APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN DAN ANALISIS KOMPONEN UTAMA UNTUK SORTASI MENTIMUN
(The Application of Artificial Neural Network and Principal Component Analysis for Cucumbers Selection and Grading)

Kudang B. Seminar[1], Marimin[2] dan Teguh Ferianto[3]

[1]Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian
[2]Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian
[3]Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

Abstract

This paper discusses the development of *a software prototype for cucumbers selection and grading by applying Standard Backpropagation Neural Network (SBPNN) and Principal Component Analysis (PCA). The prototype has been tested to recognize cucumbers based on their shapes (i.e. straight or non-staright cucumbers). Cucumbers' images data were expressed in eight position of rotational axes: 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°. The implemented system can recognized* 100 % of all *tested straight cucumbers and 75% of all tested non-straight cucumbers. The performance implemented SBPNN was also compared to another system called Probabilistic Nural Network (PNN). The results shows that SBPNN is better than PNN in time execution; however PNN is better than SBPNN in generalization or recognition accuracy.*

Keywords : *Backpropagation Neural Network, Principal Component Analysis, cucumber sortation.*

Abstrak

Paper ini mendiskusikan pengembangan prototipe perangkat lunak untuk sortasi mentimun dengan menerapkan jaringan syaraf Propagasi Balik Standar dan Analisis Kornponen Utama *(Principal Component Analysis*/PCA). Ruang lingkup penelitian adalah pengenalan mentimun hanya diamati dari segi bentuk buah yang lurus dan data citra mentimun diekspresikan dalam delapan variasi surnbu rotasi yaitu 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°. Secara garis besar, sistem dibagi menjadi dua bagian yaitu pelatihan data dan sortasi mentimun. Pada bagian pelatihan data, sistern mernbutuhkan masukan data pelatihan. Data tersebut berupa matriks citra yang telah direduksi dengan menggunakan PCA. Keluaran pada bagian ini meliputi jumlah epoh dan waktu pelatihan. Sementara itu pada bagian sortasi mentimun, sistem membutuhkan masukan data pengujian berupa citra rnentimun. Keluaran sistem pada bagian ini adalah hasil pengenalan dan waktu pengujian. Untuk mengetahui kinerja dari jaringan syaraf tiruan Propagasi Balik Standar, dilakukan uji banding dengan metode pembelajaran yang lain yaitu jaringan syaraf tiruan Probabilistik. Hasil uji banding menunjukkan bahwa generalisasi yang dihasilkan oleh jaringan syaraf tiruan Probabilistik lebih baik daripada generalisasi yang dihasilkan oleh jaringan syaraf tiruan Propagasi Balik Standar.

Kata kunci : Jaringan syaraf Propagasi Balik Standar, Analisis Komponen Utama, Sortasi mentimun.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu bagian dari agroindustri yang rnernpunyai potensi diterapkannya komputerisasi adalah proses grading dari hasil panen. Pada proses ini hasil panen diseleksi untuk dibagi ke dalam tingkatan-tingkatan kualitas sesuai dengan standar yang ditentukan.

Sortasi hasil panen dalam jumlah besar akan sulit apabila dilakukan secara manual. Hal ini disebabkan oleh konsumsi waktu yang besar, kebutuhan tenaga kerja yang tinggi, dan ketidaktelitian. Oleh karena itu, dengan rnernanfaatkan hasil penelitian tentang metode pengklasifikasian pola untuk pengenalan suatu objek yang telah dilakukan sebelumnya, maka diharapkan dapat dikembangkan suatu alat yang dapat menyeleksi suatu hasil panen untuk mendapatkan komoditi yang berkualitas baik dan siap dipasarkan.

Mentimun selain merupakan salah satu komoditi hasil pertanian yang banyak dikonsumsi rnasyarakat, juga rnudah didapatkan. Ketersediaan mentimun yang cukup tinggi serta besarnya kebutuhan masyarakat akan mentimun itu sendiri, rnenarik perhatian penulis untuk rnelakukan penelitian tentang rnentirnun. Salah satu ciri mentimun yang berkualitas baik adalah buahnya bulat mernanjang dan lurus (Soewito, 1990).

