

**PERBANDINGAN SISTEM *FUZZY* DENGAN SKEMA TABEL
LOOK-UP DAN METODE ARIMA UNTUK PERAMALAN
(Kasus Pada Data *Time Series Financial*)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam Bidang Statistika

Oleh:

FARADI MAULANA SADEWA

0710953035-95



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2012**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PERBANDINGAN SISTEM *FUZZY* DENGAN SKEMA TABEL
LOOK-UP DAN METODE ARIMA UNTUK PERAMALAN
(Kasus Pada Data *Time Series Financial*)**

Oleh :

FARADI MAULANA SADEWA

0710953035-95

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 9 Februari 2012
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam Bidang Statistika

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Samingun Handoyo, S.Si, M.Cs

NIP. 19730415 199802 1 002

Eni Sumarminingsih, S.Si, MM

NIP. 19770515 200212 2 009

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc

NIP. 19670907 199203 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Faradi Maulana Sadewa
NIM : 0710953035-95
Jurusan : Matematika/Statistika
Penulis Skripsi Berjudul : Perbandingan Sistem *Fuzzy* Dengan Skema Tabel *Look-Up* Dan Metode Arima Untuk Peramalan (Kasus Pada Data *Time Series Financial*)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka Skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila dikemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 15 Februari 2012

Yang menyatakan,

Faradi Maulana Sadewa

NIM. 0710953035-95

PERBANDINGAN SISTEM *FUZZY* DENGAN SKEMA TABEL *LOOK-UP* DAN METODE ARIMA UNTUK PERAMALAN (Kasus Pada Data *Time Series Financial*)

ABSTRAK

Peramalan adalah aktifitas untuk menghitung atau memprediksi beberapa kejadian atau kondisi yang akan datang. Peramalan diperlukan untuk mengetahui kapan dan bagaimana suatu peristiwa akan terjadi, sehingga dapat dipersiapkan tindakan yang lebih tepat untuk dilakukan. *Fuzzy logic* pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*multivalued logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti ya atau tidak, benar atau salah, hitam atau putih, dan sebagainya. *Fuzzy Inference System* (FIS) merupakan sistem *fuzzy* yang dihasilkan dari pemetaan suatu *input* menjadi *output* berdasarkan IF-THEN *rule* yang diberikan. Salah satu metode untuk membangun sebuah sistem *fuzzy* adalah *fuzzy* dengan skema tabel *look-up*. Dengan skema tabel *look-up*, kaidah (*rule*) saling konflik yang terbentuk dapat dihilangkan dengan cara membandingkan nilai keanggotaannya (*degree*). Pada penelitian ini, IF-THEN *rule* yang terbentuk berdasarkan metode *fuzzy* dengan skema tabel *look-up* adalah sebanyak 45 *rule* untuk 4 *input* dan 1 *output* dan sebanyak 75 *rule* untuk 6 *input* dan 1 *output*. Selanjutnya, dari sistem *fuzzy* yang terbentuk dilakukan peramalan dan menghasilkan MSE sebesar 3115542 untuk 4 *input* dan 1 *output*, MSE sebesar 2795817 untuk 6 *input* dan 1 *output*. Untuk mengetahui kebaikan peramalan menggunakan *fuzzy*, diperlukan adanya teknik peramalan konvensional sebagai pembanding. Teknik peramalan pembanding yang digunakan adalah ARIMA dengan model ARIMA (0,2,1) yang menghasilkan nilai MSE lebih kecil dibandingkan peramalan yang dilakukan dengan menggunakan *fuzzy* yaitu sebesar 768949. Dengan demikian, peramalan menggunakan model ARIMA (0,2,1) dinilai lebih baik dibandingkan peramalan menggunakan *fuzzy*.

Kata kunci : *fuzzy logic*, FIS, skema tabel *look-up*, ARIMA

**COMPARISON OF FUZZY SYSTEMS WITH TABLE
LOOK-UP SCHEME AND ARIMA METHOD FOR
FORECASTING
(Case in Financial Time Series Data)**

ABSTRACT

Prediction is the activity to calculate or predict some events or conditions that will come. Prediction is required to know when and how an event will occur, so it can be prepared in a more appropriate action to do. *Fuzzy logic* is basically a much valued logic (*multivalued logic*) that can define a value between conventional circumstances such as yes or no, right or wrong, black or white, and so on. *Fuzzy Inference System* (FIS) is a *fuzzy* system is produced from an *input* to *output* mapping based on the IF-THEN rule is given. One method to construct a *fuzzy* system is *fuzzy* with a *table look-up scheme*. By *table look-up scheme* principles (rule) conflict with each other are formed can be eliminated by comparing the value of membership (degree). In this study, IF-THEN rules which established based on *fuzzy* methods with *table look-up scheme* is as much as 45 rule for 4 inputs and 1 output, and as many as 75 rules for 6 inputs and 1 output. Furthermore, from the fuzzy system that has been formed to do prediction and produce MSE of 3115542 for 4 inputs and 1 output, amounting to 2795817 MSE for 6 inputs and 1 output. To find out goodness of prediction using a fuzzy, it is necessary konvensional prediction techniques for comparison. The Technique of prediction that used for comparative is ARIMA, with model ARIMA (0,2,1) that produced MSE value that smaller then prediction is done by using fuzzy that is equal to 768949. Thus, using the prediction model ARIMA (0,2,1) were considered to be better than using the fuzzy prediction.

Keywords: *fuzzy logic*, FIS, *table look-up scheme*, ARIMA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perbandingan Sistem *Fuzzy* Dengan Skema Tabel *Look-Up* Dan Metode Arima Untuk Peramalan (Kasus Pada Data *Time Series Financial*)". Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Samingun Handoyo, S.Si, M.Cs sebagai dosen pembimbing I dan Ibu Eni Sumarminingsih, S.Si, MM sebagai dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, masukan serta motivasi.
2. Ibu Ir. Heni Kusdarwati, S.Si, M.S selaku dosen penguji atas saran dan masukan yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
4. Bapak, Ibu dan semua keluarga atas dukungan, perhatian dan doa yang diberikan selama ini kepada penulis untuk mencapai prestasi terbaik.
5. Ella Dwi Widyastuti atas perhatian, dukungan, dan semangat selama ini.
6. Seluruh teman-teman Statistika 2007 atas perhatian, perjuangan, dukungan, kerjasama dan semangat selama ini.
7. Teman-teman Statistika 2006, 2008, 2009, 2010 dan 2011 atas bantuan, dukungan dan perhatiannya.
8. LOF SOBAT MIPA atas perhatian, perjuangan, dukungan, kerjasama dan semangat selama ini.
9. Seluruh pihak yang telah berpartisipasi yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Malang, 15 Februari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jenis Data	5
2.1.1 Data Runtun Waktu (<i>Time Series</i>)	5
2.1.2 Data Silang (<i>Cross Section</i>)	6
2.1.3 Data Panel (<i>Pooled Data</i>)	7
2.2 Definisi Peramalan	7
2.3 <i>Fuzzy Logic</i>	9
2.3.1 Sejarah <i>Fuzzy Logic</i>	9
2.3.2 Definisi <i>Fuzzy Logic</i>	10
2.3.3 Definisi <i>Fuzzy Set</i> (Himpunan <i>Fuzzy</i>)	11
2.3.4 Jenis-Jenis Fungsi Keanggotaan	16
2.3.4.1 Fungsi Representasi Linier	16
2.3.4.2 Fungsi Keanggotaan Segitiga	18
2.3.4.3 Fungsi Keanggotaan Trapesium	19
2.3.4.4 Representasi Kurva Bahu	19
2.3.5 Operator Dasar Zadeh untuk Operasi	

Himpunan <i>Fuzzy</i>	20
2.3.6 Fungsi Implikasi.....	21
2.3.7 Sistem Berbasis Aturan <i>Fuzzy</i>	22
2.3.7.1 <i>Fuzzyfication</i>	22
2.3.7.2 Basis Kaidah <i>Fuzzy (Rule Base)</i>	23
2.3.7.3 <i>Inference</i>	23
2.3.7.4 <i>Defuzzification</i>	24
2.3.8 <i>Fuzzy Time Series</i>	24
2.3.9 Definisi <i>Fuzzy Time Series</i>	25
2.3.10 Model <i>Fuzzy</i> untuk Data <i>Time Series</i>	27
2.3.11 Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	27
2.3.12 <i>Table Look-Up Scheme</i>	31
2.3.13 Fungsi Autokorelasi (ACF)	32
2.3.14 Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)	33
2.3.15 Kestasioneran Deret Waktu	34
2.3.16 <i>Autoregressive Integrated Moving</i> <i>Average (ARIMA)</i>	36
2.3.17 Strategi Pembentukan Model ARIMA... ..	37
2.3.18 <i>Overfitting</i>	38
2.3.19 Pemilihan Model Terbaik	39
2.3.20 Kriteria Pemilihan Algoritma Terbaik untuk Peramalan	39
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Sumber Data.....	41
3.2 Metodologi	41
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Menentukan <i>Input</i> dan <i>Output</i> Data Berdasarkan Data <i>Fuzzy Time Series</i>	45
4.2 Peramalan Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk dengan Metode <i>Table Look-Up Scheme</i> ..	47
4.2.1 Mendefinisikan Himpunan <i>Fuzzy</i> Untuk Setiap Variable <i>Input</i> dan <i>Output</i>	47
4.2.2 Membangkitkan Satu Kaidah (<i>Rule</i>) Dari Satu Pasangan <i>Input</i> Dan <i>Output</i> ...	49
4.2.3 Memberikan Suatu <i>Degree</i> Untuk Setiap Kaidah Yang Dibangkitkan.....	51

4.2.4 Membuat Basis Kaidah <i>Fuzzy</i> (<i>Fuzzy Rule Base</i>).....	54
4.2.5 Membangun <i>Fuzzy Inference System</i> (FIS) Berdasarkan Pada Kaidah Berbasis <i>Fuzzy</i>	56
4.3 Peramalan Dengan Metode ARIMA.....	62
4.3.1 Identifikasi Pola Data.....	62
4.3.2 Pengujian <i>Stasioneritas</i>	62
4.3.2.1 <i>Stasioneritas</i> terhadap ragam.....	62
4.3.2.2 <i>Stasioneritas</i> terhadap rata-rata.....	64
4.3.3 Spesifikasi Model ARIMA.....	66
4.3.4 <i>Overfitting</i>	67
4.3.5 Uji Kelayakan Model dan Diagnostik Model.....	68
4.3.6 Pemilihan Model Terbaik.....	68
4.4 Menentukan Algoritma Terbaik untuk Peramalan.....	70
BAB V. KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	77

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Produksi dan lag produksi kopi dunia tahun 2000-2005.....	6
Tabel 2.2 Perbandingan antara penjualan, pembelian bahan baku, dan jumlah karyawan pada restoran A, B, dan C dalam satu bulan.....	6
Tabel 2.3 Data panel ekspor dan impor kopi Indonesia dan Malaysia pada periode tahun 2005-2007.....	7
Tabel 2.4 Nilai λ Dan Bentuk Transformasi Yang Berhubungan.....	35
Tabel 2.5 Ciri-ciri ACF dan PACF.....	37
Tabel 4.1 Kaidah <i>Fuzzy</i> Dari Nilai Keanggotaan Yang Maksimal Pada Setiap Fungsi Keanggotaan Untuk FIS Dengan 4 <i>Input</i> dan 1 <i>Output</i>	49
Tabel 4.2 Kaidah <i>Fuzzy</i> Dari Nilai Keanggotaan Yang Maksimal Pada Setiap Fungsi Keanggotaan Untuk FIS Dengan 6 <i>Input</i> dan 1 <i>Output</i>	50
Tabel 4.3 <i>Degree</i> Dari Setiap Kaidah Untuk FIS Dengan 4 <i>Input</i> dan 1 <i>Output</i>	52
Tabel 4.4 <i>Degree</i> Dari Setiap Kaidah Untuk FIS Dengan 6 <i>Input</i> dan 1 <i>Output</i>	53
Tabel 4.5 Kaidah Yang Terbentuk Untuk FIS Dengan 4 <i>Input</i> dan 1 <i>Output</i>	54
Tabel 4.6 Kaidah Yang Terbentuk Untuk FIS Dengan 6 <i>Input</i> dan 1 <i>Output</i>	55
Tabel 4.7 Hasil Peramalan Dari FIS Untuk 4 <i>Input</i> Dan 1 <i>Output</i>	60
Tabel 4.8 Hasil Peramalan Dari FIS Untuk 6 <i>Input</i> Dan 1 <i>Output</i>	61
Tabel 4.9 Nilai AIC dari duabelas model yang layak.....	68
Tabel 4.10 Hasil Peramalan Dari Metode ARIMA.....	69
Tabel 4.11 Perbandingan Nilai Kesalahan Rata-Rata (MSE)...	70

