

TEKNOLOGI PERTANIAN**KAJIAN SIFAT FISIK BUAH PEPAYA (*Carica papaya L.*) MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA (IMAGE PROCESSING)***(Study of Physical Properties of Fruit Papaya (*Carica papaya L.*) Using Digital Image Processing)***Wahyu Dwi Cahyono¹⁾, Dedy Wirawan S., Askin**

Lab. Energi, Otomatisasi dan Instrumentasi Pertanian, serta Lab. Enjinering Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember,

Jl. Kalimantan no. 37 Kampus Tegalboto, Jember, 68121

¹⁾E-mail: wahyudwi.virgo19@gmail.com**ABSTRACT**

Post-harvest activities is one of the activities to maintain the quality of the fruit quality. In the post-harvest handling activities necessary to evaluate the physical quality of the fruit. This study aims to create a statistical model of image variables that have a relationship with weight, total dissolved solids, and the level of hardness in Bangkok papaya, California, and Solo. An image quality variable relations with the physical properties of papaya between heavy with area, height, width, index r, g, and b having a low correlation level. The level of hardness in the area, height, width and index b having the very low correlation and for an index r and g having strong correlation with the coefficient of determination (R^2) of 0.634 (California) for index r, and 0616 (California) for index g while in Bangkok and Solo having a very low correlation. The correlation between TPT with the area, height, width, index r, g, and b is very low. The physical properties variables that can using to predicting the type of papaya is level of hardness fruit, while the weight and TPT can not.

Keywords: quality, physical, image, relations.**PENDAHULUAN**

Pepaya (*Carica papaya L.*) merupakan salah satu buah yang banyak dikonsumsi dan disajikan di hotel dan restoran yang menuntut mutu yang tinggi. Selain untuk memenuhi pasar dalam negeri, pepaya juga diekspor ke mancanegara. Produsen buah pepaya harus menghasilkan buah pepaya dengan kualitas baik yang ditentukan oleh penanganan pasca panen, supaya dapat bersaing di pasar dunia.

Kegiatan pasca panen yang merupakan salah satu kegiatan untuk mempertahankan kualitas mutu buah pepaya. Kegiatan penanganan pasca panen diperlukan evaluasi terhadap mutu fisik buah. Sifat fisik buah yang diamati di lapang hanya terbatas pada ukuran dan warna, kurang memperhatikan total padatan terlarut dan kekerasan buah. Umumnya masyarakat menggunakan cara manual dengan metode pengukuran destruktif. Apabila menggunakan cara manual dibutuhkan waktu yang lama dan tingkat akurasi yang rendah. Hal tersebut dikarenakan penilaian yang secara subyektif dan adanya faktor kelelahan sehingga kemungkinan terjadinya kesalahan dalam penentuan cukup besar. Metode destruktif yang digunakan untuk menganalisis total padatan terlarut dan kekerasan buah juga memiliki kelemahan, yaitu bahan yang telah diuji menjadi rusak. Selain itu pengujiannya hanya dilakukan dengan pengambilan contoh serta biaya yang mahal karena memerlukan uji laboratorium.

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan suatu teknologi pengukuran non-destruktif yang dapat membantu dalam penentuan sifat fisik buah pepaya. Metode non-destruktif adalah teknik untuk menentukan klasifikasi penentuan sifat fisik buah pepaya secara efektif dan efisien tanpa merusak buah tersebut. Teknologi yang dapat digunakan adalah teknik pengolahan citra digital. Melalui teknik ini dapat dilakukan pencitraan terhadap sifat fisik buah pepaya, sehingga dalam pengolahan citra pada buah pepaya nantinya juga akan didapat hasil dari sifat fisik buah pepaya seperti berat, total padatan terlarut dan tingkat kekerasan.

TINJAUAN PUSTAKA**Klasifikasi dan Ciri Buah Pepaya**

Buah pepaya dengan nama ilmiah *Carica papaya L.*, termasuk dalam klasifikasi berikut ini:

Kingdom : Plantae (tumbuh-tumbuhan)
 Divisio : Spermaphyta (tanaman berbiji)
 Kelas : Dicotyledoneae (biji berkeping dua)
 Ordo : Cistales
 Famili : Caricaceae
 Genus : *Carica*
 Species : *Carica papaya L.*

(Rukmana, 1995:18).

Berbagai bentuk buah pepaya yang ditemukan di alam, pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Pepaya Semangka

Ciri-ciri dari pepaya jenis semangka adalah daging buahnya tebal, berwarna merah mirip daging buah semangka dan citarasanya manis dan yang termasuk jenis pepaya semangka diantaranya pepaya Jinggo, Semangka, Cibinong, Bangkok, dan Hortus Gold.

2. Pepaya Burung

Ciri-ciri pepaya jenis burung yaitu daging buahnya berwarna kuning, harum dan citarasanya manis masam dan yang termasuk jenis pepaya burung diantaranya pepaya Ijo, Hitam Bundar dan Solo (Rukmana, 1995: 26-27).