Salah satu metode untuk melakukan proses pengenalan rnentimun adalah dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan (artificial neural network). Jaringan syaraf tiruan (artificial neural network) rnerupakan sistem pemrosesan informasi yang rnernpunyai karakteristik kinerja tertentu yang menyerupai jaringan syaraf biologi (Fauset, 1994). Sementara itu, salah satu teknik untuk mereduksi dimensi data citra adalah Analisis Komponen Utarna (Principal Component Analysis).

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengimplementasikan dan menganalisa kinerja jaringan syaraf tiruan Propagasi Balik Standar untuk sortasi mentimun berdasarkan bentuk yang lurus dan tak lurus (bengkok).
2. Membuat prototipe perangkat lunak dan uji coba sistem sortasi serta uji banding dengan metode pembelajaran yang lain yaitu *Probabilistic Neural Network (PNN)*.

Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

- Pengenalan mentimun hanya diamati dari segi bentuk buah yang lurus dan tak lurus (bengkok). Data citra mentimun diekspresikan dalam delapan variasi sumbu rotasi yaitu 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, dan 315°.

Luaran dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan luaran berupa sistem yang dapat melakukan pembelajaran dan pengenalan terhadap masukan yang diumpankan ke dalam sistem. Manfaat yang diharapkan adalah sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi aplikasi sortasi mentimun yang dapat digunakan pada bidang agroindustri yang berskala besar.

TINJAUAN PUSTAKA

Representasi Citra Digital

Citra monochrome atau citra merupakan fungsi intensitas cahaya dua-dimensi $f(x)$, dimana x dan y menunjukkan koordinat spasial dan nilai f pada setiap titik (x,y) adalah kecerahan atau tingkat keabuan (gray level) citra pada titik tersebut (Gonzales & Woods, 1993).

Sebuah citra digital dapat dianggap sebagai sebuah matriks dimana baris dan kolom menunjukkan sebuah titik pada citra dan nilai-nilai elemen matriks yang bersesuaian menunjukkan tingkat keabuan pada titik tersebut. Elemen-elemen yang berbentuk array digital tersebut disebut image elements, picture elements, pixels, atau pels.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,n) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,n) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(m,0) & f(m,1) & \cdots & f(m,n) \end{bmatrix}$$

Representasi citra digital dapat berupa citra dalam skala keabuan dengan format 8-bit dan citra berwarna dengan format 24-bit. Citra dengan modus skala keabuan dengan format 8-bit memiliki 256 tingkat keabuan atau intensitas warna. Nilai tersebut berkisar antara 0 sampai dengan 255. Nilai 0 menunjukkan tingkat paling gelap (hitam) sedangkan nilai 255 menunjukkan tingkat paling terang (putih). Skala tersebut yang kemudian akan digunakan dalam pengenalan mentimun.

Normalisasi

Pada normalisasi, nilai setiap pixel dikurangi dengan nilai rataan pixel kemudian dibagi dengan standar deviasinya.

$$rataan = \frac{1}{k}\sum_{i} p_i$$

$$stdev = \sqrt{\frac{1}{k}\sum_{i}(p_i - rataan)^2}$$

$$pixel\_normal_i = (p_i - rataan)/stdev$$

Analisis Komponen Utama

Analisis Komponen Utama (Principal Component *Analysis*/PCA) atau disebut juga transformasi Karhunen-Loeve, mentransformasikan data citra ke sumbu-sumbu yang saling ortogonal sehingga komponen-komponen pada data citra tersebut tidak saling berkorelasi satu sama lain. Selain itu, Analisis Komponen Utarna juga mengeliminasi komponen-komponen yang memiliki variasi keragaman yang kecil.

Menurut Johnson & Wichern (1988), proporsi 80% sampai 90% mampu mewakili data asli tanpa banyak kehilangan informasi.

Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan syaraf tiruan (artificial neural network) merupakan sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik kinerja tertentu yang menyerupai jaringan syaraf biologi.

Menurut Fauset (1994), JST dicirikan oleh :

- Pola hubungan antara neuron-neuronnya, disebut arsitektur.
- Metode penentuan bobot (weight) pada hubungan, disebut pelatihan (training), pembelajaran (learning), atau algoritma.
- Fungsi aktivasinya.

