

## EVALUASI MUTU MANGGIS MENGGUNAKAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Ana Nurhasanah<sup>1</sup>, Suroso<sup>2</sup> dan Usman Ahmad<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Serpong

<sup>2</sup> Fakultas Teknologi Pertanian IPB

### ABSTRAK

Pasar ekspor dan domestik manggis memerlukan mutu yang utama dan konsisten. Sistem pemutuan yang dilakukan sampai saat ini masih secara manual berdasarkan visual manusia sehingga sering menghasilkan mutu manggis yang tidak konsisten dan menimbulkan kejemuhan bagi pensortirnya. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan pemutuan manggis menggunakan pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan. Pengolahan citra dikembangkan berdasarkan ukuran/diameter dan warna buah. Sebuah CCD kamera dengan penangkap citra digunakan untuk menangkap citra pada resolusi 256 x 192 pixel. Dari data pengolahan citra kemudian diolah menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan konstanta momentum 0.8, dan fungsi aktivasi 1 serta dilatih sampai 10 000 iterasi pada lapisan tersembunyi 3, 6, 9, 12 dan 15 simpul lapisan tersembunyi. Hasil penelitian menunjukkan nilai koefisien determinasi yang tinggi antara diameter manggis dengan luas area pengolahan citra. Model JST yang paling ideal untuk memprediksi mutu manggis adalah menggunakan parameter hasil pengolahan citra sebagai data masukan (area, hue, saturasi, intensitas, kontras, homogenitas, entropi dan energi) dan dapat menentukan mutu manggis dengan tingkat keakuratan yang tinggi sebesar 90.9 % pada Mutu Super, 100 % pada Mutu I, dan 95 % pada Mutu II serta secara keseluruhan rata-rata 95.3 %.

**Kata kunci :** manggis, pemutuan, pengolahan citra, jaringan syaraf tiruan

### ABSTRACT

The mangosteen can be classified as a special quality fruit for export. Quality of the mangosteen determined by size (diameter) and color indexes. This research was aimed to develop quality evaluation of mangosteen non-destructively using image processing and artificial neural network. The area, texture and color indexes of mangosteen were extracted from 188 object sample images using the developed image processing software. The area corresponds to weight while texture and color indexes correspond to maturity level. The features extracted from the image were used as input for artificial neural network, which was modeled to use 4 and 8 inputs on 3, 6, 9, 12, 15 hidden layers. The training of artificial neural network was conducted with value of 0.8 for momentum constant and learning rate constant, 1.0 for sigmoid function in 10000 iteration. The results showed that quality provided the highest accuracy of validation with 95.3 %.

**Keywords:** mangosteen, quality, image processing, artificial neural network

### PENDAHULUAN

Buah manggis merupakan salah satu jenis buah unggulan Indonesia yang dapat bersaing dipasaran Internasional. Manggis merupakan komoditas ekspor unggulan nomor dua setelah pisang dan memiliki pangsa pasar dan nilai ekonomis yang tinggi di luar negeri.

Pasar buah manggis masih mempunyai peluang yang besar ini ditunjukkan oleh permintaan masih relatif besar penawarannya, hal ini berlaku untuk pasar di dalam negeri maupun pasar ekspor, kemudian dari itu tidak banyak pesaing-pesaing di dunia yang

sudah membudidayakan manggis dan bermanfaat di pasar Internasional, kecuali Thailand dan Malaysia. Manggis harus ditangani secara serius mulai dari budi daya, teknologi pasca panen sampai pemasarannya, apabila ingin meraih peluang tersebut.

Produksi manggis Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, tahun 1986 produksi 3.67 ton; 1990 produksi 357.54 ton; 1994 produksi 2.687.41 ton; tahun 2000 produksi manggis mencapai 26.400 ton dan meningkat tajam pada tahun 2002 sebesar 65.055 ton. Dari total produksi manggis yang dihasilkan oleh petani, hanya sekitar 30 persen yang layak ekspor. Salah satu penyebab dari kejadian di atas adalah tidak seragamnya kualitas dan kondisi buah-buahan tersebut ketika dikirim, sehingga tidak memenuhi syarat untuk ekspor. Persyaratan tersebut antara lain kelopak buah tidak boleh tanggal atau berubah warna, tidak boleh ada goresan atau getah kuning pada kulit buah, kulit buah mulus dengan warna merah muda sampai ungu dan tidak keras atau kering. Selain itu masih banyak standar kriteria lain seperti ukuran dan rasa (Depperindag, 2002). Ukuran diameter buah > 65 mm (mutu super), 55-65 mm (mutu I) dan diameter buah < 55 mm (mutu II) (SNI 01-3211-1992).

