

EVALUASI MUTU BUNGA POTONG KRISAN YELLOW FIJI MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA

Quality Evaluation of Yellow Fiji Chrysanthemum Cut-Flower Using Image Processing

Usman Ahmad¹, Enrico Syaefullah², dan Hadi K. Purwadaria³

ABSTRACT

The domestic and export market of chrysanthemum cut-flower require a prime and consistent quality. Meanwhile, manual grading system based on human vision resulting in quality inconsistency. The objective of this study was to develop computer program for quality evaluation of Yellow Fiji chrysanthemum cut-flower using image processing. The cut-flowers were classified into different quality standards (AA, A, B, and C) based on the stem length and straightness, and flower diameter. The results indicated a strong relationship between quality parameters extracted from the image and those obtained from direct measurement for grade AA, A, B, and C with $R^2=0.98$, $R^2=0.97$, $R^2=0.97$, and $R^2=0.98$ respectively for length of stem, also with $R^2=0.90$, $R^2=0.87$, $R^2=88$, and $R^2=88$ respectively for diameter of flower. The validation of the computer program for the quality evaluation of Yellow Fiji chrysanthemum cut-flower performed a high accuracy of 100% for AA grade, 90% for A grade, 85% for B grade, and 100% for C grade.

Keywords: chrysanthemum, image processing, quality evaluation

Diterima: 12 Juni 2006; Disetujui: 21 Nopember 2006

LATAR BELAKANG

Bunga potong merupakan komoditas hortikultura yang mempunyai prospek cerah untuk dikembangkan, seiring dengan meningkatnya permintaan masyarakat terutama di kota-kota besar. Perkembangan produksi bunga potong krisan dari tahun 1998 sampai tahun 2002 berturut-turut adalah 4,5 juta tangkai, 1,5 juta tangkai, 2,3 juta tangkai, 7,4 juta tangkai dan 25,8 juta tangkai (Dirjen Bina

Produksi Hortikultura, 2003). Dengan kata lain, dalam kurun empat saja, permintaan bunga potong krisan telah meningkat lebih dari 5 kali lipat. Penambahan jumlah permintaan yang terus meningkat ini sebaiknya diikuti dengan pengembangan sistem penanganan pascapanen sehingga dapat dihasilkan bunga potong dengan standar mutu yang dapat dipahami dan dijadikan pegangan oleh produsen dan konsumen. Berdasarkan SNI 1998 bunga krisan tipe

¹ Departemen Teknik Pertanian, Fateta-IPB, Kampus IPB Darmaga PO Box 220 Bogor, usmanahmad@ipb.ac.id

² Mahasiswa Program S2 TPP Sekolah Pascasarjana IPB, Fateta-IPB, Kampus IPB Darmaga PO Box 220 Bogor,

³ Departemen Teknik Pertanian, Fateta-IPB, Kampus IPB Darmaga PO Box 220 Bogor, purwadaria@ipb.ac.id

Tabel 1. Standar mutu bunga potong krisan tipe tunggal (SNI 1998)

| Kelas Mutu | Parameter Mutu | |
|------------|----------------------|---------------------|
| | Panjang Tangkai (mm) | Diameter Bunga (mm) |
| Mutu AA | ≥ 76 | ≥ 80 |
| Mutu A | 70 – 75 | 71 – 79 |
| Mutu B | 61 – 69 | 60 – 70 |
| Mutu C | sembarang | sembarang |

tunggal hanya memiliki dua parameter mutu, yaitu panjang tangkai dan diameter bunga (Tabel 1), tetapi di lapangan petani juga menggolongkan mutu bunga potong krisan tipe tunggal ini berdasarkan kelurusan tangkai, selain dua parameter mutu tadi. Oleh karena itu kelurusan tangkai dijadikan parameter mutu tambahan dalam program komputer untuk evaluasi mutu bunga potong krisan.

Seperti juga produk hortikultura yang lainnya, setelah dipanen bunga potong memerlukan penanganan pascapanen yang hati-hati karena sifatnya yang mudah mengalami kerusakan. Penanganan pascapanen bunga potong bervariasi tergantung jenis bunga, produsen, area produksi, dan strategi pemasaran. Secara umum langkah-langkah penanganannya adalah; panen, sortasi, pemutuan, pengikatan (*bunching*), pengepakan, *pre-condition*, penyimpanan, transportasi, dan pemasaran (Acedo and Kanlayanarat, 2001).

Selama ini evaluasi mutu dalam proses pemutuan terhadap bunga krisan dilakukan secara manual melalui pengamatan visual. Evaluasi mutu dengan cara ini mempunyai beberapa kelemahan, antara lain membutuhkan waktu lama dan menghasilkan produk dengan mutu yang tidak konsisten karena keterbatasan visual manusia, kelelahan dan perbedaan persepsi tentang mutu produk bunga potong.

