

PEMUTUAN EDAMAME MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Edamame Grading Using Image Processing and Artificial Neural Network

Dedy Wirawan Soedibyo¹, I Dewa Made Subrata², Suroso³, Usman Ahmad⁴

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a computer program of image processing and artificial neural network to identify the quality of fresh soybean (edamame) into four classes namely SQ (standart quality), SG (second grade), TG (third grade), and RJ (reject) using image processing and artificial neural network. The total samples were 2500 fresh soybean produced by PT. Mitra Tani Dua Tujuh Jember. Soybean image was analyzed to get six quality parameters whose match with soybean quality criteria namely pod length, pod area, perimeter, defect area, index of red color, and index of green color. Those six quality parameters will be used as inputs of the artificial neural network (ANN). Six variations of ANN were developed for ANN training purposes (2000 data). The weights of the selected ANN architecture was used to identify the quality class of testing data (500 data), then integrated with image processing program so the program could identify soybean quality class automatically. The quality parameter used in this research has relevancy with soybean quality criteria. The selected architecture of the ANN was the one with 20 nodes hidden layer in which normalization input data representation with zero mean and standard deviation equals one. The accuracy of image processing program observed 81, 4 percent based on the 500 testing data.

Keywords: Grading, Edamame, Image processing, Artificial neural network

Diterima: 17 Mei 2006; Disetujui: 13 Juni 2006

PENDAHULUAN

Jepang merupakan negara pengonsumsi edamame terbesar, hal ini tercermin pada kebutuhan total edamame Jepang yang terus meningkat hingga 100 000 ton pertahun pada tahun 2003. Indonesia melalui PT. Mitratani Dua Tujuh melakukan ekspor edamame sebanyak 1 388,82 ton dengan nilai 10 346,7 juta rupiah pada periode Januari

hingga Juni 2001 (Dinas Perindustrian dan Perdagangan Jember 2003). Sebagai produk makanan beku ekspor, edamame memerlukan poses grading, karena pasar ekspor menuntut syarat-syarat tertentu yang harus dipenuhi oleh eksportir dengan parameter kualitatif ataupun kuantitatif. Selama ini proses grading edamame di PT. Mitratani Dua Tujuh dilakukan secara visual dan rabaan dalam proses sortasi manual yang memiliki

¹ Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan I Jember, Dedy_Soedibyo@Yahoo.com.
^{2,3,4} Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680.

kelemahan diantaranya membutuhkan waktu yang relatif lama dan menghasilkan produk sortasi yang beragam. faktor manusia seperti kelelahan, subyektifitas, dan perbedaan persepsi tentang mutu produk mengakibatkan hal tersebut.

Berdasarkan hal tersebut diperlukan suatu metode atau teknik yang dapat mensortasi edamame secara efektif dan efisien. Pengolahan citra merupakan suatu alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Pengolahan citra menggunakan sistem visual berdasarkan sensor elektro-optika mempunyai kemampuan yang lebih peka, tepat, dan obyektif (Ahmad 2005). Dengan sistem pengolahan citra ini diharapkan penggolongan mutu edamame memiliki keseragaman dengan tingkat kesalahan yang rendah.

Jaringan syaraf tiruan merupakan sebuah struktur komputasi yang dikembangkan dari jaringan syaraf biologi dalam otak. Keuntungan dari metode jaringan syaraf tiruan adalah dapat membangun fungsi non linier dan hanya memerlukan data masukan dan keluaran tanpa perlu mengetahui dengan jelas proses yang terjadi dalam jaringan (Kusumadewi 2003). Beberapa penelitian yang menerapkan teknik pengolahan citra dalam bidang pertanian antara lain: pengembangan sistem kontrol pertumbuhan cabe berdasarkan pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan (Suroso *et al* 2001); mengkaji sifat fisik mangga gedong dengan menggunakan sistem pengolahan citra (Budiastra *et al* 1995).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan program pengolahan citra edamame yang mampu menggolongkan polong edamame dalam tiga katagori yaitu *SQ (standart quality)*, *SG (second grade)*, *TG (third grade)*, dan *RJ (afkir)*.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sampel edamame segar pada kelas mutu *SQ (standart quality)*, *SG (second grade)*, dan *TG (third grade)*, dan berbagai variasi sampel *RJ (afkir)* yang dihasilkan PT Mitratani Dua Tujuh. Varietas edamame yang digunakan adalah *R-75*. Pada masing-masing kelas mutu akan diambil 625 sampel, sehingga keseluruhan sampel adalah 2500 polong edamame.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat sistem pengolah citra yang terdiri dari kamera, lampu TL yang terintegrasi dengan papan pengambilan gambar dan dapat diatur sudut penyinaran serta ketinggiannya, serta perangkat komputer.

