



PENGEMBANGAN APLIKASI PENGEKELASAN MUTU BUAH TOMAT BERDASARKAN BOBOT BUAH MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DENGAN ANALISIS REGRESI

Oleh

I Komang Mudana, NIM 0815051072

Jurusan pendidikan Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Kejuruan,
Universitas Pendidikan Ganesha
Email: danabala72@gmail.com

ABSTRAK

Pengembangan aplikasi ini bertujuan untuk membantu kegiatan pengkelasan buah tomat menggunakan pengolahan citra digital, sehingga proses pengkelasan mutu buah tomat dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien. Penggunaan teknik-teknik baru dalam membantu kegiatan pertanian akan mengoptimalkan hasil produksi pertanian. Departemen Pertanian bekerjasama dengan Institut Pertanian Bogor (IPB) sudah pernah mengembangkan aplikasi pemutuan buah jeruk pontianak berdasarkan ukuran dan warna menggunakan pengolahan citra yang bertujuan untuk mengevaluasi mutu buah berdasarkan ukuran dan warna buah.

Proses pengkelasan atau klasifikasi mutu buah tomat yang efektif dan efisien sangat diperlukan untuk memaksimalkan hasil produksi buah tomat. Proses klasifikasi mutu buah tomat ini menggunakan pengolahan citra digital dengan algoritma *connected component labeling* yang mampu menghitung jumlah buah dan jumlah piksel masing-masing buah. Jumlah piksel dan berat buah sampel terlebih dahulu dimasukkan untuk membentuk persamaan regresi untuk mencari hubungan antara jumlah piksel dan berat buah. Citra buah tomat uji kemudian dimasukkan untuk mengetahui jumlah piksel citra tomat tersebut. Dengan persamaan regresi yang terbentuk dan informasi jumlah piksel buah tomat, akan dapat diketahui berat dan mutu dari masing-masing buah tomat yang diuji.

Implementasi dari aplikasi ini adalah berupa perangkat lunak berbasis *desktop* yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Borland Delphi 7*. Aplikasi ini menggunakan kamera web (*webcam*) untuk mengambil citra tomat sampel maupun tomat yang diuji. Citra yang didapatkan kemudian diolah sehingga diketahui mutu dari buah tomat yang diuji.

Kata kunci: pengkelasan, *connected component labeling*, regresi



ISSN 2252-9063

Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika

(KARMAPATI)

Volume 2, Nomor 1, Januari 2013

**DEVELOPMENT OF TOMATO QUALITY CLASSIFICATION
APPLICATION BASED ON WEIGHT USING DIGITAL IMAGE
PROCESSING WITH REGRESSION ANALYSIS**

By

I Komang Mudana, NIM 0815051072

*Informatics Engineering Education Department, Faculty of Engineering and
Vocational, Ganesha University of Education*

Email: dannabala72@gmail.com

ABSTRACT

This application development is aimed to classify the quality of tomatoes using digital image processing, so that the quality of tomatoes classification process can be done more effectively and efficiently. The use of new techniques in agriculture will help to optimize agricultural production. Department of Agriculture in cooperation with the Bogor Agricultural Institute (IPB) has developed an application of Pontianak Oranges classification by size and color using image processing aimed to evaluate the quality of the fruit by size and color of the fruit.

An effective and efficient quality classifications process of tomato is required to maximize the production of tomatoes. The Quality classification process of the tomatoes using digital image processing with connected component labeling algorithm would compute the amount of tomato and the number of pixels of each tomato. The number of pixels and weight samples first inserted to the regression equation to find the relationship between the number of pixels and the weight of the tomato. The tested tomato image then inserted to determine the number of pixels the of the tomato image. By using the regression equation formed before and the number of pixel the tomato, will be known the weight and quality of each tested tomato is.

This application implemented in a desktop based software which is developed using *Borland Delphi 7*. This application uses a web camera (*webcam*) to take image of tomatoes both the sample and the test fruit. The images obtained are then processed so the quality of tested tomatoes can be seen.

