PENGEMBANGAN ALGORITMA *IMAGE PROCESSING* UNTUK MENDUGA KEMASAKAN BUAH MANGGIS SEGAR

(*Development of Image Processing Algorithm for Determining the Maturity of Fresh Mangosteen*)

Diding Suhandy[1], Usman Ahmad[2]

Abstract

One of important factor in post harvest handling is cropping at correct maturity level. Fruit maturity relates to age pluck vegetable or fruit to be harvested have old enough or not yet. Grading represent dissociation of product becomes some group quality of pursuant to maturity level, size measure, color, form, heavy, texture, aroma and freedom from foreign object or dirt.

The objective of this research is to predict the maturity of fresh mangosteen by means of an image processing algorithm. In this study, four stages of maturity (120, 126, 132 and 138 days after flowering) were used as objects with 30,37,40,40 samples for each stages of maturity.The images data were collected using a CCD Camera and then processed by an image processing program to analyze the relationship between the maturity and the color, size, and shape of fruits.

The result showed linear relationship between the maturity and the color index (RGB) with a coefficient determination of 0.8159 for blue, but not for red and green. As a result, the developed image processing program can be used to classify the fresh mangosteens based on their maturity using blue index with 70% precicion.

Key words : mangosteen, image processing, color index, maturity

PENDAHULUAN

Buah manggis merupakan buah tropis yang mendapat julukan ratu buah (*Queen of Fruits*) karena keistimewaan dan kelezatan yang dimilikinya. Satuhu (1999) menyebutkan bahwa permintaan buah manggis dari pasar luar negeri sebanyak 200 ton setiap bulan belum dapat dipenuhi, dikarenakan banyak kendala dalam penyediaan buah manggis segar yang berkualitas ekspor.

Salah satu faktor penting dalam penanganan pasca panen adalah pemanenan pada tingkat kemasakan yang tepat. Kemasakan buah berkaitan dengan umur petik buah atau sayuran yang akan dipanen telah cukup tua atau belum. Tingkat kemasakan yang tepat akan sangat memudahkan dalam penyimpanan buah dan menentukan kualitas buah itu sendiri. Pemutuan merupakan pemisahan produk menjadi beberapa kelompok mutu berdasarkan tingkat kemasakan, ukuran, warna, bentuk, berat, tekstur, aroma dan kebebasan dari kotoran atau benda asing.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencari hubungan antara parameter–

[1] Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung
[2] Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian Institut Pertanian Bogor

parameter visual yang diukur dengan metode *image processing* dengan parameter-parameter kemasakan yang diukur secara langsung yang meliputi warna buah, kekerasan, dan kadar gula, serta menguji program komputer yang dibangun dalam mengelompokkan buah manggis segar sesuai kelompok umur petiknya.

TINJAUAN PUSTAKA

Botani Manggis

Buah dari tanaman manggis (*Garcinia mangostana L*) merupakan buah buni yang mempunyai kulit tebal namun mudah pecah, biji dengan berlapis daging yang mempunyai rasa manis asam. Buah manggis berukuran kecil, berwarna coklat, merah hingga keunguan bila telah masak dan mempunyai getah berwarna kuning, semakin masak kandungan getah buah manggis semakin berkurang (Satuhu, 1999). Setiap juring mempunyai bakal biji, namun tidak semua bakal biji dalam juring akan menjadi biji. Umumnya biji dalam juring sebanyak 1-2 buah (Martin, 1980). Ashari (1995) menyatakan bahwa buah manggis akan masak setelah berumur 100-120 hari setelah bunga mekar (SBM). Menurut Sunarjono (1997) buah manggis dipetik setelah berwarna merah kehitaman, kira-kira 120 hari SBM.

Image Processing

Image Processing merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Citra yang dimaksud adalah citra digital untuk membedakannya dengan citra lain seperti foto dan lain-lain. Proses ini mempunyai data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra.

