

ALGORITMA PENGOLAHAN CITRA TANAMAN CABAI MERAH MENGUNAKAN PENGINDERA TIGA DIMENSI

(Image Processing algorithm of the Red Chili Plant
Using Three Dimensional Vision Sensor)



I Dewa Made Subrata¹, Danang Suganjar²

Abstract

Machine vision is one of the image processing techniques used to process the image of an object according to its color, shape, size by using a video camera as an image capturer. The image processing used in this study, could be categorized as one of the machine vision techniques, even though using three dimensional vision sensor as an image capturer.

The three dimensional vision sensor was constructed using two laser beams namely the red laser (685 nm) and the infrared laser (830 nm) as the light transmitter and two position sensitive devices (PSDs) as the receiver unit. The output signals of each PSD were detected from two output terminals called anode A and anode B. Three kind of signals namely red A+B, infrared A and infrared B were collected from both PSDs. This vision sensor was constructed with the aims to recognize the red ripe chili fruits from their canopy and to calculate the cutting point of the individual fruit's stem three dimensionally.

The ripeness of the red chili fruits were analyzed using the ratio between red A+B and infrared A+B while the distance of each picture element (pixel) to the center coordinate of the vision was calculated using the ratio between infrared A and infrared A+B. The center point of the image was calculated using the combination of the layering or chain technique and the moment area technique.

The results of the experiment showed that about 82 % of the red ripe fruit were successfully detected from 20 samples of the chili plant that were containing 39 red ripe fruits. Three-dimensional location of the center image and the cutting point of the red ripe fruit stem was detected with accuracy of about 10 mm.

Keywords : Red chili, three-dimensional vision sensor, image processing, three-dimensional location.

PENDAHULUAN.

Cabai merah besar (*Capsicum annum*) merupakan salah satu tanaman sayuran yang banyak ditanam dan mempunyai nilai ekonomis tinggi. Data dari Direktorat Bina Produksi Tanaman Pangan, 1993, memperlihatkan nilai rata-rata hasil produksi tanaman cabai merah adalah 3.5 ton/ha. Angka

tersebut masih sangat rendah bila dibandingkan dengan potensi produksinya yang dapat mencapai 12 ton/ha (Basuki, 1988). Menurut Lukmana (1995), setiap tahunnya di pasaran internasional diperdagangkan sebanyak 30.000 - 40.000 ton cabai merah. Daya hasil yang masih rendah di satu pihak dan peluang pasar yang cukup besar di lain pihak memberi

¹ Staf pengajar Jurusan Teknik Pertanian, FATETA – IPB

² Alumnus Jurusan Teknik Pertanian, FATETA – IPB.

isyarat bahwa peningkatan kualitas dan produksi **tanaman** cabai merah per satuan luas perlu diupayakan melalui penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pemanenan merupakan proses akhir dari kegiatan budidaya **tanaman** cabai merah yang ikut menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Pemanenan buah cabai merah perlu dilakukan secara selektif oleh karena itu umumnya dilakukan secara manual. Untuk mempertahankan mutu, pemanenan dan penanganan buah cabai merah perlu dilakukan dengan hati-hati. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemanenan cabai merah: 1) Tingkat kematangan buah, 2) Jumlah buah per pohon dan jumlah pohon **tanaman** dalam areal pertanaman yang siap untuk **dipanen**, 3) menghindari terjadinya luka, **patah** cabang dan ranting yaitu dengan melakukan pemetikan yang tepat dan hati-hati, 4) memisahkan antara buah yang segar dengan buah yang busuk untuk mencegah terjadinya penularan mikroba ke buah cabai yang sehat, 5) menempatkan hasil **panen** pada **tempat** yang teduh.

