PENGOLAHAN CITRA UNTUK PEMERIKSAAN MUTU BUAH MANGGA

(Image Processing for Quality Inspection of Mango Fruit)

Usman Ahmad

ABSTRACT

Indonesia has many kinds of tropical fruits, including mango, that can be exported besides to supply the demand on the fruits in the country. To ensure the quality of mango, it is important to do sortation and grading on them, especially those for export, based on the quality requirement. In this case, the use of high technology such as image processing is necessary to put into practice with the aim to increase the consistence of sortation and grading processes as compare to the result of manual work.

As a starting point in developing a sortation and grading method using image processing, physical (weight and firmness) and chemical (total soluble solid) properties of mango fruit were measured and visual appearance of the mango was analyzed, to find out whether they have relationship with one another. The results show that from the four criteria of visual appearance of **Arumanis** *mango (area, shape factor roundness, color, and texture), only area that has relationship with the weight, while the rest of them do not show any relationship. But, the textural features extracted from the images of* **Arumanis** *mango show a significant differences between defect mango on the surface and the good ones.*

From the results, sortation and grading of **Arumanis** *mango using image processing based on the maturity index is not recommended, but sortation and grading can be performed based on the existence of defect on the surface in combination with the size. These criteria can be applied to do sortation and grading on* **Arumanis** *mango as they are two of many factors for quality measurement, especially for export.*

Keywords : *mango, image processing, area, shape, color, texture*

PENDAHULUAN

Buah mangga merupakan salah satu buah musiman yang sangat digemari di dalam negeri, dan mempunyai prospek yang baik sebagai komoditas ekspor. Pada umumnya mangga dikonsumsi segar, walau ada juga dalam bentuk olahan seperti asinan dan manisan mangga. Buah mangga yang banyak dikonsumsi dalam keadaan segar dan mempunyai nilai ekonomi yang cukup tinggi antara lain varietas Gedong, Golek, Manalagi, Cengkir, dan Arumanis. Mutu mangga segar dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bibit, varietas, tingkat ketuaan saat panen, penanganan pasca panen dan penyimpanan. Ketuaan buah adalah suatu keadaan yang berhubungan dengan umur buah yang cukup sehingga siap untuk memasuki

Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

stadium matang, sedangkan matang adalah keadaan buah yang siap dikonsumsi. Buah mangga, sebagai buah yang tergolong klimakterik, dapat memasuki stadium matang dalam beberapa hari secara alamiah bila cukup tua waktu dipetik.

Tanaman mangga tumbuh dan menghasilkan buah mangga hampir di seluruh wilayah Indonesia, dengan produksi terbanyak berasal dari Pulau Jawa. Tingkat produksi mangga di suatu daerah tergantung pada cara mengelola kebun dan iklim, terutama cuaca pada sekitar masa berbunga bagi tanaman mangga. Data produksi mangga pada beberapa daerah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi mangga di beberapa daerah di Indonesia (ton)

Wilayah	Tahun			
	1994	1995	1996	1997
Sumatera	43 105	37 784	38 916	24 336
Jawa	525 142	696 049	553 767	452 821
Bali. NTT, Timtim	45 981	74 916	85 683	51 566
Kalimantan	5 088	16 994	67 253	7 069
Sulawesi	48133	82 761	91 916	68 772
Maluku, Irian Jaya	599	5 160	1 750	446
Indonesia	668 048	913 664	839 285	605 010

Sumber: BPS, 1998

Masalah yang sering muncul pada komoditi ekspor buah-buahan Indonesia adalah kualitasnya pada saat sampai di negara tujuan. Ketidak-akuratan dalam hal prediksi kondisi buah-buahan yang diekspor setelah rnengalami perjalanan panjang adalah salah satu penyebabnya. Terlalu matang, memar, berair adalah kondisi yang bisa menimpa buah-buahan yang diekspor ketika sampai di negara tujuan. Keadaan ini sudah tentu akan mengurangi keuntungan eksportir dan yang lebih parah lagi dapat menimbulkan citra buruk terhadap buah-buahan dari Indonesia secara umum.

