

PENGEMBANGAN METODE TEKNIK *IMAGE PROCESSING* UNTUK PEMUTUAN (GRADING) BUAH PISANG CAVENDIS SEGAR SECARA *NONDESTRUKTIF*

DEVELOPMENT OF NON-DESTRUCTIVE QUALITY ASSESSMENT FOR BANANA USING IMAGE PROCESSING

Idiek Donowarti dan Qomarudin¹⁾

¹⁾Fakultas Pertanian Universitas Wisnuwardhana Malang

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah untuk: (1) mempelajari parameter mutu pisang cavendis segar dengan menggunakan *image processing*, (2) mengetahui hubungan sifat fisiko kimia buah pisang dengan parameter mutu yang diukur dengan teknik *Image processing*, (3) pemutuan pisang cavendis segar secara non destruktif dengan teknik *Image processing*.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Pertanian Terpadu, Fakultas Pertanian Universitas Wisnuwardhana Malang. Pisang Cavendish, dibeli dari petani di Gondang Legi, Malang. Sebanyak 3 tandan dengan tingkat kematangan 90, 100, dan 110 hari. Masing-masing tandan diambil sampel 40 buah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: terdapat perbedaan nilai variabel indeks green (G) dan variabel intensitas (I) pada setiap umur pisang, sedangkan variabel red-blue (RB) dan hue saturation (HS) tidak berbeda. Semakin matang buah maka semakin turun tingkat kekerasannya hubungan ini ditunjukkan dengan persamaan regresi $y = -0.0937x + 11.468$ dengan nilai $R^2 = 0.8173$, sedangkan hubungan antara total padatan terlarut dengan tingkat kematangan ditunjukkan dengan persamaan $y = 0.859x - 74,766$ dengan $R^2 = 0.8365$. Tingkat akurasi prediksi kemulusan permukaan kulit mencapai 96.15%.

Kata kunci: buah pisang, mutu, non destruktif, algoritma

ABSTRACT

The aim of this research are: (1) to study the parameter of banana's quality with image processing, (2) to study the relationship between banana's physical characteristics and banana's quality parameter with image processing, and (3) to make the grading of banana non destructively with image processing.

This research had been done at the agriculture laboratory of Agriculture Faculty, Wisnuwardhana University. Malang. Cavendish were obtained from farmer fields in Gondang Legi, Malang Regency, east Java Province. There were 3 stem of banana with 90 days, 100 days, and 105 days. Each stem consists of 40 samples.

The results of this research shows that green indexes variable (G) and intensity variable (I) are difference, but red-blue variable and hue saturation variable are not difference. The relationship between maturity level and tightness of banana is explained with this regression equation, $y = -0.0937x + 11.468$, $R^2 = 0.8173$, whereas, the relationship between TSS and maturity level is explained with this regression equation, $y = 0.859x - 74,766$, $R^2 = 0.8365$. The accuracy of prediction of banana husk smoothness is 96.15%.

Keywords : Cavendish, image, non destructive, algoritme

PENDAHULUAN

Masalah yang sering muncul pada komoditi ekspor buah-buahan Indonesia adalah kualitasnya pada saat sampai di negara tujuan. Pisang memerlukan waktu yang lebih lama dalam perjalanannya menuju konsumen akhir di negara tujuan. Bila hal ini tidak ditangani secara baik, pisang dapat menjadi busuk sesampainya di tempat tujuan, kurang seragamnya tingkat kematangan merupakan salah satu masalah yang serius dalam ekspor, perlu penanganan yang akurat, untuk itu perlu keseragaman tingkat kematangan sehingga penanganannya lebih mudah.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka diperlukan teknologi penanganan pasaca panen yang lebih cepat dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah untuk mengganti metoda manual yang dilakukan selama ini. Salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk sortasi secara visual adalah menggunakan *image processing*, karena sebagian besar pemuatan pisang cavendis menurut SNI, dan prasyarat mutu cavendis segar sesuai dengan permintaan pasar dapat dinilai secara visual seperti warna buah, kotoran, cacat permukaan kulit, diameter.

Image processing telah banyak diaplikasikan dalam bidang pertanian seperti untuk menguji kerusakan fisik, kontaminasi jamur pada jagung dan

kedelai (Berlage *et al.* 1988), menggolongkan buah apel berdasarkan perbedaan ukuran dan banyaknya apel yang memar (Rehkugler *et al.* 1986), untuk melihat laju memar pada buah salak (Ahmad *et al.* 2001), untuk pemeriksaan dan menggrading buah-buahan dan sayur-sayuran dan menganalisis karakteristik biji-bijian dan mengevaluasi makanan dari daging, keju dan pizza (Brosnan dan Sun 2002), untuk menggrade buah apel "Jonagold" (Leemans dan Detsain 2004), untuk melihat distribusi rata-rata warna pada permukaan makanan (Yan dan Papkadis 2004), untuk mengukur panjang irisan keju (Ni dan Gunasekaran 2003), untuk klasifikasi tomat (Laykin, *et al.* 2002).