Perangkat lunak pengambilan citra (*image frame grabber*) menggunakan program Video Capture 6.5 dari Ulead System Inc. Program Paint Shop Pro 6 dari Jasc Inc. digunakan untuk persiapan citra, sedangkan untuk pengolahan citra akan dibuat program yang disusun dengan bahasa Borland Delphi versi 7. Untuk analisis jaringan syaraf tiruan menggunakan program Matlab versi 6.5 R13 dari The MathWorks, Inc dan Excel dari Microsoft Corp.

METODE

Penelitian Pendahuluan

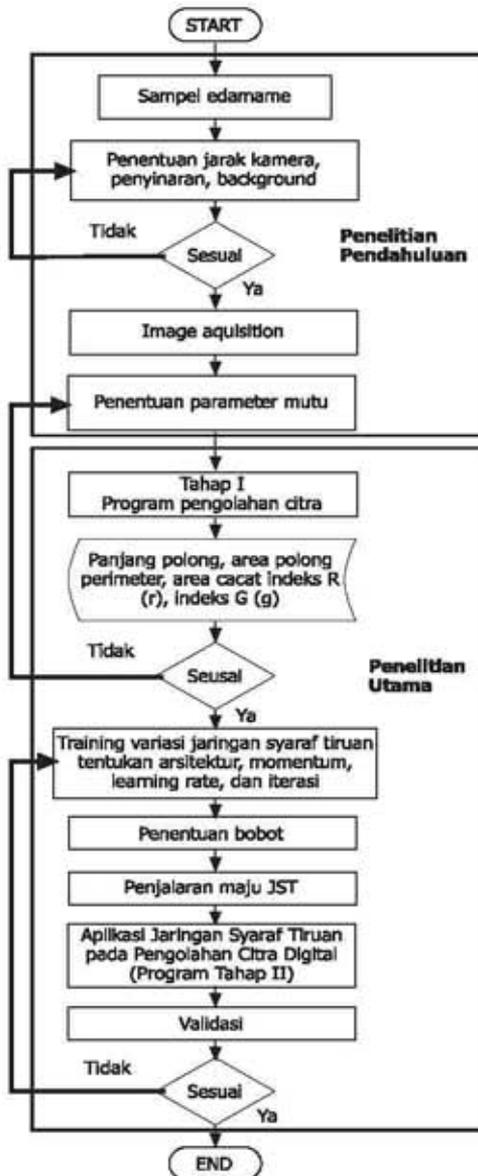
Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan *image aquisition* terbaik untuk mendapatkan hasil citra polong edamame yang diharapkan dan menentukan parameter mutu pengolahan citra berdasarkan kriteria grading edamame untuk merepresentasikan sifat-sifat edamame menjadi empat kriteria sortasi yaitu: (1) *SQ*, (2) *SG*, (3) *TG*, dan (4) *RJ*.

Tabel 1. Kriteria grading edamame di PT. Mitratani Dua Tujuh

No.	Uraian	SQ	SG	TG	FG
1.	Rasa/Aroma	Khas Edamame			
2.	Warna	Hijau seragam			
3.	Jumlah Polong	172	173 – 192	193 – 210	~
	Maximum/500gr	Seragam	Seragam	-	-
4.	Asli Polong 1	-	Max 5%	Max 30%	Max 60%
5.	Polong 3 kepak 1	-	OK	OK	OK
6.	Polong 3 kepak 2	-	-	OK	OK
7.	Polong 2 kepak 1	-	-	OK	OK
8.	Abnormal	-	OK	OK	OK
9.	Polong 3 atau 2 tidak ada lekukan		-	OK	OK OK
10.	Jamur (bintik-bintik hitam)	Grading 15% Packing 10%	Grading 30% Packing 25%	Grading 45% Packing 40%	Grading 55% Packing 50%
11.	Karat (noda coklat kekuningan)	Max 2mm dengan jumlah max 2 tidak pada 1 sisi	12.5 %	25 %	50 %
12.	Mekanik			Sama dengan SG tergantung mutu	Sama dengan TG tergantung mutu
13.	Bekas Gigitan Ulat	Ukuran maximum 2 mm dengan jumlah gigitan maximum 1 Kulit diatas biji tidak boleh ada gigitan	Sama dengan SQ tergantung mutu	Ukuran maximum 2 mm tergantung mutu dengan jumlah gigitan maximum 2 Kulit diatas biji boleh ada gigitan	Ukuran maximum 2 mm tergantung mutu dengan jumlah gigitan maximum 2 Kulit diatas biji boleh ada gigitan
14.	Warna kuning	Samar	Samar	Parah	Parah
15.	Bercak coklat	-	-	10 %	20 %
16.	Tusukan Serangga	Asal tidak ada ulat	Sama dengan SQ	Sama dengan SQ	Sama dengan SQ
17.	Bintik Hitam	Asal tidak ada ulat	Sama dengan SQ	Sama dengan SQ	Sama dengan SQ
18.	Bakteri/Dark (merah agak coklat kebasahan)	Ukuran kurang dari 2 mm	Sama dengan SQ	Sama dengan SQ	Sama dengan SQ
19.	Pecah LB 1 sisi 2 biji max 2 mm	1 biji max 3 mm tergantung mutu	Sama dengan SQ	Max 7 mm	Asal biji tidak keluar
	SLB	1 biji max 3 mm tergantung mutu	Sama dengan SQ	Biji tidak keluar	Biji tidak keluar

