

**PENERAPAN ALGORITMA BACKPROPAGATION UNTUK
PENGENALAN KARAKTER DALAM PEMBUATAN
CAPTCHA BREAKER**

Skripsi



oleh
EPHYFANIA MAHESTI
22084605

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2012

**PENERAPAN ALGORITMA BACKPROPAGATION UNTUK
PENGENALAN KARAKTER DALAM PEMBUATAN
CAPTCHA BREAKER**

Skripsi



©
Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

EPHYFANIA MAHESTI
22084605

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2012

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

PENERAPAN ALGORITMA BACKPROPAGATION UNTUK PENGENALAN KARAKTER DALAM PEMBUATAN CAPTCHA BREAKER

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi keserjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar keserjanaan saya.



Yogyakarta, 5 September 2012

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ephyfania Mahesti', is written above the printed name.

EPHYFANIA MAHESTI
22084605

HALAMAN PERSETUJUAN

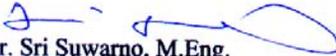
Judul Skripsi : PENERAPAN ALGORITMA
BACKPROPAGATION UNTUK PENGENALAN
KARAKTER DALAM PEMBUATAN CAPTCHA
BREAKER
Nama Mahasiswa : EPHYFANIA MAHESTI
N I M : 22084605
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TIW276
Semester : Gasal
Tahun Akademik : 2012/2013



Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 5 September 2012

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Sri Suwarno, M.Eng.


Willy Sudiarto Raharjo, SKom., M.Cs

HALAMAN PENGESAHAN

PENERAPAN ALGORITMA BACKPROPAGATION UNTUK PENGENALAN KARAKTER DALAM PEMBUATAN CAPTCHA BREAKER

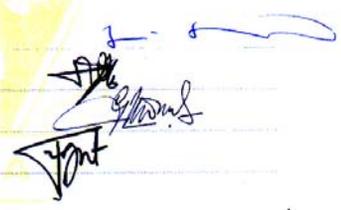
Oleh: EPHYFANIA MAHESTI / 22084605

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 18 September 2012

Yogyakarta, 24 September 2012
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Ir. Sri Suwarno, M.Eng.
2. Willy Sudiarto Raharjo, SKom.,M.Cs
3. Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si.
4. Antonius Rachmat C., SKom.,M.Cs



Dekan

(Drs. Wimmie Handiwidjojo, MIT.)

Ketua Program Studi

(Nugroho Agus Haryono, M.Si)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberikan limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul Penerapan Algoritma Backpropagation Untuk Pengenalan Karakter Dalam Pembuatan Captcha Breaker dengan baik.

Penulisan laporan ini merupakan kelengkapan dan pemenuhan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer. Selain itu bertujuan melatih mahasiswa untuk dapat menghasilkan suatu karya yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, sehingga dapat bermanfaat bagi penggunanya.

Dalam menyelesaikan pembuatan program dan laporan Tugas akhir ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, saran dan masukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Sri Suwarno, M.Eng dan Bapak Willy Sudiarto Raharjo, M.Cs selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dengan sabar dan baik.
2. Paulus Yuliadi & Eleonora K.Wirastri, sebagai Papa & Mama yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Gregorius M.Wirasadi yang selalu menyediakan waktu, pikiran dan tenaga untuk membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Devian Ricko Utama, yang selalu memberi banyak semangat dan doa dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan di TI UKDW 2008: Ana, Mika, Novita, Lina, Elfy dan teman-teman lainnya yang selalu memberi motivasi dan masukan-masukan yang positif.

6. Teman-teman KKN Balesari 2012: Susan, Dian, Adi, Candra, Kadek, Andri, Gom2, dan teman-teman lainnya yang selalu menyempatkan diri untuk berkumpul dan saling memberi semangat untuk menyelesaikan tugas akhir kita masing-masing.
7. Teman-teman kost jambu yang memberikan banyak semangat dan motivasi.
8. Serta pihak-pihak lain yang telah bersedia memberikan semangat dan masukan.

Penulis menyadari bahwa program dan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar suatu saat penulis dapat memberikan karya yang lebih baik lagi.

Akhir kata penulis ingin meminta maaf bila ada kesalahan baik dalam penyusunan laporan maupun yang pernah penulis lakukan saat pembuatan program. Sekali lagi penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya, semoga tulisan ini juga dapat berguna bagi kita semua.

