

TRANSLITERASI CITRA AKSARA HIRAGANA MEMPERGUNAKAN JARINGAN BACKPROPAGATION

Nicolaus Euclides Wahyu Nugroho¹, Anastasia Rita Widiarti²

^{1,2}Teknik Informa

tika Universitas Sanata Dharma

Kampus III Universitas Sanata Dharma,

Paingan Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta

Email : ¹nico.euclid@gmail.com, ²rita_widiarti@usd.ac.id

Abstract

The purpose of this research is to understand the ability and to find out how much percentage of accuracy of Back Propagation algorithm in Japanese characters handwriting Hiragana's pattern recognition. This study used the characterization of calculating a black pixel (intensity of character) and calculating the direction by applying masking diagonal left, right diagonal, vertical, and horizontal (mark direction). There were 797 letters that can be read correctly by backpropagation test equipment after applying feature combination 6 on the 7th test. Combination 6 had 5 characterization feature 1, feature 2, feature 3, feature 4, and feature 5. Each feature was a collective feature of 9 segment which had explanation like this : feature 1 was Intensity of Character (Black), feature 2 was Mark Direction Diagonal 1 (Diag1), feature 3 was Mark Direction Diagonal 2 (Diag2), feature 4 was Mark Direction Horizontal (Horz) , and feature 5 was Mark Direction Vertical (Vert). This study revealed succeeded in proving that the backpropagation algorithm was able to recognize Hiragana letters after achieving a success rate of accuracy above 85% which was 86.63%.S

Keywords: *Backpropagation, Hiragana Character Recognition, Intensity of Character, Mark Direction*

1 Pendahuluan

Manusia adalah makhluk hidup yang cerdas dan memiliki kemampuan untuk berkembang dalam mengindra. Kemampuan mengindra ini membuat manusia dapat mengenali berbagai macam obyek melalui indera yang dimilikinya. Indera yang digunakan manusia adalah indera penglihatan, pengecap, pembau, perasa, dan pendengaran. Manusia dapat membedakan dan memisahkan suatu obyek berdasarkan penglihatan manusia pada bentuk obyek tersebut.

Kemampuan indera penglihatan ini juga mulai diterapkan pada komputer yang ada pada jaman sekarang ini, sehingga terjadi perkembangan sangat pesat bidang pengenalan pola. Secara umum pengenalan pola adalah suatu ilmu untuk mengklasifikasikan atau menggambarkan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif fitur atau sifat utama dari suatu obyek [1]. Komputer mulai dibuat untuk bisa mengenali sebuah obyek dengan mengidentifikasi fungsi, karakteristik dan ciri-ciri dari obyek tersebut. Obyek tersebut sebelumnya telah dikenalkan melalui pelatihan pengenalan objek yang diolah oleh algoritma di dalam program komputer. Hal ini dimaksudkan jika ada hal yang tidak dapat diidentifikasi oleh manusia maka

dapat dibantu oleh komputer tersebut. Salah satu contoh pengenalan obyek adalah pengenalan suatu citra aksara tertentu.

Terdapat banyak metode yang dapat digunakan dalam mengenali suatu pola suatu obyek, salah satunya adalah metode jaringan saraf tiruan, yang juga mempunyai banyak variasi cara, misalnya *adaline*, dan *back propagation*. Paper ini menyajikan hasil penelitian transliterasi citra aksara Hiragana mempergunakan jaringan *backpropagation*, dengan tujuan menemukan berapa besar prosentase keakuratan penggunaan algoritma *back propagation* untuk transliterasi citra aksara Jepang Hiragana tangan huruf.