Pengolahan citra merupakan alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Pengolahan citra menggunakan sistem visual berdasarkan sensor elektro-optika yang

mempunyai kemampuan lebih peka, tepat dan obyektif daripada kemampuan visual manusia yang bersifat subyektif dan dipengaruhi kondisi psikis pelakunya (Gao and Tan, 1996). Tujuan penelitian ini adalah 1) mengembangkan algoritma pengolahan citra untuk melakukan pendugaan mutu bunga krisan berdasarkan panjang tangkai, diameter bunga dan kelurusan tangkai, dan 2) melakukan validasi pemutuan bunga krisan menggunakan program komputer pengolahan citra yang akan dibangun.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian berlangsung dari bulan September 2003 sampai bulan Pebruari 2004.

Bahan dan Alat

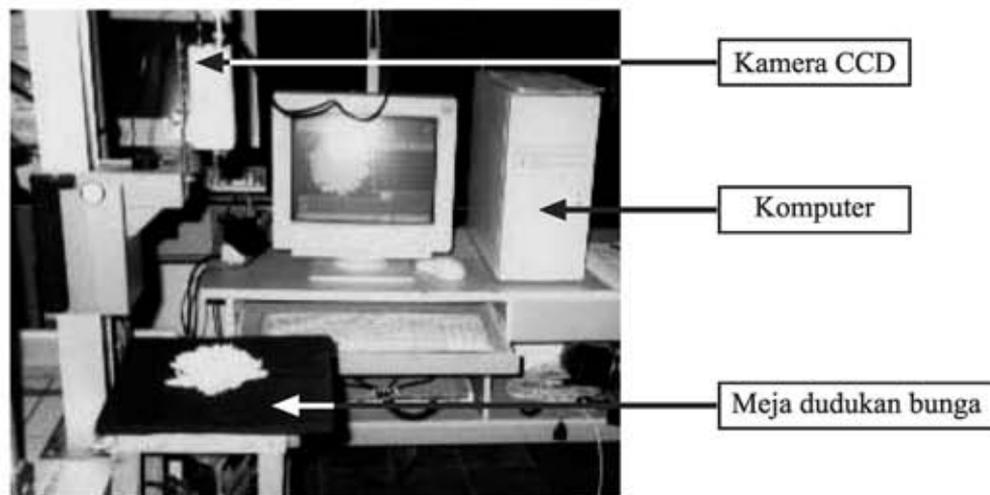
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bunga krisan Yellow Fiji tipe standar yang diperoleh dari PT. Alam Indah Bunga Nusantara (AIBN) Desa Kuwungluwuk Kecamatan Sukaresmi Cipanas Cianjur. Cara pemilihan sampel dengan menggunakan *purposive random sampling*, yaitu pemilihan sampel bunga krisan secara acak dengan batas kriteria menurut panjang tangkai dan diameter bunga yang sesuai dengan standar mutu AA, A, B,

dan C. Jumlah sampel yang digunakan untuk mencari kisaran nilai-nilai parameter mutu melalui pengolahan citra adalah 40 tangkai untuk masing-masing kelas mutu, sedangkan untuk validasi pemutuan menggunakan program komputer berdasarkan parameter mutu yang telah diperoleh jumlahnya 20 tangkai untuk masing-masing kelas mutu. Bunga dari kebun dibawa ke laboratorium dengan menggunakan mobil dalam kemasan kardus dengan pelindung bunga yang terbuat dari kertas karton berbentuk kerucut agar bunga tidak rusak.

Peralatan yang digunakan untuk pengolahan citra adalah kamera CCD (*Charge Coupled Device*), komputer PC Intel Pentium II 350 MHz, RAM 128 Mega bytes dan dilengkapi dengan kartu penangkap citra. Selain itu digunakan juga meja dudukan untuk meletakkan bunga potong dalam posisi berdiri sehingga citra bunga dapat direkam dari atas. Perangkat keras yang digunakan untuk perekaman dan pengolahan citra diperlihatkan pada Gambar 1. Program komputer untuk pengolahan citra dan evaluasi mutu bunga potong krisan dibangun menggunakan bahasa Visual Basic versi 6.0.

