



**KAJIAN PENGERINGAN DAN PENGARUH KETEBALAN BAHAN PADA  
JAHE GAJAH (*Zingiber officinale* Rosc) BERDASARKAN PERUBAHAN  
GEOMETRI DAN WARNA MENGGUNAKAN METODE *IMAGE*  
*PROCESSING***

**SKRIPSI**

Oleh  
**Lisdiana Syafitri**  
**NIM 131710201065**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**KAJIAN PENGERINGAN DAN PENGARUH KETEBALAN BAHAN PADA  
JAHE GAJAH (*Zingiber officinale* Rosc) BERDASARKAN PERUBAHAN  
GEOMETRI DAN WARNA MENGGUNAKAN METODE *IMAGE*  
*PROCESSING***

**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

**Lisdiana Syafitri  
NIM 131710201065**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

**PERSEMBAHAN**

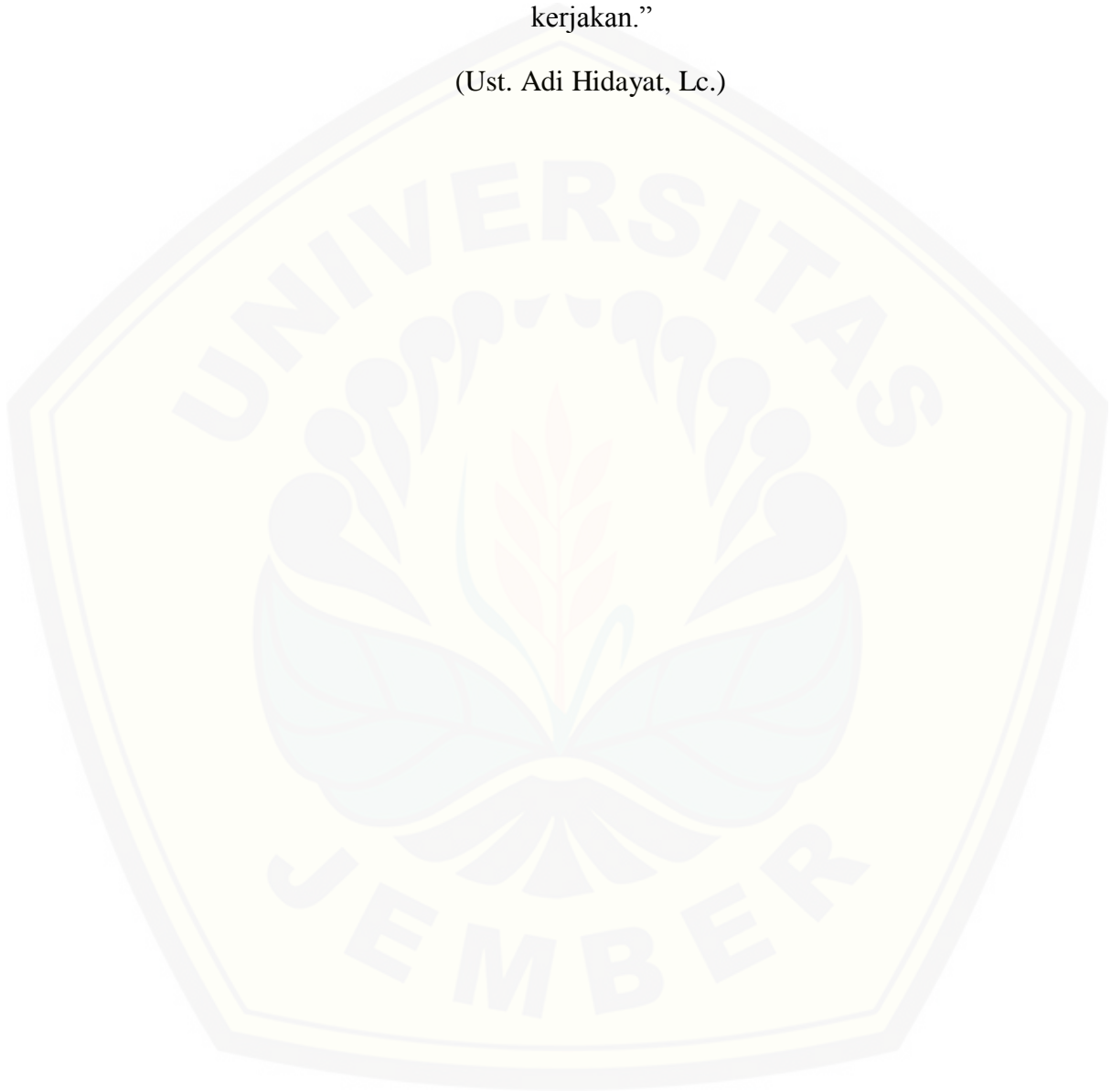
“Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya, Bapak Tamtomo (Alm) dan Ibu Lilik Supriyani atas segala doa dan motivasinya untuk masa depan yang lebih baik”



**MOTTO**

“Istiqomah dimulai dengan ilmu, jika kamu kerjakan sesuatu tanpa pengetahuan, maka tidak akan ada motivasi bagi kita untuk menguatkan hal yang ingin kita kerjakan.”

(Ust. Adi Hidayat, Lc.)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lisdiana Syafitri

NIM : 131710201065

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Kajian Pengeringan dan Pengaruh Ketebalan Bahan pada Jahe Gajah (*Zingiber officinale* Rosc) Berdasarkan Perubahan Geometri dan Warna Menggunakan Metode *Image Processing*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 17 September 2019

Yang menyatakan,

Lisdiana Syafitri

NIM 131710201065

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “ Kajian Pengeringan dan Pengaruh Ketebalan Bahan pada Jahe Gajah (*Zingiber officinale Rosc*) Berdasarkan Perubahan Geometri dan Warna Menggunakan Metode *Image Processing*” karya Lisdiana Syafitri telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 03 Oktober 2019

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.T.P., M. Si.  
NIP 1974070719999031001

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

Tim Penguji,

Ketua Penguji

Penguji Anggota

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.  
NIP. 196809231994031009

Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T  
NIP 197211301999032001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.  
NIP. 196809231994031009

## RINGKASAN

**Kajian Pengeringan dan Pengaruh Ketebalan Bahan pada Jahe Gajah (*Zingiber officinale* Rosc) Berdasarkan Perubahan Geometri dan Warna Menggunakan Metode *Image Processing*; Lisdiana Syafitri; 131710201065; 2019; 43 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.**

Jahe merupakan salah satu jenis tanaman rempah-rempah yang ada di Indonesia. Agar jahe menjadi bentuk yang siap jual dalam keadaan kualitas yang bagus maka dibutuhkan penanganan yang khusus, salah satunya adalah dengan pengeringan. Proses pengeringan ini bertujuan untuk menurunkan kadar air bahan sehingga bahan menjadi lebih awet, tetapi ada kerugian yang ditimbulkan selama pengeringan yaitu terjadinya perubahan sifat fisik dan kimiawi bahan serta terjadinya penurunan mutu bahan. Perubahan bentuk dan warna irisan jahe gajah dapat diidentifikasi secara visual memungkinkan melakukan analisis menggunakan *image processing*. Tujuan penelitian adalah (1) mengetahui variabel citra yang dapat digunakan untuk mengukur perubahan geometri dan warna irisan jahe gajah selama proses pengeringan pada suhu 60°C (2) menganalisis hubungan penurunan kadar air dengan perubahan geometri dan warna pada pengeringan irisan jahe gajah selama proses pengeringan pada suhu 60°C (3) menganalisis perlakuan ketebalan irisan jahe gajah terhadap perubahan geometri dan warna irisan jahe gajah selama proses pengeringan pada suhu 60°C.

