

**PENGUJIAN MODEL JARINGAN SYARAF TIRUANUNTUK
KUALIFIKASI CALON MAHASISWA BARU PROGRAM
BIDIK MISI**

**Tesis
untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-2 Program Studi
Magister Sistem Informasi**



Oleh:

Ilham Sayekti
NIM. 24010410400027

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2012**

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**PENGUJIAN MODEL JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK
KUALIFIKASI CALON MAHASISWA BARU PROGRAM BIDIK MISI**

Oleh:
Ilham Sayekti
24010410400027

Telah diujikan dan dinyatakan lulus ujian tesis pada tanggal 13 Desember 2012 oleh tim penguji Program Pascasarjana Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro.

Semarang, Desember 2012

Mengetahui,

Pembimbing I



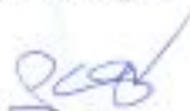
Dr. Rahmat Gernowo, M.Si.
NIP. 196511231994031003

Penguji I



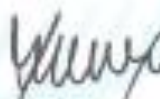
Dr. Kusworo Adi, M.T.
NIP. 197203171998021001

Pembimbing II



Aris Sugiharto, S.Si., M.Kom.
NIP. 197108111997021004

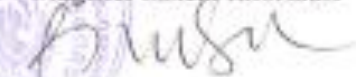
Penguji II



Dr. Suryono, S.Si., M.Si.
NIP. 197306301998021001

Mengetahui :

**Ketua Program Studi
Magister Sistem Informasi**



Dr. Bayu Suresno, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196311051988031001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka

Semarang , Desember 2012



Ilham Sayekti

**PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ilham Sayekti
NIM : 24010410400027
Program Studi : Magister Sistem Informasi
Program : Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGUJIAN MODEL JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK
KUALIFIKASI CALON MAHASISWA BARU PROGRAM BIDIK MISI**

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak bebas Royalti Noneksklusif ini Magister Sistem Informasi Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Semarang

Pada tanggal : 14 Desember 2012

Yang menyatakan




Ilham Sayekti
NIM. 24010410400027

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil alamin. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wata'ala, karena atas segala rahmat dan limpahan karunianya, penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul "**Pengujian Model Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Kualifikasi Calon Mahasiswa Baru Program Bidik Misi**". Shalawat dan salam semoga Allah limpahkan atas Nabi Muhammad SAW yang senantiasa memberikan cahaya petunjuknya, dan atas keluarganya yang baik dan suci dengan rahmat yang berkah-Nya menyelamatkan kita pada hari akhirat.

Keberhasilan dalam menyusun tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang dengan tulus ikhlas memberikan masukan demi sempurnanya tesis ini. Untuk itu, dalam kesempatan ini dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Drs. Bayu Surarso, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. Rahmat Gernowo, M.Si. selaku pembimbing I yang telah banyak memberi masukan dan dukungan sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik
3. Aris Sugiharto, S.Si., M.Kom. pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan-arahan dan masukan-masukan yang sangat membantu penulis dalam mengerjakan tesis ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini jauh dari kesempurnaan, namun penulis berharap semoga kerja ini bernilai karya yang dapat memberikan sumbangan bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi pembacanya.

Semarang, Desember 2012

Penulis

Ilham Sayekti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Keaslian Penelitian	3
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Jaringan Syaraf Biologi	6
2.2.2 Jaringan Syaraf Tiruan	7
2.2.3 Model Matematis Jaringan Syaraf Tiruan	8
2.2.4 Arsitektur Jaringan	9
2.2.5 Backpropagation	11
2.2.5.1 Arsitektur Backpropagation	12
2.2.5.2 Fungsi Aktivasi	13
2.2.5.3 Pelatihan Standar Backpropagation	15
2.2.6 Optimalitas Arsitektur Backpropagation	19
2.2.7 Variasi Backpropagation	21

2.2.8 Mean Square Error (MSE)	22
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Bahan Penelitian	23
3.2 Alat Penelitian	23
3.3 Cara Penelitian	24
3.3.1 Perancangan Model JST	24
3.3.1.1 Penetapan Variabel Input	25
3.3.1.2 Penetapan Output	27
3.3.1.3 Arsitektur Jaringan	28
3.3.2 Perancangan Sistem	30
3.3.2.1 Rancangan Tampilan Antarmuka	30
3.3.2.2 Proses Pembelajaran Jaringan	31
3.3.2.2.1 Penentuan Pola	31
3.3.2.2.2 Penulisan Kode Program	33
3.3.2.3 Pengujian Jaringan	34
3.3.2.4 Validasi	34
3.4 Kesulitan-Kesulitan	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Hasil Penelitian	36
4.1.1 Hasil Rancangan Antarmuka	36
4.1.2 Hasil Pembelajaran Jaringan	37
4.1.3 Hasil Pengujian	47
4.2 Pembahasan	53
4.2.1 Halaman Tampilan Utama	53
4.2.2 Hasil Proses Pembelajaran	54
4.2.3 Hasil Pengujian Sistem dan Validasi	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sel syaraf biologi	7
Gambar 2.2	Model matematis jaringan syaraf tiruan	9
Gambar 2.3	Arsitektur jaringan syaraf tiruan lapisan tunggal ...	10
Gambar 2.4	Arsitektur jaringan syaraf tiruan lapisan jamak	11

Gambar 2.5	Arsitektur backpropagation dengan satu lapisan tersembunyi	12
Gambar 2.6	Fungsi sigmoid biner dengan range (0,1)	14
Gambar 2.7	Fungsi sigmoid bipolar dengan range (-1, 1)	14
Gambar 2.8	Fungsi aktivasi linear	15
Gambar 2.9	Alur kerja jaringan backpropagation	16
Gambar 3.1	Arsitektur JST prediksi program Bidik Misi	29
Gambar 3.2	Tampilan halaman muka	30
Gambar 3.3	Tampilan halaman utama	30
Gambar 4.1	Tampilan halaman muka	36
Gambar 4.2	Tampilan halaman utama	37
Gambar 4.3	Grafik hasil pembelajaran dengan jumlah neuron hidden layer 10 dan learning rate 0,9 untuk fungsi aktivasi logsig dan purelin	43
Gambar 4.4	Perbandingan target dan output hasil pembelajaran rate dengan jumlah neuron hidden layer 10 dan learning 0,9 untuk fungsi aktivasi logsig dan purelin	44
Gambar 4.5	Grafik regresi linear target dan output jaringan hasil pembelajaran dengan jumlah neuron hidden layer 10 dan learning rate 0,9 untuk fungsi aktivasi logsig dan purelin	44
Gambar 4.6	Form pembelajaran jaringan syaraf tiruan backpropagation	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Transformasi data variabel input	26
Tabel 3.2	Data input untuk proses pembelajaran jaringan	32
Tabel 4.1	Hasil pembelajaran jaringan terhadap perubahan nilai-nilai pada parameter jaringan	38
Tabel 4.2	Hasil terbaik pada proses pembelajaran untuk setiap variasi parameter dan nilai dalam jaringan	42