Dewasa ini eksportir mengumpulkan buah manggis dari petani, kemudian buah manggis disortasi secara manual berdasarkan pengalaman yang turun temurun, sortasi buah manggis yang dilakukan berdasarkan tingkat ketuaan dan sortasi pemutuan berdasarkan ukuran. Sortasi berdasarkan tingkat ketuaan, ini berguna untuk menentukan lokasi pemasaran dimana tingkat ketuaan tinggi pemasarannya hanya untuk daerah yang dekat/lokal, sedangkan untuk ekspor digunakan buah manggis dengan tingkat ketuaan yang masih kurang (indek 3). Sedangkan untuk sortasi pemutuan berdasarkan ukuran, biasanya digunakan untuk menentukan negara tujuan ekspor, timur tengah lebih suka buah yang berukuran kecil (mutu II), sedangkan untuk negara lainnya yang lebih suka yang berukuran besar (mutu I). Sortasi ketuaan dan sortasi pemutuan dengan cara ini sangat tergantung pada keadaan dan kondisi dari tenaga penyortir, sehingga hasilnya kurang seragam dan waktunya lama karena dilakukan lebih dari satu kali. Permasalahan yang timbul disini adalah Ketidak-akuratan dalam hal prediksi kondisi dari buah manggis.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka diperlukan teknologi penanganan pasca 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 dalam menentukan mutu manggis adalah menggunakan teknik pengolahan citra digital (*image processing*) dan jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network/JST*).

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengembangkan metode penentuan mutu manggis secara *non destructive* dengan algoritma pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan. Sedangkan tujuan khusus, meliputi : mengembangkan algoritma pengolahan citra digital untuk menganalisis parameter mutu manggis dan membangun model jaringan syaraf tiruan untuk menentukan mutu manggis berdasarkan analisis citra digital dan menguji perangkat lunak yang dibangun dalam mengelompokkan manggis berdasarkan kelompok mutu.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian, Bogor. Waktu penelitian mulai dari September 2004 sampai Februari 2005. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah manggis dengan umur 90, 100, 110, 114 dan 126 hari setelah bunga mekar sebanyak 20 – 50 buah dengan kriteria mutu Super dan Mutu I (diameter > 65 mm dan 55 – 65 mm) yang didapatkan dari petani di Wanayasa, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. Peralatan yang digunakan untuk pengolahan citra

adalah kamera CCD digital berwarna VED model OC-305 D dan seperangkat komputer dengan *processor* 133 Mhz yang dilengkapi dengan *video capture* MATROX Meteor, 4 buah lampu TL 7 watt, timbangan digital untuk mengukur berat buah, jangka sorong untuk mengukur diameter, rheometer untuk mengukur kekerasan buah dan refraktrometer untuk mengukur total padatan terlarut buah. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C dengan kompiler microsoft visual C.

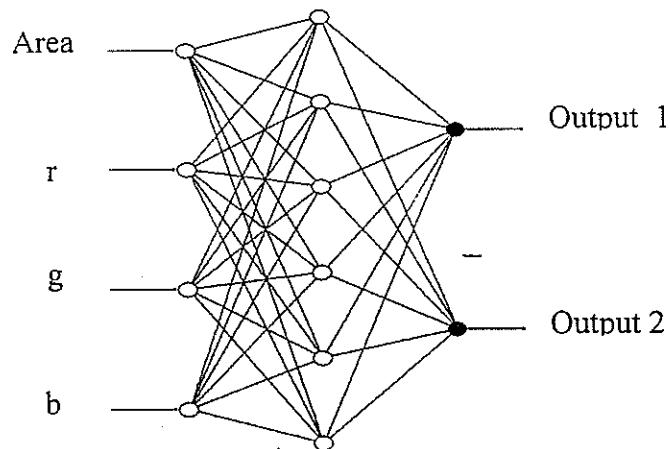
Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan citra, pengolahan citra, dan pengolahan data untuk setiap sampel. Citra manggis dalam berbagai tingkat ketuaan dan kematangan diambil dengan menggunakan kamera CCD. Pengambilan citra untuk indeks warna dan luas area dilakukan sebanyak 3 kali. Untuk menentukan indeks warna latar belakangnya putih, ukuran latar belakang yang ditangkap lensa 15,5 x 11,5 cm. Jarak antara kamera dengan latar belakang kurang lebih 23,5 cm. Intensitas reflektans dari buah manggis ditangkap sensor kamera CCD melalui lensa dan ditampilkan di monitor komputer. Citra buah manggis direkam dan disimpan secara otomatis dengan ukuran 256 x 192 piksel. Algoritma Pengolahan citra meliputi pembuatan program pengolahan citra yang dibangun untuk dapat melakukan pengambilan citra dan menyimpan dalam format *.tif*. Pengolahan citra dilakukan secara *real time* meliputi perhitungan luas, indeks warna RGB dan HSI serta 4 komponen tekstur. Pengukuran Intensitas warna diukur dengan menggunakan model warna RGB (*Red, Green, Blue*) dan HSI (*Hue, Saturation, Intensitas*). Nilai RGB dan HSI merupakan rata-rata dari semua nilai RGB dan HSI dari obyek. Pengukuran tekstur dilakukan dengan menggunakan empat *features* yang diperkenalkan oleh Harlick et.al (1973). Empat *features* tersebut adalah *Energy, Contrast, Homogeneity* dan *Entropy*. Setelah data hasil pengolahan citra didapat, maka data tersebut digunakan sebagai masukan jaringan syaraf tiruan/JST untuk dapat menentukan mutu manggis sebagaimana pada Tabel 1. Adapun model JST yang digunakan tercantum pada Tabel 2 dan Gambar 1, 2, 3 dan 4.

