



**KAJIAN MUTU BELIMBING MANIS (*Averrhoa carambola* L.) PADA
VARIASI MASA SIMPAN DENGAN PENGOLAHAN CITRA
DIGITAL BERDASARKAN SIFAT FISIK DAN KIMIA**

SKRIPSI

Oleh

**Mustika Ratnawati Faizzah
NIM 141710201069**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**KAJIAN MUTU BELIMBING MANIS (*Averrhoa carambola* L.) PADA
VARIASI MASA SIMPAN DENGAN PENGOLAHAN CITRA
DIGITAL BERDASARKAN SIFAT FISIK DAN KIMIA**

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

Mustika Ratnawati Faizzah
NIM 141710201069

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih saya yang tidak terkira kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibunda Agustina Esty W., S.Pd. dan Ayahanda Setyo Budi W., S.Pd., M.M., M.Pd. yang tercinta serta kakak tersayang Abdillah Irsyad El Nur, S.T.
2. Guru-guru saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
4. Keluarga besar PPM Syafi'ur Rohman Jember

MOTTO

“Wahai orang-orang yang beriman, jika kamu menolong agama Allah, niscaya Dia akan menolong mu dan meneguhkan kedudukan mu.”

(Terjemahan Al-Quran Surat Muhammad ayat 7) *)

“Orang besar bukanlah orang yang otaknya sempurna, tetapi orang yang mengambil sebaik-baiknya dari otak yang tidak sempurna.”

(Nabi Muhammad S.A.W.) **)

Bahwa kau tidak akan selesai jika kau tidak memulai adalah sesuatu hal yang jelas. Bagian paling sulit dari pekerjaan apapun adalah memulai. ***)

Belajarlah mengucap syukur dari hal-hal baik di hidupmu dan belajarlah menjadi pribadi yang kuat dengan hal-hal buruk di hidup mu.”

(Prof. Dr. Bacharuddin Jusuf Habibie) **)**

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al-Quran dan Terjemahannya. Semarang: PT.Kumudasmoro Grafindo.

***) Napoleon Hill dalam Inayati, R. 2011. *365 Hari Penuh Inspirasi Bersama Napoleon Hill (Terjemahan, Judul Asli: 365 Days of Inspiration Napoleon Hill)*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Mustika Ratnawati Faizzah

NIM : 141710201069

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Kajian Mutu Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.) pada Variasi Masa Simpan dengan Pengolahan Citra Digital berdasarkan Sifat Fisik dan Kimia” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, 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, Agustus 2018

Yang menyatakan,

Mustika Ratnawati Faizzah

NIM 141710201069

SKRIPSI

**KAJIAN MUTU BELIMBING MANIS (*Averrhoa carambola* L.) PADA
VARIASI MASA SIMPAN DENGAN PENGOLAHAN CITRA
DIGITAL BERDASARKAN SIFAT FISIK DAN KIMIA**

Oleh

Mustika Ratnawati Faizzah

NIM 141710201069

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.T.P., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dian Purbasari, S.Pi., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kajian Mutu Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.) pada Variasi Masa Simpan dengan Pengolahan Citra Digital berdasarkan Sifat Fisik dan Kimia” karya Mustika Ratnawati Faizzah telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Senin, 06 Agustus 2018

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

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

NIP 197407071999031001

Dian Purbasari S.Pi.M.Si.

NIP 760016795

Tim Penguji:

Ketua

Anggota

Ir. Setiyo Harri, M. S.

NIP 195309241983031001

Ahmad Nafi, S.T.P., M.P.

NIP 197804032003121003

Mengesahkan

Dekan,

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

NIP 196809231994031009

RINGKASAN

Kajian Mutu Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.) pada Variasi Masa Simpan dengan Pengolahan Citra Digital berdasarkan Sifat Fisik dan Kimia; Mustika Ratnawati Faizzah, 141710201069; 2018: 79 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Buah belimbing manis memiliki potensi ekonomi cukup tinggi dalam perdagangan buah dunia. Proses menentukan batas antara stadium tua dan muda buah belimbing manis sukar ditentukan, sehingga seringkali penentuan kematangan bersifat subjektif. Hal ini dapat menghasilkan produk yang kurang baik karena keragaman visual manusia, faktor kelelahan, dan perbedaan persepsi tentang mutu dari produk yang bersangkutan. Teknik pengolahan citra digital adalah salah satu metode menggunakan visual berdasarkan sensor elektro-optika yang mempunyai kemampuan lebih peka, tepat dan lebih objektif dibandingkan dengan kemampuan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis; (2) hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis terhadap masa simpan buah; (3) menghasilkan program pengolahan citra untuk pendugaan masa simpan buah belimbing manis.

Penelitian dilaksanakan dengan menguji 148 buah belimbing manis dari kebun di daerah Wuluhan dengan variasi masa simpan (0 hari, 4 hari, 8 hari, dan 12 hari). Perlakuan nondestruktif berjumlah 128 buah dan dilakukan pengambilan citra menggunakan *software IC capture* lalu dilakukan ekstraksi citra dengan bahasa pemrograman C# dari *SharpDevelop*. Hasil ekstraksi berupa nilai area, tinggi, lebar, perimeter, dan indeks warna (r , g , dan b).

Perlakuan destruktif meliputi berat, kekerasan, total padatan terlarut dan derajat keasaman pada objek yang berjumlah 20 buah. Data hasil pengukuran kemudian ditabulasikan pada *MS Excel* dan dilakukan uji statistik lalu disajikan dengan grafik *boxplot*. Hubungan antara variabel citra dengan sifat fisik ditentukan dengan analisis korelasi linier. Nilai pendugaan masa simpan pada program

menggunakan kalimat logika yang diketahui dari hasil *boxplot*. Akurasi program diuji dengan tabel *confussion matrix*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama masa simpan buah belimbing manis maka nilai variabel area, tinggi, lebar, perimeter, indeks warna *green* dan *blue* mengalami penurunan dan nilai kekerasan, total padatan terlarut serta derajat keasaman mengalami kenaikan. Nilai variabel mutu citra tinggi dan perimeter memiliki hubungan paling erat dengan nilai variabel sifat kimia derajat keasaman sebesar $r=0,9996$. Nilai variabel indeks warna *red* memiliki hubungan paling erat dengan nilai variabel sifat kimia total padatan terlarut sebesar $r=0,9717$. Variabel mutu citra yang dapat digunakan untuk menentukan kalimat logika yaitu indeks warna *red*. Hasil akurasi program sebesar 83,8% menunjukkan bahwa program dapat menduga masa simpan buah belimbing manis 83,8% dari 40 buah data uji dengan benar.

SUMMARY

The Study of Sweet Carambola (*Averrhoa carambola* L.) Quality on Shelf Time Variation with Digital Image Processing based on Physical and Chemical Properties; Mustika Ratnawati Faizzah, 141710201069; 2018: 79 pages; Department of Agricultural Engineering; Faculty of Agricultural Technology; Jember University.

Sweet carambola is having high economic potential in fruit trade. The application of technological aspects in sorting process of sweet carambola is very important to get appropriate results as the market quality standards. The process of determining the old and young sweet carambola is difficult. Thus, the maturity often determined subjectively. This may produce a poor product because the diversity of human visual, fatigue factors, and differences of perceptions about the quality of the product. Digital image processing technique is one of methods which use visual inspectibgv on based on electro-optical sensors. It has more sensitive ability, precise and more objective than human capabilities. This study aimed to determine: (1) the relationship between image quality variable with physical and chemical properties of sweet carambola; (2) the relationship between image quality variable with physical and chemical properties of sweet carambola to the shelf time; (3) produce image processing program to estimate the shelf time of sweet carambola.

This study conducted by testing 148 sweet carambolas from a garden in Wuluhan that has variety of shelf time (0 days, 4 days, 8 days, and 12 days). Non-destructive treatment applied to 128 carambolas. Those carambolas were identified used IC capture software and did image extraction with C# programming language from SharpDevelop. The extraction results were area, height, width, perimeter, and color index (r, g, and b).

The destructive treatment includes weight, hardness, total dissolved solids and acidity degree applied on 20 objects. The result data was tabulated in MS Excel and statistical tests which was presented with a boxplot graph. The relationship between image variables and physical properties was determined by linear correlation analysis. The estimated value of the shelf time in the program used logical sentences that were known from the boxplot results. The program accuracy was tested using table of confusion matrix.

The results showed that the longer the shelf time of sweet carambola the value of variable area, height, width, perimeter, green and blue color index were decreased, but for the hardness value, total dissolved solids and acidity degree were increased. The value of high and perimeter variables had close relationship with the value of acidity degree was produced correlation coefficient (r) = 0.9996. The red color index variables had close relationship with the total variable value of chemical properties with soluble solids with r = 0.9717. The Image quality variable that can be used to determine logical sentence was red color index. The result of the program accuracy was 83.8%. It indicated that the program can estimate the shelf time of sweet carambola 83.8% from 40 pieces tested data.

PRAKATA

Puji Syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Kajian Mutu Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.) pada Variasi Masa Simpan dengan Pengolahan Citra Digital berdasarkan Sifat Fisik dan Kimia”. 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.T.P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Dian Purbasari, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Ir. Setiyo Harri, M.S. selaku Ketua Penguji yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam skripsi ini;
4. Ahmad Nafi, S.T.P., M.P. selaku Penguji Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam skripsi ini;
5. Askin, S.TP., M.M.T. sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
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 lainnya;

8. Kedua orang tua saya, Ayahanda Setyo Budi Winarno, S.Pd., M.M., M.Pd. dan Ibunda Agustina Esty W., S.Pd. tercinta yang selalu memberikan semangat dan doa setiap waktu;
9. Teman-teman satu tim penelitian citra digital 2014 Terimakasih bantuan dan kerjasamanya;
10. Teman-temanku TEP-C dan teman seangkatan 2014 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terimakasih atas nasehat serta motivasinya;
11. Seluruh pengurus, dewan guru dan rekan seperjuangan di PPM Syafi'urrahman khususnya angkatan 2014 yang telah memberi nasehat, motivasi dan semangat;
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik 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.

