

Pengenalan Huruf Katakana Dakuten Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation

Recognition of Katakana Dakuten Character Using Backpropagation Neural Network Method

Hapsari Ciptaningtyas¹, T. Sutojo²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

Jl. Nakula I No 5-11 Semarang 50131, Telp : (024) 351-7261, Fax : (024) 352-0165

e-mail: ¹hapsarictyas@gmail.com, ²sutojo@gmail.com

Abstrak

Bahasa Jepang tidak dapat dipisahkan dengan adanya penulisan huruf-huruf Jepang dalam pembelajarannya dan merupakan huruf non latin yang ditulis dengan menggabungkan beberapa goresan. Huruf katakana digunakan untuk penulisan nama orang, kata serapan dari bahasa lain, kata-kata onomatopoeic, memberi penekanan, memberi kesan nada percakapan atau menunjukkan eufemisme atau ironi. Selain huruf katakana secara standar, terdapat huruf katakana dengan memberikan Tenten atau yang sering disebut huruf katakana dakuten. Huruf katakana dakuten berjumlah 20 huruf dan terdapat beberapa huruf yang mirip. Dalam pembelajaran bahasa Jepang khususnya pelajar yang baru/pemula akan merasa kesulitan dalam mempelajari huruf katakana dakuten karena adanya perbedaan pola hasil goresan tangan, huruf katakana dakuten menjadi huruf yang cukup kompleks dan memiliki karakteristik. Dengan adanya perbedaan pola-pola hasil goresan tangan, maka pengenalan huruf katakana dakuten menjadi salah satu permasalahan dalam pembelajaran huruf Jepang. Salah satu cara yang digunakan untuk melakukan pengenalan pola huruf sehingga dapat mengukur tingkat akurasi pengenalan setiap huruf Katakana Dakuten yaitu menggunakan pengolahan citra digital dengan metode jaringan saraf tiruan backpropagation dengan ekstraksi ciri mark direction dan hasil yang diperoleh yaitu sebesar 100% untuk akurasi pelatihan dan 83% untuk akurasi pengenalan.

Kata kunci— Pengenalan pola, Jaringan saraf tiruan, Backpropagation, Katakana Dakuten

Abstract

Japanese language can't be apart with how to write Japanese letters and it is a non-latin type that being written by combining some line. Katakana character is being used to write name, word that absorbed from foreign languages, onomatopoeic, emphasize, gives the impression of a conversation tone, eufemisme or giving irony. Beside standard katakana character, there is another kind of katakana character by giving a tenten or that usually being called Katakana Dakuten character. There are 20 characters and some characters being similar. When learning Japanese language, especially for new learner that will be trouble when learning katakana dakuten characters because the difference of line pattern by handwritten, being characters that quite complex and characteristic. With the difference result of line pattern by handwritten, then recognising katakana dakuten character become one problem when learning Japanese letters. One way that being used to recognise character patterns that can measure accuracy of recognition each character of katakana dakuten characters is image processing with backpropagation neural network with mark direction as feature extraction and the results are 100% for learning rate and 83% for testing rate.