Keyword: classification, *connected component labeling*, regression

1. PENDAHULUAN

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Berbagai bidang kehidupan manusia telah dipengaruhi oleh perkembangan TIK ini. Bidang-bidang tersebut antara lain perdagangan, pendidikan, pertanian, pemerintahan, kesehatan, sains dan lain-lain.. Dengan perkembangan TIK, akan terbuka kemungkinan penemuan cara-cara baru yang lebih efisien dalam meningkatkan mutu kehidupan manusia.

Pemanfaatan TIK dalam bidang pertanian atau peternakan, terutama penggunaan pengolahan citra digital, sudah pernah dilakukan sebelumnya. Aplikasi tersebut berupa implementasi visi komputer dan segmentasi citra untuk pengkelasan bobot telur ayam ras yang dilakukan Tria Adhi Wijaya dan Yudi Prayudi dari Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penelitian tersebut berupaya untuk mengimplementasikan konsep visi komputer dan teknik segmentasi citra untuk melakukan upaya pengkelasan ukuran fisik telur ayam ras berdasarkan bobotnya. Dalam penelitian ini pengkelasan dilakukan dengan menggunakan segmentasi citra dan analisis regresi. Citra diambil menggunakan *web camera*, selanjutnya segmentasi citra diterapkan untuk membagi citra menjadi wilayah- wilayah yang homogen berdasarkan kriteria keserupaan intensitas warna RGB (*true color*). Analisis regresi digunakan untuk mempelajari dan mengukur hubungan yang terjadi antara jumlah piksel objek dengan bobot. Keluaran segmentasi citra berupa jumlah piksel yang menunjukkan luas objek dan akan menjadi masukan bagi persamaan regresi untuk menentukan bobot. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ciri warna telur ayam ras adalah normalisasi $R \geq 0,41$ dan normalisasi $G \geq 0,3$ sementara akurasi pengujian pengkelasan 100% (36/36) dan nilai akurasi pendugaan bobot 42% (15/36).

Penelitian lainnya adalah Pemutuan Buah Jeruk Pontianak Berdasarkan Ukuran dan Warna Menggunakan Pengolahan Citra yang dilakukan oleh Usman Ahmad, Mardison S., Ana Nurhasanah, dan Susanto B. Sulistyono dari Departemen

Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor dan Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Departemen Pertanian.

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 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. Citra buah jeruk direkam dan citra hasil rekaman dianalisis dengan program pengolah citra menggunakan proyeksi area untuk menggolongkan buah jeruk ke dalam kelompok mutu A, B, C, D, dan E sesuai dengan SNI 01-3165-1992.

Berdasarkan hal tersebut, peneliti bermaksud untuk mengembangkan aplikasi yang dirancang khusus untuk membantu kegiatan pengkelasan buah tomat menggunakan pengolahan citra digital. Aplikasi ini akan membantu proses pengkelasan buah tomat, sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama dan hanya memerlukan sedikit tenaga kerja. Aplikasi ini diharapkan dapat membantu petani untuk menekan biaya produksi dan mengoptimalkan hasil produksi tomat.

2. METODOLOGI

2.1 Pengolahan Citra Digital

Citra merupakan adalah gambar pada bidang dua dimensi. Secara matematis citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Fungsi dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi disimbolkan dengan $f(x,y)$. Fungsi (x,y) merupakan koordinat pada bidang dua dimensi sedangkan $f(x,y)$ merupakan intensitas cahaya pada koordinat (x,y) (Munir, 2004:2).

Sering kali kualitas sebuah citra perlu diperbaiki karena adanya penurunan mutu citra seperti derau (*noise*), kontras terlalu tinggi, ketajaman kurang, kabur dan lain-lainnya. Agar sebuah citra dapat diinterpretasikan dengan mudah oleh manusia maupun mesin, maka citra tersebut harus diperbaiki kualitasnya. Perbaikan kualitas citra dapat dilakukan melalui pengolahan citra digital (*digital image processing*)

seperti peningkatan kualitas citra, restorasi citra, kompresi citra, segmentasi citra, analisis citra dan restorasi citra.

