

PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK PENGENALAN POLA KARAKTER MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PERCEPTRON

DAVID

Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Pontianak
Program Studi Teknik Informatika
Jln. Merdeka NO. 372 Pontianak, Kalimantan Barat
E-mail: David_Liauw@yahoo.com dan DavidLiauw@gmail.com

***Abstracts:** Artificial Neural Net is a method in soft computing that imitate the structure of biological nervous, where multiple nodes communicate with each other through synapses that interconnect them. That method can be utilized for pattern recognition processes, such as hand writing character recognition. This paper is aimed to develop hand writing character recognition using Artificial Neural Net method. Perceptron neural network is adopted in Artificial Neural Net. A mapping method is used for preprocessing to segment a character image to be processed by Artificial Neural Net. The experimental results show that among all of successful segmented characters of all the training data. the system recognizes the characters with an accuracy close to 79,2%.*

***Keywords:** Character Recognition, Artificial Neural Net, Image Processing, Perceptron*

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi membuat sebuah perangkat komputer memiliki kemampuan komputasi yang tinggi untuk meningkatkan kinerja dalam pengolahan data menjadi informasi. Namun hal ini tidak dapat diimbangi dengan kemampuan manusia memasukkan data secara manual ke dalam komputer agar dapat diolah lebih lanjut.

Hal yang dapat dilakukan oleh manusia untuk mengimbangi kemajuan teknologi adalah dengan mengembangkan sistem yang dapat memanfaatkan teknologi tersebut untuk membantunya memasukkan data ke dalam komputer. Salah satu dari sistem tersebut adalah sistem pengenalan karakter (*character recognition system*).

Sistem pengenalan pola karakter tulisan tangan akan menghasilkan karakter berdasarkan gambar hasil scan yang dimasukkan oleh pengguna. Salah satu algoritma yang dapat diterapkan untuk pengenalan pola karakter hasil tulisan tangan adalah jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*). Berdasarkan fungsinya, JST bertujuan untuk memecahkan sebuah masalah dengan cara belajar dari pengalaman. Dalam hal ini gambar hasil scan dan karakter yang akan dihasilkan dari gambar tersebut akan diberikan kepada sistem JST sebagai pengalaman. Dari pengalaman ini diharapkan nantinya sistem JST dapat melakukan pengenalan karakter ASCII untuk gambar yang lainnya.

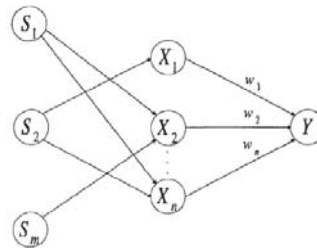
Hasil akhir dari Penelitian ini akan membuktikan seberapa jauh jaringan syaraf tiruan Perceptron mampu melakukan tugas pengenalan pola karakter agar dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pengembangan berikutnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Syaraf Tiruan Perceptron

Model Jaringan Syaraf Tiruan perseptron ditemukan oleh Rosenblatt (1962) dan Minsky – Papert (1969). Model ini merupakan model yang memiliki aplikasi dan pelatihan yang lebih baik pada era tersebut. Perceptron merupakan salah satu bentuk jaringan syaraf tiruan yang sederhana. Perceptron biasanya digunakan untuk mengklasifikasikan suatu tipe pola tertentu yang sering dikenal dengan pemisahan secara linear. Pada dasarnya, jaringan syaraf perceptron dengan satu lapisan memiliki bobot yang dapat diatur dan suatu nilai ambang (threshold).

Algoritma yang digunakan oleh aturan perceptron ini akan mengatur parameter-parameter bebasnya melalui proses pembelajaran. Nilai threshold (θ) pada fungsi aktivasi adalah non negative. Fungsi aktivasi ini dibuat sedemikian rupa sehingga terjadi pembatasan antara daerah positif dan daerah negative.

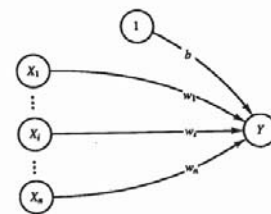


Gambar 1. Model Perceptron

(Sumber : Friedman dan Kandel, 2000:283)

2.2 Arsitektur Perceptron

Arsitektur jaringan perseptron mirip dengan arsitektur jaringan *Hebbian*. Gambar 2 menunjukkan arsitektur jaringan syaraf tiruan perseptron.