Prosedur Penelitian

Perekaman citra dilakukan dengan meletakkan bunga potong di atas hamparan kain. Untuk mendapatkan citra bunga potong yang kontras dengan latar belakang, dicoba kain dengan dua macam warna yaitu putih dan hitam. Dari hasil pengamatan berdasarkan visual dan hasil pengolahan citra diperoleh bahwa latar belakang yang cocok untuk bunga krisan kuning adalah kain berwarna hitam yang menghasilkan *noise* yang lebih sedikit, lebih mudah untuk diolah, dan lebih mudah untuk dipisahkan antara latar belakang dengan obyek. Bunga krisan dengan empat tingkatan mutu yaitu AA, A, B dan C sebanyak masing-masing 40 sampel diambil citranya menggunakan kamera CCD. Perekaman citra dilakukan sebanyak dua kali yaitu dari atas (posisi bunga berdiri) dan dari samping (posisi bunga tidur). Perekaman citra dengan posisi tampak samping digunakan untuk pengukuran parameter panjang tangkai dan kelurusan tangkai, sedangkan perekaman pada posisi tampak atas digunakan untuk pengukuran diameter bunga. Jarak kamera untuk pengambilan citra dari atas adalah 27 cm dan untuk perekaman citra dari samping jarak kamera 130 cm.



Gambar 1. Perangkat keras untuk perekaman dan pengolahan citra bunga krisan.

Resolusi citra pada perekaman dari atas dan samping adalah 400x300 piksel, dengan kondisi pencahayaan menggunakan lampu TL untuk menciptakan penerangan yang cukup. Citra bunga krisan direkam, disimpan dalam file dengan extention TIF, untuk selanjutnya dikonversi menjadi file BMP.

Untuk melakukan analisis terhadap citra yang disimpan dibangun program pengolahan citra dalam sistem operasi Windows dimana terdapat beberapa modul seperti membuka *file*, modul filterisasi dan modul peragaan secara grafis pada citra yang diolah. Program dapat digunakan untuk analisis parameter mutu bunga krisan dan program pemutuan bunga krisan. Langkah untuk menjalankan program adalah membuka dan memproses *file* citra bunga krisan dengan empat mutu yaitu AA, A, B dan C untuk selanjutnya diambil data-data panjang tangkai, sudut kebengkokan dan diameter bunga krisan sebagai dasar untuk melakukan pemutuan bunga krisan.

Pengukuran panjang tangkai dan diameter bunga dilakukan untuk mengetahui mutu bunga tersebut sehingga dapat dibedakan masing-masing mutu bunga krisan menurut mutu AA, A, B dan C. Panjang tangkai dan diameter bunga dianalisis karena merupakan parameter mutu bunga krisan sesuai dengan SNI 1998. Penentuan panjang tangkai bunga krisan dengan menggunakan metode jarak *Euclidian*, dimana jarak terjauh diartikan sebagai panjang. Jarak diperoleh dengan memperhitungkan posisi dua buah piksel dalam koordinat kartesian. Rumus yang digunakan mengukur panjang adalah :

$$d([i_1, j_1], [i_2, j_2]) = \sqrt{(i_2 - i_1)^2 + (j_2 - j_1)^2} \quad (1)$$

Penentuan diameter bunga juga dilakukan menggunakan cara dan rumus yang sama dengan penentuan panjang tangkai, hanya saja pada diameter bunga pengukuran dua kali, pada posisi

horizontal dan pada posisi vertikal lalu hasilnya dirata-ratakan. Hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi bentuk bunga krisan yang oval atau bentuk tidak bundar lainnya.

Pengukuran kelurusan tangkai dilakukan dengan mengukur besaran sudut kebengkokan tangkai. Kebengkokan batang dianalisis menggunakan rumus sudut *cosinus* sebagai berikut:

$$\cos \alpha = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{2ab} \quad (2)$$

dimana :

a = jarak ujung tangkai ke tengah tangkai

b = jarak ujung tangkai ke pangkal tangkai

c = jarak tengah tangkai ke pangkal tangkai

α = sudut antara garis *a* dan *b*

Pengolahan Data dan Validasi Program

Data yang diperoleh melalui pengolahan citra adalah panjang tangkai (piksel), diameter bunga (piksel), dan sudut kebengkokan (derajat) dicari korelasinya dengan panjang tangkai dan diameter bunga hasil pengukuran langsung. Untuk mengetahui hubungan antara hasil pengukuran langsung dan hasil pengolahan citra digunakan analisis korelasi regresi linier yang dinyatakan dengan persamaan regresi. Dari analisis korelasi regresi ini dicari koefisien korelasi. Validasi program dilakukan dengan menggunakan bunga krisan yang berbeda, yaitu 20 sampel bunga potong untuk masing-masing kelas mutu. Tujuannya adalah untuk melihat kemampuan program dalam mengelompokkan mutu bunga berdasarkan nilai-nilai parameter mutu citra yang telah diperoleh sebelumnya. Sebagai pembandingan, digunakan sampel yang telah dipisahkan menurut kelas mutunya secara manual, namun dilakukan oleh orang yang ahli dan sangat hati-hati, sehingga hasilnya dapat dikatakan ideal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Citra Bunga Krisan