Salah satu penyebab dari kejadian di atas adalah tidak seragamnya kualitas dan kondisi buah-buahan tersebut ketika dikirim. Bila dalam satu kemasan ada buah yang terlalu rnatang, apalagi memar, dapat menyebabkan gejala berair, sehingga mempengaruhi kualitas buah-buah lainnya dalam kemasan yang sama. Selain itu, beragamnya kualitas dan ketuaan buah-buah yang dikirim bersamaan akan mempersulit penangananannya karena masing-masing memerlukan perlakuan khusus. Banyak teknologi pasca panen buah-buahan sudah diterapkan seperti pelilinan, modifikasi atmosfir atau atmosfir terkondisi dalam kemasan. Akan tetapi, keseragaman kualitas dan ketuaan buah-buah tersebut tetap menjadi faktor penentu pada semua tahapan berikutnya. Selain itu, penampilan mangga yang meliputi kemulusan kulit, bentuk yang khas, dan bebas getah, sangat menentukan dalam pemutuan.

Buah mangga yang berkualitas baik akan mempunyai ukuran dan bentuk yang relatif seragam tergantung pada jenisnya. Buah-buah dengan bentuk dan ukuran yang menyimpang dari ukuran dan bentuk pada umumnya biasanya karena mengalami keadaan khusus pada masa pertumbuhan seperti kurang ruang untuk tumbuh (pada tangkai yang buahnya lebat), kurang mendapat sinar matahari, kurang mendapat suplai air karena persaingan, dan sebagainya. Warna dan tekstur kulit buah mangga kemungkinan merupakan fungsi dari tingkat ketuaan, keadaan lecet atau luka kulit semasa tumbuh maupun pada saat panen dan sebagainya. Oleh karena itu ukuran, bentuk, warna dan tekstur buah mangga dapat digunakan untuk sortasi buah mangga ke dalam beberapa kategori standar.

Parameter yang digunakan dalam penilaian mutu buah mangga antara lain ukuran atau berat, kekerasan, tingkat ketuaan serta bebas dari cacat. Kekerasan pada buah mangga merupakan fungsi dari tingkat kematangan, sedangkan kematangan berhubungan dengan tingkat ketuaan yang dapat diduga melalui penampilan visual. Ciri-ciri visual mangga yang sudah matang dapat dilihat pada warna kulit, kekerasan daging, ukuran, dan bentuk. Sedangkan ciri-ciri kimiawi meliputi kadar gula atau tingkat kemanisan atau keasaman.

Pemutuan buah mangga biasanya dilakukan secara visual dengan memperhatikan bentuk, keadaan kulit (warna, kemulusan), serta ukuran buah. Pemutuan dilakukan untuk memisahkan mangga tua dari yang muda, mangga cacat dari yang sehat, dan mangga abnormal dari yang normal. Standar mutu mangga Arumanis untuk perdagangan dalam negeri tertera pada Tabel 2, sedangkan standar mutu untuk tujuan ekspor disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Standar mutu mangga untuk pasar dalam negeri

Karakteristik	Mutu	
	I	II
Keseragaman varietas	Seragam	Seragam
Keseragaman ukuran	Seragam eragam	Seragam
Tingkat ketuaan	Tng	Tua, agak matang
Kekerasan	Keras	Keras
Kadar kotoran	Bebas	Bebas
Mangga cacat (%, maks.)	0	0
Mangga busuk (%, maks.)	0	0
Panjang tangkai (cm, maks.)	1	1

Sumber: Broto, 1994

Tabel 3. Standar mutu mangga Arumanis untuk ekspor

Karakteristik	Mutu					
	I	II	III	IV	V	VI
Permukaan kulit (% mulus)	100	100	100	100	100	100
Cacat (%)	0	0	0	0	0	0
Penyakit	Bebas	Bebas	Bebas	Bebas	Bebas	Bebas
Bentuk	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Berat (gram)	> 600	550-599	500-549	450-499	400-449	350-399

Sumber: Satuhu, 1999

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian adalah mempelajari parameter ketuaan mangga Arumanis yang meliputi ukuran, bentuk, warna dan tekstur kulit buah dengan teknik pengolahan citra (metoda non-destruktif), dan memeriksa kemungkinan adanya hubungan antara parameter ketuaan yang didapat dengan teknik pengolahan citra dan parameter kernatangan yang diukur secara langsung (metoda destruktif).

