

PENDUGAAN TINGKAT KEAMANAN JAGUNG DENGAN MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Agus Supriatna Somantri, Miskiyah & Wisnu Broto

Abstract

Food security is the main problem in food production in Indonesia. One of the reason that the food from corn is not safe to be consumed caused by contaminated by aflatoxins which produced by fungi. Determination of food contaminants is usually carried out by laboratory analysis. This method is very expensive and need a lot of time. The objective of the research was to predict the security of corn due to aflatoxin contaminant by using image processing and artificial neural network (ANN). The image of seed corn was taken by using digital camera and processed by image processing program. ANN model was developed with 10 input parameters, 20 hidden layers and 4 targets. The targets of safety levels was four such as very safe, safe, less safe and not safe. The accuracy of the model was 74%.

Keywords: Seed corn, Food Contaminants, Image Prodesing, Artificial Neural Network

1. PENDAHULUAN

Pembangunan di sektor pertanian tanaman pangan sudah seharusnya mendapatkan perhatian yang lebih besar guna memenuhi kebutuhan pangan maupun pakan dalam negeri yang jumlahnya dari tahun ke tahun terus meningkat. Peningkatan produksi dari sektor ini sekaligus akan menumbuhkan roda perekonomian di pedesaan, menyerap tenaga kerja dan meningkatkan kesejahteraan para petani. Upaya percepatan pembangunan sektor ini tentu saja dengan mempertimbangkan berbagai permasalahan yang senantiasa terjadi di tingkat petani, salah satunya adalah masih tingginya tingkat cemaran yang sangat berbahaya bagi keamanan pangan maupun pakan.

Saat ini kewanamanan pangan merupakan tuntutan yang tidak bisa ditawar lagi. Keamanan pangan merupakan kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia. Salah satu penyebab bahan pangan ataupun pakan menjadi tidak aman adalah akibat tercemarnya bahan pangan tersebut oleh toksin yang dihasilkan oleh jamur. Indonesia sebagai negara yang beriklim tropis mengakibatkan produk pertaniannya sangat rentan terhadap serangan jamur ataupun kapang yang berpotensi menghasilkan mikotoksin.

Salah satu jenis mikotoksin yang sangat berbahaya adalah aflatoksin yang bersifat karsinogen karena bisa menyebabkan kanker bagi manusia ataupun hewan yang mengkonsumsi makanan yang mengandung aflatoksin tersebut. Cemaran aflatoksin pada

jagung, kacang tanah dan produk pertanian lainnya selain akan menurunkan daya saing, juga berdampak pada perekonomian secara nasional karena produk pertanian tersebut tidak memenuhi persyaratan mutu dan keamanan, sehingga akan sulit menembus pasar internasional. Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) (Anonymous, 2008), menetapkan batas kontaminasi aflatoksin pada biji jagung maksimum 35 ppb untuk total aflatoksin dan maksimum 20 ppb untuk AFB1. Sedangkan untuk jagung sebagai bahan pakan aflatoksin maksimum 50 ppb (Anonymous, 1998).

Produksi jagung di Indonesia selama 5 tahun terakhir terus meningkat, pada tahun 2006 mencapai sekitar 12 juta ton dan pada tahun 2010 diperkirakan meningkat menjadi 13,6 juta ton. Jagung digunakan untuk bahan baku industri makanan, konsumsi langsung manusia dan terbesar untuk bahan baku industri pakan ternak. Kebutuhan jagung untuk industri pakan ternak mencapai 5 juta ton/tahun dengan laju kenaikan sekitar 10 - 15% setiap tahunnya (Ditjen P2HP, 2008). Namun peningkatan produksi ini belum dibarengi oleh peningkatan mutunya, sehingga produksi jagung dari petani ditolak oleh pabrik pakan.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan jagung dan juga untuk mengurangi ketergantungan terhadap jagung impor adalah dengan penanganan pascapanen yang baik sehingga kehilangan hasil selama kegiatan pascapanen dapat ditekan. Menurut Purwadaria (1987), kegiatan pascapanen jagung meliputi pemanenan, pengangkutan, pengeringan, perontokan dan penyimpanan. Besarnya susut pada kegiatan pascapanen jagung (tidak termasuk pada kegiatan penyimpanan) bervariasi dari 1,2 - 5,2% susut tercecer, dan 5 - 10% susut mutu.

Tingginya tingkat kerusakan dan cemaran aflatoksin yang disebabkan oleh cara-cara penanganan yang kurang baik menyebabkan harga jagung jatuh di pasaran, bahkan ketika dihadapkan pada standar mutu yang sudah ditetapkan, jagung tersebut tidak dapat diterima oleh industri pakan. Kerusakan tertinggi biasanya terjadi saat perontokan dengan mesin, dan jagung yang telah terkelupas kulitnya akan memudahkan jamur untuk tumbuh secara cepat terutama dari jenis *Aspergillus* sp yang berpotensi menghasilkan aflatoksin.