Tabel 4.3	Hasil pembelajaran antara target dan output terhadap data latih	46
Tabel 4.4	Nilai bobot (W) input akhir dari lapisan input ke lapisan tersembunyi	46
Tabel 4.5	Nilai bias (B) akhir dari lapisan input ke lapisan tersembunyi	47
Tabel 4.6	Nilai bobot (W) akhir dari lapisan tersembunyi ke lapisan output	47
Tabel 4.7	Hasil pengujian dan validasi sistem untuk mengetahui tingkat keberhasilan terhadap data uji.	53
Tabel 4.8	Hasil pembelajaran dengan tingkat kesalahan tinggi antara target dan output terhadap jumlah neuron, learning rate dan kombinasi fungsi aktivasi	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 :	Tabel Perbandingan Hasil Pengujian dan Validasi Data Uji terhadap Kombinasi Fungsi Aktivasi	63
Lampiran 2 :	Surat Keputusan Direktur Politeknik Negeri Semarang tentang Hasil Seleksi Calon Mahasiswa Baru Program Diploma III dan Sarjana Sains Terapan (D4) Jalur Beasiswa Bidik Misi Politeknik Negeri Semarang Tahun Akademik 2010/2011	

ABSTRAK

Pengujian model jaringan syaraf tiruan untuk kualifikasi calon mahasiswa baru program Bidik Misi adalah sebuah program perangkat lunak yang dibangun dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan backpropagation (JST-BP) yang digunakan untuk tujuan mengkualifikasi calon penerima beasiswa Bidik Misi dari calon mahasiswa baru di Politeknik Negeri Semarang.

Dengan menggunakan 8 variabel masukan diantaranya adalah pekerjaan orang tua, penghasilan orang tua, pendidikan orang tua, jumlah tanggungan dan nilai akademik, dengan masing-masing variabel terdiri dari beberapa parameter yang berbeda, dan 1 variabel keluaran yang hasilnya adalah ditolak atau diterima.

Melalui serangkaian pengujian dengan mengkombinasikan parameter-parameter jaringan, untuk mendapatkan hasil optimal dari jaringan syaraf tiruan, diperoleh hasil terbaik adalah fungsi aktivasi logsigdan purelin. Sebagai bahan penelitian digunakan 127 data dari calon mahasiswa yang mendaftar sebagai calon penerima bea siswa Bidik Misi. Dari sejumlah data tersebut, 50 data digunakan sebagai data pelatihan (pembelajaran) dan 77 digunakan sebagai data uji, diperoleh hasil bahwa sistem yang dibangun dengan jaringan syaraf tiruan backpropagation mampu mengkualifikasi calon penerima bea siswa Bidik Misi dengan tingkat keberhasilan mencapai 99,21 %.

***Kata kunci:** Jaringan Syaraf Tiruan, Backpropagation, Bidik Misi*

ABSTRACT

Testing of neural network models for qualified new students Bidik Misi program is a software program that is built by using backpropagation neural network (ANN-BP) is used for the purpose of scholarship recipients qualify Bidik Misi of incoming freshmen at Semarang State Polytechnic.

By using an 8 input variables such as parental occupation, parental income, parental education, number of dependents and academic values, with each variable consists of several different parameters, and 1 output variable result is rejected or accepted.

Through a series of tests by combining the network parameters, in order to get the optimal result of neural networks, the best results are obtained using sigmoid and pure linear activation function. As research material used data from the 127 students who signed up as a potential recipient of a scholarship Bidik Misi. From some data, 50 data used as training data (learning), and 77 are used as test data, obtained results that a system built by the backpropagation neural network was able to qualify the scholarship recipients Bidik Misi success rate reached 99.21%.

Key words: Artificial neural networks, Backpropagation, Bidik Misi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bidik Misi adalah program pemerintah melalui Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (Ditjen Dikti) Kementerian Pendidikan Nasional yang diluncurkan pada tahun 2010, tujuannya untuk memberikan bantuan biaya penyelenggaraan pendidikan dan bantuan biaya hidup kepada 20.000 mahasiswa yang memiliki potensi akademik memadai dan kurang mampu secara ekonomi di 117 perguruan tinggi penyelenggara. Politeknik Negeri Semarang sebagai salah satu perguruan tinggi penyelenggara, untuk tahun akademik 2011/2012 mendapat kuota sebanyak 50 mahasiswa (Buku Pedoman Bidik Misi, Kemendiknas 2011).

Sebagai program baru dalam proses seleksi calon mahasiswa baru, Politeknik Negeri Semarang belum mempunyai sistem perangkat lunak yang dapat memproses data dari calon peserta seleksi yang akan mengikuti program tersebut, yang akan dapat memberikan hasil yang akurat sesuai ketentuan yang telah ditetapkan pemerintah. Sehingga untuk melakukan proses seleksi harus dilakukan pemeriksaan data secara manual untuk setiap peserta dengan melihat pada formulir pendaftaran.

Dengan metoda seleksi secara manual, hasil yang diperoleh menjadi tidak akurat dan memerlukan waktu untuk mendiskusikan hasilnya, hal ini dapat terjadi karena banyaknya parameter yang harus diperiksa dari kriteria miskin yang ditetapkan sesuai tujuan yang ingin dicapai

Dengan latar belakang itulah yang mendasari penelitian ini untuk merancang dan membangun perangkat lunak sistem informasi yang digunakan untuk mengolah data pendaftar dari calon mahasiswa program Bidik Misi, dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan propagasibalik (*artificial neural network backpropagation*) diharapkan hasil yang dicapai melalui sistem ini akan memberikan hasil keputusan yang lebih tepat sebagai pertimbangan lembaga dalam penetapan mahasiswa yang akan diterima.

Pertimbangan penggunaan jaringan syaraf tiruan dalam penelitian ini karena jaringan syaraf tiruan memiliki kemampuan melakukan komputasi secara paralel dengan cara belajar dari pola-pola yang diajarkan, [Yeni, 2009]. Dengan kemampuan tersebut diharapkan jaringan syaraf tiruan dapat melakukan regresi non-linier terhadap pola-pola masukannya, sehingga diharapkan mampu memperkirakan calon mahasiswa diterima pada program Bidik Misi secara lebih akurat.

Terdapat tiga jenis utama dari jaringan syaraf tiruan (JST) yakni *Multilayer Perceptron*, *Radial Basis Function*, dan *Kohonen Network*. *Multilayer Perceptron* merupakan model yang paling banyak digunakan untuk melakukan prediksi. *Radial Basis Function* merupakan model yang dapat melakukan hal yang dilakukan oleh *Multilayer Perceptron*. *Kohonen Network* baik digunakan pada permasalahan *clustering*, [Meinanda dkk, 2009]

Pada penelitian ini, JST yang digunakan adalah arsitektur Multilayer FeedFoward Backpropagation, karena arsitektur ini digunakan pada permasalahan klasifikasi.

