

## PENENTUAN DIMENSI TERONG JEPANG (*SOLANUM MELONGENA*, L) DENGAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA SECARA WAKTU NYATA

*Determination of Eggplant (*Solanum melongena*, L) Dimension  
using Real Time Image Processing Technique*

Rudiati Evi Masithoh<sup>1)</sup>, Yodana S Rachmadany<sup>2)</sup>, Balza Achmad<sup>2)</sup>

### ABSTRACT

*A real-time image processing technique was applied to determine the dimensions, i.e. length and width, of eggplants. Results showed that illuminations performed a significant role; the ideal illumination type for the experiment was TL lamp (fluorescent lamp), which was placed in perpendicular position toward conveyor. Meanwhile, the ideal eggplant-positions were longwise on the conveyor. Applying those kind of circumstances, a relationship between developed program and manual measurement of eggplant length and width showed linier equation, i.e.  $y = x$  and  $y = 0,99 x$ , respectively.*

**Keywords:** *real-time, image processing, eggplant, automatic dimension measurement*

### PENDAHULUAN

Sortasi dilakukan untuk mencapai standar mutu suatu produk untuk meningkatkan nilai jual produk tersebut. Pada masa sekarang, proses sortasi untuk komoditi pertanian dan pangan banyak dilakukan menggunakan teknik pengolahan citra (*image processing technique*) dengan Mesin Visi (*Machine Vision*) yang menggantikan visualisasi manusia dalam kegiatan sortasi. Sortasi manual merupakan kegiatan yang subyektif dan hasilnya bervariasi di antara berbagai penyortir, sehingga sortasi dengan Mesin Visi dapat menjamin produk yang berkualitas tinggi (Aleixos dkk., 2002; Leemans dkk., 2002).

Seperti halnya komoditi lain yang bernilai ekonomi tinggi, terong jepang (*Solanum melongena L.*) juga memerlukan penanganan sortasi yang baik. Terong yang dapat

diekspor harus memiliki kelas mutu yang diinginkan oleh negara yang dituju, sehingga penentuan dalam kelas mutu merupakan hal yang penting untuk diperhatikan. Ada beberapa jenis terong yang sering dijumpai; salah satunya adalah terong jepang yang sebenarnya mempunyai berbagai bentuk tergantung varietasnya, tetapi yang biasa dikenal adalah bentuk bulat panjang, silindris, panjang lonjong, lonjong (oval) bulat lebar, dan bulat. Terong jepang mempunyai kulit buah berupa lapisan tipis berwarna ungu sampai ungu gelap mengkilap. Daging buahnya tebal, lunak, dan berair, dengan biji-biji di dalamnya. Varietas yang terkenal di Jepang adalah moneymaker-2 (Soetasad dkk., 2002). Terong jenis ini diklasifikasikan dalam 3 *grade*, yaitu *grade A*, *B*, dan *C*. Parameter yang menentukan *grade* tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, e-mail: evi\_ugm@yahoo.com

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281, e-mail: balzach@ugm.ac.id

Table 1. Grades of eggplants based on *moneymaker-2* standard (Soetasad, Muryanti dkk., 2002)

Parameter	Grades		
	A	B	C
Length (cm)	10-12	10-12	10-12
Diameter (cm)	4,5-5	4,5-5	4,5-5
Shape	straight	straight	straight
Mass (gram/fruit)	90-150	>150 or <90	>150 or <90
Skin defect (%)	<10	<25	25-50

Untuk dapat menjawab tantangan dalam kegiatan sortasi terong jepang yang antara lain menginginkan keseragaman komoditi dalam hal ukuran panjang dan lebar seperti standar pada Tabel 1, maka dilakukan suatu penelitian yang memanfaatkan penggunaan komputer dan teknik pengolahan citra. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimensi panjang dan lebar terong jepang menggunakan teknik pengolahan citra secara waktu nyata (*real-time*).

Definisi citra menurut Kamus Webster adalah “suatu representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek atau benda” (Achmad dan Firdausy, 2005), atau didefinisikan sebagai kumpulan piksel-piksel yang disusun dalam larik dua dimensi (Usman, 2005); piksel adalah sampel dari pemandangan yang mengandung intensitas citra yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Citra digital mempunyai format-format tertentu antara lain adalah 1) Citra Biner (*monokrom*) yang bernilai 0 (hitam) dan 1 (putih); 2) Citra skala keabuan (*gray scale*) dengan hitam sebagai warna minimal dan putih sebagai warna maksimalnya, sehingga warna antaranya adalah abu-abu; 3) Citra warna (*true color*) yang merupakan kombinasi dari 3 warna dasar, yaitu: merah, hijau, dan biru; dan 4) Citra warna berindeks; pada citra ini informasi setiap titik merupakan indeks dari suatu tabel yang berisi informasi warna yang tersedia, yang disebut palet warna.