Pemanenan buah cabai secara manual disatu pihak akan membutuhkan **banyak** tenaga kerja sedangkan pemanenan secara selektif dilain pihak **sangat** menyulitkan penggunaan **mesin** konvensional. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dikembangkan suatu teknik yang mampu mendeteksi keberadaan buah cabai yang **layak** untuk **dipanen**, mampu mendeteksi posisi dan orientasi buah cabai, serta mampu memetik buah **tanpa** merusak buah maupun pohon dan rantingnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknik pengolah citra yang mampu membedakan antara buah yang **matang** dengan buah yang belum **matang**, dahan dan ranting serta mampu menentukan lokasi tiga dimensi titik tengah buah dan titik potong

tangkai buah cabai yang masih ada dalam pohon menggunakan pengindera tiga dimensi. Lokasi titik potong **tersebut sangat** penting untuk tujuan otomatisasi pemanenan.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanaman cabai merah besar termasuk **tanaman** herba (perdu semusim) yang batangnya tegak dengan ketinggian **tanaman** dewasa mencapai 65 - 120 cm, daunnya mencapai panjang 4 - 10 cm dan lebar 1.5 - 4 cm, dan tangkai buahnya sekitar 1.5 - 4.5 cm. Ukuran buah cabai **beragam** dengan panjang sekitar 5 - 15 cm dan lebarnya 0.6 - 2.0 cm. Bentuk buah umumnya memanjang dengan ujung runcing. Buah cabai merah berwarna hijau pada waktu muda dan merah pada saat masak. Buah cabai memiliki biji **banyak** dan daging buahnya mengandung vitamin B dan C (**Hawthorn** dan **Pollard**, 1954). **Tanaman** cabai mulai berbunga pada saat berumur 26 - 31 hari tetapi sebagian besar bunga pertamanya gugur. Pembentukan buah dimulai pada umur 29 - 40 hari **setelah** pembuahan. Pemanenan buah pertama dapat dilakukan **setelah tanaman** berumur 3 - 4 bulan (**Purseglove**, 1976).

Teknik pengolahan citra dipergunakan untuk memperoleh informasi yang berguna dari suatu citra. Teknologi pengolahan citra telah dikembangkan dalam bidang pertanian untuk tujuan visi robotik dan pengawasan mutu. Visi robotik mengacu pada penggunaan kamera video untuk mendapatkan informasi visual yang benar-benar nyata serta pengidentifikasian objek dalam koordinat tiga dimensi. Visi pengawasan mutu lebih **banyak** dikembangkan untuk tujuan sortasi. **Ahmad et al. (1998)**, menyebutkan bahwa dalam sistem penglihatan menggunakan kamera video, tiga warna harus diukur untuk mendapatkan spesifikasi warna yang baik. Ketiga

jenis warna itu adalah: merah, hijau, dan biru (RGB).

Pool et al. (1991) menggunakan kamera CCD berwarna untuk mendapatkan citra buah jeruk. Pengindera tersebut di pasang di dalam end-effector dari robot pemanen jeruk. Untuk mengetahui jarak buah jeruk terhadap pengindera dan end-effector, maka pada posisi berdekatan dengan kamera CCD juga dipasang ultrasonik transducer.

Kondo et al. (1996) menggunakan sebuah kamera TV dengan resolusi 510(H) x 490(V) sebagai sensor untuk robot pemanen tomat. Lokasi tiga dimensi dari tomat di deteksi menggunakan prinsip stereo yaitu dengan menggerakkan kamera ke arah datar sehingga mendapatkan dua buah citra dari sebuah benda.

Fujiura et al. (1990) menggunakan kamera TV dengan sebuah sensor type MOS untuk mendeteksi lokasi buah jeruk. Kamera bergerak dalam arah datar sejauh 15 cm untuk mendapatkan dua buah bayangan dari sebuah benda (stereo). Lokasi tiga dimensi buah dihitung dari kedua bayangan tersebut.