Jember, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Buah Belimbing Manis	4
2.2 Standar Mutu Buah Belimbing Manis	4
2.3 Pengolahan Citra	5
2.4 Segmentasi Citra	5
2.4.1 Area	5
2.4.2 Perimeter	6
2.4.3 Faktor Warna.....	6
2.5 Pengukuran Sifat Fisik dan Kimia Buah Belimbing Manis	6
2.5.1 Pengukuran Berat Buah Belimbing Manis	6
2.5.2 Pengukuran Kekerasan Buah Belimbing Manis	6

2.5.3 Pengukuran Total Padatan Terlarut Buah Belimbing Manis	7
2.5.4 Pengukuran Derajat Keasaman Buah Belimbing Manis.....	7
2.6 Analisis Data	7
2.6.1 <i>Analysis of Variance (ANOVA)</i>	7
2.6.2 Analisis Boxplot	8
2.6.3 Analisis Korelasi Linier	8
2.6.4 Analisis Regresi.....	9
2.6.5 Validasi <i>Confussion Matrix</i>	10
2.7 Penelitian Terkait	11
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3 Tahapan Penelitian	12
3.3.1 Sortasi Awal Sampel Buah Belimbing Manis	13
3.3.2 <i>Image Aquisition</i>	13
3.3.3 Sortasi dan Pembagian Sampel Buah Belimbing Manis	14
3.3.4 Pengambilan Citra Seluruh Sampel Buah Belimbing Manis.....	14
3.3.5 Pengukuran Sifat Fisik dan Kimia Buah Belimbing Manis.....	14
3.3.6 Ekstraksi Variabel Citra Buah Belimbing Manis	16
3.3.7 Analisis Data.....	16
3.3.8 Penyusunan Kalimat Logika.....	17
3.3.9 Validasi Program	17
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Program Pengolahan Citra Buah Belimbing Manis	18
4.2 Penentuan Nilai Batas (<i>Threshold</i>) Segmentasi	20
4.3 Ekstraksi Citra Buah Belimbing Manis	22
4.4 Hubungan Variabel Mutu Citra terhadap Masa Simpan Buah	22
4.4.1 Area Buah Belimbing Manis	22
4.4.2 Tinggi Buah Belimbing Manis	24
4.4.3 Lebar Buah Belimbing Manis	26
4.4.4 Perimeter Buah Belimbing Manis	28

4.4.5 Indeks Warna <i>Red</i> Buah Belimbing Manis	30
4.4.6 Indeks Warna <i>Green</i> Buah Belimbing Manis	32
4.4.7 Indeks Warna <i>Blue</i> Buah Belimbing Manis	34
4.5 Hubungan Variabel Mutu Citra terhadap Masa Simpan Buah	35
4.5.1 Berat Buah Belimbing Manis	36
4.5.2 Kekerasan Buah Belimbing Manis	37
4.5.3 Total Padatan Terlarut Buah Belimbing Manis	39
4.5.4 Derajat Keasaman Buah Belimbing Manis.....	40
4.6 Analisis Hubungan Variabel Sifat Fisik dan Kimia Buah Belimbing Manis dengan Variabel Mutu Citra.....	42
4.6.1 Korelasi Berat Buah dengan Variabel Mutu Citra.....	42
4.6.2 Korelasi Kekerasan Buah dengan Variabel Mutu Citra.....	47
4.6.3 Korelasi Derajat Keasaman Buah dengan Variabel Mutu Citra..	52
4.6.4 Korelasi Total Padatan Terlarut Buah dengan Variabel Mutu Citra	55
4.7 Penentuan Kalimat Logika Pendugaan Masa Simpan Buah Belimbing Manis.....	59
4.8 Integrasi Sifat Fisik dan Kimia Pada Program berdasarkan Masa Simpan	60
4.8.1 Regresi Berat Buah berdasarkan Masa Simpan Buah Belimbing Manis.....	61
4.8.2 Regresi Total Padatan Terlarut Buah berdasarkan Masa Simpan Buah Belimbing Manis	62
4.8.3 Regresi Kekerasan Buah berdasarkan Masa Simpan Buah Belimbing Manis	63
4.8.4 Regresi Derajat Keasaman Buah berdasarkan Masa Simpan Buah Belimbing Manis	64
4.9 Validasi Program Pendugaan Masa Simpan Buah Belimbing Manis	65
BAB 5. PENUTUP	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kode ukuran buah berdasarkan bobot.....	5
2.2 Tingkat korelasi dan kekuatan hubungan	9
2.3 Penggambaran confusion matrix dan persamaan komponen pada setiap kolom dan baris	10
4.1 Sebaran nilai <i>red</i> , <i>green</i> , dan <i>blue</i> pada objek dan <i>background</i> citra	20
4.2 Hasil analisis statistik variabel mutu citra area	23
4.3 Hasil uji anova satu arah variabel mutu citra area	24
4.4 Hasil analisis statistik variabel mutu citra tinggi	25
4.5 Hasil uji anova satu arah variabel mutu citra tinggi.....	26
4.6 Hasil analisis statistik variabel mutu citra lebar.....	27
4.7 Hasil uji anova satu arah variabel mutu citra lebar	28
4.8 Hasil analisis statistik variabel mutu citra perimeter	29
4.9 Hasil uji anova satu arah variabel mutu citra perimeter.....	30
4.10 Hasil analisis statistik variabel indeks warna <i>red</i>	31
4.11 Hasil uji anova satu arah variabel indeks warna <i>red</i>	32
4.12 Hasil analisis statistik variabel indeks warna <i>green</i>	32
4.13 Hasil uji anova satu arah variabel indeks warna <i>green</i>	33
4.14 Hasil analisis statistik variabel indeks warna <i>blue</i>	34
4.15 Hasil uji anova satu arah variabel indeks warna <i>blue</i>	35
4.16 Hasil analisis statistik variabel fisik berat	36
4.17 Hasil uji anova satu arah variabel fisik berat	37
4.18 Hasil analisis statistik variabel fisik kekerasan.....	37
4.19 Hasil uji anova satu arah variabel fisik kekerasan	38
4.20 Hasil analisis statistik variabel kimia total padatan terlarut.....	39
4.21 Hasil uji anova satu arah variabel kimia total padatan terlarut	40
4.22 Hasil analisis statistik variabel kimia derajat keasaman	41
4.23 Hasil uji anova satu arah variabel kimia derajat keasaman.....	41
4.24 Nilai korelasi berat buah dengan variabel mutu citra.....	42

4.25 Nilai korelasi kekerasan buah dengan variabel mutu citra.....	47
4.26 Nilai korelasi derajat keasaman buah dengan variabel mutu citra.....	52
4.27 Nilai korelasi total padatan terlarut buah dengan variabel mutu citra	56
4.28 Batas nilai input variabel mutu citra	60
4.29 <i>Confussion matrix</i> validasi program pendugaan masa simpan buah	65



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Chart boxplot.....	8
3.1 Diagram alir tahapan penelitian	13
4.1 Hasil rekam citra buah belimbing manis	18
4.2 Tampilan program pengolahan citra digital	19
4.3 Tampilan file text hasil pengolahan citra digital	20
4.4 Grafik sebaran nilai RGB pada objek dan background citra.....	21
4.5 Grafik boxplot variabel mutu citra area	23
4.6 Grafik boxplot variabel mutu citra tinggi.....	25
4.7 Grafik boxplot variabel mutu citra lebar	27
4.8 Grafik boxplot variabel mutu citra perimeter.....	29
4.9 Grafik boxplot variabel mutu citra <i>red</i>	31
4.10 Grafik boxplot variabel mutu citra <i>green</i>	33
4.11 Grafik boxplot variabel mutu citra <i>blue</i>	34
4.12 Grafik boxplot variabel berat buah	36
4.13 Grafik boxplot variabel kekerasan buah	38
4.14 Grafik boxplot variabel total padatan terlarut buah	39
4.15 Grafik boxplot variabel derajat keasaman buah.....	41
4.16 Grafik hubungan antara berat buah dengan masa simpan dan variabel mutu citra area.....	43
4.17 Grafik hubungan antara berat buah dengan variabel mutu citra lebar dan tinggi	44
4.18 Grafik hubungan antara berat buah dengan variabel mutu citra perimeter dan indeks warna <i>red</i>	45
4.19 Grafik hubungan antara berat buah dengan variabel indeks warna <i>green</i> dan indeks warna <i>blue</i>	46
4.20 Grafik hubungan antara kekerasan buah dengan masa simpan dan variabel mutu citra area.....	48
4.21 Grafik hubungan antara kekerasan buah dengan variabel mutu citra lebar dan tinggi	49
4.22 Grafik hubungan antara kekerasan buah dengan variabel mutu citra perimeter dan indeks warna <i>red</i>	50
4.23 Grafik hubungan antara kekerasan buah dengan variabel indeks warna	

<i>green</i> dan indeks warna <i>blue</i>	51
4.24 Grafik hubungan antara derajat keasaman buah dengan masa simpan dan variabel murtu citra area	52
4.25 Grafik hubungan antara derajat keasaman buah dengan variabel mutu citra lebar dan tinggi	53
4.26 Grafik hubungan antara derajat keasaman buah dengan variabel mutu citra perimeter dan indeks warna <i>red</i>	54
4.27 Grafik hubungan antara derajat keasaman buah dengan variabel indeks warna <i>green</i> dan indeks warna <i>blue</i>	55
4.28 Grafik hubungan antara total padatan terlarut buah dengan masa simpan dan variabel murtu citra area.....	56
4.29 Grafik hubungan antara total padatan terlarut buah dengan variabel mutu citra lebar dan tinggi	57
4.30 Grafik hubungan antara total padatan terlarut buah dengan variabel mutu citra perimeter dan indeks warna <i>red</i>	58
4.31 Grafik hubungan antara total padatan terlarut buah dengan variabel indeks warna <i>green</i> dan indeks warna <i>blue</i>	59
4.32 Tampilan program pendugaan masa simpan buah belimbing manis	60
4.33 Regresi berat buah berdasarkan masa simpan buah belimbing manis	61
4.34 Regresi kekerasan buah berdasarkan masa simpan buah belimbing manis ..	62
4.35 Regresi total padatan terlarut buah berdasarkan masa simpan buah belimbing manis.....	63
4.36 Regresi derajat keasaman terlarut buah berdasarkan masa simpan buah belimbing manis.....	64
4.37 Tampilan program pendugaan sifat fisik dan kimia berdasarkan masa simpan buah belimbing manis	65

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A.	69
A.1a Hasil ekstraksi citra area tinggi, lebar, perimeter, indeks warna <i>red</i> , indeks warna <i>green</i> , indeks warna <i>blue</i>	69
A.1b Hasil ekstraksi citra indeks warna <i>red</i> , indeks warna <i>green</i> , indeks warna <i>blue</i>	72
LAMPIRAN B. Hasil pengukuran sifat fisik dan kimia berat, kekerasan, total padatan terlarut, dan derajat keasaman	75
LAMPIRAN C. DOKUMENTASI	78

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi besar dalam bidang pertanian. Produksi pertanian yang cukup besar adalah buah-buahan. Salah satunya adalah buah belimbing manis. Total produksi buah belimbing manis di Indonesia terus meningkat, yaitu 69 ton pada tahun 2009 menjadi 91,8 ton pada tahun 2014 (BPS, 2014:82). Khususnya di daerah Jember total produksi buah belimbing manis mencapai 1,9 ton per tahun (JIC, 2014). Buah belimbing manis memiliki potensi ekonomi cukup tinggi dalam perdagangan buah dunia. Penerapan aspek teknologi sangat penting untuk mendapatkan hasil belimbing manis yang sesuai dengan standar mutu yang diinginkan pasar. Khususnya pada proses pascapanen belimbing manis perlu penanganan lebih lanjut, terutama bila jumlahnya melimpah.

