

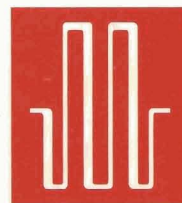
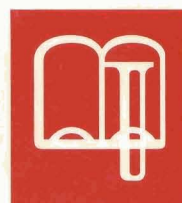
Jurnal

KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN 0216-3365

Terakreditasi "A"
SK No. 395/DIKTI/Kep/2000

VOL. 19, No. 2
AGUSTUS 2005



Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Indonesian Society of Agricultural Engineering

PENENTUAN JENIS CACAT BIJI KOPI DENGAN PENGOLAHAN CITRA DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

(Determining Defect Types of Coffee Bean Using Image Processing and Artificial Neural Network)

Imam Sofi'i¹, I Wayan Astika², Suroso³

Abstract

Determination of the defect types of coffee bean is usually carried out visually by those persons having expertise due to experiences. This method is exhaustive and imprecise since it is influenced by human fatigue. The objective of this research is to identify the defect types of coffee bean by using a digital image processing technique and an artificial neural network (ANN). Coffee bean image was taken using a digital camera and then processed by an image processing program. Two ANN models were developed. The first model had 10 input parameters while the second model had five input parameters. Both models had altogether 26 output parameters of the defect types. The accuracy of the first model was 72.6% while the second one was 68.2%.

Keywords: defect types, coffee bean, image processing, artificial neural network

PENDAHULUAN

Menurut SNI biji kopi nomor 01-2907-1999, mutu kopi dibagi menjadi tujuh tingkatan yaitu mutu 1, mutu 2, mutu 3, mutu 4a, mutu 4b, mutu 5 dan mutu 6. Mutu tersebut ditentukan berdasarkan jumlah nilai cacat dari 300 gram contoh kopi. Jumlah nilai cacat dari kopi ditentukan oleh jenis cacat. Tiap-tiap jenis cacat memiliki nilai cacat tertentu.

Penentuan jenis cacat dilakukan secara visual di bawah lampu penerangan yang dilakukan oleh tenaga terlatih. Penentuan dengan cara tersebut memungkinkan terjadinya kesalahan

akibat ketidak konsistenan mata terhadap contoh yang dianalisa terutama terhadap contoh yang cukup banyak. Menurut Siswoputranto (1993) bobot biji kopi robusta umumnya 12-15 gram per 100 biji, sehingga 300 gram contoh kopi untuk penentuan mutu setara dengan 2000 – 2500 butir.

Berdasarkan hal tersebut perlu dibuat metode penentuan jenis cacat yang memiliki konsistensi tinggi. Kamera digital dapat digunakan untuk maksud tersebut. Sebagai pengambil keputusan terhadap penentuan jenis cacat digunakan jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) yang dilatih terlebih dahulu.

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung

² Staf Pengajar Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor

³ Staf Pengajar Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan algoritma pengolahan citra dan mengidentifikasi jenis-jenis cacat biji kopi menggunakan teknik pengolahan citra dan *Artificial Neural Network* (ANN).

TINJAUAN PUSTAKA

Pengolahan biji kopi

Metode pengolahan buah biji kopi secara umum dibagi menjadi dua yaitu, metode pengolahan cara basah dan cara kering. Metode yang pertama sering digunakan oleh perkebunan-perkebunan kopi sedangkan yang kedua adalah metode yang sangat sederhana yang dilakukan oleh para petani kopi. Perbedaan pokok dari kedua cara tersebut adalah pada waktu pengupasan daging buah, kulit tanduk dan kulit ari. Pada cara basah tahapan-tahapan tersebut dilaksanakan pada saat kopi gelondong masih dalam keadaan basah sedangkan pada cara kering ketiga proses tersebut dilakukan saat buah sudah kering (Clarke dan Macrae, 1987).

Jenis-jenis cacat

Berdasarkan SNI biji kopi nomor 01-2907-1999 jenis-jenis cacat kopi seperti terdapat pada Tabel 1.

Pengolahan citra

Teknologi pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Pengolahan citra mampu untuk menganalisa penampilan suatu bahan berdasarkan ukuran, warna dan bentuk. Serta memiliki tingkat ketepatan dan konsistensi lebih dari pada organ sensorik manusia. Menurut Arymurti dan Suryana (1992), dalam pengembangan algoritma pengolahan citra diperlukan pengembangan dua perangkat pendukung agar didapat hasil analisa citra yang baik yaitu perangkat keras (peralatan) dan perangkat lunak (program komputer).

