



APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MENGENALI TULISAN TANGAN HURUF A, B, C, DAN D PADA JAWABAN SOAL PILIHAN GANDA (Studi Eksplorasi Pengembangan Pengolahan Lembar Jawaban Ujian Soal Pilihan Ganda di Universitas Terbuka)

Dwi Astuti Aprijani (dwias@ut.ac.id)
Jurusan Matematika FMIPA Universitas Terbuka
Unggul Utan Sufandi (unggul@ut.ac.id)
Pusat Komputer Universitas Terbuka
Jl. Cabe Raya, Pondok Cabe, Pamulang 15418, Kota Tangerang Selatan

ABSTRACT

Artificial Neural Network (ANN) can be applied to recognize pattern, particularly at the stage of data classification. This study used a multilayer perceptron backpropagation ANN, an unsupervised learning algorithm, to recognize the pattern of uppercase handwriting on the answer sheet of multiple-choice exams. The application of this network involves mapping a set of input against a reference set of outputs. In this research, ANN was trained using 8000 handwritten uppercase characters (A, B, C, and D) consisting of 6000 training data characters (1500 characters for each letter) and 2000 testing data characters (500 characters for each letter). The result showed that for the most optimal performance, the architecture and network parameters were 10 neurons in hidden layer, learning rate of 0.1 and 3000 iteration times. The accuracies of the result using the optimal network architecture and parameters were 90.28% for training data and 87.35% for testing data.

Key words: artificial neural network, backpropagation, handwriting recognition, learning rate

Pengenalan pola (*pattern recognition*) merupakan masalah yang lazim dewasa ini, baik pengenalan pola wajah, sidik jari, tulisan tangan maupun pola karakter hasil cetakan. Secara umum teknik pengenalan pola bertujuan untuk mengklasifikasikan dan mendeskripsikan pola atau objek kompleks melalui pengukuran sifat atau ciri dari objek yang bersangkutan. Tahapan dalam pengenalan pola terdiri dari prapengolahan, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Salah satu pendekatan yang digunakan pada tahap klasifikasi adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST). JST merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia. Istilah buatan digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Kusumadewi, 2004). JST akan melakukan pembelajaran untuk membentuk suatu model referensi, kemudian JST yang telah melakukan pembelajaran tersebut dapat digunakan untuk pencocokan pola.

Menurut Han dan Kamber (2001), arsitektur JST yang digunakan untuk pencocokan atau pengenalan pola adalah *Multilayer Perceptron Backpropagation* (propagasi balik). *Multilayer Perceptron* (MLP) propagasi balik dengan pembelajaran terawasi merupakan salah satu jenis JST yang mampu memberikan unjuk kerja yang bagus (Kantardzic, 2003). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Basu, Bhattacharyya dan Kim (2010), penggunaan JST untuk pengenalan pola memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan jika tidak menggunakan JST. Arsitektur JST yang paling umum digunakan adalah MLP propagasi balik.

Metode propagasi balik adalah metode penurunan gradien untuk meminimalkan total galat kuadrat keluaran. Aplikasi jaringan ini melibatkan pemetaan sekumpulan masukan terhadap sekumpulan acuan keluaran. Tujuan pembelajaran jaringan ini adalah mendapatkan keseimbangan antara kemampuan tanggapan yang benar terhadap pola masukan yang dipakai untuk proses pembelajaran jaringan dan kemampuan memberikan tanggapan yang layak untuk masukan sejenis namun tidak identik dengan yang dipakai pada pembelajaran jaringan (Suhardi, Imardjoko, & Samiadji, 2003).

Di Universitas Terbuka (UT), soal ujian pilihan ganda mendominasi sistem evaluasi belajar mahasiswa (90%). Cara menjawab soal pilihan ganda ini adalah dengan menghitamkan bulatan pada Lembar Jawaban Ujian (LJU). Berdasarkan data yang diperoleh dari Pusat Pengujian UT, selama ini masih terjadi kasus kesalahan menghitamkan bulatan pada LJU. Pada masa registrasi 2010.2, terdapat 34.326 kasus (2,91%). Munculnya kesalahan dalam menghitamkan bulatan ini membutuhkan alternatif sistem penulisan jawaban pada LJU. Sistem jawaban menggunakan tulisan tangan huruf besar merupakan alternatif yang menjanjikan.

