



Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik Untuk Pengenalan Wajah

Nahdi Saubari^{a*}, R. Rizal Isnanto^b, Kusworo Adi^c

^a Mahasiswa Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro

^b Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

^c Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro

Naskah Diterima : 15 Februari 2016; Diterima Publikasi : 11 Mei 2016

DOI: 10.21456/vol6iss1pp30-37

Abstract

This research discusses about face detection and face recognition in an image. Face detection has only two classifications, i.e. face and not face. Face recognition is compatible with some classifications of a number individuals who want to be recognized. Face detection and face recognition in this study using Haar-Like Feature method and Artificial Neural Network Backpropagation. A method Haar-Like Feature used for detection and extraction in an image, because the classification on this method showed success at used to detect image of the face. Artificial Neural Network Backpropagation is a training algorithm that is used to do training simulated on facial image data training stored in a database. This study uses Ms. Excel 2007 as database with 10 individual sample image, every image in each individuals having three distance with every range has four different light intensities, so that the data training stored in the database reached 120 data training. The results shows that the face detection and face recognition which is developed can recognize a face image with an average accuracy rate reaches 80,8% for each distance.

Keywords : Detection; Recognition; Haar-Like Feature; ANN backpropagation

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang deteksi dan pengenalan wajah pada suatu citra. Deteksi citra wajahnya memiliki dua klasifikasi, yaitu wajah atau non wajah. Sedangkan pengenalan citra wajah memiliki beberapa klasifikasi yang disesuaikan dengan jumlah individu yang mau dikenali. Deteksi dan pengenalan citra wajah pada penelitian ini menggunakan Metode *Haar-Like Feature* dan jaringan syaraf tiruan perambatan balik. Metode *Haar-Like Feature* digunakan untuk melakukan deteksi dan ekstraksi pada citra. Pada klasifikasi citra wajah, metode ini telah menunjukkan keberhasilan pada saat digunakan untuk mendeteksi citra wajah. jaringan syaraf tiruan perambatan balik merupakan algoritma pelatihan yang digunakan untuk melakukan simulasi pelatihan pada data latih citra wajah yang disimpan pada sebuah basis data. Penelitian ini menggunakan Ms. Excel 2007 sebagai basis data dengan contoh citra sebanyak 10 individu, setiap citra pada masing-masing individu memiliki tiga jarak dengan tiap jarak memiliki empat intensitas cahaya yang berbeda, sehingga data latih yang tersimpan pada basis data mencapai 120 data latih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa deteksi dan pengenalan wajah yang dikembangkan dapat mengenali citra wajah dengan tingkat akurasi rata-rata mencapai 80,8% untuk setiap jarak.

Kata kunci : Deteksi; Pengenalan; *Haar-Like Feature*; Jaringan syaraf tiruan perambatan balik

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Saat ini sistem pendeteksian wajah (*face detection*) dan pengenalan wajah (*face recognition*) sangatlah berkembang pesat, karena sistem ini seseorang bisa dengan cepat dikenali apabila wajah seseorang tersebut terpampang dikamera. Pendeteksian

wajahnya memiliki dua klasifikasi, yaitu wajah atau non wajah, sedangkan pengenalan wajah memiliki beberapa klasifikasi yang disesuaikan dengan jumlah individu yang mau dikenali, seperti bentuk wajah dari bentuk hidung, mulut, dan lain-lain. Wajah tidak akan bisa dikenali sebelum wajah terdeteksi terlebih dahulu.

*) Penulis korespondensi: nahdi.vfp@gmail.com

Setiap wajah yang terdeteksi akan diproses secara unik dimana data secara pribadi disimpan kedalam basis data dan terdapat dua proses yaitu identifikasi dan verifikasi. Permasalahan yang terjadi dalam pendeteksian wajah biasanya pada pose dan faktor pencahayaan. Banyak sistem biometrik dapat diterapkan pada sistem kehadiran, tapi semuanya kebanyakan menggunakan teknik autentifikasi yang sama (Zhang *et al.*, 2015).