Rancangan penelitian dilakukan dengan 3 variasi ketebalan, yaitu 8 mm, 10 mm dan 12 mm dengan 3 kali ulangan setiap perlakuan. Suhu yang digunakan adalah 60°C. Variabel citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah area, lebar, tinggi, perimeter, ketebalan, indeks r, indeks g, dan indeks b.

Hasil penelitian menunjukkan hasil uji korelasi yang tinggi antara variabel kadar air dan variabel citra dengan kisaran nilai  $R^2 = 0,81 - 0,99$ . Pengukuran perubahan geometrik dan warna irisan jahe gajah selama pengeringan berdasarkan perlakuan ketebalan menunjukkan perbedaan secara tidak nyata, namun menunjukkan perbedaan yang nyata pada variabel green.

## SUMMARY

**Characteristic of Drying And The Effect of the Thickness on Ginger (*Zingiber officinale* Rosc) Based On Geometric and Color Changes Using Image Processing Method;** Lisdiana Syafitri; 131710201065; 2019; 43 pages; Departemen of Agricultural Engineering Faculty of Agriculture University of Jember.

Ginger is a type of spice plant in Indonesia. So that ginger becomes a form that is ready for sale in good quality conditions special handling is need, one of them is drying. This drying process aims to reduce the water content of the material becomes more dryable, but there are losses incurred during drying, namely the occurrence of changes in physical and chemical properties of the material and can be visually identified allowing analysis using image processing. The research objectives were (1) to find out the image variables used to identify the shape and color changes sliced ginger during the drying process at 60°C (2) to analyze the relationship of water content geomtry and color changes from ginger slices during drying process at 60°C (3) to analyze the relationship between thickness treatment with geometry and color changes from ginger slices during drying prossess at 60°C.

The tratment were 3 thickness variations (8 mm, 10 mm, 12 mm) with 3 replications. The temperature used was 60°C. Iamge variabels used in this research were area, height, width, perimeter, thickness, index r, index g, and index b.

The result showed a high correlation test between the water content and image variables with a range of values  $R^2 = 0,81 - 0,99$ . Measurement of geometric and color changes in elephant ginger slices during drying based on thickness treatment shows no significant difference, but shows a significant difference in the green variable.



## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan keruniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Kajian Pengeringan dan Pengaruh Ketebalan Bahan pada Jahe Gajah (*Zingiber officinale Rosc*) Berdasarkan Perubahan Geometri dan Warna Menggunakan Metode *Image Processing*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

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

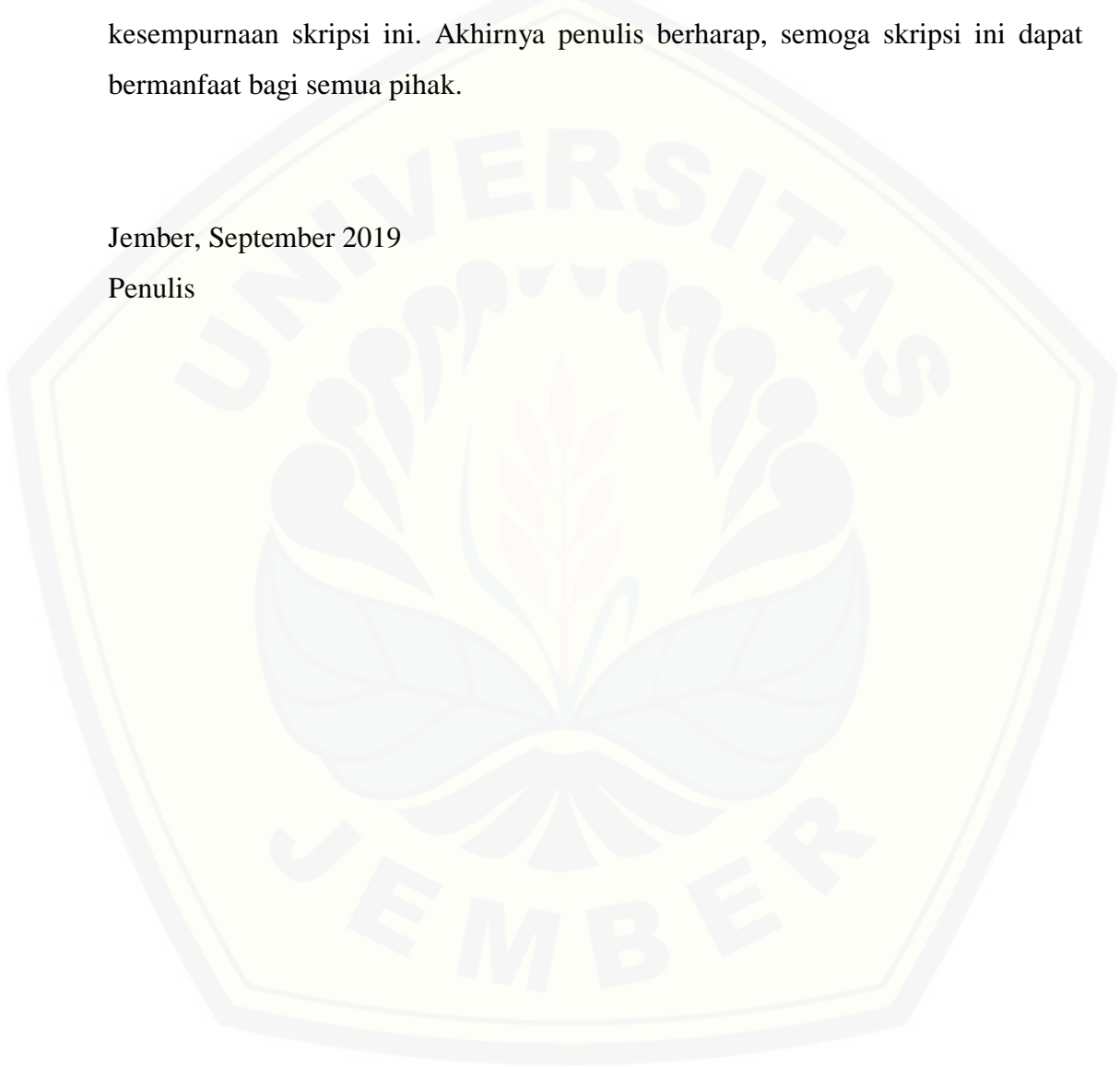
1. Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.Tp, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini maupun selama penulis menjadi mahasiswa;
2. Dian Purbasari, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, dan perhatian dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Dr. Siswoyo Soekarno S. TP., M. Eng., selaku Ketua Penguji yang telah memberikan arahan selama penyelesaian skripsi ini maupun selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Dr. Sri Wahyuningsih S. P., M.T., selaku Penguji yang telah membantu memotivasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Dr. Ir. Heru Ernanda, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang teah sabar dan memberikan motivasi selama penulisan menjadi mahasiswa;
6. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian;
7. Mas Agus, selaku teknisi Lab, Instrumentasi yang telah membantu jalannya penelitian;
8. Teman-teman seperjuangan skripsi minat ENOTIN;
9. Seluruh keluarga besar mahasiswa FTP, terutama teman-teman seperjuangan TEP angkatan 2013;