Manfaat dari penelitian adalah diketahuinya parameter visual yang dapat digunakan dalam teknik pengolahan citra untuk mewakili parameter ketuaan yang diukur secara langsung. Bila terdapat hubungan antara parameter visual dan hasil pengukuran langsung, bentuk hubungan tersebut dapat dirumuskan dan digunakan untuk melakukan penilaian buah mangga menggunakan teknik pengolahan citra. Bila tidak ditemukan hubungan antara parameter visual dan hasil pengukuran, maka parameter visual tadi dapat diarahkan untuk dijadikan kriteria yang diperiukan untuk melakukan pemutuan buah mangga, selain parameter kematangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Otomatisasi pekerjaan di bidang pertanian dapat dilakukan berdasarkan empat pertimbangan berikut (Kondo and Ting, 1998); 1) banyak pekerjaan di bidang pertanian yang monoton dan tidak cocok untuk manusia, tetapi diperlukan semacam kemampuan berpikir seperti manusia untuk mengerjakannya, 2) tenaga kerja bidang pertanian untuk beberapa negara semakin kecil ketersediannya karma menjadi petani kurang menarik bagi generasi muda, 3) masalah kekurangan tenaga kerja dapat menyebabkan mahalnya upah, dan 4) permintaan pasar akan kualitas produk pertanian yang tinggi merupakan faktor yang tak bisa diabaikan. Untuk kasus Indonesia, alasan pertama, kedua dan ketiga mungkin kurang relevan, akan tetapi alasan keempat, khususnya untuk produk pertanian berorientasi ekspor, cukup relevan untuk dipertimbangkan. Oleh karena itu, penggunaan teknologi maju dalam penanganan pasca panen buah-buahan untuk komoditi ekspor perlu dijajaki kemungkinannya.

Teknik pengolahan citra adalah suatu teknologi yang dikembangkan untuk mendapatkan informasi dari citra digital dengan cara memodifikasi bagian dari citra yang diperlukan sehingga menghasilkan citra lain yang lebih inforrnatif (Jain et al., 1995). Contoh sederhana adalah menghapus noise dan meningkatkan ketajaman obyek dalam citra agar inforrnasi yang diinginkan lebih mudah didapat dari citra tersebut. Bila teknik pengolahan citra ini diintegrasikan dalam satu unit alat di mana informasi yang didapat dari citra akan digunakan untuk menggerakkan bagian lain dari alat tersebut, maka disebut mesin visual (Jain et al., 1995).

Penggunaan teknik pengolahan citra diharapkan dapat meningkatkan akurasi sortasi buah berdasarkan kualitas dan ketuaannya. Kondisi buah dapat didekati dari ukuran obyek dalam citra bila diambil dengan latar belakang yang kontras dengan warna buah yang diamati. Sedangkan tingkat ketuaan buah bisa didekati dari pengamatan warna dan tekstur kulit buah karena biasanya kulit buah seperti pada mangga mengalami perubahan wama dan tekstur kulitnya seiring dengan pertambahan umur buah. Teknik pengolahan citra telah dicoba untuk mendeteksi buah tomat mini dalam kerimbunan daun pada tanaman tomat mini dengan memanfaatkan perbedaan wama untuk digunakan pada robot pemanen tomat mini (Kondo et al., 1996). Contoh penerapan lainnya dari teknik pengolahan citra adalah pada robot pemanen jamur, untuk mencari dan menemukan lokasi jamur yang sudah saatnya dipanen (Reed et al., 1995) dan pada robot pemanen buah semangka untuk melakukan hal yang sama (Tokuda et al., 1995). Penelitian therhadap sortasi buah strawberi lokal berdasarkan ukuran dan bentuk menggunakan teknik pengolahan citra telah dilakukan di Jepang (Bato et al., 1999).

Tekstur adalah suatu informasi berharga yang bisa didapat dari citra untuk memprediksi kondisi suatu obyek dari sifat permukaannya (Haralick et al., 1973). Penerapan analisis tekstur dalam bidang pertanian telah dicoba untuk mengamati laju pertumbuhan sekelompok tanaman lettuce (Murase et al., 1994), untuk menganalisa karkas ayam dari penyakit dan kelainan fisik (Park and Chen, 1994) dan untuk mendeteksi keberadaan tumbuhan semak liar dalam lapangan rumput (Ahmad et al., 1999). Salah satu jenis jeruk lokal di Jepang telah diteliti untuk dievaluasi melalui tekstur permukaan kulitnya menggunakan teknik pengolahan citra yang dikombinasikan dengan neural network (Kondo et al., 1998).