Program komputer untuk melakukan pengolahan citra hasil perekaman yang telah disimpan dalam bentuk file bitmap dibangun menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6.0. Program berfungsi untuk menentukan tiga parameter mutu pada bunga krisan melalui analisis citra, yaitu panjang tangkai, diameter bunga, dan kelurusan tangkai. Program juga berfungsi sebagai pengambil keputusan dalam pemutuan bunga krisan dan mengelompokkannya menjadi kelas mutu AA, A, B dan C. Untuk mendapatkan data tiga parameter tersebut dibutuhkan dua macam citra bunga yaitu citra bunga krisan utuh dengan proses perekaman dari atas (resolusi 256x256 piksel) dan citra bunga krisan utuh dengan proses perekaman citra dari samping (resolusi 400x128 piksel). Gambar 2 menunjukkan tampilan

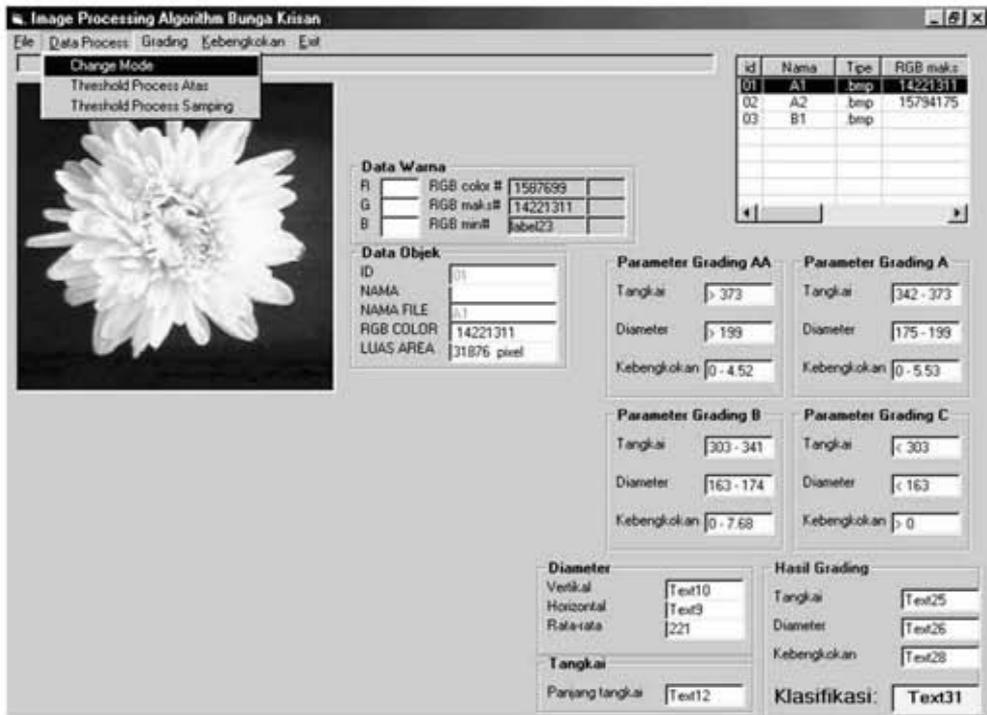
program pengolahan citra bunga krisan yang telah dibangun.

Hubungan Hasil Pengolahan Citra dan Hasil Pengukuran Langsung

Hubungan hasil pengolahan citra dan hasil pengukuran langsung untuk panjang tangkai dan diameter bunga krisan ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Nilai R^2 yang tinggi menunjukkan bahwa model linier yang dikembangkan untuk menjelaskan bentuk hubungan kedua peubah cukup handal, yang berarti model yang dibuat mampu menjelaskan perilaku peubah y (panjang tangkai dan diameter bunga yang sebenarnya) dengan baik. Semakin besar nilai R^2 berarti model semakin mampu menerangkan perilaku peubah y, dimana kisaran nilai R^2 mulai dari 0 hingga 1.

Parameter Mutu Panjang Tangkai

Melalui pengolahan citra, panjang tangkai bunga krisan dapat diketahui



Gambar 2. Tampilan program pengolahan citra bunga krisan.

melalui perhitungan jarak antara dua piksel yaitu satu piksel pada pangkal tangkai dan satu piksel pada bagian ujung tangkai. Untuk kelas mutu AA diperoleh kisaran nilai antara 355 piksel sampai 396 piksel dengan nilai rata-rata panjang tangkai bunga 381 piksel. Untuk kelas mutu A diperoleh kisaran nilai antara 342 piksel sampai 373 piksel dengan nilai rata-rata panjang tangkai bunga 357 piksel. Untuk kelas mutu B diperoleh kisaran nilai antara 317 piksel sampai 346 piksel dengan nilai rata-rata panjang tangkai bunga 332 piksel. Sedangkan untuk kelas mutu C diperoleh kisaran nilai antara 252 piksel sampai 302 piksel dengan nilai rata-rata panjang tangkai bunga 280 piksel.