Tabel 1. Tabel output JST mutu manggis

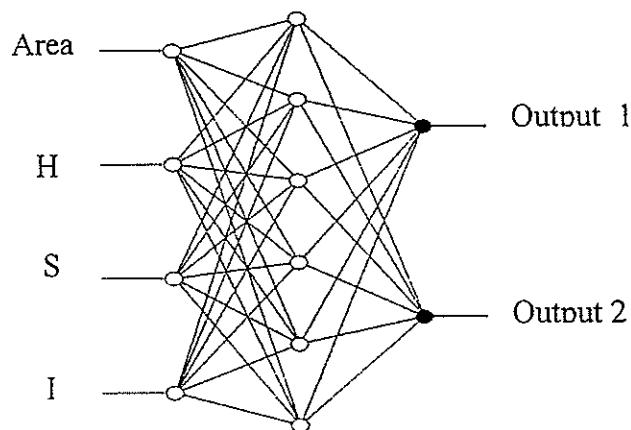
Mutu	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	Keterangan
Super	1	1	Diameter >65 mm, warna hijau kemerah – merahan dan hijau muda mengkilat
Mutu I	1	0	Diameter 55 - 65 mm, warna hijau kemerah – merahan dan hijau muda mengkilat
Mutu II	0	1	Diameter <55 mm, warna hijau muda, merah keunguan dan kehitaman (matang dan lewat matang)

Tabel 2. Model JST untuk prediksi mutu manggis

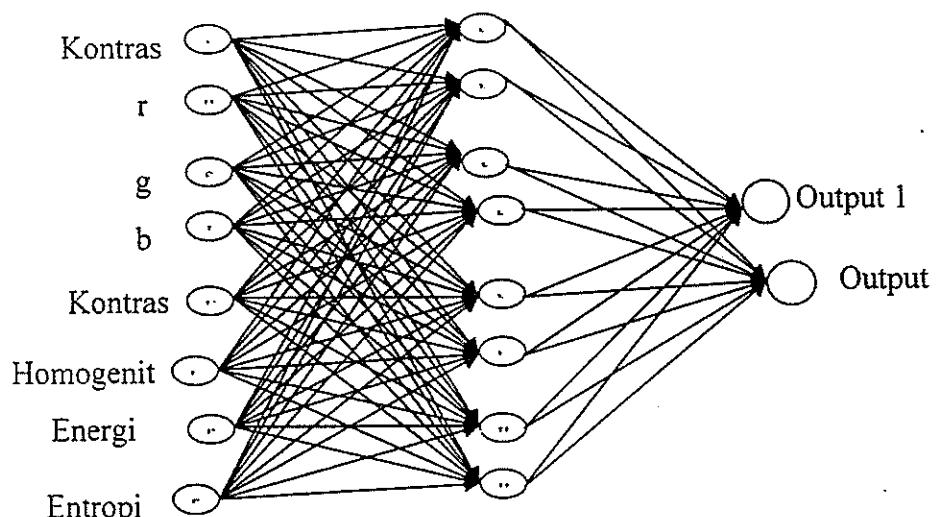
Model	r	g	b	H	S	I	Kn	Ho	En	Et	A
1	✓	✓	✓								✓
2				✓	✓	✓					✓
3	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓
4				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



