

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 6, No. 3, Desember 2018



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, dan mulai tahun ini berisi 15 naskah untuk setiap nomornya. Peningkatan jumlah naskah pada setiap nomornya ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota PERTETA tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam invited paper yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, review perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, technical paper hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta research methodology berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (online submission) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 6 No. 3 Desember 2018. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Slamet Budijanto, M.Agr. (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS. (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Ir. Loekas Susanto, MS., Ph.D. (Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman), Prof.Dr.Ir. Muhammad Idrus Alhamid (Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia), Prof.Dr.Ir. Sobir, M.Si. (Departemen Agronomi dan Hortikultura (AGH), Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr. (Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Brawijaya), Dr. Radi, STP., M.Eng. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Evi Savitri Iriani M.Si. (Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian), Dr.Ir. Hermantoro, MS. (Institut Pertanian Stiper (INSTIPER) Yogyakarta), Dr.Ir. Ridwan Rachmat, M.Agr. (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi), Dr.Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Leopold Oscar Nelwan, STP., M.Si. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Slamet Widodo, STP., M.Sc. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Muhamad Yulianto, ST., MT. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Nora H. Pandjaitan, DEA. (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Chusnul Arif, STP., M.Si. (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Satyanto Krido Saptomo, STP, M.Si. (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Wilson Palelingan Aman, STP., M.Si. (Fakultas Pertanian dan Teknologi Pertanian, Universitas Negeri Papua), Andri Prima Nugroho, STP., M.Sc., Ph.D. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada), Asna Mustofa, STP., MP. (Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman), Diding Suhandy, S.TP., M.Agr., Ph.D. (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung) Agus Ghautsum Ni'am, STP., M.Si. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

**Prediksi Tingkat Kematangan Buah Jeruk Siam Gunung Omeh
(*Citrus Nobilis* Var. *Microcarpa*) dengan Pengolahan Citra**

*Prediction of Siam Gunung Omeh Citrus Fruit (*Citrus Nobilis* Var *Microcarpa*) Maturity Using
Image Processing*

Ifmalinda, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas.
Email: ifmalinda@ae.unand.ac.id

Khandra Fahmy, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas.
Email: khandrafahmy@ae.unand.ac.id

Elsa Fitria, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas.
Email: elsafitria847@gmail.com

Abstract

Evaluation of the quality of Gunung Omeh Citrus fruit based on the level of maturity or skin color of fruit and other physical properties are still done conventionally. Human assessment of maturity level is subjective and has different perceptions. Humans also have limitation in terms of labor and time. An alternative to increase work productivity on citrus fruit quality evaluation required a system that can help human to work automatically, quickly and objectively and consistently. Digital image is a technique that can process visual perception, in this case is color of the fruit skin surface or object, without direct contact to the object. This study aims to analyze the quality of parameters based on the level of maturity or color, and physical properties of Siam Omeh Citrus. Levels of maturity of citrus fruit used are at the age of picking 150 days before flower blossom, 180 days before flower blossom, 210 days before flower blossom and 240 days before flower blossom. By conventional method, the maturity can be indicated through measurement of diameter, hardness of fruit flesh and total dissolved solid, meanwhile by image processing method, it can be obtained through area parameter and color index (red, green and blue). The area parameters of image processing do not show differences on various levels of maturity. Color index (red, green and blue) from image processing can be used as reference to identify the level of maturity. There is correlation on color index (red, green and blue) and total dissolved solid, fruit hardness of Gunung Omeh citrus. There is a correlation between the area of image processing and the weight of citrus.

Keywords: *Siam Orange, Quality Evaluation, Image Processing, Gunung Omeh*

Abstrak

Evaluasi mutu buah jeruk siam Gunung Omeh berdasarkan tingkat kematangan atau warna kulit buah dan sifat fisik lainnya masih dilakukan secara konvensional. Penilaian manusia terhadap tingkat kematangan bersifat subjektif dan mempunyai persepsi yang berbeda-beda. Manusia juga mempunyai keterbatasan dalam hal tenaga kerja dan waktu. Salah satu alternatif untuk meningkatkan produktifitas kerja seperti dalam evaluasi mutu buah jeruk diperlukan suatu sistem yang dapat membantu pekerjaan manusia secara otomatis, kerjanya relatif cepat dan hasilnya objektif serta konsisten. Citra digital merupakan suatu teknik yang dapat mengolah persepsi visual dalam hal ini adalah warna dari permukaan kulit buah atau objek tanpa berhubungan langsung dengan objek tersebut. Penelitian ini bertujuan menganalisis parameter mutu berdasarkan tingkat kematangan atau warna, dan sifat fisik buah jeruk siam Gunung Omeh. Tingkat kematangan buah jeruk yang digunakan, yaitu pada umur petik 150 sbm, 180 sbm, 210 sbm dan 240 sbm. Metode konvensional didapatkan melalui pengukuran diameter, kekerasan daging buah dan total padatan terlarut sedangkan dengan metode pengolahan citra didapatkan parameter area dan indeks warna (*red*, *green* dan *blue*). Parameter area dari pengolahan citra tidak menunjukkan perbedaan pada berbagai tingkat kematangan. Indeks warna (*red*, *green* dan *blue*) dari pengolahan citra menunjukkan perbedaan pada berbagai tingkat kematangan sehingga dapat dijadikan acuan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan. Terdapat korelasi indeks warna (*red*, *green* dan *blue*) dengan total padatan terlarut dan kekerasan buah jeruk siam Gunung Omeh. Terdapat korelasi antara area dari pengolahan citra dengan berat buah jeruk.

