

## Pemrosesan Citra Digital untuk Klasifikasi Mutu Buah Pisang Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan

Yanuar Putu Wiharja\*<sup>1</sup>, Agus Harjoko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 Elektronika Instrumentasi, FMIPA, UGM, Yogyakarta

<sup>3</sup>Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: \*<sup>1</sup>[yanuarpw@gmail.com](mailto:yanuarpw@gmail.com), <sup>2</sup>[aharjoko@staff.ugm.ac.id](mailto:aharjoko@staff.ugm.ac.id)

### Abstrak

Buah pisang memasok kebutuhan tidak hanya pasar dalam negeri, tetapi juga pasar internasional. Oleh karena itu, mutu buah pisang harus selalu dijaga. Saat ini sortasi mutu pisang masih dilakukan secara manual oleh manusia, akibatnya menghasilkan keragaman mutu yang kurang baik. Untuk itu diperlukan suatu sistem yang dapat mengklasifikasikan mutu buah pisang menggunakan pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan.

Citra pisang diambil dengan kamera digital dan diolah menggunakan Matlab. Pemrosesan citra digital digunakan untuk mengekstrak fitur warna dan tekstur buah pisang. Sedangkan jaringan saraf tiruan digunakan untuk klasifikasi mutu pisang. Penelitian ini menggunakan 125 pisang untuk data pelatihan dan 100 pisang untuk data pengujian. Mutu pisang dibagi menjadi 5 kelas, yaitu kelas Super, kelas A, kelas B, luar mutu I dan luar mutu II.

Parameter yang digunakan untuk masukan jaringan saraf yaitu luas cacat, nilai red, green, blue, energy, homogeneity, dan contrast. Konfigurasi terbaik model jaringan backpropagation untuk sistem klasifikasi mutu pisang adalah dengan laju pembelajaran sebesar 0,3 dan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi sebanyak 10 neuron. Dengan konfigurasi tersebut, sistem mampu mengklasifikasikan mutu dengan tingkat keberhasilan sebesar 94 % dari 100 data uji pisang.

**Kata kunci**—klasifikasi mutu pisang, pengolahan citra digital, jaringan saraf tiruan.

### Abstract

Bananas does not only supply the domestic market, but also the international market. Therefore, the quality of bananas should be maintained. Currently, quality sorting process of bananas are still done manually by humans, consequently the result is not good. So we need a system that can classify quality of bananas by using image processing and artificial neural network.

Banana image captured by a digital camera and processed using Matlab. Digital image processing is used to extract color and texture features of banana. While artificial neural networks used for classification of the quality of bananas. This study uses 125 bananas for training data and 100 bananas for testing data. Quality of bananas are divided into 5 classes, Super, class A, class B, external quality I and external quality II.

Input parameters used for the neural network are area defects, red, green, blue, energy, homogeneity, and contrast. Best configuration of backpropagation network model for a classification system of banana quality is the learning rate of 0.3 and 10 neurons in the hidden layer. With the best configuration, the system is able to classify the quality of banana fruit with 94% accuracy rate from 100 bananas test data.

**Keywords**—classification of banana quality, digital image processing, artificial neural networks.

## 1. PENDAHULUAN

Pisang adalah salah satu komoditas buah unggulan Indonesia yang memberikan kontribusi besar terhadap angka produksi buah nasional. Setiap tahunnya, produksi pisang di Indonesia menunjukkan peningkatan dan hal ini harus dibarengi dengan peningkatan mutu. Pemerintah melalui Badan Standardisasi Nasional telah menetapkan standar untuk buah pisang, yaitu SNI 7422:2009. Untuk meningkatkan mutu buah pisang, perlu dilakukan proses sortasi. Melihat pentingnya proses sortasi, maka diperlukan adanya sistem yang mampu mengklasifikasikan buah pisang sesuai standar mutu yang telah ditetapkan [1].

Teknologi yang dapat diterapkan adalah pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan. Pengolahan citra digital 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 [2]. Sedangkan jaringan saraf tiruan (JST) merupakan sebuah struktur komputasi yang dikembangkan dari proses sistem jaringan saraf biologi di dalam otak. Keuntungan dari metode JST adalah dapat membangun fungsi non linier dan hanya memerlukan data masukan dan keluaran tanpa mengetahui dengan jelas proses dalam jaringan. Hal ini cocok diterapkan pada data citra [3].

Penelitian tentang pengolahan citra dan jaringan saraf tiruan ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Saad dkk [4] melakukan penelitian untuk mengembangkan teknik klasifikasi kematangan pisang ke dalam 3 kategori, yaitu belum matang, matang dan terlalu matang yang secara sistematis berdasarkan komponen nilai histogram RGB. Sistem tersebut memerlukan proses pengumpulan sampel dengan tingkat kematangan yang berbeda, pengolahan citra dan klasifikasi citra dengan jaringan saraf tiruan. Sampel yang berjumlah 32 buah digunakan sebagai pelatihan untuk jaringan saraf tiruan. Kemudian 28 citra lainnya digunakan untuk mengetes apakah metode ini berjalan baik atau tidak. Dari hasil diperoleh bahwa jaringan saraf tiruan dapat mengklasifikasikan kematangan pisang. Dari 28 citra, sistem ini dapat mengklasifikasikan 25 citra dengan benar.