Gambar 2. Arsitektur Jaringan Perseptron

(Sumber : Friedman dan Kandel, 2000:283)

Jaringan terdiri dari beberapa unit masukan dan sebuah bias, dan memiliki sebuah unit keluaran. Hanya saja fungsi aktivasinya bukan merupakan fungsi biner atau bipolar, tetapi memiliki kemungkinan nilai -1, 0 dan 1. Untuk suatu harga *threshold* θ yang ditentukan dapat dilihat pada persamaan 1.

$$f(net) = \begin{cases} 1 & \text{jika } net > \theta \\ 0 & \text{jika } -\theta \leq net \leq \theta \\ -1 & \text{jika } net < -\theta \end{cases} \quad (1)$$

Secara geometris, fungsi aktivasi membentuk 2 garis sekaligus (memisahkan daerah positif dan daerah negatif. Garis pemisah antara daerah positif dan daerah nol memiliki pertidaksamaan seperti berikut (persamaan 2.2):

$$x_1 w_1 + \dots + x_n w_n + b > \theta \quad (2)$$

Garis pemisah antara daerah negatif dan daerah nol memiliki pertidaksamaan seperti berikut (persamaan 2.3):

$$x_1 w_1 + \dots + x_n w_n + b < -\theta \quad (3)$$

2.3 Algoritma Pelatihan Perceptron

Kusumadewi (2003:198) menyatakan bahwa Algoritma Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan Perceptron adalah sebagai berikut:

Misalkan :

s vektor masukan dan t adalah target keluaran.

α adalah laju pembelajaran/pemahaman (*learning rate*) yang ditentukan.

θ adalah *threshold* yang ditentukan.

Langkah 0:

Inisialisasi semua bobot dan bias (untuk sederhananya set semua bobot dan bobot bias sama dengan nol).

Set *learning rate* : α ($0 < \alpha \leq 1$).

Langkah 1:

Selama kondisi berhenti bernilai *false*, lakukan langkah-langkah sebagai berikut:

(Bisa saja menggunakan Iterasi maksimum sebagai kriteria penghentian proses learning).

1. Untuk setiap pasangan pembelajaran $s-t$, kerjakan:

a) Set input dengan nilai sama dengan vektor input:

$$x_i = s_i \quad (4)$$

b) Hitung respon untuk unit output:

$$Y_{in} = b + \sum_i x_i w_i \quad (5)$$

Gunakan fungsi aktivasi Sigmoid Bipolar untuk mendapatkan nilai y .

Fungsi sigmoid bipolar dirumuskan sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \quad (6)$$

(Catatan: Dapat digunakan Fungsi aktivasi lainnya seperti fungsi *Bipolar (Symetric Hard Limit)*, tergantung dari studi kasusnya).

c) Perbaiki bobot dan bias jika terjadi *error*:

Jika $y \neq t$ maka:

$$w_i(\text{baru}) = w_i(\text{lama}) + \alpha * t * x_i \quad (7)$$

$$b(\text{baru}) = b(\text{lama}) + \alpha * t \quad (8)$$

Jika tidak, maka:

$$w_i(\text{baru}) = w_i(\text{lama}) \quad (9)$$

$$b(\text{baru}) = b(\text{lama}) \quad (10)$$

2. Tes kondisi berhenti; jika tidak terjadi perubahan bobot pada (i) maka kondisi berhenti *TRUE*, namun jika masih terjadi perubahan maka kondisi berhenti *FALSE*.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam algoritma tersebut yaitu Iterasi terus dilakukan hingga semua pola memiliki keluaran jaringan yang sama dengan targetnya (jaringan sudah memahami pola). Iterasi tidak berhenti setelah semua pola dimasukan seperti yang terjadi pada model *Hebbian*. Pada langkah 1.c, perubahan bobot hanya dilakukan pada pola yang mengandung kesalahan (*keluaran jaringan* \neq

target). Perubahan tersebut merupakan hasil kali unit masukan dengan target dan laju pembelajaran. Perubahan bobot hanya akan terjadi jika unit *masukan* $\neq 0$. Kecepatan iterasi ditentukan oleh laju pembelajaran α ($0 < \alpha \leq 1$) yang dipakai. Semakin besar α , semakin sedikit iterasi yang diperlukan. Akan tetapi jika α terlalu besar, maka akan merusak pola yang sudah benar sehingga pembelajaran menjadi lambat.