Kata kunci: Jeruk siam, evaluasi mutu, pengolahan citra, Gunung Omeh

Diterima: 10 September 2018; Disetujui: 30 Nopember 2018

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi besar dalam menghasilkan produk pertanian seperti buah-buahan. Sumatera Barat mempunyai komoditi unggulan, jeruk siam Gunung Omeh merupakan salah satunya untuk buah-buahan. Tingkat kematangan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi selera konsumen. Kematangan tersebut ditentukan oleh beberapa komponen, yaitu rasa buah, warna buah maupun penampilan buah. Buah jeruk siam Gunung Omeh yang diminati konsumen adalah rasanya yang manis, warna buah yang mencolok dan bentuk buah yang baik. Tingkat kematangan buah jeruk siam dapat ditentukan, salah satunya dapat dilihat dari warna jeruk tersebut.

Penentuan tingkat kematangan, dan sifat fisik buah jeruk siam selama ini oleh petani dengan menggunakan cara manual atau konvensional, seperti pengamatan pada warna, kekerasan dan bentuk buah jeruk. Identifikasi seperti itu akan membutuhkan waktu relatif lama dan menghasilkan produk yang beragam karena manusia memiliki keterbatasan visual dalam mengidentifikasi, tingkat kelelahan dan perbedaan pendapat tentang kualitas dan mutu yang baik. Konsumen biasanya melihat dari bentuk luarnya saja seperti warna jeruk siam yang mencolok dan ukuran yang besar namun tidak dapat membedakan bagaimana tingkat kematangan dan gizi yang baik pada buah yang baik untuk dikonsumsi.

Kekurangan dari metoda secara manual diperlukan suatu teknologi yang mampu melakukan proses identifikasi kematangan secara objektif, konsisten dan hasil yang lebih jelas. Salah satunya adalah dengan pengolahan citra. Teknik pengolahan citra digital dapat digunakan untuk mengolah persepsi visual kematangan buah jeruk siam. Menurut Abraham *et al*, 2011, untuk masa depan penggunaan metode ini akan lebih berkembang, karena lebih murah, cepat dan bisa diaplikasikan langsung menentukan karakteristik kualitas.

Keluaran suatu sistem perekaman data dari pengolahan citra dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi atau bersifat digital yang data langsung disimpan pada suatu pita *magnetic*. Citra digital merupakan suatu *array* dua dimensi atau

suatu matriks yang elemen-elemennya menyatakan tingkat keabuan dari elemen gambar (Putra, 2010).

Berdasarkan uraian di atas diperlukan suatu sistem yang dapat menentukan tingkat kematangan secara tepat dan akurat. Citra digital merupakan suatu teknik yang dapat mengolah persepsi visual dalam hal ini warna dari permukaan kulit buah jeruk.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mempelajari karakteristik warna permukaan buah jeruk pada beberapa tingkat kematangan, (2) Mempelajari data pengamatan non destruktif (warna permukaan kulit) dengan sifat fisikokimia buah jeruk, (3) Mengembangkan sistem yang dapat memprediksi tingkat kematangan buah jeruk.

Bahan dan Metode

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2017 di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (LTPPHP), Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Padang.

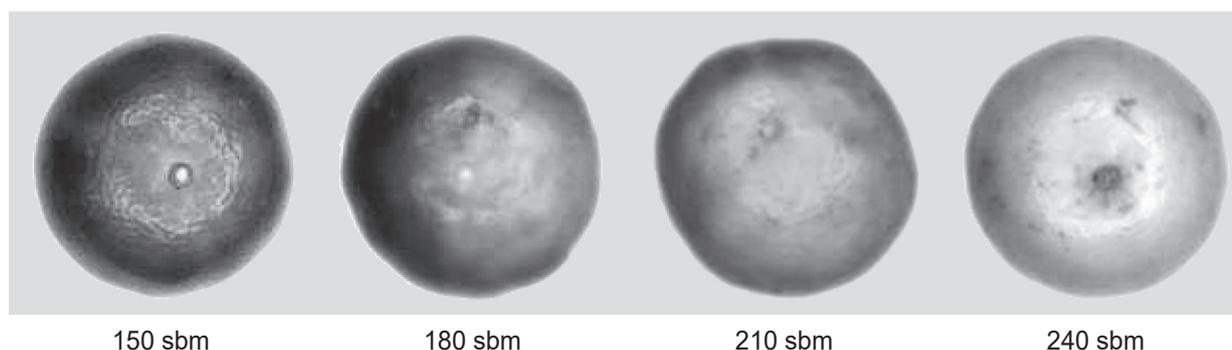
Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah buah jeruk siam Gunung Omeh dengan 4 tingkat kematangan yaitu pada umur petik 150 sbm 50 buah, umur petik 180 sbm 50 buah, umur petik 210 sbm 50 buah dan umur petik 240 sbm 50 buah (Gambar 1). Alat yang digunakan untuk pengolahan citra adalah seperangkat komputer, kamera digital 20.1 *Megapixel*, 1 buah lampu neon 22 watt, timbangan digital, *force gauge*, *handrefractometer*, laptop yang dilengkapi program pengolahan citra yang dirancang menggunakan *software* Matlab R2010a, kalkulator, alat tulis dan peralatan lain yang mendukung pelaksanaan penelitian.

Metode Penelitian

Pengambilan Citra

Citra buah jeruk dengan tingkat ketuaan yang berbeda direkam dengan kamera. Buah jeruk siam diletakkan dalam kotak citra dan jarak kamera dengan objek adalah 20 cm (Ifmalinda, 2011). Lampu neon diletakkan dibagian atas kotak sebanyak 1 buah.



Gambar 1. Jeruk siam Gunung Omeh pada berbagai tingkat kematangan.

Skema perekaman objek ke dalam citra digital seperti terlihat pada Gambar 2 dan kotak penangkap citra yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 3.

Pengolahan Citra

Analisis Warna

Intensitas warna yang diukur adalah *red*, *green* dan *blue*. Model warna RGB digunakan untuk menghitung nilai warna dan menafsirkan hasilnya. Ketiga komponen warna RGB dalam pengolahan citra harus dilakukan normalisasi. Proses normalisasi penting dilakukan karena pada umumnya sejumlah citra ditangkap dengan kondisi penerangan yang berbeda-beda. Komponen warna RGB yang telah dinormalisasi akan menghilangkan pengaruh penerangan, sehingga nilai untuk setiap komponen warna dapat dibandingkan satu sama lainnya walaupun berasal dari citra dengan kondisi penerangan yang tidak sama, asalkan tidak ekstrim perbedaannya (Ahmad, 2005).