Keywords— Pattern recognition, neural network, backpropagation, Katakana Dakuten

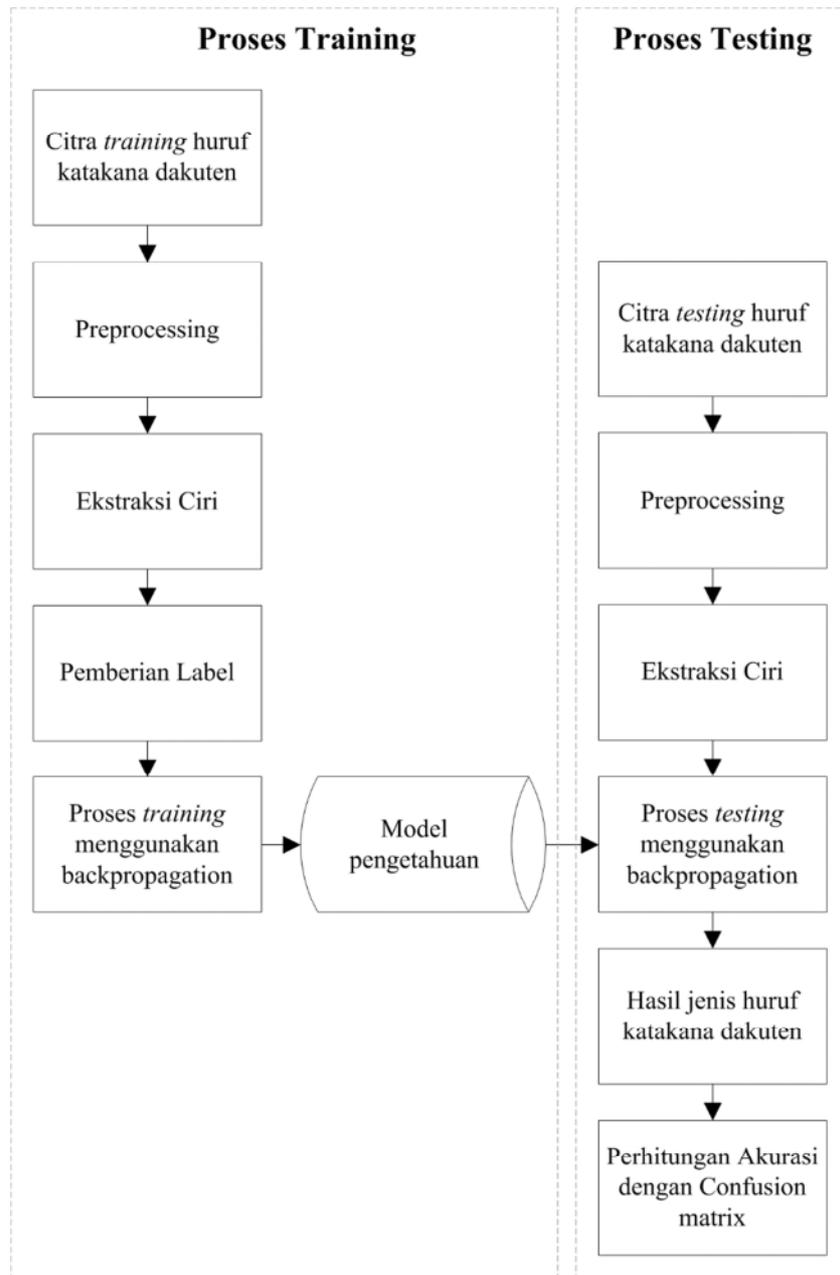
1. PENDAHULUAN

Dalam berkomunikasi verbal, baik secara lisan maupun tertulis, manusia membutuhkan bahasa yang digunakan untuk saling mengerti maksud maupun tujuan dari apa yang dilisankan maupun dituliskan. Diperkirakan terdapat 7.099 jumlah bahasa di dunia [1]. Bahasa Jepang atau 日本語 (Nihongo) merupakan bahasa nasional yang digunakan di Jepang dan di dunia merupakan bahasa ke-9 dengan jumlah penutur terbanyak dengan jumlah 128.204.860 jiwa penutur [2]. Pertumbuhan media hiburan seperti anime, drama, film, lagu, game, manga maupun kebudayaan menjadikan bahasa Jepang semakin diminati untuk dipelajari tidak hanya di Jepang saja bahkan di negara-negara lain yang menjadikan bahasa Jepang menjadi salah satu daya tarik yang dimiliki negeri Jepang. Menurut data statistika Japan Foundation, di Indonesia jumlah pembelajar bahasa Jepang mencapai 872.411 orang per tahun 2012 dan menjadikan Indonesia sebagai jumlah orang terbanyak ke 2 untuk mempelajari bahasa Jepang setelah negara Cina dengan 1.046.490 orang [3].