Tabel 1. Perbedaan dari 3 Varietas Pepaya

No.	Karakteristik	Bangkok	California	Solo
1.	Warna	Hijau kekuningan	Hijau kekuningan	Kuning segar
2.	Berat	± 1,5-3,5 Kg	± 1-1,7 Kg	± 0,4-1 Kg
3.	Bentuk	Bulat dan lebih besar	Lonjong	Seperti alpukat berleher
4.	Rasa	Manis	Manis	Manis

Sumber: Kalie (2002: 24-28).

Pengukuran Sifat Fisik Buah Pepaya

A. Pengukuran Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut merupakan salah satu indikator kualitas buah dan tingkat kemanisan, karena gula merupakan komponen utama bahan padat yang terlarut (Santoso dan Purwoko, 1995). Besaran nilai yang dihasilkan melalui pengukuran padatan terlarut dinyatakan dalam satuan °Brix. Skala °Brix dari refraktometer sama dengan berat gram sukrosa dari 100 g larutan sukrosa (Ihsan dan Wahyudi, 2010: 2). Cara untuk mengetahui nilai TPT maka pepaya terlebih dahulu dihancurkan dan diambil cairan ekstraknya. Cairan ini lalu diukur nilai °Brix-nya dengan menggunakan refraktometer yang akan muncul pada display (Pandjaitan, 2014: 21).

B. Pengukuran Kekerasan

Tekstur merupakan faktor yang diperlukan untuk mempertahankan produk dari cekaman selama proses penanganan pasca panen terutama pendistribusian. Alat yang dapat digunakan sebagai pengukur kekerasan bahan pangan adalah pnetrometer. Konsistensi bahan didapatkan dengan menekan sampel dengan penekan standar seperti *cone*, jarum atau batang yang ditenggelamkan pada sampel tersebut (Dwihapsari dan Darminto, 2010:2).

Pengolahan Citra Digital

Teknik-teknik pengolahan citra biasanya digunakan untuk melakukan transformasi dari satu citra ke citra lainnya, sementara untuk melakukan tugas perbaikan informasi dilakukan oleh manusia. Sebuah citra adalah kumpulan piksel – piksel yang disusun dalam larik dua dimesi yaitu (x,y). Umumnya citra dibentuk dari kotak-kotak persegi empat yang teratur (piksel). Cara untuk menunjukkan suatu lokasi piksel, koordinat (0,0) digunakan untuk posisi kiri atas dalam bidang citra, dan koordinat (m-1, n-1) digunakan untuk posisi kanan bawah dalam citra berukuran mxn piksel (Ahmad, 2005:11).

Segmentasi Citra

Sebelum dilakukan pengukuran variabel di atas, proses segmentasi perlu dilakukan. Berikut merupakan proses perhitungan beberapa fitur citra biner yaitu:

1. Area

Area merupakan ukuran dari suatu obyek yang dinyatakan dalam satuan piksel. Pengolahan citra digital, area dapat digunakan pula sebagai salah satu penentuan standar mutu produk.

2. Perimeter

Perimeter adalah bagian terluar suatu obyek yang bersebelahan dengan piksel atau piksel-piksel dari latar belakang. Nilai perimeter suatu obyek dapat dicari dengan menghitung banyak piksel yang berada pada perbatasan obyek dengan latar belakang (*background*) (Ahmad, 2005:147).

3. Faktor Bentuk

Faktor bentuk merupakan salah satu sifat geometri yang merupakan suatu rasio antara area dengan perimeter atau rasio antara area dengan panjang maksimal suatu citra. Ada dua faktor bentuk yang umum digunakan yaitu *compactness* (kekompakan) dan *roundness* (kebundaran). Ukuran dari dua macam faktor bentuk ini dapat digunakan untuk menentukan jenis suatu obyek dari suatu citra.

4. Pengolahan Warna

Warna bergantung pada iluminasi dimana objek terlihat. Objek dikatakan berwarna putih apabila memantulkan seluruh cahaya yang datang, sedangkan sebaliknya disebut hitam bila menyerap seluruh cahaya. Proses pembentukan warna, model RGB dibentuk dari hasil kombinasi energi cahaya ketiga warna pokok yang menyatakan nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru (Ahmad, 2005:271). Berikut persamaan untuk pengolahan warna yaitu:

Indeks warna merah (Ir) $\hat{=} \frac{R}{R+G+B}$ (Pers.

1)

Indeks warna hijau (Ig) $\hat{=} \frac{G}{R+G+B}$ (Pers.

2)

Indeks warna biru (Ib) $\hat{=} \frac{B}{R+G+B}$ (Pers.