Cara melakukan normalisasi adalah dengan persamaan berikut:

$$r = \frac{R}{R + G + B} \tag{1}$$

$$g = \frac{G}{R + G + B} \tag{2}$$

$$b = \frac{B}{R + G + B} \tag{3}$$

Dimana: r = indeks warna merah, R = *red* (merah), g = indeks warna hijau, G = *green* (hijau), b = indeks warna biru, dan B = *blue* (biru).

Penentuan Luas Area

Menurut Damiri (2003), mengubah citra warna menjadi citra biner dengan tujuan membedakan objek dengan latar belakang merupakan suatu cara untuk mengukur area dan *roundness*. Nilai area citra didapatkan dengan cara menghitung jumlah pixel yang berwarna putih. Rumus yang digunakan untuk menghitung area objek citra adalah dengan cara menghitung jumlah *pixel* objek yang berwarna putih dengan persamaan:

$$A = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n B [i, j] \tag{4}$$

Dimana: A= area objek, dan B (i,j) = lokasi *pixel* objek pada (i,j)

Pengukuran Sifat Fisika dan Kimia Buah Jeruk Siam Gunung Omeh

Pengukuran Kekerasan

Pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *force gauge*. Pengukuran dilakukan di 3 titik yaitu pada bagian ujung, tengah dan pangkal, selanjutnya data yang didapat dirata-ratakan. Hasil pengukuran tekanan dibaca pada digital *force gauge* dalam satuan (N).

Pengukuran Total Padatan Terlarut (TPT)

Pengukuran TPT dilakukan dengan menggunakan

alat *handrefractometer*. Pengukuran dilakukan di 3 titik yaitu pada bagian ujung, tengah dan pangkal. Setiap sampel jeruk diiris sesuai bagiannya, kemudian cairannya diteteskan di atas kaca *handrefractometer* dan hasil TPT akan terlihat pada layar *handrefractometer*. Angka yang tertera pada layar dinyatakan dalam satuan °Brix (derajat Brix).

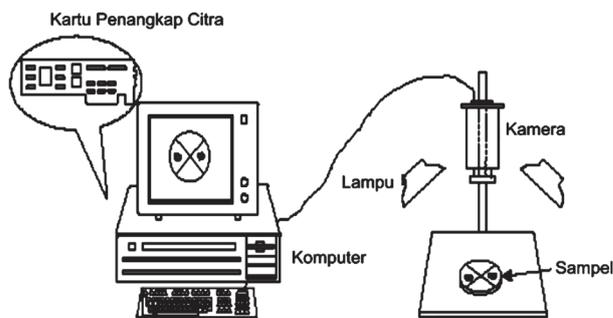
Mengetahui Hubungan Korelasi Pengolahan Citra dan Konvensional

1. Analisis korelasi regresi linear antara indeks warna (merah, hijau dan biru) dengan tingkat kekerasan kulit buah jeruk siam Gunung Omeh.
2. Analisis korelasi regresi linear antara indeks warna (merah, hijau dan biru) dengan total padatan terlarut kulit buah jeruk siam Gunung Omeh.
3. Analisis korelasi regresi linear antara indeks warna (merah, hijau dan biru) dengan tingkat kekerasan kulit buah jeruk siam Gunung Omeh.
4. Analisis korelasi regresi linear antara area dengan berat buah jeruk siam Gunung Omeh.

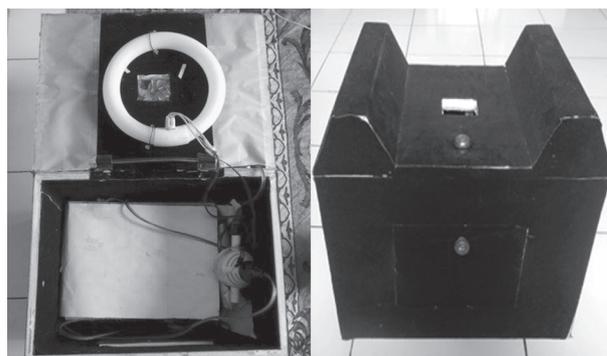
Hasil dan Pembahasan

Penentuan Tingkat Kematangan dengan Metode Konvensional

Berat buah jeruk siam Gunung Omeh pada berbagai umur petik dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai berat buah jeruk tidak berbeda antara masing – masing tingkat kematangan. Hal ini berarti bertambahnya umur tidak ditandai dengan perubahan berat buah



Gambar 2. Skema Perekaman Obyek ke dalam Citra Digital (Sun, 2003).



Gambar 3. Kotak Penangkap Citra yang digunakan.

jeruk. Menurut pendapat Damiri dkk, (2004) pada penelitian identifikasi tingkat ketuaan dan kematangan buah jeruk lemon, sampel jeruk pada umur petik 100 sbm, 110 sbm dan 120 sbm telah memasuki stadium tua sehingga buah memiliki kecenderungan untuk tidak mengalami pertumbuhan melainkan berubah menjadi masak.

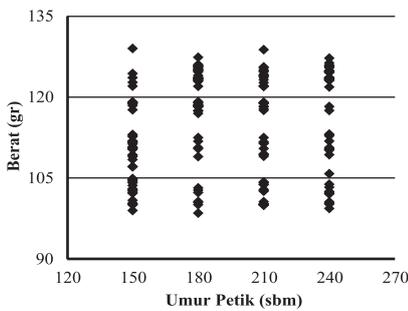
Nilai kekerasan buah jeruk hasil pengukuran mengalami penurunan dari umur petik 150 sbm sampai umur petik 240 sbm, semakin tinggi tingkat kematangan buah jeruk maka nilai kekerasannya semakin menurun seperti yang terlihat pada Gambar 5. Hal ini sesuai dengan pendapat Huber (1983) yang menyatakan pematangan selalu ditandai dengan penurunan kekerasan buah yang disebabkan oleh perubahan struktur dan kandungan kimia pada dinding sel karbohidrat dalam jaringan buah. Kekerasan adalah ketahanan buah dalam suatu tekanan yang diberikan, kekerasan dapat menentukan tingkat kematangan pada buah – buahan (Elfina, 2015).