Molto et al. (1992) menyatakan ada beberapa masalah yang dialami bila menggunakan sistem pengindera kamera video yaitu: 1) lokasi buah sulit dideteksi pada area yang gelap, 2) Sinar matahari langsung yang dipantulkan oleh daun membuat daun lebih terang dari buah yang tertutup bayangan daun, 3) Sepanjang hari, penerangan akan bervariasi dipengaruhi oleh sudut penyinaran dan lintasan awan. Masalah lain yang timbul bila menggunakan kamera TV adalah sulit untuk mendeteksi lokasi daun dan batang tanaman. Oleh karena itu jika daun, batang atau bagian lain dari tanaman terletak dekat dengan buah target maka komponen tersebut akan menghalangi gerakan pemanenan. Untuk mendapatkan hasil yang baik saat pemanenan, maka diperlukan pengindera tiga dimensi (Fujiura et al., 1992).

Subrata et al. (1997) menggunakan pengindera tiga dimensi untuk robot pemanen tomat cherry. Pengindera tiga dimensi (3-D) yang digunakan tersusun dari dua buah sinar laser dengan panjang gelombang masing-masing 685 nm dan 830 nm. Untuk mendapatkan luasan bidang pandang tertentu, maka kedua sinar laser tersebut digerakkan menggunakan dua buah motor stepper. Pengindera 3-D tersebut dinyatakan mampu membedakan tomat matang (merah) dengan tomat yang belum matang (hijau), daun dan ranting. Juga mampu menentukan jumlah buah yang ada dalam satu tandan serta menghitung titik pusat dari masing-masing buah.

METODA PENELITIAN.

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang dipergunakan dalam percobaan ini adalah: 1) Pengindera tiga dimensi yang tersusun dari dua buah sinar laser (laser merah dengan panjang gelombang 685 nm dan laser inframerah dengan panjang gelombang 830 nm) dengan cermin poligon sebagai pemantul cahaya, 2) Manipulator rovernaster RV-M1 sebagai tempat pemasangan pengindera, 3) Tanaman cabai merah, 4) Perangkat komputer dengan program bahasa-C sebagai unit pengendali dan pengolah citra, 5) Meteran untuk mengukur jarak aktual.

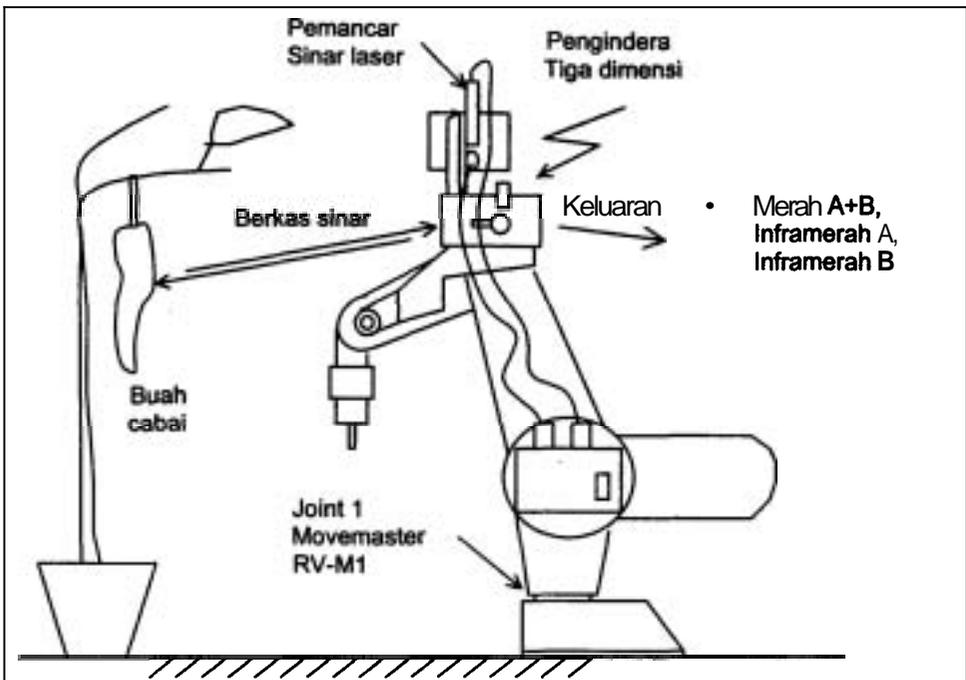
Metodologi

Pengindera tiga dimensi dipasang pada lengan manipulator rovernaster RV-M1 sedemikian rupa sehingga bidang pandang mengarah kedepan seperti terlihat pada Gambar 1.