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Perbandingan Contoh (a) Logika Tegas Dan (b) Logika <i>Fuzzy</i> Dalam Penentuan Golongan Umur.....	11
Gambar 2.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> Kepandaian Mahasiswa Berdasarkan IPK.....	12
Gambar 2.3 Representasi Himpunan <i>Fuzzy</i> Bilangan Asli Sekitar 5.....	13
Gambar 2.4 Himpunan fuzzy pada variable temperature.....	14
Gambar 2.5 Grafik pengelompokan umur ke himpunan kategori usia dengan logika fuzzy.....	15
Gambar 2.6 Fungsi Representasi Linier Naik.....	17
Gambar 2.7 Fungsi Representasi Linier Turun.....	18
Gambar 2.8 Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	18
Gambar 2.9 Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	19
Gambar 2.10 Representasi Kurva Bahu.....	20
Gambar 2.11 Operasi <i>Union</i> Himpunan Bagian A dan B.....	20
Gambar 2.12 Operasi <i>Intersection</i> Himpunan Bagian A dan B.....	21
Gambar 2.13 Proses dalam FIS.....	28
Gambar 3.1 Diagram Alir metode analisis pembentukan sistem inferensi <i>fuzzy</i> dengan penyusunan aturan kaidah <i>fuzzy</i> menggunakan skema tabel <i>look-up</i> yang akan dibandingkan dengan metode Box-Jenkins (ARIMA).....	43
Gambar 3.2 Langkah-langkah dalam skema tabel <i>look-up</i> untuk mendesain sistem <i>fuzzy</i>	44
Gambar 4.1 Plot Data Saham Harian PT. Gudang Garam,Tbk.....	45
Gambar 4.2 Plot Data <i>Input</i> Saham Harian PT. Gudang Garam,Tbk.....	46
Gambar 4.3 Plot Data <i>Output</i> Saham Harian PT. Gudang Garam,Tbk.....	46
Gambar 4.4 Fungsi Keanggotaan Dari Data <i>Input</i> Saham Harian PT. Gudang Garam,Tbk.....	48
Gambar 4.5 Model FIS yang dibangun untuk 4 <i>input</i> dan 1	

<i>output</i>	56
Gambar 4.6 Model FIS yang dibangun untuk 6 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	57
Gambar 4.7 Kaidah Penyusun FIS untuk 4 <i>input</i> dan 1 <i>output</i> yang terbentuk.....	58
Gambar 4.8 Kaidah Penyusun FIS untuk 6 <i>input</i> dan 1 <i>output</i> yang terbentuk.....	59
Gambar 4.9 Plot Hasil Prediksi Dari Data Realisasi Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Dengan FIS untuk 4 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	60
Gambar 4.10 Plot Hasil Prediksi Dari Data Realisasi Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Dengan FIS untuk 6 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	61
Gambar 4.11 Plot Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk.....	62
Gambar 4.12 Transformasi Box-Cox Data Trasformasi 1.....	63
Gambar 4.13 Transformasi Box-Cox Data Trasformasi 2.....	63
Gambar 4.14 Transformasi Box-Cox Data Trasformasi 3.....	64
Gambar 4.15 Plot ACF Data Transformasi 3.....	65
Gambar 4.16 Plot ACF Data Difference 1.....	65
Gambar 4.17 Plot ACF Data Difference 2.....	66
Gambar 4.18 Plot PACF Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk. Yang Stasioner.....	67
Gambar 4.19 Data dan Hasil Peramalan Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk. Dengan ARIMA (0,2,1)...	69



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Dari Bulan Januari 2010 Sampai Dengan Bulan Desember 2010.....	77
Lampiran 2. Perintah Matlab Untuk FIS Dengan 4 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	78
Lampiran 3. Perintah Matlab Untuk FIS Dengan 6 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	82
Lampiran 4. Nilai Keanggotaan Dari Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i> Pada Setiap Fungsi Keanggotaan Untuk FIS Dengan 4 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	86
Lampiran 5. Nilai Keanggotaan Dari Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i> Pada Setiap Fungsi Keanggotaan Untuk FIS Dengan 6 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	91
Lampiran 6. Hitungan Degree Dari Tiap Kaidah Untuk FIS Dengan 4 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	98
Lampiran 7. Hitungan Degree Dari Tiap Kaidah Untuk FIS Dengan 4 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	99
Lampiran 8. Perhitungan ARIMA Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk.....	100
Lampiran 9. Perhitungan AIC Model Yang Layak Untuk Peramalan Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk.....	104
Lampiran 10. Nilai Dari Data Realisasi dan Hasil Prediksi Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Untuk FIS Dengan 4 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	107
Lampiran 11. Nilai Dari Data Realisasi dan Hasil Prediksi Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Untuk FIS Dengan 6 <i>input</i> dan 1 <i>output</i>	108
Lampiran 12. Nilai Dari Data Realisasi dan Hasil Prediksi Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Untuk ARIMA (0,2,1).....	109

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peramalan adalah aktifitas untuk menghitung atau memprediksi beberapa kejadian atau kondisi yang akan datang, umumnya sebagai hasil dari studi atau analisis dari sebagian data. (Makridakis.dkk, 1999). Peramalan diperlukan untuk mengetahui kapan dan bagaimana suatu peristiwa akan terjadi, sehingga dapat dipersiapkan tindakan yang lebih tepat yang dapat dilakukan. Kecenderungan untuk dapat mengetahui peristiwa secara lebih tepat sehingga dapat menjadi dasar untuk perencanaan waktu ke depan sangat dibantu dengan adanya metode peramalan yang merupakan cara untuk perencanaan ke depan tersebut.

Kemajuan pendekatan metode berkembang, merujuk ke perkembangan matematika dan teknologi komputer. Jika sebelumnya untuk pemodelan suatu sistem digunakan metode Statistik yang didasari oleh teori probabilitas yang merepresentasikan ketidakpastian, maka sekitar tahun 1965 Profesor L.A. Zadeh dari Universitas California di Berkeley memperkenalkan teori himpunan *fuzzy*, yang secara tidak langsung mengisyaratkan bahwa tidak hanya teori probabilitas saja yang dapat merepresentasikan ketidakpastian.

Logika *fuzzy* merupakan generalisasi dari logika klasik yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan antara 0 dan 1. Dalam logika *fuzzy*, nilai kebenaran suatu pernyataan berkisar dari sepenuhnya benar sampai dengan sepenuhnya salah. Dengan teori himpunan *fuzzy*, suatu objek dapat menjadi anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda dalam masing-masing himpunan. Implementasi logika *fuzzy* sebagai komponen utama pembangun *soft computing*, terbukti telah memiliki kinerja yang sangat baik untuk menyelesaikan masalah-masalah yang mengandung ketidakpastian. Faktor penting yang mendorong perkembangan mesin masa kini adalah penggunaan *soft computing* untuk meniru kemampuan otak manusia yang secara efektif melakukan pendekatan daripada pertimbangan kepastian perhitungan matematika belaka. *Soft computing* memberikan toleransi ketidaktepatan, ketidakpastian, dan kebenaran parsial. Tujuan utama

dari *soft computing* adalah untuk mengambil keuntungan dari toleransi ini agar mencapai kepatuhan sistem, kekokohan, tingkat kecerdasan mesin yang tinggi, dan biaya yang lebih rendah. Himpunan dan logika *fuzzy* semakin banyak diminati para peneliti untuk diterapkan dalam penelitiannya. Implementasinya luas baik di bidang *engineering*, psikologi, sosial dan juga bidang ekonomi.

Sistem *fuzzy* adalah sistem yang terdiri dari fuzzifikasi, basis aturan fuzzy, mesin inferensi fuzzy dan defuzzifikasi. Sistem *fuzzy* ini didasarkan pada logika *fuzzy*. Kemudian logika *fuzzy* ini didasarkan pada pengetahuan para pakar untuk menentukan aturan-aturannya. Jadi kelebihan dari sistem ini adalah proses pemodelannya tidak hanya berdasarkan pada data-data real tetapi juga berdasarkan pengetahuan para ahli dibidangnya. Salah satu model *fuzzy* yang dapat digunakan untuk pemodelan berdasarkan data-data waktu sebelumnya adalah model *fuzzy time series*.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan dalam bidang peramalan, di antaranya adalah metode Box-Jenkins (ARIMA), *smoothing*, ekonometri, regresi dan sebagainya. Namun berbagai pendekatan tersebut tidak dapat menangani masalah peramalan dimana nilai-nilai *time series* berupa istilah linguistik yang diwakili oleh *fuzzy set*, sehingga diusulkan sebuah konsep yang bernama *fuzzy time series* oleh Song dan Chissom (1993,1994) untuk menyelesaikan masalah peramalan apabila data historis adalah nilai-nilai linguistik. Misalnya, dalam masalah peramalan, data historis tidak dalam bentuk angka real, namun berupa data linguistik. Dalam hal ini, tidak ada model *time series* konvensional yang dapat diterapkan, akan tetapi model *fuzzy time series* dapat diterapkan dengan lebih tepat.

Untuk dapat meramal dengan tepat, maka diperlukan suatu metode yang andal. Metode yang digunakan pada peramalan beban jangka pendek pada tugas akhir ini adalah *fuzzy time series*. Kelebihan dari metode *fuzzy time series* dibandingkan dengan metode peramalan konvensional adalah apabila data yang digunakan berbentuk linguistik. Harapan penggunaan model *fuzzy time series* ini adalah untuk meningkatkan hasil ketepatan peramalan dalam menanggapi ketidakpastian (*uncertainty*) dan ketidakjelasan (*vagueness*).

Pada penelitian ini salah satu fokusnya adalah permodelan pada bidang ekonomi *financial* dengan penekanan data *time series*, maka pada penelitian ini akan dikaji permodelan dengan Sistem Inferensi Fuzzy yang penyusunan basis kaidahnya menggunakan skema tabel look-up dan akan diaplikasikan pada data *time series financial*.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan peramalan data *time series financial* dengan menggunakan metode *fuzzy time series* dengan sistem inferensi *fuzzy* yang penyusunan basis kaidahnya menggunakan skema tabel *look-up*?
2. Seberapa besar tingkat keakuratan hasil ramalan yang dihasilkan oleh metode *fuzzy time series* dengan sistem inferensi *fuzzy* yang penyusunan basis kaidahnya menggunakan skema tabel *look-up* dibandingkan dengan metode deret berkala Box-Jenkins (ARIMA)?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian pada skripsi ini dibatasi pada :

Fuzzy time series yang digunakan adalah permodelan dengan sistem inferensi *fuzzy* yang penyusunan basis kaidahnya menggunakan skema tabel *look-up* dan akan diaplikasikan pada data *time series financial*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui cara kerja *fuzzy time series* dalam peramalan data *time series financial*.
2. Untuk mengetahui keakuratan hasil ramalan metode *fuzzy time series* dengan sistem inferensi *fuzzy* yang penyusunan basis kaidahnya menggunakan skema tabel *look-up* dibandingkan dengan metode deret berkala Box-Jenkins (ARIMA) pada data *time series financial*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat memberikan alternatif lain dalam menentukan metode peramalan data deret waktu pada umumnya dan pada data *time series financial* khususnya.
2. Dapat bermanfaat bagi pembaca untuk lebih mengetahui dan memahami tentang *fuzzy logic* yang diterapkan untuk peramalan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis Data

Dalam ekonometrika, dikenal terdapat 3 kelompok data yaitu data runtun waktu (*time series*), data silang (*cross section*), dan data panel (*pooled data*). Data-data tersebut tentunya sangat diperlukan dalam penelitian, maupun pengambilan keputusan. Pengumpulan data biasanya memerlukan waktu yang lama karena dapat melibatkan banyak aktivitas seperti mendatangi responden, menginput data, menyunting data, maupun menampilkannya dengan suatu alat analisis tertentu. Berikut akan dibahas beberapa jenis data yang telah dibahas di atas (Winarno, 2007).

2.1.1 Data Runtun Waktu (*Time Series*)

Time Series adalah sekelompok nilai-nilai pengamatan yang diperoleh pada titik waktu yang berbeda dengan selang waktu yang sama dan barisan data diasumsikan saling berhubungan satu sama lain. Jadi model *time series* adalah suatu model runtun waktu dimana observasi yang satu dengan yang lain saling berkorelasi (*Box dan Jenkins, 1976*).

Menurut *Cryer (1986)*, *time series* adalah serangkaian data pengamatan yang disusun menurut waktu, dimana data pengamatan tersebut bersifat acak dan saling berhubungan secara statistika. Analisis data *time series* pada dasarnya digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh waktu.

Time series merupakan data yang terdiri atas satu objek tetapi meliputi beberapa periode waktu misalnya harian, bulanan, mingguan, tahunan, dan lain-lain. Dapat dilihat dari contoh data *time series* pada data harga saham, data ekspor, data nilai tukar (*kurs*), data produksi, dan lain-lain sebagainya. Jika diamati masing-masing data tersebut terkait dengan waktu (*time*) dan terjadi berurutan. Misalnya data produksi minyak sawit dari tahun 2000 hingga 2009, data kurs Rupiah terhadap dollar Amerika Serikat dari tahun 2000-2006, dan lain-lain. Dengan demikian maka akan sangat mudah untuk mengenali jenis data ini.

Data *time series* juga sangat berguna bagi pengambil keputusan untuk memperkirakan kejadian di masa yang akan datang. Karena diyakini pola perubahan data *time series*, beberapa periode masa lampau akan kembali terulang pada masa kini. Data *time series* juga biasanya bergantung kepada *lag* atau selisih. Katakanlah pada beberapa kasus misalnya produksi dunia komoditas kopi pada tahun sebelumnya akan mempengaruhi harga kopi dunia pada tahun berikutnya. Dengan demikian maka akan diperlukan data lag produksi kopi, bukan data aktual harga kopi. Tabel berikut ini akan memperjelas konsep *lag* yang mempengaruhi data *time series*.

Tabel 2.1 Produksi dan lag produksi kopi dunia tahun 2000-2005

Tahun	Produksi Kopi (Ton)	Lag
2000	7.562.713	-
2001	7.407.986	-154.727
2002	7.876.893	468.907
2003	7.179.592	-697.307
2004	7.582.293	402.701
2005	7.276.333	-305.960

Data lag tersebut kemudian dapat digunakan untuk melihat pengaruh lag produksi terhadap harga kopi dunia.

2.1.2 Data Silang (*Cross Section*)

Data silang terdiri dari beberapa objek data pada suatu waktu misalnya data pada suatu restoran akan terdiri dari data penjualan, data pembelian bahan baku, data jumlah karyawan, dan data-data relevan lainnya. Ilustrasinya seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbandingan antara penjualan, pembelian bahan baku, dan jumlah karyawan pada restoran A, B, dan C dalam satu bulan

Restoran	Penjualan	Pembelian Bahan Baku	Jumlah Karyawan
A	19.587.200	10.300.100	10
B	23.564.000	16.200.589	15
C	17.211.000	13.300.251	7

Dari data pada Tabel 2.2 maka dapat dilihat produktivitas pada restoran A, B, dan C.

