

**PENGEMBANGAN MESIN SORTASI DAN PEMUTUAN BUAH JERUK DENGAN
SENSOR KAMERA CCD¹
(DEVELOPMENT OF SORTING AND GRADING MACHINE FOR CITRUS WITH
CCD CAMERA AS THE SENSOR)**

Usman Ahmad², Rudy Tjahjohutomo³ dan Mardison S.⁴

ABSTRAK

Jeruk merupakan salah satu produk hortikultura yang penting di Indonesia dan produksinya meningkat terus setiap tahun. Namun demikian, peralatan pascapanen untuk masih sangat terbatas sehingga penggunaan teknologi pascapanen masih rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem evaluasi mutu buah jeruk secara *real-time* menggunakan kamera CCD sebagai sensor citra dan unit pengolah citra untuk evaluasi mutu. Sistem terdiri dari kamera CCD warna, komputer yang dilengkapi kartu penangkap citra, ruang penangkap citra, panel pengendali logik, dan sebuah program untuk menjalankan semua hardware yang terinstal.

Beberapa parameter mutu visual penting dari buah jeruk dipelajari. Lima kelompok mutu buah jeruk yang diperoleh dari pedagang besar Pasar Induk Kramatjati digunakan sebagai sampel. Citra buah jeruk direkam dan dianalisis dengan program pengolah citra menggunakan algoritma proyeksi area dan model warna RGB, masing-masing untuk menganalisis ukuran buah dan warna kulit buah. Hasil analisis digunakan untuk menentukan parameter korelasi antara parameter visual dengan berat, kemanisan, dan kekerasan buah, untuk digunakan dalam evaluasi mutu. Parameter mutu yang dapat menggambarkan mutu jeruk sebenarnya kemudian dipilih untuk digunakan sebagai parameter mutu dalam membangun sistem evaluasi mutu *real-time* untuk buah dalam tahap selanjutnya.

Kata kunci: *image processing, sortasi, pemutuan, otomatis*

¹ Disampaikan dalam Gelar Teknologi dan Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008 di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta 18-19 November 2008

² Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Darmaga PO Box 220 Bogor 16002, usmanahmad@ipb.ac.id

³ Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Jln. Situgadung Tromol Pos 2, Serpong, Tangerang, Banten 15310, rudyhutomo@yahoo.co.id

⁴ Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Jln. Situgadung Tromol Pos 2, Serpong, Tangerang, Banten 15310, ardhison_pipo@yahoo.com

A. LATAR BELAKANG

Tanaman jeruk tersebar di seluruh Indonesia, dengan sentra produksi utama terdapat di propinsi Sumatera Utara, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Jawa Timur dan Sulawesi Selatan. Sekitar 70-80 % jenis jeruk yang dikembangkan petani masih merupakan jeruk siam, sedangkan jenis lainnya merupakan jeruk keprok dan pamelon unggulan daerah seperti keprok Garut dari Jawa Barat, keprok Sioumpu dari Sulawesi Tenggara, keprok Tejakula dari Bali, dan keprok Kacang dari Sumatera Barat, pamelon Nambangan dari Jatim dan Pangkajene Merah dan Putih dari Sulawesi Selatan; sedangkan jeruk nipis banyak diusahakan di Jawa Timur dan Kalimantan Timur (Dimiyati, 2005).

Luas sentra produksi jeruk tahun 2004 adalah 700.000 ha dengan produksi 1.600.000 ton dan produktivitas rata-rata 22,86 ton/ha. Dari kelompok buah-buahan, komoditas jeruk menempati urutan ke-3 setelah pisang dan mangga. Perkembangan luas panen, produksi dan produktivitas jeruk untuk tahun 1999-2004 disajikan pada **Tabel 1**. Produksi jeruk terbesar didominasi oleh jeruk Siam, sedangkan jenis-jenis jeruk yang lain seperti jeruk Keprok, Pamelon (Besar), Manis dan lain-lainnya jauh dibawah jeruk Siam. Beberapa sentra produksi jeruk yang saat ini dikenal sebagai sentra jeruk Siam dan Keprok antara lain Kabupaten Karo, Sambas, Garut, Barito Kuala, Tulang Bawang, Jember, dan Mamuju Utara. Sentra jeruk pamelon (besar) yang dikenal adalah Kabupaten Magetan, Pangkep dan Sumedang, sedangkan untuk jeruk manis adalah Kabupaten Malang, Pacitan dan Pasuruan (Dimiyati, 2005).