Hanya citra yang berbentuk digital yang dapat diproses oleh komputer digital, data citra yang dimasukkan berupa nilai-nilai integer yang menunjukkan nilai intensitas cahaya atau tingkat keabuan setiap *pixel*. Citra digital dapat diperoleh secara otomatik dari sistem penangkap citra membentuk suatu matriks di mana elemen-elemennya menyatakan nilai intensitas cahaya pada suatu himpunan diskrit dari titik. Citra f (x,y) disimpan dalam memori komputer atau penyimpan bingkai dalam bentuk *array* N x M dari contoh diskrit dengan jarak yang sama sebagai berikut :

$$f(x,y) = \begin{vmatrix} f(0,0) & f(0,1) \ldots\ldots\ldots\ldots f(0,m-1) \\ f(1,0) & f(1,1) \ldots\ldots\ldots\ldots f(1,m-1) \\ f(n,0) & f(n,1) \ldots\ldots\ldots\ldots f(n,m-1) \end{vmatrix}$$

Setiap elemen dari *array* di atas disebut *pixel* yang merupakan suatu daerah empat persegi kecil dengan ukuran tertentu dan menunjukkan harga intensitas keabuan *pixel* pada lokasi yang bersangkutan. Ukuran *pixel* ini sering disebut sebagai *resolusi pixel*. Citra masukan diperoleh melalui suatu kamera yang di dalamnya terdapat suatu alat digitasi yang mengubah citra masukan berbentuk analog menjadi citra digital. Alat digitasi ini dapat berupa penjelajahan *silod-state* yang menggunakan matriks sel yang sensitif terhadap cahaya yang masuk, dimana citra yang direkam maupun sensor yang digunakan mempunyai kedudukan atau posisi yang tetap.

Alat masukan citra yang umum digunakan adalah kamera CCD (Charge Coupled Device), di mana sensor citra dari alat ini menghasilkan keluaran berupa citra analog sehingga dibutuhkan proses digitasi dengan menggunakan alat digitasi seperti yang telah disebutkan di atas. Komponen utama dari perangkat keras *image processing* secara digital adalah komputer dan alat peraga. Komputer tersebut bisa dari jenis komputer multi guna atau dari jenis khusus yang dirancang untuk pengolahan citra digital. Pengolahan *image processing* pada umumnya dilakukan dari *pixel* yang sifatnya paralel *pipe lined*.

Warna

Model warna telah banyak dikembangkan oleh para ahli seperti model RGB (Red, Green , Blue), model CMY(K) (Cyan, Magenta, Yellow), YCbCr (Luminasie, dan dua komponen krominasi Cb dan Cr) dan HSI (Hue, Saturation, Intensity). Model warna RGB merupakan model warna pokok aditif dimana warna dibentuk dengan mengkombinasikan energi cahaya dari ketiga warna pokok dalam berbagai perbandingan. Display komputer menggunakan model warna RGB. Model warna CMY(K) merupakan model warna subtraktif di mana warna dibentuk dengan cara menyerap (menghilangkan) berbagai komponen cahaya putih. Model warna ini banyak diaplikasikan dalam sistem printer warna.

Model warna HSI yang menyatakan warna sebagai *Hue*, *Saturation* dan *Intensity* merupakan model warna yang paling sesuai dengan persepsi manusia. *Intensity* (I) merupakan nilai abu-abu dari pixel dalam citra hitam-putih. Nilai *Hue* dapat diaplikasikan untuk membedakan antara obyek dan latar belakang. *Saturation* (kejenuhan) yang tinggi dapat menjadi jaminan nilai *hue* cukup akurat dalam membedakan obyek dan latar belakang. Namun karena display komputer menggunakan model warna RGB dalam merepresentasikan warna maka nilai pengolahan warna yang dihasilkan dalam model warna RGB. Untuk beberapa keperluan model warna RGB dapat ditransformasikan ke model warna HSI. Ahmad (2000) menuliskan beberapa persamaan penting untuk proses tranformasi tersebut :

$I = (R+G+B)/3$ ....(1)

$\mathbf{Cos\ H = [2R\text{-}G\text{-}B]/2[(R\text{-}G)^2 + (R\text{-}B)(G\text{-}B)]^{0.5}}$ .... (2)

$S = 1\text{-}[3^{*}\min (R,G,B) /(R+G+B)$...... ....(3)

Model warna RGB dapat juga dinyatakan dalam bentuk indeks warna RGB dengan rumus sebagai berikut :

Indeks warna merah (I_{red}) =R/(R+G+B) .....(4)

