



**PENERAPAN METODE *FEED FORWARD NEURAL NETWORK* (FFNN) *BACKPROPAGATION* UNTUK  
MERAMALKAN HARGA SAHAM**

skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Matematika

oleh  
Muhammad Arif Kurniawan  
4111412077

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2017**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa dalam isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 17 Februari 2017



Muhammad Arif Kurniawan  
4111412077

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul

PENERAPAN METODE *FEED FORWARD NEURAL NETWORK* (FFNN)  
*BACKPROPAGATION* UNTUK MERAMALKAN HARGA SAHAM

Disusun oleh

Muhammad Arif Kurniawan

4111412077

Matematika/ Matematika, S1

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA  
UNNES pada tanggal 8 Februari 2017



Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt.  
196412231988031001

Sekretaris

Drs. Arief Agoestanto, M.Si.  
196807221993031005

Penguji Utama

Dr. Scolastika Mariani, M.Si.  
196502101991022001

Penguji/ Pembimbing I

Muhammad Kharis, S.Si., M.Sc.  
198210122005011001

Penguji/ Pembimbing II

Endang Sugiharti, S.Si., M.Kom.  
197401071999032001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

1. Jadilah sosok kesatria sejati yang tidak mengenal kata menyerah dan mengalah, walaupun nantinya gagal minimal pernah bermimpi untuk dapat meraihnya.
2. Hidup itu sederhana, tinggal kita mengambil sebuah keputusan dan jangan pernah menyesalinya.

### PERSEMBAHAN

1. **ALLAH SWT** dan **NABI MUHAMMAD SAW.**
2. Teruntuk bapak dan ibuku tercinta, **Noto Harso** dan **Sumiyati, A.Ma.**, atas semua bimbingan, dukungan, do'a dan restu kalian.
3. Kakak dan adikku tercinta, **Adi Permana**, **Wahyu Pujiati**, dan **Nabila Kurnia Solechati** yang selalu menjadi penyemangat, pendukung dan saling mengingatkan satu sama lain.
4. Untuk orang tersayang dan sahabat-sahabatku tercinta yang telah memberikan warna kehidupan dan keceriaan terduga maupun tak terduga yaitu **Yuliana Dwiayu**, **Ariyo**, **Mei**, **Adib**, **Alief**, **Gina**, **Lusy**, dan **Kintan**.
5. Teman-teman Matematika angkatan 2012 yang tak bisa saya sebutkan satu per satu, terima kasih telah bersama-sama membangun kekeluargaan baru.
6. Teman-teman Kos Pikolo, yang sudah menjadi teman satu atap.
7. Untuk Indonesia dan sahabat IICS sebagai tempat mencurahkan *passion* dan semangat tempur, dan

8. Semua teman yang tidak bisa saya sebutkan.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Penerapan Metode *Feed Forward Neural Network* (FFNN) *Backpropagation* Untuk Meramalkan Harga Saham”. Penulisan skripsi ini sebagai syarat mutlak yang harus dipenuhi oleh penulis untuk memperoleh gelar sarjana sains di Universitas Negeri Semarang.

Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan karena adanya bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang;
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt., Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang;
3. Drs. Arief Agoestanto, M.Si., Ketua Jurusan Matematika Universitas Negeri Semarang;
4. Dr. Scolastika Mariani, M.Si., selaku ketua penguji, yang telah memberikan banyak masukan, kritik, dan saran dalam penulisan skripsi ini;
5. Muhammad Kharis, S.Si., M.Sc., selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan dalam penulisan skripsi ini;
6. Endang Sugiharti, S.Si., M.Kom., selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan dalam penulisan skripsi ini;

7. Drs. Mashuri, M.Si., selaku dosen wali sekaligus orang tua yang telah memberikan arahan dan bimbingannya selama masa kuliah hingga selesai;



8. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan do'a serta memberikan dukungan baik secara moral maupun spiritual;
9. Kakak dan adik tercinta yang selalu memberikan motivasi dan semangatnya;
10. Segenap keluarga besar saya yang telah memberikan dukungannya;
11. Mahasiswa matematika angkatan 2012 yang telah memberikan dorongan, masukan, dan motivasinya;
12. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Hanya ucapan terima kasih dan do'a, semoga apa yang telah diberikan tercatat sebagai amal baik dan mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Semoga skripsi ini bisa membawa manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

Semarang, 17 Februari 2017



Penulis

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## ABSTRAK

Kurniawan, Muhammad Arif. 2016. Penerapan Metode *Feed Forward Neural Network* (FFNN) *Backpropagation* Untuk Meramalkan Harga Saham. Skripsi, Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing utama Muhammad Kharis, S.Si., M.Sc., dan Endang Sugiharti, S.Si., M.Kom.

Kata Kunci: Jaringan Syaraf Tiruan (JST), Feed Forward, Peramalan Saham, MATLAB.

Para pemegang saham biasanya terkendala dalam hal prediksi harga saham. Hal ini disebabkan terjadi selisih antara harga saham asli dan prediksi yang jauh berbeda, sehingga para pemegang saham di tuntut untuk memahami ilmu peramalan agar mudah dalam pengambilan keputusan. Salah satu teknik peramalan yang bisa digunakan adalah *feed forward neural network* (FFNN) dengan algoritma *backpropagation*. FFNN itu sendiri dipengaruhi oleh jumlah unit *neuron* pada *hidden layer*, yang memungkinkan *error* yang di dapat lebih kecil. Oleh karena itu, penelitian ini membahas tentang prosedur pembentukan model FFNN, penerapan model untuk melakukan peramalan harga saham, dan analisis hasil peramalan. Ada dua variabel sebagai *input* datanya, yaitu harga pembukaan saham dan harga penutupan saham serta pembagian data *training* dan *testing* yang masing-masing 75% dan 25% dari total data. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dengan program Matlab R2014a menggunakan metode *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation*.

Hasil dari penelitian ini menghasilkan bahwa prosedur dalam pembentukan model terdiri atas beberapa tahap, yaitu (1) menentuka *input* berdasarkan hasil *lag signifikan* pada plot PACF, (2) membagi data menjadi 2 yaitu data *training* dan *testing*, (3) normalisasikan data, (4) membangun FFNN algoritma *backpropagation* dengan menentukan banyaknya *hidden layer*, *input* yang optimal, dan menentukan bobot model, (5) denormalisasi data, dan (6) uji kesesuaian model dengan hasil plot *regression*. Struktur jaringan terbaik yang di peroleh adalah dengan 3 *neuron input* dan 10 *neuron hidden layer* yang di dapat dari melihat hasil *lag signifikan* pada plot PACF dan nilai MAPE terkecil yang di peroleh ketika *hidden layer* berjumlah 10. Dengan menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid bipolar*, *linear* dan algoritma *traingdx*, peramalan harga saham tersebut menghasilkan nilai MAPE sebesar 0.014753 untuk proses *training*, 0.044259 untuk proses *testing*, dan Rp.17.405 untuk harga saham periode kedepan.

Kesimpulan akhir dari penelitian ini adalah bahwa penerapan metode *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation* sangat baik digunakan untuk peramalan harga saham dan saran untuk peneliti lain yang tertarik menggunakan metode FFNN untuk peramalan harga saham dapat menambahkan *intervensi* dari faktor-faktor penyebab perubahan harga saham, sehingga banyak kemungkinan yang bisa menjadi pertimbangan untuk menentukan hasil *output* dan model juga bisa di percepat dengan menggunakan berbagai macam pembelajaran lainnya, misalnya *traingda* dan *trainrp*.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	7
1.4.1 Tujuan Penulisan.....	7
1.4.2 Manfaat Penulisan.....	7
1.5 Sistematika Penulisan.....	8
1.5.1 Bagian Awal.....	8
1.5.2 Bagian Pokok.....	8
1.5.3 Bagian Akhir.....	9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Peramalan.....	10
2.2 Konsep Dasar <i>Time Series</i> .....	11
2.3 Saham.....	16
2.4 Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	18
2.4.1 Sejarah Jaringan Syaraf Tiruan.....	19
2.4.2 Konsep Dasar <i>Neural Network</i> .....	20
2.4.3 Algoritma <i>Backpropagation</i> .....	26
2.5 Model <i>Feed Forward Neural Network</i> dengan Algoritma <i>Backpropagation</i> .....	28
2.6 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE).....	28
2.7 <i>Matrix Laboratory</i> (MATLAB).....	29
2.7.1 Jendela-jendela pada Matlab.....	30
2.7.1.1 Matlab <i>Command Window/Editor</i> .....	30
2.7.1.2 Matlab <i>Editor/Debugger</i> .....	31
2.7.1.3 <i>Figure Windows</i> .....	31
2.7.1.4 Matlab <i>Help Window</i> .....	31
2.7.2 Kelengkapan pada Sistem Matlab.....	32
2.8 Kerangka Berpikir.....	33
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Perumusan Masalah.....	36
3.2 Studi Pustaka.....	37
3.3 Pengumpulan Data.....	37