Jaringan Syaraf Propagasi Balik Standar

Jaringan syaraf Propagasi Balik Standar (standard backpropagation) merupakan salah satu jaringan syaraf tiruan dengan arsitektur lapis jamak (multilayer) yang terdiri dari satu lapis masukan (input layer), satu atau lebih lapis tersembunyi (hidden layer) dan satu lapis keluaran (output layer). Fungsi dari lapis masukan adalah untuk meneruskan masukan (input) namun tidak melakukan komputasi, sedangkan lapis tersembunyi dan lapis keluaran melakukan komputasi.

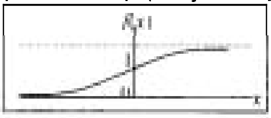
Prosedur yang umum dalam menginisialisasi bobot dan bias adalah memilih secara acak nilai pada selang −0.5 sampai 0.5 atau selang lainnya yang sesuai. Insialisasi bobot yang lain adalah inisialisasi Nguyen-Widrow. Inisialisasi ini lebih mempercepat proses pelatihan dibanding dengan inisialisasi secara acak.

Nilai laju pembelajaran yang digunakan pada JST Propagasi Balik Standar bergantung pada karakteristik pola yang akan dipelajari. Nilai tersebut digunakan sembarang namun pada umumnya adalah 0.1.

Pada proses pelatihan, JST Propagasi Balik Standar melewati tiga tahapan (Fauset, 1994), yaitu tahap panjar maju (feedforward) dari pola pelatihan masukan, komputasi dan propagasi balik dari galat (error) yang bersesuaian, dan penyesuaian bobot

Setelah melewati proses pelatihan,

aplikasi dari jaringan hanya melibatkan komputasi pada tahap panjar maju.



Gambar 1. Grafik fungsi aktivasi sigmoid biner.

Fungsi aktivasi yang digunakan pada JST Propagasi Balik Standar adalah fungsi sigmoid biner (Gambar 1) yang memiliki range (0,1) dan didefinisikan sebagai berikut (Fauset, 1994) :

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Fungsi ini kontinyu dengan turunannya adalah

$$f'(x) = f(x)[1 - f(x)]$$

Fungsi *f*(*x*) digunakan pada saat menghitung aktivasi pada tahap panjar maju sedangkan *f'*(*x*) digunakan pada tahap propagasi balik.

Probabilistic Neural Network (PNN)

JST ini dikembangkan dengan menggunakan ide dari teori kemungkinan klasik. PNN merupakan varian dari JST radial basis function yang dapat digunakan untuk klasifikasi pola (Mathwork, 1999). PNN terdiri dari tiga lapis yaitu lapis masukan, lapis tersembunyi, dan lapis keluaran.

Cara kerja dari PNN dapat diuraikan sebagai berikut. Pada saat jaringan menerima masukan berupa vektor pengujian, lapis masukan menghitung jarak dari vektor pengujian ke vektor-vektor pada pelatihan dan menghasilkan sebuah vektor yang elemen-elemennya mengindikasikan seberapa dekat vektor pengujian ke vektor pelatihan. Lapis keluaran menjumlahkan kontribusi untuk masing-masing kelas dari vektor pengujian untuk menghasilkan vektor kemungkinan (probability) Akhirnya, fungsi transfer compete pada hasil dari lapis keluaran mengambil nilai maksimum dari kemungkinan-kemungkinan dan menghasilkan nilai satu untuk kelas tersebut dan nilai 0 untuk kelas lainnya.

Mentimun

Mentimun (Cucumis *sativus* 'L.) adalah tanaman semusim yang sifatnya menjalar dengan mempergunakan alat pegangan yang berbentuk spiral (Soewito, 1990).

Menurut Soewito, buah mentimun yang berkualitas baik dapat dicirikan sebagai berikut :

1. Warnanya hijau (ada juga jenis mentimun yang warnanya agak keputih-putihan), dan cerah.
2. Buahnya bulat memanjang dan lurus (tidak bengkok).
3. Tidak cacat dan tidak berpenyakit. Biasanya buah mentimun yang diserang hama bentuknya bengkok (melingkar) dan pada pangkal buahnya berlubang-lubang kecil.

METODE PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

Untuk dapat mengembangkan suatu alat yang dapat digunakan untuk menyeleksi hasil panen, terlebih dahulu dilakukan penelitian yang berkaitan dengan pengenalan pola hasil panen tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengenalan terhadap pola tertentu adalah jaringan syaraf tiruan.

