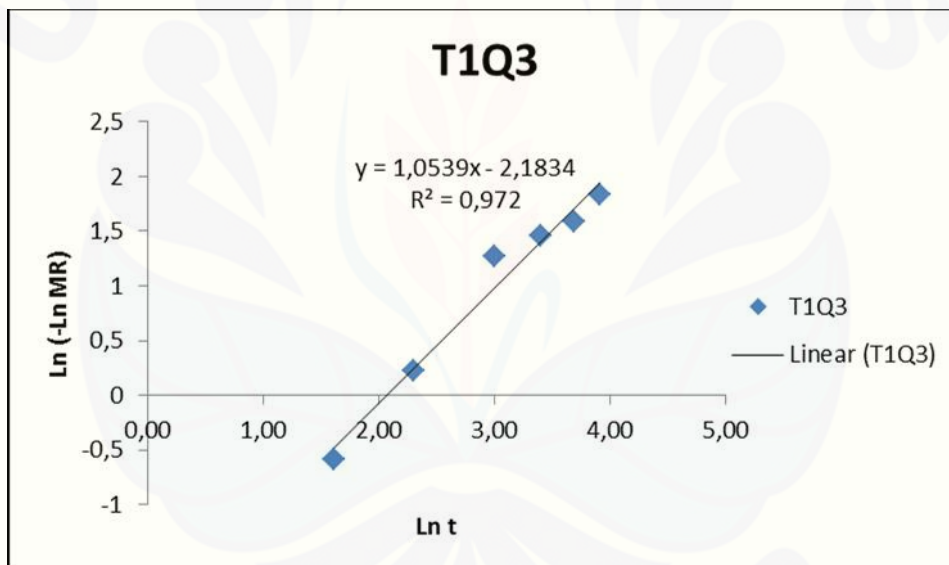
n	Ln K	K
1,0334	-2,1580	0,1156



2.3 Perlakuan Pengeringan T₁Q₃

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)
0	#NUM!	1.433,81	5,36	1.433,81	1	#NUM!
5	1,61	1.433,81	5,36	824,86	0,574	-0,5876
10	2,30	1.433,81	5,36	417,05	0,288	0,2184
20	3,00	1.433,81	5,36	46,45	0,029	1,2665
30	3,40	1.433,81	5,36	24,91	0,014	1,4566
40	3,69	1.433,81	5,36	15,88	0,007	1,5915
50	3,91	1.433,81	5,36	8,17	0,002	1,8296

