PENDUGAAN MASSA DAN VOLUME PADA BUAH ALPUKAT DAN JERUK MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

(Prediction of Mass and Volume of Avocado and Orange Fruits Using Digital Image Processing)

Gita Sahara¹, Darwin¹, Indera Sakti Nasution^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: I.Nasution@unsyiah.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menduga massa dan volume buah alpukat dan jeruk menggunakan pengolahan citra digital. Pada penelitian ini terdapat tiga ukuran pada buah alpukat dan jeruk yaitu: besar (A), sedang (B) dan kecil (C), dengan menggunakan sampel buah masing-masing sebanyak 30 buah untuk data *training* dan 15 buah untuk data *testing*. Pengambilan citra menggunakan kamera *Charge Coupled Device* (CCD) dalam format bitmap. Data citra diolah menggunakan *Software Halcon MVTEC* versi 11(demo) dengan memasukkan algoritma metode bentuk buah (*eccentricity*) dan algoritma metode irisan. Hasil penelitian pada pendugaan massa dan volume buah alpukat menggunakan metode *eccentricity* diperoleh tingkat rata-rata akurasi masing-masing sebesar 94,12% dan 92,85%. Sedangkan menggunakan metode irisan diperoleh tingkat rata-rata akurasi masa dan volume masing-masing sebesar 93,60% dan 94,00%. Pendugaan massa dan volume buah jeruk menggunakan *eccentricity* diperoleh tingkat rata-rata akurasi masing-masing sebesar 96,58% dan 93,08%. Sedangkan menggunakan metode irisan diperoleh tingkat rata-rata akurasi masa dan volume masing-masing sebesar 92,54% dan 90,30%

Kata kunci : Alpukat, Jeruk, Pengolahan Citra.

Abstract. This study aims to estimate the mass and volume of avocados and oranges using digital image processing. In this study there were three sizes of avocados and oranges, such as: large (A), medium (B) and small (C), by using 30 fruit samples of each fruit for training data and 15 fruits for testing data. The image was captured using a camera's Charge Coupled Device (CCD) in a bitmap format. Image data was processed using Halcon MVTEC version 11 (demo) software using eccentricity and slice method algorithms. The results of the study on estimating the mass and volume of avocados using the eccentricity method obtained an average level of accuracy were 94.12% and 92.85%. While by using the slice method, the average mass and volume accuracy rates were 93.60% and 94.00%. Estimating the mass and volume of oranges using eccentricity method obtained an accuracy average of 96.58% and 93.08%. While by using the slice method, the average level of accuracy and volume were 92.54% and 90.30% respectively.

Keywords: Avocados, Oranges, Image Processing.

PENDAHULUAN

Saat ini industri pengolahan hasil pertanian dan perkebunan berkembang sangat pesat. Salah satunya dipengaruhi oleh kegiatan pasca panen yang erat kaitannya dengan mutu produk yang dihasilkan, yang pada akhirnya menentukan pula harga jual yang dapat diterima oleh petani. Tahapan proses pengolahan hasil perkebunan pasca panen adalah pemilihan produk berdasarkan kualitas yang dapat menjamin keseragaman mutu dari suatu produk. Beberapa parameter yang menentukan mutu dari buah-buahan adalah parameter tingkat usia tanam, ukuran fisik, bentuk dan tingkat kematangannya (Kementerian Pertanian, 2012).

Karakteristik fisik dari produk pertanian adalah parameter yang paling penting dalam menentukan standar desain grading, pengangkutan, pemrosesan, dan sistem pengemasan yang tepat. Sifat fisik utama dari buah jeruk adalah bentuk, ukuran, kepadatan, porositas, volume, dan massa buah serta gesekan terhadap berbagai permukaan (Akar *et al.*, 2005). Dalam ukuran buah, massa, volume, dan kepadatan agak berkorelasi. Volume dan massa

bersama untuk menentukan kepadatan buah yang berhubungan untuk menghasilkan konsistensi dan rasa. Volume juga bisa digunakan untuk prediksi waktu panen (Hahn *et al.*, 2000).