Pengolahan citra berkaitan dengan langkah-langkah pengambilan gambar (*image acquisition*), pengolahan, analisis, deskripsi serta pemahaman atas informasi yang terkandung oleh citra. Tujuan pengolahan citra adalah untuk menguraikan informasi yang berguna dari citra atau untuk mengolah citra tersebut sedemikian sehingga lebih mudah

bagi sistem penglihatan manusia untuk “membaca” informasi yang terkandung dalam citra tersebut (Mengko, 1991). Informasi yang diperoleh di sini merupakan informasi visual dari obyek yang ditinjau, di antaranya ukuran panjang, lebar, tinggi, keliling, luas, titik pusat/titik berat, warna, keabuan, bentuk (lonjong, bulat, persegi, dan lain-lain), adanya segmen-segmen dalam obyek, tepi, dan lain-lain (Achmad dan Firdausy, 2005).

Penelitian tentang metode untuk pengujian kualitas dan penyortiran bahan-bahan pertanian telah banyak dikembangkan. Metode yang dikembangkan didasarkan pada deteksi sifat-sifat fisik bahan yang berhubungan lurus dengan faktor kualitas dari bahan tersebut (Chen dan Sun, 1991). Beberapa metode yang dikembangkan didasarkan pada beberapa parameter antara lain adalah kekerasan, transmisi sinar X dan sinar Gamma, refleksi optik dan transmisi, dan *nuclear magnetic resonance* (NMR). Metode-metode tidak merusak (*non-destructive*) tersebut telah berkembang secara pesat dengan teknologi moderen (Aleixos dkk., 2000; Hahn, 2002; Nakano dkk., 2004; Sun, 2004). Metode optik dengan menggunakan alat deteksi berkecepatan tinggi dan proses pengolahan data dengan komputer merupakan metode paling berhasil yang menghasilkan pengujian kualitas dan penyortiran yang berkecepatan dan dengan akurasi yang tinggi.

Visi Komputer (*Computer Vision*) atau Mesin Visi (*Machine Vision*) merupakan sistem yang mengintegrasikan penggunaan komputer dan pengembangan teknik pengolahan citra, selain juga dilengkapi dengan saran pendukung lain seperti iluminasi. Pengolahan citra sebagai satu hal yang penting yang telah lama dikembangkan dan menjadi teknik yang populer dalam kegiatan inspeksi dan identifikasi obyek baik di dalam ruangan atau di luar ruangan (Blasco dkk., 2002; Bulanon dkk., 2002; Cho dkk., 2002; Zhao dkk., 2005).

Mesin Visi dengan pengolahan citra dapat mengklasifikasikan obyek berdasarkan dimensinya (Hahn, 2002; Rachmadhany, 2005). Teknik pengolahan citra juga dapat digunakan untuk menggolongkan obyek berdasar penampakan luarnya (*external quality*) antara lain berdasar warna atau ada tidaknya cacat atau jamur melekat pada obyek, atau berdasar tekstur (Ahmad dkk., 2004; Aleixos dkk., 2000; Leemans dkk., 2002; Nakano dkk., 2004). Teknik ini juga digunakan untuk menentukan umur panen berdasarkan warna dan ukuran tanaman (Brosnan and Sun, 2002; Fadel dkk., 2006); selain juga digunakan untuk identifikasi serangga yang tidak diinginkan pada ruang penyimpanan bijian (Ridgway dkk., 2002). Perkembangan alat dan mesin pertanian juga tidak dapat dipisahkan dari perkembangan teknik pengolahan citra. Robot pendeteksi gulma dikembangkan dengan tujuan untuk mengendalikan gulma secara aman, *non-chemical controller*

(Blasco dkk., 2002). Suatu sistem yang lebih sederhana juga dikembangkan untuk membedakan antara gulma dan tanaman utama (Cho dkk., 2002).