Tabel 2. Parameter mutu untuk pengolahan citra edamame

Kriteria grading edamame	Parameter mutu
Jumlah polong maks/500 gram	Panjang polong (1), area polong (2)
Warna, warna kuning, kematangan	Indeks R (3), IndeksG (4)
Abnormalitas	Perimeter (5)
Kerusakan	Area cacat (6)
Keadaan biji, mekanik, pecah	Tidak dianalisis



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penelitian Utama

Dua tahapan program pengolahan citra yang dibuat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Program pengolahan citra edamame Tahap I bertujuan melakukan analisa citra pada untuk menentukan parameter mutu berupa panjang polong, area polong, perimeter, area cacat, indeks R (r), dan indeks G (g), dan memiliki output berupa file text
2. Program pengolahan citra edamame Tahap II bertujuan melakukan analisa parameter mutu dan memiliki output berupa file text dan sekaligus menunjukkan kelas mutu dari sampel yang dianalisis. Program ini diintegrasikan dengan proses propagasi maju jaringan syaraf tiruan untuk pengenalan kelas mutu

Proses perekaman citra dilakukan dengan kamera digital yang dihubungkan dengan komputer. Proses perekaman citra dalam bentuk format RGB pada resolusi 352 x 288 piksel. Sebagai media penyimpanan file citra berekstensi BMP adalah *hard disk*. Citra dalam *hard disk* dikonversi dari resolusi 352 x 288 piksel menjadi 256 x 256 piksel, dengan cara memotong ukuran kanvas citra menjadi 288 x 288 piksel kemudian dilakukan proses resize menjadi ukuran 256 x 256 piksel. Tujuan pemotongan kanvas adalah mendapatkan proporsi citra yang utuh. Dengan demikian citra telah siap digunakan pada program pengolahan citra.

Tabel 3. Struktur jaringan syaraf tiruan

Karakteristik	Spesifikasi
Algoritma	<i>Backpropagation gradient descent</i> dengan momentum
Neuron lapisan input	6 (parameter mutu)
Neuron lapisan tersembunyi	10, 15, 20
Neuron lapisan output	2 ;definisi target bilangan bipolar SQ (1,1); SG (1,-1); TG (-1,1); RJ (-1,-1)
Bobot awal	Metode Nguyen-Widrow
Fungsi aktifasi	Sigmoid bipolar (input ke lapisan tersembunyi), sigmoid bipolar (lapisan tersembunyi ke output)
MSE, learning rate, momentum	0,28; 0,2; 0,9

Langkah-langkah Ekstraksi Citra

Langkah-langkah ekstraksi citra adalah sebagai berikut ini.

- Menentukan area polong edamame dengan cara melakukan segmentasi citra. Segmentasi dilakukan antara area polong dengan background untuk mendapatkan citra biner, dimana area polong bernilai 1 (berwarna putih) sedangkan background bernilai 0 (berwarna hitam). Metode yang dilakukan mengubah piksel yang memiliki nilai B 255 menjadi berwarna hitam. Menghitung area polong keseluruhan dalam piksel.
- Menentukan panjang edamame dengan menggunakan pengukuran panjang polong pada citra biner.
- Menentukan perimeter polong edamame dari citra biner.
- Menentukan area cacat edamame dengan proses binerisasi dengan fungsi *threshold* pada komponen RGB. Proses *thresholding* menjadikan area cacat berwarna hitam. Menghitung area piksel cacat.
- Menentukan nilai indeks R (r) dan indeks G (g) pada areal polong yang tidak cacat (berwarna putih).

Analisis Jaringan Syaraf Tiruan

Sumber data yang digunakan dalam

analisis jaringan syaraf tiruan adalah data hasil pengolahan citra, yang dibagi dalam dua bagian yaitu 2000 data training dan 500 data testing. Masing-masing data memiliki enam parameter mutu berupa panjang polong, area polong, perimeter, area cacat, indeks R, dan indeks G.

Jaringan syaraf tiruan menggunakan struktur sebagai berikut ini. [Tabel 3 Struktur jaringan syaraf tiruan]

Digunakan dua metode normalisasi input yaitu: (1) metode kisaran nilai [-0,9, 0,9]; dan (2) metode mean 0 dan standar deviasi 1. Berdasarkan variasi jumlah neuron lapisan tersembunyi dan metode normalisasi input, maka ada 6 variasi JST sebagai berikut ini. [Tabel 4 Variasi JST]

Parameter mutu yang dihasilkan oleh program pengolahan citra dilatih pada tiap-tiap variasi JST. Data untuk pelatihan adalah data training. Bobot yang didapatkan dikoleksi lalu dilakukan propagasi maju pada tiap-tiap variasi JST, hingga didapatkan pendugaan kelas mutu. Kelas mutu hasil propagasi maju JST dibandingkan dengan mutu aktual. Mencari variasi JST yang terbaik dalam arti variasi yang memiliki pendugaan mendekati nilai sebenarnya.