2.4 Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan bentuk pemrosesan informasi dimana inputnya berupa suatu citra, seperti foto atau frame video. Sebagian besar teknik pengolahan citra melibatkan citra sebagai sinyal dua dimensi dan kemudian menerapkan teknik pemrosesan sinyal standar terhadap sinyal citra ini.

Menurut Basuki,dkk. (2005:11), Operasi-operasi pada pengolahan citra diantaranya: a) Transformasi geometris seperti perbesaran, pengurangan, dan rotasi; b) Perbaikan warna seperti tingkat kecerahan dan penyesuaian kekontrasan; c) Kombinasi dua atau lebih citra, misalnya pencarian rata-rata intensitas citra, perbedaan, atau komposit citra; d) Segmentasi yaitu pemisahan objek dengan background-nya pada citra; e) Perbaikan citra untuk meningkatkan kualitas citra digital seperti penghapusan noise pada citra dengan teknik konvolusi.

Pengolahan citra digital memungkinkan penggunaan algoritma pengolahan citra yang kompleks yang tampak tidak mungkin dengan cara analog. Menurut Basuki,dkk. (2005:13) pada khususnya, pengolahan citra digital merupakan teknologi praktis yang digunakan untuk a) Klasifikasi; b) Ekstraksi fitur; c) Pengenalan pola dan d) Proyeksi.

2.5 Grayscale

Menurut Basuki,dkk. (2005:15) dengan menggunakan mengubah representasi nilai *RGB* (*Red, Green, Blue*), sebuah gambar berwarna dapat diubah menjadi gambar yang terdiri dari warna putih dan gradasi warna hitam yang biasanya disebut gambar grayscale. Untuk mengubah RGB menjadi grayscale dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$greyscale = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (11)$$

atau

$$greyscale = 0.333R + 0.333G + 0.333B \quad (12)$$

2.6 Thresholding

Thresholding adalah untuk mengubah data pada gambar agar hanya memiliki nilai 0 dan 1. Hal ini dilakukan untuk mempermudah mengetahui apakah pixel tersebut “terisi” atau tidak.

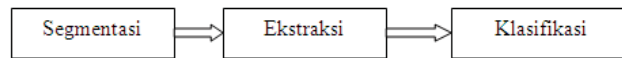
2.7 Pengenalan Pola Karakter

Pengenalan pola merupakan bidang dalam pembelajaran mesin dan dapat diartikan sebagai tindakan mengambil data mentah dan bertindak berdasarkan klasifikasi data. Salah satu aplikasinya adalah pengenalan suara, klasifikasi teks dokumen dalam kategori, pengenalan tulisan tangan, pengenalan kode pos secara otomatis pada sampul surat, atau sistem pengenalan wajah manusia. Aplikasi ini kebanyakan menggunakan analisis citra bagi pengenalan pola yang berkenaan dengan citra digital sebagai input ke dalam sistem pengenalan pola.

Perseptron dapat pula digunakan untuk mengenali pola karakter. Dengan berbagai pola masukan yang menyerupai huruf-huruf alfabet, perseptron dapat dilatih untuk mengenalinya. Menurut Kusumadewi (2004:43) Sistem pengenalan pola terdiri dari beberapa elemen yaitu a) *Input Transducer*, Input transducer mengkonversikan pola-pola yang dianalisis ke dalam sinyal listrik. Divais-divais yang biasa digunakan

diantaranya kamera video, image digitizer, scanner, dan mikropon; b) *Preprocessor*, Preprocessor melakukan pemrosesan tambahan pada sinyal dan mengikutsertakan fungsi-fungsi seperti penguatan / amplifikasi, spatial filtering, analisis spektrum, dan konversi analog-ke-digital; c) *Feature Extractor*, disebut juga diskriminator melakukan fungsi-fungsi untuk ekstraksi fitur yang digunakan untuk *matching*; d) *Response Selector*, merupakan algoritma yang digunakan untuk memilih pola-pola yang telah disimpan yang paling cocok dengan pola masukan; e) *Output Systems*, merupakan keluaran sistem pengenalan pola yang dapat berupa speaker, video, terminal komputer, dan sebagainya.