3.4 Pemecahan Masalah.....	38
3.4.1 Proses Pembuatan Perangkat Lunak.....	38
3.4.1.1 Analisis Data.....	38
3.4.1.2 Plot Data dengan <i>Feed Forward</i> .....	39
3.4.1.3 Membangun Jaringan <i>Feed Forward Neural Network</i> dengan Algoritma <i>Backpropagation</i> Untuk Meramalkan Harga Saham.....	39
3.4.1.4 <i>Forecasting</i> (Peramalan).....	40
3.4.1.5 Dihasilkan Nilai MAPE.....	40
3.5 Penarikan Kesimpulan.....	40
3.6 Diagram Alur Analisis.....	41
BAB IV PEMBAHASAN.....	46
4.1 Prosedur Pembentukan Model <i>Feed Forward Neural Network</i> Menggunakan Algoritma <i>Backpropagation</i> .....	46
4.2 Penerapan Model <i>Feed Forward Neural Network</i> Algoritma <i>Backpropagation</i> Untuk Melakukan Peramalan Harga Saham.....	54
4.3 Hasil Peramalan Harga Saham Model <i>Feed Forward Neural</i> <i>Network</i> dengan Algoritma <i>Backpropagation</i> .....	60
4.3.1 Perancangan Desain Sistem <i>Feed Forward Neural Network</i> .....	61
4.3.1.1 Desain <i>Interface Form</i> Halaman Depan.....	62
4.3.1.2 Desain <i>Interface Form</i> Bantuan.....	63
4.3.1.3 Desain <i>Interface Form</i> FeedForward.....	64
4.3.2 Penerapan Sistem Aplikasi FFNN Menggunakan MATLAB....	65

4.3.3 Hasil dan Analisis Penerapan Sistem Aplikasi Metode FFNN...	68
BAB V PENUTUP.....	70
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Gambar Plot Fungsi Autokorelasi pada Data <i>Time Series</i> .....	12
2.2 Gambar Plot Fungsi Autokorelasi <i>parsial</i> pada Data <i>Time Series</i> .....	13
2.3 Gambar Pola Data Horizontal.....	14
2.4 Gambar Pola Data Musiman.....	15
2.5 Gambar Pola Data Siklis.....	15
2.6 Gambar Pola Data <i>Trend</i> .....	16
2.7 Gambar                      Sebuah                      Sel                      Syaraf	22
Tiruan.....	
2.8 Gambar Fungsi Aktifasi <i>Threshold</i> .....	24
2.9 Gambar Fungsi Aktifasi Linear (Identitas).....	25
2.10 Gambar Arsitektur <i>Backpropagation</i> .....	27
2.11 Gambar Kerangka Berpikir Penulisan.....	35
3.1 Gambar Diagram Alur Proses <i>Training</i> .....	41
3.2 Gambar Diagram Alur Proses <i>Testing</i> .....	44
3.3 Gambar Diagram Alur Proses Peramalan.....	45
4.1 Gambar Plot PACF Data Harga Pembukaan Saham (kiri) Dan Harga Penutupan Saham (kanan) Periode Mingguan Dari 1 September 2014 Sampai 5 September 2016.....	55
4.2 Gambar Plot <i>Regression</i> Model FFNN Algoritma <i>Backpropagation</i> dengan 10 <i>Neuron</i> pada <i>Hidden Layer</i> dari $x_1$ , $x_2$ , dan $x_3$ Sebagai	

	<i>Input</i> .....	59
	Gambar Arsitektur Model FFNN dengan Algoritma <i>Backpropagation</i>	
4.3	Pada Peramalan Harga Saham.....	
	Gambar Desain <i>Interface Form</i> Halaman Depan.....	59
4.4	Gambar Desain <i>Interface Form</i> Bantuan.....	62
4.5	Gambar Desain <i>Interface Form</i> FeedForward.....	63
4.6	Gambar Tampilan Menu FeedForward.....	64
4.7	Gambar <i>Input Data Excel</i> .....	66
4.8	Gambar Analisis Sistem Peramalan FeedForward.....	66
4.9	Gambar Proses <i>Training</i> .....	67
4.10	Gambar Grafik <i>Training</i> dan <i>Testing</i> .....	67
4.11		68



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Tabel Nilai MAPE Hasil Pembelajaran <i>traingdx</i> dengan Algoritma <i>Backpropagation</i> .....	57



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan dunia investasi tidak saja ditunjukkan oleh semakin meningkatnya jumlah uang yang diinvestasikan ataupun oleh semakin banyaknya jumlah investor yang berinvestasi. Akan tetapi perkembangan tersebut juga ditunjukkan oleh semakin banyaknya alternatif-alternatif instrumen investasi yang bisa dijadikan pilihan investor dalam berinvestasi.

Agar tujuan investasi tercapai, maka sebelum memasuki dunia investasi diperlukan pengetahuan keuntungan dan risiko yang didapat ketika terjun di bidang investasi. Harapan keuntungan dalam dunia investasi sering juga disebut sebagai *return*. Risiko investasi bisa diartikan sebagai kemungkinan terjadinya perbedaan antara *return aktual* dengan *return* yang diharapkan. Dua konsep ini, risiko maupun *return*, bagaikan dua sisi mata uang yang selalu berdampingan. Artinya, dalam berinvestasi di samping menghitung *return* yang diharapkan investor juga harus memperhatikan risiko yang ditanggung. Pengetahuan ini penting sebagai pegangan ketika memasuki dunia investasi yang penuh risiko dan ketidakpastian.

Investasi dalam bentuk saham banyak dipilih para investor karena saham mampu memberikan keuntungan yang menarik. Dalam aktivitas perdagangan saham sehari-hari, harga-harga saham mengalami fluktuasi baik berupa kenaikan maupun penurunan. Pembentukan harga saham terjadi karena adanya permintaan dan penawaran atas saham tersebut.

Salah satu pengetahuan penting dalam berinvestasi saham adalah peramalan harganya. Peramalan harga saham diperlukan bagi investor untuk mengetahui kecenderungan harga saham di masa mendatang. Peramalan harga saham bertujuan untuk mengetahui peluang investasi harga saham di masa yang akan datang sehingga dapat digunakan sebagai pertimbangan oleh investor saham untuk mengetahui perubahan harga saham.

Tidak mudah untuk memahami dan mencari rumusan matematis dari fluktuasi yang terjadi pada harga saham dalam jangka waktu tertentu, ini dikarenakan begitu banyaknya faktor-faktor yang bisa mempengaruhi pergerakan fluktuatif harga saham tersebut. Tetapi dengan memperhatikan pola pergerakan data saham masa lalu dapat dilihat bahwa pergerakan data sering kali berulang kembali seperti memiliki pola tertentu dan dengan mengenali pola-pola tersebutlah prediksi dapat dilakukan. Pengenalan Pola dapat dikatakan sebagai kemampuan untuk mengenali objek-objek berdasarkan ciri-ciri dan pengetahuan yang pernah diamati dari objek-objek tersebut. Tujuan dari pengenalan pola ini adalah mengklasifikasi dan mendeskripsikan pola atau objek kompleks melalui pengetahuan sifat-sifat atau ciri-ciri dari objek yang diamati.

PT. United Tractors adalah salah satu perusahaan yang mencatatkan sahamnya di bursa efek. Perusahaan tersebut juga ikut serta memainkan perannya di pasar bursa dengan menjadi investor atau pemegang saham. Pergerakan saham menggambarkan kondisi pasar pada suatu saat dan menjadi indikator penting bagi para investor untuk menentukan apakah mereka akan menjual, menahan atau

membeli satu atau beberapa saham, dalam hal ini dibutuhkan metode untuk meramalkan harga saham tersebut.

Terdapat dua metode yang dapat digunakan dalam implementasi prediksi yaitu metode konvensional dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Metode konvensional berhubungan dengan pengidentifikasian dan pemodelan. Pengidentifikasian melakukan pengamatan besaran yang keluar dari proses untuk masukan yang telah diketahui sebelumnya. Sedangkan pemodelan memerlukan suatu aturan yang menjelaskan tingkah laku dari proses tersebut. Model dapat berupa gambar, warna, persamaan matematis dan sebagainya. Untuk keperluan prediksi, model matematis lebih diinginkan daripada model-model lainnya.

Seringkali model matematis dari suatu masalah sangat sukar untuk dibuat dan yang ada hanya data. Seperti halnya model fungsi perubahan harga saham sangat sulit untuk diketahui. Jaringan Syaraf Tiruan tidak memerlukan model matematis tetapi data dari masalah yang akan diselesaikan. Informasi disampaikan melalui data, dan Jaringan Syaraf Tiruan menyaring informasi tersebut melalui pelatihan. Oleh karena itu, Jaringan Syaraf Tiruan sangat tepat untuk menyelesaikan masalah prediksi harga saham.

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang baik adalah jaringan syaraf tiruan yang memiliki keseimbangan antara kemampuan *memorisasi* dan *generalisasi*. Pengertian dari *memorisasi* adalah kemampuan jaringan syaraf tiruan untuk memanggil kembali secara sempurna sebuah pola yang telah dipelajari. Kemampuan *generalisasi* adalah kemampuan jaringan syaraf tiruan untuk menghasilkan *respons* yang bisa diterima terhadap pola-pola *input* serupa (namun

tidak identik) dengan pola-pola yang sebelumnya sudah dipelajari. Untuk mendapatkan jaringan syaraf tiruan yang baik penentuan parameter dan metode pelatihan jaringan syaraf tiruan harus ditentukan secara hati-hati.

Penelitian-penelitian tentang aplikasi penggunaan jaringan syaraf tiruan untuk peramalan telah banyak dikaji dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan, antara lain dari penelitian yang dilakukan oleh Herawati (2013) disimpulkan bahwa hasil peramalan menggunakan integrasi EMD dan jaringan syaraf tiruan mempunyai kemampuan yang baik untuk meramalkan harga saham, Kusumawati, *et al* (2014) melakukan pembentukan model *neural network* untuk data *time series* dengan intervensi dan aplikasinya pada data IHK menyimpulkan bahwa hasil prediksi model baik pada data *training* maupun *testing* ini di tunjukkan dengan tingkat keakuratan yang tinggi, Gharoie (2010) menggunakan jaringan syaraf tiruan dalam melakukan peramalan harga saham hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa jaringan syaraf tiruan menghasilkan peramalan yang lebih baik daripada metode regresi linear. Hal ini disebabkan jaringan syaraf tiruan dapat melakukan pembelajaran yang lebih cepat, meskipun dalam lingkungan yang dinamik.