Selama ini identifikasi cemaran aflatoksin pada jagung dilakukan dengan menggunakan analisis laboratorium. Cara ini cukup mahal dan membutuhkan waktu yang relatif lama. Di samping itu tidak setiap sentra produksi jagung dekat dengan pusat pengujian atau laboratorium yang bisa melayani pengujian cemaran aflatoksin ini. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu adanya suatu cara yang dapat mengidentifikasi tingkat cemaran atau tingkat keamanan jagung yang mudah, murah serta cepat dalam pengoperasiannya. Pengolahan citra merupakan alternatif untuk mengatasi persoalan tersebut. Cara ini memiliki kemampuan yang lebih peka karena dilengkapi dengan sensor elektro-optika yang bisa dipastikan akan lebih tepat dan obyektif jika dibandingkan dengan cara visual manusia yang bersifat subyektif dan sangat dipengaruhi oleh kondisi psikis pengamatnya (Gao and Tan, 1996). Teknik pengolahan citra bisa memberikan informasi yang baik jika digabungkan dengan sistem pengambilan keputusan yang bisa memberikan akurasi yang tinggi. Kusumadewi (2003), penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan memungkinkan akan memberikan hasil optimal, karena memiliki kelebihan dalam menyelesaikan persoalan yang sifatnya non-linear.

Penelitian dan pengembangan pengolahan citra dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk kepentingan identifikasi mutu fisik suatu komoditas sudah banyak dikembangkan, seperti untuk identifikasi tingkat kerusakan biji kopi (Sofi'i, dkk., 2005), pemutuan edamame (Sudibyo, dkk., 2006), pemutuan bunga potong (Ahmad, U. dkk., 2006) dan masih banyak lagi. Penelitian seperti ini merupakan dasar bagi penelitian dan pengembangan bidang sortasi tanpa menyentuh dan merusak objeknya.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan algoritma pengolahan citra

untuk menduga tingkat keamanan jagung pipilan sebagai akibat cemaran aflatoksin dengan menggunakan pengolahan citra digital dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Hasil penelitian ini diharapkan akan bermanfaat bagi identifikasi tingkat keamanan atau tingkat cemaran pada jagung yang cepat tanpa harus merusak sampel biji jagung tersebut.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan sejak bulan Juli sampai dengan bulan Oktober 2008. Bahan yang digunakan adalah jagung P-11 yang diperoleh dari kebun petani di desa Mojopuro, kabupaten Sumberlawang, Sragen, Jawa Tengah. Jagung dipipil kemudian dikeringkan sampai kadar air 14% dan dipisahkan berdasarkan tingkat cemarannya seperti biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman dan biji tidak aman. Definisi untuk masing-masing kriteria tingkat cemaran tersebut seperti pada Tabel 1.

Peralatan yang digunakan adalah kamera digital, kotak pengambilan citra, lampu PL 5 watt 4 buah, dan seperangkat komputer. Jarak kamera dengan objek adalah 15 cm. Biji jagung diletakkan di atas kertas berwarna biru muda dan kamera diletakkan tegak lurus dengan bahan uji dengan disertai penerangan yang memadai. Kemudian gambar diambil dan setelah pengambilan gambar segera dilakukan pengujian laboratoriumnya untuk mengetahui kadar aflatoksinnya. Pengambilan gambar dan pengujian aflatoksin dilakukan secara berkala setiap 2 minggu sekali untuk mendapatkan gambar yang bisa mewakili tingkat keamanan seperti biji jagung sangat aman, aman, kurang aman dan tidak aman.

Setelah diperoleh Gambar kemudian dilakukan pengolahan citra untuk mendapatkan parameter yang nantinya akan di-training untuk mendapatkan bobot yang optimal. Proses training ini dilakukan berkali-kali bahkan sampai puluhan ribu kali. Proses training akan dihentikan ketika bobot sudah tercapai secara optimal dan bobot yang sudah dicapai ini merupakan bahan untuk sistem pemrograman aplikasi.

Tabel 1 Definisi untuk Masing-Masing Kriteria Mutu Fisik Jagung

No.	Mutu Fisik	Definisi
1.	Biji sangat aman	Biji jagung kering yang memiliki kandungan aflatoksin antara 0 – 3 ppb
2.	Biji aman	Biji jagung kering memiliki kandungan aflatoksin antara 3 – 10 ppb
3.	Biji kurang aman	Biji jagung kering yang memiliki kandungan aflatoksin antara 10 – 50 ppb yang tidak utuh/rusak akibat proses perontokan atau pemipilan
4.	Biji tidak aman	Biji jagung kering yang memiliki kandungan aflatoksin lebih dari 50 ppb



Gambar 1 Peralatan Pengolahan Citra Digital untuk Identifikasi Mutu Fisik Jagung

2.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra dimulai dengan proses *thresholding*, yaitu proses pemisahan citra berdasarkan batas nilai tertentu, dalam proses *thresholding* citra warna diubah menjadi citra biner. Tujuan proses *thresholding* adalah untuk membedakan objek dengan latar belakangnya. Setelah proses *thresholding* proses selanjutnya adalah proses penghitungan nilai-nilai parameter antara lain R, G, B, RGB rata-rata (*color value*), indeks R (I_{red}), indeks G (I_{green}), indeks B (I_{blue}), *hue* (corak), *saturation* (kejenuhan) dan *intensity* (selanjutnya disingkat HSI) dari tiap-tiap *pixel* citra jagung, baik biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman maupun biji tidak aman.

- a. Pengukuran Parameter RGB (*Red, Green dan Blue*)

Parameter RGB diperoleh dari tiap-tiap *pixel* warna pada citra biji jagung yang merupakan nilai intensitas untuk masing-masing warna merah, hijau, dan biru. Nilai rata-rata dari R, G dan B dijumlahkan untuk mendapatkan *color value* atau RGB rata-rata.