Kusumadewi (2004:44) menyatakan bahwa proses pengenalan pola dapat digambarkan sesuai diagram blok pada gambar 3 berikut:

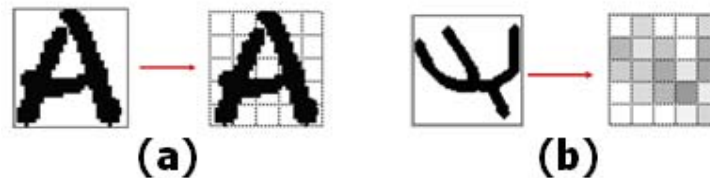


Gambar 3. Blok diagram Pengenalan Citra

2.8 Zoning

Vamvakas (2008) menyatakan bahwa proses zoning citra karakter dapat dibagi-bagi ke dalam zona $n \times m$. Setiap zona memiliki fitur yang diekstraksi ke dalam vektor fitur. Menurut Vamvakas (2008) tujuan dilakukan proses zoning adalah untuk mendapatkan nilai karakteristik per bagian yang merupakan karakteristik citra karakter secara global. Proses zoning dapat diilustrasikan pada gambar 4.a.

Pada proses zoning, dibentuk pula fitur densitas, yakni fitur yang ditampilkan dalam pixel citra dibagian foreground, atau pixel foreground yang sudah dinormalisasikan, di mana setiap sel-sel warna yang berbeda merepresentasikan nilai fitur-fitur. Proses zoning dengan fitur densitas dapat diilustrasikan pada gambar 4.b.



Gambar 4. Zoning
a) Proses Zoning, b) Zoning Density Features

2.9 Ekstraksi Ciri

Setelah dilakukan segmentasi, maka data gambar akan dirubah ke mode matrik dimana nilai yang diperbolehkan adalah "0" untuk merepresentasikan warna putih dan nilai "1" untuk merepresentasikan warna hitam. Selanjutnya nilai matrik yang terbentuk akan digunakan sebagai input. Dalam penelitian ini, sebagai acuan digunakan matrik ordo 10×10 . Hasil ekstraksi data ciri karakter diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Ekstraksi data gambar

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bentuk Penelitian

Bentuk penelitian yang penulis terapkan adalah studi literatur dengan metode penelitian eksperimental. Eksperimental merupakan metode dengan serangkaian uji coba dilakukan pada setiap bagian perangkat lunak yang telah selesai dibuat, bila bagian tersebut sudah dapat melakukan fungsinya dengan baik, maka uji coba dilakukan pada bagian berikutnya. Bagian dari perangkat lunak yang dimaksud adalah form dan kode yang menyusun program tersebut.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam mengumpulkan data yang diperlukan untuk penelitian ini, penulis menggunakan studi literatur. Metode ini merupakan cara pengambilan data dengan menggunakan alat standar lain untuk keperluan pengenalan pola karakter. Data diperoleh penulis dengan cara mengambil secara langsung objek yang akan diteliti berupa dokumen tulisan tangan hasil scan.

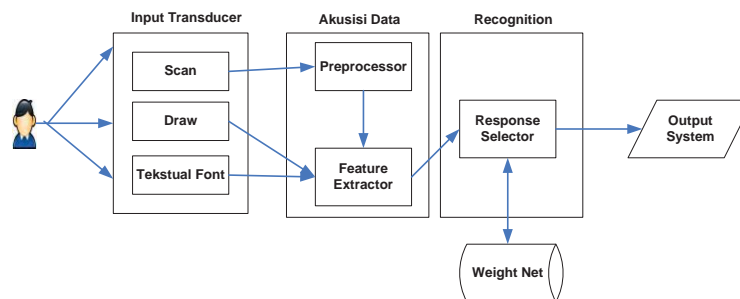
3.3 Metode Pengembangan Perangkat Lunak

Metode yang penulis gunakan dalam merancang perangkat lunak ini adalah menggunakan perancangan prosedural yang menggunakan algoritma program dan digambarkan dalam bentuk flowchart program. Semuanya itu nantinya akan diimplementasikan dalam bentuk pseudocode program. Model dari proses perangkat lunak pengenalan pola karakter ini menggunakan pendekatan model prototype, di mana pada metode ini, prototypenya tidak dibuang melainkan di gunakan sebagai dasar untuk perancangan selanjutnya. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Visual Basic 6.