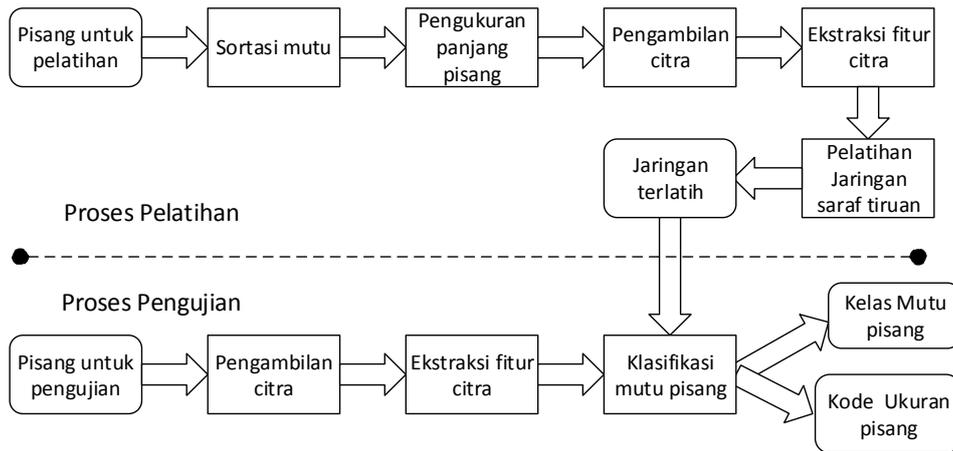
Somantri [5] melakukan penelitian klasifikasi mutu fisik beras menggunakan jaringan saraf tiruan dan pengolahan citra. Citra beras diambil menggunakan kamera digital dan diproses oleh teknologi pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan (JST). Model JST yang dikembangkan menggunakan 10 parameter masukan, 20 *hidden layer*, dan 4 target. Keempat target tersebut adalah butir utuh, butir kepala, butir patah, dan butir menir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi pelatihan adalah 99% dan akurasi validasi adalah 93,25%.

Perwiranto [6] membuat sistem yang mampu mengidentifikasi buah tomat sesuai standar mutu yang telah ditetapkan. Sistem ini menggunakan pengolahan citra untuk mengekstrak fitur dari citra buah tomat. Sebagai klasifikasi mutu digunakan jaringan saraf tiruan. Sistem ini mengklasifikasikan tomat ke dalam 4 kelas mutu, yakni mutu I, mutu II, luar mutu I, dan luar mutu II. Menggunakan model jaringan *backpropagation* dengan 8 masukan, 14 neuron pada lapisan tersembunyi, dan 4 keluaran. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa sistem ini mampu mengklasifikasikan mutu buah tomat dengan akurasi sebesar 88%.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Analisis dan Perancangan Sistem

Rancangan sistem ini terdiri dari 2 proses, yaitu proses pelatihan dan proses pengujian. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1. Proses pelatihan merupakan proses pembangunan sistem yang bertujuan untuk melatih jaringan saraf tiruan agar mampu mengenali dan mengidentifikasi perbedaan antar kelas mutu pisang. Proses pelatihan ini menggunakan data pelatihan pisang sebanyak 125 buah. Pisang disortasi sesuai mutunya secara manual ke dalam 5 kelas, yaitu Kelas Super, Kelas A, Kelas B, Kelas Luar Mutu I dan Kelas Luar Mutu II. Dari hasil sortasi tersebut diperoleh masing-masing mutu berjumlah 25 buah pisang.



Gambar 1 Blok diagram rancangan sistem secara keseluruhan

Proses yang kedua adalah pengujian yang akan mengaplikasikan sistem yang telah dibentuk sebagai sistem pengklasifikasian mutu pisang. Setelah jaringan saraf terlatih dengan baik pada proses pelatihan, jaringan ini siap digunakan dalam proses klasifikasi mutu buah pisang. Tahapan yang dilalui dalam proses pengujian ini hampir sama dengan proses pelatihan. Perbedaannya adalah tanpa harus mengukur panjang secara manual, karena sudah digantikan dengan pengukuran panjang secara komputasi. Hasil pengukuran digunakan untuk menentukan kode ukuran panjang pisang. Pengujian ini menggunakan data sebanyak 100 buah pisang yang berbeda dengan data sebelumnya, yang dibagi ke dalam 5 kelas mutu. Jadi tiap kelas mutu berjumlah 20 buah pisang.

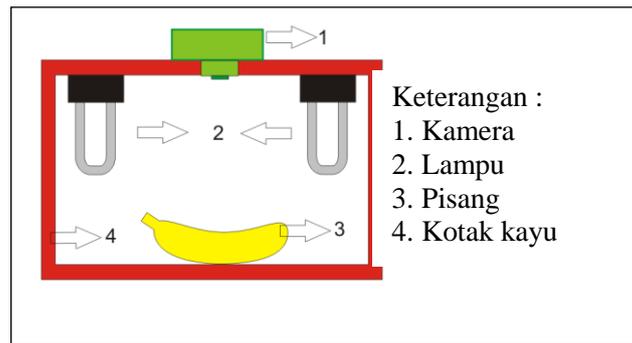
Gambar 2 adalah diagram alir untuk cara kerja dari sistem secara keseluruhan. Ketika sistem dimulai, proses pertama adalah pengambilan citra pisang menggunakan kamera digital. Citra pisang dipindah ke komputer dan dilakukan proses pengolahan citra untuk mengekstrak fitur-fiturnya. Fitur-fitur citra ini digunakan sebagai masukan pada jaringan saraf tiruan. Jaringan saraf tiruan akan mengklasifikasikan pisang menurut mutu dan panjangnya.