Seperti halnya aplikasi tersebut di atas, sortasi terong jepang dengan menggunakan teknik pengolahan citra, terutama dengan perkembangan komputer yang pesat, merupakan metode tidak merusak yang dapat menghasilkan kualitas penyortiran yang mempunyai kecepatan dan akurasi yang tinggi. Dengan tingginya nilai ekonomi dan tuntutan standar mutu sortasi, maka sortasi terong jepang menggunakan teknik pengolahan citra menjadi layak untuk dikembangkan.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan bahan

Peralatan yang dipakai adalah 1) *Personal Komputer*, dengan dilengkapi Piranti lunak Borland Delphi, Photoshop CS2, ColorPix; dan Komponen Delphi TvideoCap versi 2.3.; 2) *Webcam* PC; 3) Lampu dalam beberapa jenis dan warna, yaitu lampu pijar merah (5 watt), biru (5 watt), lampu TL (11 watt) dan lampu pijar (25 watt); dan 4) *prototype conveyor*.

Bahan yang digunakan adalah terong jepang dalam beberapa ukuran dan pena, spidol, model balok kayu -untuk melakukan uji coba dan kalibrasi sistem. Visualisasi penelitian tampak pada Gambar 1.

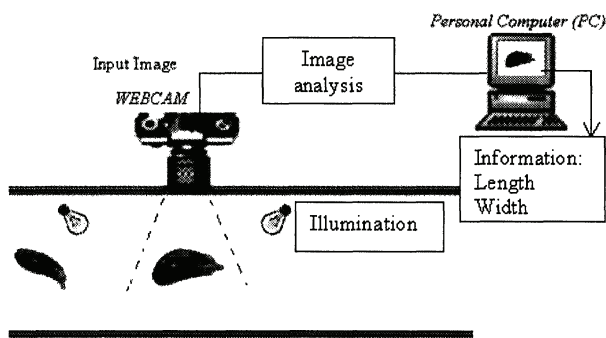


Figure 1. Visualisation of a prototype computer vision

### Prosedur penelitian

Pada penelitian ini variasi yang digunakan untuk mengukur kinerja atau mengukur keakuratan program adalah:

1. Variasi posisi terong pada *belt conveyor*, yaitu posisi membujur, serong, dan melintang (tegak)
2. Variasi posisi lampu penerangan terhadap konveyor, yaitu posisi lampu di samping-atas, depan-atas dan tegak lurus-atas
3. Variasi jenis penerangan, yaitu lampu putih (TL), lampu pijar berwarna merah, biru dan kuning.

Untuk menguji kemampuan program dilakukan dengan

sepuluh kali pengukuran dengan cara membandingkan hasil pengukuran dimensi (panjang dan lebar) secara manual dan hasil perhitungan dari program. Semakin kecil persentase *error* antara hasil pengukuran program dan manual, semakin besar kepercayaan terhadap program yang dihasilkan. Persentase *error* dihitung dari perbedaan antara pengukuran program dikurangi pengukuran secara manual dibagi pengukuran manual dikalikan 100%.

Penelitian dimulai dari pengambilan sampel foto atau citra terong yang akan digunakan dalam penelitian serta pencatatan panjang dan lebar terong yang telah diambil citranya sebagai data yang sebenarnya. Selanjutnya dilakukan pembuatan program model pengolahan citra terhadap sampel foto yang telah ada. Program ini merupakan program yang dibuat untuk mensimulasikan proses pengolahan citra terhadap objek terong berdasarkan foto sampel. Program ini kemudian akan dimodelkan untuk penggunaan secara waktu nyata dengan menggunakan webcam sebagai pengindera. Langkah selanjutnya adalah pembuatan perangkat lunak yang akan digunakan pada prototype mesin sortasi mesin terong jepang, yang merupakan suatu implementasi algoritma pemrograman simulasi yang telah dibuat diatas. Kemudian dilakukan pengujian program dan hasil pengukuran dengan data sebenarnya, yang dilanjutkan dengan perbaikan program berdasarkan hasil pengujian dan pembuatan program akhir.