Dalam pembelajaran bahasa Jepang, bahasa Jepang tidak dapat dipisahkan dengan adanya penulisan huruf-huruf Jepang. Huruf yang digunakan di Jepang berbeda dengan huruf latin, karena huruf Jepang merupakan huruf non latin yang ditulis dengan menggabungkan beberapa goresan-goresan. Penulisan huruf Jepang dibagi menjadi 3 jenis karakter, yaitu huruf Kanji, Hiragana dan Katakana. Huruf katakana digunakan untuk penulisan nama orang, kata serapan dari bahasa lain, kata-kata onomatopoeic (efek suara), memberi penekanan, memberi kesan nada percakapan atau menunjukkan eufemisme atau ironi [4]. Pada penulisan huruf katakana secara standar terdapat 46 huruf. Selain huruf katakana secara standar, terdapat huruf katakana lain dengan memberikan tenten pada huruf katakana atau yang sering disebut katakana dakuten. Jumlah huruf katakana dakuten adalah 20 huruf dan terdapat beberapa huruf yang mirip, serta dengan adanya perbedaan pola-pola hasil goresan tangan setiap orang menjadikan huruf katakana dakuten merupakan huruf yang cukup kompleks dan memiliki karakteristik yang menjadikan dalam pembelajaran bahasa Jepang khususnya pelajar yang baru/pemula akan merasa kesulitan dalam mempelajari huruf katakana dakuten. Dengan adanya perbedaan pola-pola hasil goresan tangan tersebut maka pengenalan huruf katakana dakuten menjadi salah satu permasalahan dalam pembelajaran huruf Jepang.

Salah satu cara yang digunakan untuk melakukan pengenalan pola-pola huruf yaitu dengan menggunakan pengolahan citra digital. Pengolahan Citra Digital (*image processing*) merupakan ilmu yang mempelajari tentang visual baik citra maupun video untuk melakukan perbaikan kualitas (transformasi, peningkatan kontras, restorasi), transformasi (skala, translasi, rotasi, transformasi geometrik), proses pengambilan informasi, deskripsi objek atau pengenalan objek, analisis dengan menggunakan pemilihan ciri (*feature image*) yang optimal, melakukan reduksi data atau kompresi dengan tujuan untuk penyimpanan, waktu proses dan transmisi data [5]. Dan salah satu metode yang digunakan untuk pengenalan pola-pola huruf pada pengolahan citra digital yaitu metode jaringan saraf tiruan yang merupakan sistem yang mengambil contoh dari sistem saraf secara biologis, sehingga memiliki kemampuan untuk memperoleh informasi dengan melakukan pembelajaran yang diperoleh dari pengalaman. Jaringan saraf tiruan memiliki 2 metode yaitu metode pembelajaran terbimbing (*Supervised learning*) dan metode pembelajaran tidak terbimbing (*Unsupervised learning*). Metode *Backpropagation* atau metode propagasi balik adalah jaringan saraf tiruan dengan metode pembelajaran terbimbing dengan metode berupa penurunan nilai gradien untuk meminimalkan nilai kuadrat eror keluaran. Pada pelatihan jaringan terdapat tiga tahapan, antara lain forward propagation (perambatan maju), perambatan-balik, dan perubahan bobot dan bias [6]. Dalam pengenalan pola, metode jaringan saraf tiruan *backpropagation* dapat menghasilkan akurasi sebesar 96% pada pengenalan pola karakter alphanumeric dengan lebih dari 10 percobaan per karakter [7].

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Scema Metode

Mempersiapkan citra tulisan tangan huruf katakana dakuten yang diperoleh dari 27 angket dari 27 mahasiswa Sastra Jepang Universitas Dian Nuswantoro Semarang untuk data training, dan 5 angket data testing dari 5 mahasiswa selain dari jurusan sastra Jepang yang telah diisi kemudian di-scan dan dilakukan proses cropping secara manual untuk memisahkan karakter katakana dakuten, sehingga menghasilkan citra tiap-tiap karakter dengan format *.jpg.

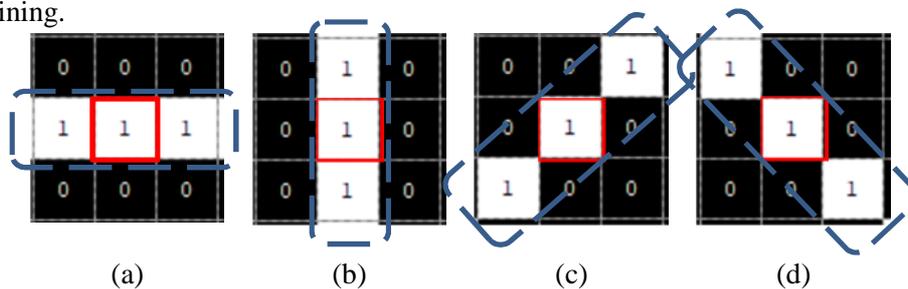
2.1 Preprocessing

Sebelum dilakukan proses pelatihan dengan menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation*, semua citra data training yang berada pada folder DATA TRAINING melewati proses *preprocessing*, yaitu dengan mengubah citra RGB hasil scan menjadi citra grayscale, kemudian dilakukan segmentasi dengan thresholding yaitu mengubah ke