4 HASIL PENELITIAN

4.1 Perancangan Perangkat Lunak

Aplikasi yang dibangun dalam penelitian ini adalah aplikasi pengenalan pola karakter dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan perceptron. Arsitektur aplikasi ini dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Arsitektur Aplikasi

Arsitektur aplikasi pada gambar 4.1 terdapat beberapa bagian utama, yaitu *Input transducer*, *Akuisisi data*, *Recognition* dan *Output system*. Berikut ini diberikan penjelasan masing-masing elemen pada blok diagram pengenalan pola karakter.

1. *Input Transducer*

Pada bagian *input transducer*, yang dijadikan input dalam aplikasi ini antara lain: a) Tulisan tangan yang dituliskan atau digambarkan pada suatu area gambar; b) Tulisan tangan yang dituliskan di atas secarik kertas. Selanjutnya citra tulisan di-capture dengan scanner. Pengambilan citra dengan scanner dimaksudkan untuk mengubah citra yang merupakan sinyal berdimensi dua menjadi citra digital. Pengubahan ini perlu dilakukan supaya citra tersebut dapat diproses oleh komputer. Setelah citra di-capture

oleh scanner, hasilnya berupa citra digital yang disimpan pada komputer sebagai sebuah file; c) Tekstual font merupakan karakter yang diambil dari suatu jenis font yang digambarkan secara langsung oleh aplikasi pada area gambar.

2. Akusisi Data

Bagian Akusisi Data terbagi menjadi dua bagian yaitu *Preprocessor* dan *Feature Selector*. *Preprocessor* bertugas memproses citra digital yang telah didapatkan supaya citra tersebut lebih mudah untuk diambil fitur-fiturnya. Proses *preprocessing* pertama kali yang perlu dilakukan yaitu mengubah citra RGB menjadi citra grayscale. Pengubahan ini dimaksudkan supaya pengolahan citra berikutnya menjadi lebih mudah. Tahap pemrosesan selanjutnya yaitu pengubahan citra RGB menjadi citra biner (*black-and-white*). Dengan menjadi citra biner, maka dapat dibedakan antara objek dengan latar belakangnya.

Bagian *Feature Selector* merupakan bagian yang mengambil objek karakter dari citranya. Pengambilan objek ini dilakukan dengan cara *cropping*. Batas *cropping* adalah sisi-sisi tepi dari objek/angka. Setelah tahap *cropping* selesai, maka citra hasil *preprocessing* siap untuk diambil fiturnya. Fitur yang digunakan merupakan matriks 10×10 . Nilai-nilai pada tiap sel di matriks tersebut berada pada interval 0 s.d. 100. Pemberian nilai mengikuti aturan sebagai berikut. Citra objek yang merupakan hasil *preprocessing* tersebut dibagi menjadi blok-blok dimana setiap objek dibagi menjadi blok-blok sejumlah 10×10 . Hasilnya berupa matriks 10×10 . Bila dalam blok tersebut memiliki pixel-pixel yang berwarna hitam semua (blok ini semuanya mengandung bagian objek), maka pada blok tersebut diberi nilai sejumlah pixel hitam yang berada dalam blok tersebut. Sebaliknya, bila dalam blok tersebut memiliki pixel-pixel yang berwarna putih semua (tidak terdapat objek pada blok ini), maka blok tersebut diberi nilai 0. Dan bila pada blok tersebut tidak semuanya hitam atau tidak semuanya putih, maka pemberian nilai sesuai dengan jumlah pixel hitam yang berada dalam blok tersebut. Selanjutnya matriks citra karakter 10×10 tersebut akan dinormalisasikan menjadi matriks yang nilainya berada diantara 0 dan 1.