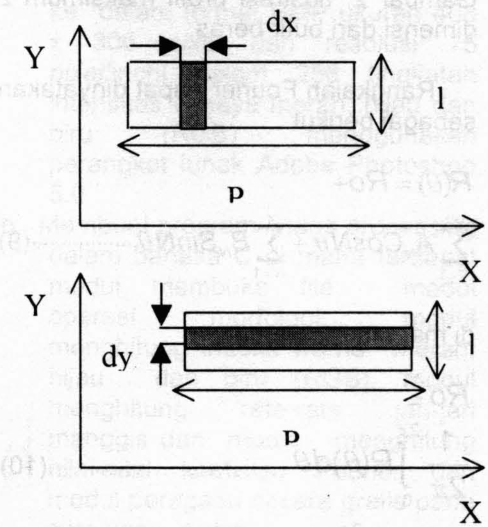
Indeks warna hijau (I_{green}) =G/(R+G+B) .....(5)

Indeks warna biru (I_{blue}) =B/(R+G+B) ....(6)

Dengan R, G dan B masing-masing merupakan besaran yang menyatakan nilai intensitas warna merah, hijau dan biru.

Angka Fourier (*Fourier Descriptor*)

Angka Fourier digunakan untuk menganalisis bentuk manggis. Angka Fourier dapat menentukan bentuk dari suatu benda yang tidak beraturan dalam bidang selama benda tersebut tidak terputus atau patah. Untuk menghitung angka Fourier harus ditentukan dulu pusat berat dari objek. Menurut Nash (1972) titik pusat gravitasi dari suatu benda dapat dituliskan sebagai berikut :



Gambar 1. Penampang untuk menghitung pusat berat (Nash, 1972).

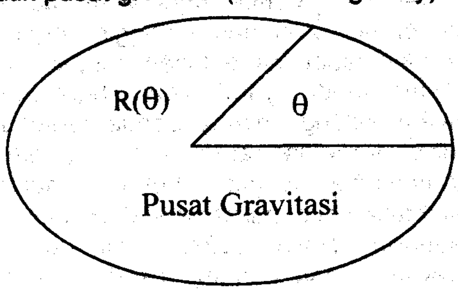
$$\overline{X} = \frac{\int xda}{A} \quad ....(7)$$

$$\overline{Y} = \frac{\int yda}{A} \quad ....(8)$$

$da = l dx, x = p \mid da = p dy, y \mid = l$

$$\overline{X} = \frac{\int l.x.dx}{A} \qquad \overline{Y} = \frac{\int p.y.dy}{A}$$

Sebutir biji dapat diwakilkan oleh sebuah bidang 2 dimensi seperti pada Gambar 2. Bentuk biji dapat diperkirakan dari rangkaian (persamaan) Fourier dengan jari-jari sudut R (θ) sebagai fungsi sudut θ pada titik pusat gravitasi (center of gravity).



Gambar 2. Ilustrasi profil maksimum 2 dimensi dari butir beras.

Rangkaian Fourier dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R(\theta) = Ro + \sum_{N=1}^{L} A_N Cos N\theta + \sum_{N=1}^{L} B_N Sin N\theta \quad \text{.................(9)}$$

di mana :

$$Ro = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} R(\theta) d\theta \quad \text{..........................(10)}$$

$$A_N = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} R(\theta) Cos N\theta d\theta \quad \text{.........(11)}$$

$$B_N = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} R(\theta) Sin N\theta d\theta \quad \text{..........(12)}$$

Persamaan Fourier dapat dituliskan dalam bentuk polar

$$R(\theta) = Ro + \sum_{N=1}^{L} R_N Cos(N\theta - \phi_N) \quad \text{..(13)}$$

Di mana :

$$R_N = (A_N^2 + B_N^2)^{1/2}$$

$$\phi_N = Tan^{-1}(\frac{B_N}{A_N})$$

ϕ_N = tingkat sudut

N = koefisien harmonis

$\theta = \frac{2\pi}{j}$ dimana j = 1,2,.........L.

$R(\theta)$ = jari-jari sudut

Ro adalah jari-jari rata-rata dari obyek berbentuk lingkaran, nilai dari koefisien R_N sama dengan 0. R_N tercakup di dalam karakteristik bentuk butir padi yang rumit (kerumitan dalam karakteristik bentuk biji), oleh karena itu koefisien ini dapat dianggap sebagai faktor pembeda dari butir padi. Untuk menghilangkan perbedaan dalam bidang dua dimensi dari sampel yang sama, semua koefisien Fourier R dinormalkan dengan hubungan $R_{normalized} = R_N/Ro$, supaya identifikasi koefisien tidak tergantung pada ukuran bidang dua dimensi terukur.

Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu kepada persamaan-persamaan yang ditulis oleh Ehrlich, R et.al (1970), yaitu :

$$A_N = \frac{1}{\pi}\sum_{j=1}^{L}[\frac{(R_{j+1} - R_j)(Cos N\theta_{j+1} - Cos N\theta_j)}{(\theta_{j+1} - \theta_j)N^2} + \frac{R_{j+1} Sin N\theta_{j+1} - R_j Sin N\theta_j}{N}] \quad \text{................(14)}$$

$$B_N = \frac{1}{\pi}\sum_{j=1}^{L}[\frac{(R_{j+1} - R_j)(Sin N\theta_{j+1} - Sin N\theta_j)}{(\theta_{j+1} - \theta_j)N^2} - \frac{R_{j+1} Cos N\theta_{j+1} - R_j Cos N\theta_j}{N}] \quad \text{...........(15)}$$

Dimana :

L = Banyaknya titik pada obyek

N = Banyaknya nomor harmonis

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah manggis segar dengan empat kelompok kemasakan yaitu masak 1, masak 2, masak 3 dan masak 4 dengan umur petik masing-masing yaitu 120 hari Setelah Bunga Mekar (SBM) sebanyak 30 sampel, 126 SBM sebanyak 37 sampel, 132 SBM sebanyak 40 sampel dan 138 SBM sebanyak 40 sampel.

Perangkat keras yang digunakan untuk *image processing* adalah kamera CCD, seperangkat komputer, dan empat buah lampu pijar yang masing-masing memiliki daya 20 Watt. Selain itu juga digunakan berbagai perangkat keras untuk proses pengukuran secara langsung seperti timbangan digital merek Mettler PM untuk mengukur berat manggis, jangka sorong untuk mengukur diameter manggis, refraktometer untuk mengukur kadar gula manggis dan Rheo Meter dengan model CR-300 untuk mengukur kekerasan manggis. Sebagai perangkat lunak dibuat program pengolahan citra (image processing) dalam bahasa C yang merupakan pengembangan dari program *image processing* yang tersedia di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP).

Pengambilan Citra

Buah manggis dengan tingkat kemasakan yang berbeda, yaitu 120,126, 132 dan 138 hari SBM sebelum diambil citranya terlebih dahulu dibersihkan. Setelah bersih buah manggis diambil citranya menggunakan kamera CCD dengan sistem pengolahan citra (image processing). Pengambilan citra dilakukan sebanyak 6 kali pada tiap sampel yaitu pada bagian kelopak, ujung buah, muka 1, muka 2, muka 3, dan muka 4 pada kondisi sebagai berikut :

a. Buah manggis diletakkan di atas kertas putih sebagai latar belakang dan di bawah kamera CCD dengan jarak 36 cm. Sedangkan lampu pijar diletakkan pada ketinggian 49 cm di atas buah manggis dengan sudut pencahayaan 30 ^{0}.
b. Perangkat komputer, kamera CCD dan lampu pijar dinyalakan. Lampu pijar dinyalakan untuk memberikan pencahayaan tambahan pada buah manggis.
c. Intensitas reflektans dari buah manggis ditangkap dengan kamera CCD melalui lensa dan ditampilkan di monitor komputer.
d. Citra buah manggis direkam dengan ukuran 408 x 306 *pixel* dan resolusi 75 *pixel*/inchi dengan 256 tingkatan intensitas cahaya merah, hijau dan biru (RGB) dan disimpan dalam sebuah arsip (file) dengan *extention file* TIFF.