Total padatan terlarut buah jeruk siam pada berbagai umur petik seperti pada Gambar 6, terlihat

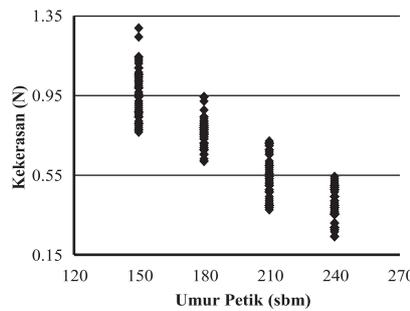
perubahan kandungan total padatan terlarut meningkat seiring bertambahnya umur buah jeruk siam. Hal ini sejalan dengan pendapat Qomariah et al, (2013), yang menyatakan kandungan total padatan terlarut berbanding lurus dengan umur buah dan mencapai kadar tertinggi pada umur maksimum. Kandungan total padatan terlarut meningkat karena perubahan pati menjadi gula yang menyebabkan kandungan total padatan terlarut semakin meningkat.

Prediksi Tingkat Kematangan Buah Jeruk Siam Gunung Omeh dengan Pengolahan Citra

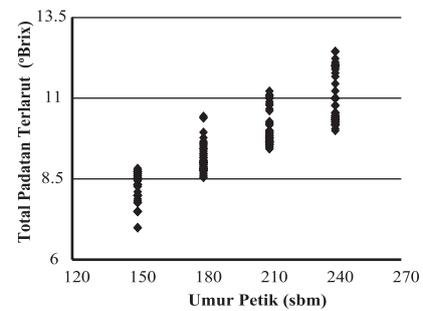
Nilai area buah yang diperoleh dari pengolahan citra buah jeruk siam pada berbagai umur petik seperti pada Gambar 8, terlihat sebaran hasil pengolahan citra untuk jumlah pixel pada berbagai umur petiknya tidak menunjukkan perbedaan. Hal ini dikarenakan sampel jeruk siam yang digunakan memiliki ukuran yang hampir sama untuk setiap tingkat kematangannya. Menurut Ahmad (2002) bentuk dan warna kulit buah tidak dapat digunakan untuk menentukan tingkat kematangan.



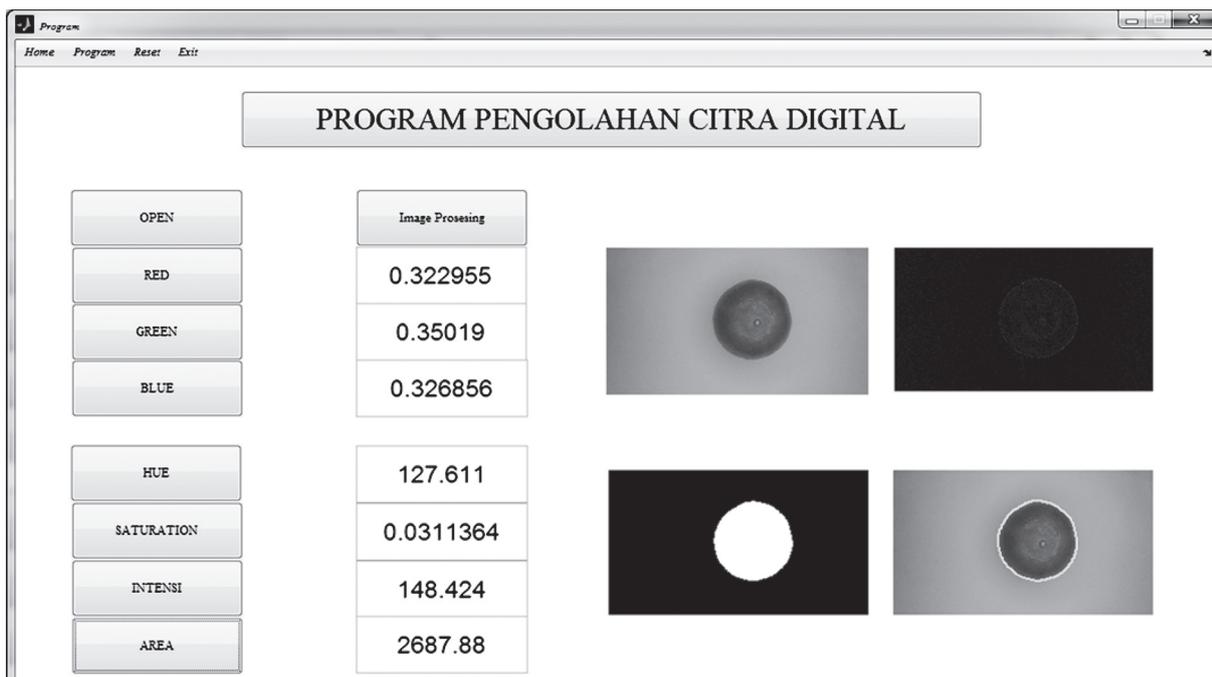
Gambar 4. Berat jeruk siam Gunung Omeh pada berbagai tingkat kematangan.



Gambar 5. Tingkat kekerasan jeruk siam Gunung Omeh pada berbagai tingkat kematangan.



Gambar 6. Total padatan terlarut jeruk siam Gunung Omeh pada berbagai tingkat kematangan.