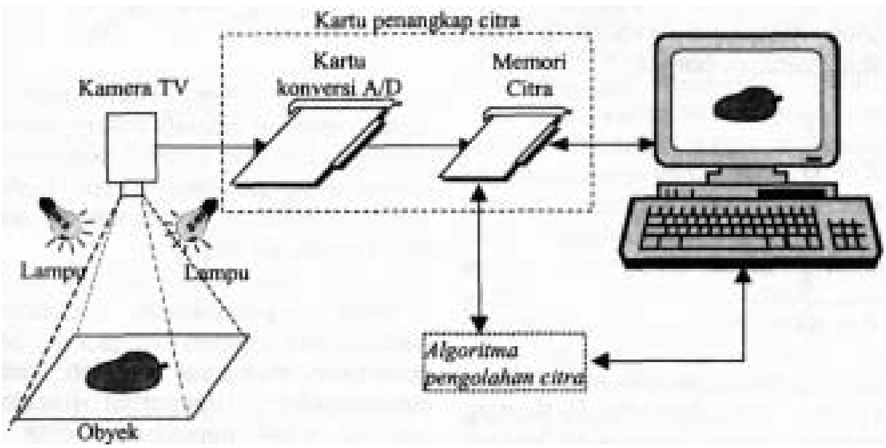
Kematangan buah durian diteliti menggunakan teknik pengolahan citra dan diperoleh hasil bahwa intensitas warna biru pada durian matang lebih kecil dari intensitas warna biru pada durian mentah, sedangkan intensitas warna merah dan hijau pada durian matang lebih besar dari durian mentah (Qadavy, 1998). Pangaribuan (1998) menemukan bahwa persentasi rata-rata dari luas bercak pada mangga Indramayu sebesar 5.8%.

Tingkat ketuaan buah pada saat dipanen akan menentukan mutu buah setelah matang. Buah mangga yang dipanen muda akan mempunyai mutu yang rendah dan tidak akan menjadi matang secara normal, memiliki rasa yang kurang manis (hambar atau masam) dengan kulit buah yang agak keriput, serta aroma tidak akan keluar. Tingkat ketuaan buah dapat ditentukan melalui perhitungan umur buah, tetapi pada penerapannya sulit dilakukan karena bunga pada mangga muncul tidak secara serempak. Cara lainnya adalah dengan melihat bentuk buah, tangkai buah, lapisan lilin dan lentisel pada kulit buah, walaupun tidak terlalu akurat. Buah mangga yang sudah siap dipanen terlihat padat, sebagian besar buah dan pangkal buahnya semakin membulat, tangkai buah mengering, tertutupi lapisan lilin di seluruh permukaan kulitnya, serta lentisel terlihat jelas dan lebih besar (Broto, 1994). Purba (1996) menyatakan bahwa mangga Cengkir dengan umur petik 80, 90, dan 100 hari memiliki rata-rata komponen warna merah, hijau, dan biru yang berbeda. Mangga Cengkir dengan umur petik 80 hari mempunyai komponen warna merah, hijau, dan biru masing-masing bernilai 61.2, 97.8 dan 38.8.

Mangga Arumanis memiliki ciri-ciri antara lain berat rata-rata 385 gram, panjang, lebar dan tebal rata-rata masing-masing 13, 8 dan 7.5 cm. Bentuk buah agak panjang, sedikit melengkung, bahu agak lebar, dan ujung agak bundar. Kulit buah tipis, warna hijau tua sampai hijau kebiruan, dan bertotol coklat keputihan. Buah yang sudah siap dipanen biasanya diselimuti lilin tipis pada pangkal buah yang berwarna hijau kecoklatan. Daging buah berwarna kuning, serat halus, berair dan berbau harum (Aak, 1991). Menurut Satuhu (1999), buah mangga siap dipanen saat berumur 75-115 hari setelah bunga mekar, tergantung varietas dan lokasi tempat tumbuhnya. Sedangkan menurut Budaraga (1998), mangga Arumanis yang sudah tua berumur 97 hari dengan ciri-ciri antara lain, bagian ujung buah penuh, warna kulit hijau kekuningan, warna daging buah merah kekuningan, kekerasan seperti gabus, keasaman seperti asam lemon dan kemanisan seperti gula sukrosa.