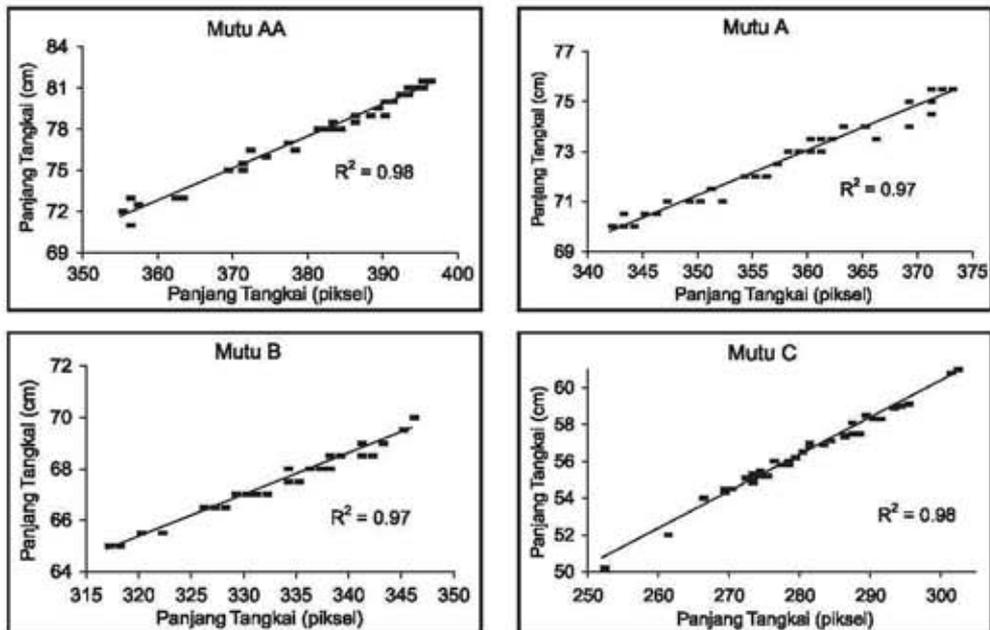
Parameter Mutu Diameter Bunga

Dengan cara yang sama seperti pada perhitungan panjang tangkai, untuk perhitungan diameter bunga krisan juga dilakukan dengan menghitung jarak dua buah piksel yang terletak pada kedua sisi yang berseberangan. Untuk kelas mutu

AA diperoleh kisaran nilai antara 204 piksel sampai 258 piksel dengan nilai rata-rata diameter bunga 235 piksel. Untuk diameter bunga krisan mutu A diperoleh kisaran nilai antara 175 piksel sampai 252 piksel dengan nilai rata-rata diameter bunga 207 piksel. Untuk diameter bunga krisan mutu B diperoleh kisaran nilai antara 164 piksel sampai 234 piksel dengan nilai rata-rata diameter bunga 190 piksel. Untuk diameter bunga krisan mutu C diperoleh kisaran nilai antara 101 piksel sampai 166 piksel dengan nilai rata-rata diameter bunga 137 piksel.

Parameter Kelurusan Tangkai Bunga

Program pengolahan citra yang dibangun juga dapat menghitung kebengkokan atau kelengkungan tangkai bunga potong dengan menghitung sudut yang terbentuk antara kedua garis dari titik pangkal dan ujung tangkai ke titik di tengah tangkai. Dengan demikian tangkai yang lurus sempurna akan mempunyai nilai sudut hasil perhitungan nol derajat.



Gambar 3. Korelasi antara panjang tangkai bunga krisan hasil pengukuran (cm) dengan hasil pengolahan citra (piksel)