citra biner, kemudian dilakukan proses *cropping* dan *resizing* menjadi 48 x 48 piksel, melakukan *complement* piksel yaitu piksel yang bernilai 0 (hitam) diubah menjadi 1 (putih) ataupun piksel yang bernilai 1 (putih) diubah menjadi 0 (hitam). Sehingga huruf katakana dakuten memiliki latar belakang berwarna hitam dan hurufnya berwarna putih. Dilakukan penipisan karakter sehingga nilai yang akan diproses/ bernilai 1 akan lebih sedikit yang menjadikan penggunaan memori akan lebih sedikit karena masukan untuk proses dengan jaringan saraf tiruan lebih sedikit. Kemudian dilakukan pembagian citra menjadi 16 bagian (4 x 4 bagian) yang setiap bagian terdiri dari 12 x 12 piksel.

2.2 Ekstraksi Ciri

Kemudian setiap bagian dilakukan ekstraksi ciri dengan menggunakan *Mark Direction* yaitu tanda arah vertikal, horisontal, diagonal ke kanan dan diagonal ke kiri yang menjadi vektor ciri yang kemudian akan digunakan untuk masukan untuk proses training.



Gambar 2. Mark Direction (a) horisontal (b) vertikal (c) diagonal ke kanan (d) diagonal ke kiri [8]

2.3 Labeling

Citra training yang telah dilakukan proses *preprocessing* dan *mark direction*, menghasilkan vektor ciri kemudian diberi label untuk memetakan macam-macam huruf katakana dakuten dan sebagai target pada proses pelatihan.

Tabel 1. Label Data Training

Huruf	Label				
Ba	0	0	0	0	1
Be	0	0	0	1	0
Bi	0	0	0	1	1
Bo	0	0	1	0	0
Bu	0	0	1	0	1
Da	0	0	1	1	0
De	0	0	1	1	1
Do	0	1	0	0	0
Dzu	0	1	0	0	1
Ga	0	1	0	1	0

Huruf	Label				
Ge	0	1	0	1	1
Gi	0	1	1	0	0
Go	0	1	1	0	1
Gu	0	1	1	1	0
Ji	0	1	1	1	1
Za	1	0	0	0	0
Ze	1	0	0	0	1
Zi	1	0	0	1	0
Zo	1	0	0	1	1
Zu	1	0	1	0	0

2.4 Proses Training

Melakukan proses pelatihan/pembelajaran dengan melakukan perhitungan menggunakan metode jaringan saraf tiruan *backpropagation* yaitu jaringan yang terdiri dari 1 input layer, 3 hidden layer dan 1 output layer. Dengan input layer yang terdiri dari 64 neuron, neuron pada hidden layer pertama yang berjumlah 24 neuron, neuron pada hidden layer kedua yang berjumlah 17 neuron, neuron pada hidden layer ketiga yang berjumlah 26 neuron, output layer yang terdiri dari 5 neuron. Dengan tahapan *backpropagation* sebagai berikut:

Tahapan perambatan maju

1. Setiap lapisan masukan ($X_i ; i=1,2,3,4,...,n$), menerima nilai masukan dan mengirimkan nilai tersebut ke semua unit lapisan tersembunyi.
2. Dengan persamaan:

$$z_{in_j} = v_{oj} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (1)$$

Seluruh unit tersembunyi ($Z_j ; j=1,2,3,4,...,m$), menjumlahkan nilai bobot masukan dan menghitung nilai keluarannya dengan menghitung nilai aktivasi dengan persamaan:

$$z_j = f(z_{in_j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{in_j}}} \quad (2)$$

3. Seluruh unit keluaran ($Y_k ; k=1,2,3,4,...,p$) menjumlahkan nilai bobot masukan, dengan persamaan:

$$y_{in_j} = v_{oj} + \sum_{i=1}^p x_i v_{ij} \quad (3)$$

Juga menghitung nilai keluaran dengan menggunakan fungsi aktivasi, dengan rumus:

$$y_k = f(y_{in_k}) \quad (4)$$

Tahap Perambatan balik

1. Setiap unit keluaran (Y_k ; $k=1,2,3,4,\dots,m$) menerima olah target yang sesuai dengan pola masukan pelatihan, lalu dengan persamaan berikut ini hitung nilai eror:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k})$$

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(1 - y_k) \quad (5)$$

Dengan f' yang merupakan fungsi turunan dari fungsi aktivasi.