Pengolahan citra digital dipengaruhi oleh jenis perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Salah satu perangkat keras adalah sensor citra. Banyak macam sensor citra yang digunakan, namun saat ini yang sering digunakan adalah *solid state image sensor* karena mempunyai banyak kelebihan seperti konsumsi daya listrik yang kecil, ukurannya kecil dan kompak, tahan guncangan dan sebagainya. Sensor jenis ini dapat diklasifikasikan berdasarkan caranya melakukan scanning, yang umumnya dibedakan menjadi dua jenis yaitu : *Charge-Coupled Device* (CCD) dan *Metal-Oxide Semiconductor* (MOS) (Ahmad, 2002).

Artificial Neural Network

Artificial Neural Network (ANN) merupakan sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik tertentu menyerupai jaringan syaraf biologi manusia (Fauset, 1994). ANN mampu mempelajari contoh input dan output yang diberikan, kemudian belajar beradaptasi dengan lingkungan sehingga mampu memecahkan permasalahan yang tidak dapat dipecahkan dengan metode konvensional. Selain itu ANN mampu menyelesaikan permasalahan dimana hubungan antara input dan output tidak diketahui dengan jelas. Dalam melakukan proses belajar ANN dapat memodifikasi tingkah lakunya sesuai dengan keadaan lingkungannya (Setiawan S, 1993).

ANN tersusun dari beberapa lapisan (*layer*) yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*). Setiap unit pada *input layer* akan menjadi masukan bagi *hidden layer*, dan keluaran dari *hidden layer* akan menjadi masukan bagi *output layer*. Hubungan antara *input layer* dengan *hidden layer* diberi bobot, demikian juga antara *hidden layer* dengan *output layer* juga diberi bobot.

Tabel 1. Jenis-jenis cacat kopi

Jenis cacat	Uraian
Biji hitam	Biji kopi yang setengah atau lebih bagian luarnya berwarna hitam.
Biji hitam sebagian	Biji kopi yang kurang dari setengah bagian luarnya berwarna hitam
Biji hitam pecah	Biji kopi yang berwarna hitam tidak utuh, ukuran sama atau kurang dari $\frac{3}{4}$ bagian biji utuh
Kopi gelondong	Buah kopi kering.
Biji coklat	Biji kopi yang setengah atau lebih bagian luarnya berwarna coklat
Husk (kulit kopi) ukuran besar	Kulit majemuk dari kopi gelondong dengan atau tanpa kulit ari dan kulit tanduk di dalamnya, yang berukuran lebih besar dari $\frac{3}{4}$ bagian kulit kopi gelondong utuh
Husk (kulit kopi) ukuran sedang	Kulit majemuk dari kopi gelondong dengan atau tanpa kulit ari dan kulit tanduk di dalamnya, yang berukuran $\frac{1}{2}$ sampai dengan $\frac{3}{4}$ bagian dari kulit kopi gelondong yang utuh
Husk (kulit kopi) ukuran kecil	Kulit majemuk dari kopi gelondong dengan atau tanpa kulit ari dan kulit tanduk di dalamnya, yang berukuran $< \frac{1}{2}$ bagian kulit kopi gelondong utuh
Biji berkulit tanduk	Biji kopi masih terbungkus dalam kulit tanduk
Kulit tanduk ukuran besar	Kulit tanduk yang terlepas dari biji kopi yang berukuran $> \frac{3}{4}$ bagian kulit tanduk utuh.
Kulit tanduk ukuran sedang	Kulit tanduk yang terlepas atau tidak terlepas dari biji kopi yang berukuran $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{3}{4}$ bagian dari kulit tanduk utuh.
Kulit tanduk ukuran kecil	Kulit tanduk yang terlepas atau tidak terlepas dari biji kopi yang berukuran kurang dari $\frac{1}{2}$ bagian dari kulit tanduk utuh.
Biji pecah	Biji kopi yang tidak utuh yang besarnya sama atau kurang dari $\frac{3}{4}$ bagian biji utuh.
Biji muda	Biji kopi yang kecil dan keriput pada seluruh bagian luarnya.
Biji berlubang satu	Biji kopi yang berlubang satu akibat serangan serangga
Biji berlubang lebih dari satu	Biji kopi yang berlubang lebih dari satu akibat serangan serangga.
Ranting, tanah atau batu besar	Ranting, tanah atau batu berukuran panjang atau diameter lebih dari 10 mm.
Ranting, tanah, batu sedang	Ranting, tanah atau batu berukuran panjang atau diameter 5 mm - 10 mm.
Ranting, tanah atau atau batu kecil	Ranting, gumpalan tanah atau batu berukuran panjang diameter kurang dari 5 mm.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Tempat penelitian di Laboratorium Sistem dan Manajemen Mekanisasi Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan sejak bulan April sampai dengan Juli 2004.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah kopi robusta pengolahan kering yang diperoleh dari petani di daerah Tanggamus dan eksportir di Bandar Lampung, yang terdiri dari kopi bagus, kopi cacat dan benda asing.