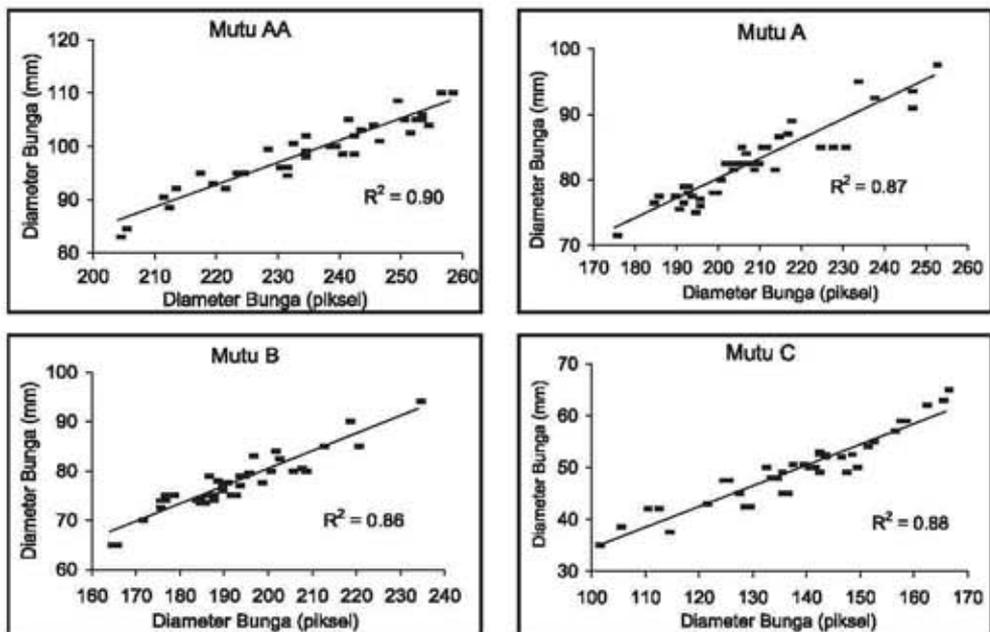
Untuk bunga krisan mutu AA diperoleh kisaran nilai antara 0.19° sampai 4.52° dengan nilai rata-rata sudut kebengkokan tangkai 1.68° . Untuk bunga krisan mutu A diperoleh kisaran nilai antara 0.19° sampai 5.53° dengan nilai rata-rata sudut kebengkokan tangkai 2.14° . Untuk bunga krisan mutu B diperoleh kisaran nilai antara 0.58° sampai 7.68° dengan nilai rata-rata sudut kebengkokan tangkai 4.09° , sedangkan untuk bunga krisan mutu C diperoleh kisaran nilai antara 0.3° sampai 9.98° dengan nilai rata-rata sudut kebengkokan tangkai 4.53° . Nilai derajat kebengkokan tangkai tidak khas untuk setiap kelas mutu karena memang kelurusan tangkai tidak diperhitungkan dalam pemutuan, tetapi digunakan untuk menerima atau menolak (setelah diterima karena tangkai relatif lurus, bunga dapat masuk ke dalam golongan mutu manapun berdasarkan panjang tangkai dan diameter bunga).

Perbandingan panjang tangkai hasil pengolahan citra (dalam satuan piksel) antara mutu AA, mutu A, mutu B dan

mutu C dapat dilihat pada Gambar 5.

Pendugaan Kelas Mutu

Pendugaan kelas mutu terbagi dalam empat golongan sesuai dengan sampel yang digunakan, yaitu bunga krisan yang masuk golongan mutu AA, golongan mutu A, golongan mutu B, dan golongan mutu C. Untuk pendugaan kelas mutu digunakan 20 sampel untuk masing-masing bunga krisan mutu AA, A, B dan mutu C. Pendugaan kelas mutu bunga krisan dilakukan menggunakan tiga parameter mutu, yaitu panjang tangkai, diameter bunga, dan kelurusan atau derajat kebengkokan tangkai. Algoritma pendugaan kelas mutu bunga krisan dilakukan dengan dua cara, yaitu berdasarkan parameter mutu panjang tangkai dan parameter mutu diameter bunga secara sendiri-sendiri, dan berdasarkan gabungan kedua parameter mutu tersebut ditambah dengan parameter mutu kelurusan atau derajat kebengkokan tangkai. Spesifikasi mutu bunga potong krisan berdasarkan



Gambar 4. Korelasi antara diameter bunga krisan hasil pengukuran (cm) dengan hasil pengolahan citra (piksel)