Gambar 2 Diagram alir secara keseluruhan

### 2.1.1 Perancangan Kotak Pengambilan Citra

Kotak pengambilan citra dirancang agar proses pengambilan citra dapat dilakukan dengan pencahayaan yang sama, jarak kamera dengan objek sama, dan jenis kamera yang sama. Rancangan kotak pengambilan citra ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Rancangan kotak pengambilan citra

### 2.1.2 Perancangan Program Pengolah Citra

Proses pengolahan citra bertujuan untuk mensegmentasi citra, mengekstrak fitur citra, mendeteksi cacat, analisa tekstur, dan mengukur panjang pisang. Segmentasi atau *thresholding* bertujuan untuk mendapatkan area objek pisang yang akan diamati sehingga pemrosesan citra cukup dilakukan pada area pisang saja, tanpa harus memperhitungkan area latar belakang di sekitarnya.

Pada metode *thresholding* yang umum [7], digunakan suatu nilai ambang batas tertentu. Jika nilai intensitas pada suatu piksel bernilai lebih besar dari nilai ambang ini, maka hasil *threshold*-nya bernilai 1. Sebaliknya, jika nilai intensitas pada suatu piksel lebih kecil dari nilai ambang ini, maka hasil *threshold*-nya bernilai 0. Dengan proses seperti ini, *thresholding* akan menghasilkan citra biner [2].

Untuk menentukan nilai *threshold*, akan digunakan *global thresholding* metode Otsu [8]. Citra *grayscale* yang dipilih sebagai masukan adalah citra *grayscale channel blue* yang dihasilkan dari citra RGB. Citra *grayscale channel blue* dipilih karena warna biru tidak berpengaruh dalam proses kematangan warna pisang sehingga untuk berbagai kondisi citra pisang nilai warna *blue* tidak banyak berubah dibandingkan dengan warna *red* dan *green*. Setelah diketahui nilai ambang batasnya, citra tersebut dikonversi menjadi citra biner. Kemudian dilakukan proses komplementasi citra sehingga yang tadinya bernilai 1 menjadi 0 dan 0 menjadi 1. Yang terakhir adalah proses menghilangkan *noise* yang besarnya kurang dari nilai yang telah ditentukan.

Program ekstraksi bertujuan untuk dapat mengekstrak warna dan komponen lain dari citra pisang. Komponen warna yang akan diekstrak dari citra warna RGB adalah nilai *red*, *green*, dan *blue*. Untuk tiap kelas mutu pisang, komponen-komponen ini memiliki nilai yang berbeda. Hal ini disebabkan warna dari pisang untuk tiap kelas mutu juga berbeda meskipun untuk kelas super, kelas A dan kelas B warnanya kuning hampir sama. Sedangkan untuk kelas luar mutu I berwarna hijau dan kelas luar mutu II kuning kecoklatan. Oleh karena itu, komponen warna *red*, *green*, dan *blue* ini cocok untuk dimasukkan dalam parameter pembeda dari kelima kelas tersebut.

Deteksi cacat digunakan untuk mengetahui area cacat pada citra sehingga diketahui berapa prosentase area cacatnya [6]. Pada proses ini juga dilakukan analisis tekstur yang digunakan untuk mengekstraksi fitur tekstur seperti *energy*, *homogeneity*, dan *contrast*[9]. Citra yang digunakan dalam proses ini adalah citra *grayscale* hasil dari citra RGB yang telah diatur nilai intensitasnya. Pengaturan nilai intensitas bertujuan untuk menonjolkan warna cacat/rusak pada kulit pisang sehingga memudahkan untuk proses segmentasi. Kemudian dilakukan proses segmentasi sehingga menghasilkan citra biner, warna putih menunjukkan area cacat dan warna hitam menunjukkan bukan area cacat. Dengan mengetahui luas area hasil segmentasi tersebut, maka dapat diketahui luas area yang busuk atau rusak dari citra pisang. Luas cacat yang telah diketahui selanjutnya dibandingkan dengan luas dari citra pisang. Hasilnya kemudian dijadikan prosentase sehingga diketahui berapa persen luas cacatnya.

Untuk melakukan analisa tekstur menggunakan GLCM digunakan citra *grayscale*. Citra *grayscale* yang digunakan sama seperti pada proses deteksi cacat, yaitu citra *grayscale* hasil dari citra RGB yang telah diatur nilai intensitasnya. Dari citra *grayscale* tersebut akan dihasilkan sebuah *gray-level co-occurrence matrix* atau GLCM. Setelah GLCM terbentuk, maka akan dihitung nilai properti *energy*, *homogeneity*, dan *contrast* dari GLCM [9]. Ketiga fitur ini digunakan sebagai masukan untuk jaringan saraf tiruan.