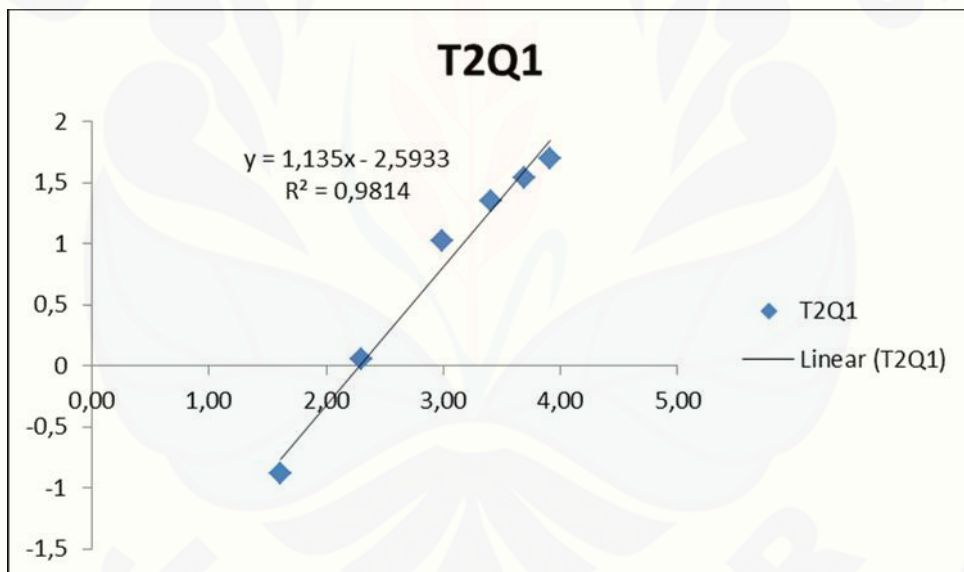
n	Ln K	K
1,0539	-2,1834	0,1127



2.4 Perlakuan Pengeringan T₂Q₁

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)
0	#NUM!	1.486,02	1,30	1.486,02	1	#NUM!
5	1,61	1.486,02	1,30	984,63	0,662	-0,8866
10	2,30	1.486,02	1,30	519,75	0,349	0,0508
20	3,00	1.486,02	1,30	92,71	0,062	1,0252
30	3,40	1.486,02	1,30	33,15	0,021	1,3460
40	3,69	1.486,02	1,30	15,67	0,010	1,5342
50	3,91	1.486,02	1,30	7,58	0,004	1,6985

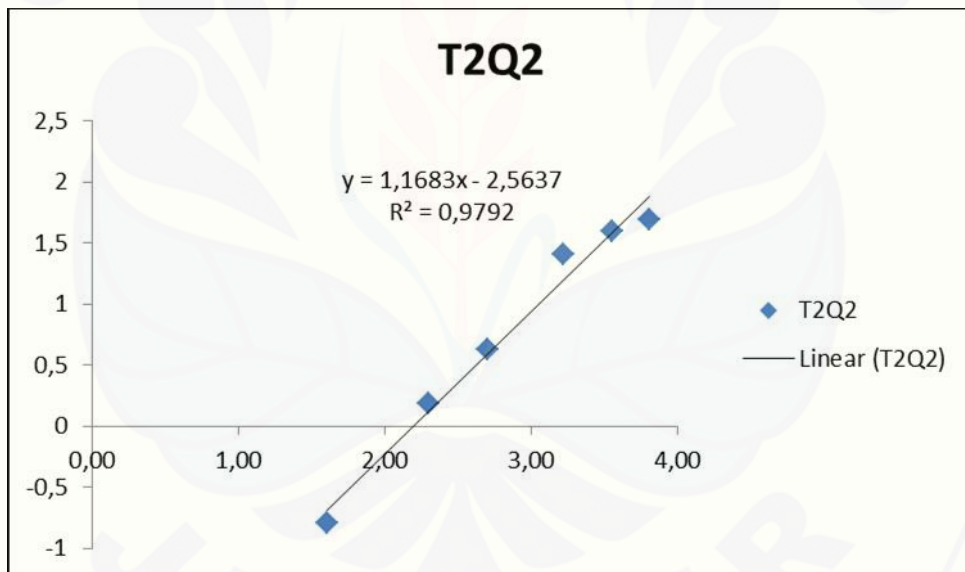
n	Ln K	K
1,1350	-2,5933	0,0748



2.5 Perlakuan Pengeringan T₂Q₂

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)
0	#NUM!	1.533,52	1,30	1.533,52	1	#NUM!
5	1,61	1.533,52	1,30	977,93	0,637	-0,7977
10	2,30	1.533,52	1,30	459,41	0,299	0,1884
15	2,71	1.533,52	1,30	235,43	0,153	0,6305
25	3,22	1.533,52	1,30	27,06	0,017	1,4075
35	3,56	1.533,52	1,30	12,48	0,007	1,5934
45	3,81	1.533,52	1,30	8,02	0,004	1,6918