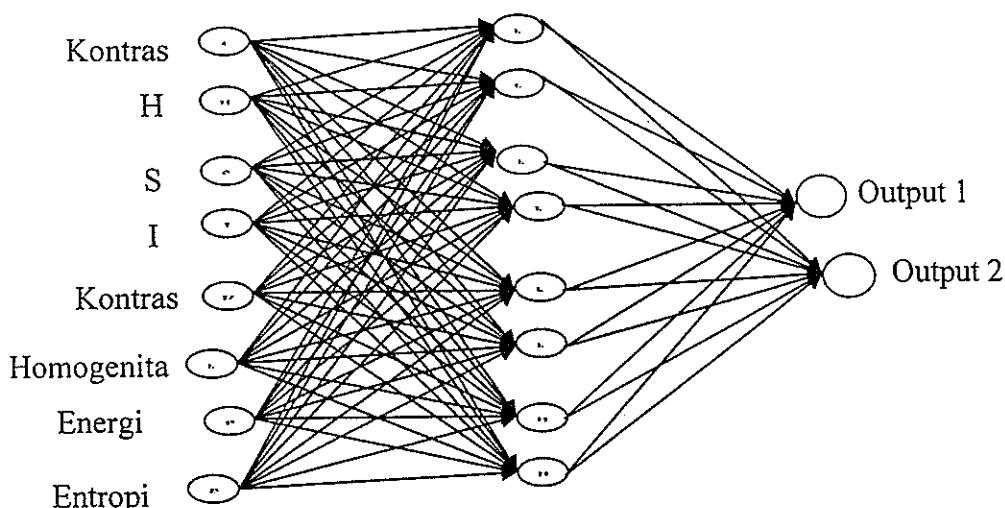
Gambar 1. JST model 1 untuk prediksi mutu manggis



Gambar 2. JST model 2 untuk prediksi mutu manggis



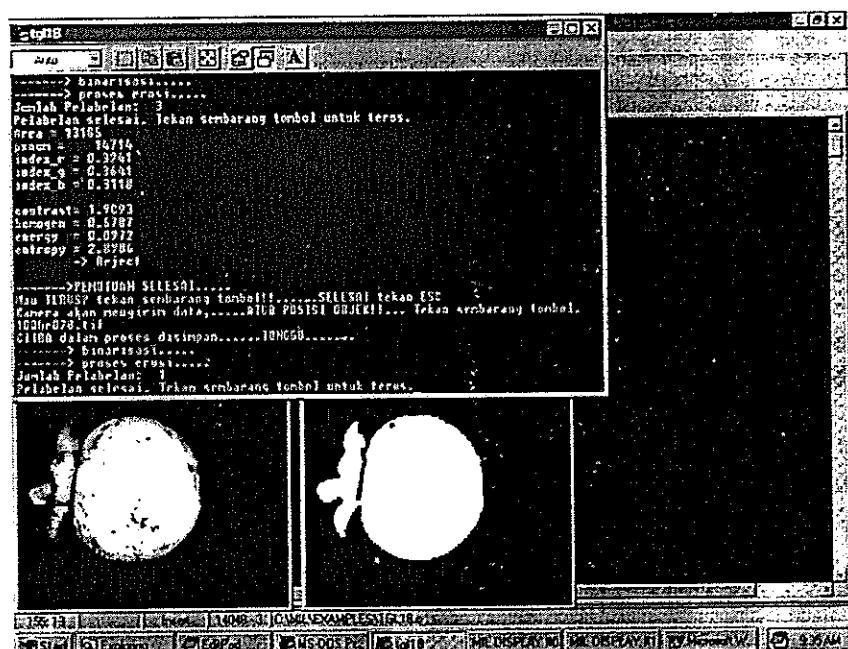
Gambar 3. JST model 3 untuk prediksi mutu manggis



Gambar 4. JST model 4 untuk prediksi mutu manggis

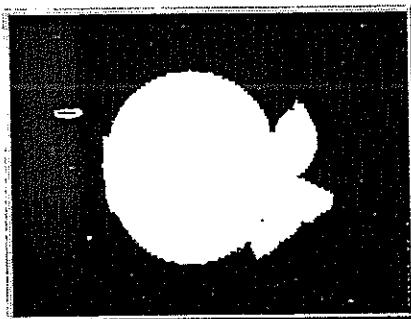
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini identifikasi mutu manggis dengan metode pengolahan citra dilakukan secara langsung yaitu pengambilan citra dilakukan tanpa perlu menyimpannya terlebih dahulu (*real time*). Langkah pertama adalah mengaktifkan program pengolahan citra dalam bahasa C yang telah *dicompile* dan dibuat file aplikasinya dalam format *.exe*. Setelah program aplikasi dijalankan akan muncul 3 buah layar (Gambar 5) dimana 1 layar besar untuk melakukan pengisian nama file untuk menyimpan citra dan menyimpan data hasil pengolahan dalam format *.txt* beserta tampilan data hasil pengolahan citra, serta 2 layar kecil lainnya untuk menampilkan citra asli dan citra hasil *binerisasi*.



### Penentuan Area luas proyeksi manggis

Penentuan area luas proyeksi manggis dilakukan dengan cara citra buah manggis diambil dari arah samping, seperti diperlihatkan pada Gambar 6.