- b. Pengukuran parameter Indeks R, Indeks G dan Indeks B

Perhitungan indeks warna merah/indeks R (I_{red}), indeks warna hijau/indeks G (I_{green}), dan indeks warna biru/indeks B (I_{blue})

menggunakan rumus pada persamaan (1), (2) dan (3). Intensitas warna merah dibagi dengan penjumlahan dari nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru sehingga menghasilkan nilai parameter indeks R. Intensitas warna hijau dibagi dengan penjumlahan dari nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru sehingga menghasilkan nilai parameter indeks G. Intensitas warna biru dibagi dengan penjumlahan dari nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru sehingga menghasilkan nilai parameter indeks B. Perhitungan parameter Indeks R, G, dan B diperoleh dari tiap-tiap *pixel* pada citra kopi.

Model warna RGB dapat juga dinyatakan dalam bentuk indeks warna RGB dengan rumus sebagai berikut (Ahmad, 2005; Arimurthy, dkk., 1992):

Indeks warna merah:

$$(I_{red}) = \frac{R}{R + G + B} \dots\dots\dots(1)$$

Indeks warna hijau:

$$(I_{green}) = \frac{G}{(R + G + B)} \dots\dots\dots(2)$$

Indeks warna biru:

$$(I_{blue}) = \frac{B}{(R + G + B)} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan R, G dan B masing-masing merupakan besaran yang menyatakan nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru.

- c. Penghitungan Parameter Hue (Corak), Saturation (Kejenuhan) dan Intensity (Intensitas)

Nilai parameter HSI (Hue, Saturation, Intensity) dihitung dengan persamaan (4), (5), dan (6). Intensity dihitung dengan menjumlahkan nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru (RGB) setiap pixel dari citra sehingga diperoleh algoritma untuk citra abu-abu.

$$I = \frac{R + G + B}{3} \dots\dots\dots(4)$$

$$\cos H = \frac{2R - G - B}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \dots\dots\dots(5)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \min(R, G, B) \dots\dots\dots(6)$$

2.2 Penyusunan Model Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Arsitektur jaringan syaraf tiruan yang dibangun terdiri dari tiga lapisan (layer), yaitu input layer, hidden layer dan output layer. Sebagai masukan pada input layer adalah data parameter yang berasal dari pengolahan citra, jumlah noda pada input layer sebanyak 10 unit, yaitu berupa intensitas warna merah (R), hijau (G), biru (B), RGB rata-rata (color value), indeks warna merah (R), indeks warna hijau (H), indeks warna biru (B) dan HSI. Output layer terdiri dari 4 unit, yaitu, biji utuh, biji rusak, biji patah dan biji berjamur. Sedangkan jumlah noda pada hidden layer adalah sebanyak (2*n) = 20 noda.

Data-data parameter yang dihasilkan pada pengolahan citra merupakan input dalam jaringan jaringan syaraf tiruan. Algoritma yang digunakan dalam jaringan syaraf tiruan adalah algoritma backpropagation dengan laju pembelajaran (learning rate) 0.3 dan LogisticConst 0,5.

Menurut Rich dan Knight (1983), algoritma pelatihan backpropagation adalah sebagai berikut:

- 1. Inisialisasi
 - a. Normalisasi data input x_i dan data target t_k dalam range (0,1)

- b. Seluruh pembobot (wij dan vjk) awal diberi nilai random antara -1,1
- c. Inisialisasi aktivasi thresholding unit, $x_0 = 1$ dan $h_0 = 1$

- 2. Aktivasi unit-unit dari input layer ke hidden layer dengan fungsi:

$$h_j = \frac{1}{1 + e^{-\sum w_{ij} x_i}} \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

w_{ij} = pembobot w yang menghubungkan node unit ke-i pada input layer dengan noda ke-j pada hidden layer

- 3. Aktivasi unit-unit dari hidden layer ke output layer dengan fungsi:

$$y_k = \frac{1}{1 + e^{-\sigma \sum v_{jk} h_j}} \dots\dots\dots(2)$$

di mana:

σ = konstanta logistik (logistic constant)

v_{jk} = pembobot v yang menghubungkan node unit ke-j pada hidden layer dengan noda ke-k pada output layer

- 4. Menghitung error dari unit-unit pada output layer (δ_k) dan menyesuaikannya dengan bobot v_{jk}

$$\delta_k = (1 - y_k)(t_k - y_k) \dots\dots\dots(3)$$

di mana:

t_k = target output pada noda ke-k

$$v_{jk} = v_{jk} \text{ old} + (\beta \delta_k h_j) \dots\dots\dots(4)$$

di mana:

β = konstanta laju pembelajaran

$v_{jk} \text{ old}$ = pembobot v_{jk} sebelumnya

- 5. Menghitung error dari unit-unit pada hidden layer (τ_j) dan menyesuaikannya dengan bobot w_{ij}

$$\tau_j = h_j(1 - h_j) \sum k \delta_k v_{jk} \dots\dots\dots(5)$$

$$w_{ij} = w_{ij} \text{ old} + \beta \tau_j x_i \dots\dots\dots(6)$$

- 6. Training set (learning) dihentikan jika y_k mendekati t_k . Proses pembelajaran juga dapat dihentikan berdasarkan error. Salah satu persamaan untuk nilai error adalah dengan menggunakan Root Mean Square Error (RMSE).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(p_i - a_i)^2}{n}} \dots\dots\dots(7)$$

$$Error (\%) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_i - a_i}{a_i}}{n} \times 100 \% \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

pi = nilai dugaan output ulangan ke-i

ai = nilai aktual output ulangan ke-i

n = jumlah contoh data

7. Pengulangan (iterasi)

Keseluruhan proses ini dilakukan pada setiap contoh dari setiap iterasi sampai sistem mencapai keadaan optimum. Iterasi mencakup pemberian contoh pasangan *input* dan *output*, perhitungan nilai aktivasi dan perubahan nilai pembobot.