METODE PENELITIAN

Obyek penelitian, yaitu rnangga Arurnanis, dibeli dari petani di Indrarnayu pada awal rnusirn **panen** tahun 2001. Mangga dipetik dari pohonnya dengan hati-hati, rnenggunakan **galah** yang dilengkapi dengan pisau, khusus untuk **memetik** mangga. **Jumlah** rnangga 200 buah, masing-masing sebanyak 50 buah untuk tiap kelornpok umur petik 90, 100, 110, dan 120 hari. Penentuan **kelompok** umur petik dilakukan oleh pemanen yang sudah berpengalaman dengan **cara** rnenduga-duga. **Panen** dilakukan pagi hari dan buah langsung dimasukkan ke dalam **kemasan** kardus dengan **kertas** koran sebagai pengisinya untuk rnenghindari rnemar akibat benturan. Buah mangga dalam kemasan langsung dibawa ke laboratoriurn Teknik Pengolahan **Pangan** dan Hasil Perkebunan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian **Bogor,** rnenggunakan rnobil. Sesarnpainya di laboratoriurn, **kemasan** langsung dibuka dan buah rnangga dibersihkan, ditimbang rnenggunakan tirnbangan digital, lalu direkarn dan disirnpan dalam bentuk citra digital, menggunakan karnera video yang dipasang pada ketinggian 45 **cm** dan dihubungkan langsung ke kornputer. Citra digital **direkam** dalarn format warna dengan resolusi berukuran lebar 512 piksel dan tinggi 384 piksel. Dalarn perekaman, **empat** buah lampu penerang **(jenis** TL, 18 W) digunakan dan ditempatkan sedernikian rupa untuk menghasilkan kualitas citra yang baik. **Skema** perekaman citra digital diilustrasikan pada Gambar 1. Keesokan harinya buah dianalisa secara langsung, yaitu pemeriksaan kekerasan dan total **padatan** terlarut, masing-masing menggunakan penetrometer dan refraktometer.



Garnbar 1. Skema perekaman obyek rnangga ke dalarn citra digital

Citra mangga yang telah disimpan dalam bentuk berkas digital lalu dianalisa rnenggunakan program kornputer yang dibangun. Luas area buah mangga dihitung dari citra biner yang dihasilkan **melalui** operasi pemisahan obyek dan **latar** belakang, yang merupakan **banyak** piksel milik obyek (buah mangga) **setelah** operasi thresholding. Sedangkan **bentuk** rnangga **dikaji melalui** indeks roundness yang diekspresikan sebagai berikut:

$$R = \frac{4A}{\pi L^2}$$

dengan R, A, dan L masing-masing adalah roundness, area, dan panjang maksimum obyek.

Analisis warna pada citra digital dilakukan pada daerah seluas 180 x 150 piksel tepat di tengah obyek menggunakan dua model warna, yaitu RGB (merah, hijau, biru) dan model HSI (hue, saturasi, intensitas). Sedangkan analisis tekstur, pada luasan yang sama, dilakukan menggunakan fitur-fitur energi, kontras, homogenitas, dan entropi. Pemeriksaan warna dan tekstur pada luasan terbatas bertujuan untuk menyederhanakan proses perhitungan, selain bahwa warna di bagian perut buah mangga ini merupakan bagian yang paling rnudah dilihat pada saat buah mangga dijual. Komponen warna RGB didapatkan langsung dari pembacaan berkas citra warna, sedangkan indeks tiap komponen didapatkan setelah proses normalilasi sebagai berikut:

$$r = \frac{R}{R+G+B}$$
$$g = \frac{G}{R+G+B}$$
$$b = \frac{B}{R+G+B}$$

dengan r, g, dan b adalah nilai indeks warna merah, hijau, dan biru; R, G, dan B adalah nilai pembacaan pada berkas citra warna. Nilai komponen warna dalam system HSI didapatkan dari konversi komponen warna dalam RGB dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{R+G+B}{3}$$

$$H = \text{acos}\left[\frac{2R-G-B}{2\sqrt{(R-G)^2+(R-G)(G-B)}}\right]$$

$$S = 1 - \frac{3 \times \min(R,G,B)}{R+G+B}$$

dengan I, H, dan S adalah intensitas, hue, dan saturasi yang didapat dari hasil konversi warna-warna RGB.