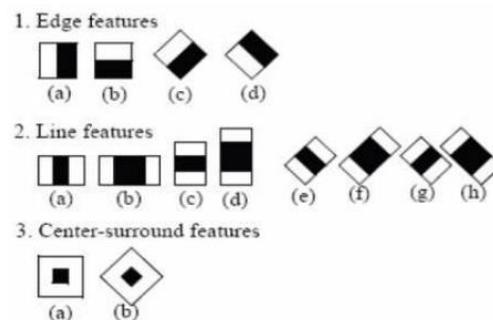
Dalam penelitian ini digunakan metode *haar-like feature* untuk mendeteksi sekaligus untuk mengekstraksi ciri pada citra wajah dan algoritma perambatan balik untuk pengenalan wajah. Metode *Haar-like features* pertama kali diteliti oleh Viola dan Jones pada tahun 2001 (Viola dan Jones, 2001). Penelitian serupa dengan meningkatkan kemampuan untuk melakukan penyekalaan sehingga dapat mendeteksi adanya citra wajah yang berukuran besar ataupun lebih kecil dari pengklasifikasian pada gambar (Lienhart dan Maydt, 2002). Jaringan syaraf tiruan merupakan sistem pengolahan informasi yang mempunyai karakteristik mirip jaringan syaraf biologi, jaringan syaraf tiruan digunakan untuk memprediksi karena kemampuan pendekatan yang baik terhadap ketidak linieran (Agustin, 2012). Menggunakan algoritma perambatan balik untuk mengenali pola, termasuk tingkat parameter dan struktur jaringan harus ditentukan terlebih dahulu (Te-Hsiu. S dan Fang-Chin, 2008).

2. Dasar Teori

2.1. Metode Haar-Like Feature

Secara umum, *Haar-Like Feature* digunakan dalam mendeteksi objek pada citra digital. Nama Haar merujuk pada suatu fungsi matematika (Haar Wavelet) yang berbentuk kotak, prinsipnya sama seperti pada fungsi *Fourier*. Awalnya pengolahan gambar hanya dengan melihat dari nilai RGB setiap piksel, namun metode ini ternyata tidaklah efektif. Viola dan Jones kemudian mengembangkannya sehingga terbentuk *Haar-Like feature* (Viola dan Jones, 2001).

Proses menentukan *haar-like feature* yaitu selisih dari jumlah piksel dari daerah didalam persegi panjang (Hadriansa dan Yosi, 2015). Selanjutnya kombinasi-kombinasi kotak yang digunakan untuk pendeteksian objek visual yang lebih baik. Setiap *Haar-like feature* terdiri dari gabungan kotak-kotak hitam dan putih. Contoh *haar-like feature* ditunjukkan pada Gambar 1 (Pambudi dan Simorangkir, 2012).



Gambar 1 Contoh *haar-like feature* (Pambudi dan Simorangkir, 2012)

Rumus perhitungannya adalah seperti berikut.

$$F(\text{Haar}) = \sum F_{\text{white}} - \sum F_{\text{black}} \quad (1)$$

Dengan :

$F(\text{Haar})$ = Total nilai fitur

$\sum F_{\text{white}}$ = Nilai fitur pada daerah terang

$\sum F_{\text{black}}$ = Nilai fitur pada daerah gelap

2.2. Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Secara umum JST terbagi menjadi 2 bagian yaitu pelatihan dan pengujian. Pelatihan merupakan proses pembelajaran sistem jaringan syaraf yang mengatur nilai masukan serta bagaimana pemetaannya pada keluaran sampai diperoleh model yang sesuai, sedangkan pelatihan merupakan proses pengujian ketelitian dari model yang sudah diperoleh dari model proses pelatihan (Antara *et al.*, 2010).

JST pada model matematika terdapat 3 komponen dasar penting ketika membuat sebuah model fungsional dari neuron biologis. Pertama, sinapsis neuron dimodelkan sebagai bobot. Kekuatan hubungan antara masukan dan neuron ditentukan oleh nilai bobot. Nilai bobot negatif mencerminkan koneksi hambat, sedangkan nilai positif menandakan koneksi rangsang sel. Komponen kedua adalah penjumlahan semua masukan yang dimodifikasi oleh masing-masing bobot. Kegiatan ini disebut sebagai kombinasi linier. Komponen ketiga bertindak sebagai fungsi kontrol aktifitas amplitudo keluaran dari *neuron* (Sutojo, 2010).

2.3. Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik

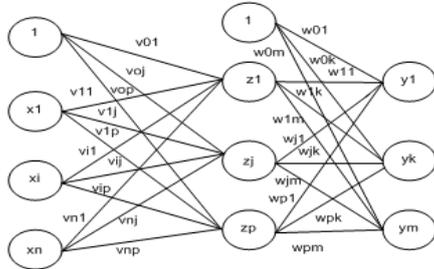
Jaringan syaraf tiruan perambatan balik atau *Backpropagation* (BP) adalah algoritma paling populer untuk pelatihan *feed-forward artificial neural network* (FFANN), dimana bobot yang disesuaikan dengan metodologi *gradient descent* dan turunan dari fungsi kesalahan sehubungan dengan bobot yang efisien dihitung dengan prosedur yang disebut perambatan balik yang terdiri dari dua fase: transmisi maju dan transmisi mundur. Pada fase penalaran ke depan, pola pelatihan ditambahkan ke lapisan masukan, dan kemudian arus informasi

merambat dari lapisan ke lapisan sampai pola *output* diperoleh sebagai respon dari input (Zhang *et al.*, 2015).