Hal ini dapat dimanfaatkan untuk membuat suatu sistem yang dapat memperkirakan sebuah data *time series*. Metode yang bisa digunakan untuk membuat sistem tersebut adalah model *feed forward neural network*. Model ini terdiri dari lapisan *input*, lapisan tersembunyi, dan lapisan *output*. Pada setiap lapisannya terdapat elemen-elemen pemrosesan yang disebut dengan *neuron*, di mana jumlah *neuron* pada lapis tersembunyi yang digunakan akan mempengaruhi output model dalam meminimumkan *error*.

Pada *feed forward neural network* selain dari jumlah parameter yang digunakan, data masa kini ( $X_t$ ) dipengaruhi oleh jumlah unit *neuron* pada lapisan tersembunyi, yang memungkinkan *error* model yang didapat lebih kecil, serta metode estimasi yang digunakan bervariasi, salah satunya dengan algoritma *backpropagation*. Oleh sebab itu, penulis memilih model *feed forward neural network* untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

Secara umum *error* pada model yang diperoleh tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah unit *neuron* yang membentuk arsitektur jaringan, namun juga dipengaruhi oleh bobot yang digunakan. Untuk memperbaiki bobot-bobot pada jaringan serta mempercepat fungsi kinerja jaringan dapat digunakan algoritma pelatihan, salah satunya dengan algoritma *backpropagation*.

Berdasarkan investasi saham dan teknik peramalan yang membutuhkan suatu sistem yang bisa memecahkan berbagai permasalahan muncul gagasan untuk membuat suatu sistem yang dapat memanfaatkan jaringan syaraf tiruan untuk meramalkan harga saham menggunakan metode *feed forward neural network*. Dengan judul “**Penerapan Metode *Feed Forward Neural Network* (FFNN) *Backpropagation* Untuk Meramalkan Harga Saham**”.

Keakuratan hasil peramalan sangat penting untuk membantu peneliti yang akan mengkaji lebih dalam tentang metode *feed forward neural network* menggunakan algoritma *backpropagation* dan penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat membantu investor saham dalam pengambilan sebuah keputusan apakah mereka akan menjual, menahan atau membeli satu atau beberapa saham.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana prosedur pembentukan model FFNN menggunakan algoritma *Backpropagation*?
- b. Bagaimana cara mengaplikasikan model *feed forward neural network* dalam menentukan harga saham pada periode mendatang?
- c. Bagaimana hasil peramalan harga saham dengan model FFNN menggunakan algoritma *Backpropagation*?

## 1.3 BATASAN MASALAH

Agar dalam pembahasan skripsi ini tidak terlalu meluas, maka penulis mencantumkan pembatasan masalah sebagai berikut.

- a. Penulis hanya melakukan penelitian di salah satu perusahaan yang terdaftar di bursa saham Indonesia yaitu PT. United Tractors.
- b. Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah *Feed Forward Neural Network* (FFNN) pada data saham mingguan PT. United Tractors diambil dari periode 1 September 2014 sampai 5 September 2016.
- c. *Classifier* yang digunakan dalam penulisan ini adalah Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*.
- d. Menggunakan aplikasi MATLAB untuk metode *feed forward neural network*.

## 1.4 TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut.

- a. Menjelaskan prosedur pembentukan model FFNN dengan algoritma *Backpropagation* pada data *time series*.
- b. Mengetahui prediksi nilai harga saham pada periode mendatang dengan model FFNN.
- c. Mengetahui hasil peramalan harga saham menggunakan model FFNN dengan algoritma *Backpropagation*.

## 1.5 MANFAAT PENULISAN

Manfaat yang bisa diperoleh dari penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagi peneliti
  - a) Peneliti dapat mengaplikasikan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah kedalam praktik yang sesungguhnya.
  - b) Peneliti dapat menciptakan sistem yang dapat membantu peneliti yang lain untuk menganalisa suatu metode *forecasting*.
  - c) Peneliti dapat memberikan data hasil analisa suatu metode *forecasting* harga saham.
- b. Bagi jurusan

Tugas akhir ini dapat dijadikan referensi bagi pihak perpustakaan sebagai bahan bacaan bagi mahasiswa yang membutuhkan untuk lebih memahami pengaplikasian model FFNN dengan algoritma *Backpropagation*

dalam melakukan permalan serta sebagai bahan informasi untuk penelitian selanjutnya.

c. Bagi investor

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi cara bagi investor untuk menjadikan bahan pertimbangan dalam mengambil suatu keputusan yang tepat dan dapat mengetahui proyeksi peramalan harga saham untuk periode-periode selanjutnya.

## 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN SKRIPSI

Sistematika penulisan skripsi ini secara garis besar terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian awal, bagian isi, dan bagian akhir skripsi. Bagian awal skripsi meliputi halaman sampul, halaman judul, abstrak, pernyataan keaslian tulisan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel dan daftar lampiran.

Bagian pokok dari penulisan skripsi ini adalah isi skripsi yang terdiri dari lima bab.

(1) BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan.

(2) BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang peramalan, konsep dasar *time series*, saham, jaringan syaraf tiruan, konsep dasar *neural network*, *backpropagation*, model *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation*, *Mean Absolute*

*Percentage Error* (Mape), *Matrix Laboratory* (Matlab), dan Kerangka berpikir.

(3) BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang prosedur atau langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perumusan masalah, studi pustaka, pengumpulan data, pemecahan masalah, proses pembuatan perangkat lunak, analisis data, penarikan kesimpulan, dan diagram alur analisis..

(4) BAB IV PEMBAHASAN

Berisi tentang prosedur menentukan model *feed forward neural network* yang optimal dengan algoritma *backpropagation*, penerapan model untuk memperkirakan harga saham, hasil peramalan harga saham dengan model FFNN menggunakan algoritma *backpropagation*, aplikasi dan simulasi uji kesesuaian model menggunakan aplikasi Matlab.

(5) BAB V PENUTUP

Bagian penutup meliputi simpulan dari pembahasan dan saran-saran yang terkait.

Bagian akhir skripsi meliputi daftar pustaka dan lampiran-lampiran dari pembahasan yang telah dilakukan serta yang mendukung penulisan skripsi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Peramalan

Menurut Barry dalam bukunya *Manajemen Operasi* (2009: 162) mengatakan bahwa peramalan (*forecasting*) adalah seni atau ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa mendatang dengan suatu model matematis.

Menurut Sellani (2009) dalam *Journal of the International Academy for Case Studies*. Peramalan berkaitan dengan upaya untuk memperkirakan apa yang terjadi di masa depan, berbasis pada metode ilmiah (ilmu dan teknologi) serta dilakukan secara sistematis. Serta peramalan itu adalah kegiatan yang bersifat teratur, berupa memprediksi masa depan dengan menggunakan tidak hanya metode ilmiah namun juga mempertimbangkan hal-hal yang bersifat kualitatif (perasaan, pengalaman dan lain-lain).

Segala sesuatu itu serba tidak pasti dan sukar untuk diperkirakan secara tepat. Untuk itu perlu adanya *forecasting*. Ramalan yang dilakukan pada umumnya akan berdasarkan data yang terdapat di masa lampau yang dianalisis dengan menggunakan metode-metode tertentu. Di dalam *forecasting* diupayakan agar *forecast* yang dibuat dapat meminimumkan pengaruh ketidakpastian tersebut.

Menurut Barry (2009: 167), ada dua metode atau teknik peramalan yang dapat digunakan yaitu:

1. Peramalan kualitatif

Peramalan kualitatif merupakan peramalan yang didasarkan atas pendapat-pendapat para ahli dan datanya tidak dapat direpresentasikan menjadi suatu nilai atau angka. Pendapat-pendapat itu akan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan sebagai hasil dari peramalan yang telah dilakukan.

2. Peramalan kuantitatif

Peramalan kuantitatif merupakan peramalan yang didasarkan pada informasi tentang masa lalu dengan asumsi bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut pada masa yang akan datang. Data masa lalunya dapat dipresentasikan menjadi suatu nilai atau angka yang sering disebut dengan data *time series*.

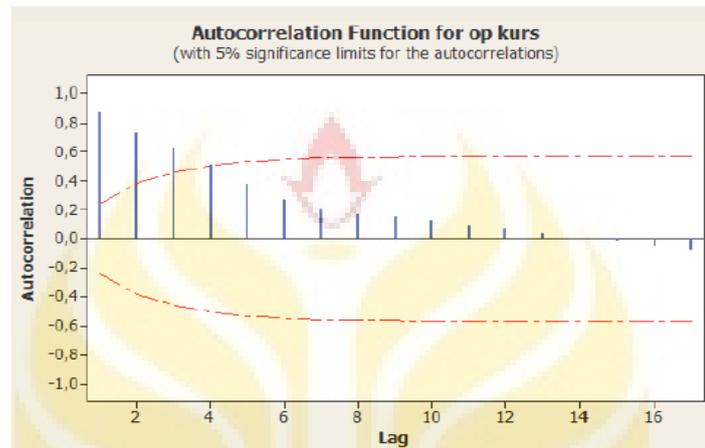
## 2.2 Konsep Dasar *Time Series*

*Time series* adalah pengamatan pada suatu variabel dari waktu lampau dan dicatat secara berurutan menurut urutan waktu dengan periode yang tetap (Hanke & Wichern, 2004: 58). Pada umumnya pencatatan ini dilakukan dalam periode tertentu misalnya harian, mingguan, bulanan, dan sebagainya, sedangkan analisis *time series* adalah suatu metode kuantitatif untuk menentukan pola data tersebut, maka dapat digunakan untuk peramalan di masa mendatang. Beberapa konsep dasar dalam analisis *time series* adalah autokorelasi, konsep *white noise* dan plot data.