Tabel 1. Perkembangan luas panen, produksi dan produktivitas jeruk tahun 1999-2004 (Dimiyati, 2004; Dimiyati, 2005)

Perkembangan	Tahun					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Luas Panen (Ha)	25.210	37.120	35.367	47.824	69.139	70.000
Produksi (Ton)	449.531	644.052	691.433	968.132	1.529.824	1.600.000
Produktivitas (Ton/ha)	17.83	17.35	19.55	20.24	22.13	22.86

Permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan jeruk sebagai salah satu buah kebanggaan nasional adalah mutu buah yang rendah. Sebagian besar buah jeruk dalam negeri dipasarkan dengan penampilan luar yang kurang menarik, ukuran, rasa dan warna yang beragam. Oleh karena itu, upaya peningkatan mutu jeruk melalui pengembangan sistem jaminan mutu pada jeruk perlu ditingkatkan. Banyak teknologi pasca panen buah-buahan sudah diterapkan seperti pelilinan, modifikasi atmosfer atau atmosfer terkondisi dalam kemasan. Akan tetapi, keseragaman kualitas dan kemasakan buah-buahan tersebut tetap menjadi faktor penentu

pada semua tahapan berikutnya. Parameter kualitas yang pertama dinilai adalah keseragaman dan kebersihan warna kulit buah, karena secara langsung dapat mempengaruhi selera konsumen untuk mengkonsumsinya atau tidak.

Untuk memecahkan permasalahan diperlukan penataan rantai penanganan dan pasokan jeruk yang prima. Oleh karena itu dibutuhkan kebijakan dan perangkat manajemen pembangunan yang kondusif, prasarana dan sarana yang memadai, sistem informasi yang efektif, kelembagaan yang kuat di semua segmen baik yang mengkoordinasikan usahatani secara horizontal maupun yang mengintegrasikan usahatani dan pemasaran yang vertikal, teknologi yang sesuai kebutuhan lapangan baik untuk budidaya maupun pascapanen primer untuk pelaku usaha di semua segmen, dan kapasitas sumberdaya manusia yang prima.

Banyak peneliti telah mencoba penggunaan teknologi NIR untuk mengukur kandungan gula (*sucrose*) dan asam (*malic acid*) mangga. Hasilnya menunjukkan bahwa ada hubungan antara prediksi dari NIR (*near infrared*) dengan hasil pengukuran dengan HPLC dari kandungan gula dan asam buah mangga. Teknologi NIR dapat digunakan untuk pengukuran kandungan gula beberapa buah utuh seperti buah tomat (Suparlan dan Itoh, 2001), buah persik (Kawano, dkk., 1992), dan buah apel (Murakami, dkk. 1999). Teknologi ini telah dikembangkan oleh negara-negara maju untuk diaplikasikan dalam mesin-mesin sortasi maupun kontrol kualitas. Namun di Indonesia teknologi ini belum banyak dimanfaatkan untuk keperluan sortasi dan pemutuan produk hortikultura karena perlengkapannya relatif mahal.

Teknologi lainnya yang dapat diterapkan pada mesin sortasi dan pemutuan otomatis adalah pengolahan citra. Teknologi pengolahan citra adalah salah satu teknologi yang dikembangkan untuk mendapatkan informasi dari citra dengan cara memodifikasi bagian dari citra yang diperlukan sehingga menghasilkan citra lain yang lebih informatif (Jain et al., 1995). Contoh sederhana adalah mengubah citra warna menjadi citra biner agar ukuran obyek di dalam citra dapat diduga dengan cara menghitung luas bayangan obyek. Bila teknologi 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 machine vision (Jain et al., 1995). Lebih mudahnya adalah hasil pengolahan citra adalah sama jenisnya yaitu citra, sedangkan hasil dari machine vision dapat berupa "ksi atau representasi dari citra dalam bentuk lain. Teknologi ini lebih murah karena hanya membutuhkan kamera CCD dan komputer yang dilengkapi dengan *image frame grabber*, yang sudah banyak tersedia di pasaran.