3)

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2015 sampai dengan bulan Agustus 2015. Penelitian ini direncanakan di Laboratorium Energi, Otomatisasi dan Instrumentasi Pertanian, serta Laboratorium Enjinering Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan Pengambilan sampel penelitian ini diperoleh dari petani pepaya di Kelurahan Tegal Gede, Kabupaten Jember.

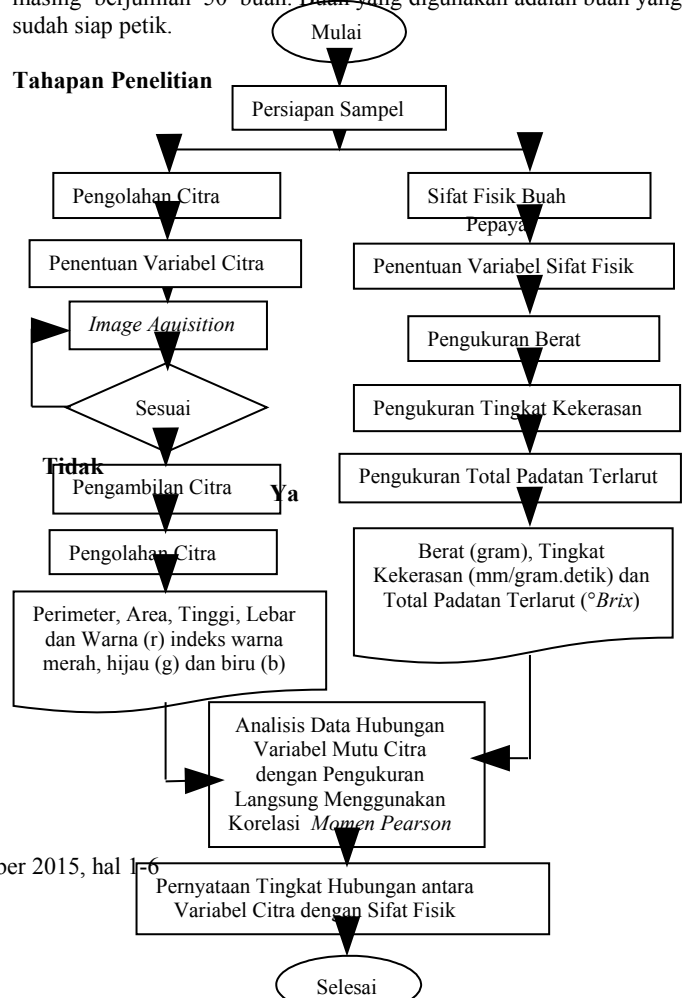
Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Empat buah lampu TL dengan daya 5 Watt
- b. Kamera CCD (*Charge Coupled Device*) 31BU04.H
- c. Kain berwarna putih
- d. Seperangkat komputer,
- e. *Software Jasc Paint Shop Pro 9*
- f. *Software IC Capture 2.2*
- g. *Software Sharp Develop 4.2*
- h. Refraktometer Atago Master
- i. Pnetrometer
- j. Timbangan digital O’hauss Pioneer (ketelitian 0,001 gram) dan digital Camry EK-5055 (ketelitian 1 gram)

Bahan yang digunakan adalah buah pepaya (*Carica papaya L.*) dari 3 varietas, yaitu pepaya Bangkok, California dan Solo, masing-masing berjumlah 50 buah. Buah yang digunakan adalah buah yang sudah siap petik.

Tahapan Penelitian



dari bahan. Berikut cara untuk menentukan kekerasan buah pepaya dapat disajikan pada persamaan 1.

$$Penetrasi = \frac{\text{rata-rata hasil pengukuran} \times \frac{1}{10} (mm)}{\text{bobot beban (g)} \times \text{waktu pengujian (det)}}$$

.....(Pers. 1)

c. Pengukuran total padatan terlarut (TPT)

Pengukuran total padatan terlarut buah pepaya menggunakan refraktometer. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan sari buah pepaya ke dalam refraktometer dan dilakukan pembacaan nilai total padatan terlarut. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian nilainya dirata-rata. Skala pada refraktometer menunjukkan nilai total padatan terlarut yang dinyatakan dalam °Brix.

Pada penelitian ini terdapat dua analisis data yang digunakan, diantaranya:

- Analisis yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara data menggunakan variabel citra dengan pengukuran langsung. Analisis data yang dilakukan menggunakan korelasi *moment pearson*. Nilai yang didapat dari koefisien korelasi kemudian dikuadratkan (R^2) untuk mendapatkan nilai koefisien determinasi. Hasil dari nilai R^2 digunakan untuk menentukan tingkat hubungan kedua variabel dengan melihat Tabel 3.2 berikut.