1. Autokorelasi

Fungsi autokorelasi atau *Autocorelation Function* (ACF) merupakan suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi atau hubungan linear antara

pengamatan pada waktu  $t$  saat sekarang dengan pengamatan pada waktu-waktu sebelumnya ( $t - 1, t - 2, \dots, t - k$ ). Pada Gambar 2.1 menunjukkan plot fungsi autokorelasi pada deret berkala di mana garis yang keluar dari batas signifikan menunjukkan autokorelasi signifikan.

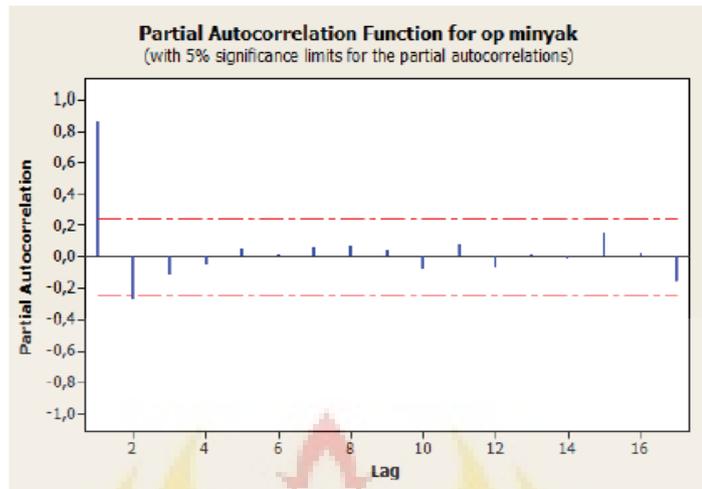


**Gambar 2.1** Plot fungsi autokorelasi pada data time series

Autokorelasi parsial digunakan untuk mengukur tingkat keeratan antara  $X_t$  dan  $X_{t+k}$  apabila pengaruh dari *time lag* 1, 2, 3, ..., dan seterusnya sampai  $k-1$  dihilangkan. Autokorelasi parsial ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\phi_{kk} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & \rho_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}} \quad (2.1)$$

Dengan  $\phi_{kk}$  adalah autokorelasi parsial antara  $X_t$  dan  $X_{t+k}$ . Karena merupakan fungsi dari  $k$ , himpunan  $\{\phi_{kk}; k = 0, 1, 2, \dots\}$  dinamakan fungsi autokorelasi parsial (*partial autocorrelation function*), disingkat dengan PACF (Wei, 2006: 15). Gambar 2.2 menunjukkan plot fungsi autokorelasi parsial.



Gambar 2.2 Plot fungsi autokorelasi parsial pada data time series

## 2. Konsep *White Noise*

Sebuah proses  $\{e_t\}$  disebut *white noise* jika merupakan serangkaian variabel acak yang tidak berkorelasi dan berdistribusi tertentu dengan rata-rata tetap  $E(e_t) = \mu$  biasanya bernilai 0, variansi konstanta  $Var(e_t) = \sigma^2$  dan  $Cov(e_t, e_{t+k}) = 0$  untuk semua  $k \neq 0$  (Wei, 2006: 16). Dengan demikian proses dari *white noise*  $\{e_t\}$  adalah stasioner dengan fungsi autokovariansi.

$$\gamma_k = \begin{cases} \sigma_a^2, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

Fungsi autokorelasi:

$$\rho_k = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

Dan fungsi autokorelasi parsial:

$$\phi_{kk} = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

Karena menurut definisi  $\rho_0 = \phi_{kk} = 1$  untuk semua proses, jika dalam autokorelasi dan autokorelasi parsial hanya mengacu pada  $\rho_0$  dan  $\phi_{kk}$  untuk  $k \neq 0$ .

Konsep dasar dari proses *white noise* adalah bahwa ACF dan PACF sama dengan nol.

### 3. Plot Data

Langkah penting dalam memilih suatu metode deret berkala (*time series*) yang tepat adalah mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

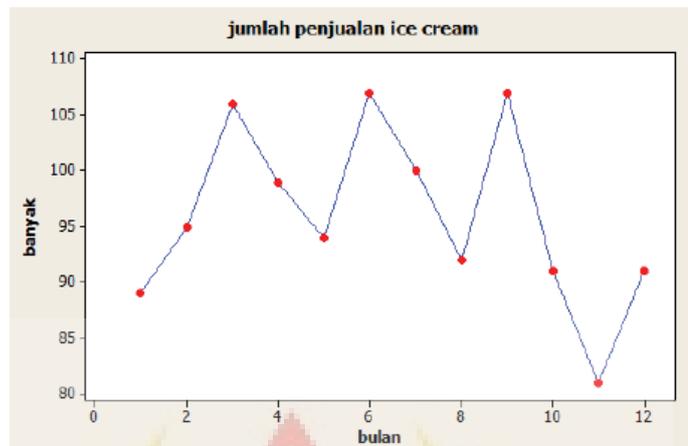
#### 1) Pola horizontal

Pola ini terjadi apabila nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis deret ini. Gambar 2.3 menunjukkan suatu pola dari data horizontal.



#### 2) Pola musiman **Gambar 2.3** Pola Data Horizontal

Pola ini terjadi apabila suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu). Gambar 2.4 menunjukkan pola musiman.



**Gambar 2.4** Pola Data Musiman

3) Pola siklis

Pola ini terjadi apabila datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Gambar 2.5 menunjukkan pola siklis.

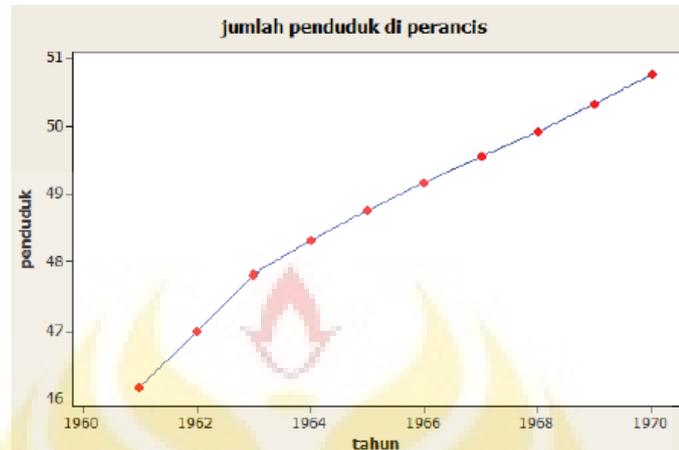


**Gambar 2.5** Pola Data Siklis

4) Pola *trend*

Pola ini terjadi apabila terdapat kenaikan atau penurunan jangka panjang dalam data. Penjualan banyak perusahaan, produk buruto nasional (GNP) dan berbagai indikator bisnis ekonomi lainnya mengikuti suatu pola trend selama

perubahannya sepanjang waktu. Gambar 2.6 menunjukkan salah satu pola trend.



Gambar 2.6 Pola Data Trend

### 2.3 Saham

Saham merupakan tanda penyertaan modal pada suatu perusahaan atau perseroan terbatas. Investor yang melakukan pembelian saham, otomatis akan memiliki hak kepemilikan di dalam perusahaan yang menerbitkannya. Banyak sedikitnya jumlah saham yang dibeli akan menentukan persentase kepemilikan dari investor tersebut (Anoraga & Pakarti, 2006: 54).

Menurut Anoraga & Pakarti (2006: 60), ada dua manfaat yang bisa diperoleh bagi pembeli saham atau investor, yaitu:

#### 1. *Dividen*

*Dividen* merupakan sebagian keuntungan perusahaan yang dibagikan kepada pemegang saham.

## 2. *Capital Gain*

*Capital Gain* merupakan keuntungan yang diperoleh investor dari hasil jual beli saham, berupa selisih antara nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan nilai beli yang lebih rendah.

Dari berbagai jenis saham yang dikenal di bursa, saham yang diperdagangkan, yaitu sebagai berikut:

### 1. Saham Biasa

Saham biasa adalah saham yang tidak memperoleh hak istimewa. Pemegang saham biasa mempunyai hak untuk memperoleh dividen sepanjang perseroan memperoleh keuntungan. Pemilik saham mempunyai hak suara pada RUPS (Rapat Umum Pemegang Saham) sesuai dengan jumlah saham yang dimilikinya (*one share one vote*). Pada likuidasi perseroan, pemilik saham memiliki hak memperoleh sebagian dari kekayaan setelah semua kewajiban dilunasi.

### 2. Saham Preferen

Saham preferen merupakan saham yang diberikan atas hak untuk mendapatkan *dividen* dan/atau bagian kekayaan pada saat perusahaan dilikuidasi lebih dahulu dari saham biasa, di samping itu mempunyai preferensi untuk mengajukan usul pencalonan direksi/komisaris.

Menurut Anoraga & Pakarti (2006: 56), saham mempunyai 3 macam nilai, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Nilai Nominal

Nilai nominal yaitu nilai yang tercantum dalam saham tersebut.

## 2. Nilai Efektif

Nilai efektif yaitu nilai yang tercantum pada kurs resmi apabila saham tersebut diperdagangkan di bursa.