Lalu hitung perubahan nilai bobot:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \quad (6)$$

Dan menghitung nilai koreksi bias:

$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k \quad (7)$$

Dan bersamaan dengan mengirimkan nilai δ_k ke setiap unit yang berada pada lapisan selanjutnya (kanan).

2. Seluruh unit tersembunyi (Z_j ; $j=1,2,3,4,\dots,m$) menjumlahkan nilai δ dari unit-unit masukan, dengan rumus:

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \quad (8)$$

Kalikan hasil nilai δ_{in_j} dengan turunan fungsi aktivasi untuk menghitung nilai eror.

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \quad (9)$$

Kemudian, dengan persamaan berikut hitung nilai koreksi bobot.

$$\Delta v_{jk} = \alpha \delta_j x_i \quad (10)$$

Setelah itu, dengan persamaan dibawah ini, hitung koreksi bias.

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \quad (11)$$

Tahap Perubahan Bias dan Bobot

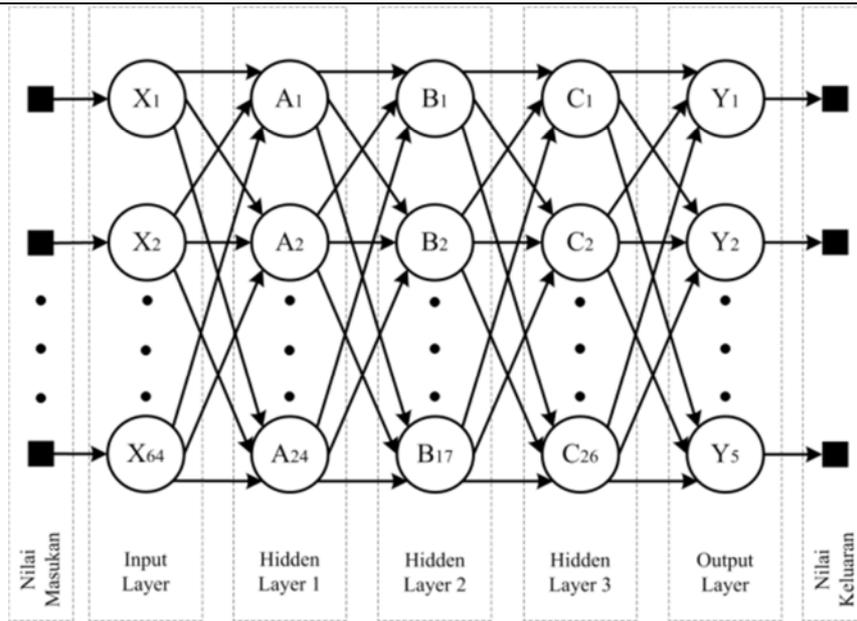
1. Semua unit keluaran (Y_k ; $k=1,2,3,4,\dots,m$) dilakukan perubahan bias dan bobot ($j=0,1,2,3,4,\dots,p$), dengan rumus dibawah ini:

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (12)$$

Dilakukan perubahan bias dan bobot ($i=1,2,3,4,\dots,n$) pada setiap unit tersembunyi (Z_j ; $j=1,2,3,4,\dots,p$) dengan rumus:

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (13)$$

2. Lakukan tes untuk melihat kondisi berhenti.



Gambar 3. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan yang digunakan

Jaringan ini yang akan digunakan pada pengenalan huruf katakana dakuten untuk mencari nilai bobot, bias, parameter epoch dan parameter goal yang disimpan menjadi model pembelajaran untuk kemudian digunakan untuk mengidentifikasi huruf katakana dakuten.

2.5 Proses Testing

Jika akan melakukan pengenalan huruf katakana dakuten, pilih 1 huruf katakana dakuten dalam folder DATA TESTING. Citra data yang akan dilakukan proses pengenalan melakukan proses preprocessing dan ekstraksi ciri sehingga menghasilkan vektor ciri.