Selain klasifikasi mutu, pisang juga diklasifikasikan menurut panjangnya. Untuk itu, perlu dirancang program agar dapat mengukur panjang pisang. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan kalibrasi panjang *pixel* citra. Tujuan kalibrasi ini adalah untuk mendapatkan faktor pengali dari *pixel* citra agar dapat dikonversi panjangnya ke dalam sentimeter. Untuk melakukan kalibrasi dibutuhkan benda lain sebagai kalibrator yang telah diketahui ukurannya. Untuk memudahkan proses kalibrasi, dipilih kertas berwarna hitam dengan bentuk persegi panjang. Warna hitam dipilih agar memudahkan proses segmentasi. Kertas kalibrator diambil citranya lalu dilakukan proses segmentasi dan menghasilkan citra biner yang telah tersegmentasi.

Selanjutnya citra biner tersebut dihitung semua komponen yang terhubung berdasarkan konektivitasnya terhadap *pixel* disekitarnya. Hasilnya dihitung lagi menggunakan set properti *major axis length* sehingga diketahui panjang kalibrator dalam satuan *pixel*[10]. Faktor pengali digunakan untuk mengukur panjang pisang dalam satuan sentimeter. Untuk mendapatkan faktor pengali maka digunakan persamaan (1).

$$\text{faktor pengali} = \frac{\text{panjang sebenarnya dalam centimeter}}{\text{panjang perhitungan komputasi dalam pixel}} \quad (1)$$

### 2.1.2 Perancangan Klasifikasi

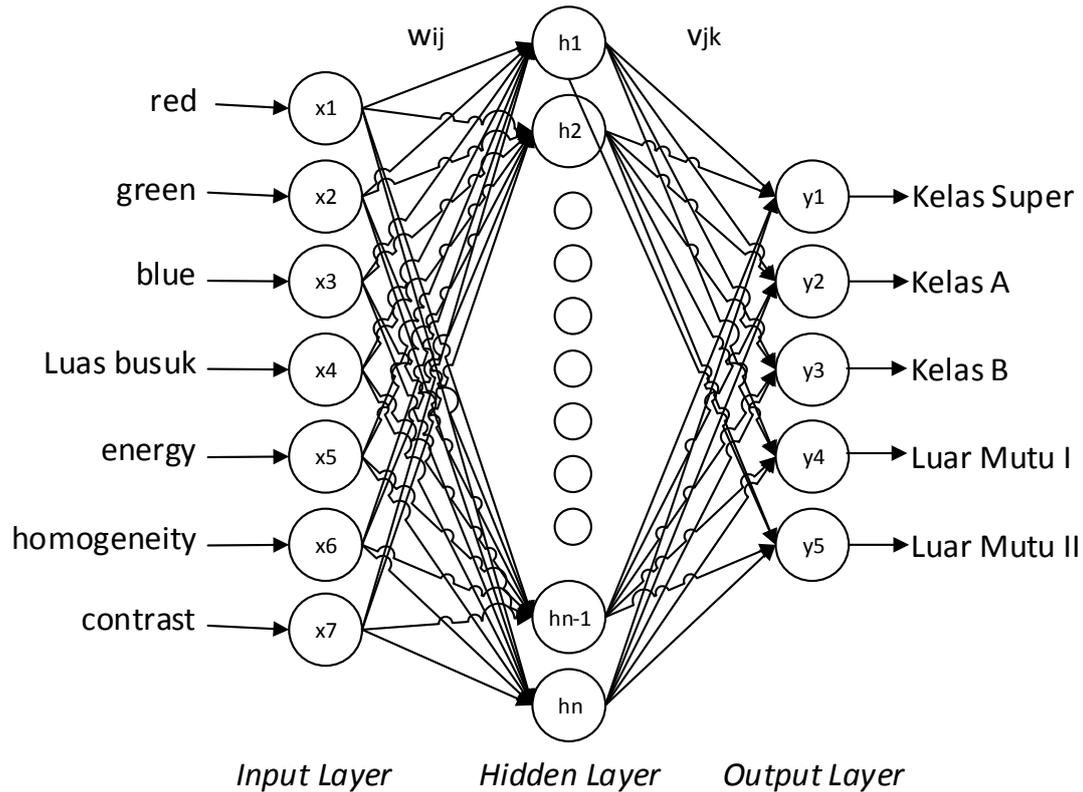
Sebenarnya dalam SNI Pisang 7422:2009 hanya terdapat 3 kelas yaitu kelas super, kelas A dan kelas B. Untuk kelas luar mutu I dan luar mutu II hanya sebagai tambahan untuk menguji apakah program yang dibuat dapat bekerja dengan baik atau tidak. Karakteristik dari 5 kelas mutu ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Kelas Mutu Pisang

No	Kelas Mutu	Warna	Luas Cacat (%)
1	Kelas Super	Kuning	<2.5%
2	Kelas A	Kuning	<5%
3	Kelas B	Kuning	<10%
4	Luar Mutu I	Hijau	Tidak ada batasan
5	Luar Mutu II	Kuning kecoklatan	>10%

Jaringan saraf tiruan digunakan sebagai sistem yang diharapkan dapat mengenali perbedaan mutu berdasarkan fitur-fitur citra hasil dari pengolahan citra. Jaringan ini akan menerima masukan (*input*) berupa informasi-informasi fitur dari citra buah pisang. Arsitektur jaringan saraf tiruan ini berupa jaringan *backpropagation*[11], hal ini bisa dilihat pada Gambar 4. Jaringan saraf tiruan ini mempunyai 7 masukan, sejumlah lapisan tersembunyi dan 5 keluaran. Lapisan masukan (*input layer*) jaringan ini menerima 7 buah masukan berupa *red*, *green*, *blue*, luas area busuk, *energy*, *homogeneity*, dan *contrast*. Nilai *input* ini berasal dari tiap sampel pisang yang diolah dengan pengolahan citra digital. Keluaran jaringan berupa 5 kelas mutu pisang, yakni kelas super, kelas A, kelas B, luar mutu I dan luar mutu II Keduanya digolongkan ke pisang luar mutu karena tidak termasuk kriteria pisang menurut SNI.