## 3. Nilai Intrinsik

Nilai intrinsik yaitu nilai saham pada saat likuidasi.

## 2.4 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan/*neural network* (JST) didefinisikan sebagai suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf manusia (Hermawan, 2006). Beberapa istilah dalam JST yang sering ditemui adalah sebagai berikut.

1. *Neuron* atau *Node* atau Unit: sel syaraf tiruan yang merupakan elemen pengolahan jaringan syaraf tiruan. Setiap *neuron* menerima data *input*, memproses *input* tersebut kemudian mengirimkan hasilnya berupa sebuah *output*.
2. Jaringan: kumpulan *neuron* yang saling terhubung dan membentuk lapisan.
3. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*): lapisan yang tidak secara langsung berinteraksi dengan dunia luar. Lapisan ini memperluas kemampuan jaringan syaraf tiruan dalam menghadapi masalah-masalah yang kompleks.
4. *Input*: sebuah nilai *input* yang akan diproses menjadi nilai *output*.
5. *Output*: solusi dari nilai *input*.
6. Bobot: nilai matematis dari sebuah koneksi antar *neuron*.
7. Fungsi aktivasi: fungsi yang digunakan untuk meng-*update* nilai-nilai bobot per-iterasi dari semua nilai *input*.

8. Fungsi aktivasi sederhana adalah mengkalikan *input* dengan bobotnya dan kemudian menjumlahkannya (disebut penjumlahan sigma) berbentuk linier atau tidak linier, dan sigmoid.
9. Paradigma pembelajaran: bentuk pembelajaran, *supervised learning*, atau *unsupervised learning*.

#### 2.4.1 Sejarah Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan mengalami banyak perkembangan dari waktu ke waktu. Menurut (Siang, 2005), sejarah jaringan syaraf tiruan adalah sebagai berikut.

1. Jaringan syaraf tiruan pertama kali secara sederhana diperkenalkan oleh McCulloch dan Pitts pada tahun 1943. McCulloch dan Pitts menyimpulkan bahwa kombinasi beberapa *neuron* sederhana menjadi sebuah sistem *neural* akan meningkatkan kemampuan komputasinya. Bobot dalam jaringan yang diusulkan oleh McCulloch dan Pitts diatur untuk melakukan fungsi logika sederhana. Fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi *threshold*.
2. Pada tahun 1958, Rosenblatt memperkenalkan dan mulai mengembangkan model jaringan baru yang terdiri dari beberapa lapisan yang disebut *Perceptron*. Metode pelatihan diperkenalkan untuk mengoptimalkan hasil iterasinya.
3. Widrow dan Hoff (1960) mengembangkan *perceptron* dengan memperkenalkan aturan pelatihan jaringan, yang dikenal sebagai aturan delta (atau sering disebut kuadrat rata-rata terkecil). Aturan ini akan mengubah

bobot *perceptron* apabila keluaran yang dihasilkan tidak sesuai dengan target yang diinginkan.

4. Rumelhart (1986) mengembangkan *perceptron* menjadi *backpropagation*, yang memungkinkan jaringan diproses melalui beberapa layer karena apa yang dilakukan peneliti terdahulu hanya menggunakan jaringan dengan layer tunggal (*single layer*).
5. Selain itu, beberapa model jaringan syaraf tiruan lain juga dikembangkan oleh Kohonen (1972), Hopfield (1982), dan lain-lain. Pengembangan yang ramai dibicarakan sejak tahun 1990-an adalah aplikasi model-model jaringan syaraf tiruan untuk menyelesaikan berbagai masalah di dunia nyata.

#### **2.4.2 Konsep Dasar Neural Network**

*Neural network* adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi (Siang, 2005: 2). *Neural network* telah diaplikasikan dalam berbagai bidang di antaranya *pattern recognition*, *medical diagnostic*, *signal processing*, dan peramalan. Meskipun banyak aplikasi menjanjikan yang dapat dilakukan oleh *neural network*, namun *neural network* juga memiliki beberapa keterbatasan umum, yaitu ketidakakuratan hasil yang diperoleh. *Neural network* bekerja berdasarkan pola yang terbentuk pada inputnya.

*Neural network* terdiri atas elemen-elemen untuk pemrosesan informasi yang disebut dengan *neuron*, unit, sel atau *node* (Fausset, 1994: 3). Setiap *neuron* dihubungkan dengan *neuron* lainnya dengan suatu *connection link*, yang direpresentasikan dengan *weight*/bobot. Metode untuk menentukan nilai *weight*

disebut dengan *training*, *learning*, atau algoritma. Setiap *neuron* menggunakan fungsi aktivasi pada net input untuk menentukan prediksi *output*.

*Neuron-neuron* dalam *neural network* disusun dalam grup, yang disebut dengan *layer* (lapis). Susunan *neuron-neuron* dalam lapis dan pola koneksi di dalam dan antar lapis disebut dengan arsitektur jaringan. Arsitektur ini merupakan salah satu karakteristik penting yang membedakan *neural network*. Secara umum ada tiga lapis yang membentuk *neural network*:

1. Lapisan Input

Unit-unit di lapisan input disebut unit-unit input. Unit-unit input tersebut menerima pola inputan dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan. Banyak *node* atau neuron dalam lapis input tergantung pada banyaknya input dalam model dan setiap input menentukan satu neuron.

2. Lapisan Tersembunyi (*hidden layer*)

Unit-unit dalam lapisan tersembunyi disebut unit-unit tersembunyi, di mana outputnya tidak dapat diamati secara langsung. Lapis tersembunyi terletak di antara lapis input dan lapis output, yang dapat terdiri atas beberapa lapis tersembunyi.

3. Lapis Output

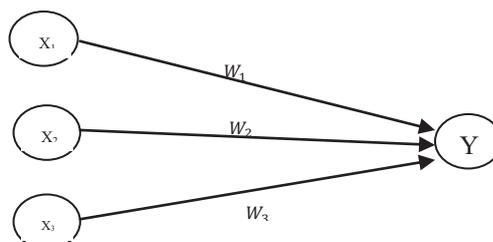
Unit-unit dalam lapisan output disebut unit-unit output. Output dari lapisan ini merupakan solusi *Neural Network* terhadap suatu permasalahan. Setelah melalui proses *training*, *network* merespon input baru untuk menghasilkan output yang merupakan hasil peramalan.

Jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh tiga hal.

### 1) *Arsitektur Jaringan*

*Neuron* dalam jaringan syaraf tiruan sering diganti dengan istilah simpul. Setiap simpul tersebut berfungsi untuk menerima atau mengirim sinyal dari atau ke simpul-simpul lainnya. Pengiriman sinyal disampaikan melalui penghubung. Kekuatan hubungan yang terjadi antara setiap simpul yang saling terhubung dikenal dengan nama bobot.

Arsitektur jaringan dan algoritma pelatihan sangat menentukan model-model jaringan syaraf tiruan. Arsitektur tersebut gunanya untuk menjelaskan arah perjalanan sinyal atau data didalam jaringan. Sedangkan algoritma belajar menjelaskan bagaimana bobot koneksi harus diubah agar pasangan masukan-keluaran yang diinginkan dapat tercapai. Dalam setiap perubahan harga bobot koneksi dapat dilakukan dengan berbagai cara, bergantung pada jenis algoritma pelatihan yang digunakan. Dengan mengatur besarnya nilai bobot ini diharapkan bahwa kinerja jaringan dalam mempelajari berbagai macam pola yang dinyatakan oleh setiap pasangan masukan-keluaran akan meningkat. Sebagai contoh, perhatikan *neuron* Y pada Gambar 2.7 berikut.



**Gambar 2.7** Sebuah Sel Syaraf Tiruan

Keterangan gambar:

$X_i$  : Nilai *input* ke-*i*

$Y$  : Nilai *output* hasil pembangkitan nilai *input* oleh suatu fungsi aktivasi

$W_i$  : Bobot atau nilai

$Y$  menerima input dari *neuron*  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$  dengan bobot hubungan masing-masing adalah  $w_1$ ,  $w_2$ , dan  $w_3$ . Ketiga impuls *neuron* yang ada dijumlahkan  $net = x_1w_1 + x_2w_2 + x_3w_3$ . Besarnya impuls yang diterima oleh  $Y$  mengikuti fungsi aktivasi  $y = f(net)$ . Apabila nilai fungsi aktivasi cukup kuat, maka sinyal akan diteruskan. Nilai fungsi aktivasi (keluaran model jaringan) juga dapat dipakai sebagai dasar untuk merubah bobot.

## 2) Metode *Training*

Selain arsitektur, metode pengaturan nilai bobot (*training*) merupakan karakteristik yang penting dalam jaringan *neural network* (Fausset, 1994: 15).

Metode pelatihan pada *neural network* dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

### 1. Pelatihan Terawasi

Pelatihan ini dilakukan dengan adanya urutan vektor pelatihan, atau pola yang masing-masing terkait dengan vektor target output. Bobot kemudian disesuaikan untuk algoritma pembelajaran. Proses ini dikenal sebagai pelatihan terawasi.

### 2. Pelatihan tak Terawasi

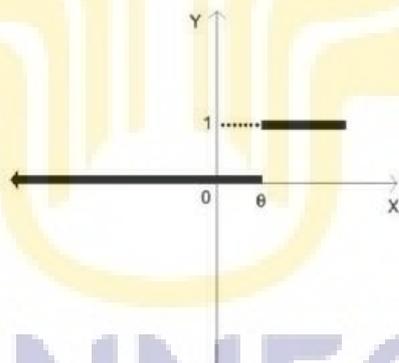
Pada pelatihan ini jaring syaraf mengatur segala kinerja dirinya sendiri, mulai dari masukan vektor hingga menggunakan data training untuk melakukan pembelajaran.