2.1.3 Data Panel (*Pooled data*)

Data panel adalah data yang menggabungkan antara data runtun waktu (*time series*) dan data silang (*cross section*). Karena itu data panel akan memiliki beberapa objek dan beberapa periode waktu. Contoh data panel dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Data panel ekspor dan impor kopi Indonesia dan Malaysia pada periode tahun 2005-2007

Negara	Periode	Ekspor	Impor
Indonesia	2005	443.366	1654
Indonesia	2006	411.721	5092
Indonesia	2007	320.600	47937
Malaysia	2005	666	23826
Malaysia	2006	1490	35368
Malaysia	2007	984	42165

2.2 Definisi Peramalan

Peramalan adalah aktifitas untuk menghitung atau memprediksi beberapa kejadian atau kondisi yang akan datang, umumnya sebagai hasil dari studi atau analisis dari sebagian data. (Makridakis.dkk, 1999)

Peramalan diperlukan untuk mengetahui kapan dan bagaimana suatu peristiwa akan terjadi, sehingga dapat dipersiapkan tindakan yang lebih tepat yang dapat dilakukan. Kecenderungan untuk dapat mengetahui peristiwa secara lebih tepat sehingga dapat menjadi dasar untuk perencanaan waktu ke depan sangat dibantu dengan adanya metode peramalan yang merupakan cara untuk perencanaan ke depan tersebut.

Teknik peramalan terbagi menjadi dua kelompok yaitu analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Teknik kualitatif merupakan peramalan berdasarkan pendapat suatu pihak, dan datanya tidak bisa direpresentasikan secara tegas menjadi suatu angka/nilai. Teknik peramalan tersebut misalnya adalah peramalan pendapat (*judgement forecast*). Sebaliknya, teknik peramalan kuantitatif merupakan teknik peramalan yang mendasarkan pada data masa lalu (data historis) dan

dapat dibuat dalam bentuk angka yang biasa disebut sebagai data *time series* (Jumingan, 2009).

Peramalan data *time series* memprediksi apa yang akan terjadi berdasarkan data historis masa lalu. *Time series* adalah kumpulan dari pengamatan yang teratur pada sebuah variabel selama periode waktu yang sama dan suksesif. Dengan mempelajari bagaimana sebuah variabel berubah setiap waktu, sebuah relasi diantara kebutuhan dan waktu dapat diformulasikan dan digunakan untuk memprediksi tingkat kebutuhan yang akan datang (Jumingan, 2009).

Banyak jenis metode peramalan yang tersedia. Pilihan tersebut meliputi metode yang paling naif, seperti penggunaan data terbaru sebagai ramalan, sampai kependekatan yang paling rumit, seperti sistem ekonometrik dengan persamaan simultan. Ditambah lagi dengan pengenalan komputer yang meluas telah memungkinkan tersedianya perangkat lunak bagi tehnik peramalan kuantitatif dengan cepat (Mulyana, 2004).

Peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila terdapat tiga kondisi berikut:

1. Tersedia informasi tentang masa lalu.
2. Informasi tentang masa lalu dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik.
3. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang (Makridakis. dkk, 1999)

Pengklasifikasian metode peramalan adalah dengan memperhatikan model yang mendasarinya. Terdapat dua jenis model peramalan yang utama, yaitu model deret berkala dan model kausal/eksplanatoris.

1. Model deret berkala, pendugaan masa depan dilakukan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu variabel dan/atau kesalahan masa lalu. Tujuan metode peramalan deret berkala seperti itu adalah menemukan pola dalam deret data historis mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan.
2. Model kausal/eksplanatoris, mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab-akibat dengan satu atau lebih variabel bebas. Maksud dari model kausal adalah menemukan bentuk hubungan tersebut dan menggunakannya untuk meramalkan nilai mendatang dari variabel tak bebas.

Makridakis dkk (1999) menemukan bahwa data-data yang dikumpulkan secara periodik berdasarkan urutan waktu, bisa dalam jam, hari, minggu, bulan, kuartal dan tahun, bisa dilakukan analisis menggunakan metode analisis data deret waktu. Analisis data deret waktu tidak hanya bisa dilakukan untuk satu variabel (Univariate) tetapi juga bisa untuk banyak variabel (Multivariate). Metode peramalan dengan model deret berkala terdiri dari :

1. Metode *Smoothing* : Metode Single Eksponensial Smoothing (Brown), Metode Double Eksponensial smoothing (Holt), Metode Triple Eksponensial smoothing (Winters).
2. Metode ARIMA (Box Jenkins).
3. Metode Proyeksi Trend dengan Regresi.

Sebelum memilih prosedur peramalan yang akan dilakukan, perlu untuk memperhatikan maksud dan tujuan peramalan, waktu, biaya, dan banyaknya data yang tersedia untuk menentukan *lead time* yang layak diambil, sehingga proses peramalan menjadi efektif dan efisien (Mulyana, 2004). Box dan Jenkins (1976) telah mengembangkan suatu skema yang menggambarkan pendekatan metode ARIMA sehingga memudahkan dalam penerapannya.

2.3 Fuzzy Logic

2.3.1 Sejarah Fuzzy Logic

Konsep *fuzzy logic* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh dari Universitas California di Berkeley pada 1965, dan dipresentasikan bukan sebagai suatu metodologi kontrol, tetapi sebagai suatu cara pemrosesan data dengan memperkenankan penggunaan *partial set membership* dibanding *crisp set membership* atau *non-membership*. Pendekatan pada set teori ini tidak diaplikasikan pada sistem kontrol sampai Tahun 70-an karena kemampuan komputer yang tidak cukup pada saat itu. Profesor Zadeh berpikir bahwa orang tidak membutuhkan kepastian, masukan informasi numerik, dan belum mampu terhadap kontrol adaptif yang tinggi.

Konsep *fuzzy logic* kemudian berhasil diaplikasikan dalam bidang kontrol oleh E.H. Mamdani. Sejak saat itu aplikasi *fuzzy* berkembang kian pesat. Di tahun 1980an negara Jepang dan Negara-negara di Eropa secara agresif membangun produk nyata sehubungan dengan konsep logika *fuzzy* yang diintegrasikan dalam produk-produk kebutuhan rumah tangga seperti vacuum cleaner, microwave

oven dan kamera video. Sementara pengusaha di Amerika Serikat tidak secepat itu mencakup teknologi ini. *Fuzzy logic* berkembang pesat selama beberapa tahun terakhir. Terdapat lebih dari dua ribu produk dipasaran yang menggunakan konsep *fuzzy logic*, mulai dari mesin cuci hingga kereta berkecepatan tinggi. Setiap aplikasi tentunya menyadari beberapa keuntungan dari *fuzzy logic* seperti performa, kesederhaan, biaya rendah dan produktifitasnya.

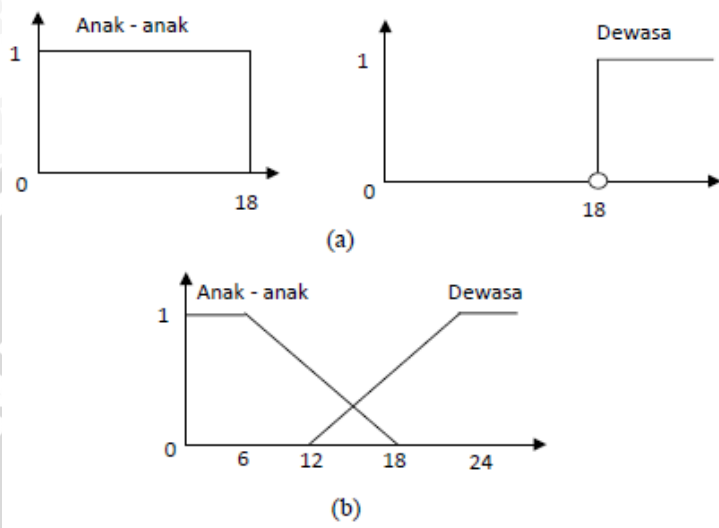
2.3.2 Definisi *Fuzzy Logic*

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar – samar. Menurut Setiadj (2009), *fuzzy* merupakan suatu nilai yang dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun seberapa besar nilai kebenaran dan kesalahannya tergantung pada derajat keanggotaan yang dimilikinya. Derajat keanggotaan dalam *fuzzy* memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Hal ini berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak). Logika *fuzzy* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistik), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan.

Fuzzy logic pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*multivalued logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti ya atau tidak, benar atau salah, hitam atau putih, dan sebagainya. Penalaran *fuzzy* menyediakan cara untuk memahami kinerja dari *system* dengan cara menilai *input* dan *output system* dari hasil pengamatan.

Dalam contoh kehidupan seseorang dikatakan dewasa apabila berumur lebih dari 18 tahun, maka seseorang yang kurang dari atau sama dengan 18 tahun di dalam logika tegas akan dikatakan sebagai tidak dewasa atau anak – anak. Sedangkan dalam hal ini pada logika *fuzzy*, seseorang yang berumur sama dengan atau kurang dari 18

tahun dapat dikategorikan dewasa tetapi tidak penuh. Secara grafik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Perbandingan contoh (a) logika tegas dan (b) logika fuzzy dalam penentuan golongan umur

Menurut Kusumadewi (2004), logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran.

2.3.3 Definisi Fuzzy Set (Himpunan Fuzzy)

Himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) adalah sekumpulan obyek x dimana masing-masing obyek memiliki nilai keanggotaan (*membership function*) " μ " atau disebut juga dengan nilai kebenaran. Jika X adalah sekumpulan obyek dan anggotanya dinyatakan dengan x maka himpunan *fuzzy* dari A di dalam X adalah himpunan dengan sepasang anggota (Kusumadewi, 2004).

Terkadang kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval $[0,1]$. Namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kasus-kasus tersebut. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas

mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika nilai keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* MUDA adalah 0,9 maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir muda. Dilain pihak, nilai probabilitas 0,9 muda berarti 10 % dari himpunan tersebut tidak muda.

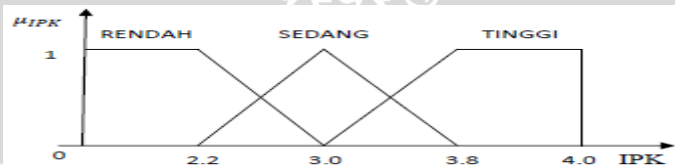
Pada himpunan tegas setiap elemen dalam semestanya selalu ditentukan secara tegas apakah elemen itu merupakan anggota himpunan tersebut atau tidak. Tetapi dalam kenyataannya tidak semua himpunan terdefinisi secara tegas. Misalnya himpunan siswa pandai, dalam hal ini tidak bisa dinyatakan dengan tegas karena tidak ada yang dijadikan ukuran untuk tingkat kepandaian seseorang. Oleh karena itu perlu didefinisikan suatu himpunan *fuzzy* yang bisa menyatakan kejadian tersebut.

Himpunan *fuzzy* A di dalam semesta pembicaraan U didefinisikan sebagai himpunan yang mencirikan suatu fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ yang mengawankan setiap $x \in U$ dengan bilangan real di dalam interval $[0,1]$ dengan nilai $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan x di dalam A . Suatu himpunan *fuzzy* A dapat dinyatakan dengan dua cara, yaitu :

a. $A = \int_U \mu_A(x)/x$ (2.1)

Dimana notasi integral melambangkan himpunan semua $x \in U$ bersama dengan derajat keanggotaannya pada himpunan *fuzzy* A . Cara ini digunakan pada himpunan *fuzzy* yang anggotanya bernilai kontinu.

Semesta U merupakan himpunan semua mahasiswa yang mempunyai IPK $[0,4.0]$. μ_{IPK} menunjukkan derajat kepandaian mahasiswa berdasarkan IPK. Himpunan *fuzzy* kepandaian mahasiswa berdasarkan IPK direpresentasikan seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Himpunan *fuzzy* Kepandaian Mahasiswa Berdasarkan IPK

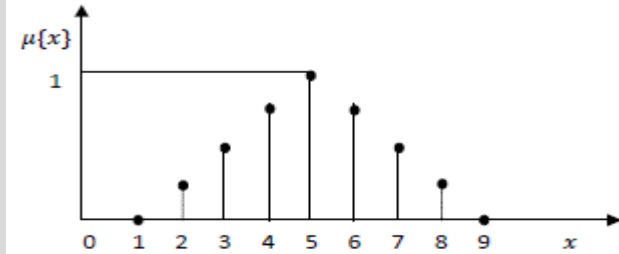
Himpunan *fuzzy* mahasiswa yang mempunyai derajat kepandaian tinggi adalah

$$\left\{ \int_0^{3.0} 0/x, \int_3^{3.8} \frac{x-3}{0.8}/x, \int_{3.8}^4 1/x \right\}.$$

b. $A = \sum_U \mu_A(x)/x$ (2.2)

Dimana notasi sigma melambangkan himpunan semua $x \in U$ bersama dengan derajat keanggotaannya pada himpunan *fuzzy* A. Cara ini digunakan pada himpunan *fuzzy* yang anggotanya bernilai diskrit.

Semesta U adalah himpunan bilangan asli kurang dari 10, dinyatakan dengan $U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$. Himpunan *fuzzy* bilangan asli sekitar 5 direpresentasikan seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Representasi himpunan *fuzzy* bilangan asli sekitar 5

$$\text{Dengan } \mu_A[x] = \begin{cases} \frac{x-1}{4} & ; \quad 1 \leq x \leq 5 \\ \frac{9-x}{4} & ; \quad 5 \leq x \leq 9 \end{cases}$$

Himpunan *fuzzy* bilangan asli sekitar 5 adalah $\{(0/1), (0.25/2), (0.5/3), (0.75/4), (1/5), (0.75/6), (0.5/7), (0.25/8), (0/9)\}$.