Tumbuhan ini berasal dari Asia dan tersebar di Spanyol, Itali, Indonesia, Amerika dan bagian dunia yang lain. Tumbuhan pisang menyukai daerah alam terbuka yang cukup sinar matahari, cocok tumbuh di dataran rendah sampai pada ketinggian 1000 meter lebih diatas permukaan laut. Pada dasarnya tanaman pisang merupakan tumbuhan yang tidak memiliki batang sejati. Batang pohonnya terbentuk dari perkembangan dan pertumbuhan pelepah yang mengelilingi poros lunak panjang, Batang pisang yang

sebenarnya terdapat pada bonggol yang tersembunyi di dalam tanah.

Buah pisang dipanen berdasarkan tujuan pemasaran. Buah pisang yang dipasarkan langsung atau dekat daerah perkebunan biasanya dipanen pada tingkat kematangan $\pm 90-100\%$, sudut-sudut buah tidak terlihat jelas ($\frac{3}{4}$ penuh). Untuk pengiriman buah pisang jarak sedang, buah pisang dipanen pada tingkat kematangan $\pm 85-90\%$ dengan sudut-sudut buah masih terlihat jelas (bentuk jari buah pisang mendekati $\frac{3}{4}$ penuh), buah pisang yang dipanen pada fase ini akan masak $\pm 1-2$ minggu setelah panen. Untuk pengiriman ke daerah yang membutuhkan waktu lama, buah pisang dipanen pada tingkat kematangan $\pm 75-80\%$, buah pisang akan masak ± 3 minggu setelah panen. (Pantastico, 1986).

Perubahan Sifat Fisik dan Kimia Buah Pisang

Buah pisang merupakan buah klimaterik yang dalam proses pemasakannya disertai peningkatan laju respirasi dan produksi etilen yang disertai dengan terjadinya perubahan fisik dan kimia buah (Wills *et al.*, 1989). Perubahan tersebut meliputi susut bobot, rasio bobot daging per kulit buah, kelunakan/tekstur, warna kulit buah, total asam tertitrasi dan kandungan gula.

Buah pisang setelah dipanen mengalami perubahan kekerasan buah. Tekstur daging buah secara bertahap mengalami perubahan dari tekstur keras pada waktu mentah menjadi lunak pada waktu masak. Daging buah menjadi empuk karena adanya degradasi zat pektin dan hemiselulosa. Zat pektin yang tidak bisa larut (protopektin) diubah menjadi pektin dapat larut sehingga jumlahnya berkurang dan daging buah menjadi lunak dan empuk (Winarno dan Aman, 1981).

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pemutuan (*grade*) buah pisang cavendis segar secara non destruktif dengan menggunakan image processing dengan cara :

1. Mempelajari parameter mutu pisang cavendis segar dengan menggunakan *image processing*.
2. Mencari hubungan sifat fisiko kimia buah pisang dengan parameter mutu yang diukur dengan teknik citra digital.
3. Pemutuan pisang cavendis segar dengan teknik *Image processing*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pertanian Terpadu, Fakultas Pertanian Universitas Wisnuwardhana Malang.

Obyek penelitian, yaitu pisang Cavendish, dibeli dari petani di Gondang Legi, Malang. Pisang ditebang dari

pohonnya dengan hati-hati. Sebanyak 3 tandan dengan tingkat kematangan yang berbeda, sisir pisang yang pertama dan yang terakhir tidak digunakan dan buah yang paling pinggir dalam tiap sisir juga dibuang, masing-masing sebanyak 40 buah mewakili kelompok umur petik 90, 100, dan 110 hari.

Pisang cavendis yang digunakan untuk sampel diambil pada sisir bagian tengah dari tandan dan buah pisang cavendis yang dipakai adalah bagian tengah dari setiap sisir. Getah yang keluar dari setiap jari dikering anginkan, kemudian ujung tangkai yang terluka dicelupkan ke dalam larutan Benlate 1000ppm selama 30 detik dan kemudian dikering anginkan.

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data untuk setiap sampel meliputi pengambilan *image*, pengolahan citra, pengukuran: berat, diameter, kekerasan, analisa kimia dan pengolahan data.

Pengambilan *Image*: *Image* pisang cavendis dalam berbagi tingkatan kelas mutu diambil dengan menggunakan kamera digital. Pengambilan citra untuk indek kematangan dilakukan dari arah samping. Latar belakang dan jarak antara kamera dengan latar belakang dilakukan dengan cara *trial and error* . di dapat warna yang tepat adalah warna putih. Intensitas reflektans dari buah pisang

cavendis segar ditangkap sensor kamera CCD melalui lensa dan ditampilkan monitor komputer yang dihubungkan dengan sensor kamera. Citra buah cavendis direkam disimpan secara otomatis.