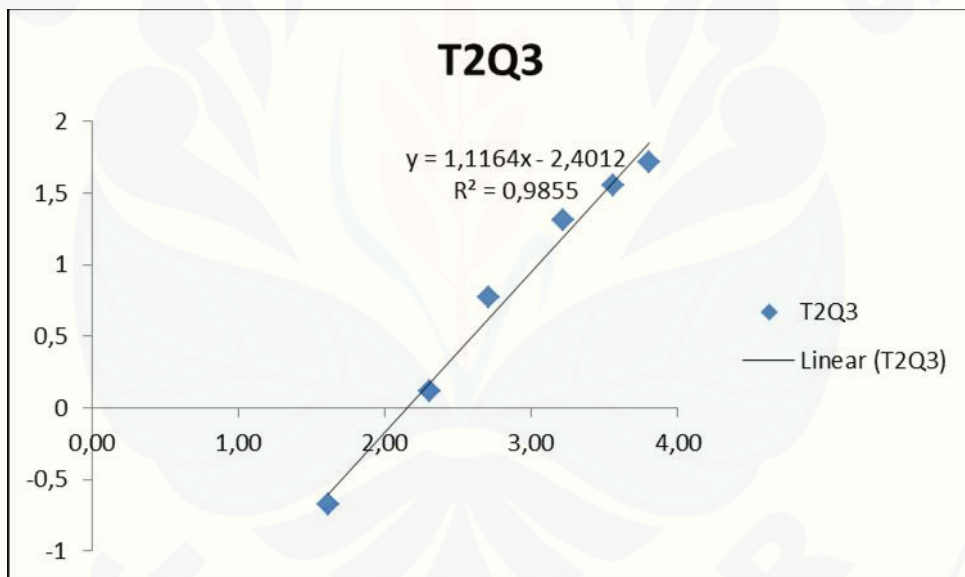
n	Ln K	K
1,1680	-2,5637	0,0770



2.6 Perlakuan Pengeringan T₂Q₃

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)
0	#NUM!	1.703,39	1,30	1.703,39	1	#NUM!
5	1,61	1.703,39	1,30	1.024,69	0,601	-0,6758
10	2,30	1.703,39	1,30	552,85	0,324	0,1195
15	2,71	1.703,39	1,30	195,92	0,114	0,7741
25	3,22	1.703,39	1,30	43,00	0,024	1,3108
35	3,56	1.703,39	1,30	16,52	0,009	1,5512
45	3,81	1.703,39	1,30	7,81	0,004	1,7167

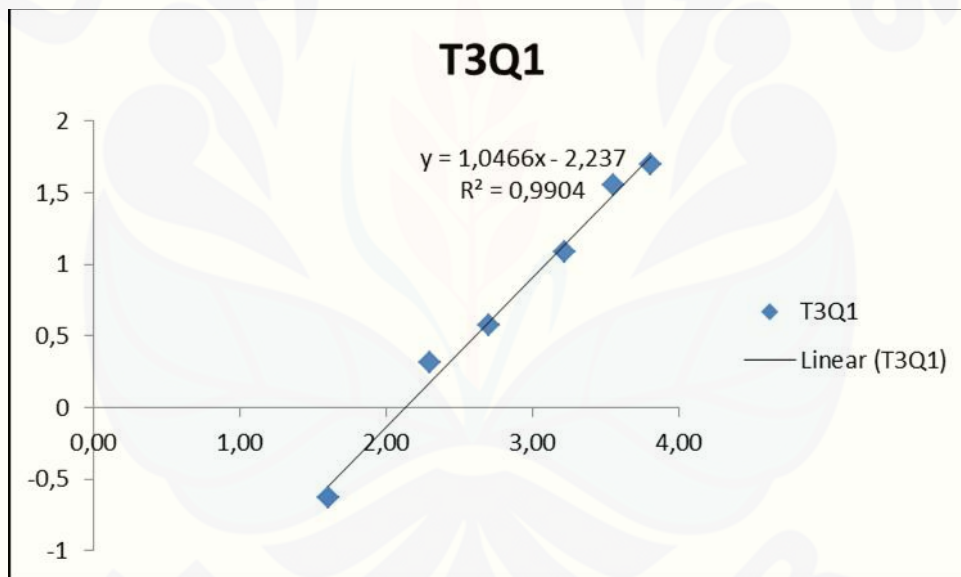
n	Ln K	K
1,1164	-2,4012	0,0906



2.7 Perlakuan Pengeringan T₃Q₁

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)
0	#NUM!	1.452,73	0,31	1.452,73	1	#NUM!
5	1,61	1.452,73	0,31	853,69	0,588	-0,6315
10	2,30	1.452,73	0,31	370,13	0,255	0,3133
15	2,71	1.452,73	0,31	245,85	0,169	0,5752
25	3,22	1.452,73	0,31	76,44	0,052	1,0813
35	3,56	1.452,73	0,31	13,44	0,009	1,5489
45	3,81	1.452,73	0,31	6,62	0,004	1,6936