Tabel 4. Variasi JST

Kode	Spesifikasi
A1	10 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode kisaran nilai [-0,9 , 0,9]
A2	15 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode kisaran nilai [-0,9 , 0,9]
A3	10 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode kisaran nilai [-0,9 , 0,9]
A4	20 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode mean 0 dan std deviasi 1
A5	15 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode mean 0 dan std deviasi 1
A6	20 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode mean 0 dan std deviasi 1

Integrasi Jaringan Syaraf Tiruan pada Program Pengolah Citra

Nilai-nilai bobot pada variasi terbaik akan digunakan sebagai bobot terpilih pada propagasi maju untuk pengenalan kelas mutu. Propagasi maju diintegrasikan pada program pengolahan citra, sehingga program secara otomatis dapat mengenali kelas mutu edamame.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kelas Mutu berdasarkan Hasil Ekstraksi Citra

Setelah dilakukan analisis terhadap keseluruhan data citra, hasil parameter mutu diolah dengan menggunakan program MS Excel, untuk mendapatkan parameter-parameter statistik berupa rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, dan nilai maksimum. Proses ini bertujuan untuk melihat relevansi antara parameter pada masing-masing kelas mutu dengan kriteria grading edamame.

Hasil ekstraksi citra pada tiap variabel pengolahan citra berdasarkan parameter statistik dengan data training sebanyak 2000 sampel dapat dijabarkan sebagai berikut ini.

- Panjang polong

Dari nilai rata-rata panjang polong terlihat bahwa panjang polong terbesar dimiliki oleh kelas mutu SQ, kemudian RJ, SG, dan terakhir adalah TG. Semakin besar panjang polong, maka

semakin besar ukuran polong. Berdasarkan kriteria grading jumlah polong maksimum dapat diurutkan panjang polong berturut-urut dari panjang polong terbesar adalah SQ, SG, kemudian TG. Hal ini relevan dengan hasil ekstraksi citra. Kelas mutu RJ memiliki ukuran polong yang bervariasi yang ditunjukkan dengan nilai keragaman yang terbesar, kemudian diikuti oleh SQ, yang kemungkinan disebabkan oleh kisaran nilainya yang lebih besar dibandingkan dengan SG dan TG. Berdasarkan nilai maksimum dan minimum panjang polong terlihat bahwa terdapat nilai yang tumpang tindih pada kesemua kelas mutu. Rentang data panjang polong kelas mutu RJ melingkupi seluruh kelas mutu yang lain. Hal ini sesuai dengan kriteria edamame bahwa polong terlalu besar dan terlalu kecil masuk dalam kelas RJ.

- Area polong

Area polong memiliki pola hubungan yang sama terhadap kelas mutu dengan panjang polong. Yaitu area terbesar adalah SQ, disusul SG, dan kemudian TG. Variasi terbesar juga ditunjukkan pada kelas mutu RJ, selain itu kelas mutu RJ memiliki kisaran area yang ekstrim, dari ukuran terbesar yang mendekati area polong terbesar SQ hingga sangat kecil jauh lebih kecil dari TG. Penjelasan diatas menunjukkan bahwa area polong hasil

pengolahan citra relevan dengan kriteria grading edamame. Nilai area polong yang tumpang tindih juga dijumpai pada area polong. Area polong kelas mutu SQ pada daerah batas bawah bertumpang tindih dengan area polong kelas mutu SG pada daerah batas atas. Hal yang sama terjadi pula pada daerah batas bawah kelas mutu SG dengan daerah batas atas kelas mutu TG. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses grading perusahaan yang tidak terlalu ketat.

- Perimeter
Tidak berbeda dengan panjang polong dan area polong, perimeter juga memiliki pola hubungan yang sama. Relevansi dengan kriteria grading edamame juga ditunjukkan oleh perimeter.
- Area Cacat
Area cacat terbesar dimiliki oleh kelas mutu RJ, kemudian disusul oleh SG, SQ, dan TG. Kelas mutu TG memiliki area cacat terkecil, hal ini mungkin berhubungan dengan area polongnya yang kecil. Kelas mutu TG memiliki variasi yang terkecil, hal ini relevan dengan kriteria grading berdasarkan kecacatan diukur berdasarkan persentase polong yang cacat tiap 500 gram. Variasi yang kecil menunjukkan bahwa kelas mutu TG memiliki lebih banyak polong yang cacat pada tiap 500 gram dibanding dengan SQ. Penyimpangan terjadi pada kelas mutu SG yang memiliki variasi lebih besar dari pada SQ. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh kesalahan pada proses grading. Variasi terbesar pada kelas mutu RJ menunjukkan bahwa kelas mutu RJ merupakan kelas mutu yang memiliki area cacat yang paling tidak beraturan, hal ini juga diperkuat dengan kisaran area cacat yang sangat ekstrim.