JST perambatan balik merupakan salah satu algoritma yang sering digunakan dalam masalah-masalah yang rumit. Hal ini dimungkinkan karena jaringan pada algoritma ini dilatih dengan metode pembelajaran untuk mendapatkan data pelatihan yang akurat. Pada jaringan diberikan sepasang pola yang terdiri dari atas pola masukan dan pola yang ingin diinginkan (Matondang, 2013).

2.4. Arsitektur JST Perambatan Balik

JST perambatan balik termasuk dalam JST yang memiliki banyak lapisan dengan 3 lapisan, yaitu lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran. Arsitektur JST perambatan balik ditunjukkan pada Gambar 2.



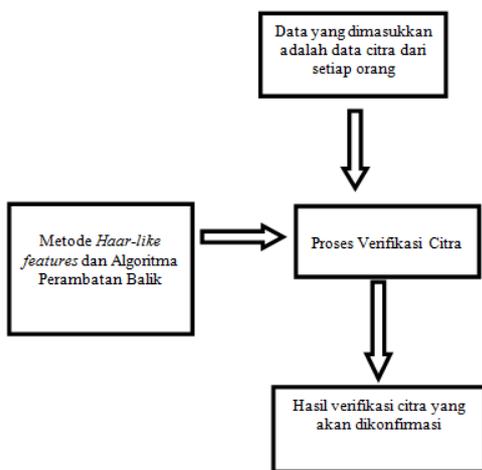
Gambar 2 Arsitektur JST perambatan balik

Inisialisasi bobot pada algoritma perambatan balik diambil dari nilai random. Selama kondisi berhenti nilai salah mak akankerjakan proses perambatan maju, perambatan balik dan perubahan bobot.

3. Metodologi

3.1. Prosedur Penelitian

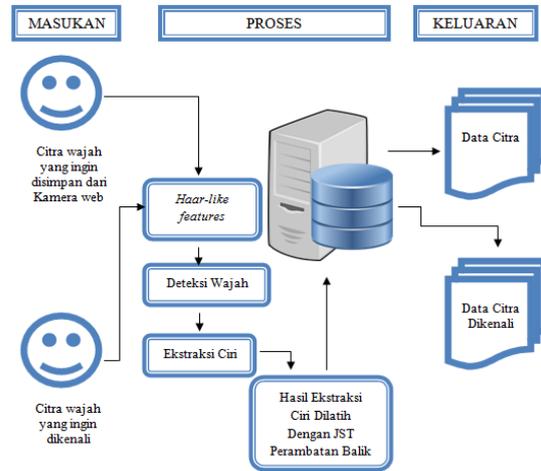
Prosedur penelitian dari sistem kehadiran berbasis deteksi dan pengenalan wajah menggunakan metode *haar-like features* dan algoritma perambatan balik diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Prosedur penelitian

3.2. Kerangka Sistem

Kerangka sistem untuk mendeteksi dan mengenali wajah menggunakan metode *haar-like feature* dan algoritma perambatan balik dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kerangka sistem

Penjelasan kerangka sistem untuk mendeteksi dan mengenali wajah menggunakan metode *haar-like feature* dan algoritma perambatan balik adalah sebagai berikut.

1. Masukan

Pada tahap ini pengguna memasukkan data citra wajah pertama yang ingin disimpan ke dalam basis data dari kamera *web* . Citra wajah kedua adalah citra wajah untuk melakukan verifikasi apakah wajah sudah terdaftar di dalam basis data.
2. Proses

Citra wajah diproses dengan metode *Haar-like feature* agar citra wajah bisa dideteksi, setelah citra wajah terdeteksi maka citra wajah tersebut akan di ekstraksi. Selanjutnya setelah citra wajah di ekstraksi maka akan dilatih untuk pengenalan citra wajah menggunakan algoritma perambatan balik.
3. Keluaran

Setelah semua proses dilakukan maka keluaranya adalah citra wajah pertama akan disimpan pada basis data data citra dan citra wajah kedua akan tersimpan ke dalam basis data yang data citra wajahnya sudah dikenali.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, deteksi pada citra wajah hanya bisa dilakukan pada saat citra wajah yang sudah ditangkap dari citra wajah langsung dari kamera *web*. Selanjutnya, prapengolahan dilakukan menggunakan metode *haar-like feature*, pada prapengolahan itu sendiri terdapat beberapa proses

seperti pengecilan skala gambar, perubahan warna pada citra yang semula berwarna RGB lalu dirubah menjadi warna keabu-abuan. Setelah itu citra wajah akan di deteksi dengan diberi tanda kotak berwarna kuning pada bagian yang terdeteksi. Selanjutnya hasil ekstaksi ciri pada citra wajah didapatkan lalu di simpan.