Penanganan pascapanen buah belimbing manis meliputi tahap-tahap antara lain pengumpulan, pewadahan, pembersihan, seleksi buah, pengklasifikasian, pembungkusan buah, pengemasan, dan penyimpanan. Proses seleksi dan pengklasifikasian buah merupakan tahap proses yang sangat penting karena menentukan layak tidaknya buah tersebut masuk pasaran. Sistem sortasi dan *grading* pada buah belimbing manis berguna bagi penjual dan sekaligus konsumen.

Menurut Pantastico (1975) buah-buahan mempunyai variasi mutu yang besar sehingga *grading* yang dilakukan secara manual tidak mencukupi untuk memilah-milah hasil dalam kelompok yang memiliki ukuran seragam. Sortasi dan *grading* secara manual akan menghasilkan produk yang beragam karena keragaman visual manusia, tingkat kelelahan, dan perbedaan persepsi tentang mutu buah. Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan suatu metode atau teknik untuk dapat mensortasi kematangan buah belimbing manis pasca panen secara efektif dan efisien. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan pengolahan citra (*image processing*).

Susanti (1996) menguji metoda pengolahan citra untuk mendeteksi ketimunan Jepang berdasarkan warna dan ukuran. Hasil pengujian diperoleh bahwa luas

proyeksi ketimun Jepang mempunyai hubungan linier dengan berat ketimun Jepang dengan koefisien determinasi 0,98. Komponen yang digunakan sebagai perimeter untuk membedakan warna adalah komponen warna hijau. Dari nilai rata-rata ukuran terdapat perbedaan antara umur petik yaitu untuk diameter pada umur petik 6 hari, 7 hari dan 8 hari adalah 2.60 cm, 3.20 cm, dan 3.64 cm. Ukuran panjang berturut-turut untuk umur petik 6 hari, 7 hari dan 8 hari adalah 15.50 cm, 18.28 cm, dan 20.48 cm. Klasifikasi berdasarkan ukuran panjang memiliki nilai ketepatan 93% lebih besar daripada nilai ketepatan berdasarkan diameter yaitu 87%.

Menurut Ahmad (2005:17), teknik pengolahan citra digital adalah salah satu metode menggunakan visual berdasarkan sensor elektro-optika yang mempunyai kemampuan lebih peka, tepat dan lebih objektif dibandingkan dengan kemampuan manusia. Pengolahan berbasis *software* ini dapat menentukan variabel mutu citra digital meliputi warna (*red, green, blue*), tinggi, lebar dan area berdasarkan sifat visual buah belimbing manis untuk menduga masa simpan buah. Berdasarkan uraian di tersebut, diperlukan penelitian yang mengkaji hubungan masa simpan buah belimbing manis dengan menggunakan variabel pengolahan citra digital serta variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel sifat fisik dan kimia belimbing manis?
2. Bagaimana hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis terhadap masa simpan buah?
3. Bagaimana proses pembuatan program pendugaan masa simpan buah belimbing manis dengan pengolahan citra?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis.
2. Mengetahui hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis terhadap masa simpan buah.
3. Membuat program pengolahan citra untuk pendugaan masa simpan buah belimbing manis.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat mengetahui hubungan antara variabel citra dengan variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis berdasarkan variasi masa simpan buah serta menghasilkan program yang bisa mengklasifikasi buah belimbing manis berdasarkan masa simpan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Belimbing Manis

Menurut Rahmat (1996) menjelaskan mengenai pengklasifikasian belimbing dalam dunia tumbuh-tumbuhan sebagai berikut.

- Kingdom : *Plantae*
- Divisi : *Spermatophyta*
- Sub Divisi : *Angiospermae*
- Kelas : *Dicotyledonae*
- Ordo : *Oxilidales*
- Family : *Oxilidaceae*
- Genus : *Averrhoa*
- Species : *Averrhoa carambola* L.

Menurut BAPPEDA (2000) masa panen (petik) buah belimbing manis sangat dipengaruhi oleh letak geografis penanaman, yaitu faktor lingkungan dan iklim. Di dataran rendah yang tipe iklimnya basah, masa petik buah belimbing manis sekitar 35-60 hari setelah pembungkusan buah atau 65-90 hari setelah bunga mekar. Belimbing manis salah satu produk hortikultura unggulan yang terkenal sebagai sumber vitamin C dan serat, namun memiliki masa simpan yang pendek.

2.2 Standar Mutu Buah Belimbing Manis

Buah belimbing manis memiliki standar mutu yang harus dipenuhi agar dapat dikonsumsi dan dipasarkan. Berdasarkan SNI Belimbing 4491:2009, buah belimbing manis segar utuh adalah buah belimbing yang berbentuk sempurna, tidak memar, keadaan fisik buah yang tidak menunjukkan keriput akibat berkurangnya kandungan air, buah tidak busuk atau rusak.

Berdasarkan SNI Belimbing nomor 4491:2009, warna buah harus menunjukkan ciri varietas dan atau tipe komersial serta lokasi tanam. Padatan terlarut total daging buah minimum 7.5%. Belimbing digolongkan dalam 3 (tiga) kelas mutu yaitu kelas super; kelas A; kelas B; dan kelas C. Kode ukuran ditentukan berdasarkan bobot seperti tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Kode ukuran berdasarkan bobot

Kode (Ukuran)	Bobot (gram)
1	>330
2	251-330
3	201-250
4	100-200

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2009)

2.3 Pengolahan Citra

Menurut Ahmad (2005:2) citra merupakan hasil proyeksi dua-dimensi dari obyek atau benda tiga-dimensi sehingga informasi tidak bisa didapat begitu saja melainkan harus diperbaiki. Karena ada bagian informasi yang hilang setelah benda diproyeksikan ke dalam citra.

Teknik pengolahan citra digital salah satu metode yang cukup potensial digunakan untuk pengukuran, pengujian dan klasifikasi suatu bahan secara otomatis, objektif dan konsisten dengan kapasitas besar dan tidak memerlukan banyak tenaga kerja. Teknik pengolahan citra ini mampu untuk menganalisa penampilan suatu bahan berdasarkan ukuran, warna dan bentuk (Soedibyo, 2012: 2-3).

2.4 Segmentasi Citra

Menurut Ahmad (2005:85) segmentasi citra adalah proses memisahkan antara area citra dengan latar belakang. Segmentasi citra juga dilakukan berdasarkan sifat tertentu citra beberapa daerah yang dapat dijadikan pembeda. Daerah merupakan bagian dari citra dan segmentasi merupakan pengelompokan piksel-piksel dalam suatu citra menjadi beberapa daerah. Hasil dari segmentasi citra adalah abu-abu melalui operasi binerisasi. Perhitungan citra biner yaitu meliputi area, perimeter, faktor, bentuk, dan warna seperti penjelasan berikut ini.

2.4.1 Area

Area merupakan jumlah piksel-piksel penyusun objek yang membentuk suatu luasan. Area dapat mencerminkan ukuran atau berat objek. Area dapat difungsikan untuk mengukur berat objek sesungguhnya (benda-benda pejal). (Ahmad, 2005:147).

2.4.2 Perimeter

Perimeter adalah bagian terluar dari objek yang bersebelahan dengan piksel-piksel latar belakang. Nilai perimeter suatu objek dapat dicari dengan menghitung jumlah piksel yang berada di perbatasan objek tersebut (Ahmad, 2005:147).

2.4.3 Faktor Warna

Pengolahan warna menggunakan model RGB (*red, green, blue*) didapat melalui pembacaan suatu piksel sehingga mempunyai arti. Menafsirkan hasil perhitungan warna dengan cara melakukan normalisasi terhadap ketiga warna komponen tersebut.

2.5 Analisis Sifat Fisik dan Kimia Buah Belimbing Manis

Indeks fisik masa simpan buah belimbing manis yang dapat digunakan untuk mengetahui lama masa simpan buah belimbing manis sebagai berikut.

2.5.1 Berat Buah Belimbing Manis

Pohon belimbing manis berbuah setelah tanaman bermasa satu tahun sejak okulasi kemudian dipanen untuk pertama kalinya. Menurut Pantastico (1993:68) berat buah akan mengalami penambahan. Pada saat masak beratnya dapat bertahan 2-4 hari setelah itu akan mengalami penurunan. Bobot buah belimbing manis bisa mencapai lebih dari 300 gram (dalam 1 kg berisi 3 buah) dan warna buah oranye jika telah matang (Tim Penulis PS 2001).

2.5.2 Kekerasan Buah Belimbing Manis

Kekerasan buah merupakan daya tahan buah terhadap perubahan bentuk buah. Menurut Pantastico (1993:68) pelunakan buah disebabkan oleh perubahan selulosa dan hemiselulosa dalam kulit yang dirubah menjadi zat pati yang diuraikan menjadi gula. Selain itu juga disebabkan oleh perubahan kandungan gula dalam daging buah yang meningkat dengan lebih cepat karena adanya tekanan osmotik. Daging buah menyerap air dari kulit. Apabila zat gula pada daging buah semakin banyak maka buah akan menjadi lebih lunak. Pengujian kekerasan buah dapat dilakukan dengan menggunakan alat berupa penetrometer. Besaran untuk kekerasan yaitu mm/gr.s dalam SI.

2.5.3 Total Padatan Terlarut Buah Belimbing Manis

Menurut Wrolstand (2012) total padatan terlarut merupakan gula dan asam yang terlarut bersama vitamin, fruktans, protein, pigmen, fenolat dan mineral. Total padatan terlarut merupakan parameter penting yang digunakan untuk mengindikasikan manisnya produk makanan hortikultura segar dan olahan. Total padatan terlarut dapat diukur menggunakan skala °brix hidrometer atau refraktometer dengan satuan “derajat brix” (°Brix) yang setara dengan presentase. °Brix didefinisikan sebagai persen berat gula dalam larutan berair.