Untuk mendapatkan elemen gambar (Pixel) dalam arah tegak, maka pancaran sinar laser diputar menggunakan cermin poligon. Putaran cermin poligon dilakukan dengan motor stepper. Untuk mendapatkan elemen

gambar dalam arah datar, maka **seluruh** pengindra diputar arah datar terhadap sumbu sambungan 1 dari manipulator. Dari keseluruhan gerakan pengindra dihasilkan 80 pixel arah tegak x 80 pixel arah datar dengan sudut bidang pandang 42.4 derajat arah tegak dan 33.6 derajat arah datar.

Masing-masing pixel berisikan informasi **tentang** pantulan sinar merah dari anoda **A + anoda B** yang selanjutnya dinyatakan dengan merah **A+B**, pantulan sinar inframerah yang diambil dari anoda **A** (inframerah A), dan pantulan sinar **infra** merah yang diambil dari anoda **B** (inframerah B).

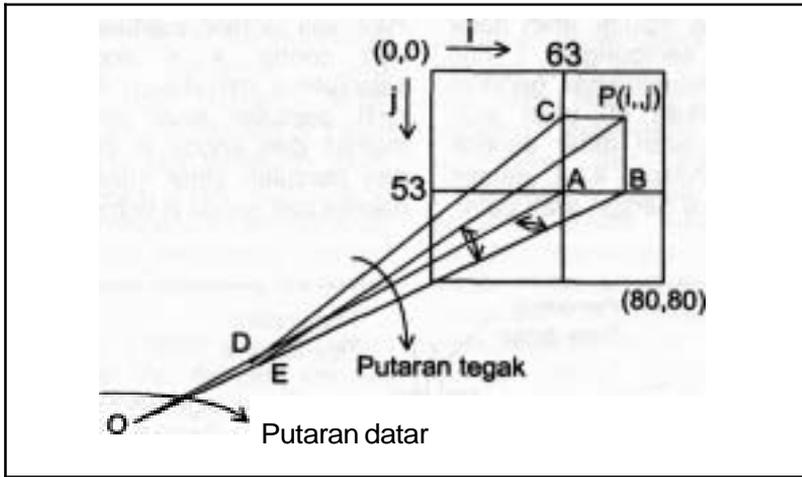


Gambar 1. Proses pengambilan citra buah cabai.

Kematangan buah cabai ditentukan berdasarkan rasio dari sinyal merah **A+B** dengan sinyal inframerah **A+B**, sedangkan jarak buah terhadap **pusat** pengindra ditentukan berdasarkan rasio antara sinyal inframerah **A** dengan sinyal inframerah **B**. Citra kemudian dibinerisasi dengan memberi nilai **1** untuk cabai merah dan nilai **0** untuk non cabai merah. Jumlah group pixel bernilai **1** dihitung dengan metoda pengkodean rantai. Metoda pengkodean rantai ini diawali dengan pencarian titik awal dari suatu group diikuti dengan penyusuran tepi group sampai kembali ke titik awal group. Titik **pusat** group ditentukan berdasarkan

momen luas dan titik potong adalah titik pada tangkai buah dengan lokasi **30 mm** di **atas** buah.

Kalibrasi jarak dilakukan menggunakan kertas putih yang dipasang di depan pengindra pada beberapa jarak yang berbeda. Ketiga sinyal keluaran pengindra direkam untuk setiap jarak **tersebut** di **atas**. Jarak dari kertas terhadap titik **pusat** pengindra diukur menggunakan **meteran**. Grafik hubungan antara rasio sinyal inframerah **A** dan inframerah **A+B** dengan jarak aktual **diplot** kemudian persamaan **garis** yang dihasilkan dipergunakan untuk menghitung jarak pengindraan.