3. *Response Selector*

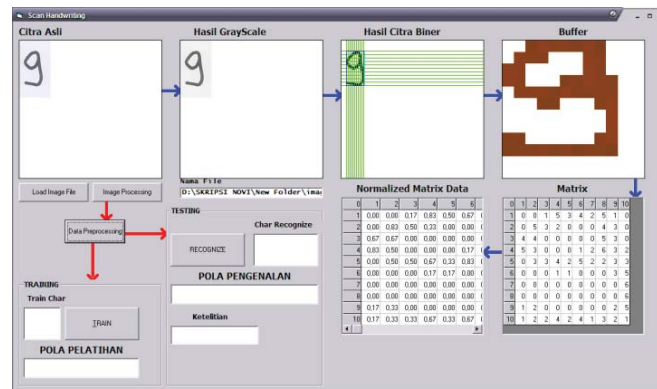
Untuk melakukan klasifikasi atau pengenalan pola, digunakan jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan yang dipakai adalah perceptron. Pengenalan tulisan tangan dengan jaringan syaraf tiruan ini melalui dua fase yaitu fase pelatihan (*training*) dan fase pengujian (*testing*).

Pada fase pelatihan, berbagai macam sampel karakter dipergunakan. Semakin bervariasi sampel yang dipakai, semakin bagus hasil pelatihannya. Input jaringan syaraf tiruan terdiri dari 100 neuron. Targetnya mengenali pola angka 0..9, abjad A..Z, dan abjad a..z. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid bipolar karena fungsi ini mempunyai range nilai antara -1 s.d. 1. Hal ini sesuai dengan input yang telah ditentukan sebelumnya. Bobot jaringan syaraf tiruan tersebut disimpan dalam suatu file sekuensial.

Pada fase pengujian, suatu objek dipilih kemudian jaringan syaraf tiruan mencoba mengenali pola masukan ini untuk menentukan karakter yang dimaksud. Caranya dengan mensimulasikan jaringan dengan suatu inputan karakter yang akan dikenali. Kemudian target yang memiliki nilai maksimum itulah yang dipilih oleh *jaringan syaraf tiruan*.

4. *Output system*

Output pada sistem pengenalan tulisan tangan berupa sebuah *graphical user interface* (GUI).



Gambar 7. Hasil Tampilan Program

4.2 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak pengenalan pola karakter ini dilakukan pada spesifikasi hardware sebagai berikut : Notebook HP Compaq, INTEL Core 2 DUO T5300, 1.73 GHz, Memory 2 GB dan Sistem Operasi Windows XP SP3. Parameter jaringan syaraf tiruan Perceptron yang digunakan yaitu nilai alpha (α) = 0.3, nilai threshold (θ) = 0.01 dan jumlah maksimum iterasi = 100.

Untuk memperoleh bobot jaringan syaraf tiruan perceptron sebagai pola pengenalan karakter, diperlukan data pelatihan. Data pelatihan yang digunakan berupa citra hasil drawing sebanyak 3 sample untuk masing-masing huruf A, H dan N. Data citra draw dapat dilihat pada gambar 8.


















Gambar 8. Gambar Citra Draw sebagai Pelatihan Perceptron

Untuk menguji kinerja jaringan syaraf tiruan perceptron untuk pengenalan pola karakter, diperlukan masukan yang telah dimodifikasi sedemikian rupa berbeda dari data masukan awal, namun polanya masih tampak. Berikut ini adalah data masukan awal berupa citra hasil scan dengan masukan yang dimodifikasi untuk masing-masing huruf A, H dan N. Data scan dapat dilihat pada gambar 4.23.

Dengan menggunakan variabel target yang sama dengan saat pembelajaran, dapat disimulasikan apakah arsitektur jaringan perceptron yang dibuat dapat mengidentifikasi data masukan yang telah dimodifikasi. Berhasilnya tidaknya proses identifikasi ditentukan dengan kesamaan keluaran jaringan perceptron dengan target yang telah ditetapkan. Selanjutnya, dilakukan langkah-langkah yang sama seperti pada saat pembelajaran. Perbedaannya adalah pada saat pengujian ini, tidak diperlukan lagi instruksi train. Untuk testing reliabilitas (kehandalan) jaringan syaraf tiruan perceptron yang digunakan adalah bobot dan bias hasil pelatihan perceptron.