Fitur-fitur tekstur diekstrak dari berkas citra dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$Eng = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} p^2(i,j)$$

$$Kon = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} (i,j)^2\, p(i,j)$$

$$Hom = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} \frac{p(i,j)}{1+|i-j|}$$

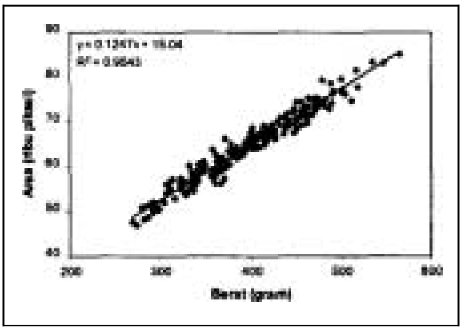
$$Ent = -\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} \log\, p(i,j)$$

dengan Eng, Kon, Hom, dan Ent masing-masing adalah energi, kontras, homogenitas, dan entropi, sedangkan p adalah nilai abu-abu piksel, i dan j adalah koordinat piksel obyek dalam citra berukuran mxn.

Hasil pengukuran parameter kematangan secara langsung (berat, kekerasan dan total padatan terlarut) dipasangkan dengan parameter ketuaan hasil pengolahan citra dan diplotkan ke dalam grafik. Uji statistik (Duncan test) juga dilakukan untuk memeriksa keabsahan hubungan parameter kematangan dari kedua cara yang berbeda, bila ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program komputer untuk melakukan pengolahan dan **analisis** citra digital yang telah direkam berhasil dibangun dan digunakan dalam **analisis** citra. Hasil perhitungan luas area proyeksi citra mangga yang dinyatakan dalam piksel mempunyai hubungan yang erat dengan data **berat** mangga yang didapat dari penimbangan langsung. Hal ini sesuai dengan asumsi bahwa semakin besar buah mangga, semakin **berat** bobotnya yang berarti semakin luas juga hasil proyeksinya pada bidang dua dimensi. Grafik yang menggambarkan hubungan antara luas proyeksi dan **berat** buah mangga disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara area dan **berat** buah mangga **Arumanis**

Akan tetapi, parameter ketuaan yang dihitung dari citra, yaitu bentuk, warna, dan tekstur tidak menunjukkan korelasi dengan parameter ketuaan yang diukur langsung yaitu kekerasan dan total **padatan** terlarut. **Ini** menunjukkan bahwa tingkat ketuaan pada mangga Arumanis, tidak dapat ditentukan dari citra warna **melalui** ketiga parameter tersebut. Hal **ini** tidak sesuai dengan **harapan** atau asumsi semula, bahwa tingkat ketuaan yang berbeda pada buah mangga **Arumanis** akan menunjukkan penampilan fisik yang berbeda pula. Walaupun terlihat kecenderungan perubahan parameter visual dengan tingkat ketuaan mangga, statistik tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan.

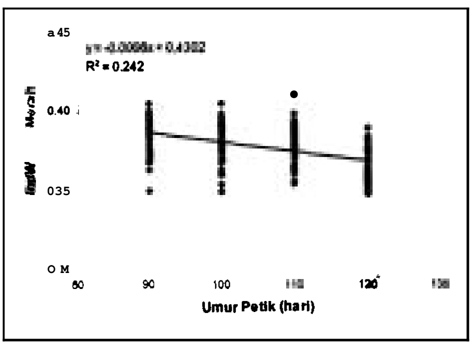
Indeks wama merah, misalnya, tidak menunjukkan hubungan dengan nilai kekerasan dan total **padatan** terlarut yang diukur secara langsung. Asumsi yang digunakan **adalah** ada perubahan warna, yaitu komponen warna merah akan bertambah seiring dengan tingkat ketuaan yang bertambah dan buah akan berkurang kekerasannya. Demikian juga dalam hubungannya dengan total **padatan** terlarut, tidak menunjukkan peningkatan komponen warna merah seiring dengan peningkatan total **padatan** terlarut. malah sebaliknya, terjadi penurunan yang tidak signifikan. Hal yang sama terjadi pada dua komponen warna RGB lainnya, yaitu hijau dan biru. Secara umum, diketahui ada perubahan warna menjadi agak gelap pada mangga **Arumanis** yang telah masak, tetapi perbedaannya tidak signifikan.