### 3) Fungsi Aktifasi

Fungsi aktifasi yang akan menentukan apakah sinyal dari input neuron akan diteruskan atau tidak (Siang, 2005: 23). Ada beberapa fungsi aktifasi yang sering digunakan dalam *neural network*, antara lain:

#### 1. Fungsi undak biner (*Threshold*)

Fungsi undak biner dengan menggunakan nilai ambang sering juga disebut dengan fungsi nilai ambang (*Threshold*) atau fungsi *Heaviside*. Gambar 2.8 menunjukkan fungsi aktifasi *threshold*.



**Gambar 2.8** Fungsi Aktifasi *Threshold*

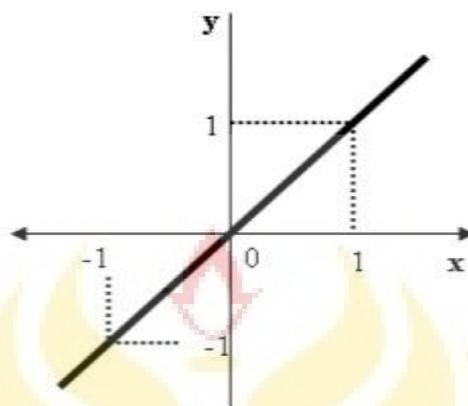
Fungsi undak biner (dengan nilai ambang  $\emptyset$ ) dirumuskan sebagai berikut.

$$Y_k = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < \emptyset \\ 1, & \text{jika } x \geq \emptyset \end{cases} \quad (2.5)$$

#### 2. Fungsi Linear (Identitas)

Fungsi linear memiliki nilai output yang sama dengan nilai inputnya. Fungsi ini dirumuskan sebagai berikut. Gambar 2.9 menunjukkan fungsi aktifasi linear (identitas).

$$y = x \quad (2.6)$$



**Gambar 2.9** Fungsi Aktifasi Linear (Identitas)

### 3. Fungsi Sigmoid Biner

Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode *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 bisa juga digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai outputnya 0 atau 1. Fungsi *sigmoid biner* dirumuskan sebagai berikut.

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2.7)$$

Dengan:

$$f'(x) = f(x) [1 - f(x)] \quad (2.8)$$

### 4. Fungsi Sigmoid Bipolar

Fungsi *sigmoid bipolar* hampir sama dengan fungsi *sigmoid biner*, hanya saja output dari fungsi ini memiliki range antara 1 sampai -1. Fungsi *sigmoid bipolar* dirumuskan sebagai berikut.

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \quad (2.9)$$

Dengan:

$$f'(x) = \frac{1}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)] \quad (2.10)$$

Fungsi ini sangat dekat dengan fungsi *hyperbolic tangent*. Keduanya memiliki *range* antara -1 sampai 1. Untuk fungsi *hyperbolic tangent*, dirumuskan sebagai berikut.

$$y = f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.11)$$

Atau:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}} \quad (2.12)$$

Dengan:

$$f'(x) = [1 + f(x)][1 - f(x)] \quad (2.13)$$

### 2.4.3 Algoritma Backpropagation

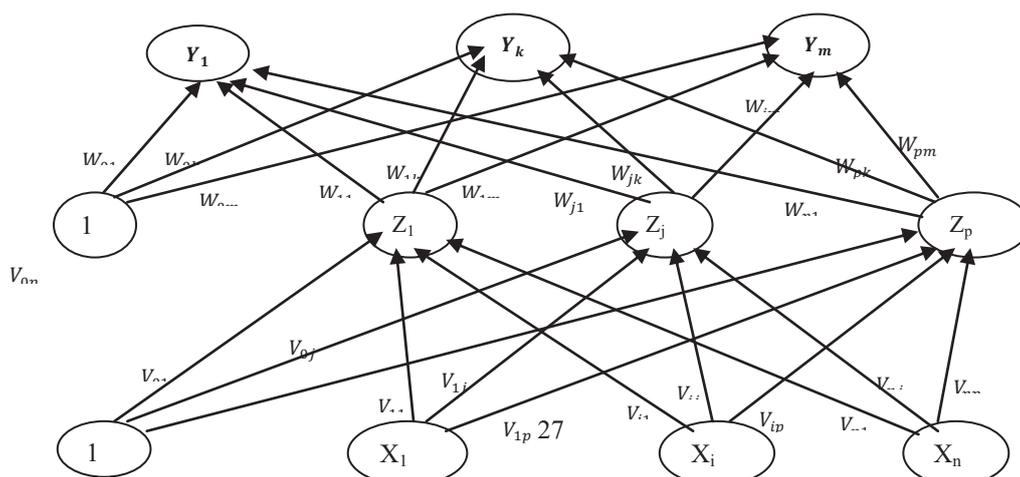
Algoritma pelatihan *backpropagation* adalah salah satu algoritma dengan *multilayer perception* yang pertama kali dirumuskan oleh Werbos dan dipopulerkan oleh Rumelhart dan McClelland untuk dipakai pada *Neural Network*. *Backpropagation neural network* merupakan tipe jaringan syaraf tiruan yang menggunakan metode pembelajaran terawasi (Kusumadewi, 2004: 93).

Algoritma *backpropagation* juga banyak dipakai pada aplikasi pengaturan

karena proses pelatihannya didasarkan pada hubungan yang sederhana, yaitu jika keluaran memberikan hasil yang salah, maka penimbang dikoreksi supaya errornya dapat diperkecil dan respon jaringan selanjutnya diharapkan akan lebih mendekati harga yang benar. *Backpropagation* juga berkemampuan untuk memperbaiki penimbang pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*).

Algoritma *Backpropagation* disebut sebagai propagasi balik karena ketika jaringan diberikan pola masukan sebagai pola pelatihan maka pola tersebut menuju ke unit-unit pada lapisan tersembunyi untuk diteruskan ke unit-unit lapisan keluaran. Selanjutnya, unit-unit lapisan keluaran memberikan tanggapan yang disebut sebagai keluaran jaringan. Saat keluaran jaringan tidak sama dengan keluaran yang diharapkan maka keluaran akan menyebar mundur (*backward*) pada lapisan tersembunyi diteruskan ke unit pada lapisan masukan. Oleh karenanya mekanisme pelatihan tersebut dinamakan *backpropagation*.

Tahap pelatihan ini merupakan langkah bagaimana suatu jaringan syaraf itu berlatih, yaitu dengan cara melakukan perubahan penimbang (sambungan antar lapisan yang membentuk jaringan melalui masing-masing unitnya). Sedangkan pemecahan masalah baru akan dilakukan jika proses pelatihan tersebut selesai, fase tersebut adalah fase *mapping* atau proses pengujian/*testing*. Gambar 2.10 menunjukkan arsitektur *backpropagation*.



**Gambar 2.10** Arsitektur *Backpropagation*

$v_{ij}$  merupakan bobot garis dari unit masukan  $x_i$  ke unit layar tersembunyi  $z_j$  ( $v_{0j}$  merupakan bobot garis yang menghubungkan bias di unit masukan ke unit layar tersembunyi  $z_j$ ).  $w_{jk}$  merupakan bobot dari layar tersembunyi  $z_j$  ke unit keluaran  $y_k$  ( $w_{0k}$  merupakan bobot dari bias dilayar tersembunyi ke unit keluaran  $z_k$ ).

## 2.5 Model *Feed Forward Neural Network* dengan Algoritma *Backpropagation*

Secara umum, proses bekerjanya jaringan *neural network* menyerupai cara otak manusia memproses data input sensorik, diterima sebagai neuron input. Selanjutnya *neuron* saling berhubungan dengan sinapsis (node), dan sinyal dari neuron bekerja secara paralel digabungkan untuk menghasilkan informasi maupun reaksi (Paul, 2005: 21). *Feed forward neural network* (FFNN) merupakan salah satu model *neural network* yang banyak dipakai dalam berbagai bidang. Arsitektur model FFNN terdiri atas satu lapis input, satu atau lebih lapis tersembunyi, dan satu lapis output. Dalam model ini, perhitungan respon atau output  $Y_k$  dilakukan dengan memproses input  $x$  mengalir dari satu lapis maju ke lapis berikutnya secara berurutan. *Single layer feed forward* dengan satu *neuron* pada lapisan tersembunyi adalah jaringan syaraf yang paling dasar dan umum digunakan dalam ekonomi dan aplikasi keuangan. Kompleksitas dari arsitektur FFNN tergantung pada jumlah lapis tersembunyi dan jumlah *neuron* pada masing-

masing lapis.