generalisasi terhadap contoh data input-output baru, nilai RMSE dapat dinotasikan sebagai:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p - a)^2}{n}}$$

di mana :

p = nilai prediksi yang dihasilkan oleh jaringan

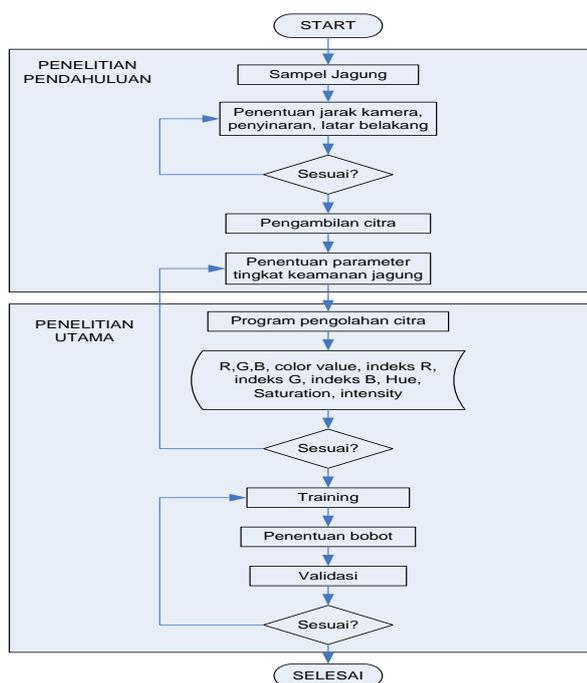
a = nilai target yang diberikan pada jaringan

n = jumlah contoh data pada set data validasi

Proses validasi dilakukan dengan memasukkan nilai data contoh set input-output yang diberikan selama proses *training*. Jika ANN telah berhasil selama proses pelatihan dan validasi maka sistem tersebut sudah dapat digunakan untuk aplikasi selanjutnya. Urutan proses pengolahan citra dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk pendugaan tingkat cemaran jagung seperti pada Gambar 2.

2.3 Validasi Model Jaringan Syaraf Tiruan

Validasi dilakukan sebagai proses pengujian kinerja jaringan terhadap contoh yang belum diberikan selama proses training. Kinerja jaringan dapat dinilai berdasarkan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) pada proses



Gambar 2 Diagram Alir Prosedur Penelitian Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Program Pengolahan Citra Digital

Penyusunan program pengolahan citra ini adalah untuk membangkitkan data-data numerik dari

setiap jenis biji jagung, seperti biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman, dan biji tidak aman ditampilkan dalam bentuk program interaktif sehingga mudah untuk dioperasikan. Tampilan program tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada tampilan program tersebut dilengkapi dengan tombol-tombol seperti buka file, buka data, buka bobot, threshold, hitung parameter, hapus memory, refresh, simpan data dan validasi. Program ini bisa digunakan untuk membangkitkan data parameter citra, training dan validasi data. Ukuran image yang dapat diproses oleh program ini adalah 640 x 480 piksel dengan format JPEG.

Untuk menguji sistem pemrograman pengolahan digital dilakukan terhadap empat target tingkat keamanan pada jagung seperti jagung sangat aman, aman, kurang aman dan tidak aman seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Setelah di ambil gambarnya dengan menggunakan kamera digital, keempat kategori sampel tersebut diuji di laboratorium dan hasilnya seperti ditampilkan pada Tabel 2. Selanjutnya gambar diperoleh ini digunakan sebagai bahan untuk training atau pembelajaran pada program komputer seperti pada Gambar 3 di atas. Pembelajaran ini dilakukan untuk mendapatkan bobot tertinggi yang bisa dicapai oleh sistem pengolahan citra sehingga pada saat diaplikasikan komputer benar-benar dapat membedakan tingkat keamanan pada jagung.

3.2 Sifat Mutu Fisik Jagung Berdasarkan Hasil Pengolahan Citra

3.2.1 Karakteristik RGB pada Biji Jagung Sangat Aman, Biji Aman, Biji Kurang Aman dan Biji Tidak Aman

Karakteristik RGB tingkat cemaran jagung untuk biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman dan biji tidak aman seperti ditunjukkan pada Gambar 5, 6 dan 7. Rata-rata nilai warna merah untuk biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman dan biji

tidak aman masing-masing adalah 175.68, 172.65, 176.23, dan 158.65. Jika dilihat dari rata-ratanya, seluruh kategori cemaran biji memiliki perbedaan rata-rata yang cukup signifikan dan yang tertinggi adalah biji kurang aman dan terendah adalah biji tidak aman. Perbedaan ini lebih memudahkan program dalam membedakan seluruh kategori cemaran berdasarkan warna merah.