Peralatan yang digunakan untuk pengambilan citra adalah kamera digital

Tabel 2. Pengaturan peralatan dalam pengambilan citra

Uraian	Keterangan
Merk kamera	ORITE VC-3210
Jarak kamera thd objek	170 mm
Resolusi citra	72 dpi
Format citra	JPG
Ukuran frame	320 x 240 piksel (113 x 85 mm)
Kondis lampu	2 buah lampu TL 20 watt
Tinggi lampu dari papan gambar	325 mm
Sudut lampu	45° dan 135°
Latar belakang objek	kertas warna putih
Dimensi papan gambar	456 x 550 x 50 mm
Dimensi ruangan foto	660 x 630 x 600 mm
Penutup ruangan foto	<i>Styrofoam</i> 18 mm warna putih

merk ORITE type VC-3210 resolusi 3.1 megapiksel, papan gambar, *Styrofoam*, seperangkat komputer dengan prosesor AMD Athlon(tm) 950 MHz, 112 MB RAM, lampu TL 20 watt, penggaris, timbangan. Digunakan beberapa perangkat lunak yang beroperasi pada lingkungan Windows yaitu Jasc Paintshop Pro 6 untuk melihat tampilan citra biji kopi dan Visual Basic 6.0 untuk bahasa pemrograman.

Metode

Persiapan biji kopi

Sampel biji kopi dipilih sesuai dengan ketentuan SNI Biji Kopi nomor 01-2907-1999 mengenai ketentuan umum syarat mutu kopi pengolahan kering, demikian juga untuk menentukan jenis-jenis cacat pada kopi. Masing-masing jenis cacat termasuk kopi bagus dipilih 50 butir untuk data training dan 25 butir untuk data validasi, sehingga jumlah data training keseluruhan adalah 1300 data dengan data validasi keseluruhan 650 data.

Pengambilan citra

Sebelum pengambilan citra untuk data training dan validasi, dilakukan penentuan warna latar belakang dan pencahayaan yang tepat. Ini dilakukan dengan cara coba-coba, dan kemudian dipilih warna

putih sebagai latar belakang. Pada tahap ini pula dilakukan pemilihan jarak kamera terhadap objek yang paling optimal. Peralatan yang digunakan dan cara pengaturannya ditunjukkan pada Tabel 2.

Pengolahan citra biji kopi

Pengolahan citra biji kopi dilakukan dengan program pengolah citra menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6.0. Output program pengolah citra adalah data-data numerik seperti luas, panjang, *roundness*, *compactness*, indeks merah, indeks hijau, indeks biru, *hue* (corak), saturasi dan intensitas. Selanjutnya data-data tersebut digunakan sebagai data input training ANN dan validasi.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung data-data *compactness*, *roundness*, indeks merah, indeks hijau, indeks biru adalah : (Ahmad U, 2002).

Compactness (C)

$$C = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{P^2} \quad (1)$$

Roundness (R)

$$R = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot L^2} \quad (2)$$

Indeks merah (IR)

$$IR = \frac{R}{R + G + B} \quad (3)$$

Indeks hijau (IG)

$$IG = \frac{G}{R + G + B} \quad (4)$$

Indeks biru (IB)

$$IB = \frac{B}{R + G + B} \quad (5)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *hue*, saturasi dan intensitas adalah: (Choi *et al*, 1995; Ahmad U, 2002)

Hue (H)

$$\text{Cos } H = \frac{2R - G - B}{2((R - G)^2 + (R - B)(G - B))^{1/2}} \quad (6)$$

Jika $B > G$ maka nilai *hue* adalah $360 - H$

Saturasi (S)

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \min(R, G, B) \quad (7)$$

Intensitas (I)

$$I = \frac{R + G + B}{3} \quad (8)$$

dimana :