Proses deteksi tepi merupakan prioritas dalam penentuan dimensi obyek karena pada proses inilah yang menentukan hasil akhir dari analisa citra. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ini adalah mula-mula dengan mendapatkan variabel  $w$  dan  $h$ , yaitu lebar dan tinggi citra. Selanjutnya dilakukan pengaturan panjang dari variabel array-array dinamis ( $R_i$ ,  $G_i$ ,  $B_i$ ,  $R_o$ ,  $G_o$ , dan  $B_o$ ). Sufiks  $i$  berarti input sedangkan  $o$  berarti output; artinya  $R_i$  adalah warna merah asal dan  $R_o$  adalah warna merah hasil olahan. Setiap piksel dicacah untuk mendapatkan informasi warna (RGB) kedalam variabel-variabel array dinamis ( $R_i$ ,  $G_i$ ,  $B_i$ ,  $R_o$ ,  $G_o$ , dan  $B_o$ ). Kemudian operasi gradien dengan operator prewitt dilakukan pada setiap variabel  $R_i$ ,  $G_i$ ,  $B_i$  dan diberikan hasilnya pada variabel  $R_o$ ,  $G_o$ ,  $B_o$ . Lalu nilai  $R_o$ ,  $G_o$ ,  $B_o$  dinegasikan sehingga didapatkan informasi warna yang sebaliknya, yang dilanjutkan dengan dilakukannya iterasi 2 arah, yaitu iterasi kanan dan kiri untuk mendapatkan tepi-tepi objek. Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan iterasi dari atas ke bawah dengan arah pergerakan cacah piksel dari kiri ke kanan ( $x, y$ ). Ketika pada iterasi kiri telah menemukan tepi dengan asumsi nilai  $R_o$  dan  $G_o$  dibawah nilai warna putih (255) maka iterasi akan dilanjutkan pada arah sebaliknya, yaitu arah kanan (iterasi kanan). Ketika tepi terdeteksi maka iterasi akan diberhentikan dan akan kembali

dilakukan iterasi mulai dari kiri pada baris dibawahnya. Pada 2 iterasi ini juga dilakukan perbandingan nilai x dimana nilai x untuk titik terluar kanan pada sumbu X ( $X_r$ ) harus yang paling besar dari nilai x lainnya dan titik terluar kiri pada sumbu X ( $X_l$ ) harus bernilai kecil jika dibandingkan nilai x lainnya. Empat iterasi dilakukan lagi untuk mendapatkan 6 titik terluar, yaitu 3 iterasi arah bawah untuk mencari  $X_t$ ,  $Y_t$  (titik terluar atas),  $Y_l$  (titik terluar kiri pada sumbu Y) serta  $Y_r$  (titik terluar kanan pada sumbu Y) dan 1 iterasi arah atas untuk mencari  $X_b$ ,  $Y_b$  (titik terluar bawah). Prosedur ini akan menghasilkan 4 titik terluar objek pada citra.

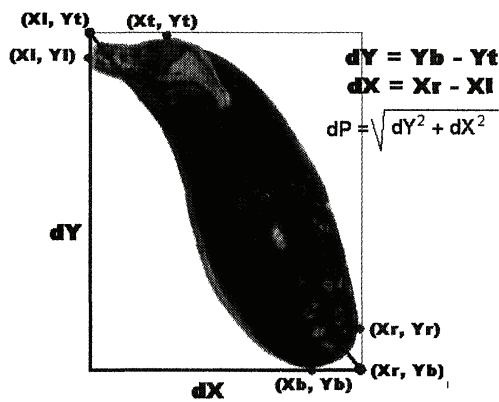


Figure 2. Phytagoras principle to calculate eggplants' dimension

Dalam penentuan panjang dan lebar terong, objek dinyatakan berada pada posisi horizontal jika selisih titik terluar kanan dan kiri ( $dX$ ) lebih besar jika dibandingkan selisih titik terluar atas dan titik terluar bawah ( $dY$ ). Sebaliknya objek akan dinyatakan pada posisi vertikal jika nilai  $dY$  lebih besar jika dibandingkan dengan nilai  $dX$ . Setelah posisi terong ditentukan, kemudian dilakukan 2 iterasi lagi untuk mencari 2 titik yang berseberangan yang digunakan dalam perhitungan lebar objek. Jika posisi objek horizontal maka 2 titik yang dicari adalah titik bawah bagian atas dan titik atas bagian bawah. Jika posisi vertikal maka 2 titik yang dicari adalah titik kanan sebelah kiri dan titik kiri sebelah kanan. Kemudian dilakukan perhitungan panjang dan lebar sesuai dengan posisinya. Jika posisi objek horizontal maka panjang adalah selisih antara titik terluar kanan dengan titik terluar kiri, sedangkan lebar adalah selisih antara titik terluar bawah dan titik terluar atas. Jika posisi objek vertikal maka panjang adalah selisih antara titik terluar bawah dan titik terluar atas dan lebar adalah selisih antara titik terluar kanan dan titik terluar kiri. Kemudian jika posisi benda miring baik vertikal dan horizontal maka perhitungan panjang menggunakan rumus phytagoras (Gambar 2).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Gambar 3 merupakan tampilan panjang dan lebar terong jepang hasil pengukuran dari program pengolah citra yang dilakukan. Dari gambar tersebut tampak citra asli dari terong jepang (Gambar 3a) dan citra hasil olahan yang tampak deteksi tepinya (Gambar 3b) yang akhirnya menghasilkan informasi panjang dan lebar dari citra terong jepang yang tertangkap oleh webcam (Gambar 3c).