## 2.6 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan nilai tengah kesalahan persentase absolute dari suatu peramalan. Dalam banyak situasi peramalan, ketepatan dipandang sebagai kriteria penolakan untuk memilih suatu metode peramalan. Dalam banyak hal, kata ketepatan menunjuk seberapa jauh model peramalan tersebut mampu memproduksi data yang telah diketahui (Makridakis, *et al.*, 1999: 39). Kriteria yang digunakan untuk mengukur ketepatan metode peramalan adalah MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Rumus untuk menghitung MAPE adalah sebagai berikut.

$$\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |P_e(t)| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \left( \frac{x(t) - x'(t)}{x(t)} \right) \times 100\% \right| \quad (2.14)$$

Di mana:

$n$  : adalah jumlah data

$P_e(t)$  : persentase kesalahan hasil ramalan

$x(t)$  : data aktual

$x'(t)$  : data hasil ramalan

$t$  : tahun perubahan

## 2.7 Matrix Laboratory (MATLAB)

Menurut Iqbal (2009), MATLAB adalah sebuah bahasa dengan (*high-performance*) kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik. MATLAB mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam suatu model yang sangat mudah untuk pakai dimana masalah-masalah dan penyelesaiannya

diekspresikan dalam notasi matematika yang familiar. Penggunaan MATLAB meliputi bidang–bidang:

1. Matematika dan komputansi
2. Pembentukan *algorithm*
3. Akusisi data
4. Pemodelan, simulasi, dan pembuatan *prototipe*
5. Analisa data, eksplorasi, dan visualisasi
6. Grafik keilmuan dan bidang rekayasa

### **2.7.1 Jendela-jendela pada MATLAB**

Ada beberapa macam *window* yang tersedia dalam MATLAB, yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### **2.7.1.1 MATLAB *Command Window/Editor***

MATLAB *Command window/editor* merupakan *window* yang dibuka pertama kali setiap kali MATLAB dijalankan. Pada *window* di atas dapat dilakukan akses-akses ke *command-command* MATLAB dengan cara mengetikkan barisan-barisan ekspresi MATLAB, seperti mengakses *help window* dan lain-lainnya.

*Command windows* juga digunakan untuk memanggil *tool* MATLAB seperti *editor*, *debugger* atau fungsi. Ciri dari *window* ini adalah adanya prompt (`>>`) yang menyatakan MATLAB siap menerima perintah. Perintah dapat berupa fungsi-fungsi pengaturan file (seperti perintah DOS/UNIX) maupun fungsi-fungsi bawaan/*toolbox* MATLAB sendiri. Berikut ini beberapa fungsi pengaturan file dalam MATLAB:

- dir/ls* : Digunakan untuk melihat isi dari sebuah direktori aktif.
- Cd* : Digunakan untuk melakukan perpindahan dari direktori aktif.
- pwd* : Digunakan untuk melihat direktori yang sedang aktif.
- mkdir* : Digunakan untuk membuat sebuah direktori.
- what* : Digunakan untuk melihat nama file m dalam direktori aktif.
- who* : Digunakan untuk melihat variabel yang sedang aktif.
- whos* : Digunakan untuk menampilkan nama setiap variable.
- delete* : Digunakan untuk menghapus file.
- clear* : Digunakan untuk menghapus variabel.
- clc* : Digunakan untuk membersihkan layar.
- doc* : Digunakan untuk melihat dokumentasi The MathWorks, Inc. dalam format html secara *online*.
- demo* : Digunakan untuk mencoba beberapa tampilan demo yang disediakan oleh MATLAB.

### 2.7.1.2 MATLAB Editor/Debugger

*Window* ini merupakan *tool* yang disediakan oleh MATLAB 5 ke atas. Berfungsi sebagai *editor script* MATLAB (M-file). Walaupun sebenarnya *script* ini untuk pemrograman MATLAB dapat saja menggunakan *editor* yang lain seperti *notepad*, *wordpad* bahkan *Microsoft Word*.

### 2.7.1.3 Figure Windows

*Window* ini adalah hasil visualisasi dari *script* MATLAB, namun MATLAB memberi kemudahan bagi *programmer* untuk mengedit *window* ini sekaligus memberikan program khusus untuk itu. Jadi *window* ini selain berfungsi

sebagai visualisasi *output* dapat juga sekaligus menjadi media *input* yang interaktif.

#### 2.7.1.4 MATLAB *Help Window*

MATLAB menyediakan sistem *help* yang dapat diakses dengan perintah *help*. Misalnya, untuk memperoleh informasi mengenai fungsi *elfun* yaitu fungsi untuk trigonometri, eksponensial, *kompleks* dan lain-lain.

#### 2.7.2 Kelengkapan pada Sistem MATLAB

Menurut (Iqbal, 2009) sebagai sebuah sistem, MATLAB tersusun dari 5 bagian utama.

##### 1. *Development Environment*

Merupakan sekumpulan perangkat dan fasilitas yang membantu untuk menggunakan fungsi-fungsi dan file-file MATLAB. Beberapa perangkat ini merupakan sebuah *graphical user interfaces* (GUI). Termasuk di dalamnya adalah MATLAB desktop dan *Command Window*, *command history*, sebuah *editor* dan *debugger*, dan *browsers* untuk melihat *help*, *workspace*, *files*, dan *search path*.

##### 2. MATLAB *Mathematical Function Library*

Merupakan sekumpulan algoritma komputasi mulai dari fungsi-fungsi dasar seperti: *sum*, *sin*, *cos*, dan *complex arithmetic*, sampai dengan fungsi-fungsi yang lebih kompleks seperti *matrix inverse*, *matrix eigenvalues*, *bessel functions*, dan *fast fourier transforms*.

##### 3. MATLAB *Language*

Merupakan suatu *high-level matrix/array language* dengan *control flow statements, functions, data structures, input/output, dan fitur-fitur object-oriented programming*. Ini memungkinkan bagi kita untuk melakukan kedua hal baik "pemrograman dalam lingkup sederhana" untuk mendapatkan hasil yang cepat, dan "pemrograman dalam lingkup yang lebih besar" untuk memperoleh hasil-hasil dan aplikasi yang kompleks.

#### 4. **Graphics**

MATLAB memiliki fasilitas untuk menampilkan vektor dan matriks sebagai suatu grafik. Di dalamnya melibatkan *high-level functions* (fungsi-fungsi tingkat tinggi) untuk visualisasi data dua dimensi dan data tiga dimensi, *image processing, animation, dan presentation graphics*.

#### 5. **Confusion Matrix**

Setelah dilakukan pemodelan data untuk pengenalan, maka hal yang harus dikerjakan selanjutnya adalah menentukan seberapa besar tingkat akurasi sistem tersebut dalam mengenali data set pengujian. Suatu *confusion matrix* merupakan alat yang berguna untuk menganalisis seberapa baik pengklasifikasi tersebut dapat mengenali tupel dalam kelas-kelas yang berbeda (Hermoza dkk, 2011). Misalnya terdapat  $m$  kelas data, *confusion matrix* adalah tabel ukuran minimal  $m \times m$ . Entri  $CM_{i,j}$  dalam  $m$  baris pertama dan  $m$  kolom menunjukkan jumlah tupel kelas  $i$  yang dilabeli oleh pengelompok sebagai kelas  $j$ . Agar pengelompok memiliki akurasi yang baik, idealnya sebagian besar tupel akan diwakili sepanjang diagonal dari *confusion*

*matrix*, dari entri  $CM_{1,1}$  sampai entri  $CM_{m,m}$ , dengan sisa entri yang mendekati nol. Tabel ini dapat memiliki tambahan baris atau kolom untuk nilai total atau tingkat persentase per kelas.

## 2.8 Kerangka Berpikir

Data *time series* merupakan data yang sering digunakan dalam hal memprediksi suatu kejadian yang akan terjadi di waktu yang akan datang. Data harga saham merupakan contoh dari data *time series*. Untuk mengolah data *time series* banyak metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode *feed forward neural network*.

Keuntungan menggunakan metode *feed forward neural network* adalah bahwa metode ini mampu menghasilkan peramalan yang lebih baik daripada metode *regresi linear*. Hal ini disebabkan jaringan syaraf tiruan dapat melakukan pembelajaran yang lebih cepat, meskipun dalam lingkungan yang dinamik seperti data harga saham.

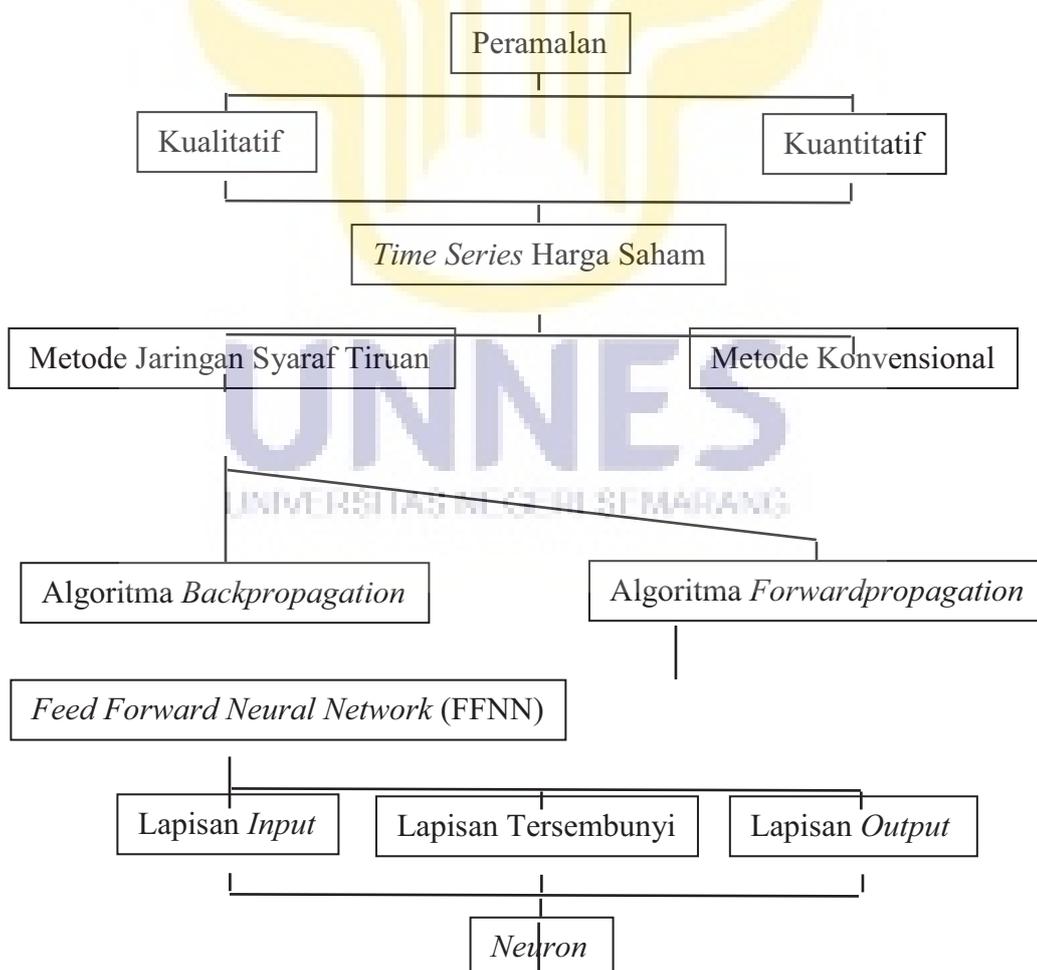
Model *feed forward neural network* ini terdiri dari lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan *output*. Pada setiap lapisannya terdapat elemen-elemen pemrosesan yang disebut dengan *neuron*, dimana jumlah neuron pada lapis tersembunyi yang digunakan akan mempengaruhi output model dalam meminimumkan *error*.