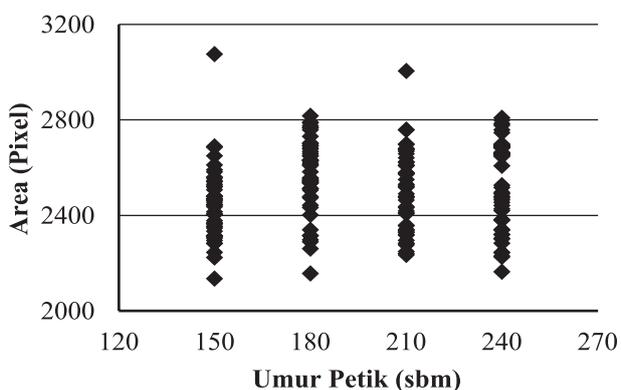


Gambar 7. Tampilan program pengolahan citra jeruk siam Gunung Omeh.

Nilai indeks *red* yang diperoleh dari hasil pengolahan citra buah jeruk siam pada berbagai umur petik seperti pada Gambar 9a, terlihat sebaran hasil pengolahan citra untuk indeks *red* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya umur buah jeruk siam, hal ini dikarenakan buah jeruk dalam proses pemasakan sehingga terjadi perubahan warna dari warna hijau ke warna kuning. Hal ini sesuai dengan pendapat (Winarno dan Aman, 1981), yang menyatakan proses pemasakan buah secara umum terjadi perubahan – perubahan fisiologis pada buah adalah perombakan klorofil yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna buah dari hijau ke warna kuning dan merah.

Nilai indeks *green* yang diperoleh dari hasil pengolahan citra buah jeruk siam pada berbagai umur petik seperti pada Gambar 9b, terlihat sebaran hasil pengolahan citra untuk indeks *green* semakin menurun seiring bertambahnya umur buah jeruk siam, karena buah mengalami perubahan warna dari hijau menjadi kuning. Hal ini sejalan dengan pendapat Pantastico (1997) yang menyatakan tanda kematangan pertama pada buah adalah hilangnya warna hijau, terjadinya perubahan warna tersebut dikarenakan terjadinya pemecahan klorofil sedikit demi sedikit sehingga warna alami lainnya akan terbuka.

Nilai indeks *blue* yang diperoleh dari hasil pengolahan citra buah jeruk siam pada berbagai umur petik seperti pada Gambar 9c, terlihat sebaran hasil pengolahan citra untuk indeks *blue* semakin menurun seiring bertambahnya umur, karena buah jeruk siam mengalami degradasi yang menyebabkan warna hijau berubah menjadi kuning. Warna kuning merupakan perpaduan warna merah dan warna hijau (Sutoyo *et al*, 2009).

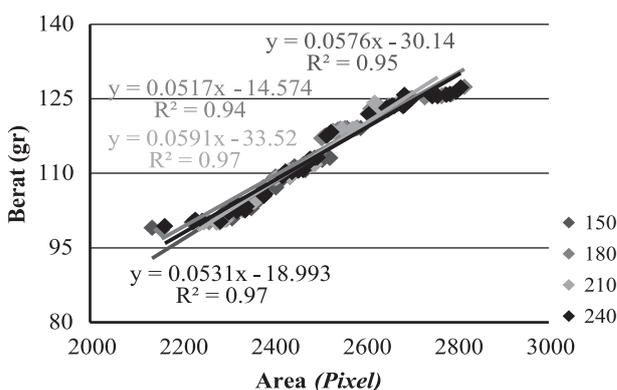


Gambar 8. Area buah jeruk siam pada berbagai tingkat kematangan.

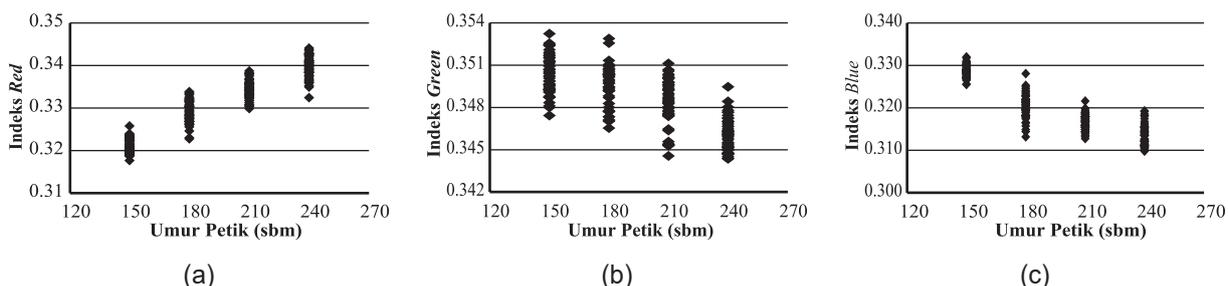
Penentuan Hubungan Hasil Pengukuran Metode Konvensional dengan Metode Pengolahan Citra

Berat jeruk hasil pengukuran memiliki korelasi yang sangat kuat dengan area hasil pengolahan citra seperti yang terlihat pada Gambar 10. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasinya ($R^2 = 0.95$ pada umur petik 150 hari, $R^2 = 0.94$ pada umur petik 180 hari, $R^2 = 0.97$ pada umur petik 210 hari dan $R^2 = 0.97$ pada umur petik 240 hari, artinya semakin berat buah jeruk maka semakin tinggi nilai areanya. Hal ini sesuai dengan pendapat Damiri dkk, 2004, bahwa semakin berat bobot jeruk maka semakin luas hasil proyeksi pada bidang 2 dimensi.