Tabel 2. Koefisien Korelasi dengan Tingkat Hubungan

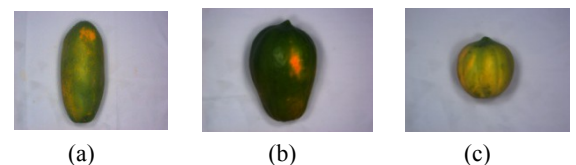
Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00 – 0.199	Sangat rendah
0.20 – 0.399	Rendah
0.40 – 0.599	Cukup
0.60 – 0.799	Kuat
0.80 – 1.000	Sangat Kuat

- Analisis statistik terhadap sifat fisik buah pepaya. Hasil pengukuran sifat fisik berat, tingkat kekerasan dan total padatan terlarut (TPT) dianalisis dengan menggunakan parameter statistik untuk mengetahui korelasi dengan kriteria mutu sampel berdasarkan varietas pepaya. Ukuran statistik yang dipakai adalah rata-rata, standar deviasi, K1 (kuartil pertama), median/ K2 (kuartil kedua), K3 (kuartil ketiga), nilai minimum dan nilai maksimum. Nilai-nilai variabel mutu digambarkan dalam grafik boxplot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program Pengolahan Citra

Pengambilan citra buah pepaya direkam menggunakan *software IC Capture 2.2* dan kamera CCD dengan resolusi 1024 x 768 piksel, dan berformat BMP. Berikut Gambar 4.1 hasil pengambilan



Gambar 2. Hasil Pengambilan Citra 3 Varietas Buah Pepaya (a) California, (b) Bangkok dan (c) Solo

Program pengolahan citra dalam penelitian ini menggunakan *software Sharp Develop 4.2* dengan variabel yang digunakan pada pengolahan citra yaitu area, tinggi, lebar, perimeter, indeks warna merah (r), hijau (g) dan biru (b). Cara kerja program pengolahan citra buah pepaya dengan menekan tombol “Buka File” kemudian memilih

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sampel buah pepaya diperoleh dengan cara membeli dari petani pepaya di Kelurahan Tegal Gede, Kabupaten Jember. Sampel diambil langsung secara bertahap dari kebun.

Metode *image aquisition* yang digunakan adalah *trial and error*. Prosedur yang dilakukan meliputi menentukan jarak kamera sehingga mendapatkan citra yang sama atau mendekati aslinya, menempatkan lampu TL dengan posisi terbaik agar mendapatkan pencahayaan seragam pada obyek, tidak menimbulkan bayang-bayang, memilih warna *background* yang tepat untuk mendapatkan hasil pengolahan citra terbaik.

Tabel 2. Hubungan Variabel Buah pepaya dan Variabel Citra

No	Sifat Fisik Buah Pepaya	Variabel Citra Digital	Uraian
1	Berat Buah	Area, tinggi, lebar, r, g, dan b	Variabel mutu pengolahan citra yang dimungkinkan dapat merepresentasikan berat, kekerasan dan total padatan terlarut buah yaitu area, tinggi, lebar (memiliki dimensi piksel) dan indeks warna merah (r), warna hijau (g), warna biru (b).
2	Kekerasan Buah	Area, tinggi, lebar, r, g, dan b	
3	Total Padatan Terlarut	Area, tinggi, lebar, r, g, dan b	

Selanjutnya untuk pengambilan citra yang dilakukan adalah buah pepaya dengan varietas yang berbeda, yaitu pepaya Bangkok, California dan Solo terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran yang menempel. Meletakkan buah pepaya varietas Bangkok pada papan pengambilan gambar menghadap horizontal ke kamera, setelah itu melakukan pengambilan citra sebanyak dua kali, yaitu pada penampakan bagian atas dan bawah buah pepaya. Menyimpan hasil perekaman citra ke dalam bentuk format file berekstensi .bmp serta melakukan cara yang sama pada varietas California dan Solo.

Tahapan dimulai dengan pembuatan program pengolahan citra menggunakan *software Sharp Develop 4.2*. Selanjutnya adalah tahapan ekstraksi citra dengan tujuan untuk menghasilkan tujuh variabel yang telah ditetapkan berupa area, tinggi, lebar, perimeter, r, g, dan b. Berikutnya pengolahan citra dari data rekaman citra dan diolah di program pengolahan citra. Langkah yang dilakukan dalam pengolahan citra adalah membuka program pengolahan citra yang telah dibuat menggunakan bahasa pemrograman *Sharp Develop 4.2*, membuka hasil rekaman citra buah pepaya yang telah disimpan dalam format .bmp pada program pengolahan citra, dan melakukan proses *running* program pengolahan citra buah pepaya untuk mendapatkan variabel mutu, berupa area, perimeter, tinggi, lebar, r, g dan b. Hasil analisa citra dari program ini disajikan dalam bentuk file teks.