1.2 Perumusan Masalah

Sebagai program baru dalam penerimaan mahasiswa baru, program Bidik Misi di Politeknik Negeri Semarang belum menyediakan suatu perangkat lunak sistem informasi yang terprogram yang dapat menghasilkan suatu data dari calon mahasiswa baru yang akan diterima, sebagai bahan pendukung keputusan bagi pihak pimpinan, agar diperoleh hasil yang akurat, sesuai ketentuan pemerintah dalam menetapkan peserta program Bidik Misi.

1.3 Batasan Masalah

Kriteria masyarakat tidak mampu (miskin) dalam rancangan program ini mengacu pada buku pedoman Bidik Misi Kemendiknas tahun 2012 yang terdiri dari 3 (tiga) parameter yaitu; pertama penghasilan orangtua/wali maksimal 3 juta rupiah per bulan, kedua pendapatan orang tua/wali dibagi jumlah tanggungan kurang dari 600000 ribu rupiah per bulan dan ketiga pendidikan orangtua/wali maksimum adalah S1/D4 dan 1 parameter nilai akademis (bersifat institusional).

Dari ketiga parameter tersebut, selanjutnya diuraikan masing-masing menjadi; Pekerjaan Ayah, Pekerjaan Ibu, Penghasilan Ayah, Penghasilan Ibu, Jumlah Tanggungan, Pendidikan Ayah, Pendidikan Ibu dan Nilai Akademik. Sehingga seluruhnya terdapat delapan parameter sebagai masukan. Kedelapan parameter pendukung tersebut diambil dari biodata peserta seperti yang tercantum dalam formulir pendaftaran Bidik Misi.

1.4 Keaslian Penelitian

Penelitian yang menyangkut program Bidik Misi sampai saat ini belum pernah dilakukan, karena merupakan program baru dalam sistem pemberian bantuan belajar dan tunjangan hidup yang hanya ada di Indonesia. Namun beberapa penelitian yang hampir sama, ditinjau dari variabel inputnya, pernah dilakukan antara lain pada jurnal yang berjudul “*Predicting Student’s Academic Performance using Artificial Neural Network: A Case Study of an Engineering Course*” [Oladokun, 2008]. Pada penelitian ini menggunakan sembilan variabel input untuk menghasilkan prediksi kemampuan calon mahasiswa, khususnya yang mengambil bidang *engineering*, dalam menjalani masa studi bidang *engineering* di universitas. Hasil keluaran dari prediksi ini adalah ‘*Good*’, ‘*Avarage*’, dan ‘*Poor*’.

Dengan prinsip ini, peneliti mengadopsi dan membangun suatu perangkat lunak sistem informasi dengan menggunakan Matlab versi 7.12.0 (R2011a) untuk program Bidik Misi.

Perbedaan penelitian ini dengan peneliti sebelumnya adalah pada variabel input dan outputnya, pada penelitian sebelumnya variabel input meliputi: Nilai Ujian, Nilai Matematika, Nilai Fisika, Nilai Bahasa Inggris, Nilai Kimia, Umur, Jenis Kelamin, Pendidikan Orang Tua, Daerah asal sekolah, dan lain-lain sedangkan variabel outputnya terdiri dari tiga kriteria, pada penelitian ini variabel inputnya mengambil dari kriteria miskin sebanyak delapan parameter seperti telah dijelaskan sebelumnya dan variabel outputnya terdiri dari dua kriteria yaitu ‘diterima’ atau ‘ditolak’.

1.5 Tujuan Penelitian

Membuat perangkat lunak sistem informasi yang digunakan untuk menetapkan calon mahasiswa baru yang diterima melalui program Bidik Misi di Politeknik Negeri Semarang.

Mengimplementasikan sistem berbasis jaringan syaraf tiruan untuk memberikan dukungan bagi keputusan mahasiswa diterima pada program Bidik Misi di Politeknik Negeri Semarang

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberi manfaat bagi institusi perguruan tinggi negeri, khususnya Politeknik Negeri Semarang, dalam menetapkan calon mahasiswa yang diterima melalui program Bidik Misi.

Memberi kontribusi bagi dunia pendidikan, khususnya institusi perguruan tinggi negeri dalam menetapkan mahasiswa diterima melalui program Bidik Misi melalui sistem informasi yang terprogram sehingga menghasilkan keputusan yang akurat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang terkait dengan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasibalik (JST-PB) untuk prediksi telah beberapa dilakukan, antara lain dalam penelitian yang mengungkapkan resiko kesehatan individu terhadap kemungkinan terkena serangan jantung dan tekanan darah tinggi pada siswa setingkat SLTA dan Akademi yang melalukan aktifitas fisik (olah raga) dan yang tidak, baik untuk pria dan wanita dan dari ras yang berbeda. Hasilnya adalah sebuah prediksi dan klasifikasi dari siswa yang kemungkinan terkena serangan jantung dan tekanan darah tinggi [Tanja dan Dejan, 2011].

Penelitian berikutnya adalah penggunaan jaringan saraf tiruan untuk meningkatkan efektivitas sistem masuk universitas. Model ini dikembangkan berdasarkan beberapa variabel input yang dipilih dari lima data masukan pra set yang berbeda dari lulusan universitas. Hasil yang dicapai akurasi lebih dari 74%, yang menunjukkan kemandirian potensi jaringan syaraf tiruan sebagai alat prediksi dan kriteria calon yang dipilih untuk pencarian masuk ke universitas. Untuk variabel input dari calon mahasiswa, penelitian ini menggunakan 10 variabel yang datanya diisikan pada form yang telah tersedia [Oladokun et al, 2008].

Penggunaan JST dalam bidang akademik lainnya menunjukkan bahwa penggunaan *Artificial Neural Network dengan arsitektur perceptron* merupakan model terbaik untuk memprediksi masa studi, [Meinanda dkk, 2009] dengan mengambil empat variabel yaitu; Indeks prestasi kumulatif, jumlah mata kuliah yang diambil, jumlah mata kuliah mengulang, dan jumlah pengambilan mata kuliah.