Model warna HSI juga tidak dapat membantu memperlihatkan hubungan antara tingkat ketuaan (kekerasan dan total **padatan** terlarut) dengan warna **kulit** mangga **Arumanis.** Dua nilai komponen warna HSI lainnya (saturasi dan intensitas) juga menunjukkan kecenderungan yang sama.

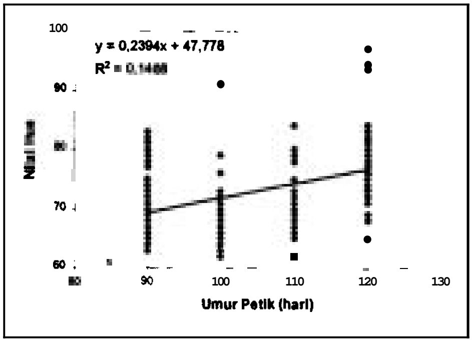
Bentuk mangga **Arumanis** hampir sama, hanya ukurannya yang berbeda. Bentuk umum oval dengan lengkungan pada bagian ujung dan penggembungan pada bagian pangkal yang dihitung berdasarkan kriteria roundness tidak memberikan petunjuk **tentang** tingkat ketuaan.

Tingkat kematangan juga tidak dapat dilacak dengan memeriksa tekstur citra. **Meskipun** beberapa fitur tekstur yang diperiksa menunjukkan nilai yang berbeda, tetapi perbedaannya tidak menunjukkan hubungan dengan tingkat kematangan. Sehubungan dengan tekstur ini, akan lebih bermanfaat bila fitur tekstur digunakan untuk memeriksa ada tidaknya cacat pada buah mangga, karena nilai fitur tertentu yang berbeda nyata ternyata mewakili permukaan yang mengandung bercak-bercak warna yang lebih gelap, sehingga dapat digunakan untuk memisahkan buah mangga yang cacat penampilannya.

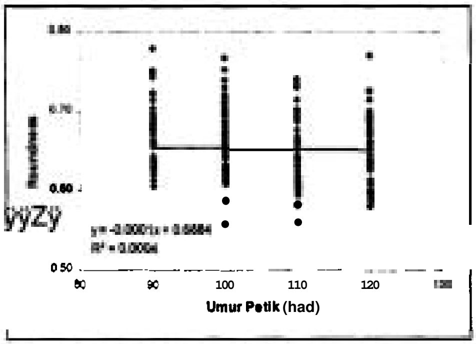
Tidak ditemukannya hubungan antara parameter ketuaan yang didapat dengan teknik pengolahan citra dengan parameter ketuaan yang diukur secara langsung, menunjukkan bahwa penentuan tingkat ketuaan, dalam hal ini umur petik, tidak dapat dilakukan menggunakan teknik pengolahan citra terhadap mangga Arumanis. Hal ini disebabkan mangga Arumanis tidak mengalami perubahan penampilan bentuk dan warna seiring dengan perubahan tingkat ketuaan. Sebagai akibatnya, nilai-nilai karakteristik citra yang diperiksa sangat beragam, meski dalam kelompok umur yang sama sehingga pengelompokan buah mangga menurut umur petiknya berdasarkan karakteristik citra seperti telah diuraikan di atas tidak dapat dilakukan. Selang nilai-nilai tersebut saling berhimpitan, tidak mempunyai batas yang jelas antara umur petik yang satu dengan yang lainnya. Gambar 3 sampai Gambar 6 memperlihatkan sebaran nilai-nilai karakteristik yang diekstrak dari citra warna, nilai komponen warna merah dalam model RGB dan nilai hue dalam model HSI, roundness, dan fitur kontras dari tekstur, berdasarkan kelompok umur petiknya.