- Indeks R (r)
Nilai rata-rata dan standar deviasi indeks R menunjukkan nilai yang sama pada semua kelas mutu. Hal ini relevan dengan kriteria grading edamame yang menuntut warna hijau seragam. Kelas mutu SQ dan SG memiliki kisaran indeks yang kecil, artinya memiliki warna yang seragam. Kelas mutu TG dan RJ memiliki kisaran indeks R yang lebar. Kisaran warna yang lebar dapat diterima pada kelas mutu RJ, akan tetapi pada mutu TG kemungkinan terjadi penyimpangan akibat pencilan data, atau mungkin kisaran tersebut masih dalam batas toleransi.

- Indeks G (g)
Nilai rata-rata dan standar deviasi indeks G juga menunjukkan nilai yang sama pada semua kelas mutu, kecuali pada kelas mutu RJ. Hal ini relevan dengan kriteria grading edamame yang menuntut warna hijau seragam. Kisaran yang lebar dan nilai maksimum tertinggi ditunjukkan oleh kelas mutu SQ. Penyimpangan ini kemungkinan disebabkan oleh pencilan data.

Adanya data yang saling tumpang tindih menunjukkan bahwa proses grading edamame yang dilakukan oleh PT. Mitratani Dua Tujuh memiliki standar yang tidak ketat. Hal ini dapat dimaklumi karena proses grading dilakukan secara manual dan hanya mengandalkan visualisasi manusia tanpa alat bantu. Walau demikian keenam parameter mutu pengolahan citra menunjukkan relevansinya dengan kriteria grading edamame, sehingga secara umum program pengolahan citra dapat dipergunakan untuk mengekstrak sifat citra dari polong edamame.

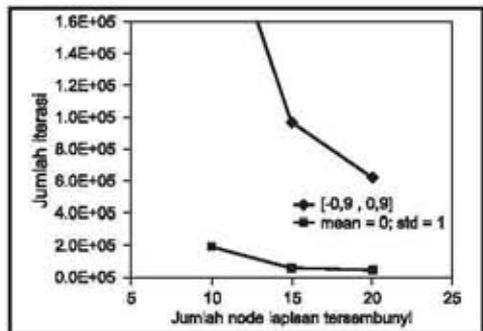
Penentuan Variasi Jaringan Syaraf Tiruan Terbaik

Hasil pelatihan keempat variasi jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan data training pada target MSE sebesar 0,28; learning rate 0,2; dan momentum 0,9 adalah sebagai berikut ini.

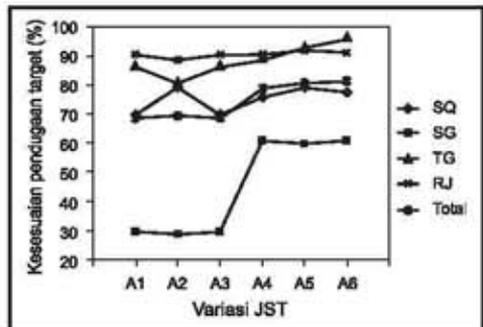
- A1 (10 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode kisaran nilai [-0,9 , 0,9]) berhenti pada iterasi ke 245257 dengan gradient 0.0005434.
- A2 (15 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode kisaran nilai [-0,9 , 0,9]) berhenti pada iterasi ke 96252 dengan gradient 0,00129021.
- A3 (10 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode kisaran nilai [-0,9 , 0,9]) berhenti pada iterasi ke 62579 dengan gradient 0,00219657.
- A4 (20 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode mean 0 dan std deviasi 1) berhenti pada iterasi ke 19339 dengan gradient 0,00202795.
- A5 (15 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode mean 0 dan std deviasi 1) berhenti pada iterasi ke 5656 dengan gradient 0,00536304.
- A6 (20 neuron lapis tersembunyi, normalisasi input metode mean 0 dan std deviasi 1) berhenti pada iterasi ke 4407 dengan gradient 0,00537992.

Pada semua jumlah node lapisan tersembunyi, representasi input dengan menggunakan metode normalisasi kisaran nilai [-0,9 , 0,9] (warna biru) membutuhkan iterasi yang lebih banyak untuk mencapai target MSE sebesar 0,28. Variasi A1 merupakan variasi dengan jumlah iterasi terbanyak yaitu hingga iterasi ke 245257 baru mencapai target MSE sebesar 0,28. Representasi input dengan menggunakan metode normalisasi rata-rata nol dan standar deviasi satu (warna merah muda) membutuhkan iterasi yang lebih sedikit pada semua variasi jumlah node lapisan tersembunyi.