Dari ketiga bahan acuan tersebut, dalam penelitian ini peneliti mengadopsi dan mengembangkan perangkat lunak berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Propagasibalik untuk mengkualifikasi calon mahasiswa diterima pada program Bidik Misi dengan berbasis program Matlab. Dengan mengambil delapan variabel

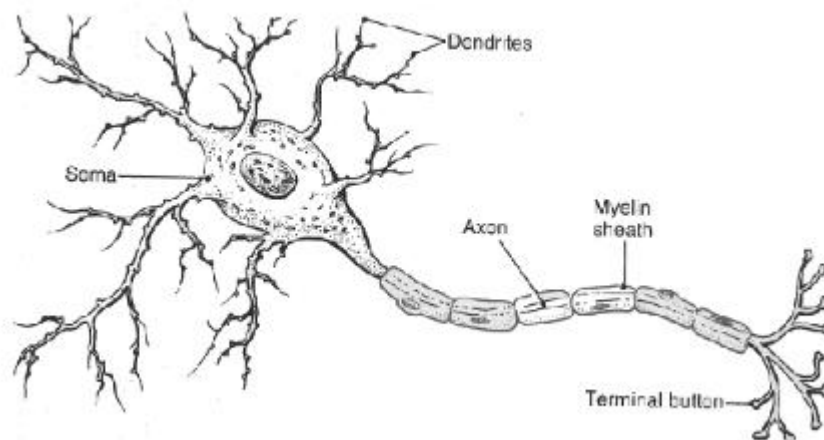
sebagai masukan, 7 (tujuh) variabel diantaranya adalah kriteria tidak mampu secara ekonomi dan 1 (satu) variabel merupakan prestasi akademik seperti yang telah ditetapkan oleh Kemendiknas. Dari delapan variabel tersebut masing-masing variabel mempunyai sejumlah parameter, yang masing-masing berbeda, selanjutnya setiap parameter diberi bobot agar mudah dalam pengkodean program. Hasil akhir dari penelitian ini adalah sebuah sistem menghasilkan kualifikasi untuk pengambilan keputusan dengan status *diterima*, atau *ditolak*.

2.2 LandasanTeori

2.2.1 Jaringan Syaraf Biologi

Otak manusia memiliki struktur yang sangat kompleks dan memiliki kemampuan yang luar biasa. Otak manusia terdiri dari neuron-neuron dan penghubung yang disebut sinapsis. Neuron bekerja berdasarkan sinyal yang diberikan neuron lain dan meneruskannya pada neuron lainnya. Diperkirakan manusia memiliki $10 \cdot 10^9$ neuron. Dengan jumlah yang begitu banyak maka otak manusia mampu mengenali pola, melakukan perhitungan, serta mengontrol organ-organ tubuh dengan baik. Neuron memiliki 3 komponen utama, yaitu dendrit, badan sel (soma) dan akson. Gambar 2.1 dibawah ini merupakan gambar sel saraf biologi.

Dendrit berfungsi menerima sinyal informasi dari satu atau beberapa neuron yang terhubung. Kemudian sinyal yang diterima oleh dendrit diteruskan ke badan sel. Jika total sinyal yang diterima oleh badan sel cukup kuat untuk mengaktifkan sebuah neuron maka neuron tersebut akan mengirimkan sinyal ke semua neuron terhubung melalui akson. Jadi semua neuron hanya memiliki dua kemungkinan yaitu mengirimkan sinyal kepada neuron lain atau tidak.



Gambar 2.1 Sel syaraf biologi (Kristanto, 2004).

Neuron pada otak merupakan sistem yang bersifat *fault tollerant* dalam dua hal. Pertama, otak manusia dapat mengenali sinyal *input* yang berbeda dari yang pernah diterima sebelumnya, contohnya manusia dapat mengenali seseorang yang wajahnya agak berbeda karena sudah lama tidak berjumpa. Kedua, otak manusia tetap mampu bekerja meskipun beberapa neuronnya tidak mampu bekerja dengan baik. Jika sebuah neuron rusak, neuron lain terkadang dapat dilatih untuk menggantikan fungsi sel yang rusak tersebut.

2.2.2 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) atau disingkat JST adalah sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel syaraf biologi di dalam otak. JST dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi aproksimasi nonlinier, klasifikasi data, cluster dan regresi non parametrik atau sebagai sebuah simulasi dari koleksi model syaraf biologi (Kristanto, 2004).

Model syaraf ditunjukkan dengan kemampuannya dalam emulasi, analisa, prediksi dan asosiasi. Berdasarkan kemampuan yang dimiliki, JST dapat digunakan untuk belajar dan menghasilkan aturan atau operasi dari beberapa contoh, untuk menghasilkan output yang sempurna dari contoh atau input yang

dimasukkan dan membuat prediksi tentang kemungkinan output yang akan muncul atau menyimpan karakteristik dari input yang disimpan padanya.

JST menjadi salah satu pilihan ketika rumusan persoalan-persoalan yang dihadapi tidak bisa diselesaikan secara analitik (Santoso, 2007). Dengan mengasumsikan suatu *black box* yang tidak diketahui isinya, JST akan menemukan pola hubungan antara input dan output melalui fase pelatihan (training).

Adapun JST dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi, dengan asumsi bahwa:

- Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (neuron)
- Sinyal dikirimkan diantara neuron-neuron melalui penghubung-penghubung
- Penghubung antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal
- Untuk menentukan output, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan linier) yang dikenakan pada jumlah input yang diterima. Besarnya output ini selanjutnya dibandingkan dengan batas ambang.

JST ditentukan oleh tiga hal, antara lain:

- a. Pola hubungan antar neuron (disebut arsitektur jaringan)
- b. Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode training/learning/algorithm)
- c. Fungsi aktivasi

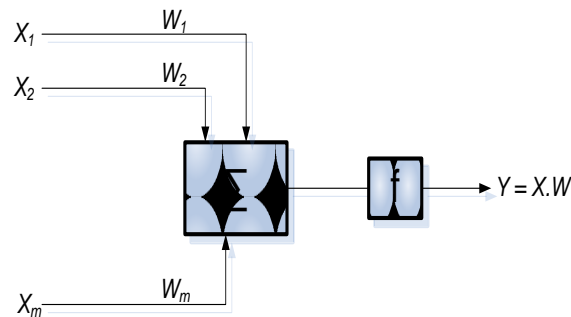
2.2.3 Model Matematis Jaringan Syaraf Tiruan

Paradigma, model atau pola JST adalah kondisi topologi dari interkoneksinya serta aturan yang dikenakan padanya. Pola atau model jaringan syaraf tiruan pada dasarnya meniru dari jaringan syaraf yang ada di manusia.

Gambar 2.2 menunjukkan model yang disederhanakan dari sebuah sel syaraf (neuron) tiruan yang merupakan dasar dari jaringan syaraf tiruan.

Dalam gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa input dalam jaringan tersebut adalah X_1, X_2, \dots, X_m yang beranalogi dengan tingkat rangsangan yang datang dan kumpulan nilai bobot koneksi (*weight*) W_1, W_2, \dots, W_m yang secara

biologis memiliki analogi dengan kekuatan sinapsis (synaptic strengths) yang dimiliki neuron.