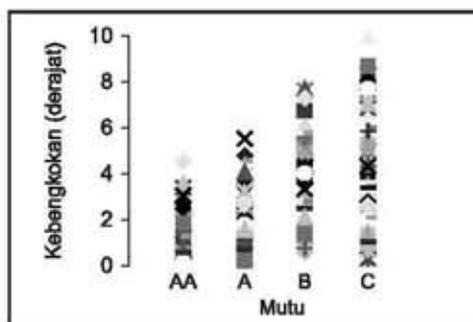
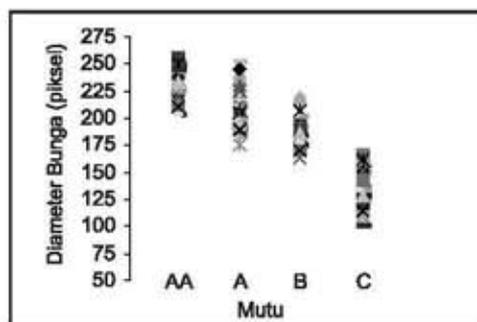
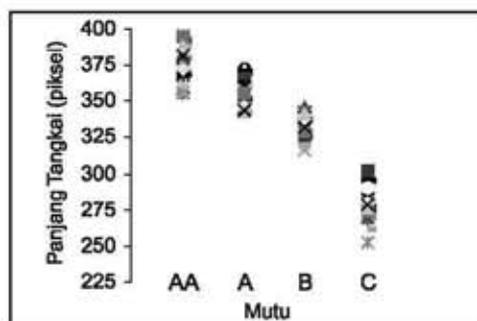
Tabel 2. Spesifikasi mutu bunga krisan berdasarkan parameter mutu hasil pengolahan citra

| Kelas Mutu | Parameter Mutu | | |
|------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| | Panjang Tangkai (piksel) | Diameter Bunga (piksel) | Kelurusan Tangkai (derajat) |
| Mutu AA | ≥ 374 | ≥ 200 | ≤ 4.52 |
| Mutu A | 342 – 373 | 175 – 200 | ≤ 5.53 |
| Mutu B | 302 – 341 | 162 – 174 | ≤ 7.68 |
| Mutu C | < 302 | < 162 | sembarang |

parameter mutu citra dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai-nilai batas pada Tabel 2 merupakan hasil konversi dari satuan mm ke dalam satuan piksel dari panjang tangkai dan diameter bunga, untuk masing-masing kelas mutu dari sampel yang digunakan, sedangkan nilai sudut berdasarkan nilai terendah dan tertinggi hasil perhitungan program komputer yang disekat menjadi tiga golongan. Hasil validasi pemutuan berdasarkan panjang tangkai bunga krisan dapat dilihat pada Tabel 3, dan validasi berdasarkan

diameter bunga krisan dapat dilihat pada Tabel 4. Sedangkan hasil validasi pemutuan berdasarkan gabungan panjang tangkai, diameter bunga, dan kelurusan tangkai bunga krisan dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5, terlihat bahwa keberhasilan pendugaan kelas mutu tertinggi dicapai saat hanya menggunakan parameter mutu panjang tangkai dengan nilai 100%, 95%, 95%, dan 100%, masing-masing untuk kelas mutu AA, A, B, dan C. Bila hanya digunakan parameter mutu diameter bunga, maka nilai keberhasilan sedikit berkurang menjadi 100%, 95%, 90%, dan 100%, masing-masing untuk kelas mutu AA, A, B, dan C. Sedangkan bila digunakan tiga parameter mutu sekaligus, yaitu panjang tangkai, diameter bunga, dan sudut kebengkokan tangkai, maka nilai keberhasilan berkurang menjadi 100%, 90%, 85%, dan 100%, masing-



Gambar 5. Sebaran panjang tangkai, diameter bunga dan kelurusan tangkai bunga hasil pengolahan citra untuk kelas mutu AA, A, B, C.

Tabel 3. Kesesuaian hasil pemutuan antara cara manual dan hasil pemutuan menggunakan program komputer berdasarkan panjang tangkai bunga

| Manual | Program Komputer | | | | Jumlah |
|--------|------------------|----------|----------|-----------|--------|
| | AA | A | B | C | |
| AA | 20 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 20 |
| A | 0 (0%) | 19 (95%) | 1 (5%) | 0 (0%) | 20 |
| B | 0 (0%) | 0 (0%) | 19 (95%) | 1 (5%) | 20 |
| C | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 20 (100%) | 20 |
| Jumlah | 20 | 19 | 20 | 21 | 80 |

Tabel 4. Kesesuaian hasil pemutuan antara cara manual dan hasil pemutuan menggunakan program komputer berdasarkan diameter bunga

| Manual | Program Komputer | | | | Jumlah |
|--------|------------------|----------|----------|---------|--------|
| | AA | A | B | C | |
| AA | 20 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 20 |
| A | 0 (0%) | 19 (95%) | 1 (5%) | 0 (0%) | 20 |
| B | 0 (0%) | 0 (0%) | 18 (90%) | 2 (10%) | 20 |
| C | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 20 (0%) | 20 |
| Jumlah | 20 | 19 | 19 | 22 | 80 |

