

Chapter 7

Backpropagation dan Aplikasinya

**Sutikno, Indriyati, Sukmawati N.E, Priyo S.S., Helmie A.W., Indra W.,
Nurdin B., Tri Wardati K., Raditya L.R. dan Diah Putu D.**

Abstrak. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation* merupakan salah satu sistem yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. Terdapat beberapa penelitian yang mengaplikasikan dari algoritma ini, misalnya yaitu untuk pengenalan kapal, prediksi nilai tukar petani, klasifikasi pengendara sepeda motor tidak memakai helm, prediksi jumlah penderita demam berdarah *dengue* dan pengendalian sudut arah mobile robot. Hasil dari penelitian-penelitian tersebut menghasilkan tingkat akurasi yang cukup baik yaitu tingkat akurasi terendah 85% dan tingkat akurasi tertinggi 99,36%. Unjuk kerja penggunaan algoritma ini dapat di tingkatkan dengan cara mengembangkan algoritma proses pelatihan sehingga waktu yang di butuhkan dalam proses pelatihan dapat di perpendek.

1 Pendahuluan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. Jaringan syaraf tiruan mampu mengenali kegiatan dengan berbasis data masa lalu. Data masa lalu akan dipelajari oleh jaringan syaraf tiruan sehingga mempunyai kemampuan untuk memberi keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari [1]. JST memiliki berbagai macam metode yang dapat digunakan. Dalam penerapannya JST

Sutikno, Indriyati, Sukmawati N.E, Priyo S.S., Helmie A.W., Indra W., Nurdin B., Tri
Wardati K., Raditya L.R. dan Diah Putu D.

Departemen Ilmu Komputer/ Informatika Fakultas Sains dan Matematika, Universitas
Diponegoro

©UNDIP Press 2016

A. Wibowo dan I. Waspada (ed.), *Ilmu Komputer Studi Kasus dan Aplikasi*. Undip
Press : 2016, pp. 135-146

sering digunakan pada peramalan atau prediksi. Dalam melakukan prediksi metode JST yang sering digunakan yaitu metode *Backpropagation*.

Metode *Backpropagation* memiliki kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan yang rumit. Hal ini dimungkinkan karena jaringan dengan algoritma ini dilatih dengan menggunakan metode belajar supervisi sehingga dapat mengenali pola masukan suatu data dengan tingkat akurasi yang tinggi. Pelatihan *Backpropagation* meliputi 3 fase yaitu fase maju, fase mundur, dan fase modifikasi bobot [2].

Dari beberapa penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan berkaitan dengan jaringan syaraf tiruan menggunakan metode *Backpropagation*, seperti penelitian berjudul Pengenalan Kapal Pada Citra Digital menggunakan *Image Processing* dan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* yang dilakukan oleh Sutikno, Helmie Arif Wibawa, dan Priyo Sidik Sasongko menghasilkan bahwa Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode *Backpropagation* mampu mengenali citra kapal dengan persentase sebesar 85% [6]. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Raditya Lucky Riswanto, Sutikno, dan Indriyati yang berjudul Aplikasi Prediksi Jumlah Penderita Penyakit Demam Berdarah *Dengue* di Kota Semarang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* memberikan hasil tingkat akurasi sebesar 95.52% [8]. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Tri Wardati Khusniyah dan Sutikno mengenai Prediksi Nilai Tukar Petani Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* menghasilkan tingkat akurasi yang mencapai 99.39% [10].

Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan, metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali pola suatu data sehingga dapat menghasilkan *output* dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, *Backpropagation* memiliki kinerja yang baik untuk diterapkan pada permasalahan yang kompleks seperti prediksi dan pengenalan pola tertentu pada suatu citra.

2 Metode

2.1 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah sistem pengolahan informasi yang mempunyai karakteristik unjuk kerja tertentu sebagaimana jaringan syaraf otak manusia dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. Jaringan syaraf tiruan mampu mengenali kegiatan dengan berbasis data masa lalu. Data masa lalu akan dipelajari oleh jaringan syaraf tiruan sehingga mempunyai kemampuan untuk memberi keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari [1].