10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik doa, tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

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

Jember, September 2019

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL .....	
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PENGESAHAN .....	vi
RINGKASAN/SUMMARY .....	vii
PRAKATA .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Tanaman Jahe Gajah .....	4
2.2 Proses Pengeringan .....	5
2.3 Kadar Air .....	5
2.4 <i>Image Processing</i> .....	6
2.5 <i>Thresholding</i> .....	7
2.6 Segmentasi Citra .....	7
2.7 Area .....	8
2.8 Perimeter .....	8
2.9 Pengolahan Warna .....	9

2.10 <i>Shrinkage</i> .....	9
2.11 Analisis Regresi .....	10
2.12 Analisis Korelasi .....	10
2.13 Analisis Varians Satu Arah .....	11
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	12
3.3 Tahapan Penelitian .....	13
<b>BAB 4 PEMBAHASAN .....</b>	<b>18</b>
4.1 Hasil Pengukuran Kadar Air Awal .....	18
4.2 Pengambilan Citra Irisan Jahe Gajah .....	18
4.3 Program Pengolahan Citra .....	19
4.4 Penentuan Nilai Batas Segmentasi ( <i>Threshold</i> ) .....	20
4.5 Proses Ekstraksi Citra .....	21
4.6 Laju Pengeringan Irisan Jahe Gajah .....	25
4.7 Analisis Statistik Variabel Citra Pengukuran Perubahan Geometri dan Warna .....	26
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>38</b>
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

2.1 Interpretasi nilai koefisien korelasi .....	11
4.1 Hasil pengukuran kadar air awal .....	18
4.2 Hasil pengukuran area dan kadar air .....	26
4.3 Hasil pengukuran tinggi dan kadar air .....	27
4.4 Hasil pengukuran lebar dan kadar air .....	27
4.5 Hasil pengukuran ketebalan pada posisi vertikal dan kadar air .....	29
4.6 Hasil pengukuran perimeter dan kadar air .....	31
4.7 Hasil pengukuran indeks <i>blue</i> dan kadar air .....	32
4.8 Hasil pengukuran indeks <i>green</i> dan kadar air .....	32
4.9 Hasil pengukuran indeks <i>red</i> dan kadar air .....	33
4.10 Analisis varian variabel area .....	35
4.11 Analisis varian variabel tinggi .....	35
4.12 Analisis varian variabel lebar .....	36
4.13 Analisis varian variabel perimeter .....	36
4.14 Analisis varian variabel indeks <i>blue</i> .....	37
4.15 Analisis varian variabel indeks <i>green</i> .....	37
4.16 Analisis varian variabel indeks <i>red</i> .....	37

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	13
Gambar 3.2 Alat peraga citra .....	15
Gambar 4.1 Aplikasi pengolahan citra jahe gajah .....	19
Gambar 4.2 Grafik sebaran nilai R, G dan B pada obyek dan <i>background</i> .	20
Gambar 4.3 Citra biner hasil <i>thresholding</i> irisan jahe gajah yang dikeringkan pada suhu 60°C .....	21
Gambar 4.4 Perhitungan area irisan jahe gajah yang dikeringkan pada suhu 60°C .....	21
Gambar 4.5 Perhitungan lebar irisan jahe gajah yang dikeringkan pada suhu 60°C .....	22
Gambar 4.6 Perhitungan tinggi irisan jahe gajah yang dikeringkan pada suhu 60°C .....	22
Gambar 4.7 Perhitungan perimeter irisan jahe gajah yang dikeringkan pada suhu 60°C .....	22
Gambar 4.8 Hasil Ekstraksi .....	24
Gambar 4.9 Laju pengeringan irisan jahe gajah pada suhu 60 °C selama 600 menit .....	25
Gambar 4.10 Grafik hubungan kadar air dan area .....	28
Gambar 4.11 Grafik hubungan kadar air dan tinggi .....	28
Gambar 4.12 Grafik hubungan kadar air dan lebar .....	29
Gambar 4.13 Grafik hubungan kadar air dan ketebalan .....	30
Gambar 4.14 Grafik hubungan kadar air dan perimeter .....	31
Gambar 4.15 Grafik hubungan kadar air dan indeks <i>blue</i> .....	34
Gambar 4.16 Grafik hubungan kadar air dan indeks <i>green</i> .....	34
Gambar 4.17 Grafik hubungan kadar air dan indeks <i>red</i> .....	35

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jahe merupakan salah satu jenis tanaman rempah-rempah yang ada di Indonesia. Komoditas ini dikenal sejak zaman penjajahan Belanda. Rimpang jahe banyak dicari karena memiliki kelebihan dalam hal kesehatan, kesegaran, dan campuran untuk membuat masakan. Bumi Indonesia yang subur sangat cocok untuk tanaman jahe. Namun, pada kenyataannya tidak mudah untuk mendapat jahe dengan kualitas dan kuantitas yang dibutuhkan, baik kebutuhan dalam negeri maupun ekspor. Belum banyak masyarakat yang berminat untuk bertanam jahe, kemungkinan hal itu karena jahe membutuhkan perawatan yang cukup ketat, pengawasan, waktu panen yang lama dan faktor keamanan ( Setyaningrum dan Saparinto, 2013).

Tanpa penanganan yang cepat dan tepat, jahe akan mengalami kerusakan dalam masa penyimpanan. Penanganan pasca panen pada komoditas tanaman pangan bertujuan mempertahankan komoditas yang telah dipanen dalam kondisi baik serta layak dan tetap enak dikonsumsi. Agar jahe menjadi bentuk yang siap dijual dalam keadaan kualitas yang bagus maka dibutuhkan penanganan yang khusus. Salah satunya adalah penanganan jahe dengan pengeringan. Proses pengeringan dipengaruhi oleh udara pengering dan sifat bahan yang akan dikeringkan, semakin tinggi suhu dan kelembaban makin cepat pula waktu pengeringannya sedangkan makin tebal bahan makin lama pula waktu pengeringannya (Hasibuan, 2004).