Menurut Kusumadewi (2004), himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang memiliki suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 5, 10, 15 dan sebagainya.

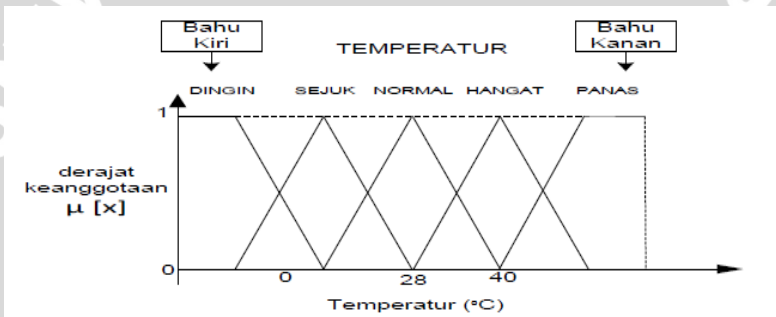
Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami system *fuzzy*, yaitu :

1. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dan lain-lain.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang memiliki suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh: Variabel temperatur terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT dan PANAS.

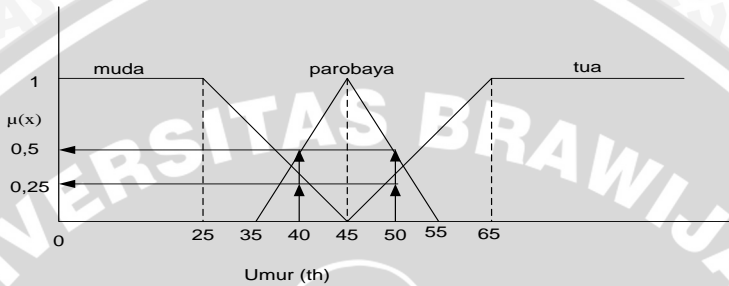


Gambar 2.4 Himpunan fuzzy pada variable temperature

Himpunan *Crisp* A didefinisikan oleh item-item yang ada pada himpunan itu. Jika $a \in A$, maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 1. Namun, jika $a \notin A$, maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 0. Notasi $A = \{x \mid P(x)\}$ menunjukkan bahwa A berisi item x dengan $P(x)$ benar. Jika X_A merupakan fungsi karakteristik A dan properti P , dapat dikatakan bahwa $P(x)$ benar, jika dan hanya jika $X_A(x) = 1$.

Himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah.

Seseorang dapat masuk dalam 2 himpunan berbeda, Muda dan Parobaya, Parobaya dan Tua. Seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotaannya. Gambar 2.5 menunjukkan himpunan fuzzy untuk variabel umur.



Gambar 2.5 Grafik pengelompokan umur ke himpunan kategori usia dengan logika fuzzy

Pada Gambar 2.5 dapat dilihat bahwa :

- Seseorang yang berumur 40 tahun, termasuk dalam himpunan muda dengan $\mu_{\text{muda}} [40] = 0,25$; namun umur tersebut juga termasuk dalam himpunan parobaya dengan $\mu_{\text{parobaya}} [40] = 0,5$.
- Seseorang yang berumur 50 tahun, termasuk dalam himpunan tua dengan $\mu_{\text{tua}} [50] = 0,25$, namun umur tersebut juga termasuk dalam himpunan parobaya dengan $\mu_{\text{parobaya}} [50] = 0,5$.

Pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaannya hanya ada dua kemungkinan, yaitu antara 0 atau 1, sedangkan pada himpunan fuzzy nilai keanggotaannya pada rentang antara 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x] = 0$, berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , juga apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x] = 1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A . Istilah *fuzzy logic* memiliki berbagai arti. Salah satu arti *fuzzy logic* adalah perluasan *crisp logic*, sehingga dapat mempunyai nilai antara 0 sampai 1.

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan

atau sebaliknya. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh semesta pembicaraan:

- a. Semesta pembicaraan untuk variabel umur: $[0 +\infty]$
- b. Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: $[0 40]$

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Semesti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh domain himpunan *fuzzy*:

- a. DINGIN = $[0, 20]$
- b. SEJUK = $[15, 25]$
- c. NORMAL = $[20, 30]$
- d. HANGAT = $[25, 35]$
- e. PANAS = $[30, 40]$

2.3.4 Jenis-Jenis Fungsi Keanggotaan

Ada dua cara mendefinisikan keanggotaan himpunan *fuzzy*, yaitu secara numeris dan fungsional. Definisi numeris menyatakan fungsi derajat keanggotaan sebagai vektor jumlah yang tergantung pada tingkat diskretisasi. Misalnya, jumlah elemen diskret dalam semesta pembicaraan. Definisi fungsional menyatakan derajat keanggotaan sebagai batasan ekspresi analitis yang dapat dihitung. Standar atau ukuran tertentu pada fungsi keanggotaan secara umum berdasar atas semesta X bilangan real. Menurut Kusumadewi (2004), fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik - titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Fungsi keanggotaan *fuzzy* yang sering digunakan antara lain : (Kusumadewi, 2004).

2.3.4.1 Fungsi Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati

suatu konsep yang kurang jelas. Keadaan linier himpunan *fuzzy* terdiri dari dua keadaan linier naik dan linier turun.

Pada linier naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu [x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

Keterangan:

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai input yang akan di ubah dalam bilangan *fuzzy*

Gambar grafik fungsi representasi naik adalah :



Gambar 2.6 Fungsi Representasi Linier Naik

Sedangkan pada linier turun, garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu [x] = \begin{cases} (b-x) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.4)$$

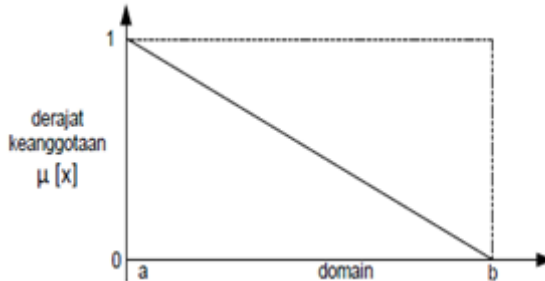
Keterangan:

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

Gambar grafik fungsi representasi turun adalah :



Gambar 2.7 Fungsi Representasi Linier Turun

2.3.4.2 Fungsi Keanggotaan Segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga ditandai oleh adanya 3 (tiga) parameter $\{a,b,c\}$ yang akan menentukan koordinat x dari tiga sudut. Kurva ini pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (*linier*). Adapun persamaan untuk bentuk segitiga ini adalah :

$$\mu [x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.5)$$

Keterangan:

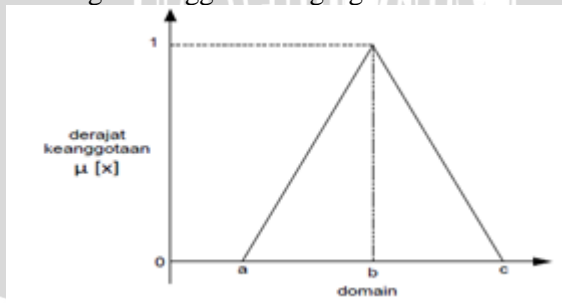
a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

Gambar grafik fungsi keanggotaan segitiga adalah :



Gambar 2.8 Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga

2.3.4.3 Fungsi Keanggotaan Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Adapun persamaan untuk kurva trapesium ini adalah :

$$\mu [x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x) / (d-c) & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.6)$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

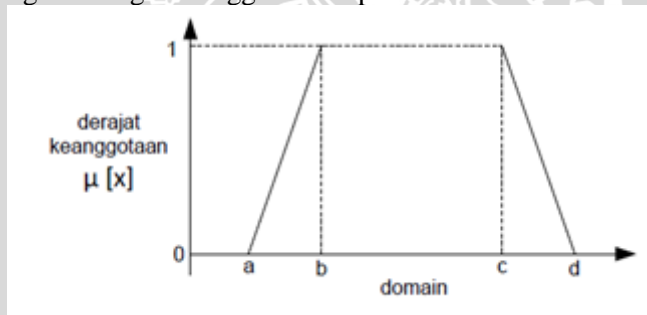
b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu

d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

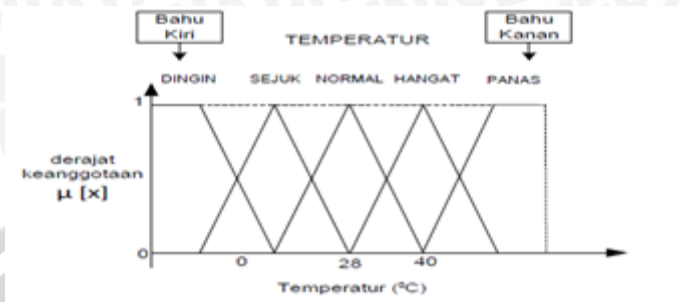
Gambar grafik fungsi keanggotaan trapesium adalah:



Gambar 2.9 Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium

2.3.4.4 Representasi Kurva Bahu

Representasi fungsi keanggotaan *fuzzy* dengan menggunakan kurva bahu pada dasarnya adalah gabungan dari kurva segitiga dan kurva trapesium. Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang pada salah sisi dari variabel *fuzzy* yang ditinjau ini terdapat nilai yang konstan, yaitu pada himpunan ekstrim kiri dan ekstrim kanan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Representasi Kurva Bahu

2.3.5 Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan Fuzzy

Misalkan himpunan A dan B merupakan dua himpunan fuzzy pada semesta pembicaraan U dengan fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ dan $\mu_B(x)$ untuk setiap $x \in X$. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi himpunan A dan B disebut juga sebagai *fire strength* atau *α -predikat*.

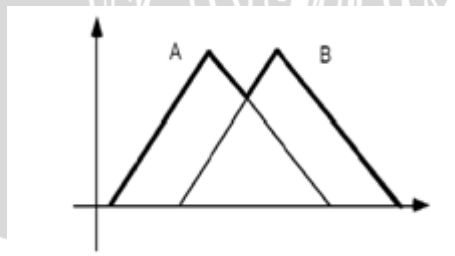
Menurut Wang (1997), ada tiga operasi dasar dalam himpunan fuzzy, adapun operasi-operasi dasar himpunan fuzzy terdiri dari :

1. Penggabungan (*Union*). Gabungan dua himpunan fuzzy $\forall A$ dan B adalah himpunan fuzzy C yang didefinisikan sebagai :

$$\begin{aligned}
 C &= (A \cup B) (t) \\
 &= \max \{A(t), B(t)\} \\
 &= A(t) \vee B(t), \forall t \in X.
 \end{aligned}
 \tag{2.7}$$

C memiliki derajat keanggotaan :

$$\begin{aligned}
 \mu_c(x) &= \max (\mu_A(x), \mu_B(x)) \\
 &= (\mu_A(x) \vee \mu_B(x)) \quad \text{untuk semua } x \in X
 \end{aligned}$$



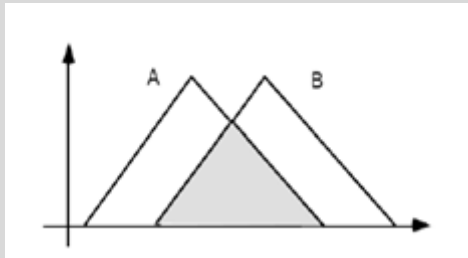
Gambar 2.11 Operasi Union Himpunan Bagian A dan B

2. Irisan (*Intersection*). Irisan dua himpunan *fuzzy* A dan B adalah himpunan *fuzzy* C dan didefinisikan sebagai :

$$\begin{aligned} C &= (A \cap B)(t) \\ &= \min\{A(t), B(t)\} \\ &= A(t) \wedge B(t), \forall t \in X. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Himpunan *fuzzy* C memiliki derajat keanggotaan :

$$\begin{aligned} \mu_C(x) &= \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \\ &= (\mu_A(x) \wedge \mu_B(x)) \text{ untuk semua } x \in X \end{aligned}$$



Gambar 2.12 Operasi *Intersection* Himpunan Bagian A dan B

3. Ingkaran (*Complement*). Komplemen himpunan bagian A diberi tanda \bar{A} (NOT A) dan didefinisikan sebagai $(-A)(t) = 1 - A(t)$. A memiliki derajat keanggotaan :

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x). \quad (2.9)$$

2.3.6 Fungsi Implikasi

Tiap – tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

IF x is A *THEN* y is B

dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut sebagai anteseden, sedangkan proporsi yang mengikuti *THEN* disebut sebagai konsekuen.

Secara umum, ada dua fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu:

a) Min (minimum)

Pengambilan keputusan dengan fungsi min, yaitu dengan cara mencari nilai minimum berdasarkan aturan ke- i dan dapat dinyatakan dengan:

$$\alpha_i \cap \mu_{ci}(Z) \quad (2.10)$$

dimana

$$\alpha_i = \mu_{Ai}(x) \cap \mu_{Bi}(x) = \min\{\mu_{Ai}(x), \mu_{Bi}(x)\}$$

Keterangan:

α_i = nilai minimum dari himpunan *fuzzy* A dan B pada aturan ke- i

$\mu_{Ai}(x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan *fuzzy* A pada aturan ke- i

$\mu_{Bi}(x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan *fuzzy* B pada aturan ke- i

$\mu_{Ci}(x)$ = derajat keanggotaan konsekuen pada himpunan *fuzzy* C pada aturan ke- i .

b) Dot (product)

Pengambilan keputusan dengan fungsi dot yang didasarkan pada aturan ke- i dinyatakan dengan:

$$\alpha_i \cdot \mu_{ci}(Z) \quad (2.11)$$

Keterangan:

α_i = nilai minimum dari himpunan *fuzzy* A dan B pada aturan ke- i

$\mu_{Ci}(x)$ = derajat keanggotaan konsekuen pada himpunan *fuzzy* C pada aturan ke- i .