Kekerasan buah jeruk siam hasil pengukuran memiliki korelasi yang kuat dengan indeks warna *red* dan *blue*, seperti yang terlihat pada Gambar 11a dan 11c. Hal ini ditunjukkan dengan nilai determinasi yang diperoleh ($R^2 = 0.72$ dan $R^2 = 0.65$, artinya semakin tinggi nilai indeks *red* maka tingkat kekerasan semakin menurun dan semakin tinggi nilai indeks *blue* maka tingkat kekerasan semakin meningkat. Nilai kekerasan buah jeruk hasil pengukuran memiliki korelasi yang sedang dengan indeks warna *green* hasil pengolahan citra seperti yang terlihat pada Gambar 11b. Hal ini ditunjukkan dengan nilai determinasi yang diperoleh ($R^2 = 0.44$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat kekerasan tidak dipengaruhi oleh indeks warna *green*. Penurunan tingkat kekerasan disebabkan pada proses pengembangan dan pematangan tekanan turgor selalu berubah. Perubahan tersebut akan menyebabkan buah menjadi lunak apabila terlalu masak. Secara umum dinding sel terdiri dari selulose, hemiselulose, zat pektin dan lignin. Selama proses



Gambar 10. Korelasi berat dan area citra buah jeruk siam Gunung Omeh.



Gambar 9. Indeks *red*, *green* dan *blue* buah jeruk siam pada berbagai tingkat kematangan.

penuaan buah ditandai dengan penurunan kekerasan sebagai akibat modifikasi pektin dan hemiselulosa sel dinding, di mana secara paralel terjadi peningkatan aktivitas enzim utama sel dinding pectinesterase, β -galactosidase, dan $\beta(1,4)$ glucanase (Winarno, 2001).

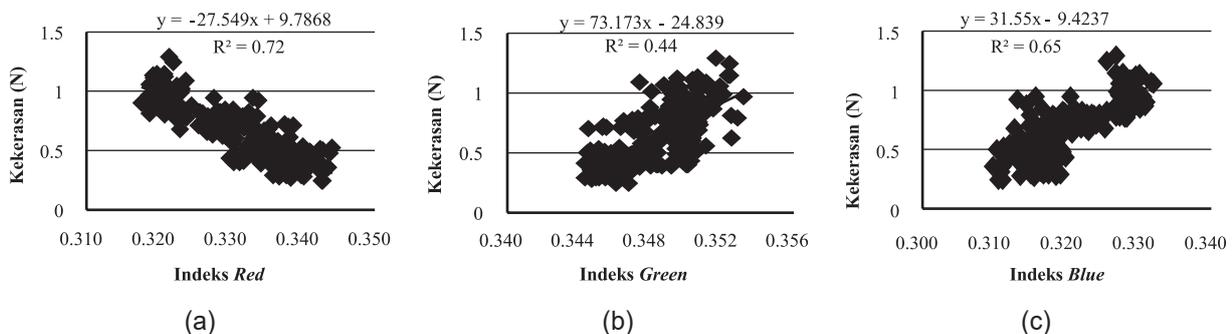
Kandungan total padatan terlarut buah jeruk hasil pengukuran memiliki korelasi yang kuat dengan indeks *red* dan indeks *blue*, seperti yang terlihat pada Gambar 12a dan 12c. Hal ini ditunjukkan dengan nilai determinasi yang diperoleh (R^2) = 0.71 dan (R^2) = 0.65, artinya semakin tinggi nilai indeks *red* maka tingkatan kandungan total padatan terlarut semakin meningkat dan semakin tinggi nilai indeks *blue* maka tingkatan kandungan total padatan terlarut semakin menurun. Total padatan terlarut buah jeruk hasil pengukuran memiliki korelasi yang sedang dengan indeks *green* hasil pengolahan citra seperti yang terlihat pada Gambar 12b. Hal ini ditunjukkan dengan nilai determinasi yang diperoleh yaitu (R^2) = 0.41, dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan total padatan terlarut tidak dipengaruhi oleh indeks *green*. Perubahan nilai total padatan terlarut diduga disebabkan perubahan propektin yang tidak larut dalam air menjadi pektin yang larut dalam air dan juga disebabkan oleh enzim glukoamilase yang merubah pati menjadi gula-gula sederhana. Naiknya nilai *b* berarti buah jeruk semakin tua, yang menyebabkan buah lebih banyak mengandung air. Hal ini terlihat dari tekstur buah sudah lembek, tingginya kandungan air membuat total padatan terlarutnya semakin tinggi (Suyanti et al, 1997).

Validasi

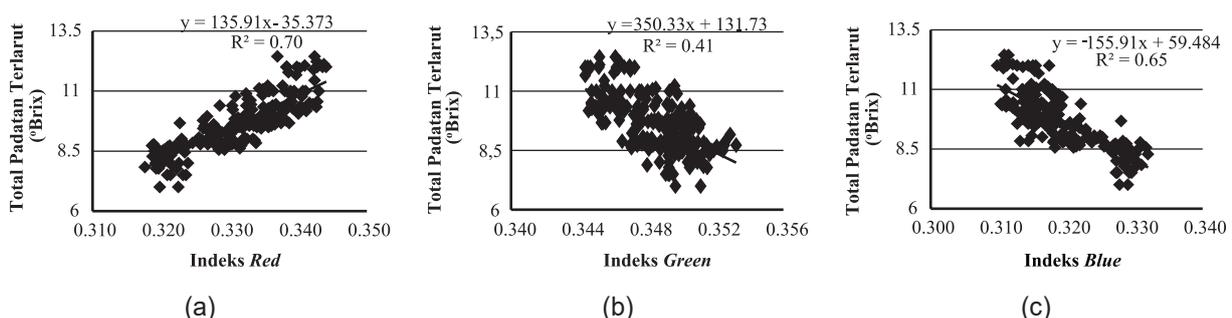
Validasi dilakukan untuk mengetahui ketepatan program dalam menduga parameter tingkat kematangan. Hasil validasi pengolahan citra digital dapat dilihat pada Gambar 13.

