

**ALGORITMA PELATIHAN JARINGAN SYARAF TIRUAN
YANG PALING OPTIMAL DITINJAU DARI *ERROR*
JARINGAN**

*THE MOST OPTIMAL ARTIFICIAL NEURAL NETWORK
TRAINING ALGORITHM BASED ON NETWORK ERRORS*



SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer

**BIYAN ROLICHUSNANDAR
1503040037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO
DESEMBER, 2018**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Biyan Rolichusnandar
NIM : 1503040037
Program Studi : Teknik Informatika
Fakultas : Teknik dan Sains
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar serta bukan hasil penjiplakan dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan apabila kelak di kemudian hari terbukti ada unsur penjiplakan, saya bersedia mempertanggungjawabkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Purwokerto, 22 Desember 2018

Yang membuat pernyataan



Biyan Rolichusnandar

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang diajukan oleh:

Nama : Biyan Rolichusnandar

NIM : 1503040037

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknik dan Sains

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Judul : Algoritma Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan Yang Paling Optimal Ditinjau Dari Error Jaringan

telah diterima dan disetujui

Purwokerto, 22 Desember 2018

PEMBIMBING



Hindayati Mustafidah, S.Si., M.Kom

NIK. 2160332

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang diajukan oleh:

Nama : **Biyan Rolichusnandar**
NIM : **1503040037**
Program Studi : **Teknik Informatika**
Fakultas : **Teknik dan Sains**
Perguruan Tinggi : **Universitas Muhammadiyah Purwokerto**
Judul : **Algoritma Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan Yang Paling Optimal Ditinjau Dari Error Jaringan**

telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : **Harjono, S.T., M.Eng.**
Penguji 2 : **Dimara Kusuma Hakim, S.T., M.Cs.**
Penguji 3 (Pembimbing) : **Hidayati Mustafidah, S.Si., M.Kom.**

Ditetapkan : **Purwokerto**
Tanggal : **22 Desember 2018**

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik dan Sains



M. T. Tamam, S.T., M.T.
NIK. 2160223

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan kekuatan, kesehatan dan kemudahan dalam menemukan solusi dalam segala urusan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa dukungan, motivasi, nasehat, dan ilmu. Tugas akhir ini saya persembahkan setulus hati kepada orang yang saya sayangi dan saya hormati sebagai wujud cinta kasih dan tanda bukti atas seluruh doa, kasih sayang, bimbingan dan harapan yang telah diberikan selama ini:

1. Bapak Sudarto dan Ibu Tarsini yang selalu mendo'akan tanpa henti dan selalu memberikan dukungan baik moril maupun materi. Ucapan terima kasih tidaklah cukup untuk membalas setiap lantunan do'a dan setiap tetes keringat dan air mata yang selalu kalian berikan untuk kebahagiaan anak-anakmu. Saat ini hanya do'a dan kebanggaan yang bisa saya berikan untuk kalian orang tuaku tercinta.
2. Adik saya Dwi Yudha Priya Darmawan, keluarga besar saya, terutama Alm Kakek dan Nenek dari pihak Ayah, Kakek dan Nenek dari pihak Ibu, Pak dhe, Bu Dhe, Pak Lik, Bu Lik, Sepupu, dan Keponakan-Keponakan yang selalu memberikan dukungan dan do'a tanpa henti kepada saya dalam mewujudkan cita-cita saya.
3. Tim *Backpropagation* terbaik (Syafrilla, Nadia, dan Gatot), tanpa semangat dan dukungan kalian, perjalanan saya sampai dititik ini pasti akan terasa sulit.
4. Terima kasih juga kepada teman-teman seperjuangan TI'15, teman main, dan juga rekan kerja yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk canda, tawa, suka maupun duka yang telah dilewati selama ini. Terima kasih untuk setiap kenangan yang telah kalian torehkan selama ini yang telah menjadi bagian dan tidak akan lekang dalam hidup saya.

HALAMAN MOTTO

*Failure Will Never Overtake Me If My Determination To Succeed Is Strong
Enough*



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat yang diberikan, sehingga laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Salam dan salawat selalu tercurah kepada junjungan kita baginda Rasulullah SAW, yang telah membawa manusia dari alam jahiliyah menuju alam yang berilmu seperti sekarang ini.

Laporan skripsi yang berjudul “**ALGORITMA PELATIHAN JARINGAN SYARAF TIRUAN YANG PALING OPTIMAL DITINJAU DARI *ERROR* JARINGAN**”. Laporan skripsi ini dapat hadir seperti sekarang ini tentu tidak lepas dari bantuan banyak pihak. Untuk itu sudah sepantasnya penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berjasa selama proses penyusunan laporan skripsi dari awal hingga akhir.