2.5.4 Derajat Keasaman (pH) Buah Belimbing Manis

Derajat keasaman (pH) adalah parameter untuk mengetahui intensitas tingkat kesamaan/kebasan dari suatu larutan yang dinyatakan dengan konsentrasi ion hidrogen terlarut. Konsentrasi ion hidrogen yang aktif biasa dinyatakan dengan pH sering menentukan jenis mikroba yang tumbuh dalam makanan dan produk yang dihasilkan (Saeni, 1989). Mikroba yang ada disekitar mempunyai syarat tumbuh yang berbeda-beda, agar dapat tumbuh dengan baik. Syarat tumbuh mikroba dapat berupa suhu maupun pH. Biasanya pH yang paling cocok untuk pertumbuhan mikroba disebut pH optimum. Setiap mikroba masing-masing mempunyai pH optimum, minimum dan maksimum untuk pertumbuhannya. Mikroba umumnya menyukai pH tinggi (medium alkalin) hanya beberapa bakteri yang bersifat toleran terhadap keasaman (Waluyo, 2005).

2.6 Analisis Data

2.6.1 *Analysis of Variance* (ANOVA)

Menurut Furqon (1999: 187-189) jika penelitian terdiri atas satu variabel bebas dengan satu variabel terikat, hanya saja terdiri dari lebih dua kelompok variabel bebas, maka analisis datanya menggunakan anova (*analysis of variance*) satu jalur. Dalam anova satu jalur ada dua jenis hipotesis penelitian yang perlu di uji yaitu hipotesis dari pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Sedangkan banyaknya hipotesis *simple effect* tergantung banyaknya kelompok data karena hipotesis ini membandingkan dua kelompok data.

Pengujian hipotesis *main effect* yaitu:

H_0 = Tidak ada pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat

H_1 = Terdapat pengaruh variabel bebas dengan variabel terikat

Kriteria pengujian:

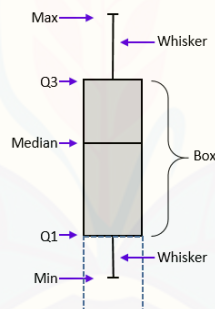
Terima H_0 , jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan;

Terima H_1 , jika $F_{hitung} > F_{tabel}$

2.6.2 Diagram *Boxplot*

Menurut Faisal (2016:98) *boxplot* adalah salah satu cara dalam statistik deskriptif untuk menggambarkan secara grafik dari data numeris melalui lima ukuran, yaitu:

- nilai minimum atau observasi terkecil
- kuartil terendah atau kuartil pertama (Q1) yang memotong 25% dari data terendah
- median (Q2) atau nilai pertengahan
- kuartil tertinggi atau kuartil ketiga (Q3) yang memotong 25% dari data tertinggi
- nilai maksimum atau nilai observasi terbesar



Gambar 2.1 *Chart Boxplot* (Sumber: Faisal, 2016:100)

2.6.3 Analisis Korelasi Linier

Menurut Sunyoto (2011:27) analisis korelasi adalah suatu analisis statistik yang mengukur tingkat asosiasi hubungan antara dua variabel, yaitu variabel bebas (x) dan variabel terkait (y). Sementara koefisien korelasi adalah suatu kekuatan hubungan linier antara dua variabel random. Berikut adalah rumus korelasi untuk dua variabel:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan;

- r = koefisien korelasi antara variabel x dan variabel y (tanpa dimensi)
 x = variabel mutu citra
 y = pengukuran sifat fisik
 n = jumlah nilai x

Tingkat korelasi dan ketentuan hubungan dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Tingkat Korelasi dan Kekuatan Hubungan

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber: Sunyoto (2011)

2.6.4 Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan studi ketergantungan satu atau lebih variabel bebas terhadap variabel tidak bebas dengan maksud untuk meramalkan nilai variabel tidak bebas (Zanthy, 2016).

Menurut (Kurniawan, 2008) data untuk variabel independen X pada regresi linier bisa merupakan data pengamatan yang tidak ditetapkan sebelumnya oleh peneliti (*observasional data*) maupun data yang telah ditetapkan (dikontrol) oleh peneliti sebelumnya (*experimental or fixed data*). Perbedaannya adalah bahwa dengan menggunakan *fixed data*, informasi yang diperoleh lebih kuat dalam menjelaskan hubungan sebab-akibat antara variabel X dan variabel Y. Sedangkan pada *observasional data*, informasi yang diperoleh belum tentu merupakan hubungan sebab-akibat. Persamaan regresi linier sederhana dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$y = a + b(x) \dots\dots\dots 2.2$$

- Keterangan : a = konstanta
 b = koefisien regresi
 y = variabel dependen (variabel tidak bebas)
 x = variabel independen (variabel bebas)

2.6.5 Validasi *Confussion Matrix*

Menurut Soedibyo (2012:55) *confussion matrix* merupakan tabel yang secara spesifik menunjukkan visualisasi kinerja dari suatu algoritma terutama pada pelatihan terawasi. Berikut ini merupakan penjelasan fungsi masing-masing komponen tabel *confussion matrix*

1. Akurasi produksi (dinyatakan dalam persen) menunjukkan ukuran akurasi klasifikasi untuk kelas-kelas dalam satu baris. Ukuran ini menyatakan seberapa benar pekerjaan analisis pada saat menghasilkan peta klasifikasi.
2. Akurasi user (dinyatakan dalam persen) menunjukkan ukuran akurasi klasifikasi untuk kelas-kelas dalam satu kolom. Ukuran ini menyatakan peta probabilitas user dimana anggota-anggota pada peta klasifikasi telah ditempatkan pada posisi yang benar pada proses klasifikasi.
3. Kesalahan omisi (dinyatakan dalam persen) menunjukkan suatu anggota secara tidak benar dikecualikan dari suatu kelas tertentu.
4. Kesalahan komisi (dinyatakan dalam persen) menunjukkan suatu anggota secara tidak benar dimasukkan dalam suatu kelas tertentu, yang sebenarnya anggota tersebut termasuk dalam kelas yang lain.

Penggambaran *confussion matrix* dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Penggambaran *confussion matrix* dan persamaan komponen pada setiap kolom dan baris

Masa simpan	Prediksi (%)				Total baris	Akurasi produksi	Kesalahan omisi
	0 hari	4 hari	8 hari	12 hari			
Aktual (%)	0 hari	X11	X12	X13	X14	$\sum X1j$	$\frac{X1j - X11}{X1j}$
	4 hari	X21	X22	X23	X24	$\sum X2j$	$\frac{X2j - X22}{X2j}$
	8 hari	X31	X32	X33	X34	$\sum X3j$	$\frac{X3j - X33}{X3j}$
	12 hari	X41	X42	X43	X44	$\sum X4j$	$\frac{X4j - X44}{X4j}$
Total kolom	$\sum Xi1$	$\sum Xi2$	$\sum Xi3$	$\sum Xi4$	$\sum Xij$		
Akurasi user	$X11/\sum Xi1$	$X22/\sum Xi2$	$X33/\sum Xi3$	$X44/\sum Xi4$			
Kesalahan komisi	$\frac{X11 - X11}{X11}$	$\frac{X12 - X22}{X12}$	$\frac{X13 - X33}{X13}$	$\frac{X14 - X44}{X14}$			

Sumber: Soedibyo (2012:56)

Pada setiap sel yang dicetak tebal pada bidang diagonal menunjukkan banyaknya jumlah yang diprediksi benar oleh program. Akurasi total dapat diketahui dengan memasukkan nilai x ke dalam rumus berikut.

$$Akurasi\ total = \frac{X_{11} + X_{22} + X_{33} + X_{44}}{x_{ij}} \dots\dots\dots 2.3$$

2.7 Penelitian Terkait

Penelitian melakukan pemrosesan citra digital untuk klasifikasi pemutuan buah belimbing. Penelitian dilakukan untuk mengembangkan algoritma pengolahan citra yang sesuai untuk penentuan kualitas buah belimbing dengan menilai penampilan eksternal dari buah yaitu karakteristik fisik. Klasifikasi mutu buah belimbing yang dimasukkan yaitu nilai *red*, *green*, *blue*, area buah, panjang buah, luas buah, dan diameter buah ke dalam algoritma pengolahan citra. Hasilnya menunjukkan bahwa pengolahan gambar pemutuan buah belimbing pada kualitas kelas A dengan nilai 0,402-0,460 (indeks merah), 186-237 (panjang buah), 100-125 (diameter buah), dan 13627-20449 (area buah). Sedangkan nilai-nilai parameter dari kelas B adalah 0,402-0,460, 147-185, 76-90, dan 8805-13415, dan dari kelas C adalah 0,370-0,401, 147-185, 76-90, dan 8805-13415. Akurasi program untuk menunjukkan bahwa ketepatan klasifikasi mutu buah belimbing yang berdasar hasil penyusunan algortima *image processing*, dapat mengklasifikasi buah belimbing mutu A, B, dan C dengan tepat 100% (Hendrawan dan Sumardi, 2005).

Penelitian menggunakan mangga sebagai bahan yang akan diambil citranya. *Image statistic method* bertujuan untuk mengetahui tingkat kematangan buah mangga berdasarkan hari pemeraman. Hasilnya yaitu ilai warna merah positif pada korelasi dengan hari pemeraman dengan persentase pengujian 74%, sedangkan untuk warna hijau 21% dan warna biiru nilai korelasiya negatif yaitu 30% (Nurraharjo, 2012).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Energi Otomasi dan Elektrifikasi Pertanian (ENOTIN) dan Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian (EHP) Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2018 sampai bulan April 2018.