Teknik pengenalan pola digunakan untuk mengenali karakter huruf besar tulisan tangan yang menjadi obyek dalam penelitian ini. Secara praktis, dengan penelitian ini diharapkan dapat diperoleh alternatif cara menjawab LJU yang diproses secara komputasional, sedangkan secara teoritis penelitian ini dapat memperkaya aplikasi JST untuk pengenalan pola, khususnya JST MLP propagasi balik. Pertanyaan penelitian meliputi: 1) Apakah JST dapat digunakan untuk mengenali tulisan tangan huruf besar (A, B, C, dan D) pada Lembar Jawaban Ujian (LJU) untuk soal pilihan ganda; 2) Bagaimana mengaplikasikan JST dalam mengenali tulisan tangan huruf besar keempat karakter tersebut; 3) Seberapa besar akurasi pengenalan tulisan tangan huruf besar keempat karakter tersebut menggunakan JST.

METODE PENELITIAN

Sampel

Pengambilan sampel tulisan tangan dilakukan dengan menggunakan formulir isian. Formulir ini terdiri dari kotak-kotak sebagai ruang yang disediakan untuk menuliskan huruf A, B, C, atau D sebagai jawaban ujian soal pilihan ganda, masing-masing sebanyak 10 karakter. Formulir yang telah diisi dan dapat diproses lebih lanjut berjumlah 200 lembar, sehingga jumlah sampel yang diperoleh adalah $4 \times 10 \times 200 = 8000$ karakter huruf. Dari 8000 karakter ini, 6000 karakter digunakan sebagai data training dan 2000 karakter digunakan sebagai data testing. Data training adalah data yang dilatihkan pada jaringan, sedangkan data testing adalah data baru (data di luar data training) yang akan diujikan pada jaringan.

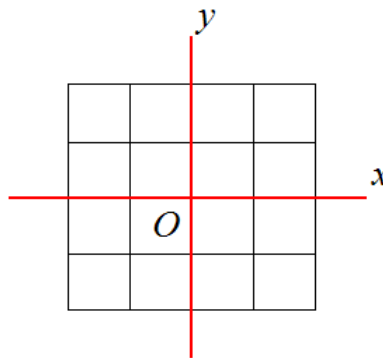
Prapengolahan

Kegiatan dalam prapengolahan adalah menyederhanakan citra sehingga siap untuk dianalisis. Pada proses ini, citra warna diubah menjadi warna keabuan (*greyscale*). Citra hasil proses ini adalah citra biner dengan latar belakang berwarna putih dan latar depan yang merupakan citra yang akan diproses berwarna hitam. Citra inilah yang siap untuk dianalisis pada proses ekstraksi ciri.

Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri dilakukan untuk mengambil ciri unik dari suatu citra digital huruf yang digunakan untuk analisis pada proses selanjutnya. Untuk mendapatkan ciri-ciri khusus tersebut, langkah yang dilakukan adalah

1. Menghitung lebar kotak (dalam piksel).
2. Menghitung tinggi kotak (dalam piksel).
3. Menghitung jumlah total piksel "on" (warna hitam) dari citra yang dimaksud
4. Menghitung jumlah piksel "on" dari citra yang dimaksud di atas sumbu-x
5. Menghitung jumlah piksel "on" dari citra yang dimaksud di bawah sumbu-x
6. Menghitung jumlah piksel "on" dari citra yang dimaksud di sebelah kiri sumbu-y
7. Menghitung jumlah piksel "on" dari citra yang dimaksud di sebelah kanan sumbu-y
8. Menghitung jumlah piksel "on" terhadap sumbu-y. Atribut ini mempunyai nilai negatif jika citranya "leftheavy", sebagai contoh huruf C.
9. Menghitung jumlah piksel "on" terhadap sumbu-x.
10. Menghitung jumlah piksel "on" di sekitar titik pusat O.
11. Citra dibagi menjadi 16 area (Gambar 1), dan dihitung jumlah piksel pada masing-masing area.



Gambar 1. Pembagian Area Citra

Klasifikasi dengan Menggunakan JST

Terdapat dua tahap dalam klasifikasi dengan menggunakan JST, yaitu tahap pelatihan (*training*) dan tahap pengujian (*testing*). Pada tahap pengujian, pola sebagai masukan pada JST menghasilkan keluaran yang menyajikan apa yang diyakini oleh JST sebagai keluaran yang benar. Namun demikian, agar tahap pengujian berhasil harus didahului dengan tahap pelatihan. Pada tahap ini JST menerima sekumpulan masukan yang bersesuaian dengan sekumpulan keluaran. Dengan kata lain, JST belajar untuk memasangkan keluaran yang benar terhadap pola masukan yang bersesuaian.