Jaringan syaraf tiruan didasarkan pada beberapa asumsi [3]:

- a. Pengolahan informasi terjadi pada neuron.
- b. Sinyal-sinyal dilewatkan antar neuron melalui rantai penghubung.
- c. Masing-masing rantai penghubung akan mengalikan sinyal yang ditransmisikan.
- d. Masing-masing neuron menggunakan fungsi aktivasi pada jaringan masukannya untuk menentukan sinyal keluaran.

JST merupakan suatu bentuk arsitektur yang terdistribusi paralel dengan sejumlah besar *node* dan hubungan antar *node* tersebut. Tiap titik hubungan dari satu *node* ke *node* yang lain mempunyai harga yang diasosiasikan dengan bobot. Setiap *node* memiliki suatu nilai yang diasosiasikan sebagai nilai aktivasi *node* [1].

Karakteristik JST [2] ditentukan oleh hal – hal berikut :

- a. Pola hubungan antar neuron yang disebut arsitektur jaringan.
- b. Metode penentuan bobot–bobot sambungan yang disebut pelatihan atau proses belajar jaringan.
- c. Fungsi aktivasi.

2.2 Arsitektur Jaringan

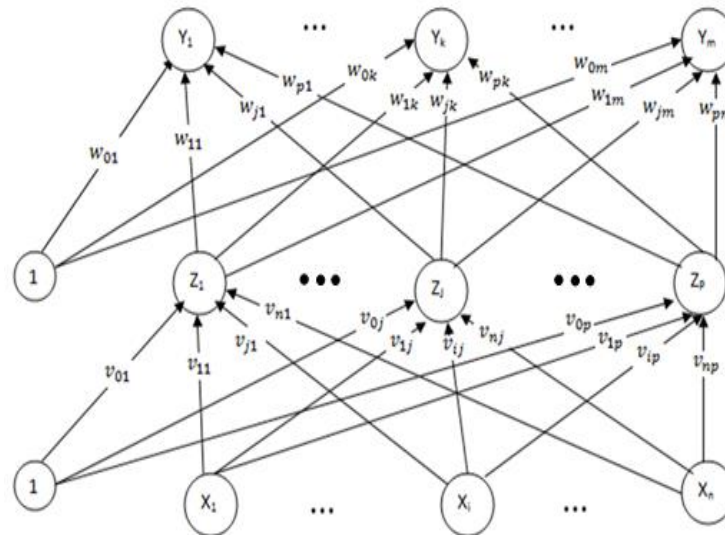
Hubungan antar neuron atau yang biasa disebut sebagai arsitektur jaringan. Neuron-neuron tersebut terkumpul dalam lapisan-lapisan yang disebut neuron *layer*. Lapisan-lapisan penyusun JST [4] dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a. Lapisan *Input (Input Layer)*
Unit-unit dalam lapisan *input* disebut unit-unit *input* yang bertugas menerima pola *input* dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan.
- b. Lapisan Tersembunyi (*Hidden Layer*)
Unit-unit dalam lapisan tersembunyi disebut unit-unit tersembunyi yang nilai *output*-nya tidak dapat diamati secara langsung.
- c. Lapisan *Output (Output Layer)*
Unit-unit dalam lapisan *output* disebut unit-unit *output*, yang merupakan solusi JST terhadap suatu permasalahan.

2.3 Metode *Backpropagation*

Metode *Backpropagation* (perambatan balik) merupakan salah satu jenis Jaringan Syaraf Tiruan yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah peramalan. Hal ini dimungkinkan karena metode *Backpropagation* merupakan salah satu jenis metode pelatihan JST dengan supervisi. Pada jaringan diberikan sepasang pola yang terdiri atas pola masukan dan pola yang diinginkan. Ketika suatu pola diberikan kepada jaringan, bobot-bobot diubah untuk memperkecil perbedaan pola keluaran dan pola yang diinginkan. Latihan ini dilakukan

berulang-ulang sehingga semua pola yang dikeluarkan jaringan dapat memenuhi pola yang diinginkan. Arsitektur jaringan ini terdiri dari *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer* [2]. Arsitektur *Backpropagation* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan *Backpropagation* dengan Satu *Hidden Layer*

Aturan pembelajaran *Backpropagation* dikembangkan dari *delta rule* dengan menambahkan *hidden layer*. Melatih jaringan dengan menggunakan metode *Backpropagation* melibatkan tiga tahapan: *feedforward* pola pelatihan masukan, *Backpropagation* terhadap *error*, serta penyesuaian bobot [2].