Selama proses pengeringan akan terjadi perubahan bentuk sebagai akibat dari penurunan kadar air. Perubahan sifat fisik bahan tersebut dapat diidentifikasi secara visual, namun identifikasi secara visual masih bersifat subyktif. Sangat sulit untuk mengidentifikasi perubahan bentuk dan warna yang terjadi selama pengeringan terlebih dengan perlakuan yang berbeda. Oleh karena itu diperlukan alternatif untuk menganalisis perubahan dari geometri dan warna secara langsung dengan waktu singkat pada pengeringan irisan jahe.

*Image processing* (pengolahan citra) dapat digunakan sebagai alternatif untuk menganalisis perubahan geometri dan warna pada proses pengeringan irisan jahe. *Image processing* (pengolahan citra) merupakan metode yang bersifat obyektif, tidak merusak bahan dan dapat dilakukan pengenalan pola terhadap obyek. Pengenalan pola bertujuan menentukan kelompok atau kategori obyek berdasarkan ciri-ciri yang dimiliki oleh obyek tersebut, sehingga penggolongan obyek lebih mudah (Munir, 2004:242).

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel citra apa saja yang dapat digunakan untuk mengukur perubahan geometri dan warna irisan jahe selama proses pengeringan pada suhu 60°C?
2. Bagaimana hubungan penurunan kadar air dengan perubahan geometri dan warna irisan jahe selama proses pengeringan pada suhu 60°C?
3. Bagaimana hubungan antara perlakuan ketebalan irisan bahan dengan perubahan geometri dan warna irisan jahe selama proses pengeringan pada suhu 60°C?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini mencakup ruang lingkup yang mempelajari perubahan geometri dan warna dengan pengaruh ketebalan irisan bahan pada proses pengeringan dengan metode *image processing*.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui variabel citra yang dapat digunakan untuk mengukur perubahan geometri dan warna irisan jahe selama proses pengeringan pada suhu 60°C.



2. Menganalisis hubungan kadar air dengan perubahan geometri dan warna irisan jahe selama proses pengeringan pada suhu 60°C.
3. Menganalisis perlakuan ketebalan terhadap perubahan geometri dan warna irisan jahe selama proses pengeringan pada suhu 60°C.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan uraian tujuan penelitian di atas, maka dapat diketahui beberapa manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Bagi peneliti, dapat membantu menambah pengetahuan di bidang instrumentasi.
2. Bagi pemerintah,/ instansi terkait, dapat dijadikan acuan dalam menentukan perlakuan suhu yang sesuai berdasarkan perubahan geometri dan warna dengan pengaruh ketebalan irisan jahe gajah pada proses pengeringan.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Jahe Gajah

Nama “zingiber” merupakan nama latin yang berasal dari bahasa Sanskerta yaitu “singibera” yang mempunyai mana berbentuk tanduk. Hal itu karena bentuk percabangan rimpangannya yang mirip tanduk rusa. Biasanya tanaman ini tumbuh di pekarangan rumah maupun di kebun. Secara umum, terdapat tiga klon/jenis tanaman jahe yang dapat dibedakan dari aroma, warna, bentuk dan besar rimpang. Ketiga jenis tanaman jahe tersebut adalah jahe putih besar, jahe putih kecil, dan jahe merah (Setyaningrum dan Saparinto, 2013).

Jahe adalah tanaman rimpang biasa disebut sebagai rempah-rempah dan bahan obat. Rimpang jahe ada yang berbentuk seperti jemari yang mengembung di ruas ruas tengah. Adanya rasa pedas yang ditimbulkan oleh jahe cukup dominan dan disebabkan senyawa keton zingeron (Setyaningrum dan Saparinto, 2013). Jahe berasal dari Asia Pasifik yang tersebar dari India sampai Cina. Taksonomi tanaman jahe diklasifikasikan sebagai berikut.

Kingdom	; Plantae
Divisi	; Spermatophyta
Sub-divisi	; Angiospermae
Kelas	; Monocotyledoneae
Ordo	; Zingiberales
Famili	; Zingiberaceae
Genus	; Zingiber
Species	; <i>Zingiber officinale</i>

Rimpang jahe mengandung minyak atsiri. Minyak atsiri mengandung komponen utama yang berupa senyawa zingiberen ( $C_{12}H_{24}$ ) dan cingiberol ( $C_{12}M_{26}O_2$ ). Senyawa yang menyebabkan rimpang jahe berasa pedas dan agak pahit adalah oleoresin (*fexed oil*). Minyak atsiri dan oleoresin terdapat dalam semua jaringan rimpang, tetapi paling banyak terdapat di bawah jaringan epidermis. Oleh karena itu penanganan rimpang jahe, terutama saat pengupasan,

harus dilakukan secara hati-hati, sehingga kulit yang terkelupas bisa setipis mungkin (Rukmana, 2000:9-14).

## 2.2 Proses Pengeringan

Pengeringan merupakan proses pengeluaran air dari suatu pangan menuju kadar air kesetimbangan dengan udara sekeliling atau pada tingkat kadar air dimana mutu bahan pangan dapat dicegah dari serangan jamur, enzim dan aktivitas serangga. Pengeringan diartikan juga sebagai proses pemisahan atau pengeluaran air dari suatu bahan yang jumlahnya relatif kecil dengan menggunakan panas. Metode pengawetan dengan pengeringan berdasarkan prinsip bahwa mikroba dan reaksi-reaksi kimia hanya terjadi jika tersedia dalam jumlah cukup. Pengeringan telah banyak dilakukan dalam pengolahan hasil pertanian dan bahan pangan menggunakan energi matahari, pemanasan, pengangin-anginan, perbedaan tekanan uap dan pengering beku (Effendi, 2009:13).

Keuntungan pada proses pengeringan yaitu menurunkan biaya pengangkutan, meningkatkan panjang daya simpan dan mempermudah proses selanjutnya. Pengeringan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan sinar matahari atau alat pemanas/oven. Pengeringan rimpang dilakukan selama 3-5 hari, atau setelah kadar airnya dibawah 8%. Pengeringan dengan sinar matahari dilakukan diatas tikar atau rangka pengering, sedangkan proses pengeringan jahe didalam oven dilakukan pada suhu antara 40 °C - 60 °C (Sembiring, 2005). Jahe yang akan dikeringkan ditaruh diatas *tray oven* dan pastikan bahwa rimpang tidak saling menumpuk. Pada tahap awal, jahe dicuci (kadar air diperkirakan sekitar 85-90%), diiris-iris dengan ketebalan 7-8 mm. Setelah dijemur atau dikeringkan ketebalan akan menjadi 5-6 mm dengan kehilangan berat sekitar 60-70% (kadar air sekitar 7-12%).

## 2.3 Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan pangan yang dinyatakan dalam bahan pangan yang dinyatakan dalam bentuk persen.

Kadar air dihitung sebagai persentase kandungan air suatu bahan yang dinyatakan dalam basis basah atau basis kering (Taib *et. all*, 1988).