Gambar 2.2 Model matematis jaringan syaraf tiruan

Dari gambar 2.2 dapat dinyatakan dalam notasi matematika sebagai:

$$Y = f(X_1 * W_1 + X_2 * W_2 + \dots + X_m * W_m) \quad (1)$$

Atau dalam notasi vector

$$Y = f(X * W)$$

Dimana:

X : vektor baris yang terdiri dari m anggota

W : vektor kolom yang terdiri dari m anggota

Y : besaran skalar

f : fungsi non linier

Fungsi f yang selanjutnya akan disebut sebagai fungsi aktivasi.

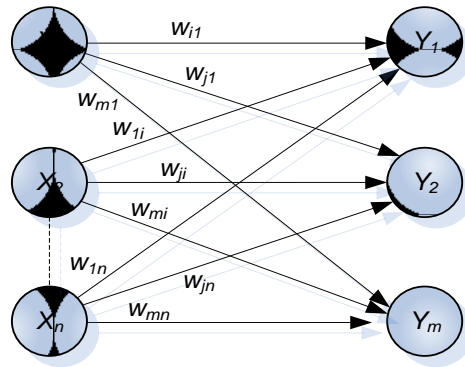
2.2.4 Arsitektur Jaringan

Beberapa arsitektur jaringan yang sering dipakai dalam jaringan syaraf tiruan antara lain:

a. Jaringan Lapis Tunggal (*Single Layer Network*)

Dalam jaringan ini, sekumpulan input neuron dihubungkan langsung dengan sekumpulan outputnya.

Gambar di bawah ini menunjukkan arsitektur jaringan dengan n unit input (X_1, X_2, \dots, X_n) dan m buah unit output (Y_1, Y_2, \dots, Y_m).



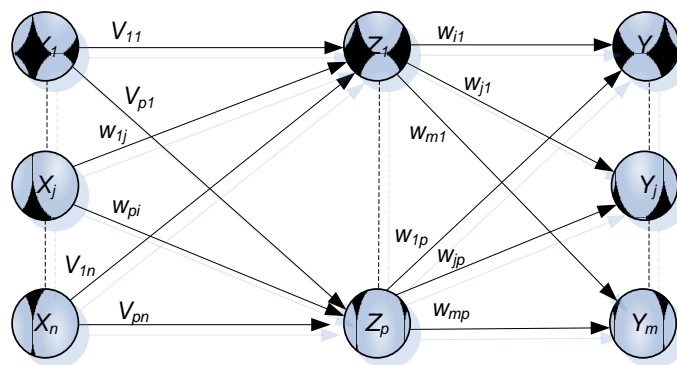
Gambar 2.3 Arsitektur jaringan syaraf tiruan lapis tunggal

Dalam jaringan ini, semua unit input dihubungkan dengan semua unit output, meskipun dengan bobot yang berbeda-beda. Tidak ada unit input yang dihubungkan dengan unit input lainnya. Demikian pula dengan unit output.

Besaran W_{ji} menyatakan bobot hubungan antara unit ke-i dalam input dengan unit ke-j dalam output. Bobot-bobot ini saling independen. Selama proses pelatihan, bobot-bobot tersebut akan dimodifikasi untuk meningkatkan keakuratan hasil. Model semacam ini tepat digunakan untuk pengenalan pola karena kesederhanaannya.

b. Jaringan Lapis Jamak (*Multi Layer Network*)

Jaringan lapis jamak merupakan perluasan dari lapis tunggal. Dalam jaringan ini, selain unit input dan output, ada unit-unit lain, sering disebut lapis tersembunyi. Dimungkinkan pula ada beberapa lapis tersembunyi. Sama seperti pada unit input dan output, unit-unit dalam satu lapis tidak saling berhubungan.



Gambar 2.4 Arsitektur jaringan syaraf tiruan lapis jamak

Gambar 2.4 menunjukkan jaringan dengan n buah unit input (X_1, X_2, \dots, X_n), sebuah lapis tersembunyi yang terdiri dari p buah unit (Z_1, \dots, Z_p) dan m buah unit output (Y_1, Y_2, \dots, Y_m).

Jaringan lapis jamak dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dibandingkan dengan lapis tunggal, meskipun kadangkala proses pelatihan lebih kompleks dan lama.

Beberapa aspek yang mempengaruhi hasil identifikasi menggunakan JST antara lain

- Jumlah pasangan data *training* yang digunakan
- Arsitektur jaringan
- Fungsi aktivasi
- Algoritma pembelajaran
- Pemilihan input JST
- Kecepatan belajar (*learning rate*)
- Waktu delay dari sistem

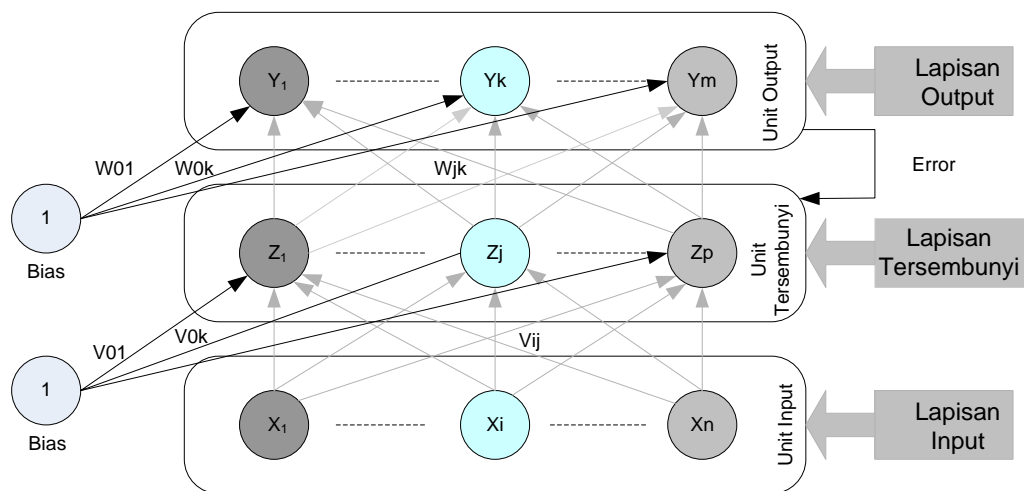
2.2.5 Backpropagation

JST backpropagasi adalah JST dengan topologi multi-lapis (*multilayer*) dengan satu lapis masukan (lapis X), satu atau lebih lapis *hidden* atau tersembunyi (lapis Z) dan satu lapis keluaran (lapis Y). Setiap lapis memiliki neuron-neuron (unit-unit) yang dimodelkan dengan lingkaran (lihat Gambar 2.5). Di antara neuron pada satu lapis dengan neuron pada lapis berikutnya dihubungkan dengan model koneksi yang memiliki bobot-bobot (*weights*), w dan v . Lapis tersembunyi dapat memiliki *bias*, yang memiliki bobot sama dengan satu [1].