Berdasarkan penjelasan diatas semakin banyak lapisan tersembunyi akan mengurangi jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk mencapai target MSE, meskipun waktu perhitungan per iterasi lebih lama, karena perhitungan yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena semakin banyak lapisan tersembunyi, maka semakin banyak hubungan neuron yang terjadi. Banyaknya hubungan neuron mengakibatkan banyaknya bobot yang terlibat sehingga jaringan lebih cepat mencapai konvergensi. Meskipun demikian jumlah lapisan tersembunyi membutuhkan waktu iterasi total yang lebih sedikit. Pengaruh terbesar ditunjukkan oleh variasi representasi normalisasi data input. Metode



Gambar 2. Perbandingan jumlah lapisan tersembunyi dan metode normalisasi data input terhadap jumlah iterasi pada enam variasi JST pada konsentrasi MSE 0,28, Lr 0,2, μ 0,9



Gambar 3. Perbandingan hasil propagasi maju pada berbagai variasi JST terhadap kesesuaian target

normalisasi dengan menggunakan metode rata-rata nol dan standar deviasi satu menunjukkan kinerja yang jauh lebih baik daripada presentasi input dengan menggunakan metode normalisasi kisaran nilai $[-0,9, 0,9]$. Hal ini disebabkan karena rentang data input pada metode normalisasi data dengan rata-rata nol dan standar deviasi satu lebih lebar, serta memiliki keragaman yang sama.

Pemilihan variasi jaringan syaraf tiruan yang terbaik dapat dilakukan dengan melakukan propagasi maju pada data testing. Propagasi maju menghasilkan pendugaan kelas mutu yang tidak selalu sama dengan target, tergantung dari kinerja jaringan syaraf tiruan. Variasi terbaik adalah variasi jaringan syaraf tiruan yang menunjukkan kesesuaian pendugaan target yang paling besar. Hasil propagasi data testing dengan jumlah masing-masing sampel 500 pada keenam variasi JST dijelaskan sebagai berikut ini.

Berdasarkan data diatas, nilai MSE yang sama tidak mengakibatkan tingkat kesesuaian target yang sama. Hal yang sama terjadi pada jumlah lapisan tersembunyi, banyaknya jumlah lapisan tersembunyi hanya sedikit mempengaruhi tingkat kesesuaian target. Bahkan pada variasi A3 (jumlah lapisan tersembunyi 20) terjadi penurunan tingkat kesesuaian target bila dibandingkan dengan variasi A2 (jumlah lapisan tersembunyi 15). Sehingga pada metode representasi normalisasi input dengan metode kisaran nilai $[-0,9, 0,9]$ menghasilkan tingkat kesesuaian target yang tidak menentu.

Variasi A4, A5, dan A6 menunjukkan kecenderungan peningkatan tingkat kesesuaian target dengan semakin banyaknya jumlah lapisan tersembunyi. Metode representasi normalisasi input dengan metode rata-rata 0 dan standar deviasi 0 menunjukkan peningkatan tingkat kesesuaian target yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan metode representasi normalisasi input dengan metode kisaran nilai $[-0,9, 0,9]$. Hal ini

disebabkan variasi tersebut memiliki kinerja yang jauh lebih baik karena memiliki range data yang lebar dan variasi yang seragam.

Pada seluruh variasi jaringan syaraf tiruan kelas mutu SG menunjukkan tingkat kesesuaian target yang paling rendah jika dibandingkan dengan kelas mutu lainnya. Hal ini sesuai dengan penjelasan dimuka bahwa pada parameter mutu panjang polong, area polong, dan perimeter polong terjadi nilai yang saling tumpang tindih antara kelas mutu SQ, SG, dan TG. Kelas mutu SG yang diapit oleh SQ dan TG mengalami kesalahan pendugaan target menjadi SQ dan TG sehingga tingkat kesesuaian target kelas mutu SG menjadi paling rendah.

Kelas mutu RJ merupakan kelas mutu yang memiliki tingkat kesesuaian target yang paling besar, kecuali pada variasi A6. Hal ini disebabkan karena pada parameter mutu terutama pada area cacat kelas mutu RJ dapat dicirikan dengan area cacat yang besar, dengan variasi yang besar, sehingga memiliki range data yang lebar dan berimplikasi pada tingkat kesesuaian target yang besar. Uraian diatas menunjukkan adanya kecocokan antara sifat parameter mutu dengan tingkat kesesuaian target.

Berdasarkan data diatas arsitektur yang memiliki kinerja terbaik adalah A6 yaitu data input dinormalisasi metode mean nol dan standar deviasi satu dengan 20 node lapisan tersembunyi. Variasi A6 memiliki tingkat kesesuaian target sebesar 81,4 persen. Bobot-bobot pelatihan pada arsitektur jaringan A6 dikoleksi dan selanjutnya digunakan fungsi pendugaan kelas mutu pada program pengolahan citra.