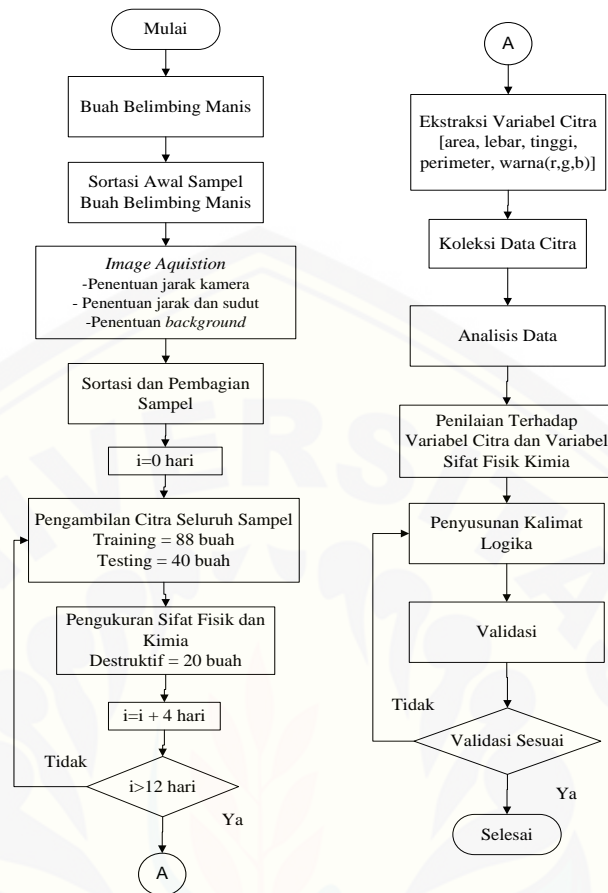
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat meja pengambilan gambar, kain putih sebagai *background*, empat buah lampu, kamera CCD 31BU04.H, *software* pengolah citra Sharp Develop, *software Ms. Excel* 2013, *software IC Capture*, PC Acer One14, timbangan digital *O'hauss* Pioneer dengan ketelitian 0,0001 gram, refraktometer Atago Master, penetrometer tipe SR-2, blender dan pH meter Extech PH300 Waterproof PH Meter MV and Temperature.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) yang berasal dari kebun belimbing di Desa Tamansari Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember sebanyak 148 buah sampel belimbing manis dengan kualitas A. Kemudian buah dibagi menjadi dua perlakuan yaitu destruktif yang berjumlah 20 buah dan nondestruktif yang berjumlah 128 buah dengan pembagian untuk ditraining 88 buah belimbing manis, dan 40 buah belimbing manis sebagai data testing yang dibagi menjadi empat masa simpan buah yaitu 0 hari, 4 hari, 8 hari dan 12 hari.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan mengacu pada diagram alir seperti Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian

3.3.1 Sortasi Awal Sampel Buah Belimbing Manis

Sampel diambil dari kebun di desa Tamansari Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember dengan kualitas A sebanyak 148 sampel belimbing manis atau sekitar 30 kg buah belimbing manis. Untuk menjamin keseragaman sampel maka dilakukan sortasi awal terhadap warna dan ukuran belimbing manis dengan mutu A. Warna belimbing manis seragam yaitu hijau kekuningan.

3.3.2 Image Aquisition

Prosedur penentuan *image aquisition* adalah sebagai berikut.

1. Jarak kamera diatur sehingga mendapatkan citra yang sama atau mendekati aslinya yaitu 44,5 cm dari kamera ke meja pengambilan gambar.
2. Lampu TL ditempatkan dengan posisi terbaik agar objek mendapatkan pencahayaan yang seragam, tidak bias dan menimbulkan bayang-bayang.

Intensitas cahaya lampu terhadap objek dan *background* diukur dengan luxmeter pada lima titik. Hasil pengukuran diperoleh nilai i_1 , i_2 , i_3 , i_4 , berturut-turut adalah 292, 304, 273, 255 sedangkan intensitas pada posisi objek (i_5) sebesar 322 lux.

3. Latar belakang dipilih kain warna putih untuk mendapatkan hasil pengolahan citra terbaik.

3.3.3 Sortasi dan Pembagian Sampel Buah Belimbing Manis

Sortasi dilakukan untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada buah belimbing pada proses distribusi yang bisa menyebabkan terjadinya perubahan bentuk sampel buah belimbing manis. Pembagian sampel buah belimbing manis yaitu 88 buah untuk training, 20 buah untuk pengukuran fisik dan 40 buah untuk proses validasi.

3.3.4 Pengambilan Citra Seluruh Sampel Buah Belimbing Manis

Pengambilan citra belimbing manis dilakukan menggunakan kamera CCD (*Charge Coupled Device*) dengan sistem pengolahan citra. Langkah pengambilan citra buah belimbing manis sebagai berikut.

1. Sampel buah belimbing manis diletakkan pada papan pengambilan gambar yang telah diberi *background* kain putih menghadap vertikal ke kamera dengan bagian objek yang direkam adalah bagian atas.
2. Konfigurasi citra pada program *IC Capture 6.5* yang diatur meliputi kecerahan (*brightness*), kontras (*contrast*), kejenuhan warna (*saturation*), dan corak warna (*hue*).
3. Perekaman citra dilakukan menggunakan kamera CCD 31BUO4.H dan PC Acer One14
4. Hasil rekaman citra disimpan dalam bentuk file berekstensi .bmp.

3.3.5 Proses Analisis Sifat Fisik dan Kimia Buah Belimbing Manis

Analisis sifat fisik dan kimia buah belimbing dibagi menjadi empat tahapan yaitu proses analisis berat, proses analisis kekerasan buah, proses analisis total padatan terlarut dan proses analisis derajat keasaman. Variabel yang diukur sebanyak 5 buah belimbing manis pada setiap masa simpan.

1. Proses analisis berat buah belimbing manis

Proses analisis berat buah dilakukan dengan menggunakan timbangan digital *O'hauss* yang memiliki nilai ketelitian 0,0001 gram. Timbangan dipastikan dalam keadaan *on* dan telah menunjukkan angka nol. Kemudian sampel buah belimbing manis diletakkan di atas piringan (*pan*). Setelah itu angka yang tertera di monitor timbangan di baca dan di catat nilai bobot buah belimbing manis. Pengukuran buah belimbing manis dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk masing-masing sampel buah di setiap masa simpan yang kemudian dicari nilai rata-ratanya.

2. Proses analisis kekerasan buah belimbing manis

Pada proses ini alat yang digunakan adalah penetrometer. Prinsip kerja penetrometer adalah mengukur kedalaman tusukan dari jarum penetrometer per bobot beban tertentu dalam waktu tertentu. Setelah penetrometer diatur beban dan jarum penunjuk skala kedalaman tusukan dengan angka nol, lalu atur waktu yang telah disesuaikan dengan komoditi buah. Buah belimbing manis diletakkan pada papan pengukuran tepat dibawah jarum sehingga ujung jarum menempel pada kulit buah tetapi tidak menusuk kulit buah. Kemudian tombol mulainya ditekan selama lima detik hingga jarum penetrometer tertusuk pada buah. Lalu baca dan catat seberapa jauh skala penanda bergeser dari nol. Hal tersebut dilakukan pada enam titik yang berbeda (atas, bawah, pangkal atas, pangkal bawah, ujung atas, ujung bawah) agar didapatkan nilai rata-rata kekerasan buah. Data hasil pengukuran enam titik kemudian dihitung nilai penetrasinya berdasarkan rumus sebagai berikut.

$$\text{Penetrasi} = \frac{\text{rata-rata hasil pengukuran} \times \frac{1}{10} (\text{mm})}{\text{Bobot beban (g)} \times \text{waktu pengujian (detik)}} (\text{mm gr dtk}) \dots (3.1)$$

3. Proses analisis total padatan terlarut buah belimbing manis

Pada proses ini alat yang digunakan adalah refraktometer. Prinsip kerja refraktometer yaitu memanfaatkan refraksi cahaya. Diawali dengan buah belimbing manis yang telah dihancurkan menggunakan blender lalu diambil sarinya. Sari buah yang didapat kemudian diteteskan pada refraktometer dengan cara tutup iluminator (terhubung ke perangkat dengan engsel) dibuka dan cairan

sari buah ditetaskan pada permukaan prisma pengukuran, setelah itu flap ditutup dan dilakukan pembacaan nilai total padatan terlarut menggunakan lensa mata. Pembacaan dapat dipermudah dengan menempatkan refraktometer di beberapa sumber cahaya seperti lampu atau matahari. Kemudian setelah hasil pengukuran yang dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan didapat maka dicari nilai rata-ratanya. Skala pada refraktometer menunjukkan nilai total padatan terlarut dalam satuan °Brix.

$$o_{Brix} = \frac{\text{berat gula}}{\text{berat gula} + \text{berat air}} \times 100 \dots\dots\dots (3.2)$$

4. Proses analisis derajat keasaman buah belimbing manis

Pada proses analisis derajat keasaman dilakukan dengan alat pH meter. Proses ini bertujuan untuk mengetahui kadar pH yang terkandung dalam buah belimbing manis. Setelah buah belimbing manis dihancurkan dengan blender maka didapat sarinya. Kemudian sari buah tersebut diletakkan pada gelas untuk diukur derajat keasamannya dengan pH meter. Penutup elektrode pada alat pH meter kemudian dibuka lalu dicelupkan ke dalam sari belimbing manis yang akan diukur. Setelah stabil, nilai pH buah belimbing manis akan muncul pada monitor pH meter dan dicatat. Pengukuran tersebut dilakukan sebanyak tiga kali ulangan per sampel kemudian dicari nilai rata-rata.

3.3.6 Ekstraksi Variabel Citra Buah Belimbing Manis

Pembuatan program citra menggunakan *software SharpDevelop*. Pembuatan program bertujuan untuk menentukan area, lebar, panjang, warna (r, g, b) pada tiap-tiap sampel buah belimbing manis.

3.3.7 Analisis Data

Analisis data dapat menunjukkan pengaruh masa simpan belimbing manis terhadap sifat fisik dan kimia serta mutu citra, selain itu juga mengetahui hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel mutu fisik dan kimia. Analisis data yang digunakan sebagai berikut.

1. *Analysis of Variance* (Anova)

Uji anova bertujuan untuk menguji hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel sifat fisik dan kimia pada masa simpan belimbing manis 0 hari, 4 hari, 8 hari, dan 12 hari. Analisis data menggunakan analisis anova satu arah untuk

mengetahui perbedaan nyata rata-rata antar varian lebih dari dua kelompok sampel akibat adanya satu faktor perlakuan. Perbedaan terhadap variabel mutu citra berdasarkan masa simpan buah belimbing manis dengan menentukan hipotesis, tingkat signifikansi, derajat kebebasan dan nilai distribusi.

2. Analisis *Boxplot*

Analisis *boxplot* bertujuan untuk mengetahui nilai-nilai batas yang bisa digunakan untuk membedakan rentang nilai variabel mutu citra berdasarkan masa simpan buah belimbing manis. Sehingga dapat dilakukan proses penyusunan kalimat logika untuk penentuan masa simpan belimbing manis.

3. Analisis Korelasi

Analisis ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel mutu citra dengan pengukuran sifat fisik dan kimia buah belimbing manis. Dari kedua variabel akan didapatkan koefisien korelasi liniernya.

4. Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk memprediksi besar variabel terikat (*Dependent Variable*) dengan menggunakan data variabel bebas (*Independent Variable*) yang sudah diketahui besarnya.