Tabel 5. Kesesuaian hasil pemutuan antara cara manual dan hasil pemutuan menggunakan program komputer berdasarkan panjang tangkai, diameter bunga dan kelurusan tangkai

| Manual | Program Komputer | | | | Jumlah |
|--------|------------------|----------|----------|-----------|--------|
| | AA | A | B | C | |
| AA | 20 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 20 |
| A | 0 (0%) | 18 (90%) | 2 (10%) | 0 (0%) | 20 |
| B | 0 (0%) | 0 (0%) | 17 (85%) | 3 (15%) | 20 |
| C | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 20 (100%) | 20 |
| Jumlah | 20 | 18 | 19 | 23 | 80 |

masing untuk kelas mutu AA, A, B, dan C. Hal ini disebabkan semakin banyak kriteria mutu yang digunakan artinya persyaratan untuk masuk dalam suatu kelas mutu semakin ketat, sehingga hasilnya menjadi lebih rendah.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini beberapa hal berikut dapat disimpulkan:

1. Hasil perhitungan parameter mutu bunga potong krisan tipe Yellow Fiji menggunakan pengolahan citra mempunyai korelasi yang kuat terhadap hasil pengukuran langsung untuk panjang tangkai bunga krisan dengan $R^2 = 0.98$, $R^2 = 0.97$, $R^2 = 0.97$ dan $R^2 = 0.98$ berturut-turut untuk kelas mutu AA, A, B dan C. Demikian halnya dengan parameter mutu diameter bunga krisan dengan $R^2 = 0.90$, $R^2 = 0.87$, $R^2 = 0.88$, dan $R^2 =$

0.88, berturut-turut untuk kelas mutu AA, A, B dan C.

2. Kelas mutu AA mempunyai nilai-nilai parameter mutu berdasarkan pengolahan citra antara 355 sampai 396 piksel untuk panjang tangkai, antara 184 sampai 258 piksel untuk diameter bunga, dan antara 0 sampai 4.52 untuk sudut kebengkokan tangkai. Kelas mutu A dengan nilai-nilai antara 342 sampai 373 piksel untuk panjang tangkai, antara 175 sampai 252 piksel untuk diameter bunga, dan antara 0 sampai 5.53 untuk sudut kebengkokan tangkai. Kelas mutu B dengan nilai-nilai antara 317 sampai 346 piksel untuk panjang tangkai, antara 164 sampai 234 piksel untuk diameter bunga, dan antara 0 sampai 7.68 untuk sudut kebengkokan tangkai. Sedangkan kelas mutu C dengan nilai-nilai antara 252 sampai 302 piksel untuk panjang tangkai, antara 101 sampai 166 piksel untuk diameter bunga, dan lebih besar dari 0 untuk sudut kebengkokan tangkai.
3. Validasi program terhadap algoritma pengolahan citra untuk pemutuan bunga krisan menggunakan tiga parameter mutu sekaligus menghasilkan ketepatan yang tinggi sebesar 100% pada mutu AA, 90% pada mutu A, 85% pada mutu B dan 100% pada mutu C.

SARAN

1. Validasi perlu dilakukan terhadap sejumlah sampel lainnya untuk melihat konsistensi algoritma yang telah dibangun.
2. Untuk meningkatkan ketepatan pemutuan, disarankan menggunakan sudut kebengkokan untuk memutuskan bahwa bunga potong lolos seleksi awal, selanjutnya digolongkan menjadi beberapa kelas mutu berdasarkan panjang tangkai dan diameter bunganya.

DAFTAR PUSTAKA

- Acedo A. L. and S. Kanlayanarat. 2001. Handling System for Ornamental Crops. Di dalam : Acedo A. L. and S. Kanlayanarat, Editor. Postharvest Handling system of Agricultural Products. Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Thonburi Bangkok, Thailand.
- Direktorat Jendral Bina Produksi Hortikultura. 2003. Luas Panen, Produktivitas dan Produksi Tanaman Sayuran, Buah-Buahan dan Aneka Tanaman Di Indonesia Tahun 2002.
- Gao, X. and J. Tan. 1996. Analysis of Expanded-Food Texture by Image Processing Part I: Geometric Properties. Journal of Food Process Engineering 19, 425-444.

Jawaban untuk pertanyaan reviewer:

1. Pemutuan (*grading*) adalah proses keseluruhan yang menghasilkan pengelompokan produk, sedangkan evaluasi mutu (*quality evaluation*) adalah bagian yang perlu dilakukan dalam proses tersebut, jadi keduanya dapat digunakan sekaligus.
2. Hasil pemutuan secara manual memang tidak konsisten terutama bila dilakukan oleh beberapa orang yang berbeda, namun sampel yang digunakan dalam penelitian ini pemutuannya dilakukan oleh seorang pekerja ahli dan dengan kehati-hatian yang tinggi, jadi hasilnya dapat dianggap ideal sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk dibandingkan dengan pemutuan hasil pengolahan citra.