Pengukuran Luas: Pengukuran luas dilakukan dengan terlebih dahulu me ngubah image warna menjadi citra biner untuk membedakan obyek dan latar belakang melalui proses thresholding dengan nilai threshold tertentu. Dimana objek berwarna putih dan latar belakang berwarna hitam. Kemudian dilakukan proses labelling untuk menemukan obyek dengan luas area terbesar, untuk se lanjutnya menentukan titik pusat objek dan melakukan perhitungan luas area dengan cara menghitung jumlah pixel warna putih (obyek).

Pengukuran Intensitas Warna: In tensitas warna diukur dengan menggu nakan model warna RGB (Red, Green, Blue). Nilai RGB merupakan rata-rata da ri semua nilai RGB dari obyek.

Pengukuran Tekstur: Pengukuran tekstur dilakukan dengan menggunakan empat *features* yang diperkenalkan oleh Harlick et.al (1973). Empat *features* ter sebut adalah *Energy*, *Contrast*, *Homo genity* dan *Entropy*.

Proses *Grading*: *Proses grading* dilakukan setelah didapatkan batasan nilai pembeda tertentu sebagai parameter mutu.

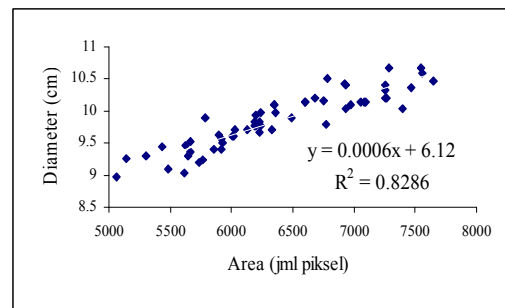
Pemutuan: Pertama dilakukan pemutuan secara manual, untuk keadaan permukaan kulit memisahkan kulit cacat dengan yang tidak cacat sedangkan untuk diameter dan berat diukur langsung dengan menggunakan jangka sorong dan timbangan, untuk warna hanya membandingkan nilai indek RGB untuk setiap ketuaan buah pisang. Data pemutuan secara manual dicari korelasinya dengan data yang diambil dengan menggunakan *image processing*, kemudian diambil *thresholding* untuk setiap kriteria mutu. setelah itu dilakukan validasi dengan buah pisang cavendis yang lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan pada tiap sampel yang meliputi data luas area, intensitas warna yang ditandai dengan indeks RGB dan 4 macam komponen tekstur (*contrast*, *homogeneity*, *energy* dan *entropy*) untuk setiap tingkatan ketuaan yang berbeda. Penentuan tingkatan ketuaan secara manual berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh petani. Algoritma pengolahan citra meliputi pengambilan citra, penyimpanan citra, *binerisasi* berdasarkan nilai *threshold* tertentu, *labeling*, perhitungan luas area, penentuan titik tengah obyek, perhitungan indeks RGB dan perhitungan indeks tekstur.

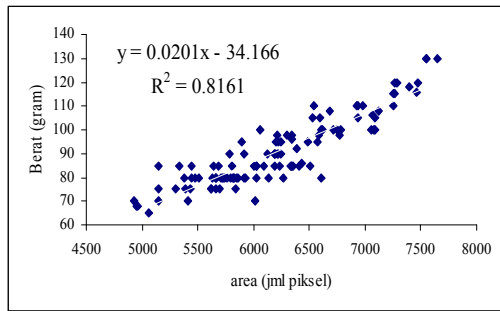
Pemutuan Buah Pisang Berdasarkan Keseragaman Ukuran

Salah satu prasyarat mutu SNI pisang cavendish adalah keseragaman ukuran, keseragaman ukuran buah pisang dapat dilihat dari diameter buah. Penentuan keseragaman ukuran buah pisang cavendish menggunakan teknik *image processing* dapat dilakukan dengan menghitung jumlah piksel objek yang disebut area. Kemudian area ini dibandingkan dengan diameter atau berat dari pisang yang diukur secara manual (pengukuran diameter, dan penimbangan).



Gambar 1. Hubungan antara diameter pisang dengan piksel

Hasil dari penentuan keseragaman ukuran buah pisang yang diduga dengan menggunakan teknik *image processing* terlihat pada Gambar 1, hubungan antara area dengan diameter ditunjukkan dengan persamaan $y = 0.0006x + 6.12$ dengan $R^2 = 0.8286$, artinya makin besar diameter maka jumlah piksel juga semakin banyak.