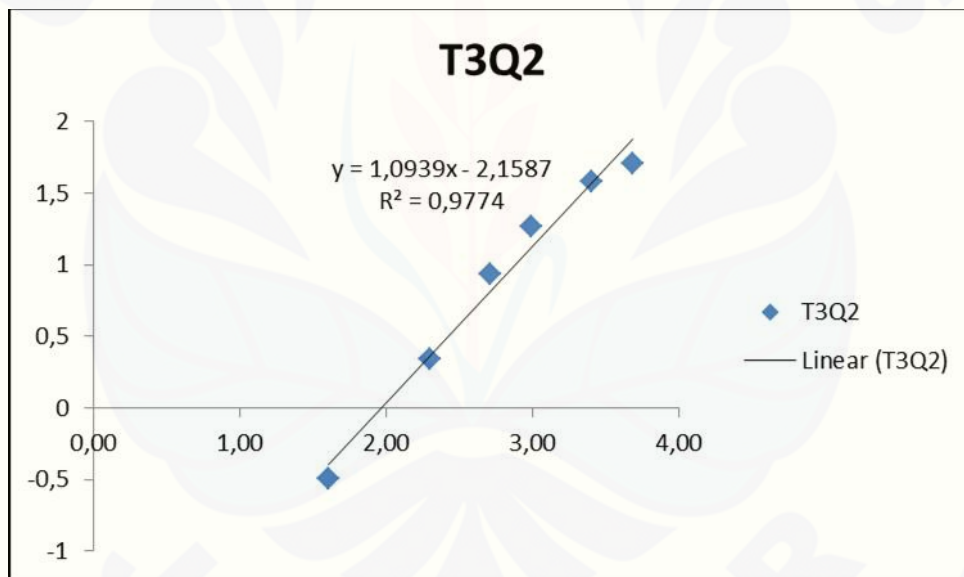
n	Ln K	K
1,0466	-2,2370	0,1068



2.8 Perlakuan Pengeringan T₃Q₂

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)
0	#NUM!	1.570,68	0,31	1.570,68	1	#NUM!
5	1,61	1.570,68	0,31	854,84	0,544	-0,4967
10	2,30	1.570,68	0,31	386,44	0,246	0,3385
15	2,71	1.570,68	0,31	123,45	0,078	0,9344
20	3,00	1.570,68	0,31	45,61	0,029	1,2658
30	3,40	1.570,68	0,31	12,72	0,008	1,5770
40	3,69	1.570,68	0,31	6,78	0,004	1,7033