Secara tradisional, volume dan massa buah dapat diperkirakan secara manual dengan metode perpindahan airdan menggunakan timbangan digital. Sistem *grading* dan penyortiran buah berdasarkan computer vision (CV) berpotensi sebagai pengganti pada pengukuran manual dalam industri pengemasan buah dan ekspor. Tujuan utama dari sistem penyortiran tersebut adalah untuk menyortir buah-buahan berdasarkan parameter kualitasnya. Beberapa parameter seperti warna, ukuran, bentuk, volume, massa, luas permukaan, dan cacat tersembunyi ikut berperan dalam mempertimbangkan kualitas buah-buahan (Venkatesh *et al.*, 2015).

Perkembangan metode pengolahan citra telah banyak digunakan dalam bidang pertanian, khususnya dalam proses sortasi dan *grading* buah dan hasil pertanian lainnya. Pengolahan citra dilakukan dengan memasukkan algoritma yang disusun berdasarkan parameter yang digunakan dan melakukan pengolahan pada satu citra ke citra lainnya (Ahmad, 2005). Pengembangan metode tersebut dapat mempermudah pemilihan ukuran buah dengan waktu yang lebih singkat jika dibandingkan dengan pengamatan secara langsung dengan peralatan sederhana. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menduga massa dan volume buah alpukat dan jeruk menggunakan pengolahan citra digital.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan September sampai dengan Desember 2018. Tempat pelaksanaan penelitian di Laboratorium Teknik Pasca Panen, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian adalah gelas ukur 1000 ml dan 200 ml, laptop Asus dengan processor: Intel(R) Core(TM) i3-6006U CPU @ 2.00GHz RAM 4GB, jangka sorong, timbangan digital, lampu neon 5 watt, kamera *Charge Coupled Device* (CCD) dan software Halcon *MVTec* versi 11(demo). Bahan yang digunakan pada penelitian adalah buah Alpukat dan Jeruk masing-masing sebanyak 45 buah.

Pengumpulan Persiapan Bahan

Pada penelitian ini terdapat tiga ukuran pada buah alpukat dan jeruk berdasarkan SNI yaitu: besar (A), sedang (B) dan kecil (C), sampel buah yang digunakan masing-masing sebanyak 30 buah untuk data *training* dan 15 buah untuk data *testing*. Setelah buah alpukat dan buah jeruk dikumpulkan, dilakukan pembersihan kotoran yang terdapat pada permukaan buah, kemudian dilakukan sortasi berdasarkan kriteria ukuran yang telah ditentukan.

Pengambilan Citra Buah Alpukat dan Jeruk

Pengambilan citra buah alpukat dan buah jeruk dengan menggunakan kamera *Charge Coupled Device* (CCD) yang diletakkan tegak lurus dengan jarak 130 cm. *Background* yang digunakan adalah karton berwarna putih, dengan tambahan pencahayaan dari lampu neon 5 watt. Ukuran citra yang diperoleh adalah 1280 x 720 piksel dalam format bitmap.

Pengolahan Citra

Proses pemisahan antara objek dan *background* menggunakan metode Otsu. Metode ini merupakan teknik yang paling sederhana dalam proses segmentasi, sehingga dapat lebih mudah digunakan. Metode ini melakukan pembagian wilayah-wilayah untuk mengenali objek dan *background*. Proses pengolahan citra dan identifikasi dilakukan dengan bantuan *software Halcon MVTec* versi 11(demo).

Pendugaan Massa dan Volume Buah Berdasarkan Kriteria Bentuk Buah (*eccentricity*)

Transformasi Citra Warna

Transformasi model warna RGB (*red, green, blue*) ke model warna abu-abu (*grayscale*). Citra digital abu-abu pada setiap pikselnya mempunyai gradasi warna mulai dari warna putih sampai warna hitam, dimana rentang warna tersebut menyatakan setiap piksel dapat diwakili oleh 8 bit atau 1 byte. Rentang warna pada abu-abu (*greyscale*) sangat cocok bila digunakan untuk proses pengolahan file gambar. Warna abu-abu sebenarnya merupakan hasil rata-rata dari model warna R (*red*), G (*green*), B(*blue*).