Kemudian dilakukan 3 pengukuran langsung yaitu:

a. Pengukuran berat

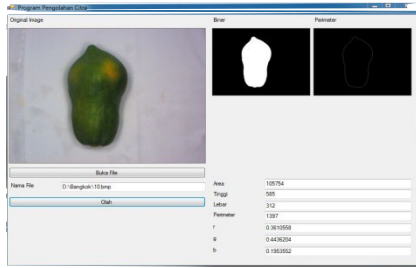
Pengukuran berat buah pepaya dengan menggunakan timbangan digital O’hauss (ketelitian 0,001 gram). Pengukuran berat dilakukan sebanyak tiga kali kemudian ketiga hasil pengukuran dirata-rata.

b. Pengukuran kekerasan buah

Pengukuran kekerasan buah pepaya dengan menggunakan penetrometer. Pengukuran ini dilakukan pada 5 tempat yang berbeda, kemudian nilainya dirata-rata. Skala pada monitor menunjukkan gaya yang diperoleh untuk menembus bahan sebanding dengan kekerasan

Cahyono, et al., Kajian Sifat Fisik Buah Pepaya (*Carica papaya L.*) Menggunakan Pengolahan Citra (Image Processing)

citra yang akan diolah. Citra akan ditampilkan pada PictureBox “Original Image” dan akan muncul informasi di TextBox dengan label “Nama File”. Kemudian menekan tombol “Olah” yang didalamnya telah berisi perintah untuk mengekstraksi citra.

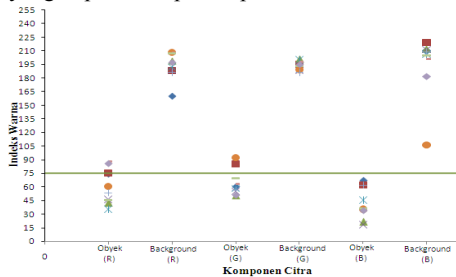


Gambar 3. Tampilan

Program Pengolahan Citra Buah Pepaya

Nilai Batas Segmentasi (Threshold) Background

Proses penentuan nilai *threshold* dilakukan dengan mengambil beberapa sampel warna RGB dari ketiga jenis citra buah pepaya, kemudian sampel dianalisis menggunakan grafik untuk mengetahui perbedaan warna RGB yang dimiliki oleh obyek dan *background*, sehingga didapatkan batasan yang optimal. Berikut grafik yang digunakan untuk menentukan nilai batas segmentasi fungsi *threshold background* yang dapat ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sebaran

Nilai RGB Pembentuk Obyek dan Background

Berdasarkan grafik, fungsi *threshold* dapat diformulasikan dengan rumus: jika $R > 75$ and $G > 75$ and $B > 75$ maka akan diidentifikasi sebagai *background* dan diubah menjadi hitam (nilai RGB = 0) selain itu akan diidentifikasi sebagai obyek dan diubah menjadi putih (nilai RGB = 255).

Proses Ekstraksi Citra

Berikut langkah-langkah yang dilakukan pada proses *ekstraksi* citra:

1. Meletakkan proses segmentasi atau *threshold* yaitu pemisahan *background* dengan obyek untuk mendapatkan citra biner
2. Perhitungan tinggi dan lebar buah Pepaya didapatkan dengan cara menentukan absis (x) awal citra putih dan absis (x) akhir citra putih kemudian dihitung lebar jaraknya, sedangkan untuk tinggi didapatkan dengan cara menentukan ordinat (y) awal citra putih dan ordinat (y) akhir citra putih kemudian dapat dihitung tingginya.
3. Area buah pepaya dihitung dengan cara menjumlahkan piksel-piksel berwarna putih citra biner hasil dari *thresholding*.
4. Perhitungan parameter warna ditentukan dari nilai-nilai r, g dan b yang kemudian dinormalisasikan dengan cara $r = R / (R+G+B)$, $g = G / (R+G+B)$ dan $b = B / (R+G+B)$. Hasil dari normalisasi kemudian dibagi dengan area buah pepaya.

Parameter Sifat Fisik Terhadap Buah Pepaya

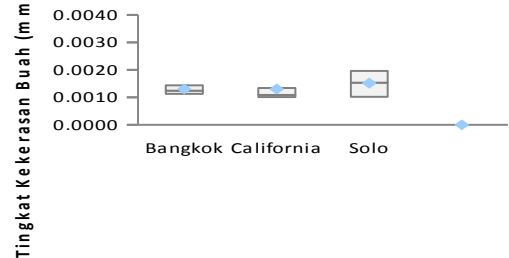
A. Pengukuran Berat



Gambar 5. Boxplot Sifat Fisik Berat

Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan hasil rata-rata berat buah pepaya California sebesar 1052.76 gram, pepaya Bangkok sebesar 1209.77 gram dan pepaya solo sebesar 554.00 gram.

B. Pengukuran Tingkat Kekerasan



Gambar 6. Boxplot Sifat Fisik Kekerasan Buah

Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan hasil rata-rata tingkat kekerasan buah pepaya California dan Bangkok sama yaitu sebesar 1.30E-03 mm/gram.detik, dan Solo sebesar 1.52E-03 mm/gram.detik.