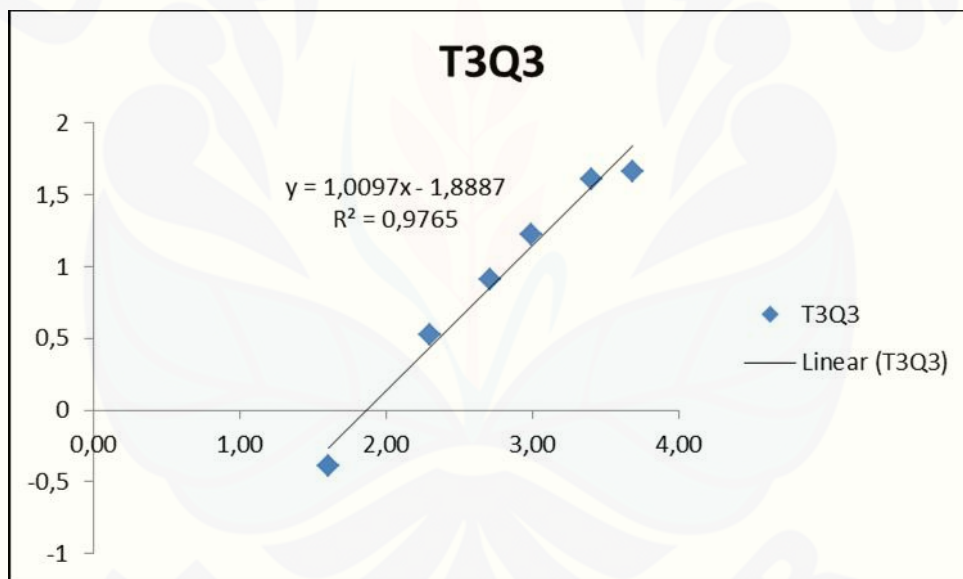
n	Ln K	K
1,0939	-2,1587	0,1155



2.9 Perlakuan Pengeringan T₃Q₃

t(menit)	Ln t	Mo (%bk)	Me (%bk)	Mt (%bk)	MR	Ln (-Ln MR)
0	#NUM!	1.473,35	0,31	1.473,35	1	#NUM!
5	1,61	1.473,35	0,31	748,85	0,508	-0,3901
10	2,30	1.473,35	0,31	272,80	0,185	0,5232
15	2,71	1.473,35	0,31	122,07	0,083	0,9135
20	3,00	1.473,35	0,31	50,32	0,034	1,2187
30	3,40	1.473,35	0,31	10,17	0,007	1,6108
40	3,69	1.473,35	0,31	7,97	0,005	1,6600

n	Ln K	K
1,0097	-1,8887	0,1513



Lampiran D. Data MR Observasi dan MR Estimasi1. MR Observasi dan MR Estimasi pada Perlakuan T_1Q_1

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Newton	Page
0	1	1	1
10	0,496	0,341	0,470
20	0,152	0,116	0,166
30	0,043	0,040	0,051
40	0,008	0,014	0,014
50	0,005	0,005	0,004
60	0,002	0,002	0,001

2. MR Observasi dan MR Estimasi pada Perlakuan T_1Q_2

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Newton	Page
0	1	1	1
5	0,554	0,527	0,543
10	0,304	0,277	0,287
20	0,048	0,077	0,078
30	0,018	0,021	0,021
40	0,010	0,006	0,005
50	0,001	0,002	0,001

3. MR Observasi dan MR Estimasi pada Perlakuan T_1Q_3

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Newton	Page
0	1	1	1
5	0,574	0,520	0,541
10	0,288	0,270	0,279
20	0,029	0,073	0,071
30	0,014	0,020	0,017
40	0,007	0,005	0,004
50	0,002	0,001	0,0115

4. MR Observasi dan MR Estimasi pada Perlakuan T_2Q_1

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Newton	Page
0	1	1	1
5	0,662	0,559	0,628
10	0,349	0,313	0,360
20	0,062	0,098	0,106
30	0,021	0,031	0,029
40	0,010	0,010	0,007
50	0,004	0,003	0,002

5. MR Observasi dan MR Estimasi pada Perlakuan T_2Q_2

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Newton	Page
0	1	1	1
5	0,637	0,515	0,604
10	0,299	0,265	0,322
15	0,153	0,136	0,162
25	0,017	0,036	0,037
35	0,007	0,010	0,007
45	0,004	0,003	0,001

6. MR Observasi dan MR Estimasi pada Perlakuan T_2Q_3

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Newton	Page
0	1	1	1
5	0,601	0,519	0,579
10	0,324	0,269	0,306
15	0,114	0,140	0,155
25	0,024	0,038	0,037
35	0,009	0,010	0,008
45	0,004	0,003	0,002

7. MR Observasi dan MR Estimasi pada Perlakuan T_3Q_1

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Newton	Page
0	1	1	1
5	0,588	0,537	0,562
10	0,255	0,288	0,305
15	0,169	0,155	0,162
25	0,052	0,044	0,045
35	0,009	0,013	0,012
45	0,004	0,004	0,003

8. MR Observasi dan MR Estimasi pada Perlakuan T_3Q_2

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Newton	Page
0	1	1	1
5	0,544	0,439	0,511
10	0,246	0,193	0,238
15	0,078	0,085	0,107
20	0,029	0,037	0,047
30	0,008	0,007	0,008
40	0,004	0,001	0,001

9. MR Observasi dan MR Estimasi pada Perlakuan T_3Q_3

t (menit)	MR Observasi	MR Estimasi	
		Newton	Page
0	1	1	1
5	0,508	0,474	0,464
10	0,185	0,224	0,213
15	0,083	0,106	0,097
20	0,034	0,050	0,044
30	0,007	0,011	0,009
40	0,005	0,003	0,002