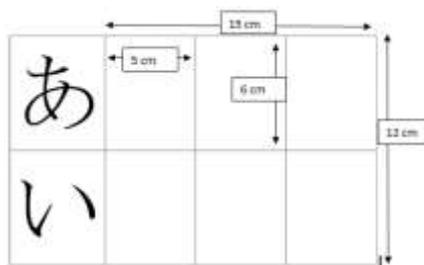
2 Kajian Pustaka

Kebudayaan Jepang sekarang ini banyak sekali diminati di Indonesia karena masyarakat Indonesia banyak yang tertarik dengan kebudayaan Jepang yang sering disajikan melalui *manga*, *anime*, film, dan musik dan lain-lain. Hal ini dapat dilihat dengan adanya komunitas-komunitas penggemar *manga*, *anime*, film, dan musik serta kebudayaan tradisional Jepang lainnya. Salah satu warisan kebudayaan Jepang adalah bahasa Jepang, yang memiliki 3 jenis aksara, yaitu aksara Hiragana, Katakana, dan aksara Kanji. Aksara Hiragana dan Katakana dibuat oleh orang Jepang sendiri, sedangkan aksara Kanji berasal dari Cina, yang kemudian mengalami perubahan cara baca dan cara penulisannya [2]. Pengenalan huruf Jepang cukup sulit karena bentuk hurufnya yang lebih rumit dibandingkan dengan huruf latin, dan kesulitan inilah yang menjadi kendala bagi para peminat bahasa Jepang. Menurut Kurniawan [3], cara terbaik mempelajari bahasa Jepang adalah dengan belajar menulis *KANA (Hiragana dan Katakana)*.

Banyak peneliti telah melakukan penelitian untuk transliterasi berbagai macam aksara dan menggunakan algoritma *backpropagation* untuk proses transliterasinya. Fathia [4], telah menggunakan metode *backpropagation* untuk pengenalan pola tulisan aksara korea, dengan nilai rata-rata akurasi pengujian yang didapat adalah 99.7217% dengan tingkat error 0.2783%. Peneliti lain Nurmila dkk. [5], menggunakan algoritma *backpropagation* untuk pengenalan pola aksara Jawa. Dalam penelitian tersebut didapat rata-rata keakuratan dalam pengenalan polanya 99.563% untuk data sampel berupa data pelatihan, 61.359% untuk data sampel di luar data pelatihan, dan 75% untuk data sampel data pelatihan dan di luar data pelatihan.

3 Metode Penelitian

Untuk mendapatkan informasi agar mengetahui berapa persentase akurasi penggunaan *backpropagation* dalam transliterasi aksara Hiragana, dibuatlah aplikasi alat bantu transliterasi. Data input untuk aplikasi adalah tulisan aksara Jepang yang didapatkan dari responden. Responden diberi blangko pengisian, seperti terlihat pada Gambar 1, dan setiap responden menulis aksara sebanyak 46 aksara berbeda, dan setiap aksaranya ditulis sebanyak tiga kali.



Gambar 1. Rancangan blangko kosong

Ukuran aksara dibuat 15x12 cm agar tulisan yang dibuat cukup besar dan bagus untuk diproses.

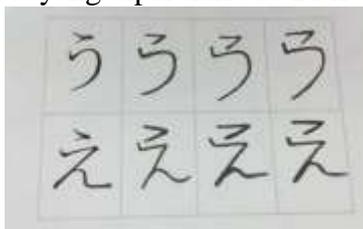
Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Studi pustaka

Membaca buku-buku referensi yang berkaitan dengan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dan jurnal-jurnal serta artikel baik dari jurnal maupun internet mengenai kegiatan penelitian melakukan pengenalan pola tulisan tangan menggunakan algoritma *backpropagation*. Hal ini dilakukan untuk mencari sumber dan informasi secara lengkap tentang semua hal yang berkaitan dengan penelitian ini.

2. Pengumpulan Data dan Kebutuhan

Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan kebutuhan dalam pembuatan program pengujian. Misalnya data tulisan tangan huruf *hiragana*, aplikasi Matlab atau Octave, dan dasar-dasar dalam melakukan penelitian. Pada penelitian ini terdapat 20 siswa yang menjadi responden setiap siswa diberi kesempatan untuk menuliskan huruf hiragana sebanyak 3 x 46 huruf. Jadi total data yang diperoleh ada 20 x 46 x 3 eksemplar



Gambar 2. Contoh blangko yang telah diisi oleh responden

3. Pengolahan data

Langkah –langkah dalam pengolahan data tulisan tangan huruf hiragana

- :
- a. men-*scan* data yang dilakukan untuk mengubah data dari blangko dijadikan data digital dan dimasukkan ke dalam laptop / komputer.
- b. Pemotongan data gambar dilakukan dengan memotong blangko yang telah di-*scan* perhalaman untuk diambil perhurufnya dan dijadikan data digital yang lebih spesifik.
- c. preprocessing yang meliputi :

- 1) Mengubah Citra Warna . Kegiatan pemrosesan citra dimaksudkan untuk mengubah dari citra warna ke citra keabu-abuan, dilanjutkan dengan mengubah citra keabu-abuan ke citra hitam putih.