Kemudian dengan menggunakan jaringan saraf tiruan backpropagation, vektor ciri data testing diidentifikasi dengan menggunakan model pembelajaran yang didapat dalam proses pelatihan. Hasil yang didapat adalah huruf yang dipilih merupakan huruf katakana dakuten apa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan melakukan proses pengenalan menggunakan 100 citra data testing yang terdiri dari pengenalan 5 citra untuk setiap huruf, maka hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Hasil Pengenalan Katakana Dakuten

Input	Output					Jumlah Benar	Jumlah Salah
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5		
Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	5	0
Be	Be	Be	Be	Be	Be	5	0
Bi	Bi	Bi	Bi	Ba	Bi	4	1
Bo	Bo	Bo	Bo	Bo	Za	4	1

Input	Output					Jumlah Benar	Jumlah Salah
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5		
Bu	Bu	Bu	Bu	Da	Bu	4	1
Da	Bu	Da	Da	Da	Da	4	1
De	De	De	De	De	De	5	0
Do	Do	Do	Do	Do	Do	5	0
Dzu	Dzu	Dzu	Dzu	Ba	Do	3	2
Ga	Ga	Ga	Ga	Ge	Ga	4	1
Ge	Ge	Ge	Ge	Ge	Ge	5	0
Gi	Gi	Do	Gi	Gi	Gi	4	1
Go	Ji	Go	Go	Go	Go	4	1
Gu	Ga	Gu	Da	Gu	Gu	3	2
Ji	Ji	Ji	Ji	Ji	Ji	5	0
Za	Za	Za	Za	Za	Za	5	0
Ze	Ze	Ze	Ze	Ze	Ba	4	1
Zi	Zi	Zi	Dzu	Dzu	Zi	3	2
Zo	Zo	Zo	Dzu	Zo	Zo	4	1
Zu	Bu	Zu	Zu	Zu	Bu	3	2

Pada proses pengenalan huruf katakana dakuten dengan menggunakan jaringan saraf tiruan backpropagation berdasarkan hasil tabel diatas dengan pengenalan 5 citra untuk setiap huruf, maka:

1. Pengenalan citra huruf Ba dapat mengenali 5 huruf dengan benar.
2. Pengenalan citra huruf Be dapat mengenali 5 huruf dengan benar.
3. Pengenalan citra huruf Bi dapat mengenali 4 huruf dengan benar dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Ba.
4. Pengenalan citra huruf Bo dapat mengenali 4 huruf dengan benar dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Za.
5. Pengenalan citra huruf Bu dapat mengenali 4 huruf dengan benar dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Da.
6. Pengenalan citra huruf Da dapat mengenali 4 huruf dengan benar dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Bu.
7. Pengenalan citra huruf De dapat mengenali 5 huruf dengan benar.
8. Pengenalan citra huruf Do dapat mengenali 5 huruf dengan benar.
9. Pengenalan citra huruf Dzu dapat mengenali 3 huruf dengan benar, 1 huruf dikenali sebagai huruf Ba dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Do.
10. Pengenalan citra huruf Ga dapat mengenali 4 huruf dengan benar dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Ge.
11. Pengenalan citra huruf Ge dapat mengenali 5 huruf dengan benar.
12. Pengenalan citra huruf Gi dapat mengenali 4 huruf dengan benar dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Do.
13. Pengenalan citra huruf Go dapat mengenali 4 huruf dengan benar dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Ji.
14. Pengenalan citra huruf Gu dapat mengenali 3 huruf dengan benar, 1 huruf dikenali sebagai huruf Ga dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Da.
15. Pengenalan citra huruf Ji dapat mengenali 5 huruf dengan benar.

16. Pengenalan citra huruf Za dapat mengenali 5 huruf dengan benar.
17. Pengenalan citra huruf Ze dapat mengenali 4 huruf dengan benar dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Ba.
18. Pengenalan citra huruf Zi dapat mengenali 3 huruf dengan benar dan 2 huruf dikenali sebagai huruf Dzu.
19. Pengenalan citra huruf Zo dapat mengenali 4 huruf dengan benar dan 1 huruf dikenali sebagai huruf Dzu.
20. Pengenalan citra huruf Zu dapat mengenali 3 huruf dengan benar dan 2 huruf dikenali sebagai huruf Bu.