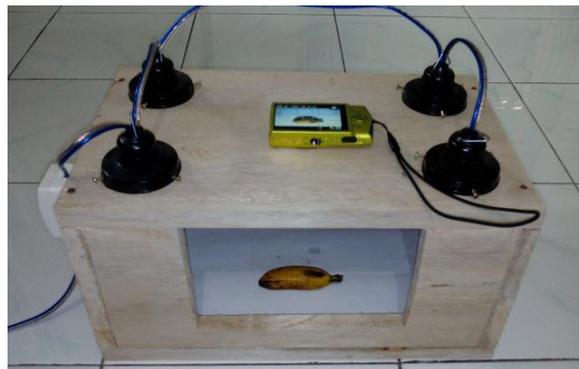
Lapisan tersembunyi atau *hidden layer* berjumlah *n layer*. Jumlah ini akan divariasikan untuk melihat jumlah yang paling baik untuk jaringan. *Wij* merupakan bobot jaringan untuk *node-node* dari lapisan masukan ke lapisan tersembunyi, sedangkan *vjk* merupakan bobot untuk *node-node* dari lapisan tersembunyi ke lapisan keluaran [11].



Gambar 4 Arsitektur jaringan saraf tiruan

## 2.2 Implementasi Sistem

Pisang diletakkan di dalam kotak pengambilan citra, tangkai pisang diletakkan di sebelah kanan agar seragam. Satu pisang diambil citranya sebanyak 2 kali, yaitu sisi atas dan sisi bawah. Hal ini dilakukan untuk menambah akurasi data dan mengurangi kesalahan akibat perbedaan kondisi pada setiap sisi pisang. Gambar 5 menunjukkan proses pengambilan citra.



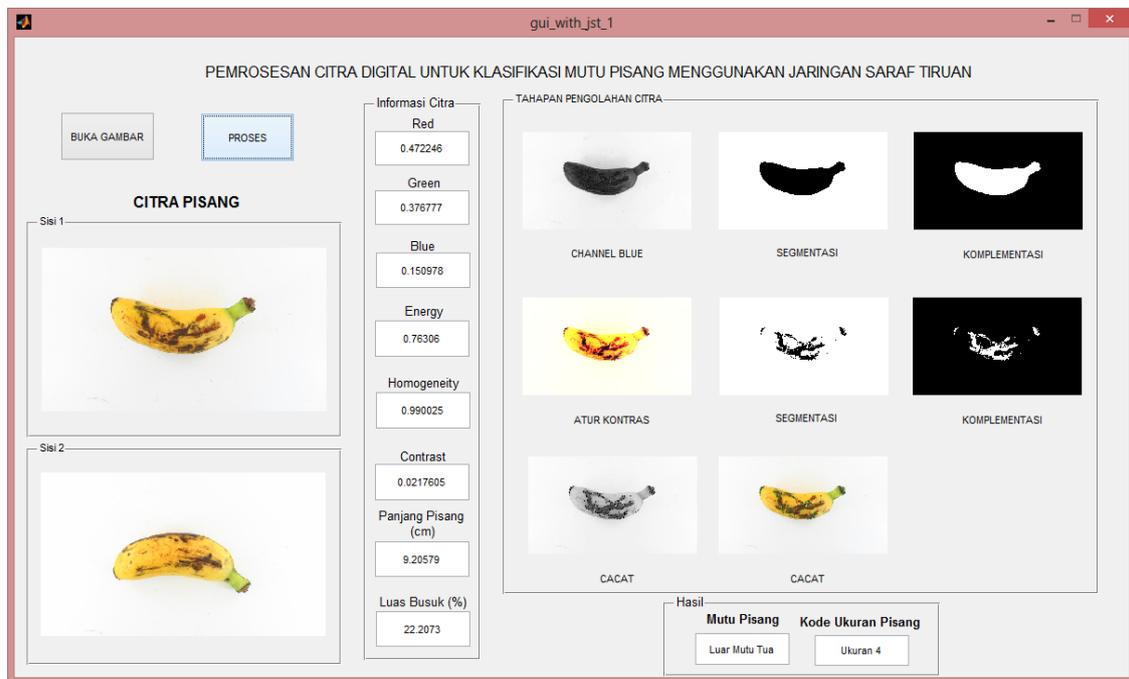
Gambar 5 Proses pengambilan citra pisang

Setelah citra pisang diambil, maka dilakukan proses pengolahan citra yang meliputi segmentasi, ekstraksi fitur, deteksi cacat, analisa tekstur dan pengukuran panjang. Proses pengolahan citra digital tersebut mengekstrak fitur-fitur yang akan digunakan sebagai masukan pada jaringan saraf tiruan. Jumlah dari masukannya sebanyak 7 buah, yaitu nilai *red*, *green*, *blue*, *energy*, *homogeneity*, *contrast*, dan luas area cacat. Pada jaringan saraf, masukan-masukan tersebut akan diklasifikasikan sehingga menghasilkan kelas pisang sesuai mutunya. Pengolahan

citra dan jaringan saraf tiruan ini diimplementasikan ke dalam program Matlab. Gambar 6 menunjukkan tampilan GUI (*Graphical User Interface*) program di Matlab.