Pengolahan Citra

a. File citra buah manggis yang disimpan dalam format TIFF diubah ke dalam format BMP ukuran 408 x 306 *pixel* dan resolusi 75 *pixel*/inchi dalam 256 tingkatan intensitas cahaya merah, hijau dan biru (RGB) menggunakan perangkat lunak Adobe Photoshop 5.0.
b. Membuat program *image processing* dalam bahasa C di mana terdapat modul membuka file, modul operasi morfologi, modul menghitung indeks warna merah, hijau dan biru (RGB), modul menghitung rata-rata jari-jari manggis dan modul menghitung nilai-nilai koefisien Fourier dan modul peragaan secara grafis pada citra yang diolah.
c. Membuka dan memproses file citra buah manggis dengan ekstensi .BMP menggunakan program *image processing* yang dibangun. Nilai indeks warna RGB buah manggis diperoleh dari citra warna dengan cara pengukuran warna terhadap titik-titik pada buah manggis yang diwakili oleh jendela berukuran 100x100 pixel. Nilai dari

titik-titik yang didapat kemudian dirata-ratakan (dibagi 10000).

d. Menampilkan citra biner manggis dari citra warna manggis. Citra biner yaitu citra hitam putih (0 dan 1) hasil transformasi dari citra warna di mana objek di*set* putih sedangkan latar di*set* hitam. Untuk menyempurnakan tampilan citra biner dilakukan operasi morfologi untuk menghapus *noise* atau menutup lubang yang terjadi akibat proses *thresholding* yang tidak sempurna.

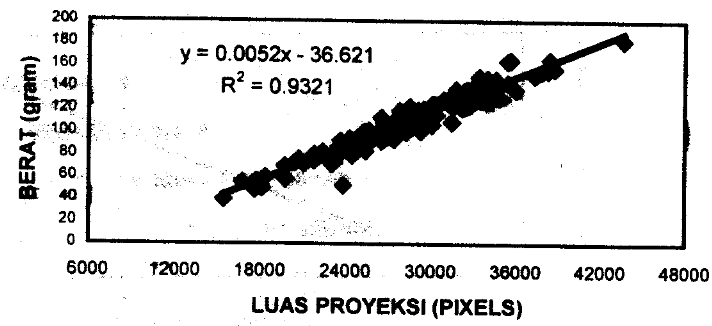
e. Menghitung nilai luas proyeksi dengan satuan pixel, nilai rata-rata jari-jari dan nilai koefisien Fourier dari citra biner yang dihasilkan. Setelah data-data didapatkan dilakukan klasifikasi menggunakan regresi linear dan analisis diskriminan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program image processing yang dibangun digunakan untuk mendapatkan data indeks RGB, diameter manggis, luas proyeksi dan nilai koefisien harmonis. Nilai-nilai ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran secara langsung.

Korelasi antara parameter kadar gula dan intensitas warna merah, hijau dan biru tidak bersifat nyata. Perhitungan statistik menghasilkan koefisien determinasi sebesar 0.0681 untuk warna merah, 0.1303 untuk warna hijau dan 0.2098 untuk warna biru. Pendugaan nilai kekerasan dengan indeks warna biru berhasil baik dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0.8392. Pendugaan nilai kekerasan manggis dari indeks warna hijau menghasilkan koefisien determinasi sebesar 0.3996. Hamdani (1998) menyimpulkan bahwa nilai indeks warna merah dapat menduga nilai kekerasan manggis dengan koefisien deteminasi sebesar 0.3047. Pada penelitian ini diperoleh nilai koefisien determinasi untuk indeks warna merah lebih baik yaitu sebesar 0.3384, meskipun demikian nilai ini tidak signifikan untuk model pendugaan kekerasan melalui indeks warna merah.

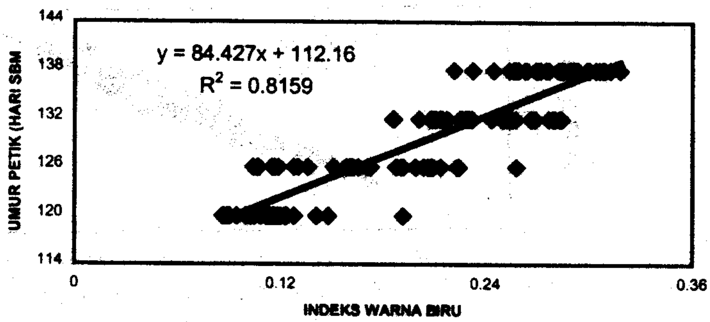
Pengukuran luas proyeksi manggis dari pengolahan citra menghasilkan nilai rata-rata luas proyeksi sebesar 28416 pixels. Hasil pengukuran ini mempunyai hubungan linear dengan hasil pengukuran berat buah manggis, dengan koefisien determinasi sebesar 0.9321, artinya berat buah manggis dapat diduga dari luas proyeksi manggis. Hasil ini sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hamdani (1998) yang menyimpulkan bahwa berat buah manggis dapat diperkirakan dari luas proyeksi manggis dengan koefisien determinasi sebesar 0.93. Hubungan antara luas proyeksi manggis dengan berat buah manggis dapat dilihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3 diperoleh persamaan pendugaan untuk berat manggis adalah $y = 0.0052x - 36.621$ dengan y adalah berat manggis dalam satuan gram dan x merupakan nilai luas proyeksi manggis dalam satuan pixel. Nilai berat (y) selalu positif sehingga nilai luas pixel (x) haruslah minimal sebesar 7 043 pixel.