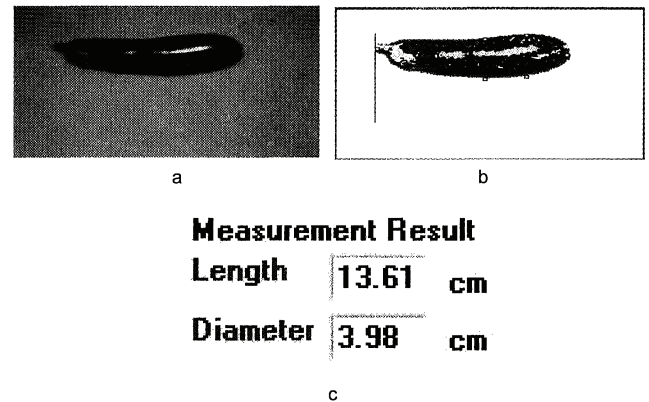


Figure 3. Display of the program showing (a) real image of eggplant, (b) image processing result, (c) measurement results

**Hasil Pengujian dengan Variasi Posisi Terong pada Belt Conveyor**

Pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan posisi terong pada conveyor, yaitu posisi membujur, serong/miring dan tegak lurus (Gambar 4). Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan program dalam melakukan pengukuran dengan posisi terong yang beragam. Setelah dilakukan pengukuran terong jepang secara manual dan hasil pengukuran dari teknik pengolahan citra (program), maka kedua hasil pengukuran itu dibandingkan menggunakan scatter plot (Gambar 5) dan dicari persamaan linier antara dua hasil tersebut.

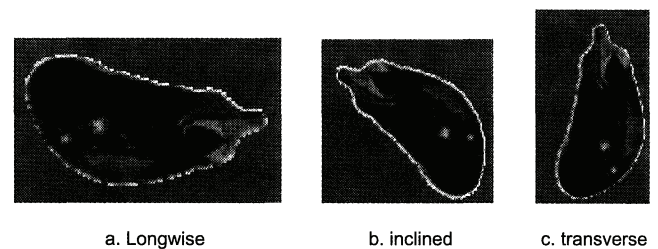
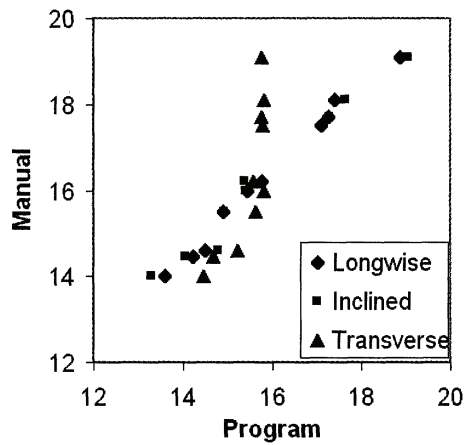
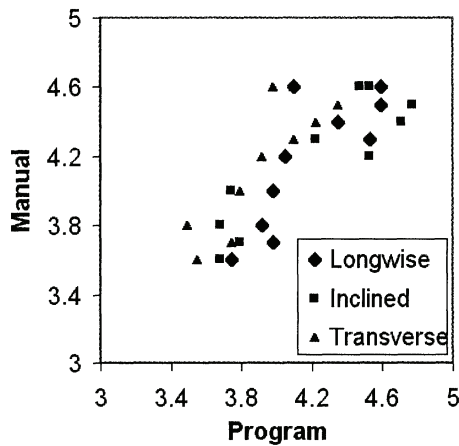


Figure 4. Eggplants' positions lying on the conveyor

Dari Gambar 5 tampak bahwa antara panjang dan lebar dari perhitungan program dan pengukuran manual menunjukkan hubungan linier yang dekat. Bila persamaan linier terse-



a. length measurement



b. width measurement

Figure 5. Relationships between program and manual measurement of eggplants on various positions on the conveyor

but adalah  $y=mx$ , maka diperoleh nilai  $m$  (slope) mendekati 1 ( $m \approx 1$ ). Persamaan linier antara pengukuran program dan manual untuk panjang pada posisi membujur, miring, dan melintang berturut-turut adalah  $y = 1,025 x$ ,  $y = 1,025 x$ , dan  $y = 1,056 x$ ; sedangkan persamaan untuk pengukuran lebar adalah  $y = 0,9968 x$ ,  $y = 0,9876 x$ , dan  $y = 1,063 x$ . Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa program akan mempunyai kinerja yang paling baik pada posisi terong membujur di atas konveyor karena kedua hasil pengukuran panjang dan lebar menunjukkan persamaan linier dengan  $m$  yang paling mendekati 1.