Lampiran E. Uji Validitas Model

1. Persamaan Newton

1.1 Perlakuan T₁Q₁

t (menit)	MR exp (y _i) y	MR est (\hat{y}) y est	(y _i - \hat{y}) ²	(y _i - \bar{y}) ²	RMSE	R ²
0	1	1	0	0,5715	0,0602	0,9704
10	0,496	0,34096	0,0240384	0,0635		
20	0,152	0,11625	0,0012780	0,0085		
30	0,043	0,03964	0,0000113	0,0404		
40	0,008	0,01351	0,0000304	0,0557		
50	0,005	0,00461	0,0000002	0,0571		
60	0,002	0,00157	0,0000002	0,0586		
Jumlah			0,02536	0,85529		
\bar{y}	0,2437					

1.2 Perlakuan T₁Q₂

t (menit)	MR exp (y _i) y	MR est (\hat{y}) y est	(y _i - \hat{y}) ²	(y _i - \bar{y}) ²	RMSE	R ²
0	1	1	0	0,5242	0,0182	0,9973
5	0,554	0,52677	0,0007417	0,0773		
10	0,304	0,27748	0,0007032	0,0008		
20	0,048	0,07700	0,0008408	0,0520		
30	0,018	0,02137	0,0000113	0,0666		
40	0,010	0,00593	0,0000166	0,0708		
50	0,001	0,00165	0,0000004	0,0756		
Jumlah			0,00231	0,86717		
\bar{y}	0,2764					

1.3 Perlakuan T₁Q₃

t (menit)	MR exp (y _i) y	MR est (\hat{y}) y est	(y _i - \hat{y}) ²	(y _i - \bar{y}) ²	RMSE	R ²
0	1	1	0	0,5285	0,0273	0,9941
5	0,574	0,51996	0,0029201	0,0906		
10	0,288	0,27036	0,0003112	0,0002		
20	0,029	0,07309	0,0019443	0,0595		
30	0,014	0,01976	0,0000332	0,0671		
40	0,007	0,00534	0,0000027	0,0708		
50	0,002	0,00144	0,0000003	0,0734		
Jumlah			0,00521	0,89017		
\bar{y}	0,2734					

1.4 Perlakuan T₂Q₁

t (menit)	MR exp (y _i) y	MR est (\hat{y}) y est	(y _i - \hat{y}) ²	(y _i - \bar{y}) ²	RMSE	R ²
0	1	1	0	0,4886	0,0436	0,9857
5	0,662	0,55906	0,0105968	0,1303		
10	0,349	0,31255	0,0013288	0,0023		
20	0,062	0,09769	0,0012735	0,0571		
30	0,021	0,03053	0,0000908	0,0784		
40	0,010	0,00954	0,0000002	0,0847		
50	0,004	0,00298	0,0000010	0,0882		
Jumlah			0,01329	0,92964		
\bar{y}	0,3011					

1.5 Perlakuan T₂Q₂

t (menit)	MR exp (y _i) y	MR est (\hat{y}) y est	(y _i - \hat{y}) ²	(y _i - \bar{y}) ²	RMSE	R ²
0	1	1	0	0,4872	0,0489	0,9809
5	0,637	0,51479	0,0149358	0,1122		
10	0,299	0,26501	0,0011555	0,0000		
15	0,153	0,13642	0,0002748	0,0222		
25	0,017	0,03615	0,0003668	0,0812		
35	0,007	0,00958	0,0000067	0,0870		
45	0,004	0,00254	0,0000021	0,0888		
Jumlah			0,01674	0,87869		
\bar{y}	0,3024					

1.6 Perlakuan T₂Q₃

t (menit)	MR exp (y _i) y	MR est (\hat{y}) y est	(y _i - \hat{y}) ²	(y _i - \bar{y}) ²	RMSE	R ²
0	1	1	0	0,4942	0,0390	0,9877
5	0,601	0,5187	0,0067793	0,0924		
10	0,324	0,2690	0,0030237	0,0007		
15	0,114	0,1395	0,0006516	0,0335		
25	0,024	0,0375	0,0001832	0,0745		
35	0,009	0,0101	0,0000012	0,0829		
45	0,004	0,0027	0,0000016	0,0858		
Jumlah			0,01064	0,86417		
\bar{y}	0,2966					