Gambar 2. Perhitungan koordinat tiga dimensi titik pusat dan titik potong.

Koordinat tiga dimensi titik **pusat** dan titik potong cabai dihitung menggunakan rumus trigonometri seperti terlihat pada Gambar 2.

$$OA = \{OD + EP \cos(\alpha)\} \cos(\beta) \quad (1)$$

$$AB = \{OD + EP \cos(\alpha)\} \sin(\beta) \quad (2)$$

$$BP = EP \sin(\alpha) \quad (3)$$

$$\text{Alfa} = (53 - j \text{ titik } P) \times 0.536 \quad (4)$$

$$\text{Beta} = (i \text{ titik } P - 63) \times 0.420 \quad (5)$$

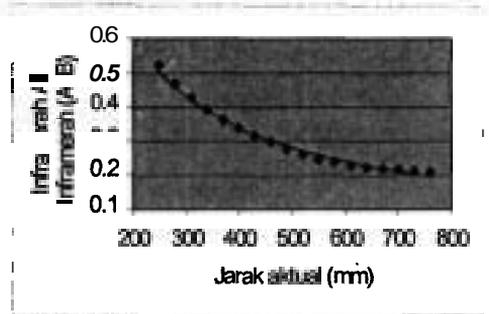
Garis EP adalah jarak pixel yang didefeksi oleh pengindera Titik D atau E adalah sumbu putar cermin poligon dari pengindera. Titik O adalah sumbu putar sambungan 1 dari manipulator RV-M1. Garis OA, AB, dan BP adalah garis yang menyatakan lokasi tiga dimensi dari pixel P(i, j). Garis OD mempunyai nilai tetap 125 mm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran pantulan kertas putih didapatkan hubungan antara jarak aktual dan rasio dari inframerah A dengan inframerah A+B seperti terlihat pada Gambar 3. Grafik validasi dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil validasi dari persamaan garis tersebut (Gambar 4) menunjukkan

bahwa nilai jarak hasil penginderaan buah cabai merah mendekati nilai jarak aktual. Hal ini menunjukkan bahwa pengindera tiga dimensi tersebut dapat dipergunakan untuk mengukur jarak buah cabai merah terhadap pengindera pada selang 250 mm sampai 600 mm.

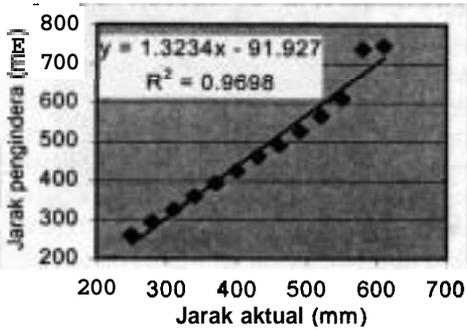


Gambar 3. Grafik hubungan antara jarak aktual dengan rasio inframerah.

Pengindera tiga dimensi juga dirancang untuk memisahkan buah cabai yang matang (merah) dari bagian tanaman lainnya seperti daun, buah yang hijau, batang dan ranting.

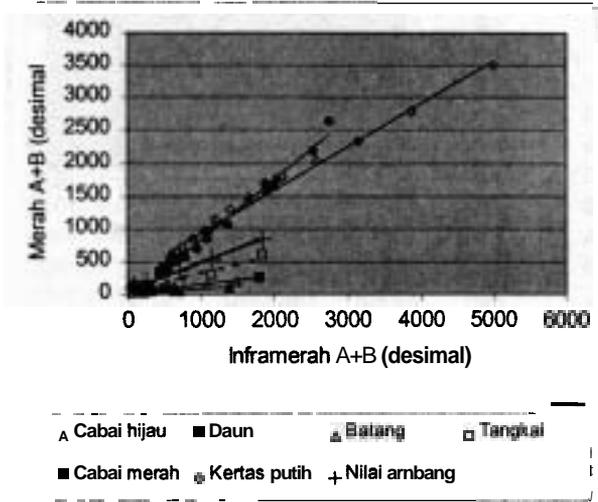
Pemisahan ini dilakukan menggunakan rasio antara nilai merah (A+B) dengan inframerah (A+B). Grafik hubungan antara sinyal inframerah (A+B) dan

merah (A+B) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik validasi jarak buah cabai merah terhadap pengindera