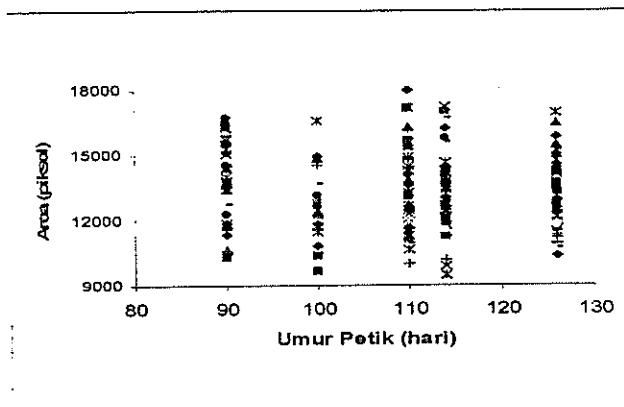
Gambar 6. Hasil *Threshold* buah manggis dari samping untuk penentuan area

Hasil perhitungan statistik pada data area manggis dengan umur petiknya terlihat hampir sama. Hal ini disebabkan karena sampel yang digunakan untuk penelitian ukurannya hampir seragam untuk petik 90 hari dan 100 hari sbm, demikian pula untuk umur 110 hari sbm hampir sama dengan umur 114 hari dan 126 hari sbm. Sampel manggis pada umur petik 90 hari sbm merupakan manggis yang masih muda sehingga cenderung masih mengalami pertumbuhan dan menjadi lebih besar, namun buah manggis ini tidak akan menjadi masak. Untuk sampel manggis umur 100 hari sbm telah memasuki stadium tua dan matang sehingga buah cenderung berubah menjadi masak. Dari hasil perhitungan statistik terlihat tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara area manggis dengan umur petiknya. Hal ini sesuai menurut Pantastico (1989) kriteria ketuaan buah ditentukan dengan tidak mengalami perubahan fisik dari buah tersebut.

Hasil perhitungan statistik area manggis yang didapat dari pengolahan citra berdasarkan umur petiknya dapat dilihat pada Tabel 3 dan sebaran nilai area manggis pada berbagai umur petik dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan statistik pada data area manggis

Umur Petik (hari)					
	90	100	110	114	126
Rata-rata Area (piksel)	14051.83	12584.70	13470.80	13464.30	13176.39
Std. Deviasi	1822.36	1830.02	1954.40	1760.34	1653.72
Maximum	16777.33	16599.50	18027.00	17242.67	16977.00
Minimum	10312.33	9629.00	10007.33	9444.00	10355.00



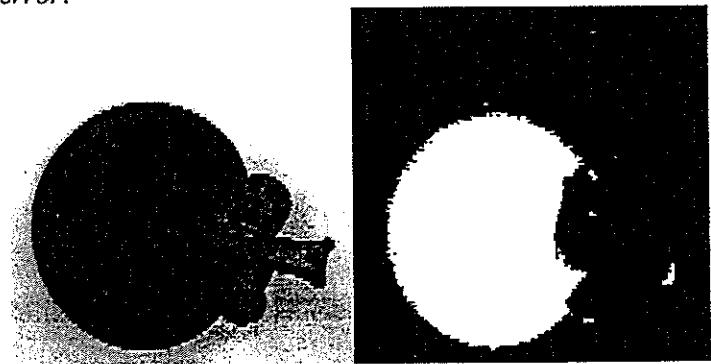
Gambar 7. Sebaran nilai area manggis untuk umur petik 90, 100, 110, 114 dan 126 hari.

#### Penentuan Indeks Warna Buah manggis

Parameter yang digunakan untuk menentukan indeks kematangan buah manggis adalah warna (Dirjen Tanaman Buah, 2002). Ada tujuh tahap indeks kematangan buah manggis. indeks 0, warna kulit buah kuning kehijauan, indeks 1, warna kulit buah hijau kekuningan, indeks 2 warna kulit buah kuning kemerahan dengan bercak merah, indeks 3 warna kulit buah merah kecoklatan, indeks 4 warna kulit buah merah keunguan, indeks 5 warna kulit buah ungu kemerahan dan indeks 6 warna kulit buah ungu kehitaman.

Sebelum membangun program komputer dicari faktor pembeda pada tiap indeks kematangan dalam hal ini adalah nilai indeks RGB dari setiap indeks manggis. Dari gambar indeks kematangan (Dirjen Tanaman Pangan dan hortikultura, 2002), didapat nilai indeks yang bisa digunakan sebagai parameter pembeda antara indek kematangan adalah nilai dari indek R dan indek G, data ini digunakan untuk mengetahui perubahan tingkat ketuaan dan kematangan manggis.

Penentuan indeks kematangan manggis berdasarkan perbedaan warna dari permukaan kulit, maka nilai indeks RGB yang dihasilkan oleh program merupakan rata-rata dari seluruh permukaan kulit buah yang dicitra, jadi program yang dibangun untuk menentukan indeks kematangan harus dengan menghilangkan kelopak buah seperti Gambar 8, dengan menggunakan *threshold G*  $\leq 70$  dan *threshold B*  $\leq 85$  yang didapatkan dari metoda *trial* dan *error*.