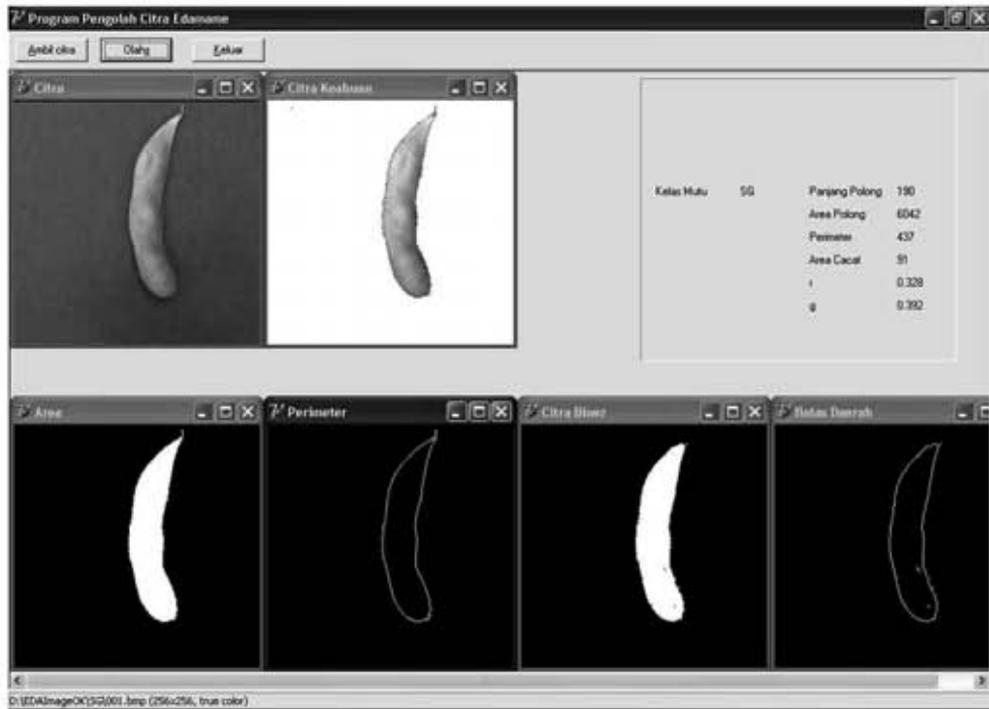
Integrasi Program Pengolahan Citra dengan Jaringan Syaraf Tiruan

Bobot-bobot hasil pembelajaran jaringan syaraf tiruan digunakan sebagai bobot dalam program pendugaan kelas

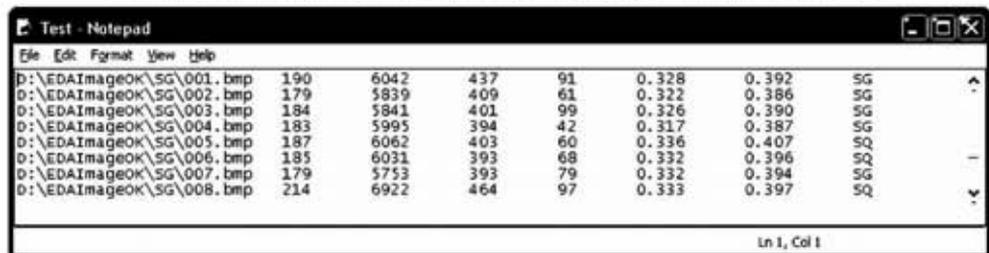
mutu edamame. Sumber data testing terlebih dahulu dinormalkan seperti halnya data training yaitu dengan metode mean nol dan standar deviasi satu. Berikutnya diberikan fungsi penjalaran maju (*feedforward*) jaringan syaraf tiruan pada program dengan bobot-bobot dari variasi A6, sehingga didapatkan hasil akhir berupa nilai aktivasi output. Nilai output tersebut berupa bilangan bipolar yang kemudian ditransformasikan dalam kelas mutu edamame. Program pengolahan citra edamame tahap II memiliki tambahan informasi kelas mutu pada box

hasil analisis. Informasi kelas mutu juga ditambahkan pada file text yang dihasilkan, sehingga mempermudah dalam proses validasi program. Tampilan program dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan file teks disajikan pada Gambar 5.