Gambar 3. Hubungan antara area obyek dan berat.

Ukuran merupakan salah satu parameter kemasakan. Secara visual para petani membuat kriteria kemasakan dengan mengukur diameter dari buah. Pengukuran diameter secara langsung dengan menggunakan alat atau jari dapat merusak fisik buah (buah dapat menjadi lembek akibat tekanan). Perhitungan diameter dari hasil pengolahan citra dihubungkan dengan diameter hasil pengukuran langsung menghasilkan koefisien determinasi sebesar 0.9449 dengan model pendugaan diameter manggis y = 0.9142x + 0.1348 di mana y merupakan diameter manggis yang diduga dari diameter citra (x).

Pendugaan umur atau tingkat kemasakan manggis melalui variabel indeks warna didapat hasil paling baik pada indeks warna biru yaitu dengan koefisien determinasi sebesar 0.8159 seperti tampak pada Gambar 4. Koefisien determinasi untuk pendugaan umur dengan indeks warna merah sebesar 0.5753, dapat dikatakan masih cukup baik untuk menduga umur atau kemasakan manggis dengan variabel indeks warna merah. Sedangkan koefisien determinasi untuk pendugaan umur dengan indeks warna hijau sebesar 0.1537, merupakan nilai yang sangat kecil dan sangat tidak tepat untuk menduga umur dengan variabel indeks warna hijau. Hamdani (1998) menyimpulkan bahwa umur atau kemasakan dapat diduga dari variabel indeks warna merah dengan koefisien determinasi sebesar 0.79, dari variabel indeks warna hijau dengan koefisien determinasi sebesar 0.73 dan dari variabel indeks warna biru dengan koefisien determinasi sebesar 0.6. Hamdani (1998) menjelaskan untuk indeks warna merah mampu membedakan empat tingkat kemasakan yang diuji secara nyata. Sedangkan untuk indeks warna hijau dan biru gagal membedakan empat tingkat kemasakan yang diuji. Perbedaan hasil penelitian ini dengan hasil penelitian Hamdani (1998) dimungkinkan karena perbedaan algoritma dalam pengolahan citra.



Gambar 4. Grafik hubungan antara indeks warna biru dan umur petik.

Variabel kemasakan sebenarnya merupakan kombinasi dari variabel kekerasan dan variabel kadar gula. Secara teoritis kemasakan terlihat dari adanya perubahan warna kulit buah, kekerasan kulit buah dan tingkat kadar gula buah. Pendugaan umur kemasakan dengan cara biasa atau manual yaitu dengan cara melihat penampilan warna kulit buah. Pendugaan umur atau kemasakan dengan *image processing* dilakukan secara tidak langsung yaitu melalui analisa regresi terhadap faktor perubahan tingkat intensitas warna dalam RGB dan faktor kekerasan, kadar gula dan kemasakan atau umur itu sendiri. Dari paparan di atas dapat dijelaskan bahwa pendugaan kemasakan atau umur melalui analisa regresi linear variabel indeks warna dengan variable umur atau kemasakan menghasilkan nilai pendugaan terbaik pada indeks warna biru dengan koefisien determinasi sebesar 0.8159. Pendugaan kemasakan melalui analisa regresi *non-linear* variabel indeks warna dengan variabel kekerasan menghasilkan nilai pendugaan terbaik pada indeks warna biru dengan koefisien determinasi sebesar 0.8392. Sedangkan untuk variabel kadar gula pendugaan terbaik pada indeks warna biru dengan koefisien determinasi sebesar 0.2098.