Penyusun menyadari bahwa dalam pembuatan laporan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan mengingat keterbatasan pengalaman dan kemampuan, maka dari itu diharapkan saran dan kritik dari para pembaca demi perbaikan laporan ini kedepannya. Akhirnya, besar harapan agar kehadiran laporan kerja praktek ini dapat memberikan manfaat yang berarti untuk para pembaca, dan yang terpenting adalah semoga dapat turut serta memajukan ilmu pengetahuan.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. PERUMUSAN MASALAH	4
C. BATASAN MASALAH	4
BAB II	6
KAJIAN PUSTAKA	6
A. JARINGAN SYARAF TIRUAN	6
B. ALGORITMA PEMBELAJARAN <i>BACKPROPOGATION</i>	9
C. <i>HIDDEN LAYER</i>	14
D. PARAMETER JARINGAN	15
E. STUDI PENDAHULUAN	16
F. MSE (<i>MEAN SQUARED ERROR</i>)	17

G. MATLAB	18
H. SPSS	19
I. ANAVA.....	20
BAB III.....	21
TUJUAN DAN MANFAAT	21
BAB IV.....	22
METODE PENELITIAN.....	22
A. JENIS PENELITIAN	22
B. WAKTU DAN TEMPAT	22
C. VARIABEL YANG DITELITI.....	22
D. SUMBER DATA	23
E. ALAT PENELITIAN	23
F. ALUR PENGEMBANGAN PROGRAM.....	23
G. ANALISIS DATA.....	24
BAB V.....	27
HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. DATA PENELITIAN.....	27
B. ANALISIS DATA.....	27
BAB VI.....	59
PENUTUP.....	59
A. KESIMPULAN	59
B. SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN	61

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Masukan Jaringan dan Target.....	27
Tabel 2. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Fletcher-Reeves Update</i> .	28
Tabel 3. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Fletcher-Reeves Update</i>	29
Tabel 4. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Polak-Ribiëre</i>	29
Tabel 5. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Polak-Ribiëre</i>	30
Tabel 6. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Powell-Beale Restart</i>	30
Tabel 7. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Powell-Beale Restart</i>	31
Tabel 8. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Scaled Conjugate Gradient</i>	32
Tabel 9. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Scaled Conjugate Gradient</i>	32
Tabel 10. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Gradient Descent</i>	33
Tabel 11. Hasil Uji Duncan pada Setiap <i>Learning Rate</i>	33
Tabel 12. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Gradient Descent</i>	33
Tabel 13. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Gradient Descent dengan Adaptive Learning Rate</i>	34
Tabel 14. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Gradient Descent dengan Adaptive Learning Rate</i>	34
Tabel 15. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Gradient Descent dengan Momentum</i>	35
Tabel 16. Hasil Uji Duncan pada Setiap <i>Learning Rate</i>	35
Tabel 17. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Gradient Descent dengan Momentum</i>	36
Tabel 18. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Gradient Descent dengan Momentum dan Adaptive Learning Rate</i>	36
Tabel 19. Hasil Uji Duncan pada Setiap <i>Learning Rate</i>	37
Tabel 20. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Gradient Descent dengan Momentum dan Adaptive Learning Rate</i>	37
Tabel 21. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Resilent Backpropagation</i>	38

Tabel 22. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Resilent Backpropagation</i>	38
Tabel 23. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>BFGS</i>	39
Tabel 24. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>BFGS</i>	39
Tabel 25. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>One Step Secant</i>	40
Tabel 26. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>One Step Secant</i>	40
Tabel 27. Hasil Uji ANAVA pada Algoritma Pelatihan <i>Levenberg- Marquardt</i> .	41
Tabel 28. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap <i>Learning Rate</i> pada Algoritma Pelatihan <i>Levenberg-Marquardt</i>	41
Tabel 29. Rata-Rata <i>Error</i> Terkecil Berdasarkan <i>Learning Rate</i> pada 12 Algoritma Pelatihan.....	42
Tabel 30. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.01	43
Tabel 31. Hasil Uji Duncan pada Setiap Algoritma Pelatihan.....	43
Tabel 32. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 0.0144	
Tabel 33. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.05	44
Tabel 34. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 0.0545	
Tabel 35. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.1	46
Tabel 36. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap 12 Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 0.1	46
Tabel 37. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.2	47
Tabel 38. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada.....	47
Tabel 39. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.3	48
Tabel 40. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 0.3. 48	
Tabel 41. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.4.....	49
Tabel 42. Hasil Uji Duncan pada Setiap Algoritma Pelatihan.....	49
Tabel 43. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 0.4. 49	
Tabel 44. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.5	50
Tabel 45. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 0.5. 51	
Tabel 46. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.6	52
Tabel 47. Hasil Uji Duncan pada Setiap Algoritma Pelatihan.....	52
Tabel 48. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 0.6. 53	
Tabel 49. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.7	53

Tabel 50. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning Rate</i> 0.7 .	54
Tabel 51. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.8	54
Tabel 52. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 0.8.	55
Tabel 53. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 0.9	55
Tabel 54. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 0.9.	56
Tabel 55. Hasil Uji ANAVA pada <i>Learning Rate</i> 1	56
Tabel 56. Rata–Rata <i>Error</i> Setiap Algoritma Pelatihan pada <i>Learning-Rate</i> 1....	57
Tabel 57. Rata-Rata <i>Error</i> Terkecil Berdasarkan Algoritma Pelatihan pada <i>Learning Rate</i>	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jaringan Syaraf Tiruan dengan Banyak Lapisan.....	8
Gambar 2. Arsitektur <i>Backpropagation</i>	10
Gambar 3. Alur Pengembangan Program JST.....	24
Gambar 4. Desain Pengujian Statistik untuk Setiap <i>Learning Rate</i>	24