2.2 Pelabelan Komponen Terhubung (*Connected Component Labeling*)

Connected Component Labeling merupakan algoritma yang digunakan untuk mencari keterhubungan dua atau lebih piksel yang terdapat dalam citra. Piksel-piksel bertetangga yang memiliki ciri-ciri atau nilai tertentu, akan dikelompokkan dalam satu himpunan kemudian diberikan label/tanda. Penandaan komponen terhubung dapat dilakukan pada citra biner maupun citra keabuan. Penandaan komponen terhubung dapat dilakukan dengan aturan *4-connected* atau dengan aturan *8-connected*.

Berikut ini dijelaskan tahapan dalam melakukan penandaan komponen terhubung pada masing-masing jenis kebutuhan tersebut.

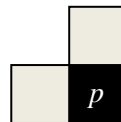
1. *4- Connected*

Periksa (*scan*) citra dengan bergerak sepanjang baris sampai menemukan piksel p (nilai p berada dalam himpunan V). Bila p sudah ditemukan maka periksa nilai piksel tetangga dari p , yaitu piksel di atas dan di kiri dari p , kemudian laksanakan pemeriksaan berikut:

- Bila kedua piksel tetangga bernilai 0 maka berilah tanda (label) baru pada p ,
- Jika hanya satu saja dari piksel tetangga tersebut bernilai 1 maka berilah tanda dari piksel tetangga tersebut pada p ,
- Bila kedua piksel tetangga bernilai 1 dan memiliki tanda sama maka berilah tanda dari piksel tetangga tersebut pada p ,
- Bila kedua piksel tetangga bernilai 1 dan memiliki tanda berbeda maka berilah tanda dari salah satu piksel tetangga tersebut pada p dan buat catatan bahwa kedua tanda yang berbeda tersebut adalah ekuivalen.

Pada akhir proses, semua piksel bernilai 1 (untuk citra biner) telah mendapat tanda tetapi beberapa tanda-tanda tersebut mungkin masih ada yang ekuivalen. Oleh karena itu proses berikutnya yang dilakukan adalah

mengurutkan pasangan-pasangan tanda yang ekuivalen ke dalam kelas-kelas ekuivalen kemudian memberi tanda yang berbeda pada setiap kelas ekuivalen.

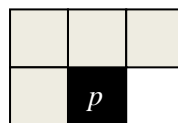


Gambar 2. 1 Pengecekan Pixel Tetangga pada 4- Connected

2. 8-Connected

Penandaan komponen terhubung untuk 8-connected hampir sama dengan 4-connected hanya saja piksel tetangga yang diperiksa selain piksel atas dan kiri, juga kedua piksel diagonal atas dari p , sehingga ada 4 piksel tetangga p yang diperiksa yaitu atas, kiri, diagonal atas kiri dan diagonal atas kanan dengan ketentuan berikut:

- Bila keempat piksel tetangga bernilai 0 maka berilah tanda baru pada p ,
 - Bila hanya salah satu piksel tetangga bernilai 1 maka berilah tanda dari piksel tersebut pada p ,
 - Bila dua atau lebih piksel tetangga bernilai 1 maka berilah salah satu tanda dari piksel tetangga tersebut pada p , kemudian buat catatan bahwa semua tanda dari piksel tetangga bernilai 1 tersebut adalah ekuivalen,
 - Proses berikutnya adalah membuat kelas-kelas ekuivalen seperti pada 4-connected dan memberi setiap kelas ekuivalen tanda yang berbeda.
- Langkah terakhir dari proses penandaan baik untuk 4 atau 8-connected adalah melakukan pemeriksaan (*scanning*) kembali pada citra dan ganti setiap tanda dengan tanda dari kelas ekuivalen.