- A = luas area (piksel)
- P = perimeter (piksel)
- L = panjang diagonal (piksel)
- R = nilai warna merah (tanpa satuan)
- G = nilai warna hijau (tanpa satuan)
- B = nilai warna biru (tanpa satuan)

Arsitektur Artificial Neural Network (ANN)

Model ANN yang digunakan untuk pendugaan jenis-jenis cacat biji kopi ada 2, yaitu Model 1 dan Model 2. Pada Model 1 menggunakan 10 parameter input yang terdiri dari luas, panjang, *roundness*, *compactness*, indeks merah, indeks hijau, indeks biru, *hue*, saturasi dan intensitas. Output dari model 1 ada 26 parameter

yang terdiri dari biji hitam, biji hitam sebagian, biji hitam pecah, kopi gelondong, biji warna coklat, kulit kopi besar, kulit kopi sedang, kulit kopi kecil, biji berkulit tanduk, kulit tanduk besar, kulit tanduk sedang, kulit tanduk kecil, biji pecah, biji muda, biji lubang satu, biji lubang lebih dari satu, ranting besar, ranting sedang, ranting kecil, tanah besar, tanah sedang, tanah kecil, batu besar, batu sedang, batu kecil dan kopi bagus. Model 2 menggunakan 5 parameter input yang terdiri dari luas, panjang, *roundness*, saturasi dan intensitas dengan output sama dengan pada Model 1. Algoritma yang digunakan untuk kedua model adalah propagasi balik (*back propagation*).

Validasi

Validasi dilakukan sebagai pengujian akurasi ANN terhadap contoh yang diberikan. Rumus yang digunakan adalah

$$\text{Akurasi (\%)} = A/B \times 100\% \quad (9)$$

dimana :

- A : jumlah data hasil pendugaan yang sama dengan target
- B : jumlah data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program Pengolah Citra

Tujuan dari program pengolah citra adalah untuk mendapatkan data-data numerik dari kopi, baik itu kopi bagus, kopi cacat seperti : biji hitam, biji hitam sebagian, biji hitam pecah, kopi gelondong, biji coklat, biji berkulit tanduk, biji pecah, biji muda, biji lubang satu, biji lubang lebih dari satu, dan benda asing seperti : kulit kopi besar, kulit kopi sedang, kulit kopi kecil, kulit tanduk besar, kulit tanduk sedang, kulit tanduk kecil, ranting besar, ranting sedang, ranting kecil, tanah besar, tanah sedang, tanah kecil, batu besar, batu sedang dan batu kecil.

Masukan dari program pengolah citra adalah frame foto dari berbagai jenis cacat kopi dan kode-kode biner jenis cacat yang telah ditentukan terlebih dahulu. Keluaran dari program adalah data luas, panjang, *roundness*, *compactness*, indeks merah, indeks hijau, indeks biru, *hue*, saturasi dan intensitas serta bilangan biner yang telah diinputkan. Selanjutnya data-data tersebut disimpan pada file dengan ekstensi *.txt* dan digunakan sebagai data training untuk program training ANN. Tampilan program pengolah citra seperti terdapat pada Gambar 1.