Penggunaan teknologi pengolahan citra diharapkan dapat meningkatkan akurasi sortasi dan pemutuan buah berdasarkan kualitas dan kemasakannya. Kondisi buah dapat didekati dari ukuran obyek dalam citra bila diambil dengan latar belakang yang kontras dengan warna buah yang diamati. Tingkat kemasakan buah bisa didekati dari pengamatan warna dan tekstur kulit buah karena biasanya kulit buah seperti pada mangga mengalami perubahan warna dan tekstur kulitnya seiring dengan perubahan tingkat kemasakan atau kehadiran plek-plek getah pada kulit mangga sehingga mutunya dinilai rendah. Teknologi pengolahan citra telah dicoba untuk mendeteksi buah tomat mini dalam kerimbunan daun pada tanaman tomat mini dengan memanfaatkan perbedaan warna untuk digunakan pada robot pemanen tomat mini (Kondo et al., 1996). Contoh penerapan lainnya dari teknologi 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).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun sistem evaluasi buah jeruk menggunakan kamera CCD yang dapat beroperasi secara langsung, yang akan digunakan sebagai sensor citra dan unit pengolahnya untuk penentuan mutu dari citra jeruk yang dievaluasi. Sistem terdiri dari kamera CCD warna, ruang pengambilan citra, panel kendali, dan perangkat lunak untuk menjalankan semua perangkat keras yang tersambung.

B. BAHAN DAN METODE

1. Bahan dan Alat

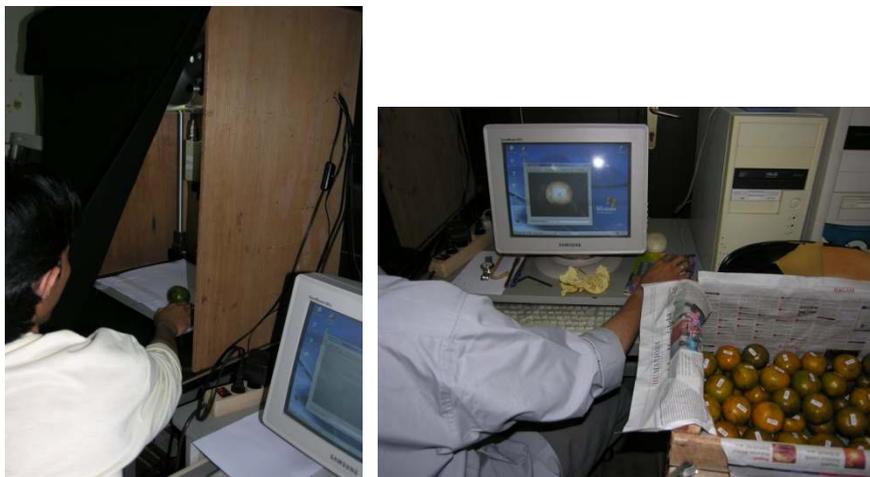
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jeruk Pontianak dengan berbagai tingkat mutu yang diperoleh dari pedagang besar di Pasar Induk Kramatjati, Jakarta Timur. Perangkat keras yang digunakan untuk pengolahan citra adalah kamera CCD analog berwarna VED model OC-305D dan seperangkat komputer yang dilengkapi dengan video capture, 4 buah lampu TL 7 watt dan kain berwarna hitam sebagai penutup agar cahaya dari luar tidak dapat masuk ke dalam ruang pengambilan citra. Beberapa perangkat keras lainnya juga digunakan untuk pengukuran secara langsung seperti timbangan digital untuk mengukur berat buah, refraktometer untuk mengukur total padatan terlarut, dan rheometer untuk mengukur kekerasan buah.

Sebagai perangkat lunak digunakan program pengolahan citra yang dibangun dengan bahasa C. Program yang digunakan dapat mengambil citra melalui kamera CCD dan

melakukan analisis. Sedangkan model mesin sortasi dan pemutuan buah jeruk menggunakan rangka besi, konveyor dengan motor listrik, dan penggerak pneumatik untuk bak penampung menggunakan kompresor udara.