Gambar 2. Hubungan antara berat pisang dengan piksel

Pendugaan berat buah pisang cavendis menggunakan image processing adalah membandingkan antara berat yang diukur secara manual dengan jumlah piksel dari buah pisang. Jumlah piksel didapat dengan mengolah image buah pisang. Hasil perbandingan antara berat dengan jumlah piksel buah pisang terlihat pada Gambar 2. bahwa dengan semakin berat buah maka jumlah piksel juga semakin banyak. Hubungan antara berat dengan area ditunjukkan dengan persamaan $y = 0.0201x - 34.166$ dengan $R^2 = 0.8161$.

Penentuan Umur Buah Pisang Berdasarkan Warna

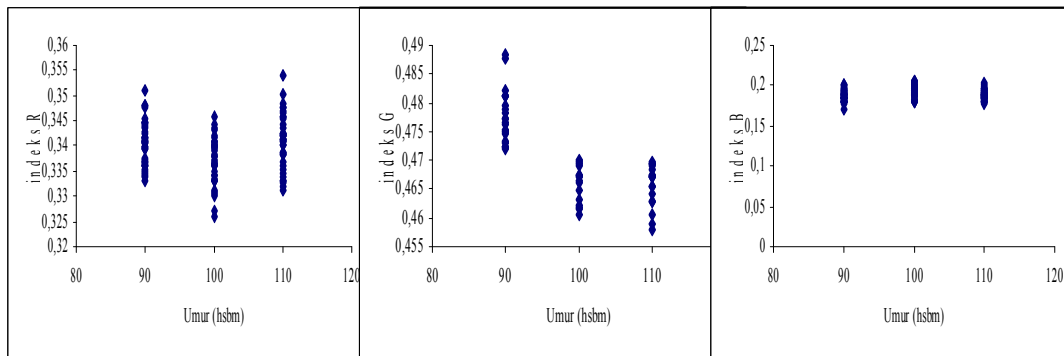
Warna merupakan indikator utama pada buah-buahan dalam menentukan tingkat kematangan. Hasil pengamatan rata-rata indeks warna R dan B tidak memperlihatkan trend yang jelas (Tabel 1) untuk setiap umur pisang, dengan demikian indeks warna R dan B tidak dapat digunakan sebagai parameter pemutuan. Sedangkan rata-rata indeks warna G terlihat ada trend yaitu dengan semakin bertambahnya umur pisang maka nilai indeks G akan menurun, Ini disebabkan oleh berkurangnya kandungan warna hijau pada permukaan kulit buah pisang, dan secara visual juga terlihat warna permukaan kulit buah hijau. Menurut Wills et al.1989 dalam proses kemasakan buah pisang terjadinya perubahan fisik dan kimia buah. Perubahan tersebut meliputi susut bobot, warna kulit buah.

Tabel 1. Hasil perhitungan statistik nilai indeks warna

Statistik	Umur (hsbm)								
	90			100			110		
	R	G	B	r	G	b	r	g	B
Rata-rata (piksel)	0.3405	0.4727	0.1868	0.3369	0.4719	0.1912	0.3410	0.4704	0.1886
Std. Deviasi (piksel)	0.0044	0.0066	0.0064	0.0048	0.0073	0.0070	0.0054	0.0054	0.0060
Maksimum (piksel)	0.3512	0.4883	0.2009	0.3458	0.4821	0.2065	0.3539	0.4792	0.2043
Minimum (piksel)	0.3329	0.4618	0.1702	0.3258	0.4516	0.1797	0.3313	0.4580	0.1771

Secara umum nilai indeks RGB terlihat pada Gambar 3. Namun pada gambar tersebut tidak terdapat garis batasan yang jelas antar tingkatan umur pisang karena nilai-nilai pada ketiga tingkatan umur tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Ini disebabkan pisang masih berwarna sama dengan jarak umur yang tidak jauh, berarti juga degradasi klorofil masih belum begitu nyata pada pisang sampai dengan umur 110 hsbm.

Dari Gambar 3 terlihat hanya indeks G yang mempunyai perbedaan antara umur pisang, dengan semakin tua umur maka indeks G semakin menurun. Berarti semakin tua umur pisang kandungan warna hijau semakin berkurang. Untuk selanjutnya yang digunakan untuk mencari hubungan antara sifat fisiko kimia pisang hanya indeks G saja.



Gambar 3. Hubungan antara indeks warna dengan umur pisang

Model warna HIS berdasarkan persepsi atau cara pandang manusia terhadap warna, dimana model ini membagi suatu warna menjadi tiga

komponen penyusunnya yaitu Hue (corak), Saturasi (kejenuhan) dan Intensitas (kecerahan).