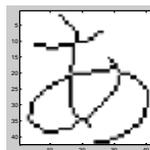
Gambar 3. Perubahan dari gambar RGB ke Grayscale, lalu ke black and white

- 2) Resizing Citra yaitu pengubahan gambar ke dalam bingkai yang berbentuk persegi ukuran 42x42. Hal ini dimaksudkan agar data yang diolah tidak terlalu besar dan jika lebih kecil dari itu maka gambar yang ada akan terpotong.



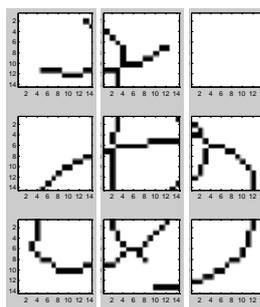
Gambar 4. Contoh gambar *resizing*

- 3) Penipisan Citra menggunakan fungsi Rosenfeld. Penipisan ini dimaksudkan untuk mengubah ukuran citra menjadi lebih kecil karena hanya informasi penting saja yang diambil. Disamping itu penipisan citra ini dapat juga mengurangi penggunaan memori, memudahkan analisis struktur sebuah obyek dan dapat digunakan untuk klasifikasi pada pengenalan pola. Pada penelitian ini penipisan citra digunakan ketebalan 1 piksel.



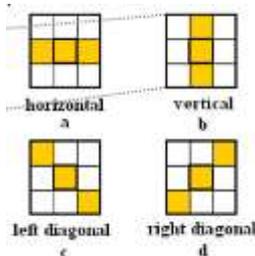
Gambar 5. Contoh gambar *skeleton*

- 4) Membagi Citra. Proses membagi citra ini berupa kegiatan membagi citra ke beberapa segmen yang lebih kecil. Proses membagi citra ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam pencerian gambar. Pada penelitian ini citra dibagi dalam 9 segmen .



Gambar 6. Contoh gambar tersegmen 3x3

- 5) Mengambil Ciri Citra. Pada penelitian ini pengambilan ciri citra menggunakan algoritma intensitas karakter (*intensity of character*) dan tanda arah (*mark direction*). Intensitas karakter adalah pencirian citra dengan cara menghitung berapa jumlah piksel yang bernilai 0 (berwarna hitam). Jadi intensitas karakter digunakan untuk menghitung nilai piksel hitam pada sebuah citra. Tanda arah adalah pencirian citra dengan cara menghitung banyaknya piksel yang memiliki tetangga yang berarah horisontal, vertikal, diagonal ke kiri, dan diagonal ke kanan. Jadi tanda arah digunakan untuk menghitung berapa banyak piksel yang memenuhi *masking* horisontal, vertikal, diagonal kiri, dan diagonal kanan pada sebuah citra. Pada penelitian ini intensitas karakter dan tanda arah digunakan pada setiap segmen dari citra yang telah dibagi menjadi 9 segmen (3 x 3 segmen).

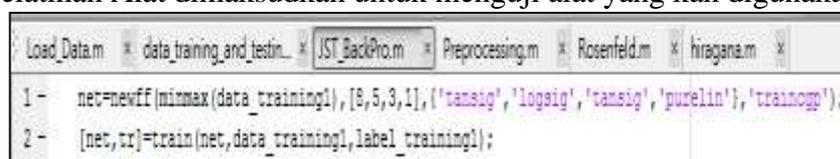


Gambar 7. Struktur elemen tanda arah (Surinta [9])

Secara keseluruhan urutan *algoritma preprocessing* dapat dituliskan sebagai berikut :

- a. Mulai
- b. Membaca file gambar huruf hiragana menggunakan `imread`
- c. Mengubah representasi citra dari citra berwarna ke citra skala keabuan menggunakan fungsi bawaan matlab `rgb2gray`
- d. Mengubah representasi citra dari citra skala keabuan ke citra hitam putih menggunakan fungsi bawaan matlab `im2bw`
- e. Mengubah ukuran dimensi citra menjadi ukuran 42x42 piksel menggunakan fungsi bawaan matlab `imresize`
- f. Menipiskan citra menggunakan fungsi Rosenfeld [10]
- g. Membagai citra menjadi 9 segmen berukuran 14x14 piksel