Penentuan Bentuk Objek

Penentuan bentuk objek bertujuan untuk mengetahui bentuk objek yang akan dianalisis. Pada penelitian ini lebih difokuskan pada bentuk bola dan elips. Untuk menentukan apakah bentuk objek adalah bola dan elips digunakan nilai *eccentricity*. Nilai *eccentricity* (*e*) merupakan perbandingan nilai jari-jari sumbu mayor objek dengan nilai jari-jari sumbu minor, dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$e = \frac{c}{a} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

a = nilaijari-jarisumbu mayor

b = nilaijari-jarisumbu minor

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

Menurut Iqbal, dkk. (2011), membuat kriteria untuk penentuan *eccentricity* bentuk buah berdasarkan kisaran tertentu seperti pada Tabel1.

Tabel 1. Kriteria bentuk model buah (Iqbal, dkk. 2011)

<i>Eccentricity</i>	Rasio b/a	Bentukbuah
< 0.3	0.95 – 1.05	Bola
0.3 – 0.7	0.7 – 0.95	Elips

Prediksi Volume

Prediksi volume buah dengan menggunakan pengolahan citra digital dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

a. Berbentuk bola

$$Volume\ bola = \frac{4}{3} * \pi * a^3 \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

a = nilai jari-jari

b. Berbentuk elips

$$Volume\ bola = \frac{4}{3} * \pi * ab^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

a = nilai jari-jari sumbu mayor

b = nilai jari-jari sumbu minor

Pendugaan Massa dan Volume Buah Berdasarkan Metode Irisan Tranformasi Citra Warna

Transformasi model warna R (*red*), G (*green*), B(*blue*) ke model warna L*a*b* sebelum konversi warna RGB ke model L*a*b* terlebih dahulu dikonversi model warna RGB ke model warna CIE XYZ (Plataniotis, 2000):

$$\begin{matrix} X & 0,4125 & 0,3576 & 0,1804 & R \\ Y & 0,2127 & 0,7152 & 0,0722 & = G \\ Z & 0,0913 & 0,1192 & 0,9502 & B \end{matrix} \dots\dots\dots(4)$$

Tahapan selanjutnya adalah mengkonversi ke model warna CIE Lab dengan persamaan (Plataniotis, 2000):

$$L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \dots\dots\dots(5)$$

$$a^* = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right] \dots\dots\dots(6)$$

$$b^* = 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right] \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

$$f(s) = s^{1/3} \quad \text{untuk } s > 0,008856$$

$$f(s) = 7,7872 + 16/116 \quad \text{untuk } s \leq 0,008856$$

Prediksi Volume

Menurut Riddle (1979) untuk melakukan perhitungan volume dengan menggunakan teknik irisan maka dapat digunakan persamaan (8). Volume setiap irisan kemudian dijumlahkan untuk memperkirakan volume total seperti yang ditunjukkan pada persamaan (9). Prediksi volume buah dengan menggunakan pengolahan citra digital dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$A_i = \pi \left(\frac{\Delta y}{2} \right)^2 \dots\dots\dots(8)$$

$$V_i = A_i \Delta x \dots\dots\dots(9)$$

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

A_i = Luas penampangirisiran

V_i = Volume masing-masingirisiran

Δy= Diameter irisan

Δx= Ketebalanirisiran

Prediksi Massa dan Volume Berdasarkan Kolerasi Antarparameter

Untuk mengetahui tingkat hubungan antara hasil pengukuran manual dan pengolahan citra digunakan analisa kolerasi regresi linier yang dinyatakan dengan persamaan regresi. Dari analisa kolerasi ini didapatkan koefisien kolerasi dan persamaan regresi antarparameter, yang nantinya dapat digunakan juga untuk memprediksi nilai massa dan volume buah alpukat dan jeruk berdasarkan hubungan parameter yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menduga massa dan volume buah alpukat dan jeruk, digunakan 2 pendekatan yaitu : berdsarkan bentuk buah (*eccentricity*) dan berdasarkan irisan buah. Algoritma yang dibangun berdasarkan kedua pendekatan tersebut menduga volume citra buah dalam bentuk piksel³. Volume citra buah tersebut dibandingkan dengan pengukuran secara manual untuk memproses model pendugaan yang terbaik. Dalam hal ini dilakukan pengukuran massa buah dan volume buah secara manual. Hasil hubungan antara volume citra dengan massa dan volume buah secara manual dapat dilihat pada Gambar 1,2,3, dan 4.