Pengukuran kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri. Gravimetri ialah pengukuran kadar air dengan menentukan berat sampel yang hilang setelah ditempatkan pada oven (*convection, vacuum*, atau *microwave*) selama waktu tertentu. Pada metode gravimetri diasumsikan bahwa hanya air yang menguap dalam proses pengeringan. Metode gravimetri hanya membutuhkan sejumlah kecil sampel homogen dan dapat mengukur secara efektif kandungan air pada kisaran 0,01-99,99% (Ruiz, 2005). Menurut Taib *et. all*, (1988) perhitungan kadar air bahan selama proses pengeringan adalah sebagai berikut.

$$Ka (\%bb) = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100 \dots\dots\dots(2.1)$$

#### 2.4 Image Processing

*Image Processing* (pengolahan citra) bertujuan mentransformasi dari satu citra ke citra lain agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau komputer (Munir, 2004:3-5). Pengolahan citra dipergunakan bila hasil pengolahan data yang berupa citra, juga merupakan bentuk citra yang lain, yang mengandung atau memperkuat informasi khusus pada citra hasil pengolahan sesuai dengan tujuan pengolahannya. Teknik-teknik pengolahan citra biasanya digunakan untuk melakukan transformasi dari satu citra ke citra lainnya, sementara untuk melakukan tugas perbaikan informasi dilakukan oleh manusia (Ahmad, 2005:3-4).

Menurut Ahmad (2005:8) dalam melakukan operasi pengolahan citra terdapat dua hal mendasar yang harus dipahami yakni geometri formasi citra yang menentukan lokasi suatu titik dalam jarak pandang yang diproyeksikan pada bidang citra, dan fisik cahaya yang menentukan kecerahan suatu titik pada bidang citra sebagai fungsi pencahayaan. Sementara itu, tingkat pencahayaan suatu piksel seringkali digunakan bilangan bulat yang besarnya 8-bit, dengan selang 0 – 255 dimana 0 untuk warna hitam, 255 untuk warna putih, dan tingkat abu-abu berada diantaranya. Nilai bilangan 0 hingga 255 merupakan nilai intensitas dari suatu piksel (Ahmad, 2005:11).

## 2.5 Thresholding

*Thresholding* atau binerisasi merupakan pengelompokan piksel-piksel dalam citra berdasarkan batas nilai intensitas tertentu. Dalam operasi binerisasi, suatu piksel pada citra asal akan dipetakan menjadi piksel obyek atau latar belakang pada citra hasil operasi bergantung pada intensitas piksel itu sendiri pada citra asalnya. Bila intensitasnya sesuai dengan persyaratan intensitas obyek, maka akan dipetakan menjadi piksel obyek pada citra hasil operasi, dan sebaliknya (Ahmad, 2005:16).

Nilai *threshold* yang sama mungkin tidak dapat diterapkan dengan hasil yang baik pada dua citra yang berbeda karakteristiknya. Setiap citra dengan karakteristik pencahayaan tertentu memerlukan nilai *threshold* tertentu yang mungkin tidak cocok untuk citra lainnya. Kemampuan untuk memilih nilai *threshold* yang sesuai secara otomatis menggunakan informasi intensitas pada citra sangat diperlukan. Ketidaktepatan dalam menentukan nilai batas untuk operasi binerisasi dapat menghasilkan citra biner yang tidak sesuai dengan harapan (Ahmad, 2005:86-87). Proses perhitungan dari beberapa fitur pengolahan citra dilakukan pada citra biner, seperti pengukuran area, jarak, titik pusat, dan faktor bentuk. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pengukuran variabel di atas proses segmentasi perlu dilakukan (Soedibyo, 2006:12).

## 2.6 Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan pemisahan atau pembagian citra menjadi beberapa daerah berdasarkan sifat-sifat tertentu dari citra yang dapat dijadikan pembeda. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan intensitas warna pada masing-masing daerah. Segmentasi dapat dilakukan dengan binerisasi melalui proses *thresholding* yang menghasilkan citra biner. Citra biner adalah citra yang disimpan hanya dalam dua macam intensitas yaitu hitam dan putih. Citra biner dapat memisahkan daerah dan latar belakang dengan tegas (Ahmad, 2005:83-85).

*Thresholding* atau binerisasi merupakan pengelompokan piksel-piksel dalam citra berdasarkan batas nilai intensitas tertentu. Dalam operasi binerisasi, suatu piksel pada citra asal akan dipetakan menjadi piksel obyek atau latar belakang

pada citra hasil operasi bergantung pada intensitas piksel itu sendiri pada citra asalnya. Bila intensitasnya sesuai dengan persyaratan intensitas obyek, maka akan dipetakan menjadi piksel obyek pada citra hasil operasi, dan sebaliknya (Ahmad, 2005:16).

Nilai *threshold* yang sama mungkin tidak dapat diterapkan dengan hasil yang baik pada dua citra yang berbeda karakteristiknya. Setiap citra dengan karakteristik pencahayaan tertentu memerlukan nilai *threshold* tertentu yang mungkin tidak cocok untuk citra lainnya. Kemampuan untuk memilih nilai *threshold* yang sesuai secara otomatis menggunakan informasi intensitas pada citra sangat diperlukan. Ketidaktepatan dalam menentukan nilai batas untuk operasi binerisasi dapat menghasilkan citra biner yang tidak sesuai dengan harapan (Ahmad, 2005:86-87). Proses perhitungan dari beberapa fitur pengolahan citra dilakukan pada citra biner, seperti pengukuran area, jarak, titik pusat, dan faktor bentuk. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pengukuran variabel di atas proses segmentasi perlu dilakukan (Soedibyo, 2006:12).

## 2.7 Area

Area adalah jumlah piksel dalam obyek ( $S$ ), jadi bila dalam suatu citra terdapat lebih dari satu obyek,  $S_1, S_2, \dots, S_n$  maka akan ada  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . Nilai area suatu obyek adalah jumlah dari piksel-piksel penyusun obyek yang membentuk suatu luasan. Unit yang umum digunakan untuk menyatakan area adalah piksel. Area dapat mencerminkan ukuran atau berat obyek sesungguhnya pada beberapa benda pejal dengan bentuk yang hampir seragam (misalnya buah mangga dan semangka), tetapi tidak untuk benda berongga (misalnya paprika) (Ahmad, 2005:147).

## 2.8 Perimeter

Perimeter merupakan bagian terluar dari suatu obyek yang bersebelahan dengan piksel dari latar belakang atau jumlah piksel dari batas daerah. Nilai perimeter suatu obyek dapat dicari dengan menghitung banyaknya piksel yang berada pada perbatasan dari obyek tersebut (Ahmad, 2005:147-148). Biasanya

piksel-piksel pada daerah batas ini dapat ditelusuri dengan cara memeriksa piksel 4-tetangga dari piksel tersebut. Bila suatu piksel mempunyai satu atau lebih piksel 4-tetangga yang merupakan latar belakang, maka piksel tersebut merupakan batas daerah karena berada di tepi obyek (Ahmad, 2005:139).