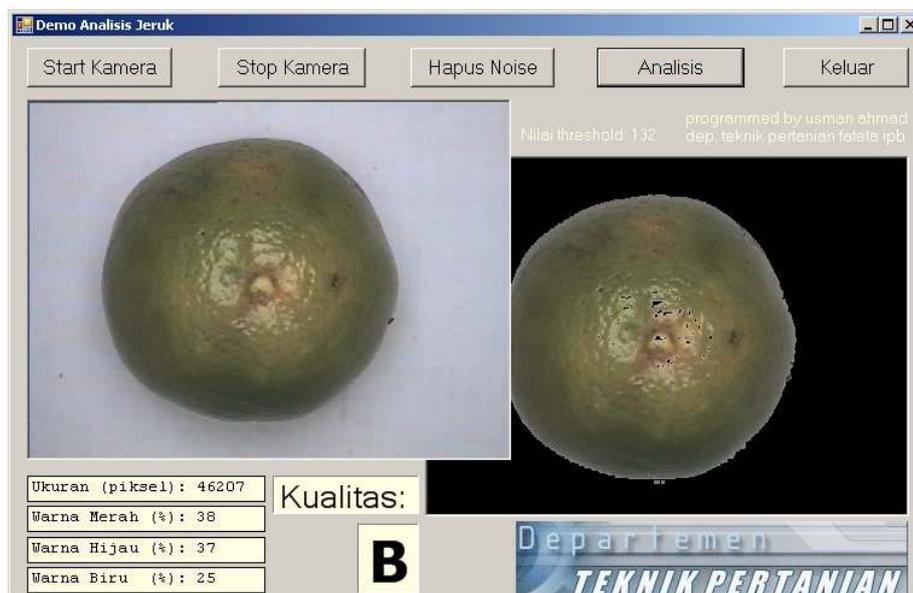
2. Prosedur Penelitian

Pengambilan data citra buah jeruk segar dengan berbagai tingkatan mutu, dilakukan menggunakan komputer dan kamera CCD, kemudian citra buah jeruk disimpan dalam bentuk file. Proses akuisisi citra diperlihatkan dalam **Gambar 1**.



Gambar 1. Proses akuisisi citra buah jeruk menggunakan komputer dan kamera CCD

Selanjutnya citra *still* yang sudah direkam dianalisis menggunakan program pengolahan citra yang dikembangkan. Analisis dilakukan terhadap ukuran buah jeruk untuk memperoleh informasi ukuran buah, yang selama ini dijadikan parameter dalam pemutuan buah jeruk, dari citra yang direkam. Analisis juga dilakukan terhadap warna kulit buah jeruk untuk melihat kemungkinan mesin sortasi yang dikembangkan menggunakan parameter warna kulit dalam pemutuan nantinya. Algoritma yang digunakan dalam menganalisis ukuran adalah luas proyeksi area obyek pada citra, sedangkan analisis warna menggunakan model warna RGB dan HSI. Program analisis citra *still* buah jeruk diperlihatkan dalam **Gambar 2**.



Gambar 2. Analisis citra buah jeruk menggunakan program pengolahan citra

Selain dilakukan akuisisi citra dan analisis citra buah jeruk menggunakan program pengolahan citra yang dibangun, buah jeruk juga dianalisis secara langsung untuk menilai parameter mutu obyektif. Parameter mutu yang diukur adalah berat jeruk melalui penimbangan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0.1 mg, pengukuran kekerasan menggunakan rheometer, dan pengukur TPT (total padatan terlarut) menggunakan portable brix meter. Pengukuran kekerasan dan TPT dilakukan secara destruktif. Pengukuran parameter mutu secara langsung perlu dilakukan untuk melihat korelasi yang mungkin ada antara mutu buah jeruk seperti berat, kemanisan, dan kekerasan dengan parameter visual yang diperoleh melalui pengolahan citra seperti area proyeksi citra jeruk, warna kulit, dan tekstur kulit buah jeruk. Bila ditemukan korelasi diantara anggota dua kelompok parameter mutu, maka anggota parameter mutu tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam program analisis citra secara *real-time* yang dibangun kemudian. **Gambar 3** memperlihatkan pemeriksaan mutu buah jeruk secara langsung (destruktif) untuk mengetahui nilai kekerasan dan TPT.