Gambar 1. Hubungan antara volume citra dengan massa dan volume buah alpukat metode *eccentricity*

Gambar 2. Hubungan antara volume citra dengan massa dan volume buah alpukat metode irisan

Gambar 3. Hubungan antara volume citra dengan massa dan volume buah jeruk metode *eccentricity*

Gambar 4. Hubungan antara volume citra dengan massa dan volume buah jeruk metode irisan

Berdasarkan Gambar 1, 2, 3 dan 4 diatas, dapat diperoleh bahwa nilai koefisien determinasi massa dan volume menggunakan metode *eccentricity* pada buah alpukat sebesar 0,901 dan 0,895. Sedangkan nilai koefisien determinasi massa dan volume menggunakan metode irisan sebesar 0,824 dan 0,847. Nilai koefisien determinasi massa dan volume menggunakan metode *eccentricity* pada buah jeruk sebesar 0,955 dan 0,934. Sedangkan nilai koefisien determinasi massa dan volume menggunakan metode irisan sebesar 0,930 dan 0,910. Dapat dilihat bahwa koefisien determinasi metode *eccentricity* pada buah alpukat dan jeruk lebih baik dibandingkan dengan metode irisan.

Pendugaan massa dan volume buah dilakukan dengan menggunakan persamaan linier yang diperoleh dari Gambar 1,2,3 dan 4. Masing-masing sebanyak 15 sampel buah alpukat dan buah jeruk digunakan untuk mengetahui persentase ketepatan pendugaan. Tabel 2 menunjukkan sebanyak 94,12% dan 92,85% ketepatan menggunakan metode *eccentricity* pada buah alpukat, Tabel 3 menunjukkan sebanyak 96,58% dan 93,08% ketepatan menggunakan metode *eccentricity* pada buah jeruk, Tabel 4 menunjukkan sebanyak 93,60% dan 94,00% menggunakan metode irisan pada buah alpukat dan Tabel 5 menunjukkan sebanyak 92,54% dan 90,30% pada buah jeruk.

Tabel 2. Persentase ketepatan pendugaan massa dan volume pada buah alpukat metode *eccentricity*

No	Massa Perhitungan Citra (gram)	Massa Manual (gram)	% Ketepatan	Volume Perhitungan Citra (cm ³)	Volume Manual (cm ³)	% Ketepatan
1	481,84	565	85,28	465,86	555	83,94
2	496,40	520	95,46	480,09	510	94,14
3	472,88	520	90,94	457,09	500	91,42
4	584,03	570	97,60	565,83	540	95,44
5	521,82	550	94,88	504,97	545	92,65
6	398,34	384	96,40	384,16	350	91,11
7	396,26	400	99,06	382,12	390	97,98
8	449,81	435	96,71	434,51	450	96,56
9	369,60	367	99,30	356,04	350	98,30
10	431,22	435	99,13	416,33	420	99,13
11	350,88	321	91,48	337,73	310	91,79
12	273,20	310	88,13	261,73	295	88,72
13	334,66	310	92,63	321,86	290	90,10
14	305,25	345	88,48	293,09	335	87,49
15	308,31	320	96,35	296,07	315	93,99
Rata-Rata	411,63	423,47	94,12	397,16	410,33	92,85

Sumber : Hasil Analisis (2019)

Tabel 3. Persentase ketepatan pendugaan massa dan volume pada buah jeruk metode *eccentricity*