## 2.9 Pengolahan Warna

Pengolahan citra salah satu komponen yang digunakan adalah warna. Warna merupakan persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh obyek. Pengembangan model-model warna saat ini sudah banyak dilakukan, namun proses pengolahan citra model warna yang sering digunakan adalah model warna RGB (*Red, Green, Blue*) ini dikarenakan pada computer umumnya menggunakan model warna RGB dalam mempresentasikan warna, sehingga nilai pengolahan warna yang akan dihasilkan adalah dalam model warna RGB. RGB merupakan besaran yang menyatakan nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru (Ahmad, 2005:271). Berikut persamaan model warna pada pengolahan citra.

$$\text{Indeks warna merah } r = \frac{R}{R+G+B} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Indeks warna hijau } g = \frac{G}{R+G+B} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\text{Indeks warna biru } b = \frac{B}{R+G+B} \dots\dots\dots (2.5)$$

## 2.10 Shrinkage

*Shrinkage* (penyusutan) adalah rasio antara volume massa sampel pada tingkat kekeringan tertentu dan volume awal. Penyusutan menunjukkan penurunan dimensi volume, area atau ketebalan (Koe *et. all*, 2008). Penyusutan volume sering ditunjukkan dengan persamaan

$$\%S = 1 - \frac{V}{V_0} \times 100 \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

$S$  = *Shrinkage*

$V$  = Volume sampel pada tingkat kekeringan tertentu

$V_0$  = Volume sampel awal

### 2.11 Analisis regresi

Analisis regresi didefinisikan sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut sebagai variabel yang diterangkan dengan satu atau dua variabel yang menerangkan. Variabel pertama disebut juga sebagai variabel terikat dan variabel kedua disebut juga sebagai variabel bebas. Jika variabel bebas lebih dari satu, maka analisis regresi disebut regresi linier berganda. Disebut berganda karena pengaruh beberapa variabel bebas akan dikenakan kepada variabel terikat (Gujarati, 2006 dalam Kurniawan dan Yuniarto, 2016).

Analisis regresi bertujuan untuk menjelaskan atau modelkan hubungan antar variabel. Dimana terdapat variabel y sebagai variabel respons, output, tak ebbas atau variabel yang dijelaskan; dan variabel x sebagai variabel prediktor, masukan, bebas atau variabel penjelas. Apabila dalam analisis korelasi dicari arah dan kuatnya hubungan anatar variabel, maka analisis regresi merupakan analisis lanjutan yang digunakan untuk memprediksikan seberapa jauh perubahan nilai suatu variabel apabila dilakukan manipulasi pada nilai variabel lai. Sehingga, analisis regresi dapat membantu dalam pembuatan keputusan apakah naik turunnya variabel dapat dilakukan dengan peningkatan atau penurunan variabel (Kurniawan dan Yuniarto, 2016).

### 2.12 Analisis Korelasi

Analisis korelasi merupakan suatu metode statistik untuk mengetahui derajat linier satu variabel dengan variabel lainnya (Usman dan Akbar, 2000:197). Ukuran statistik yang dapat menggambarkan hubungan antara suatu variabel lain, salah satunya adalah koefisien korelasi ( $r$ ). Koefisin korelasi dapat ditentukan dengan persamaan yaitu persamaan koefisien korelasi ( $r$ ) (Usman dan Akbar, 2000:203).

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

$r$ : koefisien korelasi antara variabel x dan variabel y (tanpa dimensi)



Nilai koefisien korelasi ( $r$ ) berkisar antara  $-1 \leq r \leq 1$ . Apabila dua variabel mempunyai nilai  $r = 0$ , berarti dua variabel tersebut tidak ada hubungan. Jika  $r$  bertanda plus (+) maka hubungan antara kedua variabel bersifat linier positif, sedangkan jika  $r$  bertanda minus (-) maka hubungan liniernya negatif (Usman dan Akbar, 2000:200). Interpretasi nilai koefisien korelasi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Interpretasi nilai koefisien korelasi

Koefisien korelasi ( $r$ )	Interpretasi
0	Tidak Berkorelasi
0,01 -0,20	Korelasi sangat rendah
0,21 – 0,40	Rendah
0,41 – 0,60	Agak Rendah
0,61 – 0,80	Cukup
0,81 – 0,99	Tinggi
1	Sangat Tinggi

Sumber : Usman dan Akbar (2000:201)

### 2.13 Analisis Varians Satu Arah

Analisis varians merupakan suatu uji perhitungan yang diterapkan untuk data yang dihasilkan oleh eksperimen yang dirancang pada variabel terkontrol. Tujuan analisis varians adalah untuk melokalisasi variabel-variabel bebas yang penting dalam suatu penelitian dan menentukan bagaimana mereka berinteraksi dan mempengaruhi respons. Analisis satu arah untuk menganalisis satu macam karakteristik dari populasi yang diambil dari sampel. Langkah pertama, menentukan uji hipotesisnya, yaitu :

Bila  $F$  hitung  $\geq F$  tabel dapat diinterpretasikan bahwa hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak. Hal ini berarti ada perbedaan nyata diantara kedua rerata sampel, ada pengaruh terhadap respons (Kholisah, 1994:74-75).

Hipotesis nol ( $H_0$ ):  $\mu_1 = \mu_2$ , tidak berbeda nyata.

Hipotesis alternatif ( $H_1$ ) :  $\mu_1 \neq \mu_2$ , ada perbedaan nyata

Penentuan  $F$  Tabel berdasarkan nilai  $\alpha$

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Energi, Otomatisasi dan Elektrifikasi (ENOTIN) dan Laboratorium Engineering Hasil Pertanian (EHP) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Juli – Agustus 2018.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