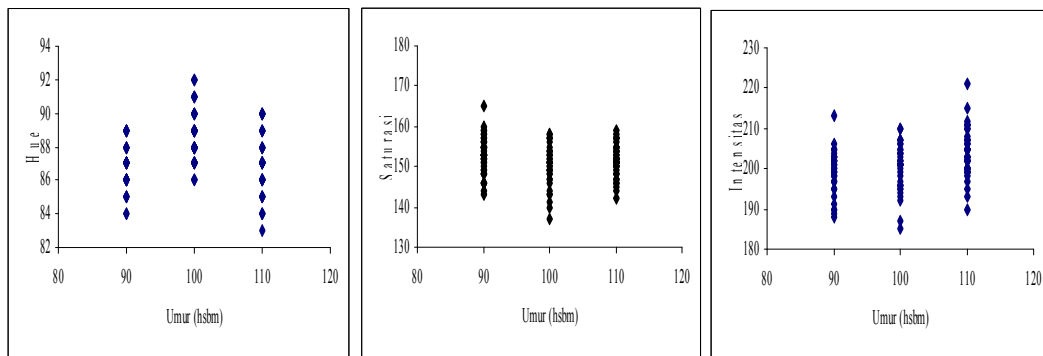
Tabel 2. Hasil perhitungan statistik nilai HSI warna

Statistik	Umur (hsbm)								
	90			100			110		
	H	S	I	H	S	I	H	S	I
Rata-rata (piksel)	86.85	152.90	199.45	88.65	150.22	200.39	87.00	151.46	203.92
Std. Deviasi (piksel)	1.4060	4.6674	5.1637	1.5315	5.1431	5.7607	1.8496	3.9726	6.1017
Maksimum (piksel)	89	165	213	92	158	210	90	159	221
Minimum (piksel)	84	143	188	86	137	185	83	142	190

Dari Tabel 2 terlihat nilai rata-rata H (hue) pada umur 110 hsbm naik tapi turun lagi untuk umur 110 hsbm, sedangkan untuk nilai rata-rata S (saturasi) turun pada umur 110 hsbm dan naik lagi pada umur 110 hsbm, namun untuk I (intensitas) terlihat semakin bertambahnya umur maka nilai intensitas naik (rata-rata intensitas). Kecerahan permukaan kulit akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur pisang, ini mungkin disebabkan dengan bertambahnya umur pisang maka permukaan kulit akan mengalami perubahan warna dari hijau ke

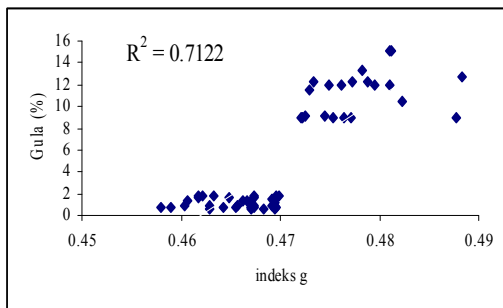
kuning. Warna kuning terletak antara warna merah dan hijau dalam segitiga HSI (Ahmad, 2005) dengan bergesernya titik dari hijau ke kuning maka intensitasnya akan lebih besar (diagram HSI).

Pada Gambar 4 terlihat hanya hubungan antara intensitas yang memperlihatkan adanya perbedaan pada setiap umur pisang. Dimana semakin bertambahnya umur pisang maka nilai intensitasnya akan naik. Untuk mencari hubungan model warna HIS dengan sifat fisikokimia pisang hanya intensitas saja.



Gambar 4. Hubungan antara HSI dengan umur pisang

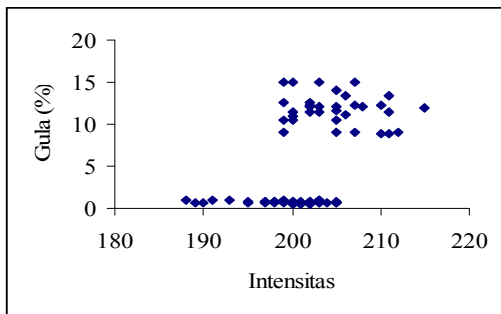
Hubungan Antara Indeks G dengan Sifat Kimia Pisang



Gambar 5. Hubungan Antara Indeks G dengan Gula

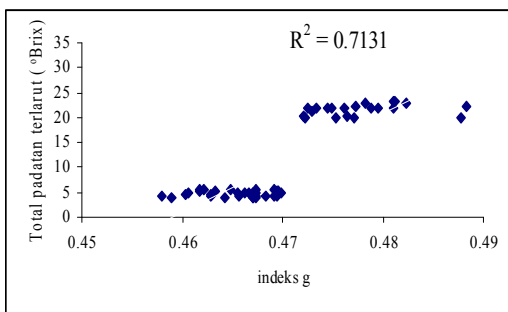
Komponen warna yang mempunyai trend terhadap tingkat kematangan hanya indeks G dan ini juga digunakan untuk memprediksi sifat kimia dari buah pisang. Hubungan antara indeks G dengan kandungan gula buah pisang terlihat pada Gambar 5, dengan nilai $R^2 = 0.7122$, artinya dengan hanya mengambil citra permukaan buah kita dapat memprediksi

kandungan gula dengan tingkat kebenaran mencapai 71.22%.