Jaringan Syaraf Tiruan yang digunakan adalah JST MLP propagasi balik. Arsitektur jaringan ini terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan lapisan keluaran (*output layer*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Proses belajar dari jaringan propagasi balik ini secara garis besar adalah setelah neuron menerima masukan pada lapisan masukan, neuron tersebut meneruskan hasil dari fungsi pengaktifan ke neuron berikutnya, hingga suatu keluaran dihasilkan oleh jaringan. Fungsi aktivasi berfungsi sebagai penentu kuat lemahnya sinyal yang dikeluarkan oleh suatu neuron. Rumusnya adalah:

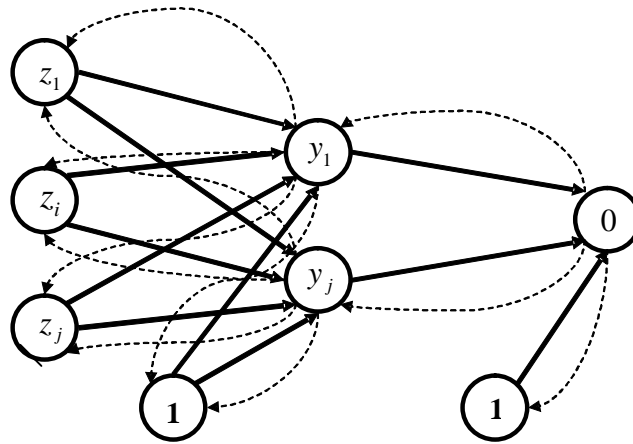
$$y = f\left(\sum_{i=1}^N w_i x_i - \theta\right)$$

dimana:

- y = sinyal keluaran;
- f = fungsi aktivasi;
- x_i = sinyal masukan;
- w_i = bobot hubungan;
- θ = bias.

Fungsi aktivasi untuk lapisan tersembunyi adalah fungsi Sigmoid Bipolar:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}}, \text{ sedangkan untuk lapisan keluaran adalah fungsi linier: } y = f(x) = x.$$



Gambar 2. Arsitektur JST propagasi balik (Kusumadewi, 2004)

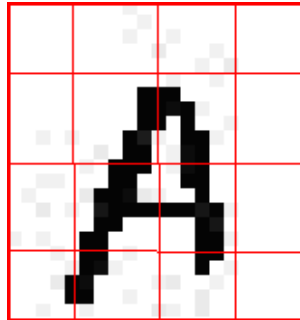
Keluaran yang dihasilkan oleh jaringan akan dibandingkan dengan acuan keluaran, sehingga suatu galat akan dibangkitkan. Selanjutnya, jaringan akan melewati turunan dari galat tersebut ke lapisan tersembunyi dengan menggunakan sambungan berbobot yang masih belum diubah nilainya. Kemudian setiap neuron pada lapisan tersembunyi akan menghitung jumlah bobot dari galat yang dirambatbalikkan sebelumnya. Setelah masing-masing neuron dari lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran menemukan besarnya galat, maka neuron-neuron ini akan mengubah nilai bobotnya untuk mengurangi besarnya galat. Proses ini berlangsung terus-menerus hingga galat yang dihasilkan oleh jaringan tersebut mendekati nol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data numerik yang diperoleh dari proses ekstraksi ciri menjadi data input pada JST. Dengan demikian jumlah area yang ada pada setiap sampel akan sesuai dengan jumlah neuron *input* JST yang akan digunakan.