Tabel 1 memperlihatkan citra pengujian pola karakter dengan sample huruf A, H dan N masing-masing 5 sample dengan pola target keluarannya. Pola-pola karakter tersebut diujikan satu per satu menggunakan hasil pelatihan perceptron dan hasil pengujian karakternya dapat ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 1
Tabel Citra Pengujian Pola Karakter

HURUF	CITRA					POLA
A						01000001
H						01001000
N						01001110

Tabel 2
Tabel Hasil Pengujian Pola Karakter

NO	Nama File	POLA DIKENALI	KARAKTER DIKENALI	KETELITIAN
1	A1.bmp	01000001	A	0,83665
2	A2.bmp	01000001	A	0,76633
3	A3.bmp	01000001	A	0,91119
4	A4.bmp	01000001	A	0,70611
5	A5.bmp	01000001	A	0,83910
6	H1.bmp	01001000	H	0,86812
7	H2.bmp	01001000	H	0,75336
8	H3.bmp	01001000	H	0,61201
9	H4.bmp	01001000	H	0,79921
10	H5.bmp	01001000	H	0,72937
11	N1.bmp	01001110	N	0,93662
12	N2.bmp	01001110	N	0,89555
13	N3.bmp	01001110	N	0,72781
14	N4.bmp	01001110	N	0,78104
15	N5.bmp	01001110	N	0,71132

Berdasarkan tabel 2, pada hasil pengujian pola karakter dengan citra scan pada tabel 1 didapatkan hasil yang baik, di mana jaringan syaraf tiruan perceptron sudah baik dalam mengenali pola karakter. Rata-rata tingkat ketelitian yang didapat untuk pengujian tiap karakter adalah 0,791586. Tingkat keberhasilan pengenalan pola karakter tergantung pada banyaknya sampel representatif yang digunakan, fitur yang diambil, dan parameter jaringan syaraf tiruan.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengenalan tulisan tangan yang dibangun secara umum dapat mengenali pola-pola karakter.
2. Perceptron adalah metoda yang tepat dalam persoalan mengidentifikasi huruf.
3. Data Preprocessing yang digunakan dalam sistem ini membantu pengambilan fitur-fitur yang dikehendaki.
4. Tingkat keberhasilan pengenalan pola tergantung pada banyaknya sampel representatif yang digunakan, fitur yang diambil, dan parameter jaringan syaraf tiruan.
5. Bila pada proses pembelajaran terjadi kesalahan pada salah satu karakter, akan menyebabkan semakin besarnya tingkat kesalahan pengenalan karakter tersebut.
6. Untuk pengembangan lebih lanjut, proses pengenalan huruf cetak tidak hanya dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan perceptron namun dapat pula dengan beberapa jaringan syaraf tiruan lainnya seperti Backpropagation, Adaline, Madaline, Hebbian, dan sebagainya.

DAFTAR RUJUKAN

- Bose, N.K., 1996, *Neural Networks Fundamentals With Graphs, Algorithms, and Applications*, Mc Graw-Hill, Inc. Singapura.
- Friedman, Menahem., dan Kandel, Abraham.,2000, *Introduction to Pattern Recognition Statistical, Structural, Neural and Fuzzy Logic Approaches*, World Scientific
- Kusumadewi, Sri., 2003, *Artificial Intelligence Teknik dan Aplikasinya*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kusumadewi, Sri., 2004, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB dan EXCEL LINK*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Laurene, Fausett, 1994, *Fundamentals of Neural Network*, Prentice Hall, Inc. Paramount Communication Company Englewood Cliffs, New Jersey.
- Parker , J.R., 1997, *Algorithms For Image Processing and Computer Vision*, Wiley Computer Publisng.
- Suyanto, 2007, *Artificial intelligence*, Informatika, Bandung.
- Vamvakas, Giorgos, 2008, *Optical Character Recognition for Handwritten Characters*, Lecture Notes, Institute of Informatics and Telecommunications.