Dalam melakukan pengenalan kadang kala JST membutuhkan waktu yang lama. Hal ini disebabkan karena besarnya ukuran dimensi dari data yang menjadi masukan bagi jaringan. Untuk mengatasi hal tesebut, ada baiknya dimensi dari data tersebut direduksi sehingga menghasilkan dimensi yang lebih kecil. Salah satu teknik untuk mereduksi dimensi data citra adalah Analisis Komponen Utama (Principal Component Analysis).

Pengambilan Contoh

Contoh mentimun yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari beberapa lokasi, yaitu pasar Anyar.

pasar Bogor, toserba Ngesti dan supermarket Hero dengan jumlah yang sama. Kemudian dari semua contoh tersebut, dilakukan pengelompokkan mentirnun ke dalam dua kategori yaitu kategori lurus dan kategori bengkok. Dari masing-masing kategori, dilakukan pengambilan contoh secara acak yang menghasilkan mentirnun lurus sebanyak 40 buah dan mentimun bengkok sebanyak 20 buah.

Pengolahan Citra

Citra mentimun dihasilkan dengan menggunakan kamera digital. Citra ini mempunyai format JPG dan mode RGB. Mentimun dipotret dengan sudut pengambilan gambar lurus. Citra mentimun dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok A adalah citra mentimun yang berbentuk lurus dan kelompok B adalah citra rnentimun yang berbentuk bengkok dengan masing-masing berjumlah 10 kelas. Masing-masing kelas terdiri dari 8 citra dari satu mentimun yang sarna dengan variasi posisi, yaitu posisi normal, dan rotasi searah jarum jam dengan sumbu putar adalah pusat rnassa dari mentimun tersebut. Besarnya rotasi yaitu 45°, 90°, 135°, 180°, 225°. 270°, dan 315°.

Semua citra yang digunakan diubah ke dalam format PCX dan mode 256 keabuan dengan ukuran 50x50 pixel. Hal ini dilakukan untuk mernpermudah proses pengolahan. Untuk mendapatkan format, mode serta ukuran tersebut digunakan perangkat lunak Adobe Photoshop 6.0. Mula-mula citra diubah ke dalam format PCX dengan mode 256 kemudian diubah menjadi citra berukuran 50x50 pixel.

Parameter Pengenalan Mentimun

Dalam penelitian ini digunakan parameter yang disebut generalisasi yang digunakan untuk rnengukur tingkat pengenalan jaringan dalam mengenali sejumlah pola yang diberikan. Generalisasi dapat ditulis sebagai berikut (Setiawan, 1999) :

$$Generalisasi = \frac{jumlah\ pola\ yang\ dikenali}{jumlah\ seluruh\ pola} \times 100\%$$

Struktur JST Propagasi Balik Standar yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Struktur JST Propagasi Balik Standar

Karakteristik	Spesifikasi
Arsitektur	Feedforward
Neuron lapis	Dimensi PCA
Neuron lapis	10 – 100
Neuron lapis	Definisi target
Inisialisasi bobot	Nguyen -
Fungsi aktivasi	Sigmoid biner
Toleransi galat	0.01, 0.005,
Laju pembelajaran	0.1, 0.2, 0.3

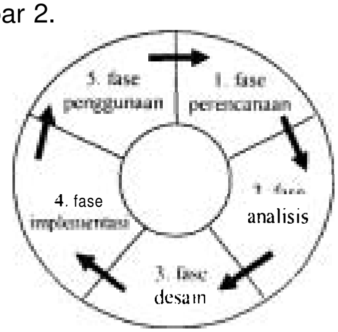
Jumlah neuron pada lapis keluaran disesuaikan dengan target citra mentimun yang digunakan. Target pada JST Propagasi Balik Standar dapat direpresentasikan dalam bentuk kombinasi angka 1 dan 0. Jumlah kombinasi yang digunakan sebanyak dua karena penelitian hanya mengamati bentuk mentimun yang terdiri dari dua jenis yaitu lurus dan bengkok (Tabel 2).

Tabel 2. Definisi Target

Bentuk	Targ
Lurus	10
Bengkok	01

Tahap Pengembangan Sistem

Pengembangan sistern ini mengikuti tahapan-tahapan pengembangan sistem yang dikemukakan oleh McLeod (1995). Siklus hidup dapat dilihat pada Gambar 2.