Yogyakarta, September 2012

Penulis



INTISARI

PENERAPAN ALGORITMA *BACKPROPAGATION* UNTUK PENGENALAN KARAKTER DALAM PEMBUATAN *CAPTCHA BREAKER*

Captcha merupakan suatu bentuk tantangan yang digunakan oleh sebuah sistem untuk memastikan apakah pengguna adalah manusia atau komputer. *Captcha* umumnya berupa teks yang diacak dan diberi *noise* yang kemudian di-*generate* menjadi sebuah gambar. *Captcha* seringkali dibuat terlalu sulit sehingga pengguna sulit membaca karakter yang ada pada *captcha* tersebut.

Captcha breaker merupakan sebuah sistem yang dapat membantu pengguna membaca karakter-karakter dalam *captcha*. Pembuatan *captcha breaker* meliputi beberapa langkah, diantaranya *noise reduction*, pemotongan citra menjadi karakter per karakter dan proses pengenalan. Pengenalan dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation*. *Backpropagation* dipilih sebagai algoritma untuk pengenalan karakter karena *backpropagation* merupakan salah satu dari jaringan syaraf tiruan dengan metode pembelajaran terbimbing, sehingga data yang dilatihkan pada sistem nantinya akan dapat digunakan untuk mengenali karakter dalam *captcha*.

Pada *backpropagation* penentuan jumlah *neuron hidden layer* dan nilai *learning rate* sangat mempengaruhi hasil pengenalan. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan maka ditemukan bahwa hasil terbaik adalah saat pengguna memasukkan nilai 15 pada *jumlah neuron hidden layer* dan 0.5 pada *learning rate*. Nilai ini memberikan hasil pengenalan yang cukup baik yaitu 88.9%. Dalam penerapannya untuk pengenalan karakter dalam *captcha* didapatkan kesimpulan bahwa *captcha* dengan *noise*, warna karakter yang beragam serta *background* dengan motif berwarna-warni membuat karakter dalam *captcha* sulit dikenali,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
INTISARI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Hipotesis	2
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Metode / Pendekatan	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Captcha Breaker	7
2.2.2 Jaringan Syaraf Tiruan	7
2.2.3 Backpropagation Neural Network	8
2.2.4 Pembuatan Captcha Breaker Menggunakan Backpropagation	14
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM	16
3.1 Spesifikasi Sistem	16

3.1.1 Spesifikasi Perangkat Lunak	16
3.1.2 Spesifikasi Perangkat Keras	16
3.2 Perancangan Program	17
3.2.1 Algoritma Pemrograman	17
3.2.2 Skema Jaringan	17
3.3 Use Case Diagram	22
3.4 Flowchart	23
3.4.1 Flowchart Alur Sistem Secara Umum	23
3.4.2 Flowchart Training Pattern	24
3.4.3 Flowchart Recognizing Pattern	25
3.5 Perancangan Basis Data	26
3.6 Perancangan Antar Muka	27
3.6.1 Form Karakter Set	28
3.6.2 Form Training	29
3.6.3 Form Recognition	30
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM	33
4.1 Implementasi Sistem	33
4.1.1 Antar Muka Program	33
4.1.1.1 Menu Pelatihan	34
4.1.1.2 Menu Breaking Captcha	39
4.1.2 Implementasi Algoritma Backpropagation	40
4.1.2.1 Pengacakan Bobot V dan W	40
4.1.2.2 Proses Pelatihan	41
4.1.2.3 Proses Pengenalan	43
4.2 Analisis Sistem	47
4.2.1 Analisis Input dan Pelatihan	47
4.2.2 Analisis Jumlah Neuron Hidden Layer	47
4.2.3 Analisis Learning Rate	48
4.2.4 Analisis Pengenalan Karakter Pada Captcha	49

4.3 Kelebihan dan Kekurangan Sistem	56
4.3.1 Kelebihan Sistem	56
4.3.2 Kekurangan Sistem	57
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	58
4.1 Kesimpulan	58
4.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN	xiv