C. Pengukuran Total Padatan Terlarut



Gambar 7. Boxplot Sifat Fisik Total Padatan Terlarut

Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan hasil rata-rata total padatan terlarut buah pepaya California sebesar 10.01°Brix, pepaya Bangkok sebesar 10.23°Brix dan pepaya Solo sebesar 9.95°Brix.

Variabel Citra Terhadap Buah Pepaya

A. Area



Gambar 8. Boxplot Variabel Citra Area

Cahyono, et al., Kajian Sifat Fisik Buah Pepaya (*Carica papaya L.*) Menggunakan Pengolahan Citra (Image Processing)

Diketahui bahwa nilai tertinggi terdapat pada pepaya Bangkok dengan nilai sebesar 187454, pepaya California sebesar 157256, dan pepaya Solo sebesar 115958.

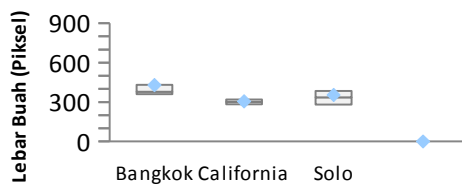
B. Tinggi



Gambar 9. Boxplot Variabel Citra Tinggi

Diketahui bahwa nilai rerata variabel citra tinggi yang semakin menurun dari varietas Bangkok, California, dan Solo. Nilai varietas Bangkok dan California hampir sama sehingga dua varietas ini sangat sulit dikelompokkan tetapi untuk varietas Solo bisa membedakan dengan varietas California.

C. Lebar



Gambar 10. Boxplot Variabel Citra Lebar

Diketahui bahwa nilai rata-rata paling tinggi dimiliki oleh varietas Bangkok kemudian Solo, dan terakhir California. Varietas Bangkok dapat membedakan varietas California dan Solo sehingga variabel citra lebar dapat dijadikan sebagai variabel mutu pepaya.

A. Indeks Warna Merah (R)



Gambar 11. Boxplot Variabel Citra Indeks Warna Merah

Diketahui bahwa nilai rata-rata variabel indeks warna merah dari 3 varietas tidak terlalu jauh perbedaannya. Nilai yang paling tinggi adalah varietas Solo, kemudian dilanjutkan dengan California, dan Bangkok. Hal tersebut disebabkan oleh varietas Solo yang memiliki warna merah dari kulit buahnya lebih mencolok dari varietas lainnya.

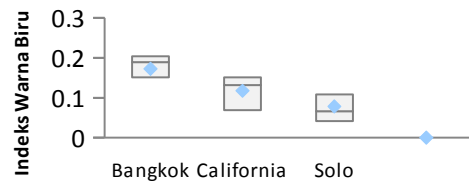
B. Indeks Warna Hijau (G)



Gambar 12. Boxplot Variabel Citra Indeks Warna Hijau

Diketahui bahwa nilai variabel citra indeks warna hijau (g) yang paling tinggi yaitu varietas Bangkok namun juga terlihat bahwa semua varietas memiliki nilai indeks warna hijau yang hampir sama yaitu berada pada kisaran antara 0.4-0.5.

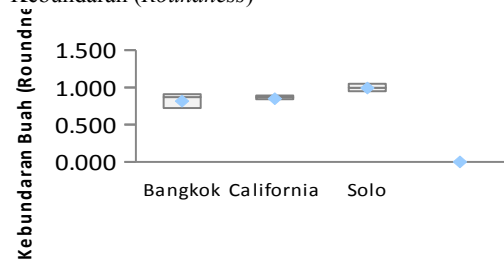
C. Indeks Warna Biru (B)



Gambar 13. Boxplot Variabel Citra Indeks Warna Biru

Diketahui bahwa nilai rata-rata variabel citra indeks warna biru (b) menunjukkan penurunan yang konsisten. Nilai tertinggi diperoleh varietas Bangkok kemudian California, dan Solo. Indeks warna biru (b) untuk varietas Bangkok hampir seluruhnya mewakili nilai yang ada pada varietas California dan Solo.

D. Kebundaran (Roundness)



Gambar 14. Boxplot variabel Citra Kebundaran (Roundness)

Diketahui bahwa nilai rata-rata variabel citra kebundaran (*roundness*) yang paling tinggi terdapat pada varietas Solo, kemudian California dan Bangkok.

Korelasi Pengukuran Sifat Fisik dengan Variabel Citra

A. Korelasi Berat dengan Variabel Citra

Berdasarkan hubungan antara berat dengan variabel citra yaitu area, tinggi, lebar, indeks warna r, g dan b mengacu pada Tabel 3.2 maka dari keenam variabel memiliki tingkat hubungan rendah. Perbedaan nilai koefisien determinasi ini disebabkan oleh faktor bentuk dari ketiga varietas yang bervariasi. Meskipun bentuk buah sama akan tetapi berat yang dimiliki berbeda. Faktor bentuk yang diperoleh yaitu dilihat dari kebundaran (*roundness*), dari hasil perhitungan statistik juga diperoleh nilai koefisien determinasi yang kecil antara hubungan kebundaran dengan berat.