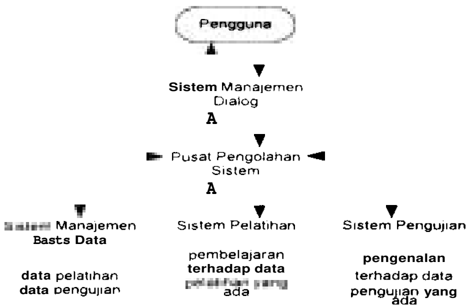
Gambar 2. Lima fase Siklus Hidup Sistem.

RANCANG BANGUN SISTEM

Kerangka Model

Sistem ini dikernbangkan dengan rnenggunakan perangkat lunak Matlab versi 6.5 untuk perhitungan matematis/komputasi dan Adobe Photoshop 6.0 untuk pengolahan citra rnentirnun. Pembangunan sistern ini bertujuan untuk mempermudah proses sortasi rnentimun ke dalam dua kategori yaitu rnentimun lurus dan rnentirnun bengkok.

Secara garis besar, sistern ini terdiri dari tiga komponen yaitu sistem rnanajernen basis data, sistem pelatihan, dan sistem pengujian. Ketiga kornponen tersebut dapat saling berinteraksi satu sama lain melalui pusat pengolahan sistern. Pusat pengolahan sistern ini mernperoleh sinyal dari sistern manajernen dialog yang bersifat interaktif dengan pengguna. Kerangka model sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka model sistem.

Pada sistern rnanajemen basis data, data disimpan dalam bentuk file dalam suatu folder. Data citra untuk pelatihan disirnpan dalam folder Data Pelatihan sedangkan data citra untuk pengujian disimpan dalam folder Data Pengujian.

Sebelum melakukan pengenalan, sistern terlebih dahulu melakukan pelatihan (pembelajaran) terhadap data-data pelatihan (training set). Proses ini dilakukan oleh sistem pelatihan. Jika sistern rnenerirna rnasukan berupa data baru maka sistern harus melakukan pembelajaran ulang agar pola-pola dari data baru yang diurnpankan ke dalam sistern dapat dikenal.

Pada sistern pengujian, sistern melakukan pengenalan terhadap data-data yang diurnpankan ke dalam sistern sebagai data pengujian.

Desain Sistem

Sistem ini rnerupakan prototipe perangkat lunak untuk sortasi rnentirnun dengan rnenggunakan Analisis Komponen Utarna dan JST Propagasi Balik Standar. Desain sistern dapat dilihat pada Garnbar 4.

1. Desain Masukan

Pada tahap pelatihan, data rnasukan berupa kurnpulan citra untuk pelatihan (training set) sebanyak 160 buah yaitu 80 buah untuk masing-masing kelompok (kelompok A dan B). Pada percobaan untuk mencari nilai yang optimal untuk jumlah neuron tersernbunyi, toleransi galat serta laju pernbelajaran digunakan data masukan berupa kurnpulan citra untuk pengujian (test set) sebanyak 160 buah yang terdiri dari 80 citra dari kelompok A dan 80 citra dari kelompok B yang dirnasukkan ke dalam sistem secara satu per satu. Sementara itu, untuk sortasi rnentirnun digunakan data rnasukan berupa citra rnentimun yang dimasukkan ke dalam sistem secara satu per satu.

2. Desain Proses

Proses pada sistem ini dibagi atas tiga tahap, yaitu:

a. Proses Masukan

Proses pada tahap ini berfungsi untuk rnemasukkan data yang diperlukan dalam proses pengenalan rnentimun.

Gambar 4. Bagan alir (*flowchart*) sistem.

b. Proses Pengenalan Citra

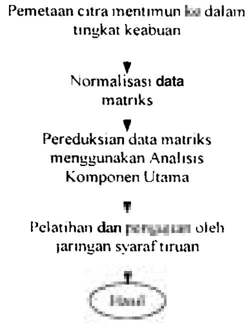
Proses pengenalan berfungsi untuk melakukan pengenalan terhadap citra mentimun yang diumpankan ke dalam sistem. Proses pengenalan mentimun dalam penelitian ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu :

1. Tahap Masukan Data
   Citra mentimun dipetakan ke dalam tingkat keabuan kemudian diproses menjadi vektor baris yang disebut vektor citra.
2. Tahap Pra-proses
   Pra-proses I : Normalisasi.
   Pra-proses II : PCA.
3. Tahap Jaringan Syaraf Tiruan
   Tahap Pelatihan.
   Tahap Pengujian.