GUI bertujuan untuk memudahkan *user* mengidentifikasi suatu citra pisang [6]. Pada GUI ini terdapat 2 tombol utama yakni tombol 'Buka' dan tombol 'Proses'. Tombol 'Buka' berfungsi untuk memilih pisang yang akan diuji mutunya. Jika sudah memilih 1 citra pisang, maka secara otomatis citra pasangannya akan ikut ditampilkan. Kedua citra pisang akan ditampilkan pada panel sisi 1 dan sisi 2. Saat tombol 'Proses' ditekan, program pada GUI akan dijalankan. Program ini meliputi program untuk mengekstraksi fitur-fitur citra dari pisang dan menjalankan proses klasifikasi yang berupa jaringan saraf tiruan. Hasil dari ekstraksi citra akan ditampilkan pada 'Informasi Citra' yang meliputi nilai *red*, *green*, *blue*, *energy*, *homogeneity*, *contrast*, luas cacat, dan panjang pisang.

Di sebelah kanan terdapat panel yang memperlihatkan tahapan pengolahan citra. Pada panel ini *user* dapat melihat proses pengolahan citra mulai dari segmentasi sampai deteksi cacat. Citra yang ditampilkan hanya 1 sisi saja karena keterbatasan ruang dalam program. Untuk 3 panel paling atas merupakan tampilan proses segmentasi citra pisang, 3 panel di bawahnya merupakan tahapan proses deteksi cacat, dan 2 panel paling bawah menunjukkan area cacat dari citra *grayscale* dan RGB yang dibatasi oleh garis. Untuk citra *grayscale*, area cacat ditandai oleh garis warna hitam, sedangkan untuk citra RGB, area cacat ditandai oleh garis warna merah.



Gambar 6 Tampilan GUI di Matlab

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Program Deteksi Cacat

Pada pengujian ini diambil 5 sampel pisang dari tiap kelas mutu sehingga total pisang yang akan diuji berjumlah 25 pisang. Hasilnya menunjukkan bahwa program dapat mendeteksi cacat dengan baik untuk pisang berwarna kuning. Sedangkan, untuk pisang berwarna hijau, hasil deteksinya buruk. Gambar 7 menunjukkan hasil deteksi untuk pisang warna hijau.



Gambar7 Citra hasil deteksi cacat yang kurang baik

Pisang berwarna hijau termasuk kelas luar mutu I, program deteksi cacat tidak mampu mendeteksi cacat dengan baik. Yang seharusnya bukan cacat, malah dideteksi sebagai cacat sehingga area cacat yang terdeteksi semakin besar. Hal ini karena proses segmentasi cacat yang melibatkan warna hijau tidak berjalan dengan baik. Hal ini berbeda dengan ketiga kelas sebelumnya, yang warnanya dominan kuning, sehingga segmentasi cacatnya berjalan dengan baik.

### 3.2 Pengujian Pengukuran Panjang

Program pengukuran panjang ini menggunakan fungsi *major axis length* untuk mencari panjang dari pisang dalam satuan *pixel*. Fungsi *major axis length* ini dapat digunakan untuk mengukur panjang benda dengan akurasi paling baik jika bentuk benda tersebut menyerupai *ellipse* [10]. Untuk mengkonversi ke satuan sentimeter, hasil dalam *pixel* tersebut dikali dengan faktor pengali. Pengujian ini menggunakan 25 sampel pisang dengan berbagai ukuran. Hasilnya menunjukkan bahwa program pengukuran panjang berjalan cukup baik. Hal ini dapat dilihat bahwa akurasi pengukurannya mencapai 92,78%. Dari 25 sampel pisang yang digunakan, tampak bahwa hasil pengukuran program nilainya lebih kecil dari ukuran sebenarnya. Selisih paling besar yaitu 1,953136 cm. Ukuran sebenarnya adalah 8,7 cm sedangkan hasil pengukuran program adalah 6,746864.

Perbedaan hasil pengukuran program dengan ukuran sebenarnya ini dapat disebabkan karena bentuk pisang yang beragam pada saat diambil citranya. Karena pisang yang digunakan untuk pengujian ini mempunyai bentuk yang beragam. Ada yang lurus, melengkung, dan ada yang tangkainya kecil sehingga tampak agak membulat. Perbedaan bentuk pisang ini mempengaruhi hasil pengukuran menggunakan program sehingga berbeda dengan ukuran sebenarnya.