© UKDW

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tabel Karakter	26
Tabel 3.2	Tabel Matriks	27
Tabel 4.1	Perbandingan jumlah <i>neuron hidden layer</i> terhadap hasil pelatihan	48
Tabel 4.2	Perbandingan <i>learning rate</i> terhadap hasil pelatihan	48
Tabel 4.3	Tabel hasil pengenalan karakter pada gambar <i>captcha</i> tanpa <i>noise</i> dan <i>background</i>	49
Tabel 4.4	Tabel hasil pengenalan karakter pada gambar <i>captcha</i> tanpa <i>noise</i> dan <i>background</i> dengan warna karakter yang beragam...	50
Tabel 4.5	Tabel hasil pengenalan karakter pada gambar <i>captcha</i> Dengan <i>noise</i> titik.....	51
Tabel 4.6	Tabel hasil pengenalan karakter pada gambar <i>captcha</i> dengan <i>noise</i> titik dan garis.....	52
Tabel 4.7	Tabel hasil pengenalan karakter pada gambar <i>captcha</i> dengan <i>noise titik dan garis, background</i> putih bermotif dan warna karakter yang beragam.....	53
Tabel 4.8	Tabel hasil pengenalan karakter pada gambar <i>captcha</i> dengan <i>noise</i> titik dan garis, <i>background</i> satu warna penuh dan warna karakter yang beragam.....	54
Tabel 4.9	Tabel hasil pengenalan karakter pada gambar <i>captcha</i> dengan <i>noise titik dan garis, background</i> motif berwarna dan warna karakter yang beragam.....	55
Tabel 4.10	Tabel hasil pengenalan karakter pada gambar <i>captcha</i> warna karakter yang beragam, serta <i>angle</i> dan <i>font</i> yang berbeda dari data pelatihan.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	10
Gambar 3.1 Use case diagram sistem	22
Gambar 3.2 Flowchart alur sistem secara umum	23
Gambar 3.3 Flowchart training pattern (pola pelatihan)	24
Gambar 3.4 Flowchart recognizing pattern (pola pengenalan)	25
Gambar 3.5 Desain Antarmuka form karakter set	28
Gambar 3.6 Desain Antarmuka form training	29
Gambar 3.7 Desain Antarmuka form Recognition	31
Gambar 4.1 Form Menu Utama	33
Gambar 4.2 Form Set Karakter	34
Gambar 4.3 Pemberitahuan data set karakter berhasil disimpan	35
Gambar 4.4 Form pelatihan	36
Gambar 4.5 Form Neural Network Training	37
Gambar 4.6 Pemberitahuan pelatihan telah selesai	37
Gambar 4.7 Grafik perbandingan Epoch dan galat	38
Gambar 4. 8 Form Breaking <i>Captcha</i>	39

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Penggunaan *captcha* (*Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*) dalam sebuah situs sudah tidak dapat dihindari lagi. Hampir semua *website* memiliki satu atau lebih *form* yang mengharuskan pengguna untuk bertemu dengan *Captcha*. *Captcha* umumnya berupa sekumpulan huruf yang diacak kemudian di-*generate* menjadi sebuah gambar. Pembuat *captcha* terkadang membuat *captcha* terlalu berlebihan sehingga manusia sendiri menjadi sulit untuk membacanya. Oleh karena itu, diperlukan adanya *Captcha breaker*. *Captcha breaker* atau pemecah *captcha* adalah sebuah program komputer yang digunakan untuk membaca karakter dalam gambar *captcha*. *Captcha breaker* ini tidak dimaksudkan untuk membantu oknum yang ingin melakukan *cracking* pada sebuah situs atau tujuan kurang baik lainnya.

Pembuatan *captcha breaker* meliputi beberapa langkah, yakni *noise reduction* (pengurangan gangguan), pemotongan citra, dan proses pengenalan. Proses pengenalan dalam pengolahan citra dalam dilakukan dengan beberapa cara diantaranya *pixel counting*, *distance measures*, atau dengan menggunakan algoritma Jaringan syaraf Tiruan. Dalam pembuatan tugas akhir ini, cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan algoritma dalam Jaringan Syaraf Tiruan yaitu *Backpropagation*.

Backpropagation merupakan salah satu teori dalam Jaringan Syaraf Tiruan yang menggunakan pembelajaran terbimbing (*supervised learning*). Melalui algoritma ini program akan mampu mengenali sebuah pola

berdasarkan kemiripannya dengan pola yang telah dilatihkan sebelumnya pada program. Algoritma ini nantinya akan digunakan untuk mengenali karakter-karakter dalam *image captcha* sehingga program akan dapat memberikan hasil berupa kata yang ada dalam *image captcha* tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

- a. Bagaimana algoritma *backpropagation* dapat diterapkan dalam proses pengenalan karakter dan pembuatan *captcha breaker*?
- b. Bagaimana ketepatan hasil pengenalan karakter yang dilakukan dengan algoritma *backpropagation* pada *captcha breaker*?

1.3. Batasan Masalah

- a. *Captcha* yang digunakan sebagai penguji di-generate sendiri oleh penulis berupa gambar teks.
- b. Karakter yang dikenali adalah 36 karakter *alphanumeric* (A-Z, 0-9).
- c. *Font* yang digunakan dalam *captcha* yang akan dikenali adalah font yang digunakan saat pelatihan.