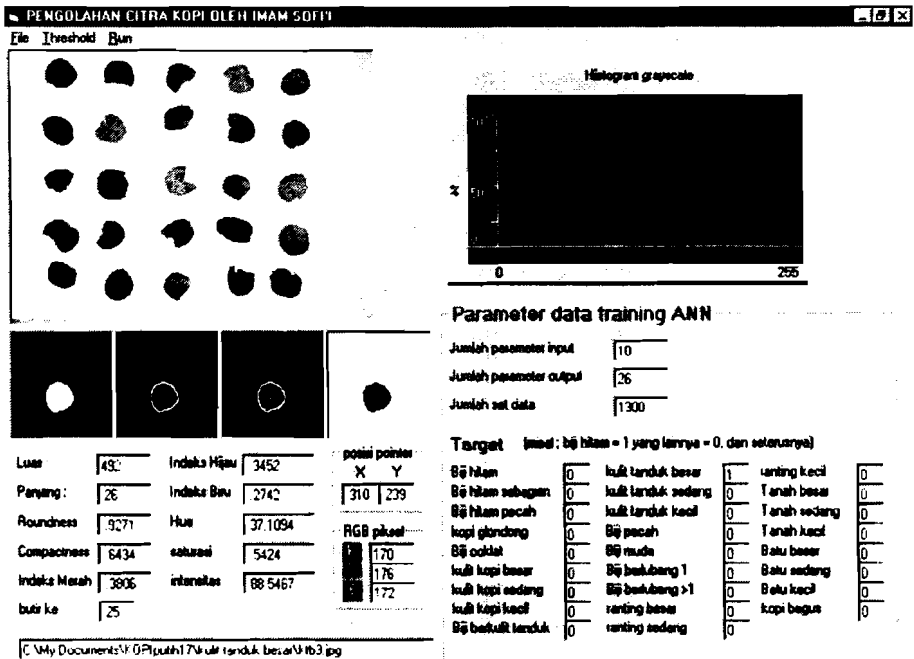
Data Training ANN

Data yang digunakan untuk training ANN terdiri dari parameter input dan parameter output. Parameter input adalah data numerik hasil pengolahan citra kopi berupa luas, panjang, *roundness*, *compactness*, indeks merah, indeks hijau, indeks biru, *hue*, saturasi dan intensitas. Sedangkan parameter output berupa jenis cacat yang dilambangkan dengan bilangan biner. Bilangan biner ini diperoleh

dengan cara menginputkan ke program pengolah citra sebelum program dijalankan (running program).

Bilangan biner yang digunakan untuk setiap jenis cacat berbeda-beda. Untuk jenis cacat biji hitam diberi kode 10000000000000000000000000, untuk biji hitam sebagian diberi kode 01000000000000000000000000, untuk biji hitam pecah diberi kode 00100000000000000000000000 demikian seterusnya untuk jenis cacat lainnya. Sehingga setiap kali membuka file citra yang berbeda jenis cacatnya dan menjalankan program maka harus dilakukan penggantian kode biner.

Sebelum melakukan training maka dilakukan normalisasi data dari masing-masing parameter input. Caranya adalah menjadikan nilai tertinggi dari data dengan nilai 1 (satu) dan nilai terendah 0 (nol). Tujuan dari normalisasi data adalah agar pada aktivasi fungsi sigmoid, hasil aktivasi menyebar pada range antara 0 sampai 1. Jika tidak dilakukan normalisasi data maka selang hasil aktivasi akan sempit dan tidak menyebar. Untuk data yang



Gambar 1 Tampilan program pengolah citra.

nilainya besar seperti data luas, panjang, hue dan intensitas cenderung mengumpul berada dekat dengan nilai 1. Sedangkan untuk data yang mempunyai nilai kecil dengan nilai tertinggi kurang dari 1 seperti compactness, indeks merah, indeks hijau, indeks biru dan saturasi maka hasil aktivasi cenderung berada pada nilai 0 - 0.5.

Model ANN untuk pendugaan jenis cacat

Validasi merupakan pengujian model ANN yang dilakukan terhadap data yang tidak digunakan dalam training. Validasi dilakukan terhadap setiap jenis cacat biji kopi termasuk kopi bagus. Data yang digunakan untuk validasi masing-masing adalah 25 butir (1 frame foto). Tampilan program pendugaan jenis cacat kopi terdapat pada Gambar 2 dan akurasi pendugaan oleh kedua model seperti pada Gambar 3.

Akurasi dari kedua model memberikan hasil yang berbeda, pada Model 1 akurasi

tertinggi sebesar 72.6% dicapai pada iterasi ke-40 ribu sedangkan pada Model 2 akurasi tertinggi sebesar 68.2% diperoleh pada iterasi ke-25 ribu.

Model 1 memberikan akurasi yang lebih tinggi, hal ini disebabkan pada Model 1 input yang diberikan jumlahnya dua kali lebih besar dari Model 2, demikian juga pada lapisan tersembunyi. Dengan semakin banyaknya data input maka akan semakin banyak kombinasi pasangan data, sehingga output yang dihasilkan akan semakin mendekati output data (target).

Jumlah iterasi yang semakin besar tidak dapat menjamin akurasi yang lebih besar. Pada Model 1, iterasi ke-45 ribu dan ke-50 ribu memberikan akurasi yang lebih rendah dibanding iterasi ke-40 ribu. Demikian pula pada Model 2, iterasi ke-30 ribu, ke-35 ribu dan ke-40 ribu memberikan akurasi lebih rendah dibanding iterasi ke-25 ribu. Akurasi yang rendah ini kemungkinan disebabkan