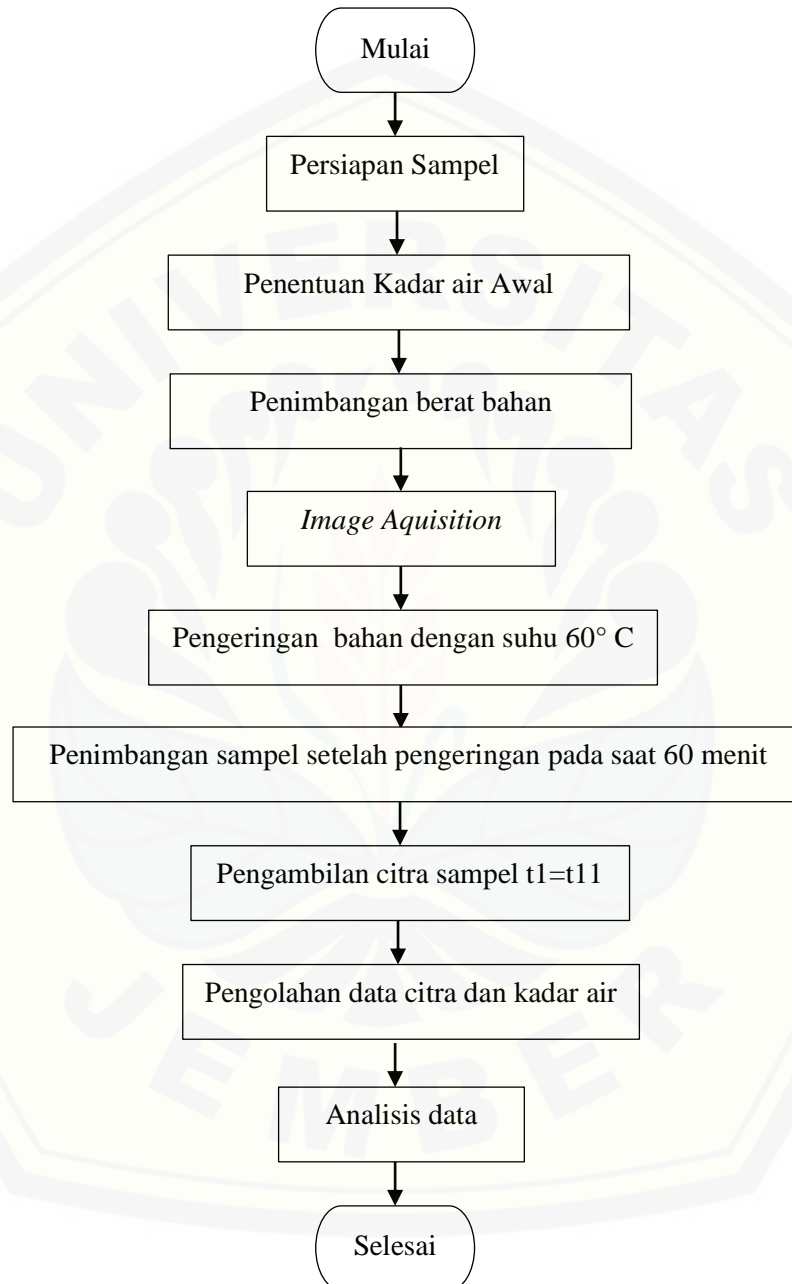
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Perangkat komputer (PC) sebagai perangkat keras pengolah data citra
- b. Kamera CCD digital DFK 31BUO4.H dari *The Image Processing Source* yang menggunakan standar perantara *USB* sebagai pengambil citra obyek;
- c. 4 buah lampu TL dengan daya 15 Watt (220 Volt);
- d. Seperangkat meja pengambil gambar;
- e. Software Csharp Develop 4.2; Software Paint Shop Pro; Software Microsoft Office Excel 2007;
- f. Timbangan Digital O'hauss Pioneer;
- g. Oven;
- h. Lengser alumunium;
- i. Penjepit sebagai alat bantu untuk menopang bahan saat pengambilan gambar.
- j. Kain biru sebagai *background*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan jahe gajah. Jahe yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari salah satu pasar tradisional di kawasan Jember.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan yang disajikan dalam diagram alir pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.3.1 Persiapan sampel

Sampel yang disiapkan yaitu irisan jahe gajah dengan ketebalan 8 mm, 10 mm dan 12 mm. Masing-masing sampel dibutuhkan 12 irisan jahe untuk setiap ulangan. Dilakukan hingga 3 kali pengulangan. Sampel yang digunakan harus sama dengan sampel yang digunakan pada penentuan lama pengeringan pada masing-masing suhu.

### 3.3.2 Penentuan Kadar Air Awal

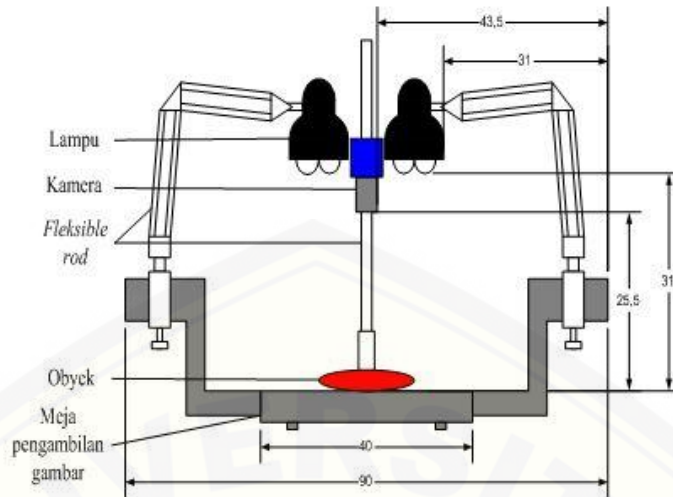
Pengukuran kadar air awal irisan jahe dilakukan dengan mengeringkan 3 sampel untuk setiap ketebalan dengan variasi ketebalan 8 mm, 10mm dan 12 mm dengan suhu 105 °C selama 19 jam, kemudian sampel didinginkan pada desikator dan ditimbang kemudian sampel dipanaskan lagi dalam oven selama 1 jam, kemudian didinginkan lagi dalam desikator dan ditimbang, perlakuan ini diulangi sampai tercapai berat konstan. Selisih antara berat awal dan berat akhir bahan merupakan berat air dalam bahan.

### 3.3.3 Penimbangan Massa Bahan

Pengukuran kadar air dilakukan dengan menimbang bahan menggunakan timbangan digital o'haus pioner. Sampel irisan jahe akan ditimbang dengan interval waktu setiap pengukuran 0, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540 dan 600 menit.

### 3.3.4 *Image Acquisting*

*Image acquisting* digunakan untuk mengatur kesesuaian gambar yang dihasilkan citra dengan penampakan bentuk asli jahe. Langkah-langkah metode image acquisting meliputi (i) penentuan jarak kamera dengan obyek; (ii) pengaturan posisi lampu; (iii) penentuan latar belakang yang baik dengan kain putih untuk mendapatkan hasil pengolahan citra terbaik. Gambar 3.1 merupakan gambar alat peraga citra.



Gambar 3.2 Alat peraga citra

### 3.3.5 Pengeringan Sampel

Pengeringan sampel dilakukan dengan menggunakan suhu 60 °C. Sampel akan dikeluarkan untuk ditimbang serta diambil citranya pada interval waktu 0, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540 dan 600 menit. Oven yang digunakan untuk mengeringkan bahan adalah oven laboratorium untuk pengeringan dan sterilisasi.

### 3.3.6 Penimbangan Massa Bahan

Pengukuran kadar air dilakukan dengan menimbang bahan menggunakan timbangan digital o'haus pioner. Sampel irisan jahe akan ditimbang dengan interval waktu setiap pengukuran 0, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540 dan 600 menit.

### 3.3.7 Pengambilan citra irisan jahe

Jahe gajah terlebih dahulu dikupas dan dibersihkan. Setelah dibersihkan, jahe diambil citranya menggunakan kamera CCD (*Charge Coupled Device*) dengan sistem pengolahan citra (*image processing*) dan berikut prosedur pengambilan citra jahe gajah:

1. Meletakkan sampel irisan jahe pada masing-masing perlakuan pada papan pengambilan gambar yang telah diberi background putih dengan menghadap arah vertikal ke kamera dengan bagian atas dan samping objek yang terekam;
2. Melakukan pengaturan konfigurasi citra pada program IC Capture 6.5 meliputi kecerahan kontras, kejenuhan warna dan corak warna;
3. Melakukan perekaman citra menggunakan kamera CCD 31BUO4H dan P;
4. Menyimpan hasil perekaman citra dalam bentuk file berekstensi bmp.