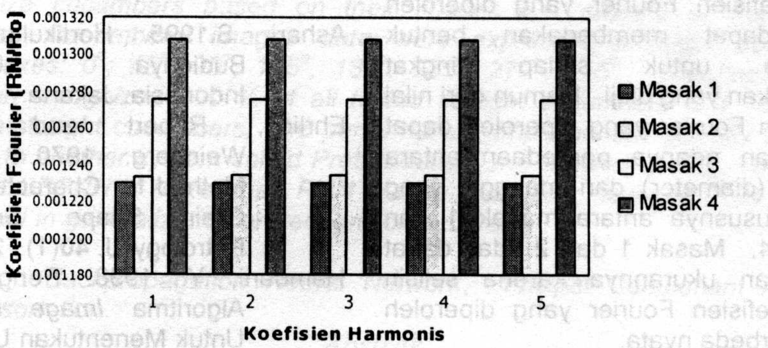
Hasil klasifikasi kemasakan berdasarkan variabel kekerasan menghasilkan tingkat ketepatan klasifikasi sebesar 63%. Hasil klasifikasi berdasarkan variabel kadar gula menghasilkan tingkat ketepatan klasifikasi sebesar 37%. Sedangkan hasil klasifikasi berdasarkan nilai indeks warna biru dengan analisa diskriminan menghasilkan tingkat ketepatan klasifikasi sebesar 70%. Pengelompokkan manggis segar berdasarkan kelompok kemasakannya dapat dilakukan pada komponen indeks warna biru manggis di mana kandungan warna biru cenderung meningkat seiring proses pemasakan berlangsung dengan kesalahan klasifikasi sebesar 30%.

Gambar 5 memperlihatkan hubungan antara nilai koefisien harmonis dengan nilai koefisien Fourier untuk setiap tingkatan umur. Dari Gambar 5 tampak bahwa pada setiap tingkatan umur untuk setiap semua nilai koefisien harmonis nilai koefisien Fouriernya sama tinggi, tidak ada perbedaan nilai koefisien Fourier antar tingkatan nilai koefisien harmonis. Hal ini memperlihatkan bahwa manggis yang diuji memiliki tingkat keseragaman dalam bentuk yang tinggi di mana bentuknya itu sendiri mendekati bentuk bola atau lingkaran (dalam dua dimensi) karena jari-jari sudut yang ada sama besarnya. Angka Fourier ini juga dapat digunakan sebagai faktor penentu tingkat keseragaman antar tingkatan umur di mana untuk setiap tingkat kemasakan yang diuji terlihat sangat tidak seragam. Hal itu dapat dilihat dari bentuk grafik pada Gambar 5 yang tidak sama tingginya. Nilai koefisien Fourier yang sama untuk setiap nilai koefisien Harmonis menunjukkan juga bahwa manggis yang diuji tidak dapat dibedakan secara bentuk untuk masak 1 sampai masak 4. Perbedaan yang nampak hanya dalam ukuran. Namun demikian pada manggis yang diuji tidak dapat dibedakan antara masak 1 dan masak 2.

melalui metode *non-destructive* yang lain seperti metode NIR dan sebagainya.

Hubungan antara variabel berat dan luas proyeksi sangat erat yaitu dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0.9321. Sehingga pendugaan kemasakan atau umur petik melalui analisa berat dapat dilakukan secara tidak langsung oleh sistem pengolahan citra yang dibangun dengan menghitung nilai luas proyeksi manggis.

Hubungan antara indeks warna



Gambar 5. Grafik hubungan antara koefisien harmonis dengan rata-rata nilai koefisien Fourier (RN/Ro).