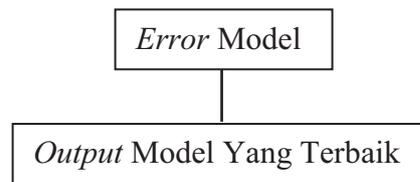
Pada *feed forward neural network* selain dari jumlah parameter yang digunakan, data masa kini juga dipengaruhi oleh jumlah unit neuron pada lapisan tersembunyi yang memungkinkan *error* model yang didapat lebih kecil. Dalam hal mengolah data runtun waktu (*time series*), jaringan syaraf tiruan mempunyai

dua jenis algoritma yang dapat digunakan, yaitu *backpropagation* dan *forwardpropagation*. Dalam penulisan ini digunakan algoritma *backpropagation* dengan tujuan meminimalkan *error* pada *output* yang dihasilkan oleh jaringan selama pelatihan.

Hasil yang diharapkan dari penulisan ini adalah model terbaik dari *feed forward neural network* dengan menggunakan algoritma *backpropagation* yang nantinya digunakan untuk meramalkan harga saham. Keakuratan hasil peramalan dijadikan acuan untuk para investor saham dalam pengambilan sebuah keputusan, apakah akan menjual, menahan, atau membeli saham tersebut.

Uraian kerangka berpikir di atas disajikan pada Gambar 2.11.





**Gambar 2.11** Kerangka Berpikir Penulisan



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan mengenai pembentukan model *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation* yang diterapkan untuk meramalkan harga saham PT. United Tractors, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Prosedur pembentukan model *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation* terdiri atas beberapa tahap, yaitu (1) menentukan *input* berdasarkan hasil *lag signifikan* pada plot PACF, (2) membagi data menjadi 2 yaitu data *training* dan *testing*, (3) normalisasikan data, (4) membangun model *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation*, yaitu menentukan banyaknya *hidden layer*, menentukan *input* yang optimal, dan menentukan bobot model, (5) denormalisasi data, dan (6) uji kesesuaian model dengan hasil plot *regression*. Langkah tersebut menghasilkan model yang terbaik untuk peramalan harga saham.
2. Model *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation* ini diterapkan pada data harga saham periode mingguan dari tanggal 1 September 2014 sampai 5 September 2016 dengan variabel *input* yang digunakan yaitu harga pembukaan saham dan harga penutupan saham. Struktur jaringan terbaik yang diperoleh adalah dengan 3 *neuron input* dan 10 *neuron hidden layer* dengan menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid bipolar*, fungsi *linear* dan algoritma *traingdx*. Peramalan harga saham tersebut

menghasilkan nilai MAPE sebesar 0.014753 untuk proses *training* dan 0.044259 untuk proses *testing*.

3. Hasil peramalan untuk periode 13 September 2016 adalah Rp.17.405, selisih Rp.45 dengan data harga saham asli sebesar Rp.17.450. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation* sangat baik digunakan untuk peramalan harga saham.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan pada pembahasan tentang peramalan harga saham menggunakan model *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation*, maka saran yang perlu disampaikan adalah sebagai berikut.

1. Pada pembahasan skripsi ini digunakan 2 variabel *input* yaitu harga pembukaan saham dan harga penutupan saham. Bagi pembaca yang tertarik menggunakan model *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation* untuk peramalan harga saham dapat menambahkan *intervensi* dari faktor-faktor penyebab perubahan harga saham, sehingga banyak kemungkinan yang bisa menjadi pertimbangan untuk menentukan hasil *output*.
2. Pada pembahasan ini tidak ada faktor *input* yang dominan dalam menentukan *output* peramalan harga saham PT. United Tractors, sehingga semua variabel mempunyai pengaruh yang sama terhadap *output*. Untuk penelitian selanjutnya bisa dengan faktor *input* yang dominan yang akan mempunyai

pengaruh terhadap *output* dan model dapat dipercepat dengan menggunakan berbagai macam pembelajaran lainnya, misalnya *traingda* dan *trainrp*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Fausset, L. 1994. *Fundamental of Neural Network (Archetectures, Algorithms, and Applications)*. Upper Saddle River, New-Jersey: Prentice-Hall.
- Gharoie, R. A., Yahyazadehfar, M., Hassan, P. 2010. "The Comparison of Methods Artifical Neural Network with Linear Regression Using Specific Variables for Prediction Stock Price in Tehran Stock Exchange". *International Journal of Computer Science and Information Security*. Vol. 7, No. 2. pp. 38-46
- Halim, A. 2005. *Analisis Investasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Hanke, J. E., dan Winchern, D. W. 2004. *Business Forecasting Eight Edition*. United States of Amerika: Pearson Education, Inc.
- Herawati, S. 2013. "Peramalan Harga Saham Menggunakan Integrasi Empirical Mode Decomposition Dan Jaringan Syaraf Tiruan". *Jurnal Ilmiah Mikrotek*. Vol. 1, No. 1. Universitas Turnojoyo Madura. pp. 23-28.
- Hermawan, A. 2006. *Jaringan Syaraf Tiruan: Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Iqbal, M. 2009. *Dasar Pengolahan Citra Menggunakan MATLAB*. Department Ilmu dan Teknologi Kelautan IPB.
- Kao, J. J dan Huang, S. S. 2000. Forecasts Using Neural Network versus Box-Jenkins Methodology for Ambient Air Quality Monitoring Data. *Journal of the Air and Waste Management Association*. Vol. 50, No. 2. pp. 219-226.
- Kusumadewi, S. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan dengan Matlab dan Exel Link*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumawati, R., Wutsaqa, D. U., dan Subekti, R. 2014. "Pembentukan Model Neural Network Untuk Data Time Series dengan Intervensi dan Aplikasinya pada Data IHK. *Jurnal Sains Dasar*. Vol. 3, No. 2. pp. 190-195.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., dan Mc Gee, V. E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid I* (Ir. Untung Sus Ardiyanto, M.Sc dan Ir. Abdul Basith, M.Sc. Terjemahan). Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mathwork Inc., 1999. *Neural Network Toolbox for Use With Matlab*. The Mathwork Inc. Natick, USA.

- Moein, M. A., Dehghan, H. D., dan Entezari, S. 2012. "Evaluating the Employment of Technical Indicators in Predicting Stock Price Index Variations Using Artificial Neural Network (Case Study: Tehran Stock Exchange)". *International Journal of Business and Management*. Vol. 7, No. 15. pp. 25-34
- Render, B dan Heizer, J. 2009. *Manajemen Operasi*. Edisi Kesembilan. Jakarta: Salemba Empat.
- Rohmana, I dan Arifudin, R. 2014. "Perbandingan Jaringan Syaraf Tiruan dan Naive Bayes Dalam Deteksi Seseorang Terkena Penyakit Stroke". *Jurnal MIPA Unnes Semarang*. Vol. 37, No. 2. pp. 92-104.
- Sarjono, H., Agustina, Y., dan Pujadi, A. 2009. "Analisis Peramalan Penjualan pada PT Multi Megah Mandiri Tahun 2009". *Jurnal Manajemen di Bidang Jasa Pariwisata dan Lingkungan, Keuangan dan Pasar Modal*. Vol. 5, No. 1. pp 60-78.
- Sellani, R. J. 2009. "The Sales Forecast is the Most Important Plan in an Organization". *Journal of the International Academy for Case Studies*. (<http://search.proquest.com/docview/232595477/13B84CC89562DEC65DD/1?accountid=31532#center>). Di akses pada 29 Agustus 2016.
- Siang, J. J. 2005. *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Sudjana. 1996. *Metode Statistika*. Bandung: PT. Tarsito.
- Suharto, I. 2004. *Perekayasaan Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Sunariyah. 2006. *Pengantar Pengetahuan Pasar Modal*, Edisi Kelima, UPP STIM YKPN, Yogyakarta. IAS NEGERI SEMARANG
- Warsito, B. 2006. "Perbandingan Model Feedforward Neural Network dan Generalized Regression Neural Network Pada Data Nilai Tukar Yen Terhadap Dolar AS". *Jurnal SPMIPA Undip Semarang*. Vol. 1, No. 1. pp. 127-131.
- Wei, W. W. S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods Second Edition*. New York: Pearson Education.