- h. Mencirikan citra pada tiap segmen menggunakan *mark direction* untuk menghitung berapa yang memenuhi masking vertical, horisontal, diagonal kiri, dan diagonal kanan pada tiap segmen
 - i. Mencirikan citra pada tiap segmen menggunakan *intensity of character* untuk menghitung nilai piksel hitam pada tiap segmen
 - j. Memasukkan ciri *intensity of character* ke array bernama black
 - k. Memasukkan ciri *mark direction* untuk diagonal kiri ke array bernama dig1
 - l. Memasukkan ciri *mark direction* untuk diagonal kanan ke array bernama dig2
 - m. Memasukkan ciri *mark direction* untuk horisontal ke array bernama horz
 - n. Memasukkan ciri *mark direction* untuk vertikal ke array bernama vert
4. Pembuatan alat uji dan pelatihan alat uji
- a. Dalam pembuatan alat uji, diambil data set ciri menggunakan *script load_data.m* dan menormalisasi data tersebut. Kemudian membuat target data menggunakan *script target_data* dan dimasukkan ke variabel target. Langkah berikutnya mengubah *vector target* menjadi sebuah indeks dari *script divide_target* yang dimasukkan ke variabel t1 sampai t46.
 - b. Pelatihan Alat dimaksudkan untuk menguji alat yang kan digunakan.



```

1- net=newff(minmax(data_training1),[8,5,3,1],('tansig','logsig','tansig','purelin'),'trainog');
2- [net,tr]=train(net,data_training1,label_training1);

```

Gambar 8. Contoh program jaringan *backpropagation*.

Untuk melakukan pelatihan alat yang telah dibuat, mula-mula dibuat sebuah jaringan *backpropagation*. Gambar 3.10 merupakan contoh program jaringan *backpropagation*.

Pada penelitian ini untuk pelatihan alat digunakan data sebanyak $\frac{2}{3}$ bagian untuk setiap huruf dengan rumusan $\frac{2}{3} \times 20 \text{ responden} \times 3 \text{ tulisan perhuruf}$. Jadi total data setiap huruf ada 40 huruf. Dikarenakan ada 46 huruf maka total data huruf yang dipakai untuk pelatihan alat ada sebanyak 1840 huruf. Percobaan pelatihan alat dalam penelitian ini dilakukan sebanyak lima kali. Pada tiap percobaan telah dilakukan perubahan jumlah layer, jumlah neuron, atau fungsi aktivasi yang dipakai pada setiap layer untuk melihat peningkatan akurasi saat pengujian.

6. Pengujian Program (*Testing*)

Pada penelitian ini data yang akan digunakan untuk pengujian alat sebanyak $\frac{1}{3}$ bagian untuk setiap huruf dengan rumusan $\frac{1}{3} \times 20 \text{ responden} \times 3 \text{ tulisan perhuruf}$ jadi total data setiap huruf ada 20 huruf. Dikarenakan ada 46 huruf maka total data huruf yang dipakai untuk pengujian alat ada sebanyak 920 huruf.

Pengambilan data dilakukan dengan pengujian data menggunakan alat yang telah dilatih. Pada penelitian ini pengujian alat telah dilakukan dengan 6 kondisi ciri yang berbeda. Pada tiap percobaan dengan kondisi ciri yang berbeda, jumlah unit pada tiap *hidden layer*, atau jumlah *iterasi* yang dipakai telah dirubah untuk melihat peningkatan akurasi ataupun penurunan akurasi.

7. Analisis data

Menganalisa hasil uji dari alat yang telah dibuat. Pada penelitian ini alat yang telah dibuat dikatakan dapat mengenali tulisan tangan huruf hiragana jika:

- a. Ada tulisan tangan huruf hiragana yang dapat terdeteksi
- b. Prosentase akurasi dari fungsi yang diterapkan $\geq 85\%$

4 Hasil dan Diskusi

Pengujian dilakukan dengan membagi data untuk training dan testing terlebih dahulu. Jumlah data yang dipakai ada 2760 huruf dimana pada tiap hurufnya terdapat 60 data huruf. Pembagian dilakukan dengan menggunakan 40 baris pertama data ciri pada tiap hurufnya sebagai data training dan 20 baris data ciri terakhir pada tiap hurufnya sebagai data testing. Jadi total terdapat 1840 data training dan 920 data testing.