Pada proses pengenalan itu sendiri dilakukan dengan menggunakan JST perambatan balik dengan mencari nilai kedekatan dari keluaran nilai simulasi pada citra wajah uji dengan keluaran nilai pada data latih dengan kata lain pada program verifikasi ini tidak ada data yang tidak ada, walaupun citra uji tersebut tidak ada dalam basis data maka program akan mencari nilai kedekatan citra yang nilai keluaran simulasinya dengan nilai keluaran pada data latih.

Penerapan metode *haar-like feature* dalam program ini digunakan untuk mengklasifikasi data citra wajah dan non-wajah sekaligus untuk mendeteksi serta mengekstraksi ciri pada citra wajah yang ingin diuji. Untuk pengenalan dalam program ini menggunakan JST perambatan balik. Dalam JST tidak ada aturan baku yang dapat menetapkan arsitektur jaringan terbaik. Untuk mengetahui arsitektur jaringan terbaik, dapat diketahui dengan melakukan beberapa pengujian sampai ditemukan arsitektur dengan hasil yang optimal.

Data uji yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra wajah. Jumlah citra yang diambil ada 10 individu, setiap individu memiliki 12 data citra yang diambil dari 3 jarak dan tiap jarak memiliki 4 intensitas, itu berarti ada 120 data latih yang tersimpan didalam basis data. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra wajah manusia. Semua citra wajah diambil menggunakan kamera *web* yang terpasang pada laptop dengan resolusi kualitas tinggi (HD) 1280x720 dengan tiga jarak yang berbeda, jarak pertama kurang lebih sekitar 30 cm dari kamera *web*, jarak kedua kurang lebih sekitar 49 cm dari kamera *web* dan jarak ketiga kurang lebih sekitar 55 cm dari kamera *web*. Masing-masing jarak memiliki empat intensitas kecerahan yang berbeda. Jumlah masing-masing citra ada 10 citra. Keluaran program ini berupa dapat dikenalnya citra wajah yang diuji dengan citra wajah yang sudah didaftar. Sesuai dengan aturan-aturan yang telah ditetapkan.

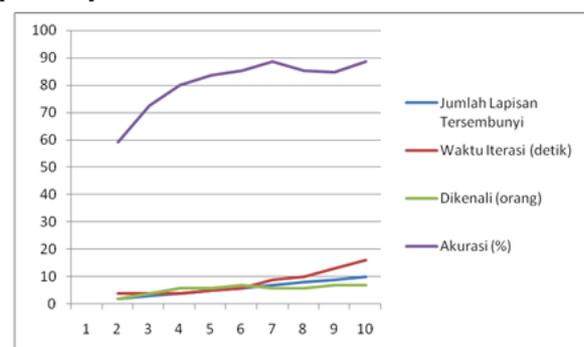
4.1. Pengujian Jarak 1 Pada JST Perambatan Balik

Pengujian menggunakan jarak 1 pada JST perambatan balik sekitar 30 cm dari kamera *web* dengan membuat variasi lapisan tersembunyi pada aplikasi. Hasil pengujian dengan menggunakan jarak 1 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian jarak 1

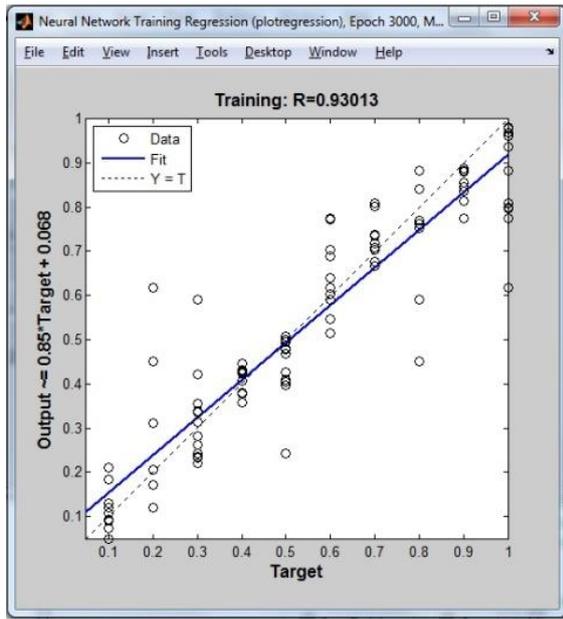
Jumlah Lapisan Tersembunyi	Waktu Iterasi	Jumlah Iterasi	Dikenali (orang)	Akurasi (%)
2	4 detik	3000	2	59,25
3	4 Detik	3000	4	72,58
4	4 Detik	3000	6	80,00
5	5 Detik	3000	6	83,67
6	6 Detik	3000	7	85,38
7	9 Detik	3000	6	88,58
8	10 Detik	3000	6	85,13
9	13 Detik	3000	7	84,83
10	16 Detik	3000	7	88,50