■ PENENTUAN JENIS CACAT BIJI KOPI oleh IMAM SOFI'Y

Open Image Run Exit

Luas :	260	Indeks Hijau	3427	butir ke	25
Panjang :	20	Indeks Biru	2809		
Roundness :	828	Hue	36.8069		
Compactness	7062	saturasi	3949		
Indeks Merah	3764	intensitas	91.9		

E:\My Documents\KOP\putih17\kopi bagus\k_b3.jpg

HASIL PENDUGAAN

Jenis Cacat	Jml contoh	Terdeteksi
Biji hitam	0	0
Biji hitam sebagian	0	0
Biji hitam pecah	0	0
kopi glandang	0	0
Biji coklat	0	0
kulit kopi besar	0	0
kulit kopi sedang	0	0
kulit kopi kecil	0	0
Biji berkulit tanduk	0	1
kulit tanduk besar	0	0
kulit tanduk sedang	0	0
kulit tanduk kecil	0	0
Biji pecah	0	0
Biji muda	0	0
Biji berlubang 1	0	1
Biji berlubang >1	0	0
ranting besar	0	0
ranting sedang	0	0
ranting kecil	0	0
Tanah besar	0	0
Tanah sedang	0	0
Tanah kecil	0	0
Batu besar	0	0
Batu sedang	0	0
Batu kecil	0	0
kopi bagus	25	23

Gambar 2 Tampilan program penentuan jenis cacat biji kopi.

terjadinya over training karena jaringan menjadi spesifik untuk data training.

Perbandingan hasil pendugaan antara Model 1 dan Model 2 terdapat pada Tabel 3. Hasil pendugaan yang sama antara Model 1 dengan Model 2 terjadi pada kopi gelondong, kulit kopi besar, ranting besar dan ranting sedang. Hal ini berarti faktor input *compactness*, indeks merah, indeks hijau, indeks biru, dan *hue* tidak mempengaruhi ANN dalam klasifikasi output.

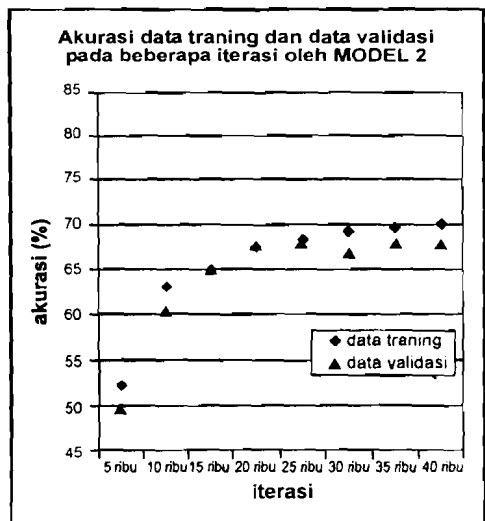
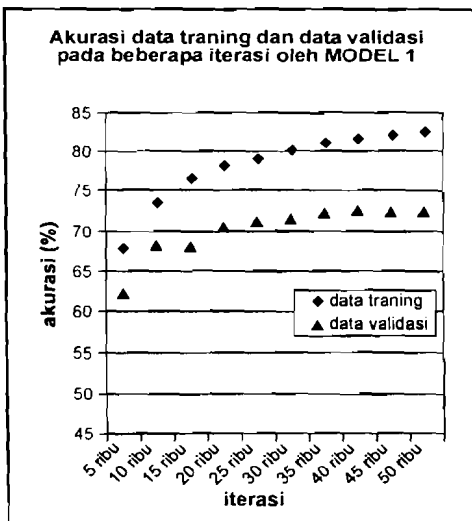
Ada beberapa jenis cacat kopi yang dicirikan oleh faktor *compactness*, indeks merah, indeks hijau, indeks biru dan *hue* yaitu biji hitam, biji hitam pecah, kulit kopi sedang, kulit kopi kecil, biji berkulit tanduk, kulit tanduk besar, kulit tanduk kecil, biji pecah, biji berlubang 1, biji berlubang > 1, tanah sedang, batu besar, batu sedang, batu kecil dan kopi bagus. Dengan tidak adanya faktor-faktor tersebut maka akurasi Model 2 memberikan hasil yang lebih rendah. Tetapi ada beberapa jenis cacat yang justru akan menurun akurasinya jika faktor tersebut dilibatkan, hal ini terjadi pada biji hitam sebagian, biji coklat, kulit tanduk sedang, biji muda, ranting kecil, tanah besar dan tanah kecil.