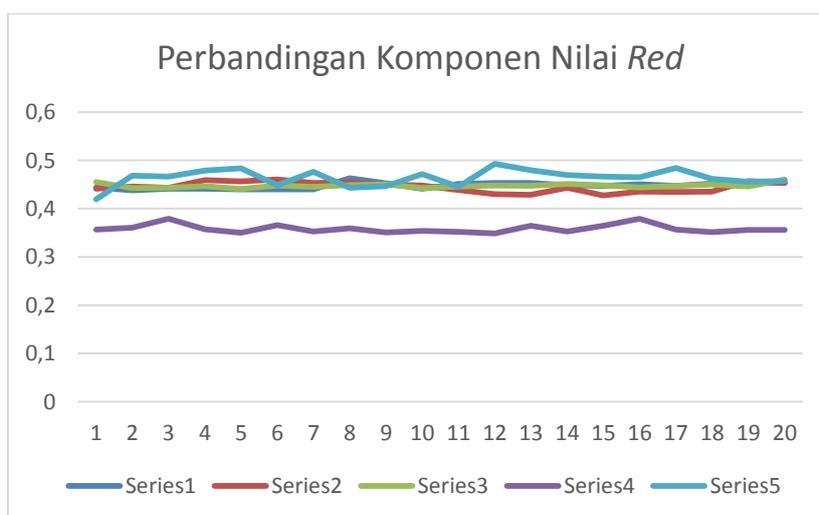
### 3.3 Pengujian Klasifikasi Mutu

Pengujian ini menggunakan variasi nilai laju pembelajaran dari 0,1 sampai 1,1 dan jumlah *neuron* pada lapisan tersembunyi yang berjumlah 10, 15, dan 20. Dari variasi tersebut akan diketahui nilai laju pembelajaran dan jumlah *neuron* pada *hidden layer* yang paling baik dalam mengklasifikasikan pisang menurut mutunya. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian jaringan menggunakan 5 nilai laju belajar yang berbeda dan 3 jumlah *neuron* pada *hidden layer* yang berbeda. Dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa nilai laju belajar yang paling baik untuk jaringan adalah 0,3 dan jumlah *neuron* pada layer tersembunyi adalah 10. Akurasi yang dihasilkan pada variasi tersebut untuk data pelatihan mencapai 99,2%. Sedangkan untuk data pengujian, akurasinya mencapai 94%. Artinya dari hasil pengujian ini, terdapat 94 sampel pisang yang mampu terklasifikasi dengan benar dan hanya 6 sampel pisang saja yang salah terklasifikasi.

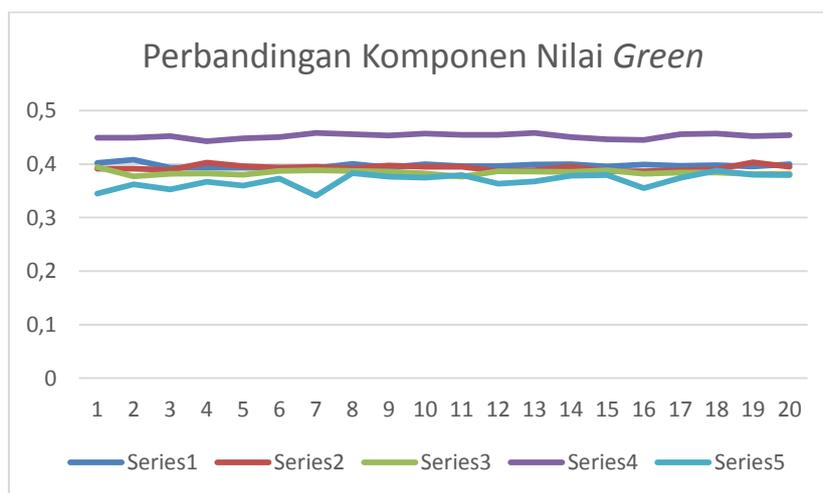
Tabel 2 Hasil pengujian klasifikasi mutu dengan variasi laju pembelajaran dan jumlah *neuron* pada *hidden layer*

Learning rate	Hidden Layer	Akurasi Pelatihan (%)	Hasil Pengujian Klasifikasi Mutu					Error (buah)	Akurasi Pengujian (%)
			Super (buah)	A (buah)	B (buah)	Luar Mutu I (buah)	Luar Mutu II (buah)		
0.1	10	96.8	19	15	16	20	19	11	89
	15	96.8	18	16	15	20	18	12	88
	20	96	20	14	18	20	18	10	90
0.3	10	99.2	20	18	17	20	19	6	94
	15	96	20	16	16	20	18	10	90
	20	96	19	16	16	20	18	11	89
0.5	10	94.4	20	16	15	20	20	9	91
	15	98.4	18	14	16	20	19	13	87
	20	92	19	14	18	20	17	12	88
0.7	10	98.4	20	16	18	20	19	7	93
	15	97.6	18	16	16	20	16	14	86
	20	96.8	19	17	15	20	16	13	87
0.9	10	93.6	15	14	17	20	18	16	84
	15	91.2	18	12	16	20	16	18	82
	20	96	19	15	17	20	18	11	89

Dilihat dari komponen nilai *red*, kelas super, kelas A, dan kelas B memang mempunyai nilai yang hampir sama, yaitu berkisar di nilai 0,45. Sedangkan kelas luar mutu I, mempunyai nilai *red* yang lebih kecil karena warnanya dominan hijau, yaitu 0,35. Untuk kelas luar mutu II karena warnanya beragam mulai dari kuning, coklat sampai hitam, nilai *red*nya sebagian lebih besar, sebagian lagi sama dan nada yang lebih kecil dari ketiga kelas mutu super, A dan B. Nilainya berkisar antara 0,41 sampai 0,47. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 8. Series1 menunjukkan kelas super, series2 menunjukkan kelas A, series3 menunjukkan kelas B, series4 menunjukkan luar mutu I dan series5 menunjukkan luar mutu II.