Sebaran warna hijau, rata-ratanya untuk biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman dan biji tidak aman masing-masing adalah 143.61, 143.92, 143.36, dan 134.01. Nilai tertinggi didominasi oleh biji aman dan terendah oleh biji tidak aman. Karakteristik warna hijau ini memiliki rata-rata yang hampir mirip untuk kategori biji sangat aman, aman, dan kurang aman, sedangkan perbedaannya dengan biji tidak aman sangat signifikan. Perbedaan ini lebih memudahkan program dalam membedakan ketiga jenis jenis biji jagung (sangat aman, aman dan kurang aman) dengan biji jagung yang tidak aman berdasarkan warna hijau, tetapi sangat sulit untuk membedakan antara biji sangat aman, aman dan kurang aman karena memiliki karakteristik warna hijau yang hampir sama.

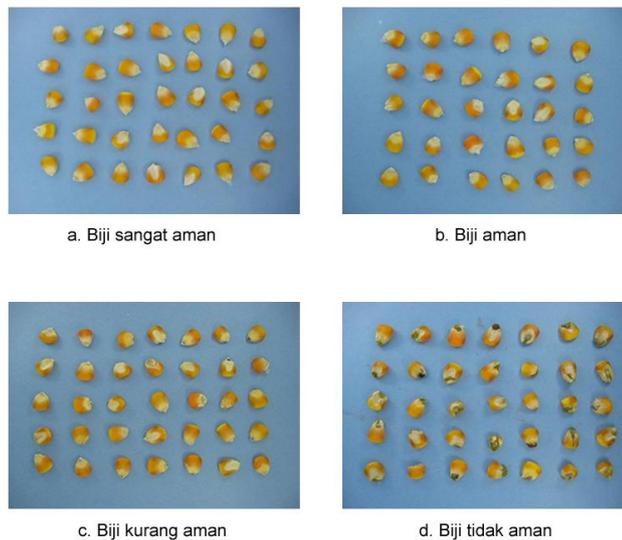
Sebaran warna Biru, rata-ratanya untuk biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman dan biji tidak aman masing-masing adalah 61.48, 68.79, 61.12, dan 63.91. Nilai tertinggi didominasi oleh biji aman dan terendah oleh biji kurang aman, sehingga dimungkinkan bahwa kedua jenis biji ini lebih mudah dibedakan berdasarkan warna biru. Namun demikian untuk biji jagung sangat aman dan kurang aman rata-ratanya hampir sama sehingga akan menyulitkan dalam proses pemisahannya.



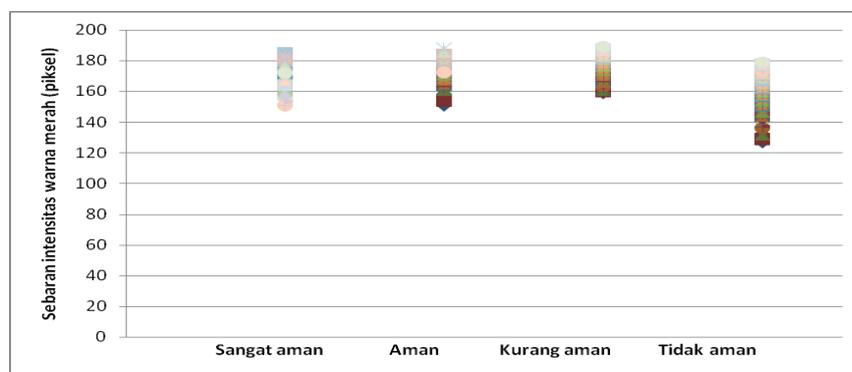
Gambar 3 Tampilan Program Pengolahan Citra Digital untuk Tingkat Cemaran Jagung

Tabel 2 Hasil Uji Kandungan Aflatoksin untuk Masing-Masing Kategori Tingkat Keamanan Jagung untuk Bahan Training pada Pengolahan Citra

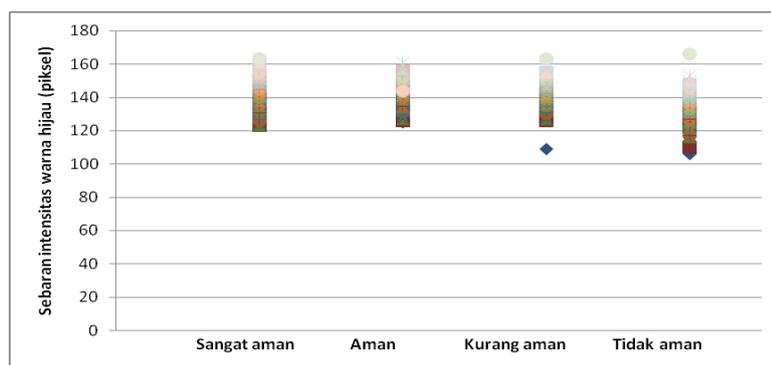
No.	Kategori	Kisaran kandungan aflatoksin (ppb)	Kode sampel	Hasil Uji Laboratorium (ppb)
1.	Sangat Aman	$X < 3$	Sampel 1	0,5
			Sampel 2	0,7
			Sampel 3	0,3
			Sampel 4	1,0
			Sampel 5	0,4
2.	Aman	$3 < X < 10$	Sampel 6	7,2
3.	Kurang Aman	$10 < X < 50$	Sampel 7	43,9
			Sampel 8	34,4
4.	Tidak Aman	$X > 50$	Sampel 9	75,7
			Sampel 10	50,2
			Sampel 11	2465,0