1.4. Hipotesis

- a. Algoritma *backpropagation* dapat diterapkan dengan baik untuk pengenalan karakter dalam pembuatan *captcha breaker*.
- b. Ketepatan hasil pengenalan karakter yang dilakukan dengan algoritma *backpropagation* pada *captcha breaker* adalah 90%.

1.5. Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui apakah algoritma *backpropagation* dapat diterapkan dalam proses pengenalan karakter dan pembuatan *captcha breaker*
- b. Mengetahui ketepatan hasil pengenalan karakter yang dilakukan dengan algoritma *backpropagation* pada *captcha breaker*

1.6. Metode / Pendekatan

- a. Metode pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan study pustaka mengenai pengolahan citra, pengenalan karakter, pembuatan *captcha breaker*, dan algoritma *backpropagation*.
- b. Metode pengembangan dilakukan dengan membuat *captcha breaker* yang berfokus pada pengenalan karakter menggunakan algoritma *backpropagation*.
- c. Metode pengujian dilakukan dengan mencari contoh-contoh jenis *captcha* dan mengujikannya pada *captcha breaker* yang dibuat.

1.7. Sistematika Penulisan

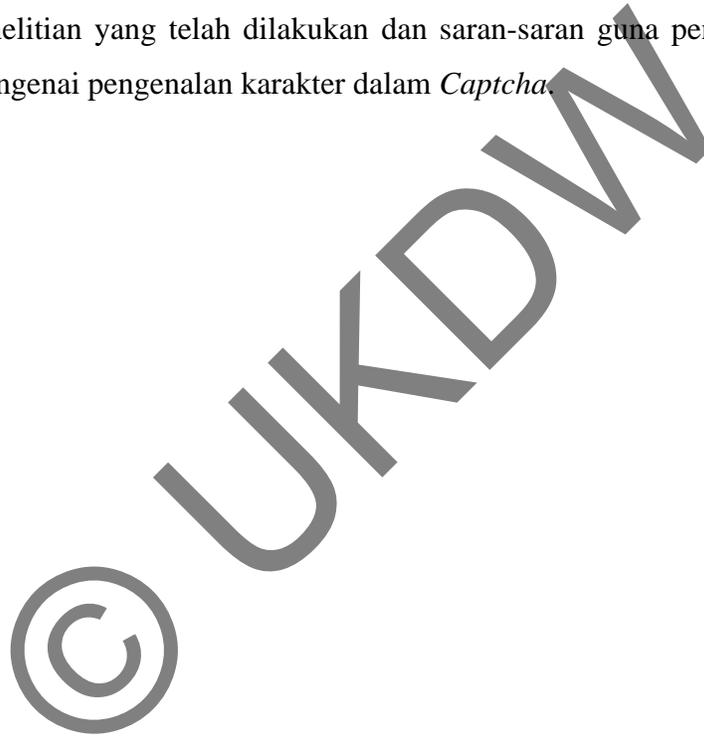
BAB 1 PENDAHULUAN, membahas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, tujuan penelitian, metode penelitian, serta sistematika penulisan dari penelitian ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI, membahas mengenai beberapa tinjauan pustaka dan landasan teori mengenai algoritma *backpropagation* dan penerapannya dalam pengenalan karakter.

BAB 3 RANCANGAN PENELITIAN, berisi mengenai rancangan dari penelitian yang akan dilakukan mengenai pembuatan *captcha breaker* dengan menggunakan algoritma *backpropagation* untuk pengenalan karakter.

BAB 4 IMPLEMENTASI SISTEM DAN ANALISIS SISTEM, berisi mengenai implementasi dari sistem yang telah dirancang pada tahapan sebelumnya dan penjelasan rinci mengenai analisa hasil uji coba yang telah dilakukan terhadap sistem.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran guna penelitian lebih lanjut mengenai pengenalan karakter dalam *Captcha*.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Saat melakukan pengenalan dengan metode *backpropagation* jumlah *neuron hidden layer* dan *learning rate* sangat berpengaruh terhadap lama pelatihan dan ketepatan hasil pengenalan. Dari simulasi yang telah dilakukan, jumlah *neuron hidden layer* dan nilai *learning rate* yang memberikan hasil maksimal adalah 15 dan 0.5. Nilai ini memberikan hasil pengenalan sebesar 88.9% terhadap data pelatihan.