Gambar 2. 2 Pengecekan Pixel Tetangga pada 8- Connected

2.3 Analisis Regresi

Analisis regresi dalam statistika adalah salah satu metode untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel-variabel yang lain. Variabel penyebab disebut dengan bermacam-macam istilah: variabel penjelas, variabel eksplanatorik, variabel independen, atau secara bebas, variabel X (karena seringkali digambarkan dalam grafik sebagai absis, atau sumbu X). Variabel terkena akibat dikenal sebagai variabel yang dipengaruhi, variabel dependen, variabel terikat, atau variabel Y. Dalam hal ini, analisis regresi digunakan untuk mencari hubungan antara jumlah piksel buah tomat dengan berat buah tomat tersebut.

Regresi linier sederhana memiliki bentuk persamaan umum sebagai berikut:

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

- Y : peubah tak bebas
- a : konstanta
- b : kemiringan atau gradien
- X : peubah bebas

Nilai b dapat bernilai positif atau negatif.

2.4 Analisis Masalah dan Usulan Solusi

Proses pengkelasan mutu buah tomat yang efisien akan meningkatkan hasil produksi. Efisiensi dan efektifitas proses pengkelasan dapat dilakukan dengan cara mengurangi jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sehingga dapat menekan biaya produksi, mempercepat proses pengkelasan agar buah tomat yang akan dipasarkan tetap segar dan meningkatkan akurasi penggolongan mutu buah tomat.

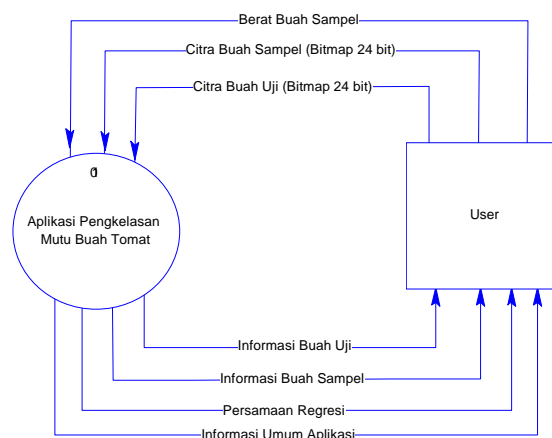
Berdasarkan hal tersebut, peneliti tertarik untuk mengembangkan aplikasi pengolahan citra yang diharapkan mampu meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses pengkelasan mutu buah tomat. Inti dari aplikasi yang dikembangkan adalah

dengan menghitung jumlah piksel dari sekelompok buah tomat dan memperkirakan berat masing-masing buah tomat yang diuji.

2.5 Analisis Perangkat Lunak

Dalam pengembangan perangkat lunak pengkelasan mutu buah tomat terdapat beberapa proses yang diimplementasikan, antara lain: (1) Mengambil gambar dari media penyimpanan dan dari kamera yang akan diproses, (2) Melakukan *filtering*, *grayscale*, *thresholding* dan negasi terhadap gambar yang telah diambil, (3) Melakukan penghitungan jumlah objek melalui labeling dan penghitungan jumlah piksel, (4) Melakukan perhitungan berat dan sekaligus melakukan penggolongan kelas buah berdasarkan persamaan regresi, (4) Mengambil data jumlah piksel dan berat buah sampel yang tersimpan dalam *file excel*, (5) Menyimpan data jumlah piksel dan berat buah sampel ke dalam *file*

excel, (7) Melakukan perhitungan regresi berdasarkan jumlah piksel dan berat buah yang telah tersimpan. Diagram konteks dari pengembangan perangkat lunak pengkelasan mutu buah tomat ini dapat dilihat pada gambar 2.3.