**Hasil Pengujian dengan Variasi Posisi Lampu Penerangan (illuminasi)**

Pada posisi lampu tegak lurus (*perpendicular*) error pengukuran lebar bernilai paling kecil jika dibandingkan

dengan hasil pengukuran yang lain (Gambar 6). Hal ini disebabkan bayangan terong dapat diminimalisi dengan baik walaupun tidak dapat dihilangkan secara sempurna. Pengukuran lebar pada posisi depan atas (*top front*), nilai error akan sedikit lebih besar. Hal ini disebabkan terdapat bayangan melebar dan hasil citra proses sangat buruk sehingga pendeteksian tepi tidak berjalan maksimal. Jika dibandingkan pada posisi samping-atas (*top-side*) maka nilai *error* pengukuran lebar adalah paling besar. Hal ini disebabkan oleh pembentukan bayangan di samping terong (searah dengan datangnya sinar). Sebaliknya, *error* perhitungan panjang pada posisi samping-atas memiliki nilai yang paling kecil dibandingkan posisi yang lainnya. Ini disebabkan karena pembentuk bayangan yang terjadi sehingga pencarian titik panjang tidak sesuai atau jatuh pada bayangan terong. Untuk menghilangkan bayangan yang terbentuk dapat digunakan tambahan sumber penerangan pada arah sebaliknya, sehingga ada dua sumber pencahayaan dengan arah sinar yang berlawanan. Gambar 6 menunjukkan besar *error* untuk pengukuran panjang dan lebar pada variasi posisi iluminasi.

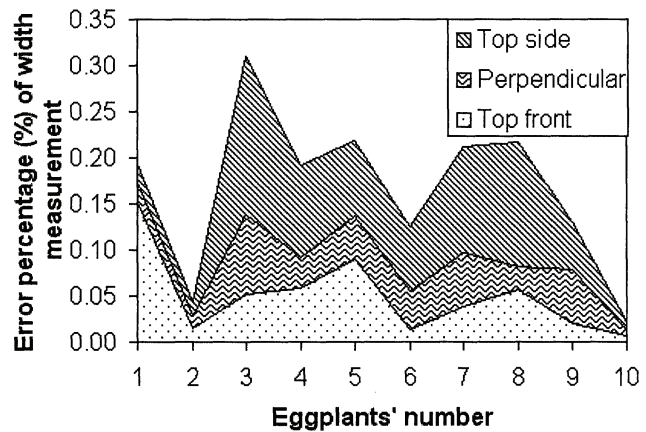
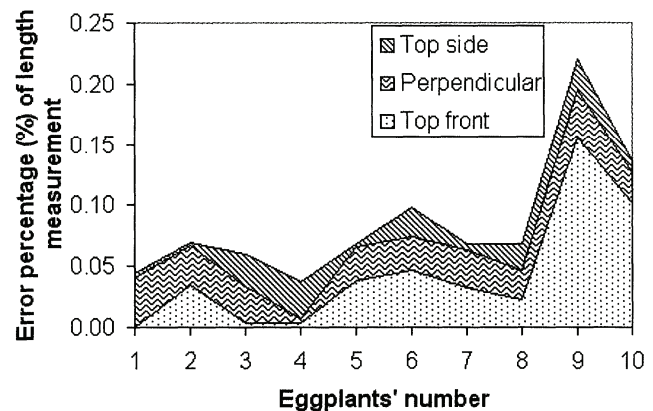


Figure 6. Error percentages of length and width measurement with variations of illumination position

**Hasil Pengujian dengan Variasi Jenis Penerangan (Iluminasi)**

Pengujian kemampuan program untuk mengukur panjang dan lebar terong dilakukan dengan memvariasikan jenis sumber penerangan atau lampu yang dipakai, yaitu: lampu TL (11 watt), lampu pijar (25 watt), lampu pijar berwarna biru (5 watt), lampu pijar berwarna merah (5 watt); posisi sumber penerangan berada tegak lurus-atas konveyor. Gambar 7 dan 8 menunjukkan persentase *error* antara pengukuran panjang dan lebar terong jepang secara manual dan hasil dari program.