No	Massa Perhitungan Citra (gram)	Massa Manual (gram)	% Ketepatan	Volume Perhitungan Citra (cm ³)	Volume Manual (cm ³)	% Ketepatan
1	152,60	157	97,20	169,07	175	96,61
2	167,93	159	94,68	186,69	165	88,38
3	150,32	165	91,11	166,45	170	97,91
4	161,96	154	95,08	179,83	175	97,31
5	158,87	163	97,46	176,27	185	95,28
6	114,95	119	96,60	125,79	140	89,85
7	104,90	104	99,14	114,24	120	95,20
8	101,86	110	92,60	110,74	125	88,59
9	111,57	112	99,62	121,91	130	93,78
10	111,75	119	93,91	122,12	135	90,46
11	79,00	75	94,93	84,47	79	93,52
12	75,81	74	97,61	80,81	71	87,86
13	69,82	70	99,75	73,92	68	91,99
14	72,63	72	99,13	77,15	79	97,66
15	70,88	71	99,83	75,13	69	91,84
Rata-Rata	113,66	114,93	96,58	124,31	125,73	93,08

Sumber : Hasil Analisis (2019)

Tabel 4. Persentase ketepatan pendugaan massa dan volume pada buah alpukat metode irisan

No	Massa Perhitungan Citra (gram)	Massa Manual (gram)	% Ketepatan	Volume Perhitungan Citra (cm ³)	Volume Manual (cm ³)	% Ketepatan
1	593,69	565	95,17	578,00	555	96,02
2	549,87	520	94,57	534,43	510	95,43
3	529,99	520	98,11	514,65	500	97,15
4	550,84	570	96,64	535,39	540	99,15
5	585,85	550	93,88	570,21	545	95,58
6	366,35	384	95,40	351,89	350	99,46
7	419,85	400	95,27	405,11	390	96,27
8	355,23	435	81,66	340,83	450	75,74
9	352,32	367	96,00	337,94	350	96,55
10	498,63	435	87,24	483,46	420	86,87
11	372,59	321	86,15	358,10	310	86,57
12	316,88	310	97,83	302,69	295	97,46
13	323,09	310	95,95	308,87	290	93,89
14	359,15	345	96,06	344,73	335	97,18
15	340,37	320	94,01	326,06	315	96,61
Rata-Rata	434,31	423,47	93,60	419,49	410,33	94,00

Sumber : Hasil Analisis (2019)

Tabel 5. Persentase ketepatan pendugaan massa dan volume pada buah jeruk metode irisan

No	Massa Perhitungan Citra (gram)	Massa Manual (gram)	% Ketepatan	Volume Perhitungan Citra (cm ³)	Volume Manual (cm ³)	% Ketepatan
1	145,21	157	92,49	160,48	175	91,70
2	141,76	159	89,16	156,54	165	94,87
3	164,29	165	99,57	182,31	170	93,25
4	154,40	154	99,74	171,00	175	97,71
5	124,49	163	76,38	136,78	185	73,93
6	122,53	119	97,12	134,53	140	96,09
7	98,58	104	94,79	107,12	120	89,27
8	93,61	110	85,10	101,43	125	81,15
9	118,16	112	94,79	129,53	130	99,64
10	126,78	119	93,86	139,40	135	96,85
11	86,98	75	86,23	93,85	79	84,18
12	73,46	74	99,27	78,38	71	90,59
13	79,33	70	88,24	85,09	68	79,91
14	74,96	72	96,05	80,09	79	98,63
15	74,49	71	95,32	79,55	69	86,73
Rata-Rata	111,93	114,93	92,54	122,41	125,73	90,30

Sumber : Hasil Analisis (2019)

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 algoritma yaitu algoritma berdasarkan *eccentricity* dan algoritma metode irisan, dengan parameter seperti massa dan volume. Hasil pengujian dengan algoritma berdasarkan *eccentricity* pada citra alpukat untuk pendugaan massa didapatkan tingkat akurasi dengan rata-rata sebesar 94,12% , untuk pendugaan volume didapatkan tingkat akurasi dengan rata-rata sebesar 92,85%. Pada citra jeruk untuk pendugaan massa didapatkan tingkat akurasi dengan rata-rata sebesar

