

Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan Umpan Balik Berbasis Windows (Studi Kasus Pengenalan Numerik Arab)

Samuel Lukas¹, Arnold Aribowo¹, Sepreni²

¹Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pelita Harapan

²Alumni Jurusan Teknik Informatika Universitas Pelita Harapan

UPH Tower, M.H. Thamrin No.2. Lippo Karawaci, Tangerang, 15811, Indonesia

e-mail: slukas@consultant.com, arnold_phd@hotmail.com

Abstract

Artificial Neural Networks are basically software applications that need to be programmed. Like any other application, an ANN can be programmed with a programming language, a tool, or both. This paper discussed an analysis how an ANN based on back propagation learning algorithm can be constructed by using Visual Basic language. Moreover this paper also discusses how we can make an ANN system to identify handwriting of nine numerical Arabic characters.

Keywords: *artificial neural networks, programming language, nine numerical arabic characters.*

1. Pendahuluan

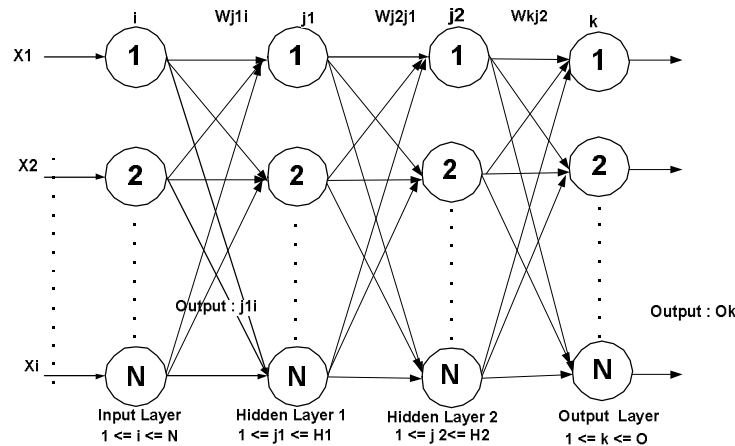
Seiring dengan perkembangan generasi komputer yang dimulai dari penggunaan komputer sebagai alat hitung diawal tahun 60an yang kemudian berkembang ke pengolahan kata yang dilanjutkan dengan pengolahan data dan informasi maka generasi komputer sekarang ini memasuki dunia kecerdasan yang lebih menyerupai daya nalar manusia. Suatu pertanyaan mendasar yang melandasi pemikiran ini adalah mampukan manusia menciptakan suatu mesin yang mempunyai kemampuan tidak hanya melakukan pemrosesan data dan informasi dari data yang diberikannya akan tetapi mengambil suatu kesimpulan yang cerdas dari data itu. Untuk itu maka dikembangkan suatu bidang ilmu *soft computing*. Softcomputing adalah suatu pendekatan ilmu pengetahuan dalam bidang komputasi untuk melakukan perhitungan paralel mengikuti pola kemampuan daya pikir manusia untuk belajar dalam suatu lingkungan yang tidak pasti dan tak menentu.

Salah satu cabang dari softcomputing itu adalah pengembangan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang merupakan suatu sistem model jaringan yang kemampuannya mengadopsi daya pikir manusia. Model jaringan yang dibentuk adalah sekumpulan node yang terhubung satu dengan lainnya dengan suatu besaran tertentu yang disebut bobot.

Berdasarkan fakta hasil penelitian mengenai cara kerja sistem syaraf biologis manusia, berbagai macam model JST terus diciptakan dan dikembangkan ke arah yang lebih baik sehingga lahirlah berbagai macam model untuk itu. Salah satu model yang paling populer adalah model jaringan *Backpropagation* (Propogasi umpan balik). Permasalahannya tidaklah mudah untuk mendapatkan piranti lunak JST. Apalagi piranti lunak itu mampu dengan mudah untuk beradaptasi dengan aplikasi-aplikasi yang akan dikembangkan kemudian. Makalah ini menyajikan analisis pengembangan piranti lunak JST berbasis Window yang diaplikasikan pada sistem pengenalan numerik Arab dari 1 hingga 9.