Percobaan akan dilakukan sebanyak 7 kali dengan menggunakan kombinasi ciri 1 sampai kombinasi ciri 6 seperti berikut:

1. kombinasi pertama ciri 1
2. kombinasi kedua ciri 2
3. kombinasi ketiga ciri 1 dan ciri 2
4. kombinasi keempat ciri 1 dan ciri 3
5. kombinasi kelima ciri 2 dan ciri 3
6. kombinasi keenam ciri 1, ciri 2, ciri 3, ciri 4, dan ciri 5

Informasi mengenai ciri 1 sampai dengan ciri 5 adalah sebagai berikut:

Ciri 1 : Intensityof Character (Black)

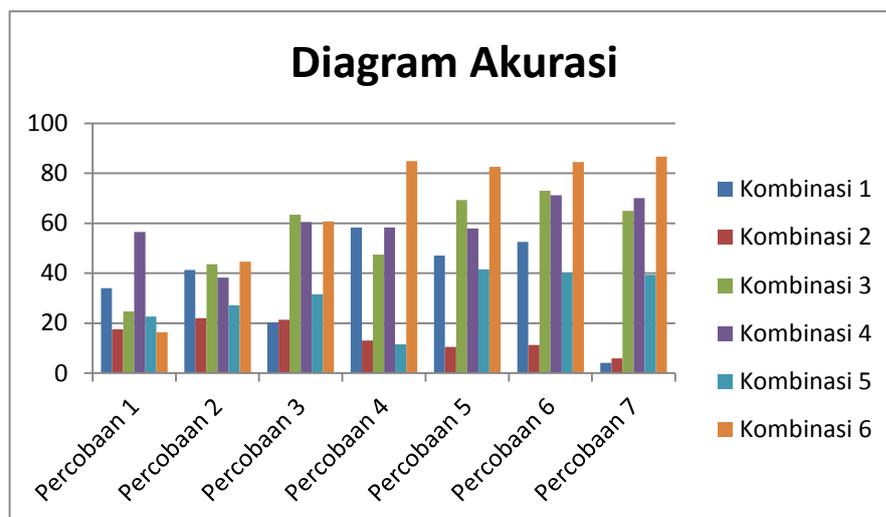
Ciri 2 : Mark Direction Diagonal 1 (Diag1)

Ciri 3 : Mark Direction Diagonal 2 (Diag2)

Ciri 4 : Mark Direction Horisontal (Horz)

Ciri 5 : Mark Direction Vertical (Vert)

Percobaan akan dihentikan ketika hasil akurasinya sudah mencapai $\geq 85\%$ atau percobaan telah mencapai 7 kali percobaan. Dari keenam kombinasi ciri tersebut telah dilakukan beberapa kali percobaan dan mendapatkan data akurasi yang berbeda.



Gambar 6. Diagram Akurasi dari 7 percobaan

Dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa dari 7 kali percobaan dengan menggunakan 6 kombinasi ciri yang berbeda serta struktur jaringan yang berbeda diperoleh hasil terbaik terdapat pada percobaan 7 menggunakan kombinasi 6 dengan nilai akurasi 86,63%.

Adapun struktur jaringan pada percobaan 7 adalah sebagai berikut Pola jaringan yang dipakai menggunakan 2 lapisan tersembunyi, jumlah unit neuron pada lapisan tersembunyi 120, 100 dan pada lapisan keluaran 46. Fungsi aktivasi yang dipakai pada lapisan tersembunyi *tansig*, *logsig* dan lapisan keluaran adalah *logsig*. Fungsi pelatihan yang menggunakan *trainscg*. Jumlah iterasi yang dipakai sebanyak 600.

Pada penelitian ini dilakukan pula testing data tunggal dengan menggunakan 6 data pada setiap hurufnya, jadi total data yang dipakai untuk testing data tunggal ada 276 huruf. Karena hasil terbaik merupakan jaringan pada percobaan 7 dengan kombinasi ciri kombinasi 6 maka yang akan dipakai sebagai acuan pengujian adalah pola jaringan pada percobaan 7 dengan kombinasi ciri kombinasi 6. Hasil testing Data tunggal tersebut sebagai berikut