96,58%, sedangkan untuk pendugaan volume didapatkan tingkat akurasi dengan rata-rata sebesar 93,08%. Pada hasil pengujian dengan algoritma metode irisan pada citra alpukat untuk pendugaan massa didapatkan tingkat akurasi dengan rata-rata sebesar 93,60%, untuk pendugaan volume didapatkan tingkat akurasi dengan rata-rata sebesar 94,00%. Pada citra jeruk untuk pendugaan massa didapatkan tingkat akurasi dengan rata-rata sebesar 92,54%, sedangkan untuk pendugaan volume didapatkan tingkat akurasi dengan rata-rata sebesar 90,30%.

Tingkat akurasi volume jeruk yang diprediksi menggunakan teknologi pengolahan citra dengan algoritma berdasarkan kriteria bentuk (*eccentricity*) didapatkan hasil persentase yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan algoritma dengan metode irisan. Hal ini dikarenakan panjang, lebar, dan tinggi buah jeruk memiliki nilai ukuran yang hampir sama, sehingga algoritma berdasarkan kriteria bentuk (*eccentricity*) lebih mudah memprediksi volume jeruk dan lebih akurat. Sedangkan tingkat akurasi volume buah alpukat yang diprediksi dengan menggunakan metode irisan didapatkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma berdasarkan kriteria bentuk (*eccentricity*), dikarenakan metode irisan ini dapat menghitung tiap piksel pada objek dari setiap irisan yang dihasilkan hingga ukuran pada irisan tepi objek (buah). Sehingga algoritma dengan metode irisan ini menghasilkan akurasi prediksi yang lebih akurat dan sesuai digunakan pada buah yang berbentuk elips atau lonjong.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil dan pembahasan penelitian didapatkan beberapa simpulan seperti berikut:

1. Teknologi pengolahan citra digital dapat digunakan untuk menduga massa dan volume pada buah alpukat dan buah jeruk.
2. Pendugaan massa dan volume buah alpukat menggunakan metode *eccentricity* diperoleh tingkat rata-rata akurasi masing-masing sebesar 94,12% dan 92,85%. Sedangkan menggunakan metode irisan diperoleh tingkat rata-rata akurasi masa dan volume masing-masing sebesar 93,60% dan 94,00%.
3. Pendugaan massa dan volume buah jeruk menggunakan *eccentricity* diperoleh tingkat rata-rata akurasi masing-masing sebesar 96,58% dan 93,08%. Sedangkan menggunakan metode irisan diperoleh tingkat rata-rata akurasi masa dan volume masing-masing sebesar 92,54% dan 90,30%.
4. Penggunaan metode *eccentricity* lebih sesuai digunakan pada buah yang memiliki bentuk bulat (bola), sedangkan metode irisan lebih sesuai digunakan pada buah yang memiliki bentuk elips ataupun lonjong.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan komoditi yang bervariasi dengan penambahan jumlah sampel yang lebih banyak, serta mencoba proses pengambilan gambar dengan menggunakan kamera 3 dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akar, R dan C. Aydin. 2005. Some physical properties of gumbo fruit varieties. *J. Food Eng.* 66 : 387-393.
- Hahn, F dan S. Sanchez. 2000. Carrot volume evaluation using imaging algorithms. *J. Agric. Eng. Res.* 75 : 243–249.
- Iqbal, M.S., A. Gopaldan A.S.V. Sarma. 2011. Volume estimation of apple fruits using image processing. *Proceddings of Internasional Conference on Image Information Processing.*
- Kementerian Pertanian. 2012. *Buku Informasi Sayuran dan Tanaman Obat.* Direktorat Jendral Holtikultura.
- Plataniotis dan Venetsanopoulos. 2000. *Color Image Processing and Applications.* SpringerVerlag, New York.
- Riddle D.F. 1979. *Calculus and Analytic Geometry.* Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, CA, USA.
- Venekatesh, G.V., Iqbal, S, Md., A.Gopal dan D. Ganesan. 2015. Estimation of volume and mass of axi-symmetric fruits using image processing technique. *Internasional Journal of Food Properties.* 18 : 608-626.