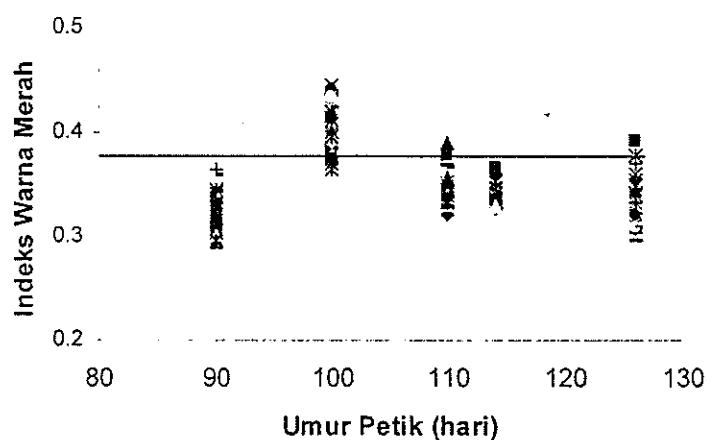
Gambar 8. Hasil *thresholding* untuk menentukan indeks warna

Hasil pengukuran citra terhadap warna buah manggis sistem RGB menunjukkan bahwa indeks warna merah dapat membedakan manggis umur 90 hari dengan umur 100 hari atau dengan kata lain indeks warna merah dapat membedakan mutu manggis dari

Mutu Super dengan Mutu I dan Mutu II. Tabel 2 dan Gambar 6 memperlihatkan hasil perhitungan statistik dan sebaran nilai indeks warna merah pada berbagai tingkat ketuaan dan kematangan. Sedangkan indeks warna hijau dan biru tidak mempunyai kriteria yang jelas sehingga dari kelima tingkat ketuaan manggis tidak bisa dibedakan.

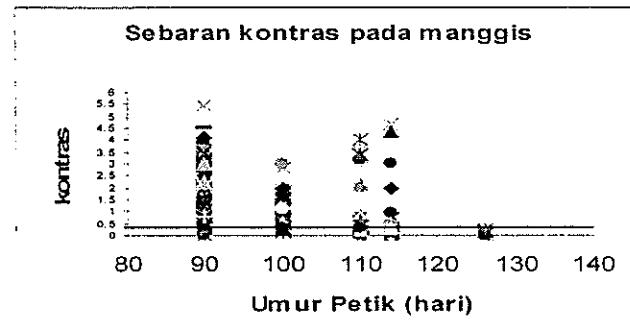
Tabel 4. Hasil perhitungan statistik indeks warna merah manggis pada berbagai umur petik manggis

Statistik	Umur Petik (hari)				
	90	100	110	114	126
Rata-rata Indeks Warna Merah	0.3239	0.3996	0.3377	0.3377	0.3342
Std. Deviasi	0.0125	0.0187	0.0084	0.0069	0.3800
Maximum	0.3654	0.4327	0.3903	0.3658	0.3548
Minimum	0.2936	0.3702	0.3212	0.3276	0.3333
Ambang Atas	0.3809	-	0.3809	0.3809	0.3809
Ambang Bawah	-	0.3809	-	-	-



Gambar 9. Sebaran nilai indeks warna merah pada berbagai umur petik manggis

Pengukuran citra terhadap warna buah manggis berdasarkan sistem HSI menunjukkan bahwa indeks warna saturasi (S) dapat membedakan manggis umur 90 hari dengan umur 100 hari maupun umur 110, 114, dan 126 hari atau dengan kata lain indeks warna saturasi dapat membedakan tingkat mutu manggis. Tabel 4 dan Gambar 6 memperlihatkan hasil perhitungan statistik dan sebaran nilai indeks warna saturasi pada berbagai tingkat ketuaan dan kematangan. Demikian pula indeks warna hue (H) dan intensitas (I) mempunyai kriteria yang jelas sehingga indeks warna hue dan intensitas dapat membedakan mutu buah manggis.



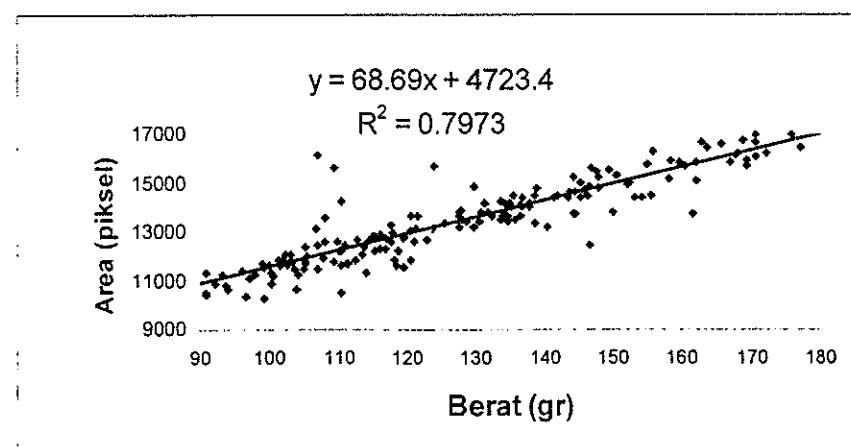
Gambar 11. Sebaran nilai komponen tekstur (*contras*) pada berbagai tingkat ketuaan dan kematangan manggis.