### 3.3.8 Pengolahan Data Citra dan Kadar Air

Pengolahan citra bertujuan melakukan analisa citra untuk mengukur variabel berupa area, diameter, panjang dan warna. Berikut prosedur ekstraksi citra.

- a. Melakukan proses segmentasi obyek dengan background untuk mendapatkan citra biner, obyek akan diubah menjadi putih dan background kan diubah menjadi hitam. Seluruh piksel berwarna biru akan dihitung untuk mendapatkan nilai area.
- b. Perhitungan tinggi irisan jahe didapatkan dengan menentukan ordinat (y) paling atas dan ordinat (y) paling bawah kemudian dihitung jarak antar keduanya dengan menjumlahkan piksel diantara keduanya. Perhitungan lebar irisan jahe didapatkan dengan menentukan ordinat (x) paling kiri dan ordinat (x) paling kanan kemudian dihitung jarak antar keduanya dengan menjumlah piksel diantara keduanya.
- c. Menentukan nilai  $r$ ,  $g$ , dan  $b$  dari nilai rata-rata indeks warna merah, indeks warna hijau dan indeks warna biru pada obyek.

### 3.3.9 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis regresi, analisis korelasi dan uji anova, berikut ini penjelasan mengenai analisis data yang akan digunakan.

#### 1. Analisis regresi

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat (y) dan variabel bebas (x). Pada penelitian ini variabel terikat (ketebalan dan

parameter citra) dan variabel bebas (waktu yang digunakan selama proses pengeringan).

2. Analisis korelasi

Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan dua variabel yang datanya kuantitatif dari pengujian akan dihasilkan data yang kualitatif, korelasi bertujuan untuk menentukan hubungan linier antara dua variabel bebas. Tingkat korelasi dan kekuatan hubungan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

3. Analisis varians satu arah

Analisis varians satu arah dapat digunakan untuk mengetahui uji beda setiap sampel ataupun uji beda rata-rata perkelompok dari sejumlah sampel dengan jumlah data yang sama pada tiap-tiap kelompok sampel, atau dengan jumlah data yang berbeda. Uji Anova yang dilakukan yaitu menghubungkan tiap variabel terikat (ketebalan dan parameter citra) dan variabel bebas (waktu yang digunakan selama proses pengeringan) dengan analisis varians satu arah menggunakan software *Ms. Excel*. Bila  $F$  hitung  $\geq F$  Tabel dapat diinterpretasikan bahwa hipotesis nol ditolak. Hal ini berarti ada perbedaan nyata diantara kedua rerata sampel, ada pengaruh terhadap respons.

$H_0$  = Tidak ada pengaruh yang nyata dari perlakuan ketebalan irisan.

$H_1$  = Terdapat pengaruh nyata dari perlakuan ketebalan irisan.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Variabel citra area, tinggi, lebar, perimeter, *red*, *green* dan *blue* dapat digunakan untuk mengukur perubahan geometri dan warna irisan jahe gajah.
- b. Hubungan kadar air dan variabel citra area terbaik adalah pada ketebalan 8 mm dengan  $R^2 = 0,9838$ . Hubungan kadar air dan variabel citra tinggi terbaik adalah pada ketebalan 8 mm dengan  $R^2 = 0,9889$ . Hubungan kadar air dan variabel citra lebar terbaik adalah pada ketebalan 12 mm dengan  $R^2 = 0,9960$ . Hubungan kadar air dan variabel citra ketebalan terbaik adalah pada ketebalan 12 mm dengan  $R^2 = 0,9121$ . Hubungan kadar air dan variabel citra perimeter terbaik adalah pada ketebalan 10 mm dengan  $R^2 = 0,9482$ . Hubungan kadar air dan variabel citra indeks warna *blue* terbaik adalah pada ketebalan 8 mm dengan  $R^2 = 0,9420$ . Hubungan kadar air dan variabel citra indeks warna *green* terbaik adalah pada ketebalan 12 mm dengan  $R^2 = 0,9395$ . Hubungan kadar air dan variabel citra indeks warna *red* terbaik adalah pada ketebalan 12 mm dengan  $R^2 = 0,9572$ . Sehingga hubungan kadar air dan variabel citra area, tinggi, lebar, perimeter, *blue*, *green*, dan *red* menunjukkan nilai  $R^2 = 0,81 - 0,99$ .
- c. Perlakuan ketebalan tidak berpengaruh terhadap perubahan variabel citra area, tinggi, lebar, perimeter, *red*, dan *blue*, namun perlakuan ketebalan pada variabel citra *green* menunjukkan hasil yang beda nyata.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk mengembangkan penelitian ini:

- a. Perlu dilakukan pengambilan data pada interval waktu yang lebih pendek untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat
- b. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan perlakuan suhu untuk mendapatkan informasi lain terkait penelitian ini.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Ahmad, U. 2005. *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta; Graha Ilmu.
- Anton, Irawan, 2011. *Modul Laboratorium Pengeringan*. Sultan Ageng Tirtayasa Press.
- Effendi, S. 2009. *Teknologi pengolahan dan pengawetan pangan*. Bandung : Alfabeta
- Hasibuan, R. 2004. *Mekanisme Pengeringan*. Medan; USU Digital Library.
- Kholisah, L. 1994. *Statistika dan Probabilitas*. Jakarta: Gunadarma.
- Kurniawan R, dan B. Yuniarto . 2016. *Analisis Regresi Dasar dan Penerapannya dengan R*. Jakarta. Kencana
- Munir, R. 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung; Informatika Bandung.
- Murhananto, F. B. 1991. *Budidaya, Pengolahan, Perdagangan Jahe*. Edisi Revisi. Penebar Swadaya
- Rukmana, R. 2000. *Usaha tani jahe*. Yogyakarta:Kasinius
- Sembiring, 2005. *Ekstraksi Tanaman Kunyit, Temulawak, Pegagan, Mengkudu, Jahe dan Cabe Jawa*. Bogor; Teknologi penyiapan bahan baku tanaman obat terstandar untuk produk obat bahan alam (OBA).
- Setyaningrum HD, dan C. Saparinto . 2013. *Jahe*. Jakarta. Penebar swadaya.
- Suyono. 2018. *Analisis Regresi untuk Penelitian*. Yogyakarta. Deepublish.
- Siregar, S. 2015. *Statistika Terapan Untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta; Prenadamedia Group.
- Soedibyo, D. W. 2006. *Pengembangan Algoritma Pemutuan Edamame (Glycine Max L.) dengan Menggunakan Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan*. Tidak Diterbitkan. Tesis. Bogor; Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Supangat, A. 2007. *Statistika; Dalam Kajian Deskriptif, Inferensi, dan Nonparametrik*. Jakarta; Kencana Prenada Media Group.