2. Jaringan Syaraf Tiruan Umpan Balik

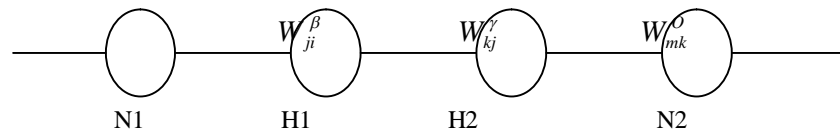
Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* (BP) pertama kali diperkenalkan oleh Rumelhart, Hinton dan William pada tahun 1986, kemudian Rumelhart dan Mc Clelland mengembangkannya pada tahun 1988. Jaringan ini merupakan model jaringan *multilayer*. *Backpropagation* paling banyak digunakan oleh para pemakai Jaringan Syaraf Tiruan, bahkan diperkirakan lebih dari 80% proyek Jaringan Syaraf Tiruan yang tengah dikembangkan menggunakan *Backpropagation*. Model Jaringan Syaraf Tiruan mempunyai dua *fase* dalam proses pelatihannya, *fase* propagasi maju (*forward propagation*), dan *fase* propagasi mundur (*backward propagation*). Pada *fase* Propagasi maju, pola masukan diberikan kepada lapisan pertama dari jaringan, kemudian diolah dan diteruskan ke lapisan berikutnya sampai dihasilkan suatu keluaran akhir (*actual output*). Keluaran akhir ini kemudian dibandingkan dengan nilai keluaran ideal dan didapatkan penyimpangan (*error*) pada setiap keluaran. *Error* kemudian ditransmisikan balik (*backward*) dari lapisan keluaran, ke masing-masing sel pada lapisan sebelumnya. Proses ini berlangsung terus selama proses pembelajaran hingga didapat *error* yang minimum atau yang diharapkan. Arsitektur JST diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur jaringan *backpropagation*

3. Analisis dan Perancangan JST

Perancangan piranti lunak Jaringan Syaraf Tiruan didasari atas model multilayer perseptron dengan propogasi balik dan fungsi aktifasi sigmoid untuk setiap neuronnya. Fungsi sigmoid yang digunakan dinyatakan pada persamaan $f(x) = (1 + e^{-x})^{-1}$. Banyaknya node pada lapisan masukan, lapisan tersembunyi pertama, lapisan tersembunyi ke dua dan lapisan keluaran adalah adalah NI, H1, H2 dan N2 buah. Penggambaran diagram blok JST diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram perancangan JST

Jika $x_i, \theta_j^{\beta}, \theta_k^{\gamma}, \theta_m^o$, dan W_{ji}^{β} masing-masing adalah input pada neuron ke i dilapisan input, harga awal neuron ke j pada lapisan tersembunyi pertama, harga awal neuron ke k pada

lapisan tersembunyi kedua, harga awal neuron ke m pada lapisan keluaran dan bobot koneksi neuron ke I pada lapisan input ke neuron j pada lapisan tersembunyi pertama maka berlaku persamaan-persamaan berikut:

$$Net_j^\beta = \sum_{i=1}^{N1} W_{ji}^\beta X_i + \theta_j^\beta, \quad \beta_j = f(Net_j^\beta)$$

$$Net_k^\gamma = \sum_{j=1}^{H1} W_{kj}^\gamma \beta_j + \theta_k^\gamma, \quad \gamma_k = f(Net_k^\gamma)$$

$$Net_m^O = \sum_{k=1}^{H2} W_{mk}^O \gamma_k + \theta_m^O, \quad Y_m = f(Net_m^O)$$

Jika δ_m , T_m , Y_m masing-masing adalah besaran error, target output dan besaran output pada neuron ke m di lapisan keluaran, dan E adalah RMS error pada lapisan output maka

$$\delta_m = T_m - Y_m, \quad E = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{N2} \delta_m^2$$

Proses pembelajaran pada JST bertujuan untuk mendapatkan nilai bobot koneksi pada setiap node yang sesuai dengan harapan oleh karena itu perbaikan setiap bobot koneksi ke lapisan keluaran dari lapisan tersembunyi dua dinyatakan dengan formula:

$$\frac{\partial E}{\partial W_{mk}^O} = \frac{\partial E}{\partial \delta_m} \frac{\partial \delta_m}{\partial Y_m} \frac{\partial Y_m}{\partial Net_m^O} \frac{\partial Net_m^O}{\partial W_{mk}^O}$$

$$\Delta W_{mk}^O = - \frac{\partial E}{\partial W_{mk}^O} = (T_m - Y_m) Y_m (1 - Y_m) \gamma_k$$

Sehingga nilai bobot yang baru dengan *learning rate* $0 \leq \alpha \leq 1$ didapat

$$W_{mk}^O = W_{mk}^O + \alpha \Delta W_{mk}^O$$

Formula perbaikan bobot pada node ke j dari lapisan tersembunyi pertama ke node ke k pada lapisan tersembunyi memenuhi persamaan