Validasi nilai berat eksperimen dengan nilai berat model warna menunjukkan nilai koefisien determinasi yang sangat rendah, karena bertambahnya umur buah tidak ditandai dengan perubahan berat. Hal ini menunjukkan bahwa nilai berat tidak dapat diduga berdasarkan nilai warna, tetapi dapat diduga berdasarkan nilai luas areanya, yang ditunjukkan dengan validasi nilai berat eksperimen dengan berat model berdasarkan nilai area, menghasilkan koefisien determinasi yang tinggi yaitu (R^2) = 0.8717. Nilai koefisien tersebut menunjukkan hubungan yang erat antara berat dengan luas area,

Berdasarkan Gambar 14, hasil validasi nilai kekerasan eksperimen dengan kekerasan model berdasarkan nilai warna RGB dan HSI. Nilai *red*, *green*, *blue*, *hue* dan *saturation* menunjukkan nilai koefisien determinasi yang tinggi yaitu berturut – turut (R^2) = 0.8386, 0.5140, 0.7680, 0.8187 dan 0.7111, hal ini berarti program yang dirancang dapat menduga nilai kekerasan berdasarkan nilai warna tersebut. Tetapi, untuk validasi nilai kekerasan eksperimen dengan nilai kekerasan model berdasarkan nilai *intensity* menunjukkan nilai koefisien determinasi dibawah 0.50 yaitu R^2 = 0.0031, karena nilai *intensity* yang meningkat pada tingkat kematangan tiga dan menurun di tingkat kematangan empat, sehingga tidak memiliki korelasi yang baik terhadap nilai kekerasan.



Gambar 11. Korelasi kekerasan dengan indeks *red*, *green* dan *blue* buah jeruk siam.



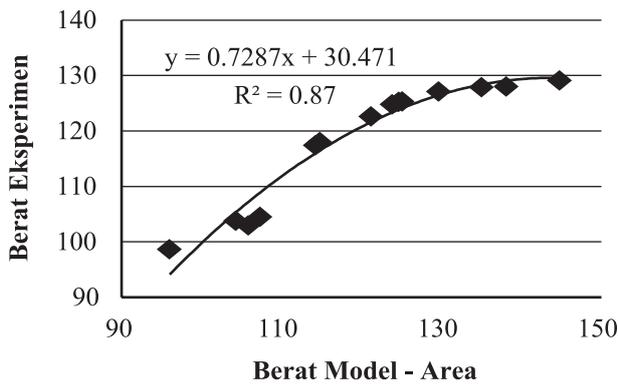
Gambar 12. Korelasi TPT dengan indeks *red*, *green* dan *blue* buah jeruk siam Gunung Omeh.

Berdasarkan Gambar 15, validasi nilai TPT eksperimen dengan nilai TPT model berdasarkan nilai warna RGB dan HSI. Nilai *red*, *green*, *blue*, *hue* dan *saturation* menunjukkan nilai koefisien determinasi yang tinggi yaitu berturut – turut (R^2) = 0.9101, 0.5276, 0.8792, 0.8951 dan 0.5814, hal ini berarti program yang dirancang dapat menduga nilai TPT berdasarkan nilai warna tersebut. Sedangkan untuk validasi nilai TPT eksperimen dengan nilai TPT model berdasarkan nilai *intensity* menunjukkan nilai koefisien determinasi yang rendah yaitu (R^2)= 0.0036, hal ini dikarenakan nilai *intensity* yang meningkat sampai tingkat kematangan tiga dan menurun pada tingkat kematangan empat,

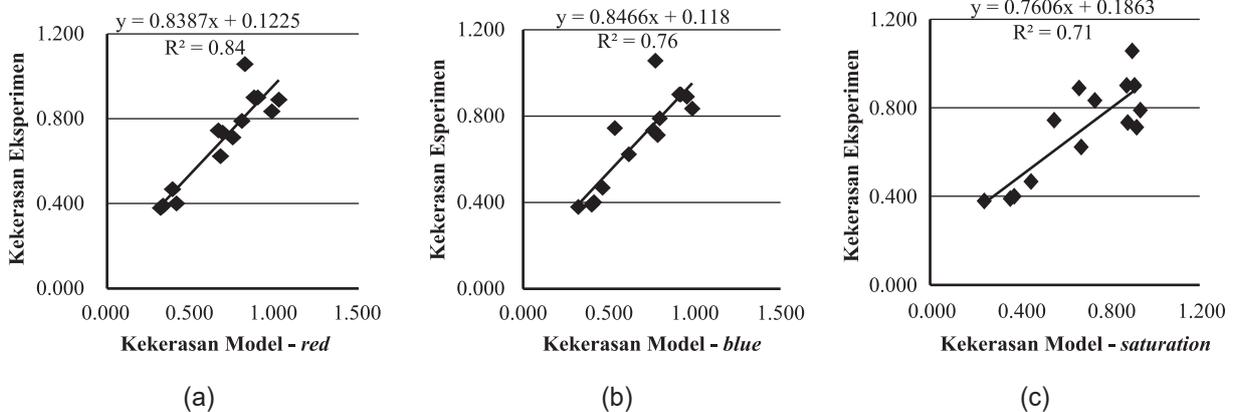
sehingga menghasilkan korelasi yang rendah dengan nilai TPT.