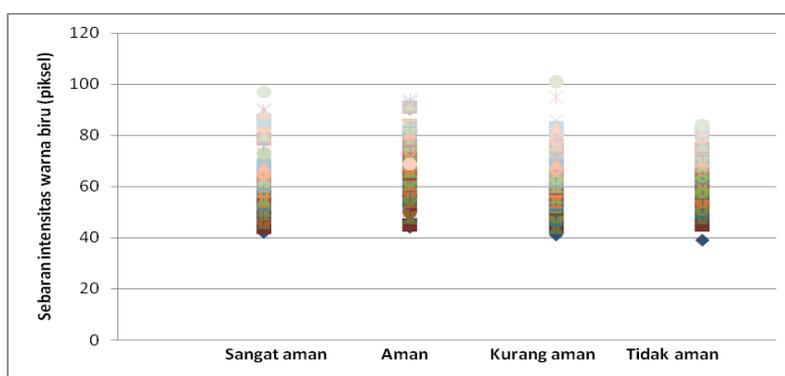
Gambar 4 Biji Jagung yang akan Dittraining dengan Tingkat Keamanan yang Berbeda



Gambar 5 Sebaran Nilai Warna Merah (R) pada Setiap Jenis Biji Jagung



Gambar 6 Sebaran Nilai Warna Hijau (G) pada Setiap Jenis Biji Jagung



Gambar 7 Sebaran Nilai Warna Biru (B) pada Setiap Jenis Biji Jagung

3.2.2 Karakteristik HSI pada Biji Jagung Sangat Aman, Biji Aman, Biji Kurang Aman dan Biji Tidak Aman

Karakteristik HSI biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman dan biji tidak aman pada jagung kering pipilan seperti pada Gambar 8, 9 dan 10. Rata-rata sebaran nilai H (Hue) untuk biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman dan biji tidak aman masing-masing adalah $4.18E+14$, $3.39E+14$, $3.76E+14$, dan $3.01E+14$. Dari sini terlihat bahwa rata-rata tertinggi terdapat pada biji sangat aman dan terendah adalah biji tidak aman, sehingga perbedaan nilai hue ini akan memudahkan dalam proses training dalam membedakan biji sangat aman dan biji tidak aman.

Sebaran nilai S (Saturation), rata-ratanya untuk biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman dan biji tidak aman masing-masing adalah 0.56, 0.51, 0.55 dan 0.49. Nilai tertinggi dimiliki oleh biji sangat aman dan terendah oleh biji tidak aman. Jika dilihat perbedaan karakteristik kejenuhan pada setiap kategori biji kecil sekali, sehingga ada indikasi bahwa sistem pemrograman pengolahan citra akan mengalami kesulitan dalam membedakan jenis biji jagung ini berdasarkan tingkat kejenuhan warnanya.

Sebaran warna I (Intensity), rata-ratanya untuk biji sangat aman, biji aman, biji kurang aman dan biji tidak aman masing-masing adalah 127.35, 128.97, 127.42 dan 119.18. Nilai tertinggi dimiliki oleh biji aman dan terendah oleh biji tidak aman, sehingga dimungkinkan bahwa kedua jenis biji ini lebih mudah dibedakan berdasarkan intensitasnya.

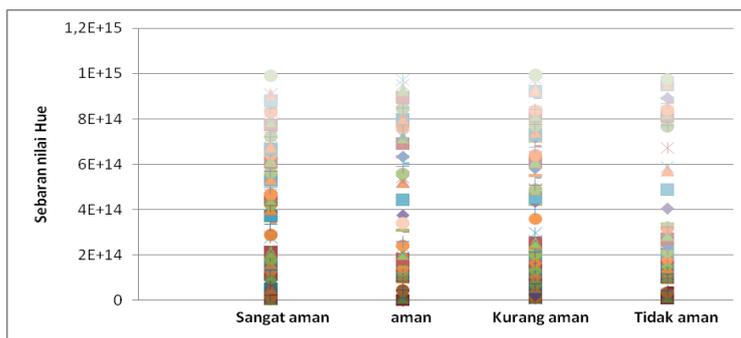
3.2.3 Pembelajaran (Training)

Data set training berjumlah 410, yang terdiri atas 105 biji sangat aman, 95 biji aman, 105 biji kurang aman dan 105 biji tidak aman. Proses training dilakukan sampai dengan 90000 iterasi dan untuk setiap kenaikan 10000 iterasi dicatat akurasi. Pada iterasi ke 90000 ini diperoleh nilai akurasi total yang maksimal yaitu 74%. Gambar 11 menunjukkan perkembangan nilai akurasi untuk setiap jenis biji jagung. Pada Gambar tersebut, biji tidak aman menunjukkan nilai tertinggi yaitu 87%, hal ini menunjukkan bahwa biji tidak aman sangat mudah dikenali oleh program ini. Untuk meniadakan nilai akurasi total yang tinggi nampaknya sangat sulit untuk dicapai karena banyak sekali kemiripan karakteristik (RGB) terutama untuk biji jagung sangat aman, aman dan kurang aman. Untuk nilai akurasi total ditunjukkan pada Gambar 12.