1.7 Perlakuan T₃Q₁

t (menit)	MR exp (y _i) y	MR est (\hat{y}) y est	(y _i - \hat{y}) ²	(y _i - \bar{y}) ²	RMSE	R ²
0	1	1,00000	0,0000000	0,4942	0,0239	0,9951
5	0,588	0,53660	0,0026418	0,0847		
10	0,255	0,28794	0,0010851	0,0018		
15	0,169	0,15451	0,0002100	0,0164		
25	0,052	0,04449	0,0000564	0,0600		
35	0,009	0,01281	0,0000145	0,0829		
45	0,004	0,00369	0,0000001	0,0858		
Jumlah			0,00401	0,82586		
\bar{y}	0,2967					

1.8 Perlakuan T₃Q₂

t (menit)	MR exp (y _i) y	MR est (\hat{y}) y est	(y _i - \hat{y}) ²	(y _i - \bar{y}) ²	RMSE	R ²
0	1	1	0	0,5285	0,0445	0,9835
5	0,544	0,43933	0,0109554	0,0734		
10	0,246	0,19301	0,0028077	0,0007		
15	0,078	0,08480	0,0000462	0,0380		
20	0,029	0,03725	0,0000681	0,0595		
30	0,008	0,00719	0,0000007	0,0702		
40	0,004	0,00139	0,0000068	0,0724		
Jumlah			0,01388	0,84285		
\bar{y}	0,2727					

1.9 Perlakuan T₃Q₃

t (menit)	MR exp (y_i) y	MR est (\hat{y}) y est	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	RMSE	R ²
0	1	1	0	0,5476	0,0225	0,9957
5	0,508	0,47355	0,0011869	0,0615		
10	0,185	0,22425	0,0015405	0,0056		
15	0,083	0,10619	0,0005379	0,0313		
20	0,034	0,05029	0,0002653	0,0511		
30	0,007	0,01128	0,0000183	0,0640		
40	0,005	0,00253	0,0000061	0,0650		
Jumlah			0,00355	0,82617		
\bar{y}	0,2603					

2. Persamaan Page

2.1 Perlakuan T₁Q₁

t (menit)	MR exp	MR pre	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	RMSE	R ²
	(y_i)	(\hat{y})				
	y	y _{pre}				
0	1	1	0	0,5715	0,0121	0,9988
10	0,496	0,46951	0,0007016	0,0635		
20	0,152	0,16640	0,0002073	0,0085		
30	0,043	0,05118	0,0000670	0,0404		
40	0,008	0,01421	0,0000386	0,0557		
50	0,005	0,00363	0,0000019	0,0571		
60	0,002	0,00087	0,0000013	0,0586		
Jumlah			0,00102	0,85529		
\bar{y}	0,2437					

2.2 Perlakuan T₁Q₂

t (menit)	MR exp	MR pre	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	RMSE	R ²
	(y_i)	(\hat{y})				
	y	y _{pre}				
0	1	1	0	0,5242	0,0137	0,9985
5	0,554	0,54339	0,0001125	0,0773		
10	0,304	0,28696	0,0002904	0,0008		
20	0,048	0,07767	0,0008802	0,0520		
30	0,018	0,02054	0,0000065	0,0666		
40	0,010	0,00535	0,0000216	0,0708		
50	0,001	0,00138	0,0000001	0,0756		
Jumlah			0,00131	0,86717		
\bar{y}	0,2764					

2.3 Perlakuan T₁Q₃

t (menit)	MR exp	MR pre	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	RMSE	R ²
	(y_i)	(\hat{y})				
	y	y _{pre}				
0	1	1	0	0,5285	0,0205	0,9967
5	0,574	0,54088	0,0010972	0,0906		
10	0,288	0,27917	0,0000779	0,0002		
20	0,029	0,07072	0,0017408	0,0595		
30	0,014	0,01723	0,0000104	0,0671		
40	0,007	0,00409	0,0000085	0,0708		
50	0,002	0,00095	0,0000011	0,0734		
Jumlah			0,00294	0,89017		
\bar{y}	0,2734					