Gambar 6. Hubungan Antara Intensitas Dengan Kadar Gula

Gambar 6 terlihat pisang dengan kadar gula tinggi mempunyai nilai intensitas yang tinggi



Gambar 7. Hubungan Antara Indeks G dengan Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut dapat diprediksi dengan menggunakan teknik image processing dengan jalan mencari hubungan antara kandungan total padatan terlarut dengan indeks G permukaan kulit buah. Hubungan antara indeks G dengan total padatan terlarut terlihat pada Gambar 7. dengan nilai $R^2 = 0.7131$.

Pemutuan berdasarkan Kemulusan kulit

Kemulusan kulit buah pisang, dilihat dari keadaan permukaan kulit buah. Kulit buah yang tidak mulus pada permukaan terlihat ada cacat/kerusakan pada permukaan kulit sedangkan kulit pisang yang mulus tidak mempunyai cacat permukaan.

Pendugaan mutu buah pisang berdasarkan kemulusan permukaan kulit dengan menggunakan image processing dilakukan dengan cara, pengambilan image pisang yang tidak rusak dan pisang rusak kemudian dianalisa datanya dan diambil *threshold* antara pisang yang tidak rusak dengan pisang yang rusak.

Hasil *threshold* untuk nilai "H" ≤ 86 permukaan kulit rusak, nilai "H" ≥ 86 permukaan kulit mulus. Nilai "S" ≤ 152 permukaan kulit rusak, nilai "S" ≥ 123 permukaan kulit mulus. Nilai "T" ≤ 200 permukaan kulit rusak, nilai "T" ≥ 201 permukaan kulit mulus.

Sedangkan *threshold* tekstur nilai untuk permukaan kulit rusak yang mempunyai nilai ≤ 0.1193 ; ≤ 0.4859 ; ≤ 0.8461 ; dan ≤ 2.5694 masing-masing untuk fitur energi, kontras, homogenitas dan entropi. Untuk permukaan kulit yang tidak rusak nilainya harus lebih besar dari 0.1193; 0.4859; 0.8461; dan 2.5694 untuk fitur energi, kontras, homogenitas dan entropi.

Validasi dilakukan dengan mengambil image buah pisang yang lain. Pertama dilakukan pemutuan secara manual yaitu membedakan antara pisang yang rusak dengan yang tidak rusak, kemudian kedua mutu pisang diambil imagenya dan dibandingkan dengan

threshold yang sudah didapat, hasilnya seperti Tabel 3. Salah prediksi adalah kesalahan dalam menentukan kondisi, untuk permukaan kulit mulus diprediksi rusak dan sebaliknya.

Tabel 3. Hasil pemutuan buah pisang berdasarkan Cacat Permukaan Kulit

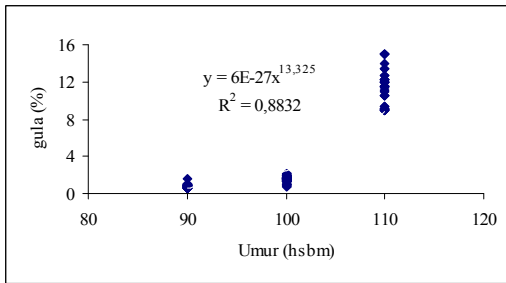
	Manual (Sampel)	Pendugaan dengan Image Processing					
		HIS	Salah Prediksi	Tekstur	Salah Prediksi	HIS+Tekstur	Salah Prediksi
Bagus	78	69 (88,46%)	9 (11,54%)	75 (96,15%)	3 (3,85%)	68 (87,18%)	10 (12,82%)
Rusak	16	10 (62,50%)	6 (37,50%)	3 (18,75)	13 (81,25%)	10 (62,50%)	6 (37,50%)
Jumlah	94	79	15	78	16	78	16

Teknik image processing dapat memprediksi kerusakan permukaan kulit ini terlihat dari hasil yang diperoleh, dengan menggunakan variabel tekstur dapat memprediksi 96,15% kulit pisang yang mulus dibandingkan dengan manual. Sedangkan untuk memprediksi permukaan kulit pisang yang rusak hasil lebih sepertiganya dapat diprediksi dengan menggunakan variabel HIS dan gabungan antara tekstur dengan HIS. Kesalahan prediksi kulit rusak karena permukaan kulit yang rusak itu masih terlihat jelas warna hijaunya, sehingga sistem masih menganggap itu kulit yang mulus.