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}^\gamma} = \frac{\partial E}{\partial \delta_m} \frac{\partial \delta_m}{\partial Y_m} \frac{\partial Y_m}{\partial Net_m^O} \frac{\partial Net_m^O}{\partial \gamma_k} \frac{\partial \gamma_k}{\partial Net_k^\gamma} \frac{\partial Net_k^\gamma}{\partial W_{kj}^\gamma}$$

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}^\gamma} = -\gamma_k (1 - \gamma_k) \beta_j \sum_{m=1}^{N2} (T_m - Y_m) Y_m (1 - Y_m) W_{mk}^O$$

$$\Delta W_{kj}^\gamma = - \frac{\partial E}{\partial W_{kj}^\gamma} = \gamma_k (1 - \gamma_k) \beta_j \sum_{m=1}^{N2} (T_m - Y_m) Y_m (1 - Y_m) W_{mk}^O$$

$$W_{kj}^\gamma = W_{kj}^\gamma + \alpha \Delta W_{kj}^\gamma$$

Rumus perbaikan bobot pada node ke i dari lapisan masukan ke node ke j pada lapisan tersembunyi pertama memenuhi persamaan

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ji}^\beta} = \frac{\partial E}{\partial \delta_m} \frac{\partial \delta_m}{\partial Y_m} \frac{\partial Y_m}{\partial Net_m^O} \frac{\partial Net_m^O}{\partial \gamma_k} \frac{\partial \gamma_k}{\partial Net_k^\gamma} \frac{\partial \beta_j}{\partial Net_j^\beta} \frac{\partial Net_j^\beta}{\partial W_{ji}^\beta}$$

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ji}^\beta} = -\beta_j (1 - \beta_j) X_i \sum_{k=1}^{H2} \gamma_k (1 - \gamma_k) W_{kj}^\beta \sum_{m=1}^{N2} (T_m - Y_m) Y_m (1 - Y_m) W_{mk}^O$$

$$\Delta W_{ji}^{\beta} = \beta_j (1 - \beta_j) X_i \sum_{k=1}^{H2} \gamma_k (1 - \gamma_k) W_{kj}^{\beta} \sum_{m=1}^{N2} (T_m - Y_m) Y_m (1 - Y_m) W_{mk}^O$$

$$W_{ji}^{\beta} = W_{ji}^{\beta} + \alpha \Delta W_{ji}^{\beta}$$

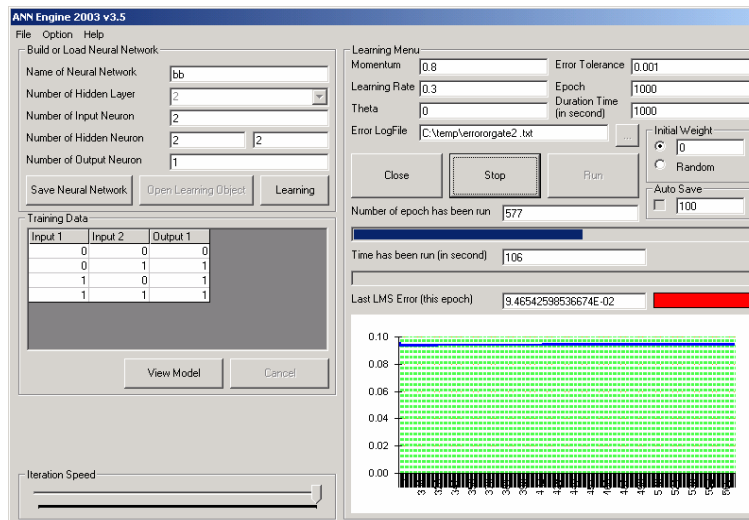
Jika digunakan variabel momentum $0 \leq \eta \leq 1$ maka besaran bobot koneksi antar lapisan menjadi

$$W_{mk}^O = W_{mk}^O + \alpha \Delta W_{mk}^O + \eta \Delta W_{mk}^{O-1}$$

$$W_{kj}^{\gamma} = W_{kj}^{\gamma} + \alpha \Delta W_{kj}^{\gamma} + \eta \Delta W_{kj}^{\gamma-1}$$

$$W_{ji}^{\beta} = W_{ji}^{\beta} + \alpha \Delta W_{ji}^{\beta} + \eta \Delta W_{ji}^{\beta-1}$$

Perancangan JST yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman visual basic berdasarkan *menu driven*. Gambar 3 menggambarkan menu pelatihan JST yang menggunakan 2 node input dan 2 node output.