Secara umum akurasi pendugaan sangat dipengaruhi oleh pola sebaran

datanya. Sebagai contoh hasil akurasi pendugaan tertinggi oleh kedua model terjadi pada kopi gelondong dan ranting besar sebesar 100% sedangkan akurasi terendah pada pendugaan biji berlubang >1, yaitu untuk Model 1 sebesar 12% dan Model 2 sebesar 0%. Jika dilihat dari pola sebaran datanya menunjukkan bahwa sebaran data pada biji berlubang >1 lebih seragam (mempunyai tingkat persamaan yang tinggi dengan data yang lain dalam hal luas, panjang, *roundness*, *compactness*, indeks merah, indeks hijau, indeks biru, *hue*, saturasi dan intensitas) dibandingkan dengan kopi gelondong dan ranting besar.

Pada Tabel 3 ada jenis cacat yang mempunyai akurasi pendugaan 0% yaitu biji berlubang > 1 walaupun contoh yang digunakan untuk validasi mempunyai kemiripan dengan data yang digunakan untuk training. Nilai 0% ini berarti dari contoh tersebut tidak satupun dikenali sebagai biji berlubang > 1. Hasil validasi ini dipengaruhi oleh bobot yang dihasilkan saat training.

Tujuan dari training pada model ANN adalah untuk mendapatkan bobot antar lapisan. Perbaikan bobot dilakukan selama training dengan cara meminimumkan error antara output ANN



Gambar 3 Akurasi ANN Model 1 dan ANN Model 2 pada beberapa iterasi.

dengan target (parameter output). Proses perbaikan dilakukan berulang-ulang melalui iterasi dan akan berhenti jika nilai error sesuai dengan nilai yang diharapkan atau berhenti pada jumlah iterasi tertentu. Proses perbaikan bobot dilakukan secara keseluruhan terhadap set data training sehingga pada saat ditemukan total error yang minimum mungkin saja di dalamnya terdapat beberapa output yang secara parsial memiliki error yang tinggi (akurasi rendah). Hal ini yang menyebabkan hasil validasi beberapa output tersebut rendah atau bahkan 0%.

Dalam pembuatan model ANN untuk pendugaan perlu diperhatikan pemilihan parameter input yang digunakan. Pemilihan parameter input yang tepat akan memiliki akurasi pendugaan yang tinggi. Pada pendugaan jenis-jenis cacat kopi ada beberapa jenis cacat yang mudah dicirikan oleh parameter input tertentu. Misalnya ranting besar dicirikan oleh parameter panjang, biji hitam dan kopi bagus dicirikan oleh parameter intensitas, kopi gelondong dan kulit kopi besar dicirikan oleh parameter luas dan sebagainya. Jenis cacat yang memiliki ciri khas ini akan mudah dikenali, sehingga pada saat validasi memberikan akurasi yang tinggi.

Ada beberapa jenis cacat yang tidak mudah dicirikan oleh parameter input yang digunakan walaupun secara visual jenis cacat tersebut mudah untuk dibedakan. Misalnya untuk jenis cacat biji coklat dan biji hitam sebagian. Tetapi ada jenis cacat yang sulit untuk dibedakan secara visual yaitu biji berlubang 1 dan biji berlubang > 1. Keempat jenis cacat yang telah disebutkan tidak mudah dicirikan oleh parameter input yang digunakan, jenis cacat tersebut mempunyai tingkat kesamaan cukup tinggi dengan jenis cacat yang lain. Sehingga pada saat validasi memberikan akurasi yang rendah. Parameter input yang digunakan oleh Model 1 maupun Model 2 belum dapat mencirikan jenis

Tabel 3 Perbandingan hasil pendugaan antara Model 1 dan Model 2 (data untuk validasi masing-masing jenis cacat 25 butir)

Jenis cacat	Akurasi pendugaan (%)	
	Model 1	Model 2
Biji hitam	84	80
Biji hitam sebagian	16	20
Biji hitam pecah	76	68
Kopi gelondong	100	100
Biji coklat	40	44
Kulit kopi besar	96	96
Kulit kopi sedang	60	56
Kulit kopi kecil	56	52
Biji berkulit tanduk	68	52
Kulit tanduk besar	100	92
Kulit tanduk sedang	96	100
Kulit tanduk kecil	88	84
Biji pecah	88	72
Biji muda	60	68
Biji berlubang 1	16	8
Biji berlubang>1	12	0
Ranting besar	100	100
Ranting sedang	68	68
Ranting kecil	76	88
Tanah besar	72	76
Tanah sedang	92	88
Tanah kecil	92	96
Batu besar	100	92
Batu sedang	52	4
Batu kecil	88	80
Kopi bagus	92	88
Rata-rata	72.6	68.1

cacat tersebut karena parameter pendugaan dari faktor warna seperti parameter indeks merah, indeks hijau, indeks biru, *hue*, saturasi dan intensitas adalah nilai rata-rata dari tiap butir.