Tabel 1. Hasil Pengujian Data Tunggal

No	Input	Output						Dikenali	Tidak dikenali	Akurasi
		1	2	3	4	5	6			
1	A	A	A	A	Nu	Nu	A	4	2	66.67
2	I	To	I	I	I	I	I	5	1	83.33
3	U	Ro	U	U	U	Ro	U	4	2	66.67
4	E	E	E	E	E	E	E	6	0	100
5	O	Mi	Yo	Yo	O	O	O	3	3	50
6	Ka	Ka	Re	Mi	Mi	Ka	Ka	3	3	50
7	Ki	Ki	Ki	Ki	Ki	Ki	Mo	5	1	83.33
8	Ku	Ku	Ku	Mo	Ku	Ku	Ku	5	1	83.33

9	Ke	Ke	Se	Ke	Ke	Ke	Ke	5	1	83.33
10	Ko	6	0	100						
11	Sa	Sa	Ki	Sa	Sa	Sa	Ra	4	2	66.67
12	Shi	Na	Na	Mu	Shi	Shi	Mu	2	4	33.33
13	Su	6	0	100						
14	Se	Se	Se	Se	I	Se	Se	5	1	83.33
15	So	E	Sa	Ku	Ki	Wo	Mu	0	6	0
16	Ta	Ta	Ta	Ta	Ya	Ta	Ta	5	1	83.33
17	Chi	Chi	U	Ro	Chi	Chi	Chi	4	2	66.67
18	Tsu	Ya	Tsu	Tsu	Ko	Tsu	Ko	3	3	50
19	Te	6	0	100						
20	To	6	0	100						
21	Na	6	0	100						
22	Ni	6	0	100						
23	Nu	Me	Me	Me	Nu	Me	Me	1	5	16.67
24	Ne	Fu	Re	Fu	Mi	Nu	Ne	1	5	16.67
25	No	No	Tsu	Tsu	No	No	No	4	2	66.67
26	Ha	Ke	Ha	Ha	Ho	Ho	Ha	3	3	50
27	Hi	6	0	100						
28	Fu	Yo	Yo	Yo	Fu	Fu	Fu	3	3	50
29	He	6	0	100						
30	Ho	Ha	Ho	Ha	Ho	Ho	Ho	4	2	66.67
31	Ma	Yo	Yo	Mi	O	O	Yo	0	6	0
32	Mi	Mi	E	Mi	Mi	So	Mu	3	3	50
33	Mu	Mu	Mu	Mu	Wo	Wo	Su	3	3	50
34	Me	Me	Me	Me	Me	Nu	Me	5	1	83.33
35	Mo	Ki	Mo	Mo	So	Mo	Mo	4	2	66.67
36	Ya	6	0	100						
37	Yu	Ri	Ri	Chi	Yu	Yu	Yu	3	3	50
38	Yo	6	0	100						
39	Ra	U	Ra	U	Chi	Chi	Chi	1	5	16.67
40	Ri	Hi	Mu	Ri	Ri	Ri	Ri	4	2	66.67
41	Ru	6	0	100						
42	Re	Re	Wa	Wa	Ta	Wa	Wa	1	5	16.67
43	Ro	6	0	100						
44	Wa	Wa	U	Ne	Re	No	Yu	1	5	16.67
45	Wo	Wo	Ma	Wo	Wo	No	Wo	4	2	66.67
46	N	Mo	Mo	N	N	N	N	4	2	66.67
Jumlah								184	92	
Rata-rata akurasi										66.67

Pada hasil percobaan di atas didapatkan hasil yang bervariasi, dengan total data yang dikenali ada 184 huruf, total data yang tidak dikenali 92 huruf dan rata-rata

akurasi sebesar 66.67%. Hal ini disebabkan karena ada data yang mengandung noise, dan ada pula data yang tulisanya kurang baik.

Dari hasil akhir yang diperoleh pada penelitian ini tentang pengenalan tulisan tangan huruf jepang *hiragana* dengan algoritma *backpropagation* diketahui bahwa:

1. Pada penelitian ini terdapat 797 tulisan tangan huruf *hiragana* yang dapat terdeksi, maka dikatakan algoritma *backpropagation* dapat mengenal tulisan tangan huruf *hiragana*.
2. Prosentase akurasi dari beberapa fungsi yang diterapkan pada penelitian ini diperoleh akurasi terbaik sebesar 86.63%

maka penelitian ini dikatakan berhasil karena sudah memenuhi tujuan penelitian karena akurasi keterbacaan sudah melebihi 85% prosentase keberhasilan.