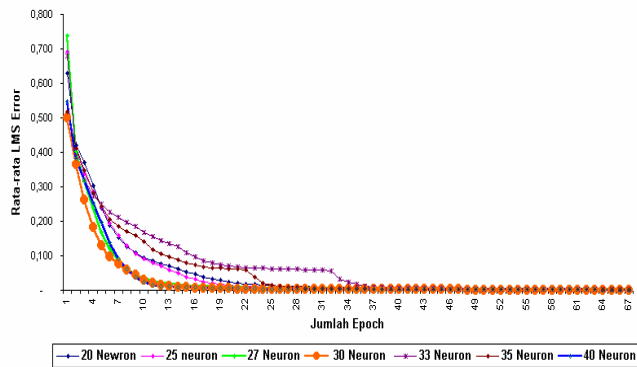
Gambar 3. Menu pelatihan JST

4. Implementasi dan Evaluasi JST

Pengujian JST dilakukan dengan menerapkannya pada studi kasus pengenalan tulisan tangan numerik arab angka satu sampai dengan sembilan. Gambar tulisan tangan diambil dengan format BMP dengan ukuran maksimal 120 x 100 *pixel* dengan resolusi hitam putih. Sebagai data pelatihan dibuat lima buah variasi gambar untuk setiap karakter numerik yang akan dikenali. Sedangkan pada data percobaan dibuat 10 variasi gambar untuk masing-masing karakter. Setiap gambar data pelatihan diolah dan dilakukan normalisasi hingga berukuran 12 x 10 *pixel*. Data ini kemudian dimasukkan ke JST sebagai data pelatihan.

Dibuat dua model konfigurasi JST. Pertama konfigurasi yang menggunakan satu lapisan tersembunyi dan yang kedua dengan menggunakan dua lapisan tersembunyi. Pada setiap konfigurasi, jumlah node pada setiap lapisannya diubah-ubah. Pada konfigurasi pertama jumlah node pada lapisan tersembunyi adalah 20, 25, 27, 30, 33, 35, dan 40. Sedangkan pada konfigurasi kedua, jumlah node pada lapisan tersembunyi satu dan dua diubah sebagai berikut 6:24; 9:21; 12:18; 15:15; 18:12; 21: 9; dan 24: 6. Kedua kelompok konfigurasi itu diujikan dengan nilai learning rate 0.01 dan momentum 0.5 dengan 1000 epoch dengan error maksimum 0.001 didapat grafik error pada gambar 4.

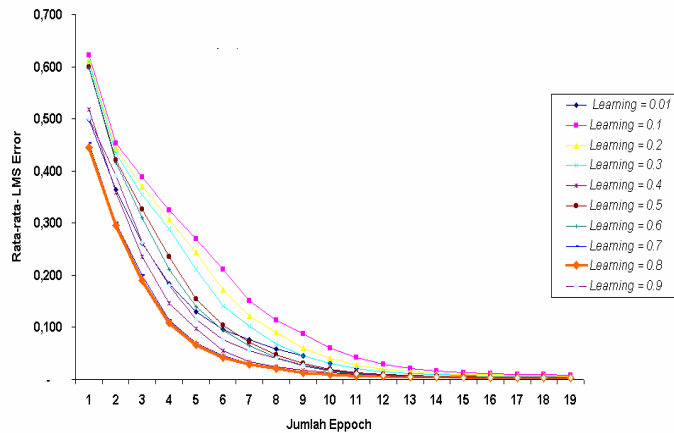
Tabel Rata-rata LMS Error Satu Lapisan Tersembunyi



Gambar 4. Grafik rata-rata LMS error satu lapisan

Pengujian ke dua untuk jumlah node 30 pada satu lapisan tersembunyi dengan mengubah nilai learning dan momentum faktor tetap didapat gambar 5.

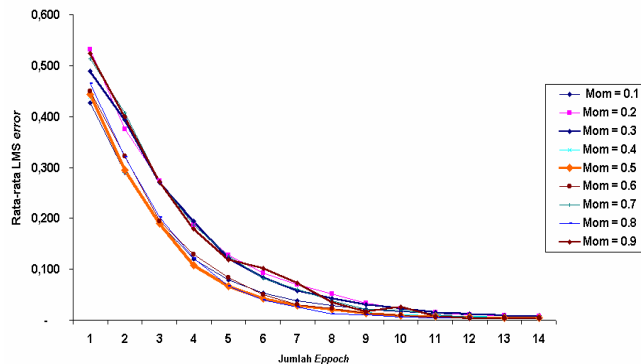
Grafik LMS Error Satu Lapisan dengan 30 Neuron



Gambar 5. Grafik rata-rata LMS error dengan momentum tetap untuk satu lapisan tersembunyi

Pengujian terakhir untuk satu lapisan dengan mengubah nilai momentumnya dengan learning rate terbaik pada gambar 5 yaitu 0.8 didapat gambar 6.