2.3.7 Sistem Berbasis Aturan *Fuzzy*

Secara umum dalam sistem logika *fuzzy* terdiri dari empat elemen dasar, yaitu :

2.3.7.1 *Fuzzification*

Fuzzification atau fuzzifikasi adalah fase pertama dari perhitungan samar yaitu pengubahan nilai tegas (*crisp*) ke nilai samar. Proses fuzzyfikasi ditulis sebagai berikut : $x = \text{fuzzifier}(x_0)$ dengan x_0 adalah sebuah vektor nilai tegas dari suatu variabel input, x adalah vektor himpunan fuzzy yang didefinisikan sebagai variabel, dan fuzzifier adalah sebuah operator fuzzifikasi yang mengubah nilai

tegas ke himpunan samar. Inferensi fuzzy digunakan untuk merumuskan pemetaan himpunan input ke himpunan output dengan prinsip logika fuzzy (aturan If – Then). Teknik reasoning adalah cara tepat untuk menentukan nilai yang akan digunakan sebagai masukan aksi kendali yang tepat.

2.3.7.2 Basis Aturan Fuzzy (*Rule Base*)

Basis kaidah *fuzzy* berisi aturan-aturan secara linguistic yang bersumber dari para pakar. Pada penalaran berbasis aturan, pengetahuan direpresentasikan dengan menggunakan aturan berbentuk *IF-THEN*. Bentuk ini digunakan apabila kita memiliki sejumlah pengetahuan pakar pada suatu permasalahan tertentu, dan pakar dapat menyelesaikan masalah tersebut secara berurutan. Disamping itu, bentuk ini juga digunakan apabila dibutuhkan penjelasan tentang langkah-langkah mencapai solusi. Pada penelitian ini akan digunakan basis kaidah *fuzzy* menggunakan metode skema tabel *look-up*.

2.3.7.3 Inference

Untuk membedakan dengan *First-Order Logic*, secara sintaks, suatu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai :

IF *antecedent* THEN *consequent*

Dalam suatu sistem berbasis aturan *fuzzy*, proses *inference* memperhitungkan semua aturan yang ada dalam basis pengetahuan. Hasil dari proses *inference* dipresentasikan oleh suatu *fuzzy set* untuk setiap variabel bebas (pada *consequent*). Derajat keanggotaan untuk setiap nilai variabel tidak bebas menyatakan ukuran kompatibilitas terhadap variabel bebas (pada *antecedent*). Misalkan, terdapat suatu sistem dengan n variabel bebas x_1, x_2, \dots, x_n dan m variabel tidak bebas y_1, y_2, \dots, y_m . Misalkan R adalah suatu basis dari sejumlah r aturan fuzzy :

$$\begin{aligned} &\text{IF } P_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ THEN } Q_1(y_1, y_2, \dots, y_m). \\ &\dots\dots\dots \\ &\text{IF } P_r(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ THEN } Q_r(y_1, y_2, \dots, y_m). \end{aligned} \tag{2.12}$$

Dimana P_1, \dots, P_r menyatakan fuzzy predicate untuk variabel bebas, dan Q_1, \dots, Q_r menyatakan fuzzy predicate untuk variabel tidak bebas.

2.3.7.4 Defuzzification

Defuzzifikasi adalah mengubah *fuzzy* output menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Defuzzifikasi merupakan metode yang penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*.

2.3.8 Fuzzy Time Series

Fuzzy time series adalah sebuah konsep baru yang diusulkan oleh Song dan Chissom berdasarkan teori *fuzzy set* dan konsep variabel linguistik dan aplikasinya oleh Zadeh. *Fuzzy time series* digunakan untuk menyelesaikan masalah peramalan yang mana data historis adalah nilai-nilai linguistik. Misalnya, dalam masalah peramalan, data historis tidak dalam bentuk angka real, namun berupa data linguistik. Dalam hal ini, tidak ada model *time series* konvensional yang dapat diterapkan, akan tetapi model *fuzzy time series* dapat diterapkan dengan lebih tepat.

Pada penelitian sebelumnya, berdasarkan teori himpunan fuzzy, logika fuzzy dan penalaran perkiraan, Song dan Chissom mengajukan definisi *fuzzy time series* dan garis besar pemodelan dengan cara persamaan relasional fuzzy dan penalaran perkiraan. Kemudian oleh Chen (pada tahun 1996) diperkenalkan sebuah metode peramalan *fuzzy time series* menggunakan operasi *arithmetic*. Huarng (pada tahun 2001), menyajikan model *heuristic* untuk peramalan *time series* menggunakan *heuristic increasing and decreasing relations* untuk memperbaiki peramalan *enroll-ments* dan *exchange* di Taiwan. Kemudian oleh Singh tahun 2007, diajukan algoritma komputasi sederhana, sehingga dapat mengurangi waktu untuk menghasilkan persamaan *relational* dengan menggunakan operasi komposisi *max-min* yang kompleks dan mengurangi waktu untuk proses defuzzifikasi pada metode Song dan Chissom. Metode Singh dapat menyelesaikan masalah dalam mencari prosedur defuzzifikasi yang cocok untuk menghasilkan nilai output crisp dengan akurasi yang lebih baik.

Perbedaan utama antara *fuzzy time series* dan konvensional *time series* yaitu pada nilai yang digunakan dalam peramalan, yang

merupakan himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan real atau himpunan semesta yang ditentukan. Himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan yang samar.

Jika U adalah himpunan semesta, $U = [u_1, u_2, \dots, u_n]$, maka suatu himpunan *fuzzy* A dari U didefinisikan sebagai $A = f_A(u_1)/u_1 + f_A(u_2)/u_2 + \dots + f_A(u_n)/u_n$ dimana f_A adalah fungsi keanggotaan dari A , $f_A : U \rightarrow [0,1]$ dan $1 \leq i \leq n$.

Sedangkan definisi dari *fuzzy time series* adalah misalkan $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$), adalah himpunan bagian dari R , yang menjadi himpunan semesta dimana himpunan *fuzzy* $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$) telah didefinisikan sebelumnya dan jadikan $F(t)$ menjadi kumpulan dari $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$). maka $F(t)$ dinyatakan sebagai *fuzzy time series* terhadap $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$).

Dari definisi di atas, dapat dilihat bahwa $F(t)$ bisa dianggap sebagai variabel linguistik dan $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$) bisa dianggap setiap kemungkinan nilai linguistik dari $F(t)$, dimana $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$) direpresentasikan oleh suatu himpunan *fuzzy*. Bisa dilihat jelas bahwa $F(t)$ adalah suatu fungsi waktu dari t misalnya, nilai-nilai dari $F(t)$ bisa berbeda pada waktu yang berbeda bergantung pada kenyataan bahwa himpunan semesta bisa berbeda pada waktu yang berbeda. Dan jika $F(t)$ hanya disebabkan oleh $F(t-1)$ maka himpunan ini digambarkan sebagai $F(t-1) \rightarrow F(t)$.

2.3.9 Definisi *Fuzzy Time series*

Beberapa definisi tentang *fuzzy time series* dari metode yang diajukan oleh Singh (2007) adalah sebagai berikut :

Definisi 1. Sebuah *fuzzy set* adalah sebuah kelas atau golongan dari obyek dengan sebuah rangkaian kesatuan (*continuum*) dari derajat keanggotaan (*grade of membership*). Misalkan U adalah himpunan semesta dengan $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ dengan u_i adalah nilai yang mungkin dari U , kemudian variable linguistic A_i terhadap U dapat dirumuskan pada persamaan:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \frac{\mu_{A_i}(u_3)}{u_3} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (2.13)$$

μ_{A_i} adalah *membership function* dari *fuzzy set* A_i , sedemikian hingga $\mu_{A_i} : U \rightarrow [0,1]$. Jika u_i adalah keanggotaan dari A_i , maka $\mu_{A_i}(u_i)$ adalah derajat keanggotaan u_i terhadap A_i .

Definisi 2. Misalkan $Y(t)(t = \dots, 0, 1, 2, 3, \dots)$ adalah *subset* dari R yang merupakan himpunan semesta dari *fuzzy set* $f_i(t)(i = 1, 2, 3, \dots)$ dirumuskan dan $F(t)$ adalah kumpulan dari f_i , maka $F(t)$ dirumuskan sebagai *fuzzy time series* pada $Y(t)$.

Definisi 3. Andaikan $F(t)$ adalah disebabkan hanya oleh $F(t-1) \rightarrow F(t)$, maka ada hubungan fuzzy antara $F(t)$ dan $F(t-1)$ dan dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$F(t) = F(t-1) \circ R(t, t-1) \quad (2.14)$$

Tanda “o” adalah operator komposisi *max-min*. Relation R disebut sebagai model orde pertama dari $F(t)$. Jika *fuzzy relation* $R(t, t-1)$ dari $F(t)$ adalah tidak tergantung waktu t , dapat dikatakan untuk perbedaan waktu t_1 dan t_2 , $R(t_1, t_1-1) = R(t_2, t_2-1)$, maka $F(t)$ disebut *time-invariant fuzzy time series*.

Definisi 4. Jika $F(t)$ disebabkan oleh lebih kecil dari beberapa fuzzy sets $F(t-n), F(t-n+1), \dots, F(t-1)$, maka fuzzy relationship-nya diwakili oleh persamaan :

$$A_{t1}, A_{t2}, \dots, A_m \rightarrow A_j \quad (2.15)$$

Dengan $F(t-n)=A_{t1}$, $F(t-n+1)=A_{t2}$, . . . $F(t-1)=A_m$, hubungan ini disebut *nth-order fuzzy time series model*.

Definisi 5. Misalkan $F(t)$ disebabkan oleh sebuah $F(t-1), F(t-2), \dots$, dan $F(t-m) (m > 0)$ secara simultan dan hubungannya adalah *time variant*. $F(t)$ dikatakan *time-variant fuzzy time series* dan hubungan ini dapat dinyatakan sebagai *fuzzy relation* pada persamaan :

$$F(t) = F(t-1) \circ R^w(t, t-1) \quad (2.16)$$

$w > 1$ adalah parameter waktu mempengaruhi peramalan $F(t)$. Berbagai metode-metode komputasi sulit telah tersedia untuk komputasi berhubungan terhadap $R^w(t, t-1)$.

2.3.10 Model Fuzzy untuk Data Time Series

Misalkan $\{x(1), x(2), \dots, x(k)\}$ adalah sebuah data *time series* dalam peramalan untuk menentukan nilai dari data di waktu yang akan datang. Data *time series* dapat dirumuskan sebagai $[x(k-n+1), x(k-n+2), x(k-n+3), \dots, x(k)]$. Untuk menentukan $x(k+1)$, dengan cara meentukan pemetaan dari $[x(k-n+1), x(k-n+2), x(k-n+3), \dots, x(k)] \in R^n$ ke $[x(k+1)] \in R$ dengan k dan n bilangan bulat positif. Dari data di atas dibentuk $k-n$ pasangan *input-output* yaitu :

$$\begin{array}{l} [x(k-n), x(k-n+1), \dots, x(k-1); x(k)] \\ [x(k-n-1), x(k-n), \dots, x(k-2); x(k-1)] \\ \vdots \\ [x(1), x(2), \dots, x(n); x(n+1)] \end{array} \quad (2.17)$$

Selanjutnya $k-n$ pasang *input-output* tersebut digunakan untuk membentuk system *fuzzy* menggunakan tabel *look-up scheme*, dengan *input* $[x(k-n-l), x(k+1-l), \dots, x(k-1-l)]$ dan *output* $x(k-l)$ untuk $l=0,1,2,\dots, k-n-l$.

2.3.11 Sistem Inferensi Fuzzy

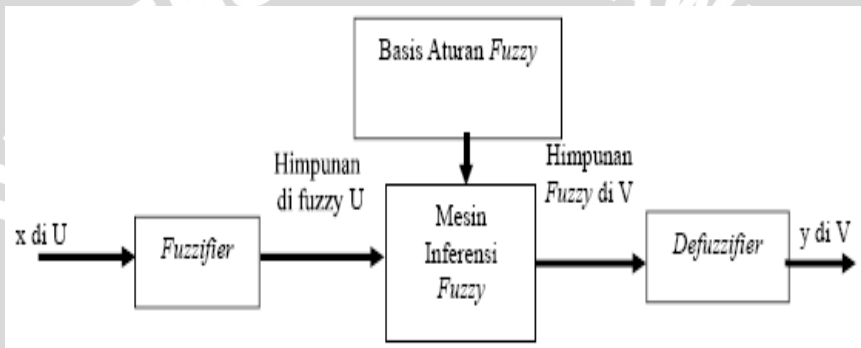
Sistem Inferensi Fuzzy (*Fuzzy Inference System/FIS*) disebut juga *fuzzy inference engine* adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya.

Sistem *fuzzy* memiliki beberapa keistimewaan (Wang, 1994), yaitu :

- Sistem *fuzzy* ini cocok digunakan pada system permodelan karena variabelnya bernilai real.
- Sistem *fuzzy* ini menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan aturan-aturan *fuzzy* JIKA-MAKA yang bersumber dari pengalaman manusia.
- Terdapat berbagai pilihan dalam menentukan *fuzzifier* dan *defuzzifier* sehingga dapat diperoleh system *fuzzy* yang paling sesuai untuk model.

Proses dalam FIS ditunjukkan pada Gambar 2.13 Input yang diberikan kepada FIS adalah berupa bilangan tertentu dan output

yang dihasilkan juga harus berupa bilangan tertentu. Kaidah-kaidah dalam bahasa linguistik dapat digunakan sebagai input yang bersifat teliti harus dikonversikan terlebih dahulu, lalu melakukan penalaran berdasarkan kaidah-kaidah dan mengkonversi hasil penalaran tersebut menjadi output yang bersifat teliti. Tipe pertama dikembangkan oleh Ebrahim Mamdani. Model kontrol Fuzzy pertama yang efisien ini dirancang dan diperkenalkan pada tahun 1975. Kontrol Fuzzy terdiri dari fuzzifier, Fuzzy Logik rule-base, inference engine dan defuzzifier.