Tabel 6. Hasil perhitungan statistik komponen tekstur (kontras) pada berbagai tingkat ketuaan dan kematangan manggis

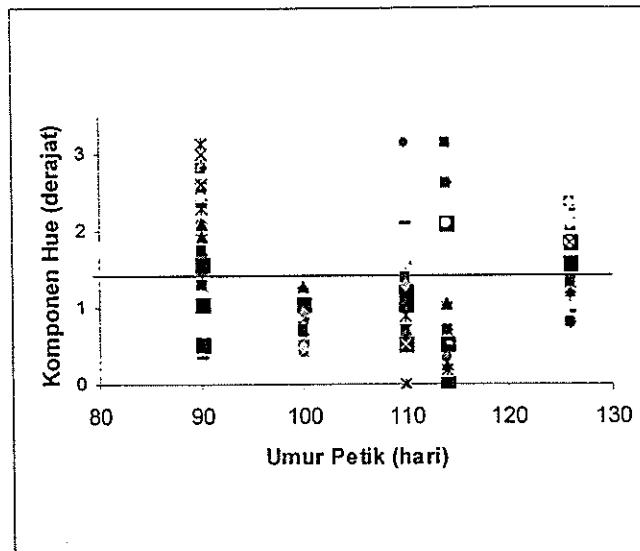
Statistik	Umur Petik (hari)				
	90	100	110	114	126
Rata-rata Kontras	1.5665	1.0994	0.4130	0.3243	0.0724
Std. Deviasi	1.1929	0.7031	0.6155	0.7500	0.0830
Maximum	5.4714	2.4514	3.9964	4.6429	0.3393
Minimum	0.0000	0.1407	0.0179	0.0000	0.0000
Ambang Atas	-	-	-	-	0.3393
Ambang Bawah	0.3393	0.3393	0.3393	0.3393	-

#### Analisa Korelasi Regresi Linier Antara Area dengan Berat dan Diameter Manggis.

Hasil perhitungan statistik data area sampel buah manggis (piksel) dengan data berat manggis (gram) dan diameter (mm) yang didapat dari penimbangan dan pengukuran manggis secara langsung memiliki hubungan erat yang ditunjukkan oleh nilai korelasi 0.7973 dan 0.9164 dengan persamaan regresi  $y = 68.69x + 4723.4$  dan  $y = 429.94x - 13797$ . Hal ini sesuai dengan asumsi bahwa semakin berat bobot manggis dan makin besar diameternya maka makin luas hasil proyeksinya pada bidang 2 dimensi. Gambar 9 dan 10 menunjukkan hubungan antara area sampel manggis dengan pengukuran berat dan diameter secara langsung.



Gambar 12. Hubungan area citra manggis dan berat buah



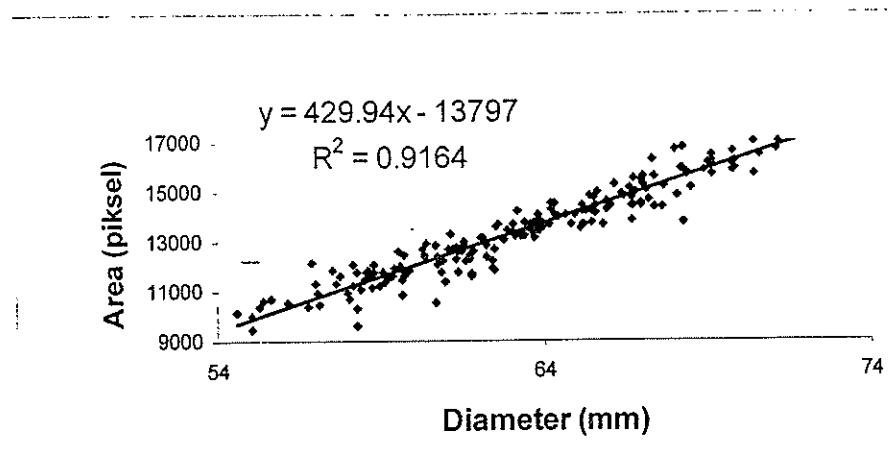
Gambar 10. Sebaran nilai indeks warna saturasi pada berbagai tingkat ketuaan dan kematangan manggis