Grafik LMS Error Satu lapisan tersembunyi dengan 30 Neuron dan Learning rate = 0.8

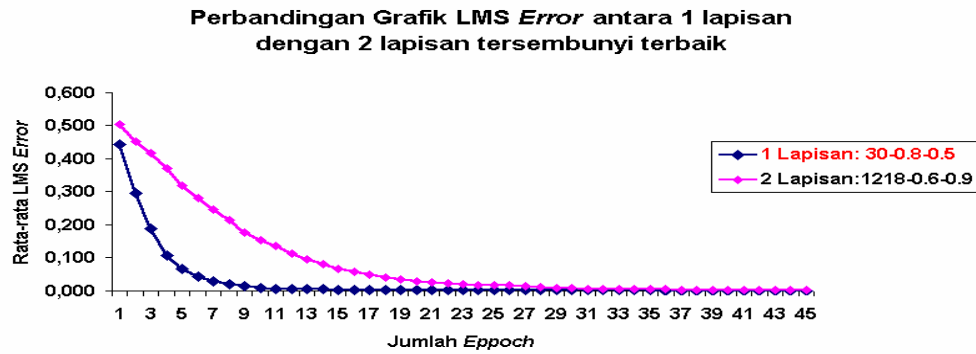


Gambar 6. Grafik rata-rata LMS error dengan learning rate 0.8 untuk satu lapisan tersembunyi

Jadi didapat konfigurasi JST terbaik satu lapisan adalah 120 x 30 x 9 neuron dengan learning rate 0.8 dan momentum 0.5

Pengujian dengan dua lapisan tersembunyi dilakukan dengan cara yang sama. Konfigurasi JST terbaiknya adalah 120 x 12 x 18 x 9 neuron dengan learning rate 0.9 dan momentum 0.6

Analisis lebih lanjut dilakukan dengan membandingkan konfigurasi mana yang terbaik dari kedua konfigurasi itu. Perbandingan itu diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik perbandingan rata-rata LMS error

Setelah mendapatkan konfigurasi terbaik yaitu dengan satu lapisan tersembunyi maka pengujian sistem pengenalan numerik Arab diimplementasikan dan hasilnya diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Persentasi pengenalan numerik Arab

No	Keluaran		Kritis	Kenal	%
	Min	Mak			
1	0.43	0.97	0.14	10	100 %
2	0.01	0.97	0.89	6	60 %
3	0.28	0.91	0.48	8	80 %
4	0.59	0.97	0.17	10	100 %
5	0.59	0.90	0.15	10	100 %
6	0.39	0.97	0.57	9	90 %
7	0.30	0.96	0.19	10	100 %
8	0.27	0.98	0.24	10	100 %
9	0.55	0.97	0.13	10	100 %

Dari percobaan terlihat bahwa JST bekerja dengan sangat baik dan akurat. Pada kasus pengenalan tulisan tangan numerik Arab terlihat bahwa numerik 2 dan 3 mempunyai tingkat pengenalan yang rendahhal ini dikarenakan kedua numerik relatif menyerupai satu dengan lainnya.

5. Kesimpulan dan Saran

Dari percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. JST yang dirancang untuk beroperasi secara *multilayer*, berarsitektur umpan maju, menggunakan metode *supervised learning*.

- b. JST yang dibangun maksimal menggunakan dua lapisan tersembunyi yang jumlah masing-masing neuron pada setiap lapisan tidak didefinisikan. Meskipun demikian dasar analisis untuk pengembangan ke banyak lapisan tersembunyi sudah dikerjakan.
- c. Pengujian pada studi kasus tulisan tangan numerik Arab tercapai dengan baik
Saran untuk penelitian lebih lanjut adalah pengembangan dengan jumlah lapisan yang tidak didefinisikan.

Daftar Pustaka

- Bart Kosko., *Neural Networks and Fuzzy Systems., A dynamical systems approach to machine intelligence*, Prentice Hall, Inc, New York, 1992.
- Freeman, J., Skapura, D.M. (1991). *Neural Networks Algorithms, Application and Programming Techniques*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc, New York.
- Levine, R.I.; Drang, D.E. 1991. *Neural Network Algorithms, Application and Programming Techniques*. New York : Addison-Wesley Publishing Company, Inc
- Limin., *Neural Networks in Computer Intelligence.*, Mcgrow-Hill International Editions., 1997.
- Rao, V.B., Rao, H.V. (1993). *C++ Neural Networks and Fuzzy Logic*, First Edition. MIS Press, New York.