Hubungan antara gula dengan ketuaan

Dari Gambar 8, terlihat bahwa untuk umur pisang 90 dan 100 hsbm kandungan gulanya belum begitu berbeda, tapi naik secara drastis pada buah pisang yang berumur 110 hsbm, dimana hubungannya ditunjukkan dengan persamaan regresi $y = 6E -27x^{13.325}$ dengan nilai $R^2 = 0.8832$. Ini mungkin disebabkan oleh kandungan pati pada pisang yang berumur 90 dan 100 hsbm masih belum dirombak menjadi gula reduksi, sedangkan buah pisang yang berumur 110 hsbm patinya sudah dirombak menjadi gula reduksi. Wills et al. (1989) dengan bertambahnya umur buah maka akan terjadi perubahan sifat fisik dan

kimia antara lain perubahan kandungan asam dan gula, sedangkan menurut Muchtadi dan Sugiyono, (1992) Peningkatan kadar gula karena buah mensintesis pati menjadi gula.



Gambar 8 Hubungan Antara Kadar Gula dengan Umur Pisang

Hubungan antara kekerasan dengan ketuaan

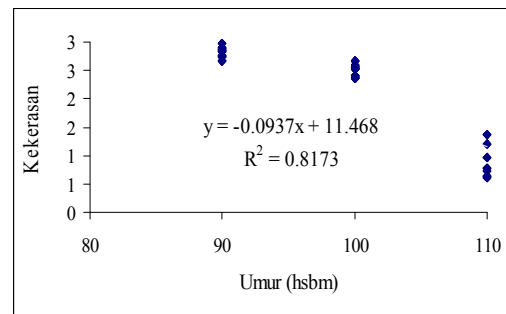
Kekerasan buah pisang akan menurun sejalan dengan bertambahnya tingkat ketuaan, pisang yang diamati untuk umur 100 hsbm cenderung kekerasannya bertahan, mungkin disebabkan setelah umur 100 hsbm perkembangan dari buah sudah maksimal yang menyebabkan kekerasan akan menurun (Gambar 9). Menurut Lodh dan Pantastico (1993), selama pertumbuhan dan perkembangan buah, sifat fisik dari buah akan bertambah dan dipertahankan tetap sesudah mencapai titik maksimum, sesudah itu akan berkurang bersamaan dengan proses permulaan pemasakan. Hubungan kekerasan dengan tingkat kematangan ditunjukkan dengan persamaan regresi $y = -0.0937x + 11.468$ dengan nilai $R^2 =$

0.8173, tanda minus pada koefisien x menunjukkan terjadinya penurunan nilai kekerasan.

Perbedaan kekerasan mungkin juga disebabkan oleh selulosa dan hemiselulosa yang dikandung kulit buah berubah menjadi zat pati dengan semakin matangnya buah akan. Menurut (Winarno dan Aman, 1979) pada dasarnya perubahan tekstur buah disebabkan oleh perubahan turgor pada sel yang dipicu oleh perubahan komposisi dinding sel.

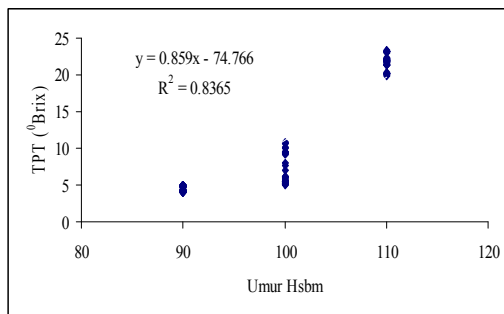
Hubungan antara Total Padatan Terlarut dengan umur

Total padatan terlarut terjadi peningkatan pada 110 hsbm yang signifikan bila dibandingkan dengan tingkat kematangan sebelumnya, mungkin ini disebabkan karena pada 110 hsbm pisang telah mengalami kematangan maksimum. Lodh dan Pantastico (1993), dengan meningkatnya pemasakan kandungan gula total naik cepat dengan timbulnya glukosa dan fruktosa, daging buah juga menyrap air dari kulit buah.



Gambar 9. Hubungan antara Kekerasan dengan Umur Pisang

Hubungan antara total padatan terlarut dengan tingkat kematangan ditunjukkan dengan persamaan $y = 0.859x - 74,766$ dengan $R^2 = 0.8365$ (Gambar 10). Total padatan terlarut buah ini dapat dijadikan sebagai petunjuk atau tolak ukur untuk pemanenan baik untuk konsumsi setempat maupun untuk ekspor, untuk konsumsi yang dekat dengan sentra produksi maka pisang dipanen dengan kadar total padatan terlarut yang tinggi dan untuk daerah yang jauh dari sentra atau untuk ekspor maka pisang dipanen pada total padatan terlarut yang rendah.