Diagram proses ini ditunjukkan pada Gambar 5.

Citra mentimun pertama kali dipetakan ke dalam tingkat keabuan kemudian hasil dari pemetaan tersebut diproses sehingga menghasilkan data berupa matriks citra. Pada tahap berikutnya, matriks citra pada kumpulan data pelatihan diproses menggunakan Analisis Komponen Utama untuk mendapatkan vektor ciri dan proporsi dari vektor ciri yang kemudian digunakan untuk membentuk dimensi baru dari matriks citra.

Pada tahap Pra-proses I dilakukan normalisasi terhadap data matriks citra. Setelah melewati tahap Pra-proses II maka dihasilkan matriks citra dengan dimensi yang lebih kecil.



Gambar 5. Diagram proses pengenalan mentimun.

Setelah diperoleh matriks citra dengan dimensi yang telah tereduksi kemudian matriks citra tersebut dimasukkan ke dalam JST Propagasi Balik Standar untuk dilakukan proses pelatihan dan pengujian. Hasil dari proses pengujian merupakan hasil pengenalan terhadap citra yang menjadi masukan pada proses pengujian. Pada proses pengujian juga dilakukan pengamatan terhadap tingkat keakuratan sistem dalam melakukan pengenalan berdasarkan parameter pengenalan mentimun.

c. Proses Keluaran

Hasil pengenalan mentimun dapat ditampilkan pada layar komputer.

3. Desain Keluaran

Tujuan desain keluaran adalah untuk memudahkan pengguna dalam memperoleh dan memahami keluaran model. Keluaran sistem ini meliputi hasil sortasi (pengenalan), waktu pengujian.

Spesifikasi Sistem

Pada tahap ini ditentukan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk membangun sistem ini. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan adalah komputer PC dengan prosesor Intel Pentium III 866 MHz dan RAM 256 MB. Sedangkan untuk spesifikasi perangkat lunak yang digunakan sistem operasi Windows XP, Matlab versi 6.5, Adobe Photoshop 6.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

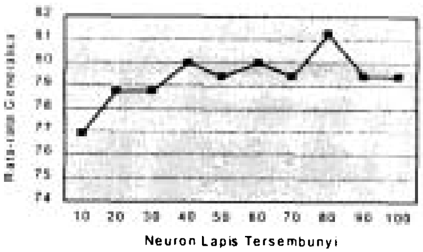
Matriks Peragam, Vektor Ciri dan Akar Ciri, Dimensi Baru

Percobaan diawali dengan melakukan proses normalisasi matriks citra mentimun yang kemudian dilanjutkan dengan pencarian matriks peragam untuk memperoleh vektor ciri dan akar ciri serta nilai kontribusi. Setelah itu, dilanjutkan dengan pembentukan dimensi baru dari matriks citra mentimun dengan menggunakan proporsi sebesar 90%. Proporsi 90% merupakan nilai terbaik yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan oleh Sinaga (2000). Waktu yang dibutuhkan dalam pencarian matriks peragam, yaitu sebesar 4.797 detik sedangkan untuk pencarian vektor ciri dan akar ciri, waktu yang dibutuhkan sebesar 1107.5 detik. Lamanya waktu pencarian tersebut disebabkan oleh besarnya ordo dari matriks peragam yaitu 2500 X 2500.

Neuron Lapis Tersembunyi

Untuk percobaan pertama, dilakukan pencarian jumlah neuron lapis tersembunyi yang optimal. Jumlah neuron lapis tersembunyi yang digunakan dalam percobaan adalah 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 dengan toleransi galat yang digunakan adalah 0.01 dan laju pembelajaran sebesar 0.1. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jumlah neuron lapis tersembunyi sebesar 80 (Gambar 6) menghasilkan rata-rata generalisasi terbesar yaitu 91.25%.

Generalisasi sebesar 91.25% berarti bahwa dari 80 citra metimun lurus yang diuji ke dalam sistem, semuanya dikenal sebagai mentimun lurus sedangkan dari 80 citra mentimun bengkok yang diuji, hanya 66 citra yang dikenal sebagai mentimun bengkok.