3.3.8 Penyusunan Kalimat Logika

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis dan mengetahui batasan nilai variabel mutu citra berdasarkan masa simpan sebagai berikut.

1. Data variabel mutu dikumpulkan terlebih dahulu dari pengolahan citra
2. Analisis statistik dilakukan mengenai nilai rata-rata, nilai maksimum dan minimum pada setiap variabel mutu citra.
3. Nilai batasan ditentukan untuk tiap sampel berdasarkan masa simpan.

3.3.9 Validasi Program

Validasi program didapatkan setelah data mengalami proses akurasi. Validasi program menggunakan tabel *confusion matrix* dengan tingkat akurasi dinyatakan dalam persen (%). *Confusion matrix* digunakan untuk memperoleh ketepatan hasil atau ada tidaknya kesalahan prediksi yang dihasilkan oleh analisa program. Tabel diisi dengan cara memasukkan nilai algoritma penentuan masa simpan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah didapat, maka kesimpulan sebagai berikut.

1. Hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis memiliki tingkat hubungan yang kuat sehingga variabel mutu citra dapat mengidentifikasi variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis.
2. Hubungan antara variabel mutu citra dengan variabel sifat fisik dan kimia buah belimbing manis terhadap masa simpan buah memiliki pengaruh yang berbeda nyata di setiap masa simpannya.
3. Program pendugaan masa simpan buah belimbing diperoleh dari grafik hasil analisis *boxplot* indeks warna merah (R). Kemudian dibentuk model persamaan logika yang dapat digunakan sebagai input validasi program pendugaan masa simpan buah belimbing manis. Dari proses validasi, diperoleh nilai akurasi total sebesar 83,8%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa beberapa buah belimbing manis yang digunakan sebagai sampel memiliki perbedaan dalam segi ukuran. Maka perlu adanya ketelitian dalam sortasi sampel buah di awal dengan kriteria sampel buah yang homogen dari segi bentuk maupun kematangan agar hasil penelitian yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, U. 2005. *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Apandi, M. 1984. *Teknologi Buah dan Sayuran*. Alumni. Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. *SNI Belimbing 4491:2009*.
- BAPPEDA. 2000. *Tentang Budidaya Pertanian Belimbing (Averrhoa Carambola L.)*. Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Permasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Jakarta. [27 Mei 2017]
- Dewi, D.U. 2004. *Karakteristik Fisik dan Nilai pH Coctail Buah Pepaya Bangkok dengan Lama Penyimpanan yang Berbeda pada Suhu Ruang Pendingin*. Skripsi. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam IPB.
- Dwijoseputro, D. 1986. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Faisal, M. R. 2016. *Seri Belajar Pemrograman: Pengenalan Bahasa Pemrograman R*. Banjarmasin: Indonesia Net Developer Community. [Serial Online].https://www.researchgate.net/profile/M_Reza_Faisal/publication/301294862_Seri_Belajar_Pemrograman_Pengenalan_Bahasa_Pemrograman_R/inks/571093f408aefb6cadaaacff.pdf. [03 Mei 2017]
- Fardiaz, S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. Bogor: Bogor: Depdikbud. Dirjen PTPAU Ilmu Hayat. IPB.
- Furqon. 1999. *Statistika Terapan Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Haastuti, U. S. 2008. *Petunjuk Praktikum Mikrobiologi*. Universitas Negeri Malang.
- Hendrawan, Y. dan Sumardi, H.S. 2005. *Pengkajian Karakteristik Mutu Buah Belimbing Manis dengan Teknik Pengolahan Citra*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian. Malang: Universitas Brawijaya.
- Jember Information Centre. 2014. *Tanaman Pangan*. Jember. [Serial Online].<http://www.jemberjic.com/index.html>. [08 Agustus 2018]
- Kurniawan, D. 2008. *Regresi Linier*. Jurnal Forum Statistika.
- Munir, R. 2004. *Pengolahan Citra Digital*. Bandung: Informatika.
- Nurrraharjo, E. 2012. Implementasi Image statistik Method pada Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*. 17(01): 01-05. [Serial Online]. <http://www.distrodoc.com/621733-implementasi-image-statistic-method-pada-pengolahan-citra>. [20 Agustus 2018]

- Pantastico, Er. B. 1975. "Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Sub-tropical Fruits and vegetables". Dalam Tjitrosoepomo, G (Ed). *Fisiologi Pascapanen Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika*. Terjemahan oleh Kamariyani. 1997. Cetakan Keempat. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Pracaya. 2011. *Bertanam Belimbing*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rukmana, R. 1996. *Belimbing*. Yogyakarta: Kanisius.
- Saeni, MS. 1989. *Kimia Lingkungan*. Bogor: Depdikbud. Dirjen Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. IPB.
- Salunkhe, D. K. and Desai, B. B. 1984. *Postharvest Biotechnology of Vegetables, Vol. II*. CRC Press Inc., Florida.
- Sjaifullah. 1997. *Petunjuk Memilih Buah Segar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Soediby, D.W. 2012. *Teknik Dasar Pengolahan Citra Digital*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Story, A. and Simons, D. 1989. A.U.F. *Fresh Produce Manual – Handling and Storage Practices for Fresh Produce*. 2nd Ed. Australian United Fresh Fruit and Vegetable Association Ltd.: Fitzroy, Vic.
- Sunyoto, D. 2011. *Analisis Regresi dan Uji Hipotesis*. Yogyakarta: CAPS.
- Susanti, L. 1996. *Metoda Pengolahan Citra untuk Deteksi Kematangan Ketimun Jepang (Cucumis sativus L)*. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Tim Penulis PS. 2001. *13 Jenis Belimbing Manis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Waluyo, L. 2005. *Mikrobiologi Umum*. Malang: UMM Press.
- Wrolstad, R. E. *Food Carbohydrate Chemistry*. New Delhi: IFT Press. [Serial Online]. <https://books.google.co.id/books?osbn=0813826659>. [04 Mei 2017].
- Zanthy, L. S. 2016. *Analisis Regresi Sederhana*. Bandung: Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan Siliwangi.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

A.1a Hasil Ekstraksi Citra Area, Tinggi, Lebar, Perimeter Belimbing Manis

No.	Area				Tinggi				Lebar				Perim			
	0	4	8	12	0	4	8	12	0	4	8	12	0	4	8	12
1	181848	158450	144627	123880	596	565	546	539	402	384	348	312	2206	2199	1775	1502
2	185936	166347	151651	122896	640	611	601	579	385	362	346	306	2488	2163	1854	1784
3	191004	174777	163701	153354	657	631	612	595	394	364	350	332	2132	1601	1507	1487
4	128007	121988	114290	99257	656	523	513	504	364	313	312	261	1967	1450	1447	1389
5	152061	123639	127283	102392	580	552	541	528	344	306	278	259	2135	1452	1428	1409
6	170603	165446	149650	133043	636	622	603	591	370	361	342	320	2223	2167	2074	1655
7	142966	130369	124875	89611	592	554	545	529	313	301	290	288	1502	1426	1363	1354
8	138154	129228	119964	114759	577	558	535	527	324	313	294	290	2057	1601	1432	1341
9	147319	134931	118539	93412	609	596	570	566	328	313	268	254	2271	1786	1487	1428
10	150677	141008	129076	124950	607	589	565	550	336	324	299	292	2329	1919	1431	1381
11	138154	129228	119964	114759	577	558	535	527	324	313	294	290	2057	1601	1432	1341
12	137454	124828	113220	88407	567	558	529	508	328	310	291	242	1498	1488	1425	1299
13	147972	139139	135248	128903	608	589	572	557	329	322	318	310	1801	1737	1472	1434
14	106530	96610	93771	69686	487	468	467	464	296	276	273	272	1527	1321	1299	1148
15	172980	157869	148531	145886	632	610	591	578	372	349	342	328	1710	1604	1492	1418
16	171738	169036	160538	139432	635	626	617	597	352	349	347	308	2170	1637	1547	1413
17	167168	148947	138440	134419	600	585	568	563	377	342	330	325	1868	1601	1448	1424
18	179671	164304	138909	135074	602	580	568	565	386	369	336	309	2163	1619	1530	1493

19	228970	210727	198143	182843	745	726	704	684	412	384	371	354	1950	1861	1666	1618
20	127764	120578	104964	82202	550	560	509	492	320	296	266	266	2394	2009	1725	1348
21	170596	150155	137136	130947	655	621	611	604	348	320	305	304	1947	1555	1529	1410
22	143245	135053	133987	127425	563	550	545	537	338	330	323	320	1646	1567	1416	1362
23	142872	136993	118303	119580	587	569	540	543	335	329	298	286	2294	1932	1866	1306
24	145464	128224	120536	119053	559	540	512	511	353	321	308	300	1956	1639	1339	1266
25	152136	143094	130371	121043	604	587	561	547	341	332	307	298	2185	1639	1519	1353
26	178041	163429	151165	144743	589	569	538	532	405	396	378	370	1978	1702	1678	1510
27	177266	156530	152647	118435	639	600	589	561	371	348	347	319	1883	1647	1466	1354
28	157935	145374	146956	140093	581	563	561	550	364	347	342	328	1450	1405	1400	1396
29	160754	150375	141409	119182	603	586	593	566	345	333	312	276	2192	2023	1492	1425
30	173094	152828	143749	112607	663	630	627	586	337	317	314	279	2345	1598	1496	1436
31	154505	132695	129322	114186	570	523	513	491	376	333	328	318	1994	1802	1384	1307
32	150780	143738	134486	122530	581	576	548	583	338	338	334	296	2201	1537	1522	1453
33	153135	148774	133935	132266	606	592	570	564	347	334	304	297	2163	2080	1980	1412
34	116560	113348	106776	83207	503	496	478	457	307	308	300	275	1734	1673	1449	1242
35	128359	115548	107128	103784	532	508	494	484	329	309	302	296	1467	1469	1243	1338
36	159629	159145	132767	120622	630	615	590	588	340	329	316	307	2178	1679	1485	1514
37	212660	199442	171951	148329	691	667	644	627	416	408	369	345	1930	1843	1612	1590
38	153726	139764	126208	118052	592	568	543	539	367	350	320	315	2034	1902	1822	1359
39	136053	126082	119135	110084	557	538	531	528	310	304	302	298	1956	1723	1323	1413
40	163062	138732	134837	129694	583	563	552	545	375	335	334	327	1501	1561	1407	1387
41	158750	166415	158031	149037	599	574	558	545	368	361	355	344	1499	1494	1468	1410
42	156276	145702	135995	123077	595	573	560	541	351	343	326	295	1593	1560	1421	1325
43	178976	167878	159097	141297	626	609	594	576	393	374	374	333	1919	1775	1598	1394
44	129632	124113	114365	103195	567	549	535	526	302	295	284	274	1670	1632	1625	1358