Seperti halnya model JST yang lain, backpropagation melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang dipakai selama pelatihan.

2.2.5.1 Arsitektur Backpropagation

Di dalam jaringan backpropagation, setiap unit yang berada di lapisan input terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi. Hal serupa berlaku pula pada lapisan tersembunyi. Setiap unit yang ada pada lapisan tersembunyi terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan output. Untuk lebih jelasnya, ditunjukkan pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Arsitektur backpropagation dengan satu buah lapisan tersembunyi

1. Lapisan input (1 buah), terdiri dari neuron-neuron atau unit-unit input mulai dari unit 1 sampai dengan unit input n .
2. Lapisan tersembunyi (minimal 1), terdiri dari unit-unit tersembunyi mulai dari unit tersembunyi 1 sampai unit tersembunyi p .
3. Lapisan output (1 buah), terdiri dari unit-unit output mulai dari unit output 1 sampai dengan unit output m , n , p , m masing-masing adalah bilangan integer sembarang menurut arsitektur jaringan syaraf tiruan yang dirancang. V_{0j} dan W_{0k} masing-masing adalah bias untuk unit tersembunyi ke- j dan untuk unit output ke- k . Bias V_{0j} dan W_{0k} berperilaku seperti bobot dimana output bias ini selalu sama dengan 1. V_{ij} adalah bobot koneksi antara unit ke- i lapisan input dengan unit ke- j lapisan tersembunyi, sedangkan W_{jk} adalah bobot koneksi antara unit ke- i lapisan tersembunyi dengan unit ke- j lapisan output.

2.2.5.2 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi f menyatakan bagaimana aktivitas dari *neuron-neuron* JST dalam menghasilkan keluaran. Dalam JST, semua *neuron* dalam lapisan yang sama memiliki fungsi aktivasi yang sama juga. Dalam metode backpropagation fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat yaitu; kontinyu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun. Fungsi aktivasi yang memenuhi ketiga syarat tersebut antara lain: fungsi sigmoid biner, sigmoid bipolar dan linier.

- Fungsi Sigmoid Biner

Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf tiruan yang dilatih dengan menggunakan backpropagation. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 sampai 1. Namun, fungsi ini juga bisa digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai outputnya 0 atau 1.

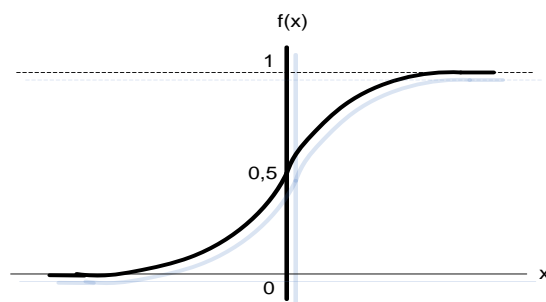
Fungsi sigmoid biner dirumuskan sebagai:

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

dengan turunan:

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad (3)$$

Grafik fungsinya ditunjukkan gambar 2.6



Gambar 2.6 Fungsi sigmoid biner dengan range (0, 1)

Pada Matlab, fungsi aktivasi ini dikenal dengan nama *logsig*.

- Fungsi Sigmoid Bipolar

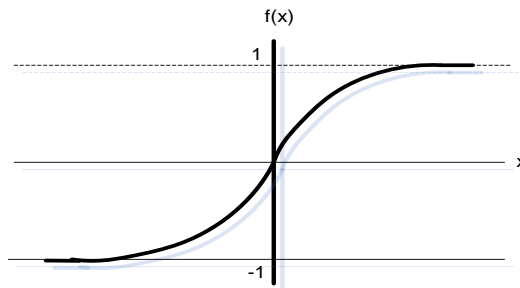
Fungsi sigmoid bipolar merupakan fungsi yang umum digunakan, yang bentuk fungsinya mirip dengan fungsi sigmoid biner, tetapi memiliki range (-1, 1).

Fungsi sigmoid bipolar dirumuskan sebagai.

$$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-x}} - 1 \quad (4)$$

dengan turunan:

$$f'(x) = \frac{(1 + f(x))(1 - f(x))}{2} \quad (5)$$



Gambar 2.7 Fungsi sigmoid bipolar dengan range (-1, 1)

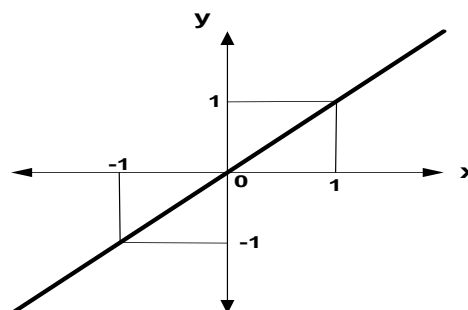
Pada Matlab, fungsi aktivasi ini dikenal dengan nama *tansig*.

- Fungsi Linear

Fungsi linear memiliki nilai output yang sama dengan nilai inputnya (Gambar 2.8)

Fungsi linear dirumuskan sebagai berikut:

$$y = x \quad (6)$$



Gambar 2.8 Fungsi aktivasi linier

Pada Matlab, fungsi aktivasi ini dikenal dengan nama *purelin*.

2.2.5.3 Pelatihan Standar Backpropagation

Pelatihan sebuah jaringan yang menggunakan backpropagation terdiri dari 3 fase. Fase pertama adalah fase maju. Pola masukan dihitung maju mulai dari layar masukan hingga layar keluaran menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Fase kedua adalah fase mundur. Selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di layar keluaran. Fase ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi.