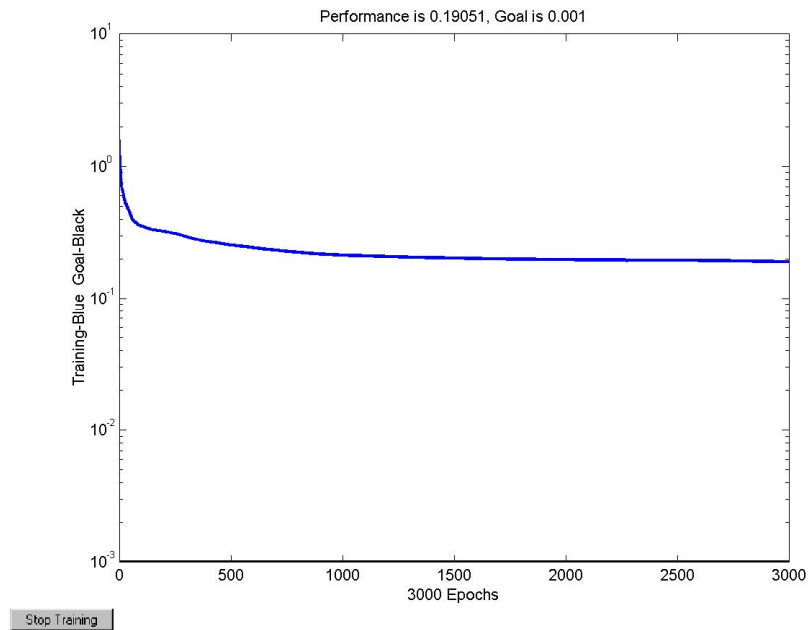
Perangkat lunak yang digunakan adalah Matlab versi 6.0. Proses pelatihan dalam Matlab menggunakan perintah '*train*' dengan menentukan jumlah epoch dan *error* yang dikehendaki. Dalam penelitian ini, ditetapkan jumlah epoch maksimum yang boleh dilakukan selama proses pelatihan

(MaxEpoh) = 3000 , rata-rata kuadrat error yang terjadi antara *output* jaringan dan target (MSE) = 0,001 , dan laju pembelajaran (α) = 0,1 .



Gambar 3. Contoh citra huruf hasil prapengolahan

Grafik kinerja model JST dengan jumlah epoh 3000 dapat dilihat pada Gambar 4. Proses pelatihan dihentikan pada epoh ke-3000, meskipun unjuk kerja yang diinginkan (MSE = 0,001) belum tercapai. Pada epoh ke-3000 ini, MSE = 0,19051. Tampak dalam gambar bahwa grafik MSE menurun, ini berarti jaringan mengenali pola.



Gambar 4. Grafik kinerja model JST dengan jumlah epoh 3000

Pengujian terhadap model sistem yang dikembangkan ini dilakukan sebanyak 4 kali dengan variasi jumlah neuron pada lapisan tersembunyi adalah 5, 8, 10, dan 20. Pengujian dilakukan agar dapat diketahui apakah model sistem yang dibuat telah sesuai dengan yang diinginkan dengan parameter kinerja diukur dari prosentase pengenalan terhadap karakter huruf besar tulisan tangan yang diujikan.

Jumlah sampel data training untuk masing-masing huruf (A, B, C, dan D) adalah 1500 karakter, sehingga jumlah total sampel data training adalah 6000 karakter. Sedangkan untuk data

testing, jumlah sampel untuk masing-masing huruf adalah 500 karakter, sehingga jumlah total data testing adalah 2000 karakter.

Hasil pelatihan pengenalan karakter menggunakan data training dan data testing dengan variasi jumlah neuron pada lapisan tersembunyi 5, 8, 10, dan 20, dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Jumlah Karakter Dikenal Menggunakan Data Training

Jumlah neuron pada lapisan tersembunyi	A		B		C		D	
	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
5	1316	87,73	1271	84,73	1440	96,00	1277	85,13
8	1311	87,40	1304	86,93	1436	95,73	1317	87,80
10	1317	87,80	1335	89,00	1443	96,20	1322	88,13
20	1334	88,93	1287	85,80	1438	95,87	1315	87,67

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa huruf A dapat dikenali paling baik oleh sistem (88,93%) jika jumlah neuron pada lapisan tersembunyi adalah 20, huruf B dikenali paling baik oleh sistem (89,00%) jika jumlah neuron 10, huruf C dikenali paling baik (96,20%) jika jumlah neuron 10, dan huruf D (88,13%) dengan jumlah neuron 10. Jadi, dengan menggunakan data training, arsitektur jaringan yang memberikan kinerja paling baik adalah jika jumlah neuron pada lapisan tersembunyi adalah 10.

Tabel 2. Jumlah Karakter Dikenal Menggunakan Data Testing

Jumlah neuron pada lapisan tersembunyi	A		B		C		D	
	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
5	454	90,80	431	86,20	459	91,80	366	73,20
8	454	90,80	429	85,80	465	93,00	395	79,00
10	454	90,80	440	88,00	460	92,00	393	78,60
20	459	91,80	437	87,40	462	92,40	381	76,20

Dengan menggunakan data testing, huruf A dapat dikenali paling baik oleh sistem (91,80%) jika jumlah neuron pada lapisan tersembunyi adalah 20, huruf B (88,00%) dengan jumlah neuron 10, huruf C (93,00%) dengan jumlah neuron 8, dan huruf D (79,00%) dengan jumlah neuron 8. Jadi, dengan menggunakan data testing, arsitektur jaringan yang menghasilkan kinerja paling optimal adalah arsitektur dengan jumlah neuron 8 pada lapisan tersembunyi.