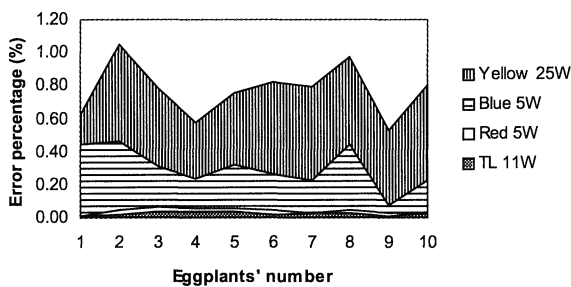


Figure 7 . Error percentages of eggplants' length on various illumination

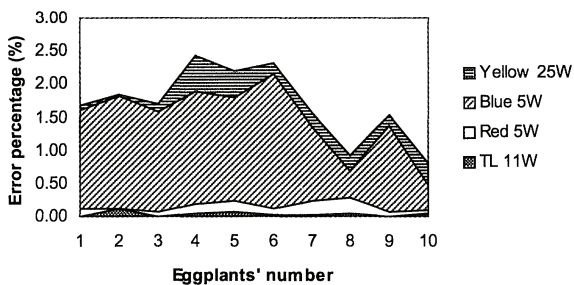
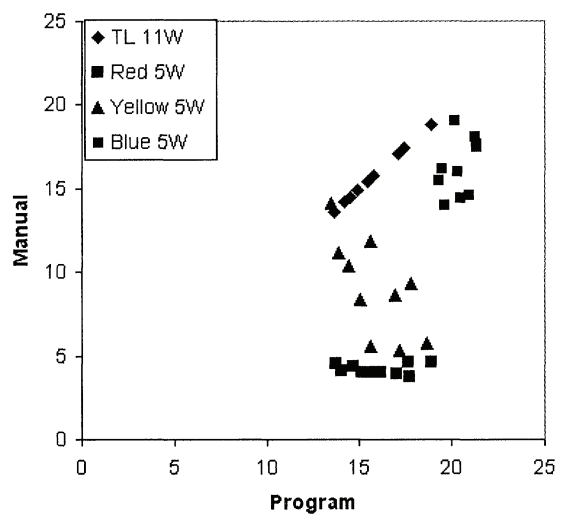


Figure 8 . Error percentages of eggplants' width on various illumination

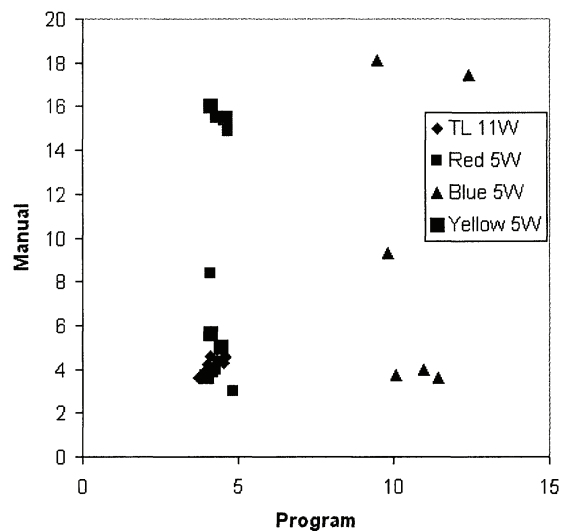
Dari Gambar 7 dan 8 tampak bahwa error rata-rata pengukuran yang paling kecil adalah pada jenis iluminasi lampu TL 11W. Pada pengukuran panjang, hasil pengukuran dengan menggunakan jenis lampu pijar kuning 5W mempunyai error yang terbesar sedangkan pada pengukuran lebar error terbesar adalah dengan menggunakan lampu warna biru 5W. Hal ini disebabkan oleh intensitas lampu pijar sangat kecil sehingga citra yang ditangkap kamera juga buruk sehingga program tidak dapat melakukan operasi pendeteksian tepi dengan baik. Jika dibandingkan dengan warna merah dengan besar daya yang sama (5W), error pengukuran jauh lebih kecil dibanding warna biru dan kuning, karena lampu warna merah dapat memberikan intensitas cahaya yang dibutuhkan

dalam mendapatkan citra yang baik sehingga program dapat melakukan deteksi tepi dengan baik.