Algoritma pelatihan *Backpropagation* untuk jaringan dengan satu *layer* tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner adalah sebagai berikut:

- Langkah 0 : Inisialisasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai *random* yang cukup kecil)
- Langkah 1 : ketika kondisi berhenti salah, lakukan langkah 2-9.
- Langkah 2 : untuk masing-masing pasangan *training*, lakukan langkah 3-8.

Feedforward:

- Langkah 3 : Tiap-tiap unit *input* (X_i , $i=1,2,3,\dots,n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya (lapisan tersembunyi)
- Langkah 4 : Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j , $j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot :

$$z_in_j = Vo_j + \sum_{i=1}^n X_i V_{ij}$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *outputnya*:

$$Z_j = f(Z_in_j)$$

Hitung fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluaran, $Z_j=f(z_in)$, lalu kirimkan sinyal ini ke semua unit pada layer di atasnya (unit keluaran).

Langkah 5 : Tiap-tiap unit *output* ($Y_k, K=1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot.

$$Y_in_k = Wo_k + \sum_{i=1}^p Z_i W_{jk}$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *outputnya*:

$$Y_k = f(Y_in_k)$$

Dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit *output*).

Backpropagation:

Langkah 6 : Tiap-tiap unit *output* ($Y_k, K=1, 2, 3, \dots,m$) menerima target pola yang berhubungan dengan pola *input* pembelajaran, hitung informasi *error*-nya:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k)$$

kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai W_{jk}):

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k z_j$$

hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai Wo_k):

$$\Delta W_{ok} = \alpha \delta_k$$

kiriman ini δ_k ke unit-unit yang ada dilapisan bawahnya.

Langkah 7 : Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan delta *inputnya* (dari unit-unit yang berada pada lapisan di atasnya):

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk}$$

Kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi *error*:

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

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai V_{ij}):

$$\Delta V_{jk} = \alpha \delta_j X_k$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai V_{0j}):

$$\Delta V_{0j} = \alpha \delta_j$$

Langkah 8 : Tiap-tiap unit *output* ($Y_k=1,2,3,\dots,m$) memperbaiki bias dan bobotnya ($i=1,2,3,\dots,p$):

$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{ij}$$

Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) memperbaiki bias dan bobotnya ($i=0,1,2,\dots,n$):

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

Langkah 9 : Uji syarat berhenti

Setelah pelatihan selesai dilakukan, jaringan dapat dipakai untuk pengenalan pola dengan menggunakan fase propagasi maju saja (langkah 3 dan 4) untuk menentukan keluaran jaringan.

3 Aplikasi

Metode jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* banyak diterapkan untuk proses pengenalan pola data, prediksi atau peramalan. Menurut sifatnya, teknik prediksi terbagi menjadi dua jenis yaitu teknik kualitatif dan teknik kuantitatif.