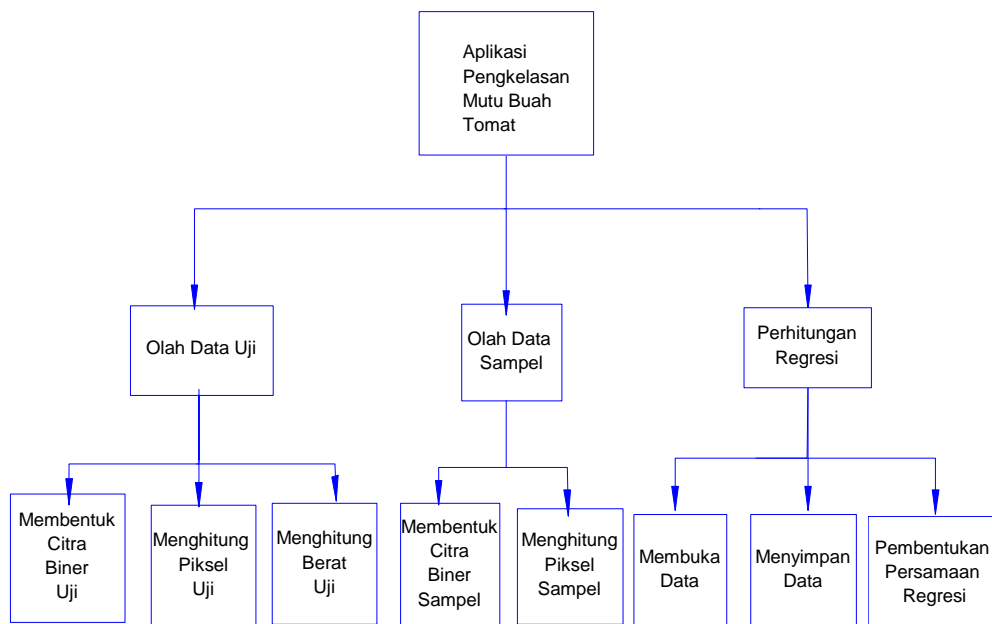
Gambar 2. 3 Diagram Konteks Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat

2.6 Perancangan Perangkat Lunak

Batasan perancangan aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat adalah aplikasi ini hanya membantu proses pengkelasan mutu buah tomat dari buah tomat yang telah disortir sebelumnya. Penyortiran bertujuan untuk memisahkan buah tomat yang baik

dengan buah tomat yang rusak, busuk dan kotor. Data yang diolah berupa citra buah tomat yang diambil dengan menggunakan kamera *digital* dari jarak yang sama.

Perancangan aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat melibatkan 3 komponen utama yaitu Olah Data Uji, Olah Data Sampel dan Perhitungan Regresi. Rancangan arsitektur perangkat lunak akan digambarkan pada gambar berikut:



Gambar 2. 4Arsitektur Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat

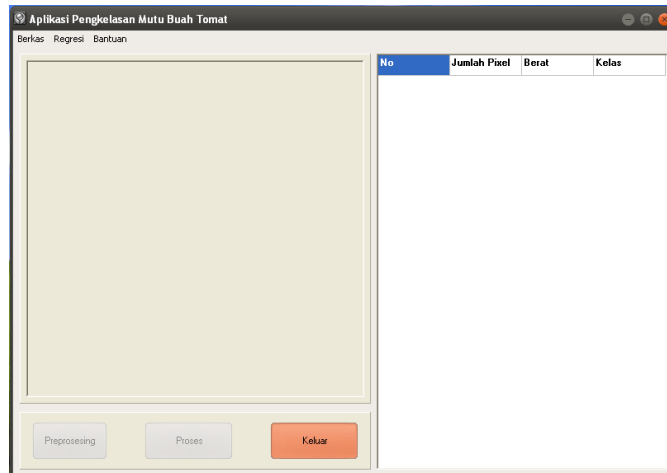
3. PEMBAHASAN

3.1. Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak Pengkelasan Mutu Buah Tomat ini, dikembangkan pada lingkungan perangkat komputer (*Notebook*) dengan spesifikasi sebagai berikut: (1) *Prosesor Intel Celeron CPU 560 2.13 GHz*, (2) *Memori 2.49 GB*, (3) *Monitor*

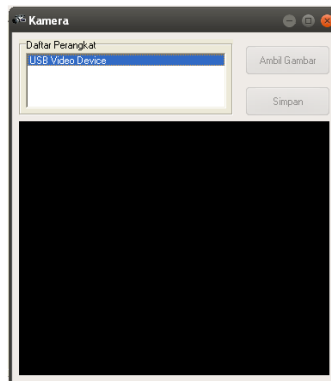
dengan memori 256 MB, (4) *Keyboard* dan *Mouse* sebagai alat input, (5) *Kamera web (web camera) Logitech C160 1.3 Mega Pixel*.