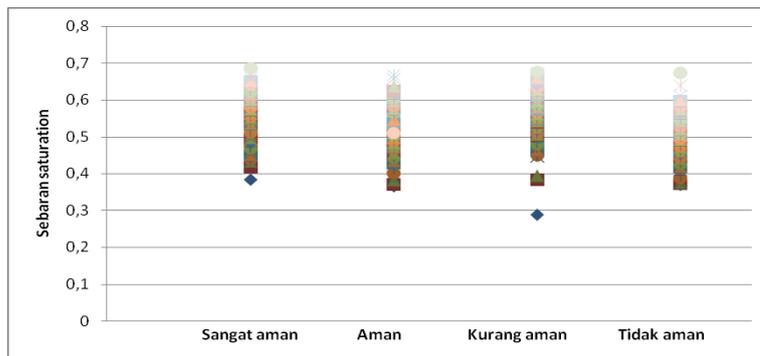
3.2.4 Validasi

Validasi dilakukan pada sampel jagung dari populasi yang berbeda dengan bahan untuk training. Jumlah sampel untuk validasi ini diambil secara acak sebanyak 410 biji, yang terdiri atas 105 biji sangat aman, 95 biji aman, 105 biji kurang aman dan 105 biji tidak aman. Pendugaan dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dilakukan setelah proses training mendapatkan nilai akurasi yang stabil. Hasil validasi ditunjukkan seperti pada Tabel 3.

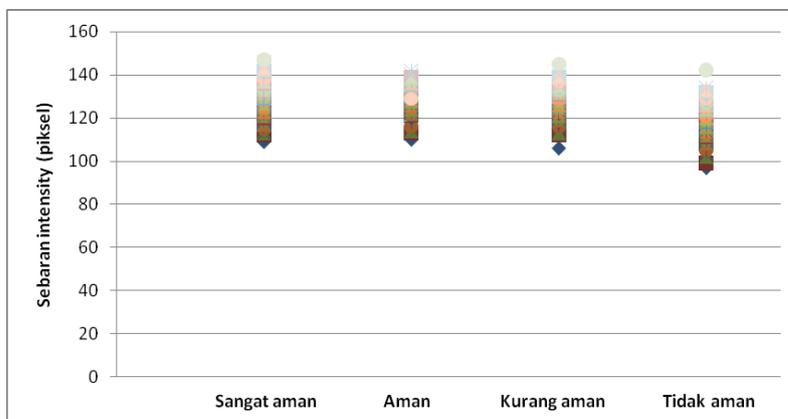
Pada Tabel 3 terlihat bahwa nilai akurasi tertinggi terdapat pada biji tidak aman yaitu 74%. Hal ini menunjukkan bahwa mengukur tingkat keamanan berdasarkan tingkat cemarannya sangat sulit karena banyak kemiripan karakteristik. Untuk meningkatkan nilai akurasi ini dibutuhkan training dengan ukuran sampel yang lebih besar dengan ciri-ciri fisik yang mudah untuk dibedakan.



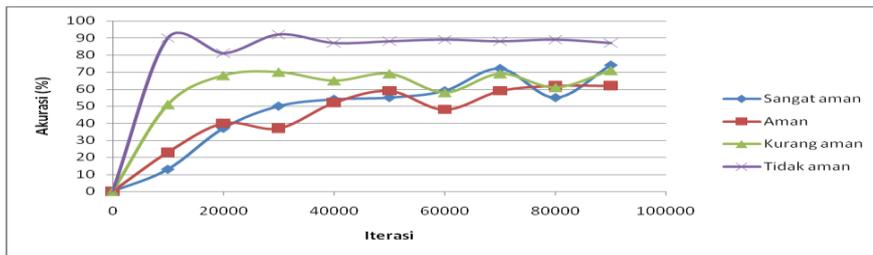
Gambar 8 Sebaran Nilai Hue pada Setiap Jenis Biji Jagung



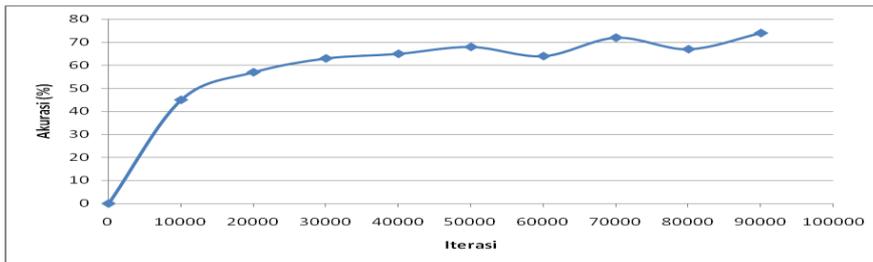
Gambar 9 Sebaran Nilai Saturation pada Setiap Jenis Biji Jagung



Gambar 10 Sebaran Nilai intensity pada Setiap Jenis Biji Jagung



Gambar 11 Nilai Akurasi untuk Setiap Jenis Biji Jagung



Gambar 12 Nilai Akurasi Total untuk Setiap Iterasi

Tabel 3 Hasil Pendugaan Jenis Biji Jagung pada Proses Validasi

Jenis Biji	Jumlah sampel	Dugaan		Tidak dikenali	Error	Akurasi (%)
		Tepat	Salah			
Biji Sangat aman	105	78	6	16	5	74
Biji Aman	95	59	11	25	0	62
Biji Kurang aman	105	75	4	24	2	71
Biji Tidak Aman	105	91	3	11	0	87
Total	410	303	24	76	7	74

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- Program pengolahan citra telah mampu membangkitkan data-data numerik dari citra biji jagung berupa R, G, B, RGB rata-rata (*color value*), indeksR (I_{red}), indeksG (I_{green}), indeksB (I_{blue}), *hue* (corak), *saturation* (kejenuhan) dan *intensity*. Yang merupakan input data pada *artificial neural network*.
- Nilai parameter R, G, B, RGB rata-rata (*color value*), indeksR (I_{red}), indeksG (I_{green}), indeksB (I_{blue}), *hue* (corak), *saturation* (kejenuhan) dan *intensity* saling tumpang tindih antara satu karakteristik satu jenis biji jagung dengan jenis lainnya sehingga banyak menyebabkan ANN salah dalam menduga khususnya pada saat validasi.