Penambahan parameter input diperlukan untuk dapat mencirikan jenis-jenis cacat yang mempunyai akurasi rendah. Misalnya untuk pencirian biji hitam sebagian, biji berlubang 1 dan biji berlubang > 1 dapat digunakan parameter luas bagian yang berwarna hitam. Sebagai gambaran jika luas bagian yang hitam dari butir antara seperempat sampai

setengah dari biji utuh maka kemungkinan adalah biji hitam sebagian, jika luas bagian hitam antara seperdelapan sampai seperempat maka kemungkinan adalah biji berlubang > 1 dan jika luas bagian hitam lebih kecil dari seperdelapan kemungkinan sebagai biji berlubang 1. Disamping itu dapat juga menggunakan bentuk dan luas bagian yang berwarna hitam sebagai penciri dari biji berlubang 1 dan biji berlubang >1. Untuk pencirian biji coklat dapat menggunakan parameter total nilai RGB pada luasan tertentu yang diambil dari titik pusat objek.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

- Telah dibangun 2 Model ANN untuk pendugaan jenis-jenis cacat pada kopi yaitu Model 1 dengan 10 parameter penduga yaitu luas, panjang, *roundness*, *compactness*, indeks merah, indeks hijau, indeks biru, *hue*, saturasi dan intensitas dan Model 2 dengan 5 parameter penduga yaitu luas, panjang, *roundness*, saturasi dan intensitas. Kedua model digunakan untuk membedakan 26 jenis cacat kopi.
- Akurasi rata-rata oleh Model 1 sebesar 72.6% dicapai pada iterasi ke-40 ribu sedangkan Model 2 sebesar 68.2% diperoleh pada iterasi ke-25 ribu.
- Akurasi pendugaan tertinggi oleh Model 1 sebesar 100% terjadi pada kopi gelondong, kulit tanduk besar, ranting besar dan batu besar, sedangkan akurasi pendugaan terendah sebesar 12% terjadi pada biji berlubang >1. Akurasi pendugaan tertinggi oleh Model 2 sebesar 100% terjadi pada kopi gelondong, kulit tanduk sedang dan ranting besar, sedangkan akurasi pendugaan terendah sebesar 0% terjadi pada biji berlubang >1.
- Ada beberapa jenis cacat yang sulit

dikenali karena tidak dapat dibedakan dengan nilai parameter penduga. Contohnya adalah jenis cacat biji hitam sebagian, biji coklat, biji berlubang 1 dan biji berlubang >1 yang memiliki nilai parameter penduga berupa rata-rata nilai indeks merah, indeks hijau, indeks biru, *hue*, saturasi dan intensitas yang serupa.

Saran

- Diperlukan parameter yang lebih rincis seperti parameter luas bagian yang berwarna hitam, bentuk bagian yang berwarna hitam dan nilai RGB pada luasan tertentu agar dapat digunakan sebagai parameter penciri dari jenis cacat yang sulit dikenali.
- Untuk meningkatkan akurasi diperlukan data training ANN yang lebih besar dan data lebih beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad U. 2002. *Teknik Dasar Pengolahan Citra Digital*. Bogor.
- Arymurty AM dan S Suryana. 1992. *Pengantar Pengolahan Citra*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Choi K, G Lee, YJ Han, JM Bunn. 1995. *American Society of Agricultural Engineers* 0001-2351/95/3801-0171. Vol.38(1):171-176.
- Fauset L. 1994. *Fundamentals of Neural Networks. Architectures, Algorithms, and Applications*. Prentice-Hall, New Jersey.
- Clarke RJ and R Macrae. 1987. *Coffee Technology*. Vol. 2. London and New York. Elsevier Applied Science.
- Setiawan S. 1993. *Artificial Intelligence*. Andi. Yogyakarta.
- SNI. 1999. Standar Nasional Indonesia No.01-2907-1999 tentang Biji Kopi. Dewan Standarisasi Nasional-DSN. Jakarta.
- Siswoputranto S. 1993. *Kopi: Internasional dan Indonesia*. Kanisius. Yogyakarta.