Kemudian faktor yang mempengaruhi antara variabel citra yaitu tinggi dan lebar, salah satunya disebabkan oleh faktor pertumbuhan buah pepaya. Hal ini yang dapat mengakibatkan berat buah pepaya tidak dapat mengalami pertumbuhan secara maksimal,

Cahyono, et al., *Kajian Sifat Fisik Buah Pepaya (Carica papaya L.) Menggunakan Pengolahan Citra (Image Processing)*

karena buah pepaya meskipun satu varietas belum tentu memiliki berat buah yang sama walaupun tinggi dan lebar sama.

Pepaya adalah salah satu bahan pangan yang mengandung air cukup banyak. Jika semakin lama tingkat masak buah akan diikuti dengan kehilangan air akibat proses respirasi pada buah, sehingga menyebabkan buah pepaya yang berwarna kuning atau yang mengandung nilai indeks warna merah lebih tinggi cenderung memiliki berat yang lebih kecil. Selain itu juga terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi berat apabila berdasarkan warna yaitu dilihat dari ukuran buah. Oleh sebab itu, hasil hubungan antara berat buah dengan variabel citra yaitu area, tinggi, lebar, indeks warna merah, hijau dan biru pendugaan belum dapat dilakukan karena diperoleh nilai koefisien determinasi yang kecil.

B. Korelasi Tingkat Kekerasan dengan Variabel Citra

Tingkat hubungan kekerasan buah terhadap variabel citra yaitu area, tinggi dan lebar mengacu pada Tabel 3.2 maka dari ketiga variabel memiliki tingkat hubungan sangat rendah. Faktor yang dapat menyebabkan adalah faktor umur buah. Umur buah yang telah masak, kulit akan menjadi lebih tebal karena berkurangnya klorofil (Pantastico, 1993:153). Faktor lain yang dapat mempengaruhi adalah berubahnya tingkat keasaman dalam jaringan juga akan mempengaruhi aktifitas beberapa enzim diantaranya adalah enzim-enzim pektinase yang mampu mengkatalis degradasi protopektin yang tidak larut menjadi substansi pektin yang larut. Perubahan komposisi substansi pektin ini akan mempengaruhi kekerasan buah.

Nilai koefisien determinasi tingkat kekerasan dengan variabel citra yaitu indeks warna merah dan hijau memiliki tingkat hubungan kuat dan sangat rendah pada ketiga varietas buah pepaya. Buah pepaya yang berwarna hijau lebih banyak, maka akan lebih keras dari pada buah pepaya yang telah berwarna kekuningan. Pada sistem warna RGB buah berwarna kuning memiliki komponen nilai *red* lebih besar dari pada nilai *green*, sehingga terjadi pola semakin besar indeks warna *red* pada kulit buah, nilai penetrasi buah akan semakin besar. Dapat disimpulkan bahwa besarnya nilai penetrasi menunjukkan semakin lunaknya buah pepaya.

Nilai koefisien determinasi dari tingkat kekerasan dengan variabel citra yaitu indeks warna biru memiliki tingkat hubungan cukup dan sangat rendah pada ketiga varietas pepaya. Berdasarkan faktor bentuk yaitu kebulatan (*roundness*) untuk melihat hubungan antara kekerasan dengan kebulatan juga tidak dapat dilakukan pendugaan karena diperoleh nilai koefisien determinasi yang kecil dan dapat dikatakan memiliki tingkat hubungan sangat rendah. Oleh sebab itu, untuk variabel yang dapat dilakukan pendugaan kekerasan buah yaitu pada indeks warna merah dan hijau yang terdapat pada varietas pepaya California, sedangkan varietas pepaya Bangkok dan Solo serta variabel citra lain yaitu area, tinggi, lebar, dan indeks warna biru belum dapat dilakukan karena nilai koefisien determinasi yang kecil.

C. Korelasi Total Padatan Terlarut dengan Variabel Citra

Berdasarkan hubungan antara total padatan terlarut dengan variabel citra yaitu area, tinggi, lebar, indeks warna *r*, *g* dan *b* mengacu pada Tabel 3.2 maka dari keenam variabel memiliki tingkat hubungan sangat rendah. Faktor yang dapat mempengaruhi adalah tingkat kematangan dan ketuaan buah pepaya. Walaupun buah pepaya dipetik dalam waktu yang sama, akan tetapi dalam proses pembungaan memiliki waktu yang berbeda. Akibat waktu pembungaan yang berbeda tentu saja akan mempengaruhi tingkat umur buah. Oleh karena itu, semakin tua umur buah maka akan semakin tinggi pula TPT yang dikandungnya.