Berdasarkan Tabel 1 pada pengujian dengan jarak 1 kondisi terbaik adalah pada lapisan tersembunyi ke 6 dengan persentase akurasi mencapai 85,38%, lapisan tersembunyi ke 9 dengan persentase akurasi mencapai 84,83% dan lapisan tersembunyi ke 10 dengan persentase akurasi mencapai 88,50%. Dari hasil ketiga data tersebut maka paling bagus pengenalan dan akurasinya adalah lapisan tersembunyi ke 10 dengan persentase akurasi mencapai 88,50%. Akan tetapi kelemahan dari lapisan tersembunyi ke 10 adalah waktu iterasinya terlalu lama yaitu 16 detik. Jika melihat hasil dari lapisan tersembunyi ke 6 yang hanya mencapai akurasi pengenalannya 85,38% dan juga memiliki jumlah pengenalan yang sama dengan hasil dari lapisan tersembunyi ke 10 tetapi waktu iterasinya lebih cepat hanya 6 detik, maka bisa dikatakan bahwa dengan lapisan tersembunyi 6 sudah bisa cukup mencapai target pengenalan lebih dari 50%. Berikut hasil pengujian dengan jarak 1 ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.

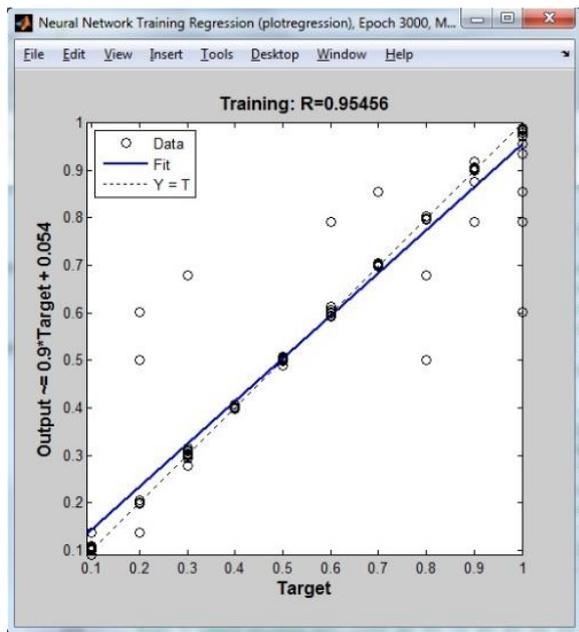


Gambar 5. Grafik pengujian pada jarak 1

Hasil pelatihan dari lapisan tersembunyi 6 dengan jarak 1 ditunjukkan pada Gambar 6 dan hasil pelatihan dari lapisan tersembunyi 10 dengan jarak 1 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Hasil pelatihan lapisan tersembunyi 6 jarak 1



Gambar 7. Hasil pelatihan lapisan tersembunyi 10 jarak 1

Keterangan :

- O = Data keluaran simulasi
- = Kecocokan target
- - - - = Target yang ingin dicapai

Terlihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 bahwa pelatihan pada layar tersembunyi 6 dan layar tersembunyi 10 sudah hampir mendekati target dan pelatihan dengan layar tersembunyi 10 lebih baik hasilnya.

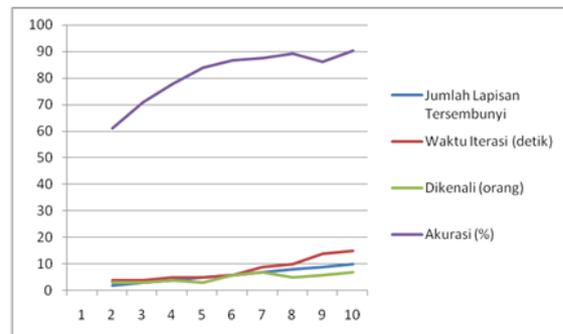
4.2. Pengujian Jarak 2 Pada JST Perambatan Balik

Pengujian menggunakan jarak 2 pada JST perambatan balik sekitar 49 cm dari kamera web dengan membuat variasi lapisan tersembunyi pada aplikasi. Hasil pengujian dengan menggunakan jarak 2 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian jarak 2