Validasi program dilakukan terhadap masing-masing kelas mutu dan keseluruhan data. Gambar 6 menunjukkan akurasi program pengolahan citra edamame. Akurasi terbesar ada pada kelas mutu TG, kemudian disusul RJ, SQ, dan terburuk



Gambar 4. Tampilan program pengolahan citra edamame tahap II



Gambar 5. Tampilan file text pengolahan citra edamame tahap II

adalah SQ. Hal ini menunjukkan bahwa kelas mutu TG memiliki ketepatan pendugaan yang paling baik, jika dibandingkan dengan kelas mutu yang lain. Nilai akurasi program keseluruhan adalah 81,4 persen, artinya program pengolahan citra edamame dapat menduga dengan benar 81,4 persen citra edamame.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

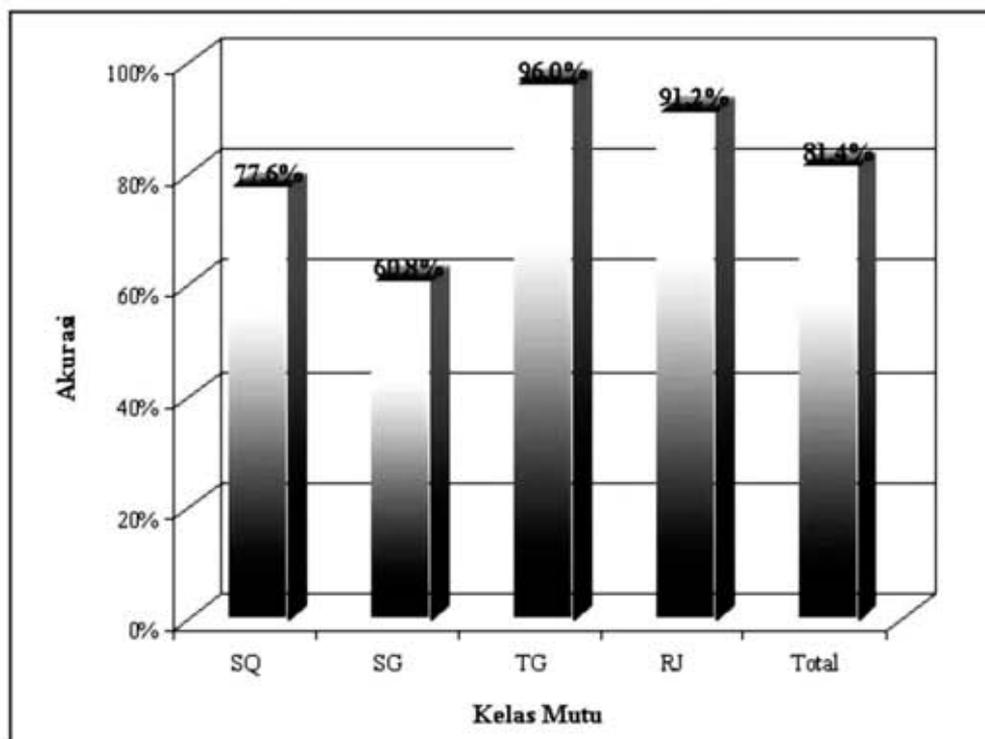
1. Proses *grading* edamame dapat dilakukan dengan menggunakan pengolahan citra digital dengan variabel panjang polong, area polong, perimeter, area cacat, indeks R (r) dan indeks G (g).
2. Arsitektur terbaik jaringan syaraf tiruan adalah variasi dengan karakteristik 20

lapisan tersembunyi dan metode normalisasi *input* dengan rata-rata nol dan standar deviasi satu.

3. Validasi jaringan syaraf tiruan menunjukkan bahwa program pengolahan citra edamame memiliki akurasi 81,4 persen.

SARAN

Penelitian pemutuan edamame menggunakan pengolahan citra ini dilakukan dengan perekaman dan analisis terhadap citra tunggal. Hal ini mengakibatkan waktu yang diperlukan untuk proses *grading* menjadi lama. Oleh karena itu diperlukan metode perekaman dan analisis pengolahan citra edamame secara berkelompok untuk meningkatkan kinerja program pengolahan citra edamame.



Gambar 6. Validasi program pengolahan citra tahap II

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, U. 2005. Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Arimurthy, A. M. dan Setiawan, S. 1992. Pengantar Pengolahan Citra. Elex Media Komputindo. Jakarta
- Budiastra IW, Saputra D, Purwadaria HK. 1995. Assesement of Physical Properties of Mango by Image Processing. Di dalam: *Proceedings Annual Meeting of Indonesian Society of Agricultural Engineers*. Bogor: Agricultural Engineers.
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan Jember. 2003. PT. Mitratani Dua Tujuh, . Disperindag-jember.co.id
- Kusumadewi, S. 2003. Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya). Graha Ilmu. Yogyakarta
- Peterson, Dan. W. 1996. Artificial Neural Network. Theory and Aplication. Prentice Hall. Singapore
- Suroso, I D.M. Subrata, K. Soelistiadji, and J. Pitoyo. 2001. Development of Chilli Growth Control System using an Artificial Neural Network. Di dalam: Purwadaria HK et al, editor. *Preprints Second IFAC-CIGR Workshop on Intelligent Control for Agricultural Applications*; Bali, 22-24 August 2001. Bali: IFAC-CIGR. Pages 234-237.