45	162690	149676	150655	135430	622	600	600	575	343	336	333	300	2066	1715	1523	1484
46	186944	169337	159291	146098	653	617	604	600	392	364	352	313	2068	1514	1465	1460
47	146804	137014	133122	121944	583	567	552	534	346	330	330	311	1827	1535	1402	1380
48	151188	146849	130827	116553	583	573	538	519	350	347	318	304	2008	1547	1330	1271
49	184324	173186	166952	149492	664	640	622	610	358	354	352	316	2132	1898	1730	1580
50	191004	174777	163701	153354	657	631	612	595	394	364	350	332	2132	1601	1507	1487
51	157159	148653	141258	125925	615	604	585	593	336	328	320	276	1962	1941	1496	1440
52	142175	124143	116482	79510	567	518	506	494	357	322	310	278	2207	1514	1328	1262
53	115097	103085	92927	86759	539	497	475	469	293	284	256	254	1493	1482	1343	1158
54	151828	145729	129771	120113	583	567	545	539	334	324	303	300	1859	1840	1671	1496
55	163944	145001	135592	129358	607	582	564	552	371	331	323	316	1954	1690	1471	1364
56	156260	146999	128160	119537	625	623	580	573	353	322	279	271	2085	1955	1419	1397
57	126633	110724	101917	97562	550	537	522	508	302	268	250	256	1563	1527	1403	1357
58	150144	141991	137615	127367	573	569	553	551	330	329	323	302	2125	1942	1488	1470
59	156959	143687	124225	103318	560	542	535	507	371	351	307	304	1592	1564	1509	1380
60	148843	138560	135770	116898	594	575	573	587	327	311	298	278	2037	1796	1460	1381
61	201899	180073	169218	116252	667	636	618	596	412	373	360	342	2008	1832	1515	1436
62	167835	147450	142452	126426	602	570	569	549	372	334	333	288	2073	2017	1426	1376
63	135266	124596	115509	111874	533	512	497	489	336	317	309	307	1623	1454	1363	1274
64	169157	157872	142506	137364	623	603	574	563	363	354	328	315	2108	2107	1546	1388
65	153849	141126	139194	115222	597	576	569	550	340	323	321	289	1782	1768	1645	1466
66	149331	137127	137054	129963	581	550	545	544	346	333	326	322	2349	2070	1755	1582
67	155804	152016	138410	127135	599	562	581	545	348	331	326	304	2024	1497	1421	1346
68	181736	165368	162469	154113	624	595	590	583	390	365	360	348	1918	1903	1883	1569
69	127167	121235	105742	96445	526	509	493	478	312	311	276	254	1387	1376	1360	1287
70	152621	168403	137998	126899	563	602	528	510	370	365	344	325	1993	1607	1451	1382

71	132123	122333	111664	105070	555	532	510	491	309	300	283	273	2027	1697	1490	1448
72	139219	132168	119585	104096	584	573	557	533	301	300	274	259	1694	1520	1435	1405
73	159950	148251	131151	121756	576	575	525	511	368	366	334	325	2155	1463	1461	1343
74	143404	130437	132178	119510	599	568	568	544	314	314	300	288	1939	1498	1405	1335
75	150288	142584	131812	115342	590	571	553	538	342	336	318	295	2211	2105	1687	1626

A.1b Hasil Ekstraksi Citra Variabel Indeks Warna *Red*, *Green*, *Blue* Belimbing Manis

No.	<i>Red</i>				<i>Green</i>				<i>Blue</i>			
	0	4	8	12	0	4	8	12	0	4	8	12
1	0.4622	0.5183	0.5657	0.6195	0.4926	0.4661	0.4072	0.3557	0.0451	0.0156	0.0271	0.0248
2	0.4434	0.4821	0.5548	0.6204	0.5201	0.4952	0.4294	0.3547	0.0365	0.0249	0.0227	0.0157
3	0.4370	0.4730	0.5298	0.6140	0.5286	0.4833	0.4556	0.3757	0.0436	0.0344	0.0147	0.0103
4	0.4057	0.4196	0.4930	0.5953	0.5516	0.5392	0.4767	0.3756	0.0428	0.0412	0.0303	0.0291
5	0.5113	0.5545	0.6407	0.6482	0.4648	0.4308	0.3494	0.3216	0.0302	0.0239	0.0147	0.0100
6	0.4453	0.5135	0.6097	0.6485	0.5256	0.4648	0.3709	0.3198	0.0316	0.0291	0.0217	0.0194
7	0.5156	0.5686	0.6365	0.6446	0.4694	0.4188	0.3536	0.3227	0.0327	0.0150	0.0127	0.0100
8	0.4474	0.4737	0.5547	0.6276	0.5203	0.4888	0.4266	0.3623	0.0375	0.0323	0.0187	0.0101
9	0.5177	0.5864	0.6415	0.6431	0.4635	0.3953	0.3443	0.3186	0.0383	0.0187	0.0182	0.0142
10	0.4565	0.4881	0.5691	0.6155	0.5153	0.4861	0.4164	0.3719	0.0281	0.0258	0.0145	0.0126
11	0.4474	0.4737	0.5547	0.6276	0.5203	0.4888	0.4266	0.3623	0.0375	0.0323	0.0187	0.0101
12	0.4360	0.4942	0.5835	0.6429	0.5311	0.4748	0.3927	0.3284	0.0329	0.0310	0.0288	0.0239
13	0.4307	0.4558	0.5256	0.6012	0.5443	0.5140	0.4529	0.3794	0.0302	0.0251	0.0215	0.0194
14	0.5180	0.5345	0.5651	0.6212	0.4645	0.4486	0.4181	0.3398	0.0390	0.0174	0.0170	0.0169
15	0.4499	0.5008	0.5984	0.6386	0.5209	0.4738	0.3876	0.3493	0.0292	0.0254	0.0140	0.0121
16	0.5060	0.5667	0.6378	0.6647	0.4781	0.4223	0.3418	0.3162	0.0204	0.0191	0.0160	0.0110

17	0.4675	0.5170	0.5963	0.6316	0.5017	0.4647	0.3927	0.3482	0.0308	0.0202	0.0183	0.0110
18	0.4236	0.4634	0.5528	0.6159	0.5418	0.5103	0.4330	0.3523	0.0346	0.0319	0.0263	0.0141
19	0.5035	0.5554	0.6120	0.6576	0.4818	0.4348	0.3803	0.3334	0.0147	0.0098	0.0090	0.0077
20	0.5334	0.5868	0.6515	0.6527	0.4382	0.3800	0.3280	0.3080	0.0393	0.0332	0.0283	0.0205
21	0.4747	0.5123	0.5806	0.6052	0.4965	0.4614	0.3978	0.3621	0.0327	0.0288	0.0264	0.0217
22	0.4958	0.5433	0.6111	0.6369	0.4800	0.4377	0.3723	0.3427	0.0242	0.0204	0.0189	0.0166
23	0.4688	0.4995	0.5761	0.6306	0.5037	0.4685	0.4094	0.3464	0.0320	0.0229	0.0274	0.0145
24	0.3977	0.4345	0.5170	0.6053	0.5605	0.5235	0.4674	0.3781	0.0419	0.0418	0.0167	0.0156
25	0.4571	0.5174	0.5844	0.6430	0.5142	0.4618	0.4037	0.3389	0.0287	0.0208	0.0181	0.0119
26	0.3839	0.4226	0.5073	0.5991	0.5711	0.5411	0.4720	0.3815	0.0449	0.0362	0.0207	0.0194
27	0.4955	0.5563	0.6328	0.6660	0.4852	0.4321	0.3492	0.3110	0.0230	0.0193	0.0180	0.0117
28	0.5086	0.5453	0.5860	0.6479	0.4753	0.4399	0.4040	0.3419	0.0161	0.0148	0.0101	0.0100
29	0.5257	0.5827	0.6356	0.6653	0.4556	0.4059	0.3436	0.3116	0.0231	0.0208	0.0186	0.0114
30	0.4646	0.5255	0.6178	0.6504	0.5099	0.4595	0.3608	0.3204	0.0292	0.0255	0.0214	0.0150
31	0.4432	0.4867	0.5909	0.6490	0.5243	0.4845	0.3834	0.3338	0.0324	0.0288	0.0257	0.0172
32	0.4032	0.4331	0.4799	0.5680	0.5517	0.5291	0.4987	0.4055	0.0451	0.0378	0.0265	0.0213
33	0.4728	0.5404	0.6194	0.6391	0.5009	0.4399	0.3725	0.3427	0.0263	0.0196	0.0181	0.0081
34	0.4570	0.4940	0.5599	0.6375	0.5123	0.4758	0.4126	0.3351	0.0307	0.0302	0.0274	0.0274
35	0.4157	0.4470	0.5280	0.6331	0.5441	0.5206	0.4507	0.3459	0.0402	0.0324	0.0213	0.0210
36	0.4420	0.4656	0.5588	0.6110	0.5282	0.5085	0.4218	0.3506	0.0383	0.0297	0.0259	0.0195
37	0.4211	0.4524	0.5603	0.6325	0.5523	0.5206	0.4230	0.3196	0.0479	0.0270	0.0265	0.0168
38	0.4331	0.4601	0.5540	0.6055	0.5261	0.4931	0.4350	0.3633	0.0468	0.0407	0.0311	0.0110
39	0.4328	0.4938	0.5867	0.6208	0.5329	0.4803	0.3883	0.3298	0.0494	0.0343	0.0259	0.0250
40	0.4661	0.5020	0.5759	0.6422	0.5115	0.4805	0.4086	0.3333	0.0245	0.0224	0.0175	0.0154
41	0.4273	0.4384	0.5176	0.6081	0.5370	0.5136	0.4679	0.3827	0.0480	0.0357	0.0145	0.0092
42	0.4077	0.4318	0.5377	0.6326	0.5519	0.5354	0.4453	0.3534	0.0404	0.0327	0.0170	0.0140