2.4 Perlakuan T₂Q₁

t (menit)	MR exp	MR pre	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	RMSE	R ²
	(y_i)	(\hat{y})				
	y	y _{pre}				
0	1	1	0	0,4886	0,0217	0,9965
5	0,662	0,62828	0,0011368	0,1303		
10	0,349	0,36034	0,0001286	0,0023		
20	0,062	0,10628	0,0019608	0,0571		
30	0,021	0,02868	0,0000589	0,0784		
40	0,010	0,00728	0,0000074	0,0847		
50	0,004	0,00176	0,0000050	0,0882		
Jumlah			0,00330	0,92964		
\bar{y}	0,3011					

2.5 Perlakuan T₂Q₂

t (menit)	MR exp	MR pre	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	RMSE	R ²
	(y_i)	(\hat{y})				
	y	y _{pre}				
0	1	1	0	0,4872	0,0173	0,9976
5	0,637	0,60379	0,0011030	0,1122		
10	0,299	0,32185	0,0005220	0,0000		
15	0,153	0,16196	0,0000803	0,0222		
25	0,017	0,03667	0,0003868	0,0812		
35	0,007	0,00747	0,0000002	0,0870		
45	0,004	0,00140	0,0000067	0,0888		
Jumlah			0,00210	0,87869		
\bar{y}	0,3024					

2.6 Perlakuan T₂Q₃

t (menit)	MR exp	MR pre	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	RMSE	R ²
	(y_i)	(\hat{y})				
	y	y _{pre}				
0	1	1	0	0,4942	0,0196	0,9969
5	0,601	0,57907	0,0004810	0,0924		
10	0,324	0,30590	0,0003274	0,0007		
15	0,114	0,15527	0,0017033	0,0335		
25	0,024	0,03709	0,0001713	0,0745		
35	0,009	0,00826	0,0000005	0,0829		
45	0,004	0,00175	0,0000051	0,0858		
Jumlah			0,00269	0,86417		
\bar{y}	0,2966					

2.7 Perlakuan T₃Q₁

t (menit)	MR exp	MR pre	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	RMSE	R ²
	(y_i)	(\hat{y})				
	y	y _{pre}				
0	1	1	0	0,4942	0,0214	0,9961
5	0,588	0,56237	0,0006567	0,0847		
10	0,255	0,30453	0,0024537	0,0018		
15	0,169	0,16244	0,0000431	0,0164		
25	0,052	0,04495	0,0000496	0,0600		
35	0,009	0,01214	0,0000098	0,0829		
45	0,004	0,00322	0,0000006	0,0858		
Jumlah			0,00321	0,82586		
\bar{y}	0,2967					

2.8 Perlakuan T₃Q₂

t (menit)	MR exp	MR pre	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	RMSE	R ²
	(y_i)	(\hat{y})				
	y	y _{pre}				
0	1	1	0	0,5285	0,0182	0,9972
5	0,544	0,51083	0,0011001	0,0734		
10	0,246	0,23841	0,0000577	0,0007		
15	0,078	0,10709	0,0008460	0,0380		
20	0,029	0,04687	0,0003193	0,0595		
30	0,008	0,00849	0,0000002	0,0702		
40	0,004	0,00146	0,0000065	0,0724		
Jumlah			0,00233	0,84285		
\bar{y}	0,2727					

2.9 Perlakuan T₃Q₃

t (menit)	MR exp (y _i) y	MR pre (ŷ) ypre	(y _i - ŷ) ²	(y _i - \bar{y}) ²	RMSE	R ²
0	1	1	0	0,5476	0,0209	0,9963
5	0,508	0,46375	0,0019578	0,0615		
10	0,185	0,21285	0,0007756	0,0056		
15	0,083	0,09730	0,0002046	0,0313		
20	0,034	0,04437	0,0001075	0,0511		
30	0,007	0,00918	0,0000047	0,0640		
40	0,005	0,00189	0,0000097	0,0650		
Jumlah			0,00306	0,82617		
\bar{y}	0,2603					

Lampiran F. Foto Penelitian

1. Alat Penelitian



Oven Memmert UNB-400



Petri dish



Fluidized Bed



Neraca digital Ohaus Pioneer 0,01 gram



Unit pengecil ukuran

2. Hasil Penelitian



T₁Q₁



T₁Q₂



T₁Q₃



T₂Q₁



T₂Q₂



T₂Q₃



T₃Q₁



T₃Q₂



T₃Q₃