Tabel 5. Hasil perhitungan statistik indeks warna saturasi manggis pada berbagai tingkat ketuaan dan kematangan

Statistik	Umur Petik (hari)				
	90	100	110	114	126
Rata-rata Saturasi	3.57	26.71	2.76	1.45	4.62
Std. Deviasi	1.81	5.51	2.27	1.17	4.35
Maximum	8.06	40.00	10.14	6.94	15.95
Minimum	0.57	18.24	0.45	0.45	0.00
Ambang Atas	10.00	-	10.00	10.00	10.00
Ambang Bawah	10.00	-	-	-	-

#### Penentuan Komponen Tekstur (Kontras, Homogenitas, Entropi dan Energi)

Hasil pengukuran komponen tekstur dengan parameter kontras diperoleh nilai sebaran bahwa fitur kontras dapat membedakan umur petik 90, 100, 110, 114 hari dengan umur petik 126 hari. Namun data fitur kontras untuk umur petik 90, 100, 110 dan 114 hari tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 8 yaitu ada kemiripan nilai rata-rata parameter kontras pada umur petik 90, 100, 110, dan 114 hari. Adapun rata-rata parameter kontras berdasarkan umur petik dapat dilihat pada Tabel 6. Demikian pula nilai sebaran komponen tekstur yang lain yaitu homogenitas, entropi dan energi masing-masing mempunyai kriteria yang jelas sehingga dari kelima tingkat ketuaan manggis dapat dibedakan.



Gambar 13. Hubungan area citra manggis dan diameter buah

#### Pelatihan dan Validasi Jaringan Syaraf Tiruan

Pelatihan JST dilakukan dengan : Nilai laju pembelajaran ( $\alpha$ ) = 0.8, konstanta momentum ( $\beta$ ) = 0.8, nilai fungsi aktivasi = 1 dan jumlah iterasi = 10000. Jumlah lapisan tersembunyi yang diunakan dalam model JST adalah 3, 6, 9, 12, dan 15. Hasil pelatihan JST pada mutu manggis menunjukkan bahwa JST model 4 (yaitu indeks warna sistem HSI dan komponen tekstur), dengan spesifikasi model : 8 parameter input, 15 lapisan tersembunyi dan 3 keluaran menghasilkan nilai error rendah dan paling tepat dalam menentukan mutu manggis.

Hasil validasi mutu manggis dengan jumlah hidden 3, 6, 9, 12, dan 15 dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8. Setelah diverifikasi hasil JST model 4 (AHSI Tekstur) dapat tepat memprediksi mutu manggis 95.3 % dari keluaran yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tabel 7. Validasi model 4 tingkat mutu dengan berbagai simpul pada iterasi 10000

Klasifikasi	Ketepatan Model (%) tiap lapisan tersembunyi				
	3	6	9	12	15
SUPER (10)	72.7	90.9	81.8	72.7	90.9
MUTU I (01)	84.6	96.2	96.2	96.2	100.0
MUTU II (11)	85.0	85.0	95.0	90.0	95.0
Akurasi Keseluruhan	80.8	90.7	91.0	86.3	95.3

Tabel 8. Tingkat ketepatan JST model 4 untuk prediksi mutu manggis dengan lapisan tersembunyi 15 dan iterasi 10000

Mutu	Tingkat Ketepatan JST			
	Super	Mutu I	Mutu II	Total
Super	10 (90.9%)	1 (9.1%)	-	11 (100%)
		26 (100%)	-	26 (100%)
Mutu I	-			
Mutu II	1 (5%)	-	19 (95%)	20 (100%)

## KESIMPULAN

1. Parameter pengolahan citra area, indeks warna RGB dan HSI serta komponen tekstur (kontras, homogenitas, energi dan entropi) dapat digunakan untuk menentukan mutu buah manggis dengan bantuan jaringan syaraf tiruan.
2. Model JST yang paling ideal untuk memprediksi mutu manggis adalah menggunakan parameter hasil pengolahan citra sebagai data masukan (area, H, S, I, kontras, homogenitas, entropi dan energi) dan dapat menentukan mutu manggis dengan tingkat ketepatan 95.3 %.

## DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jendral Tanaman Pangan dan Hortikultura subdin Tanaman Buah. 2002. Laporan Tahunan. Departemen Pertanian, Jakarta.

Pantastico, E.B. 1989. Fisiologi Pasca Panen Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Sutropika. Terjemahan Kamaryani. Gajahmada University Press, Yogyakarta.

Suyanti. Roosmani ABST dan Sjaifullah. 1999. Pengaruh Tingkat Ketuaan Terhadap Mutu Pascapanen Buah Manggis Selama Penyimpanan. J. Hort. 9(1):51-58.