Pada saat pengujian terhadap gambar *captcha* dilakukan, hal yang mempunyai pengaruh besar terhadap hasil pengenalan adalah tahap *preprocessing* gambar. Berikut adalah kesimpulan berdasarkan pengujian yang dilakukan:

- Pada gambar *captcha* dengan karakter warna hitam dan tidak memiliki noise dan background hasil pengenalannya adalah sebesar 96%.
- Pada gambar *captcha* dengan karakter warna-warni dan tidak memiliki noise dan background hasil pengenalannya adalah sebesar 80%.
- Pada gambar *captcha* dengan karakter warna hitam dan noise titik-titik hasil pengenalannya adalah sebesar 96%.
- Pada gambar *captcha* dengan karakter warna hitam dengan noise titik dan garis hasil pengenalannya adalah sebesar 73.3%.
- Pada gambar *captcha* dengan karakter warna-warni dengan noise titik dan garis serta background putih bermotif, hasil pengenalannya adalah sebesar 56%.

- Pada gambar captcha dengan karakter warna-warni dengan noise titik dan garis serta background satu warna penuh, hasil pengenalannya adalah sebesar 80%.
- Pada gambar captcha dengan karakter warna-warni dengan noise titik dan garis serta background warna-warni yang bermotif, hasil pengenalannya adalah sebesar 0%.
- Pada gambar captcha dengan karakter warna-warni dengan karakter yang mempunyai angle beragam dan font yang berbeda dengan data pelatihan, hasil pengenalannya adalah sebesar 36%.

5.2. Saran

Program *captcha breaker* yang dibuat masih memiliki banyak kekurangan yang perlu untuk diperbaiki. Kekurangan ini salah satunya adalah belum dapat mengenali karakter dengan *font* dan *angle* yang belum dilatihkan. Hal ini terjadi karena metode yang digunakan adalah metode *backpropagation* yang merupakan salah satu dari jaringan syaraf tiruan dengan metode pembelajaran terbimbing (*Supervised Learning*), sehingga karakter yang mampu dikenali adalah karakter yang sudah dilatihkan saja.

Oleh karena itu, diharapkan untuk ke depannya akan ada penelitian untuk pembuatan *captcha breaker* menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode pembelajaran tidak terbimbing (*Unsupervised Learning*), sehingga program yang dihasilkan menjadi lebih fleksibel dalam mengenali karakter *captcha*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwinata, Henry. (2010). *Program Bantu Pengenalan Tanda Tangan menggunakan Metode Backpropagation*. Skripsi Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Informasi Universitas Kristen Duta Wacana.
- Budi, M.W. Setya. (2011). *Pengenalan Aksara Bali pada Pen Screen Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*. Skripsi Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Informasi Universitas Kristen Duta Wacana.
- Cai, Tianuhi. (2008). *Breaking a Visual Captcha*. Jurnal TJHSST Computer System Lab Senior Reasearch Project.
- Emanuel, Andi W.R dan Arie Hartono (2008). *Pengembangan Aplikasi Alfanumerik dengan menggunakan Neural Network Three Layer Backpropagation*. Jurnal Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Informasi Universitas Kristen Maranatha.
- Fausset, Laurene. (1993). *Fundamentals of Neural Networks, Architecture, Algorithm and Application*. Prentice Hall.
- Maru'ao, Dini. (2010). *Neural Network Implementationin ForeignExchange Kurs Prediction*. Jurnal Undergraduate Thesis Jurusan Teknik Industri Universitas Gunadarma.
- Maylawati, Dian (2010). *Pengenalan Karakter Manusia Melalui Bentuk Wajah dengan Metode Back Propagation Jaringan Saraf Tiruan*. Jurnal Program Ilmu

Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Pendidikan
Indoesia.

Miljkovic, Olga. (2007). *Image Pre-Processing Tool*. Jurnal College Of Computer
Science, Megatrend University of Belgrade, Belgia.

Prasojo, Andi. (2010). *Pengenalan Karakter Alfabet menggunakan Jaringan Syaraf
Tiruan*. Jurnal Undergraduate thesis Jurusan Teknik Elektro fakultas Teknik
Universitas Diponegoro.

Rao, Valluru, dan Hayariva R. (1995). *C++ Neural Network and Fuzzy Logic Second
Edition*. New York : MIS: Press.

Siang, J.J. (2005). *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan
Matlab*. Yogyakarta : Penerbit Andi.

Suryo, Rendy Adi. (2010). *Program Pengenalan Beberapa Pola Bangun Segi Empat
dengan Algoritma Backpropagation*. Skripsi Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Teknik Informasi Universitas Kristen Duta Wacana.

Sutoyo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., Nurhayati, O.D., dan Wijanarto (2009).
Teori Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta : Penerbit Andi.