Sehingga pengenalan huruf katakana dakuten dengan menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation* bergantung dari nilai masukan yang berasal dari ekstraksi ciri dengan mark direction. Dan berdasarkan dari tabel 2, akurasi yang diperoleh untuk pengenalan huruf katakana dakuten dengan menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation* adalah

$$Akurasi = \frac{5 + 5 + 4 + 4 + 4 + 4 + 5 + 5 + 3 + 4 + 5 + 4 + 4 + 3 + 5 + 5 + 4 + 3 + 4 + 3}{5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5}$$

$$Akurasi = \frac{83}{100} = 83\%$$

Jadi, dengan hasil akurasi pelatihan sebesar 100% dan akurasi pengenalan sebesar 83%, maka pengenalan huruf katakana dakuten dengan menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation* dapat dikatakan cukup baik.

4. KESIMPULAN

Berikut ini merupakan hasil kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang berjudul “Pengenalan Huruf Katakana Dakuten Dengan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation” antara lain:

1. Pengenalan huruf katakana dakuten dengan menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation* dengan nilai akurasi pelatihan sebesar 100% dan akurasi pengenalan sebesar 83% yaitu jaringan yang terdiri dari 1 *input layer*, 3 *hidden layer* dan 1 *output layer*. Dengan input layer yang terdiri dari 64 neuron, neuron pada hidden layer pertama yang berjumlah 24 neuron, neuron pada hidden layer kedua yang berjumlah 17 neuron, neuron pada hidden layer ketiga yang berjumlah 26 neuron, *output layer* yang terdiri dari 5 neuron, berhenti pada iterasi ke 16 dengan maksimal 1000 iterasi, waktu pelatihan 27 detik, *performance goal* 0,001 dan *learning rate* 0,1.
2. Dengan hasil akurasi pelatihan sebesar 100% dan akurasi pengenalan sebesar 83%, maka pengenalan huruf katakana dakuten dengan menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation* dapat dikatakan cukup baik.

5. SARAN

Berikut ini merupakan saran yang diperoleh dari penelitian yang berjudul “Pengenalan Huruf Katakana Dakuten Dengan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation” sehingga dapat dipergunakan untuk penelitian kedepan, antara lain:

1. Pada ekstraksi ciri dapat dengan menerapkan teknik intensitas karakter, teknik *cross horizontal and vertical line* dan teknik ekstraksi ciri lainnya untuk pengenalan huruf katakana dakuten.
2. Dengan menggunakan huruf katakana handakuten dan huruf katakana yoon sebagai objek dari penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “How many languages are there in the world? | Ethnologue.” [Online]. Available: <https://www.ethnologue.com/guides/how-many-languages>. [Accessed: 24-Dec-2017].
- [2] S. International, “Japanese,” *SIL International Publications*, 2017. [Online]. Available: <https://www.ethnologue.com/language/jpn>. [Accessed: 17-Nov-2017].
- [3] S. N. Puspitasari, “Indonesia Peringkat Kedua Dunia Pembelajar Bahasa Jepang Terbanyak,” *PikiranRakyat*, Bandung, 26-Oct-2015.
- [4] ScriptSource Staff, “Japanese (alias for Han + Hiragana + Katakana)Jpan,” *SCRIPTSOURCE*. [Online]. Available: http://scriptsource.org/cms/scripts/page.php?item_id=script_detail&key=Jpan. [Accessed: 17-Nov-2017].
- [5] P. N. Andono and T. Sutojo, *Konsep Pengolahan Citra Digital (Edisi Revisi)*. Semarang: Penerbit ANDI, 2015.
- [6] T. Sutojo, E. Mulyanto, and V. Suhartono, *KECERDASAN BUATAN*. Yogyakarta dan UDINUS: Penerbit ANDI, 2011.
- [7] S. Afroge, B. Ahmed, and F. Mahmud, “Optical Character Recognition using Back Propagation Neural Network,” *2nd Int. Conf. Electr. Comput. Telecommun. Eng.*, no. December, 2016.
- [8] O. Surinta, “Overview of Handwritten Thai Character Recognition.” 2010.