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabulasi Data.....	62
Lampiran 2. <i>Source Code</i> Simulasi Program.....	74



INTISARI

Jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) adalah model komputasi yang terinspirasi secara biologis, jaringan syaraf tiruan terdiri dari beberapa elemen pengolahan (neuron) dan ada hubungan antara neuron. Salah satu penemuan model jaringan syaraf tiruan yang diminati oleh banyak orang adalah *backpropagation*. *Backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot yang terhubung dengan neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Metode *backpropagation* banyak digunakan sebagai pengembangan aplikasi untuk memecahkan masalah. Kinerja dari algoritma dipengaruhi oleh beberapa parameter jaringan diantaranya adalah epoch maksimum sebesar 10^4 , target *error* 10^{-3} , neuron input = 5, neuron keluaran = 1, neuron pada lapisan tersembunyi = 6, dan *learning rate* = 0,01; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1. Kinerja algoritma pelatihan dikatakan optimal dilihat dari *error* yang dihasilkan oleh jaringan. Semakin kecil *error* yang dihasilkan, maka semakin optimal kinerja dari algoritma. Pengujian yang dilakukan pada penelitian sebelumnya diperoleh bahwa algoritma pelatihan yang paling optimal berdasarkan hasil *error* terkecil adalah algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* dengan rata-rata MSE 0.0001 dengan tingkat pengujian $\alpha = 5\%$. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap 12 algoritma pelatihan: *Fletcher-Reeves Update (traincgb)*, *Polak-Ribière (traincgp)*, *Powell-Beale Restarts (traincgb)*, *Scaled Conjugate Gradient (trainscg)*, *Gradient Descent (traingd)*, *Gradient Descent dengan Adaptive Learning Rate (traingda)*, *Gradient Descent dengan Momentum (traingdm)*, *Gradient Descent dengan Momentum dan Adaptive Learning Rate (traingdx)*, *Resilent Backpropagation (trainrp)*, *BFGS (trainbfg)*, *One Step Secant (trainoss)*, dan *Levenberg-Marquardt (trainlm)*. Penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*) yaitu penelitian pengembangan dengan pengujian kuantitatif dan kualitatif (menggunakan uji statistik ANAVA). Data penelitian diambil dari data random dengan 5 neuron masukan dan 1 neuron pada lapisan keluaran. Kesimpulan dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan 6 neuron pada lapisan tersembunyi menghasilkan rata-rata tingkat *error* terkecil yaitu $0.000143486 \pm 0.000255745$ dengan tingkat laju (*learning rate/lr*) = 0,3.

Kata Kunci : Jaringan Syaraf Tiruan, *Backpropagation*, lapisan tersembunyi, laju pemahaman, ANAVA, *Error*.

ABSTRACT

Artificial neural networks are models that can be biologically converted, artificial neural networks consisting of several processing elements (neurons) and there are relationship between neurons. One of the artificial neural network model that used by many people is backpropagation. Backpropagation is a learning algorithm that is supervised by a perceptron with many layers to connect with neurons in hidden layers. The backpropagation method mostly used in application development for problem solving. The performance of the algorithm affected by some network parameters, such as maximum epoch = 10^4 , target error 10^{-3} , neuron input = 5, neuron output = 1, neuron on hidden layer = 6, and learning rate = 0.01; 0.05; 0.1; 0.2; 0.3 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1. The performance of the training alorithm is said to be optimal from errors generated by the network. The less error is generated, the more optimal the performance of the algorithm. The tests that conducted in previous studies said that the most optimal training based on the results of errors is the Levenberg-Marquardt training algorithm with an average of MSE 0,0001 with a credit level of $\alpha = 5\%$. In this study, 12 training applications were tested: Fletcher-Reeves Update (traincgf), Polak-Ribière (traincgp), Powell-Beale Restarts (traincgb), Scaling Conjugate Gradient (traincsg), Gradient Descent (traingd), Gradient Descent with Adaptive Learning Rate (traingda), Gradient Descent with Momentum (traingdm), Gradient Descent with Momentum and Adaptive Learning Rate (traingdx), Resilent Backpropagation (trainrp), BFGS (trainbfg), One Step Secant (trainoss), and Levenberg-Marquardt (trainlm). This study uses a mixed method, namely development research with quantitative analysis and ANAVA. The research data taken from random data with 5 input neurons and 1 neuron at the output layer. The results of the study show that with 6 neurons in hidden layer, generate the smallest amount of average error rate $0,000143486 \pm 0,000255745$ with a learning rate (lr) = 0.3.

Keywords: Artificial neural network, backpropagation, hidden layer, learning rate, ANAVA, Error.