- Model JST yang dikembangkan adalah 10 lapisan input, 20 hidden layer dan 4 output layer menghasilkan nilai akurasi pada proses training sebesar 74 %, terdiri dari 74 % biji sangat aman, 62 % biji aman, 71 % biji kurang aman dan 87 % biji tidak aman.
- Biji tidak aman lebih mudah dikenali dibanding dengan jenis biji jagung yang lain karena memiliki karakteristik nilai nilai parameter yang khas dibandingkan dengan jenis biji jagung yang lain.
- Banyaknya biji yang tidak dikenali dalam pendugaan semua kategori biji jagung disebabkan kurangnya nilai-nilai input parameter yang menjadikan ciri khas biji tersebut.

4.2 Saran

- Perlu dilakukan training dengan menambah parameter input sehingga kekhasan dari setiap jenis biji ini akan lebih mudah dikenali oleh program JST.
- Perlu dilakukan training dengan menambah ragam sampel khususnya untuk biji rusak dan biji patah.
- Untuk mendapatkan akurasi yang lebih tinggi, diperlukan penggabungan teknologi pengolahan citra dengan NIR (Near Infra Red) untuk membangkitkan input parameternya, sehingga Jaringan Syaraf Tiruan dapat memberikan keputusan yang lebih tepat dalam menentukan tingkat keamanan dari setiap biji jagung.

10. Rich, E. and Knight, K. 1983. *Artificial Intelligent*. Second Edition. Mc Graw-Hill Inc. Singapore.
11. Sofi'i, I, I.W. Astika dan Suroso. 2005. Penentuan Jenis Cacat Biji Kopi dengan Pengolahan Citra dan Artificial Neural Network. *Jurnal Keteknikan Pertanian, Perteta – Indonesia*, Vol 19, No. 2, hal 99 – 108.
12. Soedibyo, D.W., I. D. M, Subrata, Suroso dan U. Ahmad. 2006. Pemutuan Edamame Menggunakan Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Keteknikan Pertanian, Perteta – Indonesia*, Vol 20, No. 3, hal 243 – 252.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous. 1998. SNI 01-4483-1998 :Jagung Bahan Baku Pakan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
2. Anonymous. 2008. RSNI3-7385-2008. Batas Kandungan Mikotoksin Dalam Pangan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
3. Ahmad, U., E. Syaefullah, H.K. Purwadaria. 2006. Evaluasi Mutu Bunga Potong Krisan Yellow Fiji Menggunakan Pengolahan Citra. *Jurnal Keteknikan Pertanian, Perteta – Indonesia*, Vol 20, No. 3, hal 243 – 252.
4. Ahmad, U . 2005. Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya. Penerbit Graha Ilmu.
5. Arymurthy, A. M., dan Suryana, S. 1992. Pengantar Pengolahan Citra. PT. Elex Media Komputindo. Jakarta.
6. Ditjen P2HP. 2008. Pedoman Teknis Manajemen Silo Jagung. Departemen Pertanian.
7. Gao, X. And J. Tan. 1996. Analysis of Expanded-Food Texture by Image Processing Part I: Geometric Properties. *Journal of Food Process Engineering* (19): 425 – 444.
8. Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
9. Purwadaria, H.K. 2007. Teknologi Penanganan Pascapanen Jagung. Deptan-FAO, UNDP. Development and Utilization of Postharvest Tools and Equipment, INS/088/007.

BIODATA

Ir. Agus Supriatna Somantri

Dilahirkan di Sukabumi, 3 Juli 1964. Menamatkan pendidikan S1 di Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor pada tahun 1987. Penulis adalah Peneliti Madya bidang Pascapanen. Penulis pernah mengikuti kursus Sistem Manajemen Mutu dan Standar Mutu ISO, dan kursus-kursus lain yang berhubungan dengan pascapanen baik di dalam maupun di luar negeri. Saat ini penulis aktif sebagai peneliti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Jl Tentara Pelajar No. 12 Bogor, Telp (0251)-318619, 321762. Penulis memiliki minat besar dalam melakukan penelitian di bidang Sistem dan Manajemen pascapanen yang terkait langsung dengan mutu produk pertanian yang dihasilkan.

Miskiyah, S.Pt.M.P.

Dilahirkan di Blora pada tanggal 3 Desember 1970. Penulis menyelesaikan pendidikan S2 bidang Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Sekarang penulis bekerja sebagai peneliti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Departemen Pertanian.

Ir. Wisnu Broto

Dilahirkan di Blora, 31 Maret 1956. Menamatkan pendidikan S1 di Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada pada tahun 1989. Penulis adalah Peneliti Madya bidang Pascapanen. Sekarang penulis bekerja sebagai peneliti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Departemen Pertanian.