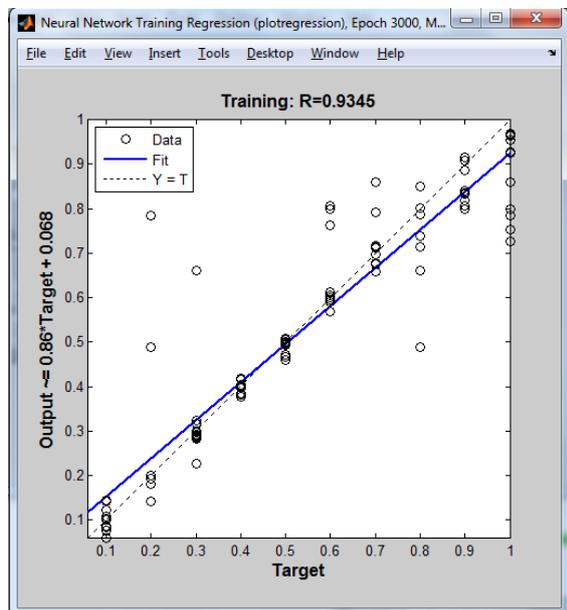
Jumlah Lapisan Tersembunyi	Waktu Iterasi	Jumlah Iterasi	Dikenali (orang)	Akurasi (%)
2	4 Detik	3000	3	61,08
3	4 Detik	3000	3	70,92
4	5 Detik	3000	4	77,92
5	5 Detik	3000	3	84,00
6	6 Detik	3000	6	86,75
7	9 Detik	3000	7	87,42
8	10 Detik	3000	5	89,25
9	14 Detik	3000	6	86,25
10	15 Detik	3000	7	90,33

Berdasarkan Tabel 2 pada pengujian dengan jarak 2 kondisi terbaik adalah pada lapisan tersembunyi ke 7 dengan persentase akurasi mencapai 87,42% dan lapisan tersembunyi ke 10 dengan persentase akurasi mencapai 90,33%. Dari hasil kedua data tersebut maka paling bagus pengenalan dan akurasinya adalah lapisan tersembunyi ke 10 dengan persentase akurasi mencapai 90,33%. Akan tetapi kelemahan dari lapisan tersembunyi ke 10 adalah waktu iterasinya terlalu lama yaitu 15 detik. Jika melihat hasil dari lapisan tersembunyi ke 7 yang hanya mencapai akurasi pengenalannya 87,42% dan juga memiliki jumlah pengenalan yang sama dengan hasil dari lapisan tersembunyi ke 10 tetapi waktu iterasinya lebih cepat hanya 9 detik maka bisa dikatakan bahwa dengan lapisan 7 sudah bisa cukup mencapai target pengenalan lebih dari 50%. Berikut hasil pengujian dengan jarak 2 ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.

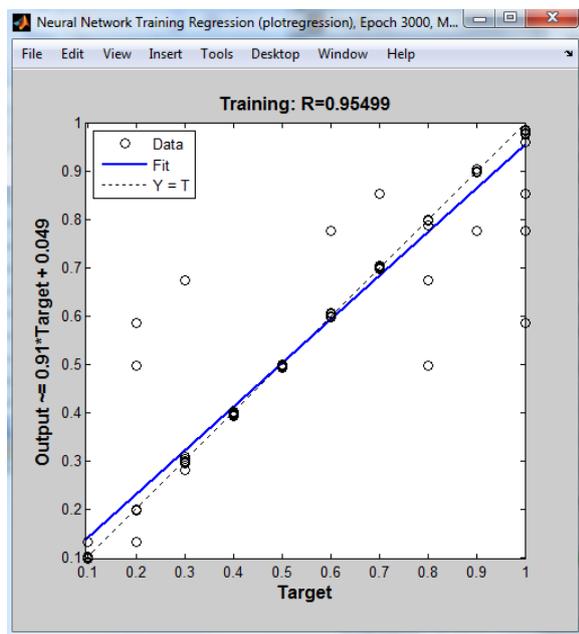


Gambar 8 Grafik pengujian pada jarak 2

Hasil pelatihan dari lapisan tersembunyi 7 dengan jarak 2 ditunjukkan pada Gambar 9 dan hasil pelatihan dari lapisan tersembunyi 10 dengan jarak 2 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9. Hasil pelatihan lapisan tersembunyi 7 jarak 2



Gambar 10 Hasil pelatihan lapisan tersembunyi 10 jarak 2

Pada Gambar 9 dan Gambar 10 terlihat bahwa pelatihan pada layar tersembunyi 7 dan layar tersembunyi 10 sudah hampir mendekati target dan pelatihan dengan layar tersembunyi 10 lebih baik hasilnya.