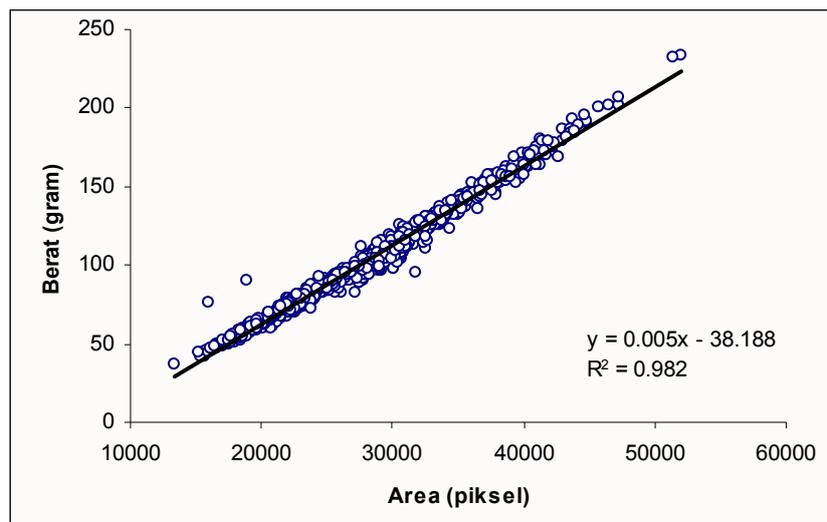


Gambar 3. Pemeriksaan mutu buah jeruk secara langsung (destruktif)

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengolahan Citra

Berikut ini disajikan beberapa korelasi antara hasil pengukuran langsung dengan data hasil pengolahan citra. Hubungan antara area jeruk Pontianak menggunakan teknik pengolahan citra dengan berat jeruk Pontianak disajikan pada **Gambar 4**. Dari hubungan hubungan tersebut diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0.98 dengan persamaan regresi $y = 0.005x - 38.19$. Karena nilai koefisien determinasi yang dihasilkan cukup besar, maka kedua parameter memiliki hubungan sangat erat. Disimpulkan bahwa nilai parameter mutu jeruk Pontianak dapat diduga dari area buah jeruk Pontianak.

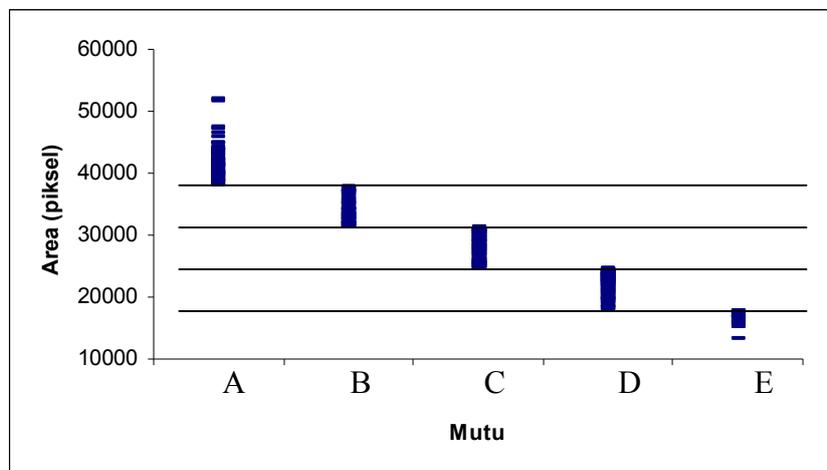


Gambar 4. Hubungan antara area jeruk Pontianak hasil pengolahan citra dengan berat jeruk Pontianak

Selanjutnya dilakukan perhitungan sehingga didapatkan batas baru dan pengelompokan data area, seperti disajikan pada **Tabel 2** dan **Gambar 5** yang dapat digunakan sebagai pedoman penentuan mutu Jeruk Pontianak. Didapatkan bahwa jeruk Pontianak yang digolongkan sebagai mutu A memiliki luas area lebih besar dari 37906 piksel, untuk mutu B 37906 – 31208 piksel, mutu C 31208 - 24510, mutu D 24510 – 17812 piksel, dan mutu E kurang dari 17812 piksel.