Hubungan total padatan terlarut terhadap indeks warna *red* dan indeks warna *green* juga dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah. Selama pematangan, buah mengalami beberapa perubahan warna. Perubahan warna yang dialami oleh buah pepaya diakibatkan oleh perombakan klorofil akibat proses fotosintesis dan respirasi yang terjadi di seluruh bagian buah. Selain itu juga terjadi pembentukan zat warna karotenoid yang menyebabkan terjadinya perubahan warna hijau menjadi kuning (Pantastico, 1993:160).

Perubahan warna akibat proses masaknya buah pepaya juga diikuti dengan meningkatnya total padatan terlarut. Perubahan warna adalah salah satu indikator untuk menentukan tingkat kematangan buah. Indeks kematangan dapat dilihat berdasarkan warna, pada awal tingkat kematangan buah pepaya akan tampak berwarna hijau dan memiliki guratan-guratan kekuningan pada ujung buah. Karena selama perkembangan warna buah, kandungan kadar gula meningkat dan kadar gula asam menurun. Prinsipnya perubahan warna hijau disebabkan karena penurunan kandungan klorofil. Selain itu terdapat sejumlah *pigmen* seperti *anthocyanin*, *karotenoid* dan *flavon* yang turut berperan dalam menentukan perubahan warna buah pepaya disamping proses penuaan dan penurunan kesegaran buah pepaya pasca panen. Perubahan warna hijau kekuning-kuningan dalam buah pepaya ditandai dengan hilangnya klorofil dan munculnya zat warna karotenoid (Pantastico, 1993:173).

Berdasarkan nilai RGB yang diperoleh dari pengolahan citra merupakan nilai rata-rata keseluruhan piksel citra buah pepaya. Nilai indeks *r* yang meningkat menunjukkan derajat kemerahan buah yang bertambah dengan bertambahnya tingkat ketuaan dan *g* yang menurun dengan bertambahnya tingkat ketuaan menunjukkan penurunan derajat kehijauan buah. Perubahan nilai indeks warna dapat menjelaskan bertambahnya tingkat ketuaan buah pepaya.

Berdasarkan faktor bentuk yaitu kebulatan (*roundness*) untuk melihat hubungan antara TPT dengan kebulatan juga tidak dapat dilakukan pendugaan karena diperoleh nilai koefisien determinasi yang kecil dan dapat dikatakan memiliki tingkat hubungan sangat rendah. Oleh sebab itu, hasil hubungan antara total padatan terlarut buah dengan variabel citra, pendugaan total padatan terlarut buah tidak dapat dilakukan pada area, tinggi, lebar, indeks warna merah, hijau dan biru karena nilai koefisien determinasi yang kecil.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Variabel citra yang meliputi area, tinggi, lebar, indeks warna merah, hijau dan biru memiliki tingkat hubungan rendah terhadap berat buah pepaya, sehingga tidak dapat menduga nilai berat pada pepaya Bangkok, California dan Solo karena diperoleh nilai koefisien determinasi yang kecil.
2. Variabel citra yang memiliki tingkat hubungan kuat dengan tingkat kekerasan yaitu indeks warna merah dan hijau yang terdapat pada buah pepaya California sehingga dapat dilakukan pendugaan, sedangkan pada buah pepaya Bangkok dan Solo memiliki hubungan sangat rendah begitu pula dengan variabel area, tinggi, lebar dan indeks warna biru.
3. Variabel citra terhadap total padatan terlarut buah pepaya memiliki tingkat hubungan sangat rendah, sehingga tidak dapat menduga nilai total padatan terlarut pada pepaya Bangkok, California dan Solo.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, U. 2005. *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Dwihapsari, Y. dan Darminto. 2010. Perancangan dan Pembuatan Penetrometer Untuk Menentukan Konsistensi Tumor Otak. Surabaya: *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* Vol. 6, No. 2 Juni 2010: 02.
- Ihsan, F. dan Wahyudi, A. 2010. Teknik Analisis Kadar Sukrosa Pada Buah Pepaya. Solok: *Buletin Teknik Pertanian* Vol. 15, No. 1, 2010: 10-12.

Cahyono, et.al., *Kajian Sifat Fisik Buah Pepaya (Carica papaya L.) Menggunakan Pengolahan Citra (Image Processing)*

Kalie, M. B. 2002. *Bertanam Pepaya*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pandjaitan, P. M. 2014. "Prediksi Umur Panen Pepaya Berdasarkan Total Padatan Terlarut, Kandungan Protein dan Kadar Air Dengan Nir Spektroskopi." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Bogor: Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Pantastico, ER.B. 1993. *Fisiologi Pasca Panen: Penanganan dan Pemanfaatan Buah-Buahan dan Sayur-Sayuran Tropika dan Subtropika*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Rukmana, R. 1995. *Pepaya Budidaya dan Pascapanen*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Santoso, B.B. dan Purwoko, B.S. 1995. *Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen Tanaman Hortikultura*. Mataram: Indonesia Australia University Project, Universitas Mataram.