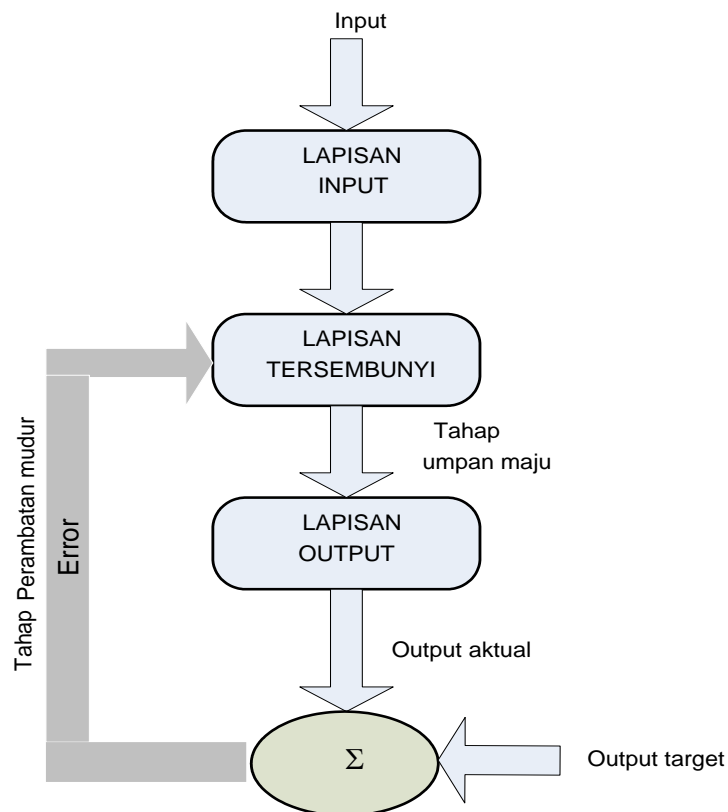
- Fase I : Propagasi maju

Selama propagasi maju, sinyal masukan (x_i) dipropagasikan ke layar tersembunyi menggunakan aktivasi yang ditentukan. Keluaran dari setiap unit layar tersembunyi (z_i) tersebut selanjutnya dipropagasikan maju lagi ke layar tersembunyi di atasnya menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Demikian seterusnya hingga menghasilkan keluaran jaringan (y_k).Berikutnya, keluaran jaringan (y_k) dibandingkan dengan target yang harus dicapai (t_k). Selisih $t_k - y_k$ adalah kesalahan yang terjadi. Jika kesalahan lebih kecil dari batas toleransi yang ditentukan, maka iterasi dihentikan. Akan tetapi apabila kesalahan masih lebih besar dari batas toleransinya, maka bobot setiap garis dalam jaringan akan dimodifikasi untuk mengurangi kesalahan yang terjadi.

- Fase II : Propagasi mundur

Berdasarkan kesalahan $t_k - y_k$, dihitung faktor δ_k ($k = 1, 2, \dots, m$) yang dipakai untuk mendistribusikan kesalahan di unit y_k ke semua unit tersembunyi yang terhubung langsung dengan y_k . δ_k juga dipakai untuk mengubah bobot baris yang berhubungan langsung dengan unit keluaran.

Dengan cara yang sama, dihitung faktor δ_j disetiap unit di layar tersembunyi sebagai dasar perubahan bobot semua garis yang berasal dari unit tersembunyi di layar di bawahnya. Demikian seterusnya hingga semua faktor δ di unit tersembunyi yang berhubungan langsung dengan unit masukan dihitung.



Gambar 2.9 Alur kerja jaringan backpropagation (Puspitaningrum, D. 2006)

- Fase III : Perubahan bobot

Setelah semua faktor δ dihitung, bobot semua garis dimodifikasi bersamaan. Perubahan bobot suatu garis didasarkan atas faktor δ neuron di layar atasnya. Sebagai contoh, perubahan bobot garis yang menuju ke layar keluaran didasarkan atas δ_k yang ada di unit keluaran.

Ketiga fase tersebut diulang-ulang terus hingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang diijinkan.

- Algoritma *Backpropagation*

1. Inisialisasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai *random* yang cukup kecil).
2. Kerjakan langkah-langkah berikut selama kondisi berhenti bernilai salah.

3. Untuk tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran, kerjakan:

Feedforward

a. 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).

b. Tiap-tiap unit pada suatu lapisan tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot :

$$z_in_j = b1_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \tag{7}$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output* :

$$z_j = f(z_in_j) \tag{8}$$

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

c. Tiap-tiap unit *output* ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot.

$$y_in_k = b2_k + \sum_{i=1}^n z_i w_{jk} \tag{9}$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output* :

$$y_k = f(y_in_k) \tag{10}$$

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

Catatan :

Langkah (b) dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi.

Backpropagation

d. Tiap-tiap unit *output* ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menerima target pola yang berhubungan dengan pola *input* pembelajaran, hitung informasi errornya :

$$\delta 2_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k)$$

$$\phi 2_{jk} = \delta_k z_j$$

$$\beta_{2k} = \delta_k$$

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

$$\Delta w_{jk} = \alpha \varphi_{2jk}$$

hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b_{2k}) :

$$\Delta b_{2k} = \alpha \beta_{2k}$$

Langkah (d) ini juga dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi, yaitu menghitung informasi error dari suatu lapisan tersembunyi ke lapisan tersembunyi sebelumnya.

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

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_{2k} w_{jk} \quad (11)$$

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

$$\delta_{1j} = \delta_{in_j} f'(z_{in_j})$$

$$\varphi_{1ij} = \delta_{1j} x_j$$

$$\beta_{1j} = \delta_{1j}$$

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

$$\Delta v_{ij} = \alpha \varphi_{1ij}$$

hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b_{1j}) :

$$\Delta b_{1j} = \alpha \beta_{1j}$$

- f. Tiap-tiap unit *output* (Y_k , $k=1,2,3,\dots,m$) memperbaiki bias dan bobotnya ($j=0,1,2,\dots,p$) :

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

$$b_{2k}(\text{baru}) = b_{2k}(\text{lama}) + \Delta b_{2k}$$

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

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

$$b1_j(\text{baru}) = b1_j(\text{lama}) + \Delta b1_j$$

4. Tes kondisi berhenti jika terpenuhi (ke langkah 5), jika tidak terpenuhi maka kembali ke langkah 2
5. Selesai.

2.2.6 Optimalitas Arsitektur Backpropagation

Masalah utama yang dihadapi dalam *Backpropagation* adalah lamanya iterasi yang harus dilakukan. *Backpropagation* tidak dapat memberikan kepastian tentang berapa *epoch* yang harus dilalui untuk mencapai kondisi yang diinginkan. Oleh karena itu orang berusaha meneliti bagaimana parameter-parameter jaringan dibuat sehingga menghasilkan jumlah iterasi yang relatif lebih sedikit.

- a. Inisialisasi bobot awal secara *random*

Pemilihan bobot awal sangat mempengaruhi jaringan syaraf dalam mencapai minimum global (atau mungkin hanya lokal saja) terhadap nilai *error*, serta cepat tidaknya proses pelatihan menuju kekonvergenan. Apabila nilai bobot awal terlalu besar, maka *input* ke setiap lapisan tersembunyi atau lapisan *output* akan jatuh pada daerah dimana turunan fungsi sigmoidnya akan sangat kecil. Sebaliknya, apabila nilai bobot awal terlalu kecil, maka *input* ke setiap lapisan tersembunyi atau lapisan *output* akan sangat kecil, yang akan menyebabkan proses pelatihan akan berjalan sangat lambat. Biasanya bobot awal diinisialisasi secara *random* dengan nilai antara -0.5 sampai 0.5 (atau -1 sampai 1, atau interval yang lainnya).

- b. Jumlah unit tersembunyi

Hasil teoritis yang didapat menunjukkan bahwa jaringan dengan sebuah layer tersembunyi sudah cukup bagi *Backpropagation* untuk mengenali sembarang pola antara masukan dan target dengan tingkat

ketelitian yang ditentukan. Akan tetapi penambahan jumlah layar tersembunyi kadangkala membuat pelatihan lebih mudah.