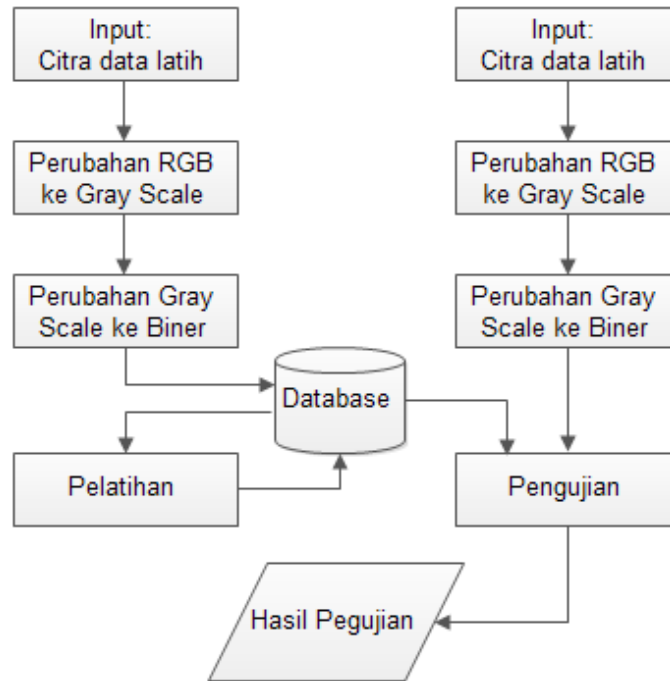
Teknik kuantitatif dikelompokkan dalam dua jenis yaitu model *time series* dan model kausal. Model *time series* meramalkan masa mendatang berdasarkan nilai data masa lalu atau nilai data historis. Sedangkan model kausal merupakan suatu model yang mengasumsikan faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab akibat dalam satu atau lebih variabel besar dan menggunakannya untuk meramalkan nilai dari suatu variabel terikat.

Adapun beberapa contoh pengaplikasian metode jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* sebagai berikut.

3.1 Pengenalan Kapal pada Citra Digital Menggunakan *Image Processing* dengan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Negara Indonesia merupakan negara dengan potensi perikanan yang besar, tetapi potensi besar tersebut belum dapat dinikmati sepenuhnya karena beberapa faktor, salah satunya *illegal fishing*. Untuk mengurangi *illegal fishing*, TNI Angkatan Udara melakukan pantauan laut melalui pesawat yang dilengkapi dengan foto udara untuk membantu dalam perekaman kegiatan *illegal fishing* diperairan dan dilakukan analisa visual secara manual oleh manusia. Oleh sebab itu pada penelitian ini dibuat aplikasi pengenalan kapal pada citra digital dengan menggunakan *image processing* dan algoritma jaringan syaraf tiruan *Backpropagation*. Diagram alir aplikasi pengenalan kapal pada citra digital di tunjukkan seperti pada Gambar 2.

Arsitektur jaringan yang digunakan dalam pelatihan terdiri dari 400 neuron pada *layer input* sesuai jumlah *pixel* gambar, satu layer tersembunyi yang terdiri dari 40 neuron, dan 1 neuron pada *layer output* yang terdapat 2 kemungkinan yaitu apakah citra kapal atau citra bukan kapal. Proses pelatihan dengan jaringan *Backpropagation* untuk mengenali citra kapal dengan nilai α 0,2; sistem mampu mencapai *error* 0,000001 pada *epoch* ke-6687 dengan tingkat akurasi 85%. [5]



Gambar 2. Diagram Alir Aplikasi Pengenalan Kapal pada Citra Digital

4 Prediksi Nilai Tukar Petani Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Nilai Tukar Petani (NTP) merupakan salah satu indikator untuk mengukur tingkat kesejahteraan atau kemampuan daya beli petani. Nilai indeks NTP untuk periode yang akan datang perlu dilakukan prediksi yang dapat dimanfaatkan pihak terkait dalam mempersiapkan tindakan-tindakan pencegahan apabila indeks NTP turun dari periode sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur unjuk kerja algoritma jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* dalam memprediksi Nilai Tukar Petani (NTP) Provinsi Jawa Timur satu bulan mendatang. Jaringan yang dibangun terdiri atas 12 neuron *input*, dan 1 neuron *output*. Data yang digunakan yaitu data tahun 2008-2012 untuk proses pelatihan jaringan. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dengan data aktual tahun 2013 dan 2014. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase *error* terkecil apabila jumlah *node* lapisan tersembunyi 7 dan nilai laju pembelajaran 0.1 dengan rata-rata *error* sebesar 0.61% atau tingkat akurasi mencapai 99.39% [10].