Gambar 8 Perbandingan komponen nilai *red*

Untuk komponen nilai *green*, kelas super, kelas A, dan kelas B juga mempunyai nilai yang hampir sama, yaitu berkisar di nilai 0,39. Karena luar mutu I warnanya dominan hijau, tentu saja memiliki nilai *green* yang paling besar, yaitu sekitar 0,45. Sedangkan untuk kelas luar mutu II memiliki nilai *green* yang beragam, mulai 0,34 sampai 0,38. Karena warnanya beragam mulai dari kuning, coklat sampai hitam, nilai *rednya* sebagian lebih besar, sebagian lagi sama dan ada yang lebih kecil dari ketiga kelas mutu super, A dan B. Nilainya berkisar antara 0,41 sampai 0,47. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 9 tentang perbandingan komponen nilai *green*.



Gambar 9 Perbandingan komponen nilai green

Dari Gambar 8 dan 9 terlihat bahwa dari segi warna, untuk membedakan kelas super, kelas A, dan kelas B memang sulit, karena mempunyai nilai komponen warna yang hampir mirip. Kesalahan pengidentifikasian ketiga mutu tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Sementara itu, untuk membedakan kelas luar mutu I sangat mudah karena mempunyai warna yang paling beda, yaitu warna hijau. Sedangkan untuk luar mutu II, komponen warnanya lebih bervariasi dan beberapa ada yang mendekati nilai komponen warna dari kelas super, kelas A dan kelas B sehingga juga sering terjadi kesalahan identifikasi.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan, pengujian dan analisis pada hasil perancangan dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Parameter yang dijadikan klasifikasi mutu buah pisang menggunakan jaringan saraf tiruan adalah nilai *red*, *green*, *blue*, luas cacat, *energy*, *homogeneity*, dan *contrast*.
2. Konfigurasi terbaik model jaringan *backpropagation* untuk sistem klasifikasi mutu pisang adalah pada laju pembelajaran sebesar 0,3 dan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi sebanyak 10 *neuron* didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 94 % dari 100 data uji pisang.
3. Sistem dapat mengklasifikasikan mutu pisang kelas Super, kelas A, dan kelas B berdasarkan SNI untuk pisang berwarna kuning. Sedangkan yang tidak termasuk dalam SNI, ditambahkan kelas luar mutu I untuk pisang berwarna hijau dan kelas luar mutu II untuk pisang berwarna kecoklatan.

## 5. SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Perlunya menggunakan kamera yang dapat dikontrol langsung melalui program sehingga bisa *realtime* dalam mengambil citra pisang.
2. Perlunya menambah sisi pengambilan citra pisang, tidak hanya bagian sisi atas dan bawah, agar seluruh sisi citra dapat diproses.
3. Diperlukan metode pengolahan citra yang lebih baik untuk melakukan proses deteksi area cacat dan pengukuran panjang agar hasilnya lebih akurat.
4. Perlunya melakukan penambahan jumlah masukan citra pisang untuk data pelatihan sehingga didapatkan jaringan saraf yang lebih baik dan akurat dalam proses klasifikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, 2009, Pisang, [http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni\\_main/sni/detail\\_sni/9389](http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/9389), diakses tanggal 8 Februari 2013.
- [2] Ahmad, U., 2005, *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [3] Hermawan, A., 2006, *Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi*, Andi Offset, Yogyakarta.
- [4] Saad, H., Ismaie, A.P., Othman, N., Jusohl, M.H., Naim, N.F., dan Ahmadi, N.A., 2009, Recognizing The Ripeness Of Bananas Using Artificial Neural Network Based On Histogram Approach, *IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications*, Selangor.
- [5] Somantri, A. S., 2010, Menentukan Klasifikasi Mutu Fisik Beras Dengan Menggunakan Teknologi Pengolahan Citra Digital Dan Jaringan Syaraf Tiruan, <http://www.bsn.go.id/files/348256349/Litbang%202010/JS%203%20vol%2012/mutu%20fisik%20beras.pdf> , diakses 8 Februari 2013.
- [6] Perwiranto, H., 2011, Sistem Klasifikasi Mutu Buah Tomat Menggunakan Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Saraf Tiruan, *Skripsi*, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- [7] Gonzalez, R.C, dan Wood, R.E., 2008, *Digital Image Processing*, Ed.3, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- [8] Otsu, N., 1979, A Threshold Selection Method From Gray Level Histograms. *IEEE Transactions Systems, Man, and Cybernetics*, No. 1, Vol. 9, hal. 62-66.

- [9] Tuceryan, M. dan Anil K. Janin, 1998, Texture Analysis, <http://fmi.unisofia.bg/courses/graphics/image%20processing/papers/texture-review.pdf>, diakses 14 Mei 2013.
- [10]The Mathworks, 2012, Image Processing Toolbox User's Guide, <http://www.mathworks.com/help/images/ref/regionprops.html>, diakses tanggal 16 Juni 2013.
- [11]Siang, J.J., 2005, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.