Dalam propagasi maju, keluaran harus dihitung untuk tiap layar, dimulai dari layar tersembunyi paling bawah (terdekat dengan masukan). Sebaliknya, dalam propagasi mundur, faktor δ perlu dihitung untuk tiap layar tersembunyi, dimulai dari layar keluaran.

c. Jumlah pola pelatihan

Tidak ada kepastian tentang berapa banyak pola yang diperlukan agar jaringan dapat dilatih dengan sempurna. Jumlah pola yang dibutuhkan dipengaruhi oleh banyaknya bobot dalam jaringan serta tingkat akurasi yang diharapkan. Aturan kasarnya dapat ditentukan berdasarkan rumusan :

$$\text{Jumlah pola} = \text{Jumlah bobot} / \text{tingkat akurasi}$$

Untuk jaringan dengan 80 bobot dan tingkat akurasi 0.1, maka 800 pola masukan diharapkan akan mampu mengenali dengan benar 90 % pola diantaranya.

d. Lama iterasi

Tujuan utama penggunaan *Backpropagation* adalah mendapatkan keseimbangan antara pengenalan pola pelatihan secara benar dan respon yang baik untuk pola lain yang sejenis (disebut data pengujian). Jaringan dapat dilatih terus menerus hingga semua pola pelatihan dikenali dengan benar. Akan tetapi hal itu tidak menjamin jaringan akan mampu mengenali pola pengujian dengan tepat. Jadi tidaklah bermanfaat untuk meneruskan iterasi hingga semua kesalahan pola pelatihan = 0.

Umumnya data dibagi menjadi dua bagian, yaitu pola data yang dipakai sebagai pelatihan dan data yang dipakai untuk pengujian. Perubahan bobot dilakukan berdasarkan pola pelatihan. Akan tetapi selama pelatihan (misal setiap 10 *epoch*), kesalahan yang terjadi dihitung berdasarkan semua data (pelatihan dan pengujian). Selama kesalahan ini menurun, pelatihan terus dijalankan. Akan tetapi jika kesalahannya sudah meningkat, pelatihan tidak ada gunanya untuk diteruskan lagi. Jaringan sudah mulai mengambil

sifat yang hanya dimiliki secara spesifik oleh data pelatihan (tapi tidak dimiliki oleh data pengujian) dan sudah mulai kehilangan kemampuan melakukan generalisasi.

2.2.7 Variasi Backpropagation

Disamping model standar *Backpropagation*, kini sudah berkembang berbagai variasinya. Variasi tersebut bisa berupa model *Backpropagation* yang digunakan untuk keperluan khusus, atau teknik modifikasi bobot untuk mempercepat pelatihan dalam kasus tertentu.

a. Momentum

Pada standar *Backpropagation*, perubahan bobot didasarkan atas gradien yang terjadi untuk pola yang dimasukkan saat itu. Modifikasi yang dapat dilakukan adalah melakukan perubahan bobot yang didasarkan atas arah gradien pola terakhir dan pola sebelumnya (disebut momentum) yang dimasukkan. Jadi tidak hanya pola masukan terakhir saja yang diperhitungkan.

Penambahan momentum dimaksudkan untuk menghindari perubahan bobot yang mencolok akibat adanya data yang sangat berbeda dengan yang lain (*outlier*). Apabila beberapa data terakhir yang diberikan ke jaringan memiliki pola serupa (berarti arah gradien sudah benar), maka perubahan bobot dilakukan secara cepat. Namun apabila data terakhir yang dimasukkan memiliki pola yang berbeda dengan pola sebelumnya, maka perubahan dilakukan secara lambat.

Dengan penambahan momentum, bobot baru pada waktu ke $(t+1)$ didasarkan atas bobot pada waktu t dan $(t-1)$. Disini harus ditambahkan 2 variabel baru yang mencatat besarnya momentum untuk 2 iterasi terakhir. Jika μ adalah konstanta ($0 \leq \mu \leq 1$) yang menyatakan parameter momentum maka bobot baru dihitung berdasarkan persamaan :

$$w_{kj}(t+1) = w_{kj}(t) + \alpha \delta_k z_j + \mu (w_{kj}(t) - w_{kj}(t-1)) \quad (12)$$

dan

$$v_{ji}(t+1) = v_{ji}(t) + \alpha \delta_j x_i + \mu (v_{ji}(t) - v_{ji}(t-1)) \quad (13)$$

b. Delta - Bar - Delta

Dalam standar *Backpropagation*, laju pemahaman (α) merupakan suatu konstanta yang dipakai dalam seluruh iterasinya. Perubahan dapat dilakukan dengan memberikan laju pemahaman yang berbeda-beda untuk setiap bobotnya (atau bahkan laju pemahaman yang berbeda-beda untuk tiap bobot dalam tiap iterasinya). Apabila perubahan bobot berada dalam arah yang sama dalam beberapa pola terakhir (dapat dilihat dari tanda suku $\delta_k z_j$ yang selalu sama), maka laju pemahaman yang bersesuaian dengan bobot w_{kj} ditambah. Sebaliknya apabila arah perubahan bobot dua pola terakhir berbeda (ditandai dengan suku $\delta_k z_j$ yang berselang-seling positif - negatif) maka laju pemahaman untuk bobot tersebut harus dikurangi.

Perubahan bobot dalam aturan delta - bar - delta adalah sebagai berikut :

$$w_{kj}(t+1) = w_{kj}(t) + \alpha_{kj}(t+1)\delta_k z_j \quad (14)$$

2.2.8 Mean Square Error (MSE)

MSE merupakan rata-rata kuadrat dari selisih antara output jaringan dengan target output. Tujuan utama adalah memperoleh nilai error ini sekecil-kecilnya dengan secara iteratif mengganti nilai bobot yang terhubung pada semua neuron pada jaringan saraf. Untuk mengetahui seberapa banyak bobot harus diganti, setiap iterasi memerlukan perhitungan error yang berasosiasi dengan setiap neuron pada output dan hidden layer. MSE merupakan salah satu dari beberapa macam error yang sering dipakai. Rumus dari MSE yang akan digunakan pada metode jaringan saraf adalah sebagai berikut :

$$MSE = \frac{\sum(n_c - n_d)^2}{m} \quad (15)$$

dimana:

n_c adalah nilai output dari neuron pada metode jaringan saraf.

n_d adalah nilai target atau hasil sebenarnya yang harus dicapai.

m adalah jumlah output dari neuron.

MSE merupakan salah satu kriteria untuk mengukur keberhasilan suatu jaringan, jika MSE turun mencapai goal atau nilai selisih = 0 atau mendekati 0 antara output dengan target