Gambar 2.13 Proses dalam FIS

Dari Gambar 2.13 dapat dijelaskan bahwa proses pada system fuzzy yaitu dari input yang berupa data real diubah oleh *fuzzifier* (tahap *fuzzifikasi*) menjadi nilai fuzzy di U , kemudian diolah oleh mesin *inferensi fuzzy* dengan aturan dasar fuzzy yang selanjutnya ditegaskan kembali dengan *defuzzifier* (tahap *defuzzifikasi*) menjadi nilai tegas (*output*).

Terdapat beberapa jenis FIS yang dikenal yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. FIS yang paling mudah dimengerti, karena paling sesuai dengan naluri manusia adalah FIS Mamdani. FIS tersebut bekerja berdasarkan kaidah-kaidah linguistik dan memiliki algoritma fuzzy yang menyediakan sebuah aproksimasi untuk dimasuki analisa matematik.

Metode Mamdani sering dikenal dengan nama Metode Min – Max. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari gabungan antar aturan. Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu: max, additive dan probabilistik OR (probor).

a. Metode Max (Maximum)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$U_{sf}[x_i] = \max(U_{sf}[x_i], U_{kf}[x_i]) \quad (2.18)$$

Keterangan:

$U_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke- i ;

$U_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke- i .

b. Metode Additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$U_{sf}[x_i] = \min(1, U_{sf}[x_i] + U_{kf}[x_i]) \quad (2.19)$$

Keterangan:

$U_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke- i ;

$U_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke- i .

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$U_{sf}[x_i] = (U_{sf}[x_i] + U_{kf}[x_i] - (U_{sf}[x_i] \cdot U_{kf}[x_i])) \quad (2.20)$$

Keterangan:

$U_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke- i ;

$U_{kf} [x_i] =$ nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke- i .

4. Penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari suatu komposisi aturan – aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output.

Terdapat berbagai metode *defuzzification* yang telah berhasil diaplikasikan untuk berbagai macam masalah. Di sini, akan dibahas salah satu metode yang digunakan, yaitu *Centroid Method*. Metode ini disebut juga sebagai Center of Area atau Center of gravity. Metode ini merupakan metode yang paling penting dan menarik di antara semua metode yang ada. Secara umum dirumuskan :

$$Z_0 = \frac{\int_a^b Z \cdot \mu(Z) dz}{\int_a^b \mu(Z) dz}, \text{ untuk domain kontinu} \quad (2.21)$$

Keterangan:

Z = nilai domain ke – i ,

$\mu(Z)$ = derajat keanggotaan titik tersebut,

Z_0 = nilai hasil penegasan (defuzzyfikasi).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot U_{A_i}(d_i)}{\sum_{i=j}^n U_{A_i}(d_i)}, \text{ untuk domain diskret} \quad (2.22)$$

Keterangan:

Z = nilai hasil penegasan (defuzzyfikasi)

d_i = nilai keluaran pada aturan ke i

$U_{A_i}(d_i)$ = derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke – i

N = banyaknya aturan yang digunakan.

2.3.12 Table Look-Up Scheme

Misal diberikan pasangan-pasangan input-output seperti yang terdapat di bawah ini :

$(x_0^p; y_0^p), p = 1, 2, \dots, N$, yang mana $x_0^p \in U = [\alpha_1, \beta_1] \times \dots \times [\alpha_n, \beta_n] \subset R^n$ dan $y_0^p \in V = [\alpha_y, \beta_y] \subset R$. Permasalahannya adalah bagaimana merancang sebuah system inferensi *fuzzy* $f(x)$ berdasarkan pada N

pasangan input-output. Berikut ini adalah 5 langkah dalam skema tabel *look-up* untuk mendesain system *fuzzy* (Wang,1999).

- Langkah 1

Mendefinisikan himpunan *fuzzy* yang melingkupi ruang input dan output, khususnya untuk setiap $[\alpha_i, \beta_i] i = 1, 2, \dots, N$ didefinisikan N_i himpunan *fuzzy* $A_i^j (j = 1, 2, \dots, N_i)$ yang harus lengkap dalam $[\alpha_i, \beta_i]$, yaitu untuk setiap $x_i \in [\alpha_i, \beta_i]$ terdapat A_i^j sedemikian hingga $\mu_{A_i^j}(x_i) \neq 0$

- Langkah 2

Membangkitkan satu kaidah (*rule*) dari satu pasangan input-output dengan cara :

- untuk setiap pasangan input-output $(x_{01}^p, \dots, x_{0n}^p; y_0^p)$, tentukan nilai keanggotaan dari $x_{0i}^p (i = 1, 2, \dots, n)$ dalam himpunan *fuzzy* $A_i^j (j = 1, 2, \dots, N_i)$ dan juga tentukan nilai keanggotaan dari y_0^p dalam himpunan *fuzzy* $B^l (1, 2, \dots, N_y)$.
- untuk setiap variabel input $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$, tentukan himpunan *fuzzy* yang sama x_{0i}^p mempunyai nilai keanggotaan terbesar, yaitu tentukan A_i^{j*} sedemikian hingga $\mu_{A_i^{j*}}(x_{0i}^p) \geq \mu_{A_i^j}(x_{0i}^p)$ untuk $j = 1, 2, \dots, N_i$. Dengan cara yang sama tentukan B^{l*} sedemikian hingga $\mu_{B^{l*}}(y_{0i}^p) \geq \mu_{B^l}(y_{0i}^p)$ untuk $l = 1, 2, \dots, N_y$.
- akhirnya dapatkan sebuah kaidah *fuzzy* IF-THEN sebagai berikut :

IF x_1 is A_1^{j*} and ... and x_n is A_n^{j*} , THEN y is B^{l*}

- Langkah 3

Memberikan suatu *degree* untuk setiap kaidah yang dibangkitkan pada langkah 2. Karena banyak pasangan input-output biasanya besar dan setiap pasangan menghasilkan satu kaidah, maka akan sangat dimungkinkan sekali dijumpai kaidah-kaidah yang saling konflik, yaitu kaidah dengan bagian IF yang sama tetapi mempunyai bagian THEN yang berbeda. Untuk menyelesaikan masalah ini, akan diberikan *degree* pada setiap kaidah yang dibangkitkan pada langkah 2 dan hanya mempertahankan satu kaidah dari kelompok yang konflik yang memiliki *degree*

maksimal. Hal ini tidak hanya menyelesaikan masalah konflik tetapi juga akan mengurangi secara bermakna banyaknya jumlah kaidah. Adapun *degree* dari suatu kaidah didefinisikan sebagai berikut :

$$D(\text{rule}) = \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^*}(x_{0i}^p) \mu_{B^*}(y_0^p) \quad (2.23)$$

- Langkah 4

Membuat basis kaidah *fuzzy* (*fuzzy rule base*) yang mana basis kaidah *fuzzy* terdiri dari 3 himpunan kaidah berikut :

- a. kaidah yang dibangkitkan pada langkah 2 yang tidak saling konflik satu sama lain.
- b. kaidah dari kelompok konflik yang mempunyai *degree* maksimal.
- c. kaidah linguistic dari pakar.

- Langkah 5

Membangun sistem inferensi *fuzzy* berdasarkan pada kaidah berbasis *fuzzy*.

2.3.13 Fungsi Autokorelasi (ACF)

Koefisien autokorelasi menyatakan hubungan antara nilai-nilai dari variabel yang sama tetapi pada periode waktu berbeda. Autokorelasi merupakan suatu alat penentu dari identifikasi pola dasar yang menggambarkan data. Autokorelasi dapat digunakan untuk mengidentifikasi apakah data bersifat acak, stasioner ataupun musiman (Arsyad, 1994).

Hanke, dkk. (2003) mengungkapkan bahwa autokorelasi adalah keeratan hubungan linier antara Y_t dengan Y_{t-k} , di mana k merupakan *lag* atau waktu keterlambatan. Parameter pengukur keeratan hubungan adalah ρ_k untuk $k = 1, 2, \dots$. Sebagai fungsi dari k , ρ_k disebut fungsi autokorelasi. Wei (1990) menjelaskan pada data teramati Y_1, Y_2, \dots, Y_n fungsi autokorelasi contoh dapat ditentukan melalui:

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (2.24)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t}{n}$$

di mana:

r_k : fungsi autokorelasi contoh

Y_t : respon pada waktu t

Y_{t-k} : respon pada waktu $t-k$

\bar{Y} : rata-rata respons

2.3.14 Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)

Autokorelasi parsial merupakan keerratan hubungan linier antara Y_t dengan Y_{t-k} di mana $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k-1}$ adalah kontrol (Makridakis, dkk., 1999). Pandang Y_t yang diregresikan dengan $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k}$,

$$Y_t = \phi_{k1}Y_{t-1} + \phi_{k2}Y_{t-2} + \dots + \phi_{kk}Y_{t-k} + e_t \quad (2.25)$$

ϕ_{ki} untuk $i = 1, 2, \dots, k$ koefisien regresi ke- i , menjelaskan koefisien autokorelasi parsial (Wei, 1990). Jika persamaan 2.19 dikalikan dengan Y_{t-j} dan dihitung nilai harapan, akan diperoleh:

$$\begin{aligned} E(Y_t Y_{t-j}) &= \phi_{k1}E(Y_{t-1} Y_{t-j}) + \phi_{k2}E(Y_{t-2} Y_{t-j}) + \dots + \\ &\quad \phi_{kk}E(Y_{t-k} Y_{t-j}) + E(e_t Y_{t-j}) \\ \gamma_j &= \phi_{k1}\gamma_{j-1} + \phi_{k2}\gamma_{j-2} + \dots + \phi_{kk}\gamma_{j-k} \end{aligned} \quad (2.26)$$

Perkalian $\frac{1}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$ dengan persamaan 2.20 akan menghasilkan:

$$\rho_j = \phi_{k1}\rho_{j-1} + \phi_{k2}\rho_{j-2} + \dots + \phi_{kk}\rho_{j-k} \quad (2.27)$$

Menurut Cryer dkk. (2008) persamaan 2.20 dan/atau 2.21 disebut persamaan *Yule-Walker*. Untuk $j = 1, 2, \dots, k$, maka diperoleh sistem persamaan linier:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \phi_{k1}\rho_0 + \phi_{k2}\rho_1 + \dots + \phi_{kk}\rho_{k-1} \\ \rho_2 &= \phi_{k1}\rho_1 + \phi_{k2}\rho_0 + \dots + \phi_{kk}\rho_{k-2} \\ &\vdots \\ \rho_k &= \phi_{k1}\rho_{k-1} + \phi_{k2}\rho_{k-2} + \dots + \phi_{kk}\rho_0 \end{aligned}$$

Sebagai fungsi dari k , ϕ_{kk} disebut fungsi autokorelasi parsial. Pada pengamatan contoh, ρ_j dapat diduga dengan r_j . Dengan menggunakan metode *Cramer* dapat dihitung:

$$\hat{\varphi}_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\varphi}_{k-1,j} r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\varphi}_{k-1,j} r_j}, \quad (2.28)$$

$$\hat{\varphi}_{kj} = \hat{\varphi}_{k-1,j} - \hat{\varphi}_{kk} \hat{\varphi}_{k-1,k-j}, \text{ untuk } j = 1.2 \dots, k-1$$

dan $\hat{\varphi}_{kk}$ disebut fungsi autokorelasi parsial contoh (Wei, 1990).

2.3.15 Kestasioneran Deret Waktu

Menurut Makridakis, dkk. (1988), stasioneritas berarti bahwa tidak terdapat penambahan atau penurunan pada data dari waktu ke waktu. Data secara kasarnya harus horizontal sepanjang sumbu waktu. Dengan kata lain, fluktuasi data berada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan ragam dari fluktuasi tersebut tetap konstan sepanjang waktu. *Time series* stasioner adalah deret yang ciri-ciri statistik dasarnya seperti rata-rata dan ragam tetap konstan sepanjang waktu (Hanke, dkk., 2003).

❖ Stasioneritas data ada dua macam, yaitu :

1. Stasioneritas pada Ragam

Data dikatakan stasioner pada ragam apabila fluktuasi data tidak terlalu besar dari waktu ke waktu. Sebagai upaya perbaikan terhadap data yang tidak stasioner pada ragam dapat dilakukan transformasi Box-Cox dengan bentuk transformasi sebagai berikut:

$$T(Z_t) = Z_t^{(\lambda)} = \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad (2.29)$$

di mana λ adalah parameter transformasi.

Beberapa nilai λ dan bentuk transformasi yang berhubungan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai λ Dan Bentuk Transformasi Yang Berhubungan

Nilai λ	-1	-0.5	0	0.5	1
Bentuk Transformasi	$\frac{1}{Z_t}$	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$	$\ln Z_t$	$\sqrt{Z_t}$	Z_t

2. Stasioneritas pada Rata-rata

Data dikatakan stasioner pada rata-rata apabila pada plot autokorelasi, 95% dari data masuk ke dalam selang $\pm \frac{2}{\sqrt{n}}$. Menurut Hanke, dkk., (2003), apabila datanya tidak stasioner pada rata-rata, maka dapat dikonversikan menjadi deret stasioner melalui *differencing* (pembedaan), yaitu deret asli diganti dengan deret selisih. Jumlah *differencing* yang dilakukan untuk mencapai stasioner dinotasikan sebagai *d*. Bentuk pembedaan pertama (*d* = 1) adalah sebagai berikut :

$$\nabla Z_t = Z_t - Z_{t-1} \quad (2.30)$$

Sedangkan bentuk pembedaan kedua (*d* = 2) adalah sebagai berikut

$$\nabla^2 Z_t = \nabla Z_t - \nabla Z_{t-1} \quad (2.31)$$

di mana :

Z_t : pengamatan pada periode waktu ke-*t*,

Z_{t-1} : pengamatan pada periode waktu ke-*t-1*,

∇Z_t : data hasil pembedaan pertama pada periode waktu ke-*t*,

∇Z_{t-1} : data hasil pembedaan pertama pada periode waktu ke-*t-1*,

$\nabla^2 Z_t$: data hasil pembedaan kedua pada periode waktu ke-*t*.