Form utama dari aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat merupakan *form* yang pertama kali ditampilkan ketika aplikasi. Pada *form* utama terdapat tiga buah menu yaitu menu *Berkas*, *Regresi* dan *Bantuan*. Implementasi *form* utama ditampilkan pada gambar 3.1.

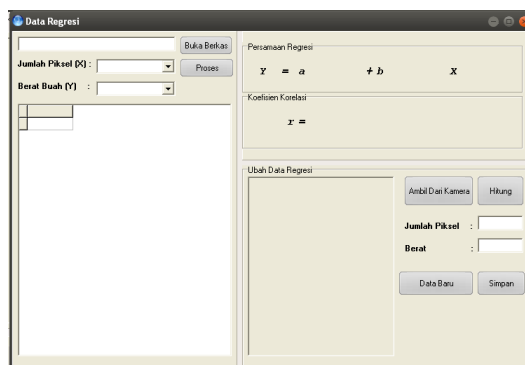


Gambar 3.1 Implementasi *Form Utama* Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat

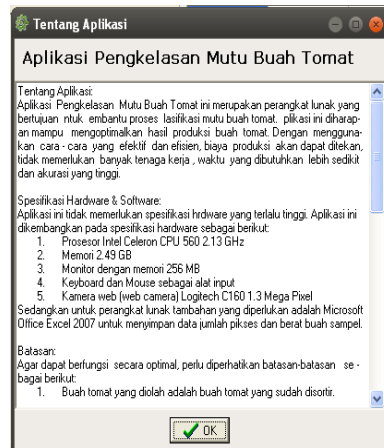
Selain *Form Utama*, aplikasi ini juga didukung oleh form lain seperti: *Form Kamera*, *Form Data Regresi*, *Form Tentang Aplikasi* dan *Form Tentang Pengembang*.



Gambar 3. 2 Implementasi *Form Kamera* Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat



Gambar 3. 3 Implemetasi *Form Data Regresi* Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat



Gambar 3. 4 Implementasi *Form Tentang Aplikasi* dari Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat



Gambar 3. 5 Implementasi *Form Tentang Pengembang Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat*

3.2. Pengujian Perangkat Lunak

Setelah pelaksanaan *Blackbox* dilakukan pengujian dengan menggunakan sejumlah buah tomat dengan berbagai ukuran dan berat. Pengujian lanjutan ini bertujuan

untuk mengetahui akurasi penafsiran berat buah perbuah oleh aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat ini. Buah tomat yang diuji berjumlah sepuluh buah dengan persamaan regresi yang digunakan yaitu $Y = -14.296 + 0.00282X$. Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Hasil Pengujian Akurasi Pengkelasan Aplikasi Dengan Sepuluh Buah Sampel

Sampel	Hitung			Sebenarnya			Akurasi (%) (berat hitung/berat sebenarnya)*100%
	Jumlah Piksel	Berat	Kelas	Jumlah Piksel	Berat	Kelas	
1	36258	94.28	C	36569	100	B	99.14955
2	38679	103.07	B	39344	104	B	98.30978
3	35715	92.31	C	37479	98	C	95.29336
4	39433	105.81	B	39519	106	B	99.78238
5	30983	75.14	C	33101	74	C	93.6014
6	33025	82.55	C	33296	86	C	99.18609
7	29641	70.26	C	29705	72	C	99.78455
8	32781	81.66	C	34029	88	C	96.33254
9	32541	80.79	C	32506	82	C	100.1077
10	24796	52.68	C	26324	58	C	94.19541
Rata-rata akurasi:							97.57427

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai rata-rata akurasi penafsiran berat buah perbuah yaitu 97.57427%. Sedangkan secara umum akurasi pengkelasan mencapai 90% yang ditentukan dari perbandingan antara pasangan kelas yang benar dengan seluruh pasangan kelas yaitu 9/10.