A+B hasil pengukuran yang lebih besar dari nilai sinyal merah A+B yang dihasilkan dari persamaan tersebut di atas dinyatakan sebagai pixel cabai merah. Pixel cabai merah yang saling berdekatan akan membentuk citra dua dimensi dari buah cabai merah yang di scan. Dengan menggunakan teknik rantai atau teknik penelusuran tepi citra, maka setiap citra buah cabai merah dapat ditentukan ukuran dalam arah tegak dan arah datar dalam satuan pixel. Jika ukuran citra lebih kecil atau sama dengan tiga kali dua pixel, maka citra tersebut dianggap noise. Dari 20 sample pohon

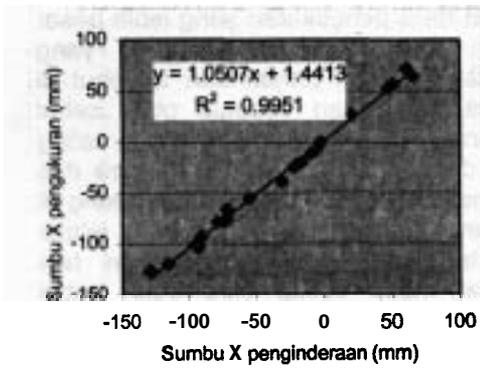


Gambar 5. Hubungan antara sinyal inframerah dan merah

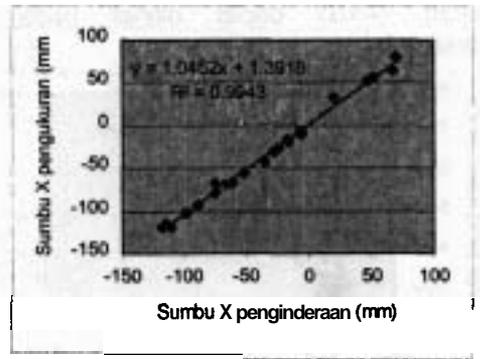
Dari Gambar 5 terlihat bahwa buah cabai merah memantulkan sinar merah yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan daun, batang, dan cabai hijau. Dengan menggunakan nilai ambang batas dari rasio antara sinyal merah A+B dan inframerah A+B yang berupa garis lurus dengan persamaan $y = 0.417x + 67.927$, maka citra dari buah cabai merah dapat dipisahkan dari komponen lainnya (daun, batang, dan buah hijau). Pada persamaan di atas, peubah y dipergunakan untuk menyatakan sinyal merah A+B dan peubah x untuk sinyal inframerah A+B. Setiap pixel dengan nilai sinyal merah

cabai dengan total 39 buah cabai merah, berhasil dideteksi sebanyak 32 buah dan tidak terdeteksi sebanyak 7 buah. Sebagian besar buah yang tidak terdeteksi disebabkan citra buah cabai tidak sempurna sehingga dianggap sebagai noise. Ketidak sempurnaan citra mungkin disebabkan oleh lokasi buah yang terlalu jauh sehingga sinar pantuannya sangat lemah, sebagian buah terhalang daun atau ranting, atau buahnya bergoyang akibat getaran atau tiupan angin. Buah cabai yang tidak terlihat tersebut kemungkinan akan terlihat bila discan dari posisi yang lain.