Secara keseluruhan akurasi yang diperoleh dari ujicoba pelatihan pengenalan karakter menggunakan data training dan data testing dengan variasi jumlah neuron pada lapisan tersembunyi 5, 8, 10, dan 20 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Akurasi Hasil Pengujian Sistem Pengenalan Karakter

Jumlah neuron pada lapisan tersembunyi	Akurasi		Waktu yang dibutuhkan (detik)
	Data Training (%)	Data Testing (%)	
5	88,40	85,50	57,2030
8	89,47	87,15	67,2500
10	90,28	87,35	71,5000
20	89,57	86,95	70,3750

Dari Tabel 3 terlihat bahwa prosentase pengenalan data training dan data testing yang terbaik masing-masing adalah 90,28% dan 87,35%. Prosentase pengenalan data training lebih tinggi dibandingkan dengan prosentase pengenalan data testing. Hal ini terjadi karena data training adalah data yang memiliki struktur pola yang sama dengan data yang digunakan pada saat pelatihan jaringan sehingga menghasilkan prosentase pengenalan yang cukup tinggi. Sedangkan data testing adalah data yang benar-benar belum pernah dilatihkan pada jaringan walaupun memiliki struktur pola yang mirip. Data testing menghasilkan prosentase pengenalan yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan prosentase pengenalan data training. Prosentase terbaik dihasilkan dari arsitektur dan parameter jaringan yang mempunyai jumlah neuron 10 pada lapisan tersembunyi, laju pembelajaran 0,1, dan epoch 3000 kali.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari ujicoba sistem pengenalan tulisan tangan pada penelitian ini adalah: Pertama, penerapan JST untuk pengenalan tulisan tangan dilakukan menggunakan JST MLP propagasi balik dengan 11 ekstraksi ciri dan jumlah data training 6000 karakter, data testing 2000 karakter. Kedua, akurasi terbaik pengenalan tulisan tangan huruf besar A, B, C, dan D menggunakan data training dan data testing masing-masing baru mencapai 90,28% dan 87,35%. Prosentase pengenalan terhadap data training lebih tinggi dibandingkan dengan prosentase pengenalan terhadap data testing. Arsitektur dan parameter jaringan yang memberikan hasil pengenalan paling optimal adalah 10 neuron pada lapisan tersembunyi, laju pembelajaran 0,1, dan iterasi 3000 kali. Ketiga, JST berpotensi dapat digunakan untuk mengenali huruf besar tulisan tangan pada LJU UT, namun tingkat presisinya baru mencapai 87,35%. Idealnya untuk dapat digunakan mengolah data ujian presisi harus mencapai 100%, sehingga peserta ujian tidak ada yang dirugikan. Dengan demikian pada masa yang akan datang, perlu digunakan arsitektur dan parameter jaringan yang memberikan hasil pengenalan lebih optimal (sampai 99,9%) pada penelitian dan pengembangan berikutnya. Selain itu, perlu dikembangkan sistem pengenalan tulisan tangan huruf besar dengan menggunakan algoritma ekstraksi ciri yang berbeda pada penelitian dan pengembangan berikutnya.

REFERENSI

- Basu, J.K., Bhattacharyya, D. & Kim, T. (2010). Use of artificial neural network in pattern recognition. *International Journal of Software and Its Applications*, 4 (2), April 2010.
- Han, J. & Kamber, M. (2001). *Data mining: Concept, model, methods, and algorithm*. New Jersey: Wiley-Interscience.
- Kantardzic, M. (2003). *Data mining: Concept and techniques*. San Fransisco: Morgan Kaufmann Publisher.
- Kusumadewi, S. (2004). *Membangun jaringan syaraf tiruan (menggunakan MATLAB & Excel Link)*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Suhardi, I., Imardjoko, Y.U. & Samiadji, H. (2003). *Evaluasi jaringan syaraf tiruan untuk pengenalan karakter tulisan tangan jenis cetak*. Seminar Nasional Teknik Elektro, G-1.