Sedangkan pada pengujian *Whitebox Testing* bertujuan untuk menguji kebenaran algoritma *connected component labeling* dan algoritma yang digunakan untuk mencari persamaan regresi linier yang dilakukan oleh ahli pengolahan citra digital dengan mengujicoba aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat. Pengujian dilakukan dengan me-review kode program kemudian mengisi instrumen pengujian yang diberikan.

4. PENUTUP

4.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pada perancangan “Pengembangan Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat Berdasarkan Bobot Buah

Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Analisis Regresi”, dapat disimpulkan:

1. Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat dikembangkan agar dapat melakukan pengkelasan mutu buah tomat perbuah maupun pada sekumpulan buah tomat yang dirancang menggunakan diagram alir (*flow diagram*) untuk menggambarkan langkah-langkah penggunaan aplikasi dan *DFD* (*data flow diagram*) yang menggambarkan aliran data pada aplikasi.
2. Implementasi dari rancangan aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat menghasilkan aplikasi yang dapat melakukan proses pengkelasan terhadap mutu buah perbuah tomat maupun pada sekumpulan buah tomat.
3. Pengkelasan mutu buah pada sekumpulan buah tomat dapat dilakukan apabila buah tomat berada pada kondisi yang diatur sedemikian rupa sehingga tidak ada buah tomat yang saling bersinggungan.
4. Dari hasil pengujian pada sepuluh buah sampel didapatkan akurasi penafsiran berat buah sebesar 90% pada proses pengkelasan mutu buah perbuah dan 92.3% pada proses pengkelasan pada sejumlah buah tomat.

4.2. Saran

Sesuai dengan hasil penelitian “Pengembangan Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat Berdasarkan Bobot Buah Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Analisis Regresi”, peneliti menyarankan untuk pengembangan aplikasi lebih lanjut sebagai berikut:

1. Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat ini masih memerlukan waktu yang cukup lama sehingga masih perlu dilakukan perbaikan pada algoritma yang digunakan agar proses pengkelasan dapat dilakukan dengan cepat.
2. Algoritma *connected component labeling* tidak dapat bekerja dengan baik jika terdapat banyak *noise* pada citra, sehingga diperlukan teknik khusus untuk mengurangi *noise*.



3. Aplikasi Pengkelasan Mutu Buah Tomat yang dikembangkan ini sangat peka terhadap perubahan cahaya yang sangat berpengaruh terhadap hasil pengkelasan mutu buah, untuk itu diperlukan sumber cahaya yang tetap.
4. Proses pengkelasan mutu buah tomat masih dilakukan dengan cara yang manual dari mengatur posisi buah hingga melakukan proses pengkelasan sehingga aplikasi ini masih memungkinkan untuk dikembangkan menjadi aplikasi yang bekerja secara otomatis.
5. Aplikasi ini dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan perangkat lain seperti ban berjalan atau alat khusus lain yang dirangkai dengan sumber cahaya tetap sehingga mempermudah proses pengkelasan.
6. Aplikasi ini dapat dikembangkan untuk proses klasifikasi buah lain selain buah tomat.



ISSN 2252-9063

Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika

(KARMAPATI)

Volume 2, Nomor 1, Januari 2013

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi Wijaya, Tria. 2010. "Implementasi Visi Komputer Dan Segmentasi Citra Untuk Klasifikasi Bobot Telur Ayam Ras". Makalah Disajikan Dalam Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2010 (SNATI 2010) Yogyakarta, 19 Juni 2010.
- Ahmad, Usman. 2009. "Pemutuan Buah Jeruk Pontianak Berdasarkan Ukuran dan Warna Menggunakan Pengolahan Citra ". Makalah Disajikan Dalam Seminar Nasional "Kebijakan dan Aplikasi Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Peningkatan Daya Saing Agribisnis Indonesia" Himpunan Informatika Pertanian Indonesia Bogor, 6-7 Agustus 2009.
- Munir, Rinaldi. 2004. Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung: Informatika.