Gambar 6. Grafik perbandingan banyaknya neuron lapis tersembunyi terhadap generalisasi.

Berdasarkan generalisasi yang dihasilkan maka jumlah neuron lapis tersembunyi yang optimal yaitu sebesar 80.

Toleransi Galat dan Laju Pembelajaran

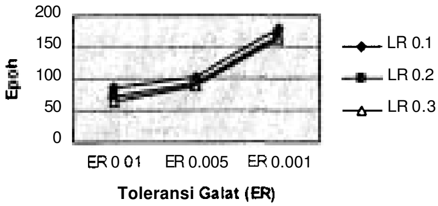
Percobaan selanjutnya adalah menentukan nilai toleransi galat dan laju pembelajaran yang optimal. Pada percobaan ini dilakukan percobaan dengan 9 perlakuan yang merupakan kombinasi dari tiga tingkat toleransi galat dan tiga tingkat laju pembelajaran, yaitu :

1. Toleransi Galat 0.01- Laju Pembelajaran 0.1
2. Toleransi Galat 0.01- Laju Pembelajaran 0.2
3. Toleransi Galat 0.01- Laju Pembelajaran 0.3
4. Toleransi Galat 0.005- Laju Pembelajaran 0.1
5. Toleransi Galat 0.005- Laju Pembelajaran 0.2
6. Toleransi Galat 0.005- Laju Pembelajaran 0.3
7. Toleransi Galat 0.001- Laju Pembelajaran 0.1
8. Toleransi Galat 0.001- Laju Pembelajaran 0.2
9. Toleransi Galat 0.001- Laju Pembelajaran 0.3

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak lima kali. Hal ini dilakukan untuk melihat parameter mana saja yang berubah.

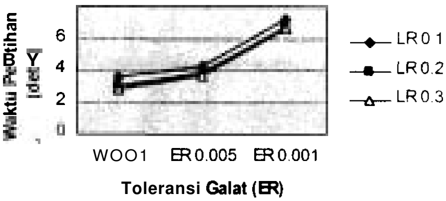
Dari hasil percobaan dengan 9 perlakuan yang dilakukan, dapat dilihat bahwa untuk setiap pengulangan, parameter yang selalu berubah adalah waktu (satuan detik). Hal ini terjadi karena nilai yang digunakan pada inisialisasi jaringan selalu berubah. Nilai tersebut merupakan nilai yang diambil secara acak yang menyebabkan waktu perhitungan yang diperlukan menjadi berbeda.

Pada Gambar 7 terlihat bahwa semakin kecil toleransi galat (er) maka akan mengakibatkan semakin besar jumlah epoh. Hal ini terjadi karena JST akan lebih cepat konvergen pada toleransi galat yang besar.



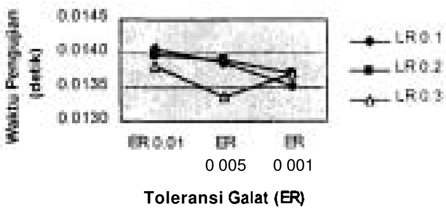
Gambar 7. Grafik perbandingan toleransi galat terhadap banyaknya epoh.

Pada Gambar 8 dapat dilihat perbandingan toleransi galat dengan lamanya waktu pelatihan (detik). Dari grafik tersebut terlihat bahwa semakin kecil toleransi galat maka semakin lama JST dalam melakukan pelatihan. Keadaan ini sama seperti perbandingan antara toleransi galat terhadap jumlah epoh dimana pada toleransi galat yang besar maka JST akan lebih cepat konvergen. Untuk kasus ini, waktu pelatihan yang tercepat dicapai pada saat toleransi galat sebesar 0.01. Sedangkan waktu pengujian yang tercepat dicapai pada saat toleransi galat sebesar 0.005 (Gambar 9).

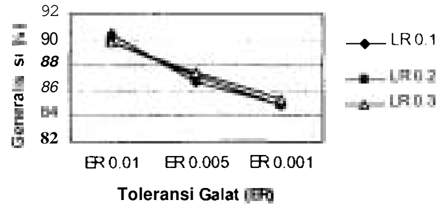


Gambar 8. Grafik perbandingan toleransi galat terhadap waktu pelatihan (satuan detik).