Pengembangan Sistem Prediksi Kematangan Jeruk

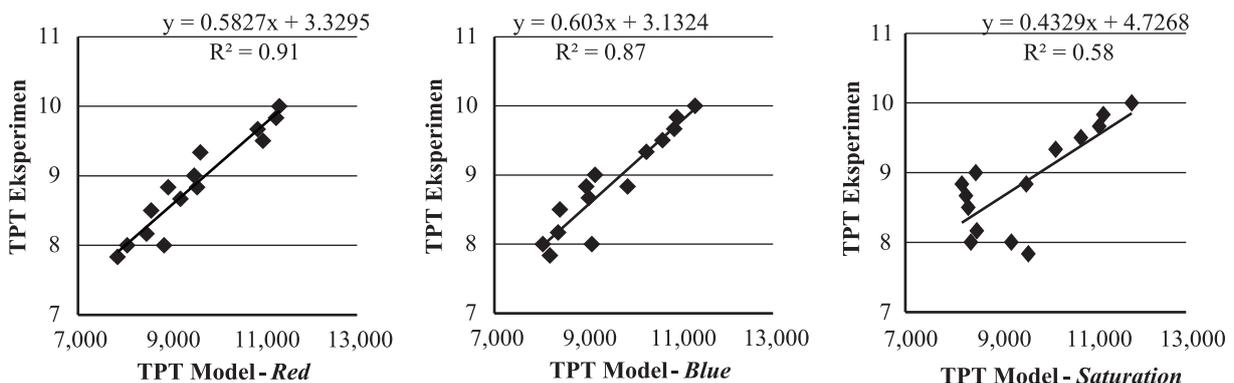
Variabel yang digunakan dalam pengembangan sistem hanya variabel yang mempunyai korelasi dengan tingkat kematangan buah jeruk. Variabel untuk pendugaan tingkat kematangan adalah indeks merah, indeks hijau dan indeks biru. Kesempurnaan dari sistem tergantung dari hasil binerisasi, proses binerisasi harus sesempurna mungkin. Binerisasi adalah proses pemisahan antara obyek dengan latar belakang, sedangkan hasil binerisasi tergantung dari nilai *threshold* yang diberikan. Nilai *threshold* dalam penelitian ini diperoleh dengan mengukur nilai intensitas obyek dan nilai intensitas latar belakang, dari kedua nilai intensitas ini diambil suatu titik yang memisahkan kedua nilai dari hasil percobaan. Nilai *threshold* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100, diharapkan dengan nilai ini dapat memisahkan antara obyek dengan latar belakang secara sempurna. Menurut Ahmad (2005) nilai intensitas obyek mempunyai nilai yang berbeda dengan nilai intensitas latar belakang, jika nilai intensitas suatu obyek berada dalam suatu interval dan nilai intensitas latar belakang berada di luar interval, maka citra biner dapat diperoleh dengan mudah melalui operasi binerisasi.



Gambar 13. Validasi nilai berat berdasarkan nilai area.



Gambar 14. Validasi nilai kekerasan berdasarkan nilai RGB



Gambar 15. Validasi nilai TPT berdasarkan nilai RGB.

Simpulan

1. Indeks warna (*red*, *green* dan *blue*) mampu mengelompokkan buah jeruk siam Gunung Omeh berdasarkan umur petik, karena menunjukkan perbedaan seiring bertambahnya umur, sehingga dapat dijadikan acuan untuk mengidentifikasi buah jeruk siam berdasarkan tingkat kematangan.
2. Nilai area hasil pengolahan citra tidak menunjukkan perbedaan pada berbagai tingkat kematangan.
3. Indeks warna (*red*, *green* dan *blue*) hasil pengolahan citra mempunyai korelasi dengan tingkat kekerasan buah jeruk, masing-masing dengan $(R^2) = 0.72$, $(R^2) = 0.44$ dan $(R^2) = 0.65$.
4. Indeks warna (*red*, *green* dan *blue*) hasil pengolahan citra mempunyai korelasi dengan nilai total padatan terlarut buah jeruk, masing-masing dengan $(R^2) = 0.71$, $(R^2) = 0.41$ dan $(R^2) = 0.65$.
5. Area hasil pengolahan citra mempunyai korelasi dengan berat jeruk dengan $(R^2) = 0.96$.
6. Variabel untuk pendugaan tingkat kematangan adalah indeks merah, indeks hijau dan indeks biru. Nilai *threshold* untuk memisahkan obyek dengan latar belakang adalah 100.

Daftar Pustaka

- Abraham, G.B., A.B. Rafael, R.G. Enrique, T.A. Manuel and M.S. Genaro. 2011. Tomato quality evaluation with image processing. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(14): 3333-3339.
- Ahmad, U. 2002. *Pengolahan citra untuk pemeriksaan mutu buah mangga*. Buletin Keteknikan Pertanian 16 (1): 30-41
- Ahmad, U. 2005. *Pengolahan Citra dan Teknik Pemrogramannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Ahmad, U., D.M. Subrata dan S. Gunayanti. 2004. Pemutuan buah mangga berdasarkan penampakannya menggunakan pengolahan citra. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. Vol 18 (1).
- Damiri, D.J. 2003. *Identifikasi tingkat ketuaan dan kematangan jeruk lemon (citrus medica) menggunakan pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan*. [Thesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Damiri, D.J., U. Ahmad dan Suroso. 2004. Identifikasi tingkat ketuaan dan kematangan jeruk lemon (*citrus medica*) menggunakan pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, Vol 18 (1).
- Elfina, L. 2015. *Aplikasi pengolahan citra digital untuk mempelajari tingkat kematangan pada buah naga berdaging merah (Hylocereus polyrhizus)*. [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Andalas. Padang
- Huber. D.J. 1983. The Role of Cell Wall Hydrolases in Fruit Ripening. *Hort. Rev.* 5:169-219.
- Ifmalinda. 2011. Prediksi tingkat kematangan buah tomat berbasis citra digital. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 15 (1)
- Pantastico, E.R.B. 1997. *Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah –Buahan dan Sayur – Sayuran Tropika dan Subtropika*. Penerjemah Kamariyani. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Putra, D. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Qomariah, R., A. Hasibuan, S. Lesmayati dan H. Hasan. 2013. *Kajian Prapanen Jeruk Siam (Citrus suhuiensis Tan) untuk Ekspor*. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan (ID).
- Sutoyo, T., E. Mulyanto, V. Suhartono, O.D. Nurhayati dan Wijanarto. 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*. Udinus. Semarang.
- Suyanti, Roosmani A.B.S.T. dan Sjaifullah. 1997. Karakterisasi sifat fisik dan kimia buah manggis dari beberapa cara panen. *J. Hort.* 6:492-505.
- Winarno, F.G. 2001. *Fisiologi Lepas Panen*. Sastra Hudaya Jakarta.