Proses pembedaan dilakukan sampai data hasil pembedaan menunjukkan kondisi stasioner pada rata-rata dan autokorelasi sampel menghilang agak cepat (menurun secara eksponensial).

2.3.16 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Suatu proses dikatakan non-stasioner jika proses tersebut mempunyai rata-rata dan ragam yang tidak konstan untuk sembarang waktu pengamatan. Model *time series* yang non-stasioner dapat dikatakan sebagai proses *Auto Regressive Integrated Moving Average* ordo (p,d,q) atau disingkat ARIMA (p,d,q), dimana: p adalah order dari parameter autoregresif, d adalah besaran yang menyatakan berapa kali dilakukan *differencing* pada proses sehingga menjadi proses yang stasioner, dan q adalah order dari parameter *moving average* (Box dan Jenkins, 1976).

Pada kenyataannya, tidak semua observasi *time series* membentuk proses yang stasioner. Metode ARIMA dapat juga digunakan untuk peramalan yang dikembangkan oleh George Box dan Gwilym Jenkins. Metode ini menggunakan pendekatan iteratif pada identifikasi suatu model yang mungkin dari model umum. Model terpilih kemudian diperiksa terhadap data historis untuk melihat apakah model ini akurat dalam menjelaskan deret (Hanke, dkk., 2003).

Cryer (1986) merumuskan beberapa model umum ARIMA sebagai berikut :

1. Model ARIMA(p,d,q)

$$W_t = \nabla^d Z_t \quad (2.32)$$

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \dots + \phi_p W_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.33)$$

2. Model ARMA(p,q)

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.34)$$

3. Model AR(p)

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (2.35)$$

4. Model MA(q)

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.36)$$

di mana :

ϕ = parameter *autoregressive*

θ = parameter *moving average*

p = derajat *autoregressive*

d = derajat perbedaan (*difference*)

q = derajat *moving average*

a_t = galat acak (*white noise*)

Pada prakteknya, nilai p dan q pada model ARIMA (p,d,q) masing-masing jarang menggunakan nilai p dan q melebihi 2 (Hanke, dkk., 2003). Sedangkan untuk nilai d juga jarang menggunakan nilai selain 0, 1, atau 2, karena pada umumnya stasioneritas dapat dicapai dengan melakukan pembedaan berturut-turut sebanyak satu atau dua kali (Makridakis, dkk., 1988).

Pendekatan Box-Jenkins menggunakan strategi pembentukan iteratif yang terdiri dari pemilihan model awal (identifikasi model), estimasi koefisien model (pendugaan parameter), dan penganalisaan residual (pemeriksaan model). Jika diperlukan, model awal dimodifikasi dan proses diulangi sampai didapat residual yang memberikan indikasi bahwa tidak ada lagi modifikasi yang diperlukan. Sampai di sini, model yang sesuai dapat digunakan untuk meramal (Hanke, dkk., 2003).

2.3.17 Strategi Pembentukan Model ARIMA

Untuk menentukan model dalam analisa *time series*, banyak hal yang perlu diperhatikan. Box dan Jenkins (1976) secara efektif telah berhasil mencapai kesepakatan mengenai informasi yang diperlukan untuk memahami dan memakai model-model ARIMA untuk deret berkala *univariate*. Dari dasar pendekatan tersebut dirangkum dalam tiga tahap, yaitu :

1. Identifikasi model ARIMA (p,d,q)

Orde p dan q diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri ACF dan PACF contoh pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Ciri-ciri ACF dan PACF

Model	ACF	PACF
AR (p)	Pola menurun eksponensial / gelombang sinus	Beda nyata pada <i>lag</i> 1 sampai p
MA (q)	Beda nyata pada <i>lag</i> 1 sampai q	Pola menurun eksponensial / gelombang sinus
ARMA (p,q)	Pola menurun setelah <i>lag</i> ($q-p$)	Pola menurun setelah <i>lag</i> ($p-q$)

(Wei, 1990).

2. Pendugaan Parameter

Berdasarkan kenyataan bahwa parameter model mempunyai hubungan autokorelasi atau autokorelasi parsial, maka pendugaan parameter-parameter ini dapat diperoleh dengan menyelesaikan hubungan tersebut, hubungan antara autokorelasi dan parameternya dinyatakan dalam persamaan Yule Walker (Box dan Jenkins, 1976).

Menurut Cryer (1986), terdapat beberapa metode untuk menduga parameter-parameter tersebut, yaitu metode momen, metode kuadrat terkecil, dan metode *maximum likelihood*.

3. Pemeriksaan Diagnostik

Setelah nilai duga parameter ARIMA didapatkan, maka perlu dilakukan pemeriksaan diagnostik untuk membuktikan bahwa model layak digunakan. Pemeriksaan diagnostik model dapat diuji dengan Uji Kelayakan Model Ljung-Box (Q), dimana nilai statistik Q mengikuti distribusi χ^2_{k-m} , dengan hipotesis:

H_0 : Model Layak

vs

H_1 : Model Tidak Layak

Rumus untuk statistik uji Q adalah:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{r_k^2}{n-k} \sim \chi^2_{(K-m)} \quad (2.37)$$

di mana :

n = banyak pengamatan

r_k = koefisien autokorelasi sisa pada lag-k

K = lag maksimum

m = banyaknya parameter yang diduga dalam model.

Keputusan terhadap hipotesis autokorelasi sisaan didasarkan apabila nilai $Q \leq \chi^2_{k-m}$ pada taraf nyata α atau *p-value* dari statistik uji Q lebih besar dari nilai α , maka model layak digunakan (Cryer, 1986).

2.3.18 Overfitting

Overfitting dilakukan dengan melebihi parameter model. Parameter diduga, kemudian dilakukan pengujian kelayakan model dan diagnostik model untuk model yang telah didapatkan dari *overfitting* (Cryer, 1986).

2.3.19 Pemilihan Model Terbaik

Jika pada hasil pemeriksaan diagnostik terdapat beberapa model yang layak digunakan maka perlu dipilih satu model terbaik yang akan digunakan sebagai model peramalan. Pemilihan model terbaik ini dapat dilakukan dengan menghitung nilai AIC (*Akaike Information Criterion*), dengan rumus :

$$AIC = n \ln(\hat{\sigma}_a^2) + 2m \quad (2.38)$$

di mana :

n = banyaknya pengamatan

$\hat{\sigma}_a^2$ = penduga ragam sisaan.

m = banyaknya parameter yang diduga dalam model

Model terbaik adalah model yang memiliki nilai AIC terkecil (Ramanathan, 1995).

2.3.19 Kriteria Pemilihan Algoritma Terbaik untuk Peramalan

Metode peramalan yang paling sesuai umumnya adalah metode yang memiliki kesalahan rata-rata (MSE) yang paling kecil. MSE dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}{n} \quad (2.39)$$

Dimana :

x_i = nilai target pada periode ke- i

\hat{x}_i = nilai prediksi pada periode ke- i

n = jumlah pola dari *training/testing*

Kegunaan dari kedua ukuran ketepatan peramalan tersebut adalah :

- Untuk membandingkan ketepatan peramalan yang dilakukan dengan dua metode yang berbeda.
- Untuk mencari teknik yang optimal.

Agar setiap pendekatan peramalan dapat realistis dan secara praktis relevan, maka ada dua masalah utama yang harus dihindari dalam memilih sebuah metode, yaitu :

1. Pemilihan didasari oleh sampai sejauh mana sebuah metode sesuai dengan data yang tersedia untuk ramalan satu periode ke depan.
2. Pola data atau hubungannya selalu diasumsikan bersifat konstan.

Karakteristik yang diinginkan dalam sebuah pendekatan baru mungkin tampak sebagai suatu kontradiksi. Misalnya, setiap metode *time series* harus didasari oleh data masa lalu, sedangkan dalam saat yang bersamaan kondisi data di masa mendatang belum tentu sama dengan masa lalu. Oleh karena itu akurasi peramalan tidak hanya diukur sampai sejauh mana metode yang digunakan sesuai dengan data historis, tetapi juga diukur dari sampai sejauh mana metode yang digunakan tersebut mampu untuk memprediksi kondisi 1,2,3,...,m periode ke depan (Makridakis dan Wheelwright, 1999).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

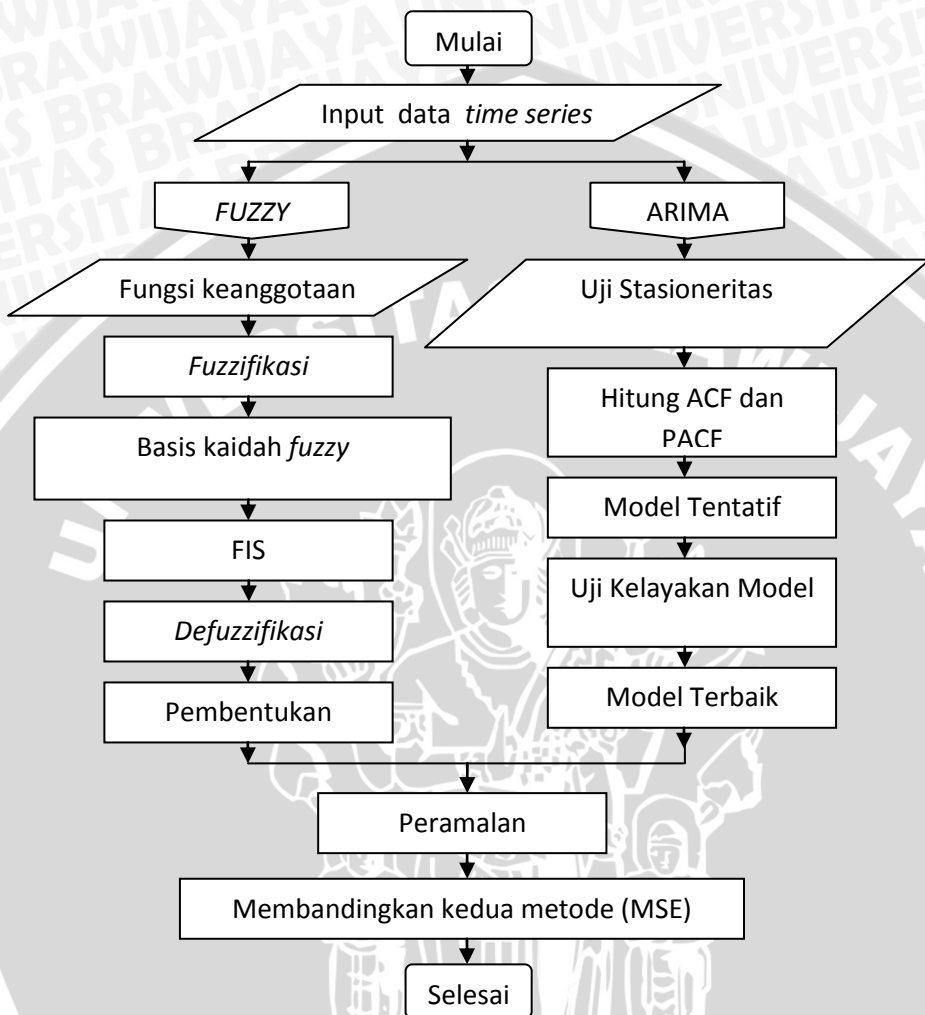
Data yang digunakan dalam skripsi ini adalah data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk dari Bulan Januari 2010 sampai dengan Bulan Desember 2010. Data untuk penelitian ini diperoleh dari situs resmi Bursa Efek Indonesia, yaitu www.idx.co.id berupa laporan keuangan sampel perusahaan yang di publikasikan.