43	0.3849	0.4023	0.4750	0.5719	0.5641	0.5497	0.5035	0.4123	0.0509	0.0479	0.0215	0.0158
44	0.4800	0.4991	0.5566	0.6166	0.4973	0.4746	0.4232	0.3548	0.0286	0.0263	0.0228	0.0201
45	0.4146	0.4415	0.5101	0.5952	0.5438	0.5224	0.4677	0.3922	0.0416	0.0361	0.0222	0.0126
46	0.4422	0.4592	0.5242	0.6058	0.5279	0.5033	0.4578	0.3834	0.0375	0.0299	0.0180	0.0107
47	0.4740	0.5034	0.5729	0.6293	0.5032	0.4716	0.4047	0.3553	0.0250	0.0224	0.0228	0.0154
48	0.4314	0.4709	0.5692	0.6343	0.5345	0.5021	0.4197	0.3484	0.0341	0.0270	0.0172	0.0112
49	0.4576	0.4760	0.5331	0.6307	0.5164	0.5042	0.4455	0.3537	0.0260	0.0213	0.0197	0.0156
50	0.4370	0.4730	0.5298	0.6140	0.5286	0.4833	0.4556	0.3757	0.0436	0.0344	0.0147	0.0103
51	0.4789	0.5142	0.5841	0.6442	0.5032	0.4644	0.3944	0.3441	0.0216	0.0214	0.0179	0.0118
52	0.4665	0.4979	0.5557	0.6346	0.5043	0.4782	0.4280	0.3265	0.0389	0.0292	0.0239	0.0163
53	0.4236	0.4843	0.5454	0.6132	0.5353	0.4878	0.4358	0.3593	0.0412	0.0279	0.0275	0.0187
54	0.4376	0.4810	0.5638	0.6218	0.5249	0.4914	0.4223	0.3474	0.0375	0.0307	0.0276	0.0139
55	0.4144	0.4531	0.5145	0.6016	0.5440	0.5113	0.4684	0.3772	0.0415	0.0356	0.0212	0.0171
56	0.4651	0.5182	0.5851	0.6414	0.5037	0.4541	0.3980	0.3411	0.0312	0.0277	0.0175	0.0169
57	0.4898	0.5178	0.5992	0.6448	0.4882	0.4652	0.3851	0.3370	0.0219	0.0182	0.0170	0.0158
58	0.4308	0.4985	0.5925	0.6266	0.5212	0.4842	0.3875	0.3539	0.0480	0.0200	0.0195	0.0174
59	0.4470	0.4974	0.6188	0.6480	0.5246	0.4815	0.3656	0.3266	0.0284	0.0254	0.0211	0.0156
60	0.4962	0.5490	0.6156	0.6515	0.4852	0.4331	0.3685	0.3266	0.0219	0.0187	0.0179	0.0159
61	0.4272	0.4367	0.5385	0.5916	0.5374	0.5087	0.4479	0.3746	0.0546	0.0354	0.0338	0.0136
62	0.4061	0.4512	0.5374	0.6334	0.5473	0.5074	0.4323	0.3563	0.0465	0.0414	0.0304	0.0102
63	0.4639	0.4905	0.5512	0.6116	0.4971	0.4704	0.4314	0.3628	0.0391	0.0390	0.0256	0.0174
64	0.3886	0.4230	0.4609	0.5667	0.5758	0.5508	0.5194	0.4221	0.0356	0.0263	0.0197	0.0112
65	0.4199	0.4208	0.5203	0.6013	0.5452	0.5243	0.4561	0.3766	0.0548	0.0348	0.0236	0.0221
66	0.4407	0.4468	0.5174	0.6012	0.5061	0.5275	0.4602	0.3726	0.0531	0.0262	0.0257	0.0225
67	0.4294	0.4446	0.5108	0.6130	0.5346	0.5226	0.4629	0.3759	0.0360	0.0328	0.0263	0.0111
68	0.4267	0.4552	0.5083	0.5979	0.5367	0.5038	0.4716	0.3860	0.0409	0.0366	0.0201	0.0161

69	0.4174	0.4866	0.5562	0.6180	0.5330	0.4933	0.4243	0.3633	0.0495	0.0201	0.0195	0.0187
70	0.4022	0.4523	0.4801	0.5957	0.5536	0.5130	0.5035	0.3942	0.0442	0.0347	0.0164	0.0101
71	0.3834	0.4100	0.4486	0.5630	0.5797	0.5542	0.5200	0.4146	0.0368	0.0358	0.0313	0.0224
72	0.4254	0.4566	0.5364	0.6386	0.5290	0.5115	0.4381	0.3414	0.0455	0.0319	0.0255	0.0200
73	0.4211	0.4520	0.5533	0.6368	0.5435	0.5181	0.4326	0.3479	0.0354	0.0298	0.0153	0.0142
74	0.3943	0.4137	0.4675	0.5437	0.5664	0.5379	0.5043	0.4408	0.0484	0.0393	0.0282	0.0155
75	0.4188	0.4542	0.5142	0.6141	0.5453	0.5145	0.4630	0.3657	0.0358	0.0313	0.0227	0.0203

LAMPIRAN B

B.1 Hasil Pengukuran Sifat Fisik dan Kimia Berat, Kekerasan, Total Padatan Terlarut dan Derajat Keasaman Buah Belimbing Manis

no	Berat Hari 0				rerata	no	TPT Hari 0				rerata	no	pH Hari 0				rerata	suhu
1	225.1	225.09	225.08	225.09		1	7.1	7.1	7.1	7.1	1	4.4	4.4	4.5	4.47	27.9		
2	203.1	203.08	203.09	203.09		2	6.8	6.8	6.8	6.8	2	3.8	4.2	4.5	4.17	27.5		
3	200.4	200.41	200.41	200.41		3	7.4	7.2	7.2	7.3	3	3.8	4.1	4.4	4.13	27.2		
4	177.2	177.19	177.19	177.19		4	6.8	6.8	6.8	6.8	4	3.2	3.5	3.8	3.52	26.9		
5	279.8	279.79	279.79	279.79		5	6	6	6	6	5	3.4	3.6	3.9	3.68	26.8		

no	Berat Hari 4				rerata	no	TPT Hari 4				rerata	no	pH Hari 4				rerata	suhu
1	155.54	155.53	155.53	155.53		1	7.2	7.2	7.2	7.2	1	4.37	4.4	4.6	4.49	26.7		
2	122.46	122.46	122.46	122.46		2	7	7	7	7	2	4.05	4.2	4.6	4.30	26.1		
3	206.79	206.79	206.8	206.79		3	8	8	8	8	3	4.09	4.1	4.2	4.15	26.4		
4	172.42	172.41	172.41	172.41		4	7.2	7.2	7.2	7.2	4	4.18	4.2	4.2	4.19	26.3		
5	225.09	225.06	225.09	225.08		5	7.4	7.4	7.4	7.4	5	4.15	4.2	4.2	4.20	27.7		

no	Berat Hari 8				rerata	no	TPT Hari 8				rerata	no	pH Hari 8				rerata	suhu
1	178.54	178.52	178.52	178.53		1	8.4	8.4	8.4	8.4	1	4.72	4.78	4.87	4.79	25.2		
2	200.84	200.85	200.84	200.84		2	8.4	8.4	8.4	8.40	2	4.45	4.48	4.5	4.48	25.6		
3	140.21	140.21	140.21	140.21		3	8.4	8.4	8.4	8.40	3	4.3	4.3	4.32	4.31	25.1		
4	202.29	202.28	202.28	202.28		4	7.8	7.8	7.8	7.80	4	4.4	4.55	4.6	4.52	25.4		
5	160.95	160.95	160.96	160.95		5	8	8	8	8	5	4.25	4.3	4.35	4.30	25.7		

No	Berat Hari 12				rerata	no	TPT Hari 12				rerata	no	pH Hari 12				rerata	suhu
1	133.73	133.72	133.72	133.72		1	9.2	9.2	9.2	9.2	1	4.45	4.49	4.55	4.50	27.3		
2	148.42	148.41	148.42	148.42		2	8.3	8.8	8.8	8.63	2	4.82	4.84	4.88	4.85	27.1		
3	168.37	168.37	168.37	168.37		3	8.4	8.4	8.4	8.4	3	4.5	4.55	4.6	4.55	27.5		
4	175.51	175.5	175.51	175.51		4	9	9	8	8.7	4	4.48	4.55	4.6	4.54	27.2		
5	139.14	139.41	139.41	139.32		5	10	10	10	10	5	4.48	4.68	4.72	4.63	27.3		

No	Kekerasan Hari 0												rerata	RerataTotal
	Bawah			tengah	atas									
1	20	15	19	18.000	30	25	18	24.333	29	20	22	23.667	22.000	
2	10	20	14	14.667	22	21	20	21.000	22	25	33	26.667	20.778	
3	19	14	30	21.000	32	18	28	26.000	30	30	35	31.667	26.222	
4	20	34	26	26.667	30	36	40	35.333	29	40	50	39.667	33.889	
5	20	18	15	17.667	30	40	20	30.000	35	30	50	38.333	28.667	

No	Kekerasan Hari 4												rerata	RerataTotal
	Bawah			tengah	atas									
1	36	27	22	28.333	24	23	20	22.333	37	26	40	34.333	28.333	

2	20	27	15	20.667	27	15	20	20.667	21	25	30	25.333	22.222
3	19	31	26	25.333	29	29	30	29.333	18	16	31	21.667	25.444
4	18	15	35	22.667	35	29	18	27.333	36	25	26	29.000	26.333
5	20	25	20	21.667	11	28	28	22.333	32	29	18	26.333	23.444

No	Kekerasan Hari 8												RerataTotal
	Bawah			rerata	tengah			rerata	atas			rerata	
1	54	59	40	51.000	40	35	22	32.333	50	62	60	57.333	46.889
2	34	36	33	34.333	25	35	40	33.333	55	42	59	52.000	39.889
3	25	30	44	33.000	32	36	35	34.333	50	50	43	47.667	38.333
4	25	24	19	22.667	32	25	26	27.667	45	36	30	37.000	29.111
5	30	39	32	33.667	31	30	29	30.000	35	31	29	31.667	31.778

No	Kekerasan Hari 12												RerataTotal
	Bawah			rerata	tengah			rerata	atas			rerata	
1	110	74	73	85.667	74	51	50	58.333	48	35	40	41.000	61.667
2	56	51	52	53.000	40	42	37	39.667	44	46	40	43.333	45.333
3	64	57	44	55.000	30	40	38	36.000	60	56	61	59.000	50.000
4	80	45	65	63.333	49	46	40	45.000	80	78	70	76.000	61.444
5	40	65	65	56.667	63	59	40	54.000	41	42	50	44.333	51.667

LAMPIRAN C. Dokumentasi

Gambar 1. Pengambilan Sampel Buah Belimbing Manis di Kebun dan Pengambilan Gambar Citra Belimbing Manis di Laboratorium Instrumentasi



Gambar 2. Pengukuran Variabel Sifat Fisik dan Kimia Belimbing Manis