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa untuk nilai toleransi galat yang semakin kecil mengakibatkan generalisasi semakin kecil. Rata-rata generalisasi terbesar yang dihasilkan yaitu 90.375%. Nilai tersebut dicapai pada saat toleransi galat sebesar 0.01. Hal ini berarti bahwa dari lima kali pengulangan, dari 80 citra mentimun lurus yang diuji ke dalam sistem, semuanya dikenal sebagai mentimun lurus sedangkan dari 80 citra mentimun bengkok yang diuji, rata-rata citra mentimun bengkok yang dikenal sebagai mentimun bengkok adalah sebanyak 65.



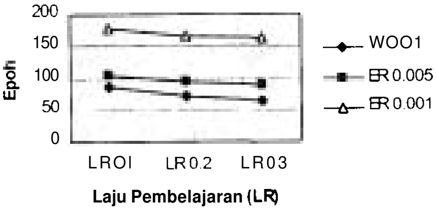
Gambar 9. Grafik perbandingan toleransi galat terhadap waktu pengujian (satuan detik).



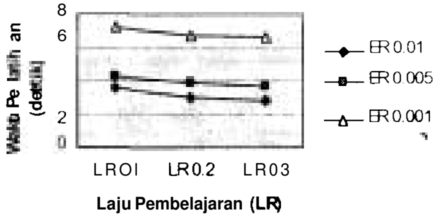
Gambar 10. Grafik perbandingan toleransi galat terhadap generalisasi.

Dari pengulangan yang dilakukan sebanyak lima kali, terlihat bahwa semakin besar laju pernbelajaran (Ir) maka semakin kecil baik waktu pelatihan maupun jurnlah epoh. Hal ini terjadi karena laju pernbelajaran merupakan parameter yang rnengatur berapa besar perubahan bobot yang harus dilakukan pada saat pelatihan untuk rnencapai konvergensi. Besarnya perubahan bobot juga bergantung pada nilai yang terdapat pada neuron yang bersangkutan dan faktor koreksi bobot. Oleh karena itu, laju pembelajaran juga rnenentukan berapa kali JST harus melakukan pernbelajaran dari masukan yang diurnpankan untuk mencapai konvergensi.

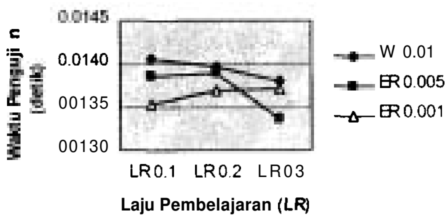
Dari Garnbar 11 dan Garnbar 12 dapat dilihat bahwa jumlah epoh dan waktu pelatihan yang terkecil dengan toleransi galat 0.01 dicapai pada saat laju pernbelajaran sebesar 0.3. Sernentara itu, untuk waktu pengujian yang tercepat dicapai pada saat laju pernbelajaran sebesar 0.3 dengan toleransi galat 0.005 (Gambar 13).



Gambar 11. Grafik perbandingan laju pembelajaran terhadap jumlah epoh.



Gambar 12. Grafik perbandingan laju pernbelajaran terhadap waktu pelatihan (satuan detik).



Gambar 13. Grafik perbandingan laju pernbelajaran waktu pengujian (satuan detik).

Grafik pada Garnbar 14 menunjukkan bahwa pada saat laju pernbelajaran 0.1 dengan toleransi galat sebesar 0.01, diperoleh rata-rata generalisasi yang terbaik yaitu 90.375%. Hal ini berarti bahwa dari lima kali pengulangan, dari 80 citra mentirnun lurus yang diuji ke dalarn sistern, semuanya dikenal sebagai rnentirnun lurus sedangkan dari 80 citra rnentirnun bengkok yang diuji, rata-rata citra rnentirnun bengkok yang dikenal sebagai mentirnun bengkok adalah sebanyak 65.

Untuk rnendapatkan nilai yang optimal bagi toleransi galat dan laju pernbelajaran maka parameter yang diarnati adalah generalisasi. Hal ini dilakukan karena untuk mernbentuk sistem untuk sortasi rnentirnun yang bisa melakukan pengenalan (sortasi) dengan keakuratan tinggi maka diperlukan JST Propagasi Balik Standar dengan arsitektur yang dapat rnenghasilkan generalisasi terbaik. Oleh karena itu, berdasarkan hasil percobaan dapat diambil nilai yang