Tabel 2. Hasil perhitungan statistik pengelompokan mutu jeruk berdasarkan area hasil pengolahan citra

Berat	Mutu				
	A	B	C	D	E
Maksimum (cm)	52007	37896	31182	24510	17741
Minimum (cm)	38009	31219	24549	17830	13342
Rata-rata (cm)	6697	6697	6697	6697	6697
Standar deviasi (cm)	27858	27858	27858	27858	27858
Ambang atas (cm)	-	37905	31207	24509	17811
Ambang bawah (cm)	37905	31207	24509	17811	-



Gambar 5. Hubungan antara luas area dengan tingkatan mutu pada jeruk Pontianak (hasil perhitungan pengolahan citra)

Hubungan antara indeks warna merah, hijau, dan biru jeruk Pontianak hasil pengolahan citra dengan kekerasan jeruk Pontianak tidak mempunyai korelasi positif, dengan nilai koefisien determinan berturut-turut 0.1545, 0.1094, dan 0.0779. Dengan melihat nilai koefisien determinan yang demikian, maka dapat disimpulkan bahwa nilai parameter kekerasan jeruk Pontianak tidak dapat diduga dari indeks warna merah, hijau, dan biru.

Hubungan antara indeks warna *hue*, *saturation*, dan *intensity* jeruk Pontianak hasil pengolahan citra dengan kekerasan jeruk Pontianak juga tidak mempunyai korelasi positif, dengan nilai koefisien determinan berturut-turut 0.1563, 0.0797, dan 0.0238. Dengan melihat nilai koefisien determinan yang demikian, maka dapat disimpulkan bahwa nilai parameter kekerasan jeruk Pontianak tidak dapat diduga dari indeks indeks warna *hue*, *saturation*, dan *intensity*.

Demikian pula dengan hubungan antara indeks warna merah, hijau, dan biru jeruk Pontianak hasil pengolahan citra dengan TPT juga tidak mempunyai korelasi positif, dengan nilai koefisien determinan dari grafik berturut-turut 0.1607, 0.2813, dan 0.0087. Dengan melihat nilai koefisien determinan masing-masing grafik, maka dapat disimpulkan bahwa nilai parameter TPT jeruk Pontianak tidak dapat diduga dari indeks warna merah, hijau, dan biru.

2. Pengujian Mesin

Parameter mutu yang mempunyai hubungan untuk menduga ukuran buah, yaitu area, kemudian dimasukkan ke dalam program pengolah citra yang dapat berjalan secara langsung, sekaligus mengendalikan perangkat keras yang tersambung ke mesin sortasi dan pemutuan. Parameter warna dapat digunakan bila diinginkan, karena ternyata tidak berhubungan langsung dengan kelompok hasil pemutuan manual, namun dapat memisahkan buah jeruk berdasarkan warna kulitnya.

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah program komputer hasil penggabungan sudah berjalan dengan baik, dan kontrol terhadap PLC sudah dapat dilakukan oleh program komputer pengolahan citra. Pada percobaan awal ini berbagai parameter belum disesuaikan seperti pencahayaan yang tepat saat akuisisi citra, penggunaan nilai-nilai batas antar kelompok mutu dalam program komputer, jarak atau waktu antar pengumpanan, dan parameter lainnya. Hal tersebut baru akan dilakukan setelah program komputer dapat berjalan dengan baik dan terintegrasi dengan sistem kontrol PLC sehingga mesin sortasi dan pemutuan buah jeruk dapat berjalan secara otomatis. Namun demikian karena sistem pengumpanan otomatis belum dirancang, maka dalam pengujian awal ini pengumpanan dilakukan secara manual dengan meletakkan buah jeruk satu persatu di atas konveyor ketika konveyor berhenti bergerak. Foto-foto pengujian awal diperlihatkan dalam **Gambar 6** berikut.



Gambar 6. Pengujian mesin sortasi dan pematuan buah jeruk

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa integrasi program real-time image analysis dan program pengendalian komponen elektrik pada mesin sortasi dan pematuan buah jeruk telah berjalan, namun dengan berbagai keterbatasan. Diantara keterbatasan dimaksud adalah kecepatannya masih rendah, sekitar 2 hingga 3 detik per buah, sistem pneumatik belum menghasilkan gerakan yang sesuai dengan hasil pematuan oleh pengolahan citra akibat adanya adanya waktu tunda yang tetap pada PLC, sedangkan waktu analisis citra bervariasi antara 2 hingga 3 detik. Selain itu, sistem pengumpanan belum dirancang sehingga pengumpanan masih dilakukan secara manual dalam pengujian yang dilakukan. Keterbatasan-keterbatasan tersebut akan dicoba untuk diatasi dalam penelitian lanjutan.