Gambar 10. Hubungan antara Total Padatan Terlarut dengan Umur Pisang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pematuan pisang cavendis berdasarkan ukuran (diameter) dan berat dapat diprediksi dengan teknik image processing dengan persamaan untuk ukuran persamaan $y = 0.0006x + 6.12$ dengan $R^2 = 0.8286$ dan untuk berat persamaan $y = 0.0201x - 34.166$ dengan $R^2 = 0.8161$.
2. Hanya indeks G (green) yang mempunyai perbedaan pada setiap umur pisang, semakin tua pisang nilai indeks G semakin menurun. Sedangkan untuk model HSI, hanya nilai I (intensitas) yang mempunyai hubungan dengan umur pisang, dimanan semakin tua pisang nilai I akan bertambah.
3. Hubungan antara indeks G dengan kadar gula mempunyai nilai $R^2 = 0.7122$, Hubungan antara indeks G dengan total padatan terlarut mempunyai nilai $R^2 = 0.7131$. Sedangkan hubungan antara I dengan gula semakin tinggi gula maka intensitas semakin besar.
4. Pematuan pisang cavendish berdasarkan kemulusan permukaan kulit dapat dilakukan dengan menggunakan image processing dengan tingkat keakuratan 96,15%, untuk memprediksi kulit pisang mulus.
5. Hubungan antara umur pisang dengan gula dimana semakin tua pisang maka gula akan naik, hubungannya ditunjukkan dengan persamaan regresi $y = 6E - 27x^{13.325}$ dengan nilai $R^2 = 0.8832$.
6. Hubungan kekerasan dengan tingkat kematangan, semakin tua pisang maka kekerasan akan menurun, hubungannya ditunjukkan dengan persamaan regresi $y = -0.0937x + 11.468$ dengan nilai R^2

= 0.8173. sedangkan hubungan antara total padatan terlarut dengan tingkat kematangan ditunjukkan dengan persamaan $y = 0.859x - 74,766$ dengan $R^2 = 0.8365$

Saran

1. Untuk menentukan umur pisang berdasarkan warna permukaan kulit mungkin bisa digabungkan nilai RGB dengan *Near Infra Red* (NIR).
2. Pemutuan berdasarkan kemulusan permukaan kulit dapat ditambah variabel tekstur lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimus, 2005. *Baku Standart Pisang* Departemen Pertanian http://www.deptan.go.id/psa/doc/baku_standart_pisang_sumut.htm

Ahmad, U. 2002. *Teknik Dasar Pengolahan Citra Digital*. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.

Ahmad, U., A. Abrar and H.K.Purwadaria. 2001. *Determination of Bruise Development Rate on Salak Fruit Using Image Processing. Proceeding of 2nd IFAC-CIGR Workshop on Intelligent control for Agriculture Application, 22-24 Agustus 2001, Bali Indonesia.*

Arymurthy, A.M. dan S. Setiawan. 1992. *Pengantar Pengolahan Citra*. PT. Elex Media Computindo, Jakarta.

Brosnan. T dan Da-Wen Sun. 2002. *Inspection and grading of agricultural and food products by*

computer vision systems—a review. Elsevier Science B.V. All rights reserved

Chen, S., D. Fon., Ch. Chang. 1990. *Universal color indices for maturity evaluations of fruits*. ASAE Paper No. 907054, ASAE, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659.

Gao, J. dan J. Tan. 1996. *Analysis of Expanded-Food Texture by Image Processing, Part I : Mechanical Properties*. Journal of Food Process Engineering 19 (1996). Food and Nutrition Press, Inc. Trumbull, Conecticut.

Garner, James O., F. B. Matta and Juan L. Silva. 1996. *Translucent Flesh Disorder of Mangosteen Fruit (Garcinia mangostana L.)*. HortScience 31(1) 112-113.

Haralick,R,M., K,Shanmugam and I. Dinstein. 1973. *Textural Features for Image Classification*. IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics. 3(6):610-621.

Laykin, S.,V. Alchanatis, dan Y.E dan. 2002. *Image Processing Algorithms for Tomatoes Classification*. <http://www.ie.bgu.ac.il/proj-search/search/papers/pixies/japan>. 11 Januari 2005.

Muchtadi, T.R. dan Sugiyono 1992. *Ilmu Pengetahuan bahan Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Dirjen Dikti. PAU Pangan dan Gizi. IPB

Ni, H.X and S. Gunasekaran . 2003. *Image Processing Algorithm for Cheese Shred Evaluation*. J.Food Engineering. 61(1):37-45.

Pantastico, E.B. 1986. *Fisiologi Pasca Panen Penanganan dan Pemanfaatan Buahbuahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika*. Terjemahan Kamaryani. Gajahmada University Press, Yokyakarta

Rehkugler, G.E., dan J.A. Throop. 1989. *Image Processing Algorithm for Aplle Defect Detection*. Transection of The ASAE 32 (1) p: 267 – 272.