KESIMPULAN

Hubungan antara variabel kadar gula dengan indeks warna RGB kecil yaitu dengan koefisien determinasi sebesar 0.068 untuk indeks warna merah, 0.1303 untuk indeks warna hijau dan 0.2098 untuk indeks warna biru. Hasil klasifikasi berdasarkan variabel kadar gula menghasilkan tingkat ketepatan klasifikasi hanya sebesar 37%, suatu nilai yang sangat kecil. Sehingga pendugaan kemasakan atau umur petik melalui analisa kadar gula tidak dapat dilakukan oleh sistem pengolahan citra yang dibangun. Untuk pendeteksian tingkat kemasakan melalui analisa kadar gula yang tepat harus dicari

biru dan kekerasan sangat erat yaitu dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0.8392 dengan persamaan regresi yang diperoleh sebesar $y = 14783e^{-13.937x}$. Hasil klasifikasi berdasarkan variabel kekerasan menghasilkan tingkat ketepatan klasifikasi sebesar 63%. Sehingga pendugaan kemasakan atau umur petik melalui analisa kekerasan dapat dilakukan secara tidak langsung oleh sistem pengolahan citra yang dibangun dengan menghitung nilai indeks warna biru manggis.

Hubungan antara tingkat kemasakan atau umur petik dengan indeks warna RGB bervariasi. Indeks warna biru memiliki tingkat hubungan yang sangat erat dengan koefisien determinasi sebesar 0.8159, indeks warna merah berkorelasi cukup erat dengan koefisien determinasi sebesar 0.5753 dan indeks warna hijau mempunyai koefisien determinasi sebesar 0.1537, suatu nilai yang tidak signifikan. Hasil klasifikasi kemasakan berdasarkan nilai indeks warna biru dengan analisa diskriminan menghasilkan tingkat ketepatan klasifikasi sebesar 70%. Sehingga pendugaan kemasakan atau umur petik melalui analisa warna manggis dapat dilakukan secara tidak langsung oleh sistem pengolahan citra menggunakan indeks warna biru manggis.

Koefisien Fourier yang diperoleh tidak dapat membedakan bentuk manggis untuk setiap tingkat kemasakan yang diuji. Namun dari nilai koefisien Fourier yang diperoleh dapat ditentukan adanya perbedaan antara ukuran (diameter) dari manggis yang diuji khususnya antara masak 1 dan masak 4. Masak 1 dan 2 tidak dapat dibedakan ukurannya karena selisih nilai koefisien Fourier yang diperoleh tidak berbeda nyata.

SARAN

Perhitungan nilai indeks warna RGB tidak dilakukan di sepanjang permukaan kulit manggis tapi hanya merupakan rata-rata dari jendela berukuran 100 x 100 pixel yang dihitung. Untuk tingkat ketelitian yang lebih tinggi perlu perbaikan algoritma yang dibangun sehingga mampu menghitung nilai indeks warna RGB seluruh titik (pixel) pada permukaan kulit manggis salah satunya dengan membuat jendela berbentuk lingkaran yang lebih mendekati bentuk manggis.

Perhitungan dalam sistem warna RGB perlu dibandingkan dengan sistem perhitungan dalam sistem warna yang lain seperti sistem HSI yaitu *Hue*, *Saturation*, dan *Intensity* yang merupakan model warna yang paling sesuai dengan persepsi manusia. Perlu perbaikan sistem pengolahan citra untuk faktor bentuk diantaranya dengan mengambil nilai-nilai jari-jari sudutnya dari sampel manggis arah samping. Pada penelitian ini digunakan 12 jari-jari sudut. Untuk mendapatkan nilai pendeteksian bentuk yang lebih halus perlu diperbanyak jumlah jari-jari sudutnya

DAFTAR PUSTAKA

Ashari, S.1995. Hortikultura Aspek Budidaya. Universitas Indonesia. Jakarta.

Ehrlich, Robert and Bernhard Weinberg. 1970. An Exact Method for Characterization of Grain Shape. Sedimentary Petrology. J. **40**(1) : 205-212.

Hamdani, Y. 1998. Pengembangan Algoritma *Image Processing* Untuk Menentukan Ukuran dan Warna Buah Manggis. (*Cucumis sativus L*). Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.

Martin, F.W. 1980. Durian and Mangosteen. Di dalam : M.A. Augustin dan M.N. Azudin. Storage. Of Mangosteen (*Garcinia mangostana* L). ASEAN Food J. **2**(2) : 78-80.

Nash, W.A. 1972. Strength of Materials. McGraw Hill Book Company. Singapore

Satuhu, S. 1999. Penanganan Manggis Segar Untuk Ekspor. Penebar Swadaya. Jakarta.

Sunarjono, H. 1997. Prospek Berkebun Buah-buahan. Penebar Swadaya. Jakarta.