D. KESIMPULAN

Dari penelitian ini, yang meliputi perancangan dan konstruksi perangkat lunak dan perangkat keras, perancangan sistem kendali dan integrasi pengolahan citra dan sistem kendali, serta pengujian mesin sortasi dan pematuan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Parameter berat jeruk Pontianak dapat diduga dari area objek dari citra. Hubungan antara area jeruk hasil pengolahan citra yang direkam dari arah atas dengan berat jeruk diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0.98.
2. Kekerasan jeruk Pontianak tidak dapat diduga melalui indeks warna RGB (merah, hijau, dan biru)
3. TPT (Total Padatan Terlarut) tidak dapat diduga melalui indeks warna RGB (merah, hijau, dan biru) dan HSI (*hue, saturation, intensity*)
4. Luas area objek menjadi dapat digunakan sebagai faktor pemutuan buah jeruk Pontianak dengan batas-batas sebagai berikut mutu A lebih besar dari 37905 piksel, mutu B antara 37905 - 31207 piksel, mutu C 31207 – 24509 piksel, mutu D 24509 – 17811 piksel, dan mutu E berada dibawah 17811 piksel.
5. Mesin sortasi dan pemutuan sudah dapat berjalan secara otomatis, namun pengumpanan masih dilakukan secara manual. Mesin juga masih berjalan sangat lambat dan butuh beberapa perbaikan untuk dapat beroperasi dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Badan Litbang Departemen Pertanian, yang telah mendanai penelitian ini melalui Kerjasama Kemitraan Penelitian Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T) untuk tahun anggaran 2007.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, U. dan I.W. Budiastira. 2002. Pengembangan sistem sortasi buah mangga dengan teknik image processing. Laporan Akhir Hasil Penelitian Hibah Bersaing IX, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Dirjen Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.
- Dimiyati, A. 2005. Prospek dan arah pengembangan agribisnis jeruk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian RI.
- Dimiyati, A. 2004. Modernisasi sentra produksi jeruk di Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian RI.
- Jain, R., R. Kasturi and B.G. Schunck. 1995. Machine Vision. McGraw-Hill Book, Inc. New York, USA.
- Kondo, N., Y. Nishitsuji, P. Ling, and K. C. Ting. 1996. Visual feedback guided robotic cherry tomato harvesting, Transactions of the ASAE Vol. 39 No. 6 Hal. 2331-2338.
- Kondo, N. and K.C. Ting. 1998. Robotics for Bioproduction Systems. The Society of for Engineering in Agricultural, Foods, and Biological System (ASAE) Book. St. Joseph, USA
- Reed, J. N., W. He, and R. D. Tillett. 1995. Picking mushrooms by robot. Proceedings of International Symposium on Automation and Robotics in Bioproduction and Processing, Vol. 1 Hal. 27-34, Kobe, Japan.
- Tokuda M., K. Namikawa, M. Sugari, M. Umeda, and M. Iida. 1995. Development of watermelon harvesting robot (1): machine vision system for watermelon harvesting robot, Proceedings of International Symposium on Automation and Robotics in Bioproduction and Processing. Vol. 2 Hal. 9-16. Kobe, Japan.
- Kawano, S., Watanabe, H. and Iwamoto, M. (1992) Determination of Sugar Content in Intact Peaches by Near Infrared Spectroscopy with Fiber Optics in Interactance Mode. J. Japan Soc. Hort. Sci. 61(2), 445-451.
- Murakami, M., Himoto, J. and Itoh, K. (1994) Analysis of Apple Quality by Near Infrared Reflectance Spectroscopy. J. Fac. Agric. Hokkaido Univ. 66(1), 51-61.
- Suparlan and Itoh, K. (2001). Nondestructive method for determining the quality of tomatoes using visible and near-infrared spectroscopy. J. Hokkaido Branch of the Japanese Society of Agricultural Machinery. 41: 21-27.