5 Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah didapatkan bahwa algoritma *backpropagation* dapat digunakan untuk mengenali tulisan tangan huruf jepang *hiragana*. Terutama seperti pada percobaan 7 yang menggunakan kombinasi 6. Hal ini dapat dilihat dengan adanya beberapa huruf yang dapat terbaca dengan tepat oleh alat uji *backpropagation*. Tingkat akurasi tertinggi sebesar 86.63%. Jaringan yang digunakan adalah jaringan dengan 2 lapisan tersembunyi dan 1 lapisan keluaran, dengan jumlah unit neuron pada lapisan tersembunyi 120, 100, dan pada lapisan keluaran jumlah unit neuronnya ada 46. Fungsi aktivasi yang digunakan pada lapisan tersembunyi adalah *tansig*, *logsig* dan pada lapisan keluaran *logsig*. Iterasi yang terjadi sebesar 511 kali dengan waktu perhitungan 1:56.

5.2 Keterbatasan Penelitian

Huruf yang digunakan dalam penelitian ini huruf yang digunakan huruf Jepang Hiragana dasar (Seion). Format gambar yang digunakan adalah .jpg. Masukkan data menggunakan huruf hiragana tulisan tangan yang dikumpulkan dari responden. Masing-masing responden menuliskan setiap huruf sebanyak 3 kali. Banyak huruf yang harus ditulis sebanyak 46 huruf.

5.3 Saran

Bagi peneliti selanjutnya yang akan menggunakan algoritma *backpropagation* untuk pengenalan tulisan tangan huruf jepang *hiragana*, alat ini masih dapat ditingkatkan. Peningkatan tersebut dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut

1. Mencari responden lebih banyak untuk data tambahan.
2. Menggunakan huruf hiragana dakuon yang menggunakan imbuhan tenten (ㇰ) dan maru (ㇱ)
3. Mencari ciri yang lebih spesifik untuk data yang telah digitalisasi
4. Mengubah susunan jaringan yang ada dengan menambah jumlah neuron, jumlah layer, atau mengubah fungsi aktivasinya.

6 Daftar Pustaka

- [1] Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab*. Yogyakarta : Andi Offset.

- [2] Luluhan, T.F. (tanpa tahun). Mudah Menulis Dan Membaca Huruf Hiragana Dan Huruf Katakana Dalam Bahasa Jepang. http://www.academia.edu/6228224/MENULIS_DAN_MEMBACA_HURUF_HIRAGANA_DAN_HURUF_KATAKANA_PEMULA. 7 Juni 2016.
- [3] Kurniawan, H.P. (2008). Pengenalan Huruf Jepang Katakana Menggunakan Logika Kabur. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- [4] Fathia, S. (tanpa tahun). Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Pengenalan Tulisan Tangan Huruf Korea (Hangul) Menggunakan Metode Propagasi Balik. http://eprints.dinus.ac.id/11905/1/jurnal_11611.pdf. 25 Mei 2016. Fakultas Studi Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro. Semarang.
- [5] Nurmila, N. Sugiharto, A. & Sarwoko, E.A. (tanpa tahun). Algoritma Back Propagation Neural Network Untuk Pengenalan Pola Karakter Huruf Jawa. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jmasif/article/download/74/521>. 5 Juni 2016.
- [6] Basuki, A. (2005). Image Enhancement. <http://basuki.lecturer.pens.ac.id/lecture/sesi4citra.pdf>. 15 Juli 2016.
- [7] Matlab. (tanpa tahun). Multilayer Neural Network Architecture. <http://www.mathworks.com/help/nnet/ug/multilayer-neural-network-architecture.html>. 5 Juli 2016.
- [8] Siang, J.J. (2009). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta : Andi Offset.
- [9] Surinta, O. (2010). Overview of Handwritten Thai character Recognition. <http://www.ai.rug.nl/~mrolarik/APSMeeting/09-07-2010%20Overview%20of%20Handwritten%20Thai%20Character%20Recognition.pdf>. 12 Mei 2016.
- [10] Widiarti, A.R. (2011). Comparing Hilditch, Rosenfeld, Zhang-Suen, Nagendrprasad – Wang-Gupta Thinning. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*. No 6. Vol 5. halaman 1. <http://waset.org/publications/6492/comparing-hilditch-rosenfeld-zhang-suen-and-nagendrprasad-wang-gupta-thinning>.