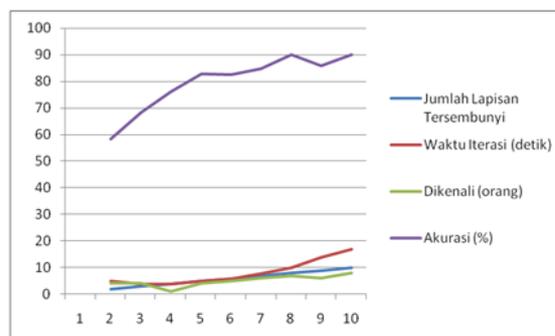
4.2.1 Pengujian Jarak 3 Pada JST Perambatan Balik

Pengujian menggunakan jarak 3 pada JST perambatan balik sekitar 55 cm dari kamera web dengan membuat variasi lapisan tersembunyi pada aplikasi. Hasil pengujian dengan menggunakan jarak 3 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian jarak 2

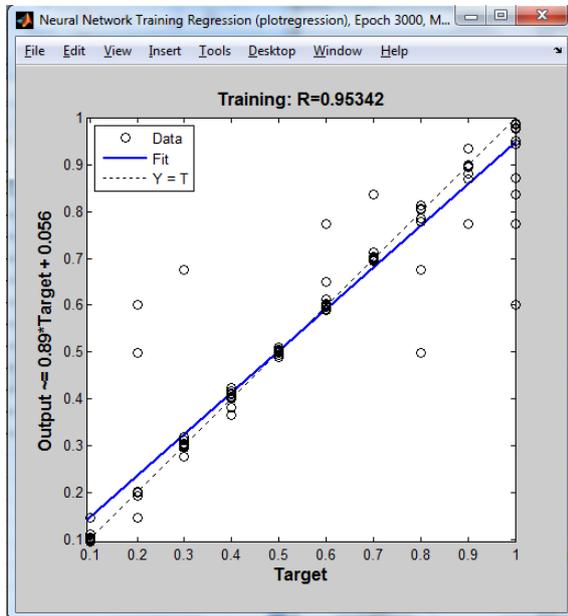
Jumlah Lapisan Tersembunyi	Waktu Iterasi	Jumlah Iterasi	Dikenali (orang)	Akurasi (%)
2	5 Detik	3000	4	58,42
3	4 Detik	3000	4	68,43
4	4 Detik	3000	1	76,25
5	5 Detik	3000	4	82,92
6	6 Detik	3000	5	82,58
7	8 Detik	3000	6	84,83
8	10 Detik	3000	7	90,17
9	14 Detik	3000	6	86,00
10	17 Detik	3000	8	90,17

Berdasarkan Tabel 3 pada pengujian dengan jarak 3 kondisi terbaik adalah pada lapisan tersembunyi ke 10 dengan persentase akurasi mencapai 90,17%. Dari hasil ini maka sudah bisa dilihat bahwa paling bagus pengenalan dan akurasinya adalah lapisan tersembunyi ke 10 dengan persentase akurasi mencapai 90,17% dengan waktu iterasi yang cukup lama mencapai 17 detik. Tetapi jika dilihat lapisan tersembunyi ke 8 maka bisa dilihat akurasi pengenalannya menyamai akurasi pengenalan pada layar tersembunyi ke 10 dengan 90,17% tetapi hasil pengenalanya lebih sedikit dari layar tersembunyi ke 10 dan waktu interasinya lebih cepat dengan 10 detik saja, jadi disimpulkan lapisan tersembunyi ke 8 dan jumlah tersembunyi ke 10 adalah yang terbaik pada percobaan jarak ini. Berikut hasil pengujian dengan jarak 3 ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11.

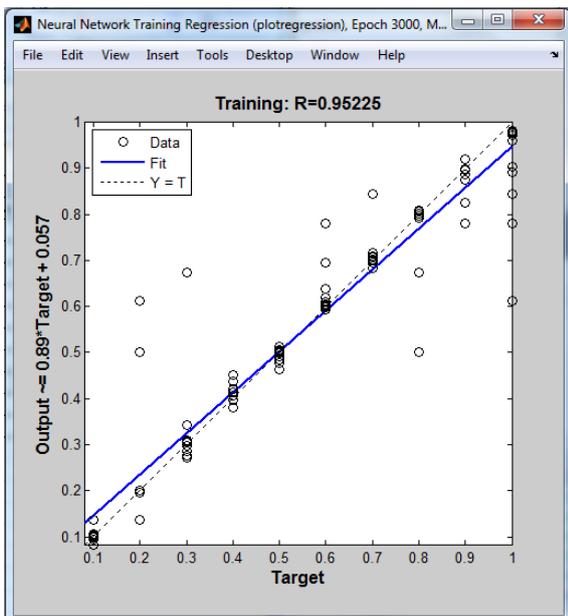


Gambar 11 Grafik pengujian pada jarak 3

Hasil pelatihan dari lapisan tersembunyi 8 dengan jarak 3 ditunjukkan pada Gambar 12 dan hasil pelatihan dari lapisan tersembunyi 10 dengan jarak 3 ditunjukkan pada Gambar 13 .