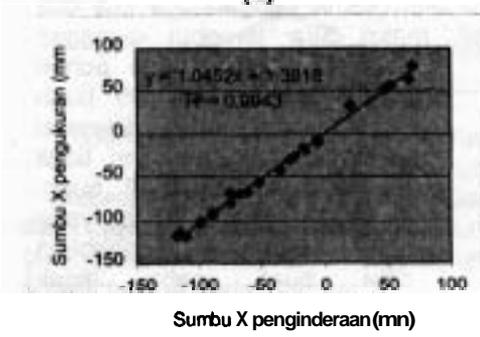
Selain informasi tentang jumlah buah yang layak dipanen, maka informasi mengenai lokasi titik tengah dan titik potong dari buah juga diperlukan sehingga buah siap untuk dipanen secara otomatis. Informasi mengenai lokasi titik tengah dapat dilihat pada Gambar 6 dan titik potong dapat dilihat pada Gambar 7. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa lokasi tiga dimensi penginderaan mendekati lokasi tiga dimensi pengukuran dengan ketelitian sekitar 10 mm.



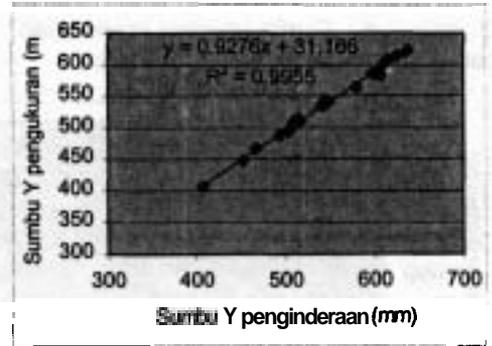
(a)



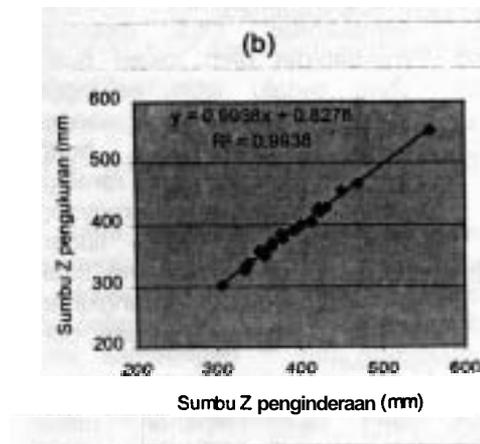
(a)



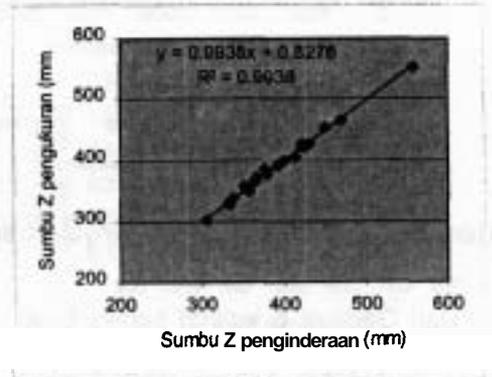
(b)



(b)



(c)



(c)

Gambar 6. Hubungan antara lokasi titik tengah hasil penginderaan dan pengukuran: (a) sumbu X, (b) sumbu Y, dan (c) sumbu Z.

Gambar 7. Hubungan antara lokasi titik potong hasil penginderaan dan pengukuran: (a) Sumbu X, (b) Sumbu Y, dan (c) Sumbu Z

Titik potong yang dimaksud pada gambar 7 adalah titik pada tangkai buah yang lokasinya 30 mm di **atas** tepi **atas** citra buah cabai. Lokasi titik potong di tentukan di **atas** citra didasari kenyataan bahwa buah cabai selalu tergantung dalam pohonnya sehingga tangkainya selalu berada di **atas**. Karena buah cabai umumnya **dipanen bersama** tangkai buahnya, maka **informasi** mengenai lokasi tangkai buah khususnya lokasi titik potong pada tangkai buah menjadi **sangat** penting untuk tujuan pemanenan **secara** otomatis.

Lokasi tiga dimensi dari titik tengah buah seringkali diperlukan untuk tujuan pemanenan yaitu sebagai lokasi untuk **memegang** buah sehingga buah tidak jatuh ke **tanah**. Ketelitian penentuan titik tengah buah umumnya lebih baik dibandingkan dengan ketelitian penentuan titik potong. Oleh karena itu pada saat pemanenan, buah lebih baik dipegang pada lokasi titik tengah dibandingkan dengan lokasi titik potong.

KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pengindra tiga dimensi yang dipergunakan dalam percobaan ini dapat membedakan buah cabai **matang** dengan cabai yang belum **matang**, batang dan daun berdasarkan rasio antara sinyal merah A+B dan sinyal inframerah **A+B**. Ketelitian pengidentifikasian adalah 82 %.

Jarak masing-masing pixel terhadap titik **pusat** pengindra dapat dihitung berdasarkan rasio antara sinyal inframerah A dan inframerah **A+B**.

Kombinasi antara metoda penelusuran tepi (aturan rantai) dan **momen** luas dapat dipergunakan untuk menentukan titik **pusat** dari buah cabai merah.

Lokasi tiga dimensi dari titik **pusat** dan titik potong buah cabai merah dapat dihitung berdasarkan **rumus**

trigonometri. Ketelitian pendeteksian dari pengindra ini adalah 10 mm.

SARAN

Untuk mempertinggi kemampuan pengindra dalam membedakan citra cabai merah dengan citra non cabai merah dan ketelitian penentuan jarak dari target (cabai merah), maka disarankan untuk menggunakan algoritma yang lebih **handal** yaitu neural network yang memiliki kemampuan **belajar** dari pengalaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad**, U., N. Kondo, M. Monta, Y. Shibano, S. Arima, and H. Nakamura. 1996. Weeds Detection in Lawn Field Using Machine Vision. Proceedings of the Japanese Society of Mechanical Engineering Annual Conference on Robotics and Mechatronics (**ROBOMECH'96**), vol.2. Ube. Japan.
- Basuki, R. S., 1988. **Analisis** Biaya Pendapatan **Usaha** Tani Cabai **Merah**(*Capsicum* annum L) di Desa Kemurang Kulon, Kabupaten Brebes. Buletin Penelitian Hortikultura **XVI(2):115-121**.
- Direktorat Bina Program **Tanaman Pangan**. 1993. Luas **Panen**, Rata-rata Hasil dan Produksi **Tanaman** Hortikultura di Indonesia. Direktorat Bina Program **Tanaman Pangan** dan Hortikultura, Jakarta.
- Fujiura, T., M. Ura, N. Kondo, and K. Namikawa. 1990. Fruit Harvesting Robot for Orchard, Journal of The Japanese Society of Agricultural Machinery **52(2):35-42**.
- Fujiura, T., J. Yamashita, and N. Kondo. 1992. Agricultural Robot (1), Vision Sensing System. International Winter meeting of the ASAE. Paper no. 92-3517. Nashville. USA.

- Hawthorn, L. R., and L. H. **Pollard**. **1954**. Vegetable and Flower Seed Production. The Blakistan co. Inc. New York.
- Kondo, N., Y. Nishitsuji, P. P. Ling, and K. C. Ting. **1996**. Visual Feedback Guided Robotic Cherry Tomato Harvesting. Transactions of the ASAE. Vol. **39(6)**: **2331 - 2338**.
- Lukmana, A. **1995**. Agroindustri Cabai Selain Untuk Keperluan **Pangan**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Molto, **E.**, F. Pla, and F. Juste. **1992**. Vision Systems for the Location of Citrus **Fruit** in a Tree Canopy. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol. **52(2)**: **101 - 110**.
- Purseglove, J. W., **1974**. Tropical Crops Dicotyledons. The **Longman** co. Inc. England.
- Pool, T. A., and R. C. **Harrell**. **1991**. An End-effector For Robotic Removal of Citrus From The Tree. Transactions of the ASAE, General Edition. Vol. **34(2)**: **373 - 378**.
- Subrata, I D. M., T. Fujiura, S. Nakao, H. Yamada, M. Hida, and T. Yukawa. **1997**. **3-D** Vision Sensor for Cherry Tomato Harvesting Robot. Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ), Vol. **31** No. 4, p. **257 - 264**.