Dari ketiga variasi uji di atas, yaitu variasi posisi terong pada belt conveyor, variasi posisi lampu penerangan, dan variasi jenis penerangan, maka program pengolahan citra terong jepang ini menunjukkan hasil pengukuran yang paling baik pada kondisi posisi terong adalah membujur di atas konveyor, menggunakan posisi lampu tegak lurus konveyor, serta menggunakan jenis iluminasi jenis TL. Dari Gambar 9 tampak bahwa antara panjang dan lebar dari perhitungan program dan pengukuran manual dengan posisi terong adalah membujur di atas konveyor, menggunakan posisi lampu



a. length measurement



b. width measurement

Figure 9. Relationships between program and manual measurement of eggplants lying longwise on the conveyor and using perpendicular illumination position on various illumination types

tegak lurus konveyor, serta menggunakan lampu TL untuk iluminasi mempunyai persamaan linier  $y = x$  untuk pengukuran panjang dan  $y = 0,99 x$  untuk pengukuran lebar.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini telah berhasil dirancang suatu teknik pengolahan citra yang dapat mengukur panjang dan lebar terong jepang secara waktu nyata. Kinerja program paling baik adalah pada posisi terong membujur di atas konveyor, menggunakan posisi lampu tegak lurus di atas konveyor, serta menggunakan jenis iluminasi TL, yang menghasilkan persamaan linier untuk pengukuran panjang yaitu  $y = x$  dan untuk pengukuran lebar yaitu  $y = 0,99 x$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, B. dan Firdausy, K. 2005. *Teknik Pengolahan Citra Digital Menggunakan Delphi*. Yogyakarta: Ardi Publishing.
- Ahmad, U., Subrata, I. D. M. dan Gunayanti, S. 2004. Pemutuan buah mangga berdasarkan penampakannya menggunakan pengolahan citra. *Jurnal Keteknikan Pertanian* **18**..
- Aleixos, N., Blasco, J., Molto, E. dan Navarron, F. 2000. Assessment of citrus quality using a real-time machine vision system. Paper presented at the 15<sup>th</sup> International conference on Pattern Recognition, Spain.
- Aleixos, N., Blasco, J., Navarron, F. dan Molto, E. 2002. Multispectral inspection of citrus in real-time using machine vision and digital signal processor. *Journal of Computers and Electronics in Agriculture* **33**: 121-137.
- Blasco, J., Aleixos, N., Roger, J. M., Rabatel, G. dan Molto, E. 2002. Robotic weed control using machine vision. *Journal of Biosystems Engineering* **83**: 149-157.
- Brosnan, T. dan Sun, D. W. 2002. Evaluation of cut lily flower vase life by computer vision. *Journal of Biosystems Engineering* **83**: 191-198.
- Bulanon, D. M., Kataoka, T., Ota, Y. dan Hiroma, T. 2002. A segmentation algorithm for the automatic recognition of Fuji apples at harvest. *Journal of Biosystems Engineering* **83**: 405-412.
- Chen, P. dan Sun, Z. 1991. A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agricultural products. *Journal of Agricultural Engineering Research* **49**: 85-98.
- Cho, S. I., Lee, D. S. dan Jeong, J. Y. 2002. Weed-plant discrimination by machine vision and artificial neural network. *Journal of Biosystems Engineering* **83**: 275-280.
- Fadel, M., Kurmestegy, L., Rashed, M. dan Rashed, Z. 2006. Fruit color properties of different cultivars of dates (Phoenix dactylifera, L.). *Journal of Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, VIII.
- Hahn, F. 2002. Automatic Jalapeno chilli grading by width. *Journal of Biosystems Engineering* **83**: 433-440.
- Leemans, V., Magein, H. dan Destain, M. F. 2002. On-line fruit grading according to their external quality using machine vision. *Journal of Biosystems Engineering* **83**: 397-404.
- Mengko, T. 1991. *Algoritma dan arsitektur pengolahan citra*. Pusat antar universitas bidang Mikroelektronika ITB Bandung.
- Nakano, K., Abe, K., Aida, T., Yang, D. dan Ao, C. 2004. A study on the development of grade judgment system for external quality of cantaloupe melon by fuzzy inference. Paper presented at the AFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture.
- Rachmadhany, Y. S. 2005. *Perangkat lunak sistem sortasi terung jepang berbasis visual*. Unpublished S-1 skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ridgway, C., Davies, E. R., Chambers, J., Mason, D. R. dan Bateman, M. 2002. Rapid machine vision method for the detection of insects and other particulate bio-contaminants of bulk grain in transit. *Journal of Biosystems Engineering* **83**: 21-30.
- Soetasad, A., Muryanti, S. dan Sunarjono, H. 2002. *Budidaya terung lokal dan terung jepang*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sun, D. 2004. Computer vision-an objective, rapid and non-contact quality evaluation tool for the food industry. *Journal of Food Engineering* **61**: 1-2.
- Usman, A. 2005. *Pengolahan citra digital dan teknik pemrogramannya*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Zhao, J., Tow, J. dan Katupitiya, J. 2005. On-tree fruit recognition using texture properties and color data. Paper presented at the RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.