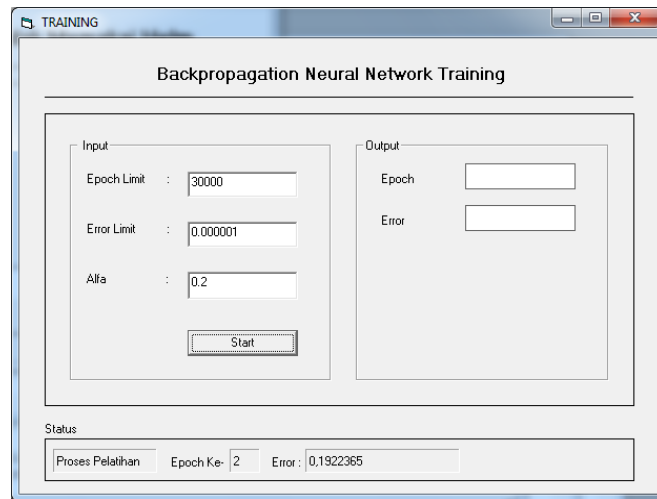
3.3 Klasifikasi Pengendara Sepeda Motor tidak Memakai Helm pada Citra Digital dengan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Jumlah kecelakaan lalu lintas di Indonesia dari tahun 2006 – 2013 terus meningkat dan kecelakaan terbesar terjadi pada pengendara sepeda motor, terutama pengendara sepeda motor yang tidak memakai helm standar. Selama ini pemantauan penggunaan helm atau tidak masih dilakukan secara manual oleh polisi. Pada penelitian ini jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* digunakan untuk mengklasifikasi citra kepala manusia memakai helm atau tidak. Arsitektur jaringan terdiri dari 400 neuron pada *input layer*, 1 *hidden layer* dan 1 neuron pada *output layer*. *Input* neuron berisi hasil ekstraksi fitur *image* pengendara sepeda motor berukuran *20x20 pixel*. Arsitektur jaringan terbaik diperoleh pada laju pembelajaran 0.2, 0.3 dan 0.6 dan menghasilkan nilai akurasi 86.67%. Diagram alir aplikasi klasifikasi pengendara sepeda motor tidak memakai helm ini di tunjukkan seperti pada Gambar 3[7].

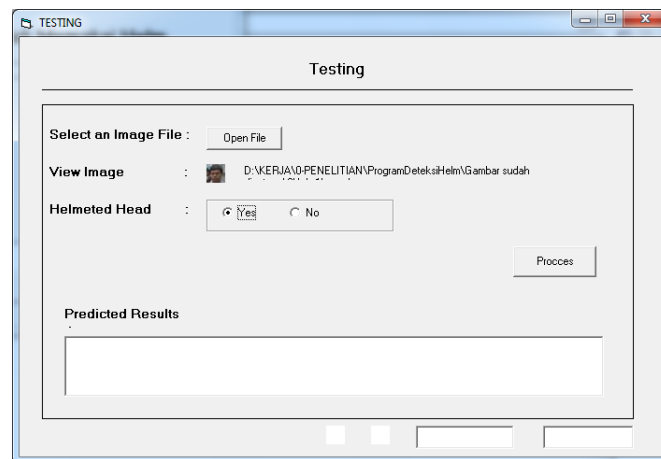


Gambar 3. Aplikasi Klasifikasi Pengendara Motor Tidak Mengenakan Helm

Berikut ini merupakan *screenshot* dari Aplikasi Klasifikasi Pengendara Motor Tidak Mengenakan Helm menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Antarmuka Pelatihan *Backpropagation*



Gambar 5. Antarmuka Pengujian Kinerja Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

3.4 Aplikasi Prediksi Jumlah Penderita Penyakit Demam Berdarah *Dengue* di Kota Semarang menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Jumlah penderita Demam Berdarah *Dengue* (DBD) di Semarang selalu tinggi tiap tahunnya. Dengan mengetahui peningkatan jumlah penderita diharapkan dapat membantu pemerintah dalam menentukan langkah preventif untuk menekan penyebaran penyakit. Prediksi jumlah penderita DBD dapat dilakukan

dengan metode jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* dengan inisialiasi *Nguyen Widrow*. Arsitektur jaringan *Backpropagation* menggunakan 12 belas neuron pada *input layer*, satu *layer* tersembunyi, dan satu neuron pada *output layer*. Jumlah penderita DBD per bulan dalam satu tahun digunakan sebagai masukan untuk memprediksi jumlah penderita pada satu bulan ke depan sebagai keluaran. Pengujian menghasilkan MAPE terkecil pada laju pembelajaran 0.7 dan jumlah *hidden* neuron sebanyak 50 neuron dengan nilai akurasi 95.52% [8].