Gambar 12 Hasil pelatihan lapisan tersembunyi 8 jarak 3



Gambar 13 Hasil pelatihan lapisan tersembunyi 10 jarak 3

Terlihat pada Gambar 12 dan Gambar 13 bahwa pelatihan pada layar tersembunyi 8 dan layar tersembunyi 10 sudah hampir mendekati target dan pelatihan dengan layar tersembunyi 10 lebih baik hasilnya.

5. Kesimpulan

Dari penelitian menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik untuk pengenalan wajah diperoleh kesimpulan bahwa pada pengujian JST perambatan balik semakin banyak layer tersembunyi maka semakin bagus akurasi pengenalan dan pelatihnannya, tetapi semakin banyak layer tersembunyi pada JST perambatan balik maka semakin lama juga proses pengenalan dan pelatihnannya. Hal ini tidaklah efisien menggunakan layer tersembunyi yang banyak dengan waktu yang lama pula. Menggunakan JST perambatan balik untuk melakukan pelatihan data citra serta pengenalan citra wajah dapat berjalan dengan baik dengan mencapai tingkat akurasi 90,13% pada jarak ke 3. Pada pengujian JST perambatan balik diperoleh kondisi terbaik pada jarak 1 dengan layer tersembunyi 6 dan akurasi mencapai 85,38% serta waktu iterasi hanya mencapai 6 Detik. Tidak semua citra wajah bisa dikenali secara baik oleh program dikarenakan proses pengenalan citra wajah yang ingin dikenali masih bergantung pada jarak citra dan intensitas cahaya yang di ambil.

Daftar Pustaka

- Alasdair. M., 2004. An Introduction to Digital Image Processing with Matlab. Notes for SCM2511 Image Processing 1, School of Computer Science and Mathematics Victoria University of Technology.
- Agustin. M., 2012. Penggunaan jaringan syaraf tiruan backpropagation untuk seleksi penerimaan mahasiswa baru pada jurusan teknik komputer di Politeknik Negeri Sriwijaya. *Tesis*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Antara, I.P.R, Sumarminingsih. E, Handoyo. S., 2010. Model jaringan syaraf tiruan backpropagation dengan input berdasarkan model regresi terbaik. *Tesis*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Levi. Ki, Weiss. Y., 2004. Learning object detection from a small number of examples: the importance of good features, *Proceedings of CVPR 2004 IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 53–60.
- Li. S.Z, Zhang. Z., 2004. Floatboost learning and statistical face detection, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 26 (9) 1112–1123.
- Lienhart. R, Maydt, J., 2002. An extended set of Haar-like features for rapid object detection, *Proceedings of ICIP 2002 IEEE International onference on Image Processing*, vol. 1, pp. 900–903.

- Matondang. Z.A., 2013. Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Algoritma Backpropagation Untuk Penentuan Kelulusan Sidang Skripsi, ISSN 2301-9425.
- Mita. T, Kaneko. T., 2005. O. Hori, Joint Haar-like features for face detection, *Proceedings of ICCV 2005 10th IEEE International Conference on Computer Vision*, vol. 2, pp. 1619–1626.
- McAndrew Alasdair., 2004. An Introduction to Digital Image Processing with Matlab, *Notes for SCM2511 Image Processing 1, School of Computer Science and Mathematics Victoria University of Technology*.
- Pambudi. W.S, Simorangkir. B.M.N., 2012. *Facetracker Menggunakan Metode Haar like feature dan PID Model Simulasi, Jurnal Teknologi dan Informatika (TEKNOMATIKA)*.
- Pan. H, Zhu. Y, Xia. L., 2013. Efficient and accurate face detection using heterogeneous feature descriptors and feature selection, *International Journal of Computer Vision and Image Understanding*, 117, 12-28.
- Pham. M.T, Cham. T.J., 2007. Fast training and selection and Haar features using statistics in boosting-based face detection, *Proceedings of ICCV 2007 11th IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 1–7.
- Sutojo. T, Mulyanto. E, Suharto. V., 2010. Kecerdasan Buatan, Andi, Yogyakarta.
- Te-Hsiu. S and Fang-Chin. T., 2008. Using backpropagation neural network for face recognition with 2D + 3D hybrid information, *Expert System with Application*, 35, 361-372.
- Viola, Paul and Jones. J., 2001. Rapid object detection using boosted cascade of simple features, *Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Zhang. J, Ji. N, liu. J, Pan. J, Meng. D., 2015. Enhancing performance of the backpropagation algorithm via sparse response regularization, *International Journal of Neurocomputing*, 153, 20-40.