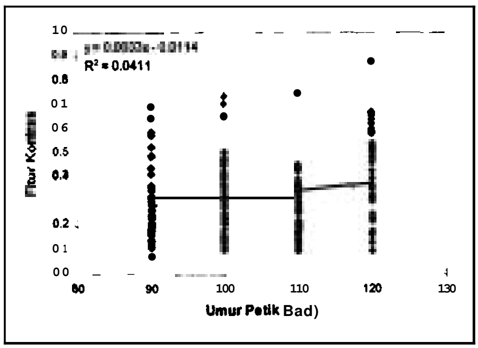
Gambar 3. Sebaran indeks warna merah pada tiap kelompok umur petik



Gambar 4. Sebaran nilai hue pada tiap kelompok umur petik

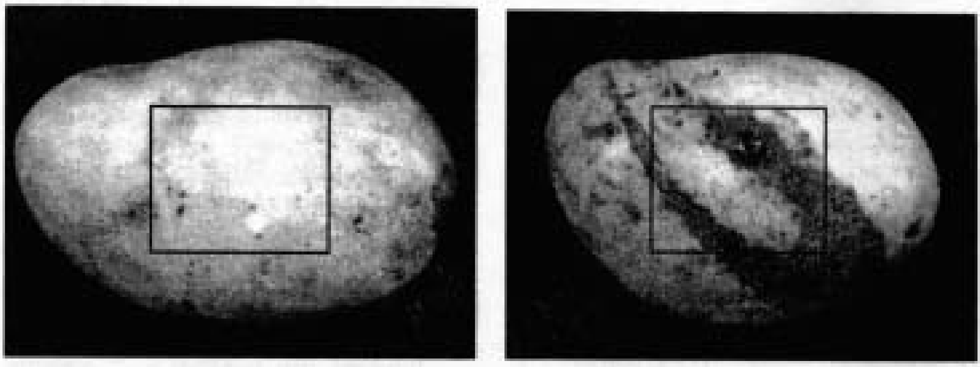


Gambar 5. Sebaran nilai roundness pada tiap kelompok umur petik

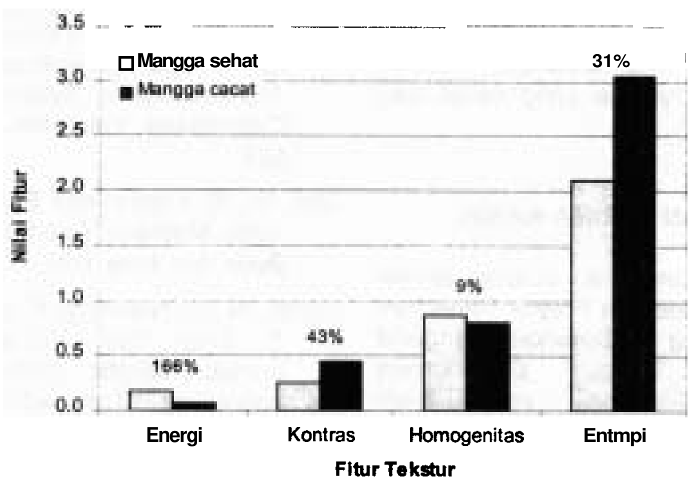


Gambar 6. Sebaran nilai kontras pada tiap kelompok umur petik

Namun demikian analisis tekstur cukup berguna untuk mendeteksi keberadaan cacat pada kulit mangga. Analisis tekstur ini selanjutnya dapat digunakan bersama-sama dengan pemeriksaan ukuran buah mangga melalui luas proyeksi pada bidang datar, untuk rnelakukan pernutuan terhadap rnangga Arurnanis berdasarkan ukuran dan keberadaan cacat pada kulitnya. Garnbar 7 rnernperlihatkan perbedaan nilai beberapa fitur tesktur hasil perhitungan pada dua rnacarn buah rnangga, rnangga sehat dan rnangga cacat. Angka dalam persen pada Gambar 7 adalah besarnya perbedaan fitur yang sarna pada kedua rnacarn rnangga.



(a) (b)



Garnbar 7. Nilai beberapa fitur tekstur untuk (a) rnangga sehat dan (b) rnangga cacat. Angka dalarn persen menyatakan besarnya perbedaan.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian dengan target akhir membangun program untuk rnelakukan ekstraksi dan analisis beberapa kriteria kernatangan dari citra buah rnangga dan rnernbandingkannya dengan hasil analisis langsung terhadap beberapa faktor penentu tingkat ketuaan mangga Arurnanis, telah selesai dilakukan. Beberapa kriteria citra yang dianalisis adalah area, bentuk (roundnesss), warna kulit, dan tekstur permukaan kulit buah. Sedangkan pemeriksaan langsung terhadap buah yang sama