3.5 Pengendalian Sudut Arah *Mobile Robot* Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Hal penting dalam pembangunan robot adalah masalah olah gerak. Pengaturan olah gerak robot membutuhkan suatu algoritma cerdas supaya robot bergerak dengan baik. Pada penelitian ini digunakan metode jaringan syaraf tiruan *Backpropagation*. Robot yang digunakan adalah robot lego mindstorms 2.0 beroda empat. Arsitektur jaringan yang dibangun terdiri dari 3 neuron pada *input layer*, 1 *hidden layer* dan 1 neuron pada *output layer*. Variabel *input* yang digunakan adalah *left distance*, *right distance* dan *frontal distance*, sedangkan keluarannya berupa target. Berdasarkan hasil pengujian arsitektur jaringan terbaik diperoleh pada *learning rate* 0.4, MSE 0.01 dan menghasilkan persentase akurasi 90.67% [9].

4 Pengembangan Selanjutnya

Penelitian yang dilakukan selanjutnya yaitu dengan megembangkan algoritma jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* sehingga algoritma ini mempunyai *performance* lebih baik, terutama pada proses pelatihan yang membutuhkan waktu relatif lama. Selain itu algoritma ini dapat di terapkan pada kasus-kasus yang lain misalnya pada sistem yang membutuhkan kecerdasan.

5 Kesimpulan

Algoritma jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* yang di aplikasikan pada pengenalan kapal, prediksi nilai tukar petani, klasifikasi pengendara sepeda motor tidak memakai helm, prediksi jumlah penderita demam berdarah *dengue* dan pengendalian sudut arah *mobile robot* mempunyai tingkat akurasi yang cukup baik yaitu tingkat akurasi terendah 85% dan tingkat akurasi tertinggi

99,36%. Algoritma ini dapat dikembangkan sehingga waktu proses pelatihannya dapat lebih pendek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hermawan, A. 2006. *Jaringan Syaraf Tiruan, Teori, dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [2] Fausett, L. 1994. *Fundamentals of neural networks : architectures, algorithms, and applications*. New York: Prentice Hall.
- [3] Kim, J.H., Park, S.J., Kim, K.T., dan Hwang, S.C.2003. Stock price prediction using Backpropagation neural network in KOSPI. [*Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence IC-AI 2003*](#). Las Vegas, United States, 23 Juni, 2003.
- [4] Siang, J.J. 2009. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [5] Kim, J.H., Park, S.J., Kim, K.T., dan Hwang, S.C.2003. Stock price prediction using Backpropagation neural network in KOSPI. [*Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence IC-AI 2003*](#). Las Vegas, United States, 23 Juni, 2003.
- [6] Sutikno, Wibawa, Helmi A., Sasongko, P.S. 2014. Pengenalan Kapal Pada Citra Digital Menggunakan Image Processing dan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer (SNIK 2015)*.
- [7] Sutikno, Waspada I., dkk. 2016. Motorcyclists Classification not Wear Helmet on Digital Image with Back propagation Neural Network. *TELKOMNIKA Vol. 13 No. 3*. ISSN: 1693-6930.
- [8] Riswanto, R.L, Sutikno, dan Indriyati.2014.Aplikasi Prediksi Jumlah Penderita Penyakit Demam Berdarah Dengue Di Kota Semarang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. *Jurnal Masyarakat Informatika Vol. 5 No. 10*, ISSN 2086-4930.
- [9] Dwijayanti, Sutikno, D.P, Endah, Sukmawati Nur, dan Sasongko, P.S..2014. Pengendalian Sudut Arah Mobile Robot Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer UNDIP 2014*.
- [10] Khusniyah, T.W., dan Sutikno.2016. Prediksi Nilai Tukar Petani Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. *Scientific Journal of Informatics Vol. 3 No. 1*, P-ISSN 2407-7658.