3.2 Metodologi

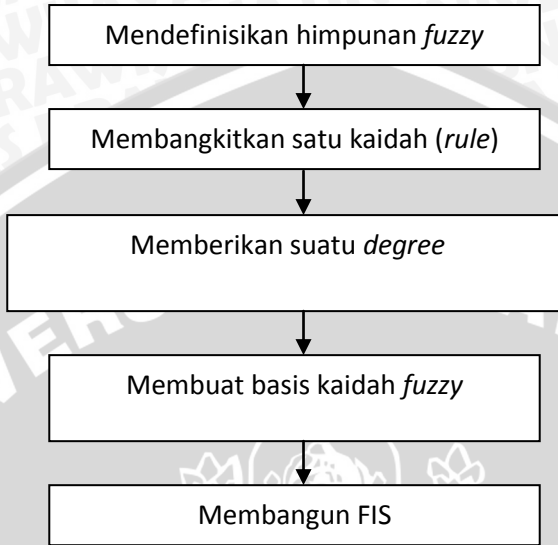
Metode analisis yang digunakan pada skripsi ini adalah sistem inferensi fuzzy dengan penyusunan aturan kaidah fuzzy menggunakan skema tabel *look-up*, menggunakan *software* Matlab. Kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan hasil analisis dari metode Box-Jenkins (ARIMA) . Langkah analisis data adalah sebagai berikut :

1. Membagi data ke dalam 2 data set, yaitu data input dan data yang akan diprediksi (*output*) berdasarkan data fuzzy time series. Pada penelitian ini digunakan 70% sebagai data *input* dan 30% data sebagai *output*.
2. Melakukan proses fuzzifikasi terhadap setiap pasangan input dan output. Membentuk fungsi keanggotaan yang didefinisikan pada domain dari input dan output data. Melakukan fuzzifikasi untuk data input dan output dengan berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah didefinisikan.
3. Membangun basis kaidah fuzzy dengan skema tabel *look-up*. Membentuk aturan fuzzy yang dibangun dari setiap pasang input-output data sampel dengan menggunakan skema tabel *look-up*. Kumpulan dari fuzzy akan membentuk basis aturan fuzzy.
4. Membangun system inferensi fuzzy menggunakan Metode Mamdani.
5. Membangun defuzzifikasi, menentukan jenis defuzzifier menggunakan persamaan 2.22.
6. Mengkonstruksi system fuzzy sebagai model saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. Berdasarkan kombinasi dari fuzzifikasi,

- basis aturan fuzzy, mesin inferensi fuzzy dan defuzzifikasi ditentukan model fuzzy untuk peramalan saham harian PT. Gudang Garam, Tbk.
7. Melakukan pembentukan model dengan metode ARIMA sebagai metode pembandingan.
 8. Uji stasioneritas Y_t terhadap ragam dan rata-rata dengan melihat plot Y_t . Jika Y_t telah stasioner maka lanjut ke langkah 9. Jika belum dilakukan transformasi *Box-Cox* atau pembedaan.
 9. Hitung ACF dan PACF Y_t yang telah stasioner menggunakan persamaan 2.24 dan 2.28.
 10. Identifikasi model ARIMA sementara berdasarkan ACF dan PACF.
 11. Duga parameter model ARIMA sementara.
 12. Uji kelayakan model ARIMA sementara dengan uji kelayakan model *Ljung-Box* pada persamaan 2.37 . Jika terdapat model layak maka lanjut ke langkah 13. Jika tidak kembali ke langkah 10.
 13. Pilih model ARIMA terbaik berdasarkan AIC (persamaan 2.38). Model ARIMA yang terbentuk adalah model dengan nilai AIC paling kecil.
 14. Menentukan validasi kedua model yang dibuat dengan menentukan MSE menggunakan persamaan 2.39
 15. Membandingkan keakuratan model yang telah terbentuk dengan menggunakan MSE.



Gambar 3.1. Diagram Alir metode analisis pembentukan sistem inferensi fuzzy dengan penyusunan aturan kaidah fuzzy menggunakan skema tabel *look-up* yang akan dibandingkan dengan metode Box-Jenkins (ARIMA)



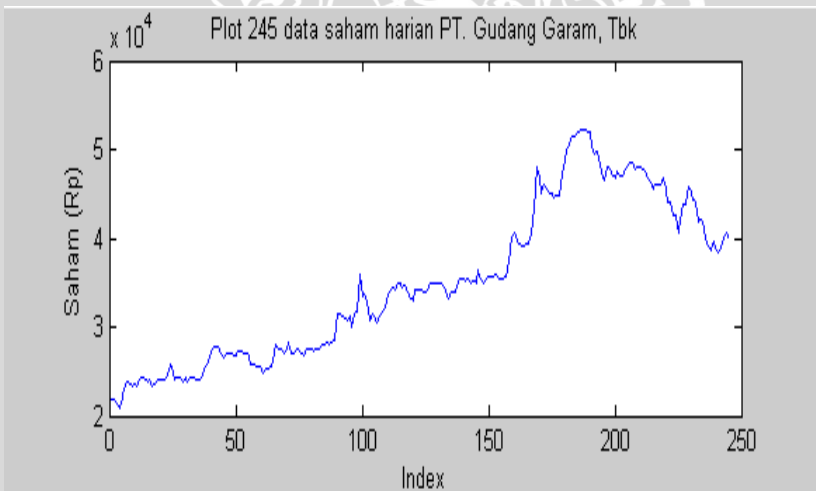
Gambar 3.2. Langkah-langkah dalam skema tabel *look-up* untuk mendesain sistem *fuzzy*

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

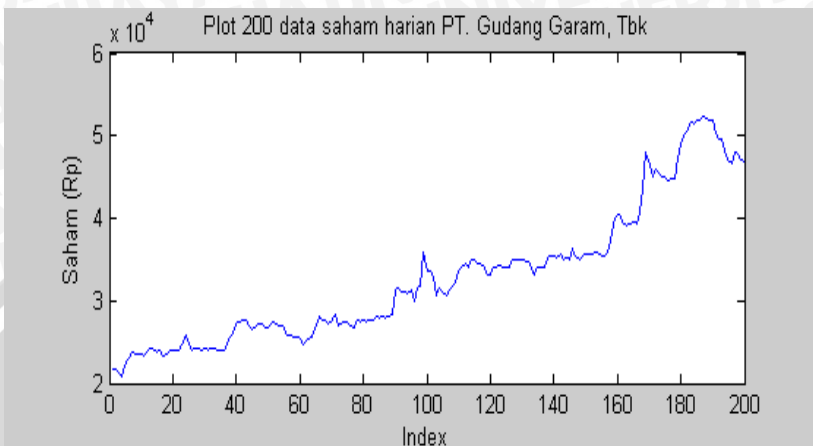
4.1 Menentukan *Input* dan *Output* Data Berdasarkan Data *Fuzzy Time Series*

Dari data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk yang berjumlah 245 data dilakukan pembagian menjadi 2 kelompok data yang baru. Sebanyak 200 data yang pertama digunakan sebagai data *input* dan sebanyak 45 data berikutnya sebagai data yang diprediksi (*output*).

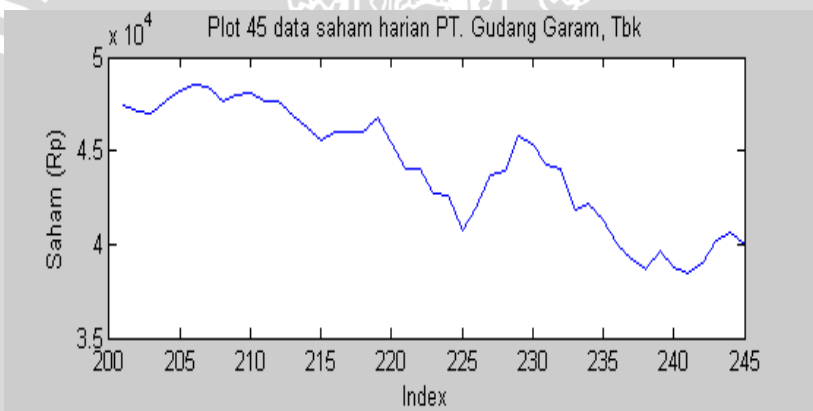
Dari data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk tersebut diambil secara berurutan sebanyak 245 data yang diberi nama *Xsaham*, yaitu data no.1 sampai data no.245. Variabel *Xi* adalah 200 data *input* dan variabel *Xp* adalah 45 data yang akan diprediksi (*output*). Berikut ini adalah hasil plot dari ketiga variabel di atas dengan bantuan *software* Matlab :



Gambar 4.1 Plot Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk



Gambar 4.2 Plot Data *Input* Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk



Gambar 4.3 Plot Data *Output* Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk

Dari gambar plot untuk data keseluruhan dan data *input* yaitu pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa data memiliki pola acak dan trend yang naik, sedangkan pada Gambar 4.3 yaitu data *output* memiliki pola acak dan trend turun.

Selanjutnya perhatian difokuskan pada 200 data pertama sebagai data *input*, yang mana data *input* ini akan digunakan sebagai penyusun kaidah *fuzzy* dengan menggunakan *table look-up scheme*. Pada kasus ini akan dibangun system *fuzzy* yang mempunyai 4 variabel *input* dan 1 variabel *output*, dan 6 variabel *input* dan 1

variabel *output*, kemudian dari kedua hasil ramalan kedua sitem *fuzzy* tersebut akan dibandingkan keakuratan ramalannya melalui nilai MSE. Karena sistem *fuzzy* pertama yang akan dibangun mempunyai 4 variabel *input* dan 1 variabel *output*, maka data pada Xi dibagi menjadi :

X1=variabel <i>input</i> pertama yaitu data ke 1 sampai data ke 196
X2=variabel <i>input</i> kedua yaitu data ke 2 sampai data ke 197
X3=variabel <i>input</i> ketiga yaitu data ke 3 sampai data ke 198
X4=variabel <i>input</i> keempat yaitu data ke 4 sampai data ke 199
Y=variabel <i>input output</i> yaitu data ke 5 sampai data ke 200

Sedangkan sistem *fuzzy* yang kedua mempunya 6 variabel input dan 1 variabel output, maka data pada Xi dibagi menjadi :

X1=variabel <i>input</i> pertama yaitu data ke 1 sampai data ke 194
X2=variabel <i>input</i> kedua yaitu data ke 2 sampai data ke 195
X3=variabel <i>input</i> ketiga yaitu data ke 3 sampai data ke 196
X4=variabel <i>input</i> keempat yaitu data ke 4 sampai data ke 197
X5=variabel <i>input</i> kelima yaitu data ke 5 sampai data ke 198
X6=variabel <i>input</i> keenam yaitu data ke 6 sampai data ke 199
Y=variabel <i>input output</i> yaitu data ke 7 sampai data ke 200

4.2 Peramalan Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk dengan Metode *Table Look-Up Scheme*

4.2.1 Mendefinisikan Himpunan *Fuzzy* untuk Setiap Variable *Input* dan *Output*

Mendefinisikan himpunan *fuzzy* untuk setiap variable *input* dan *output* dapat dilakukan dengan cara menentukan nilai *range* dari keseluruhan data dan juga menentukan fungsi keanggotaan dari variable *input* dan *output* dengan bantuan program Matlab. Pada penelitian ini ditentukan terlebih dahulu jumlah fungsi keanggotaan yang terbentuk berjumlah 7 fungsi keanggotaan (S3, S2, S1, CE, B1, B2, B3), dimana masing-masing fungsi keanggotaan memiliki nilai *range* (domain). Berikut ini adalah nilai *range* dan fungsi keanggotaan untuk fuzzifikasi dengan 4 *input* dan 1 *output* dari X1 yang merupakan data *input* pertama, yaitu :

X1 (*input* 1) mempunyai *range* (semesta pembicaraan): [20900 52250]

Fungsi Keanggotaannya adalah :

S3 : trapmf [16190 20380 21420 25610]

S2 : trimf [20900 26130 31350]

S1 : trimf [26130 31350 36580]

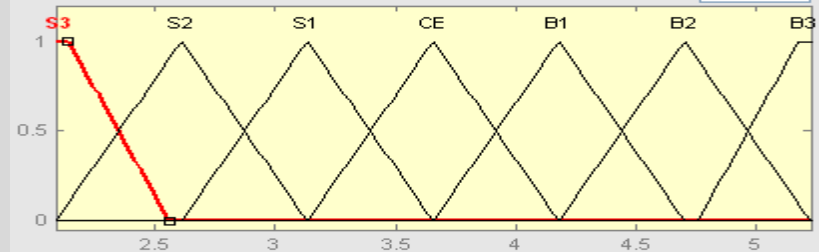
CE : trimf [31350 36580 41800]

B1 : trimf [36580 41800 47020]

B2 : trimf [41800 47020 52250]

B3 : trapmf [47540 51730 52770 56970]

Demikian juga untuk *input-input* yang lain, yaitu X2, X3, X4 dan *output* Y mempunyai nilai *range* dan fungsi keanggotaan yang sama persis dengan X1. S3 merupakan himpunan *fuzzy* yang memiliki fungsi keanggotaan trapesium dengan nilai *range* [16190 20380 21420 25610], sedangkan S2 merupakan himpunan *fuzzy* yang memiliki fungsi keanggotaan segitiga dengan nilai *range* [20900 26130 31350]. Berikut ini adalah gambar nilai *range* dan fungsi keanggotaan untuk fuzzifikasi dengan 4 *input* dan 1 *output* dan fuzzifikasi dengan 6 *input* dan 1 *output* dalam puluhan ribu:



Gambar 4.4 Fungsi Keanggotaan Dari Data *Input* Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk

Karena jumlah fungsi keanggotaan untuk fuzzifikasi dengan 6 *input* dan 1 *output* sama dengan jumlah fungsi keanggotaan untuk fuzzifikasi dengan 4 *input* dan 1 *output* yaitu sebanyak 7 fungsi keanggotaan, maka nilai *range* dan juga fungsi keanggotaan dari X1 untuk FIS dengan 6 *input* dan 1 *output* sama pula dengan nilai *range* dan juga fungsi keanggotaan dari X1 untuk FIS dengan 4 *input* dan 1 *output*. Demikian juga untuk *input-input* yang lain, yaitu X2,...,X6 dan *output* Y mempunyai nilai *range* dan fungsi keanggotaan yang sama persis dengan X1

4.2.2 Membangkitkan Satu Kaidah (*Rule*) Dari Satu Pasangan

Input dan Output

Untuk membuat satu kaidah dari satu pasangan *input* dan *output* harus diketahui terlebih dahulu nilai keanggotaan dari setiap pasangan *input* dan *output*. Dalam penelitian ini untuk mengetahui nilai keanggotaan dari setiap pasangan *input* dan *output* digunakan bantuan dari program Matlab. Kemudian selanjutnya dicari nilai keanggotaan dari variabel *input* dan *output* pada setiap fungsi keanggotaan yang nilai keanggotaannya maksimal. Hasil dari nilai keanggotaan dari variabel *input* dan *output* pada setiap fungsi keanggotaan yang nilai keanggotaannya maksimal untuk FIS dengan 4 *input* dan 1 *output* serta FIS dengan 6 *input* dan 1 *output* dapat dilihat dari tabel-tabel berikut ini :

Tabel 4.1 Kaidah *Fuzzy* Dari Nilai Keanggotaan Yang Maksimal Pada Setiap Fungsi Keanggotaan Untuk FIS Dengan 4 *Input* dan 1 *Output*

	X1	X2	X3	X4	Y
t	A _{1j} *	A _{2j} *	A _{3j} *	A _{4j} *	B _i *
1	S3	S3	S3	S3	S3
2	S3	S3	S3	S3	S3
3	S3	S3	S3	S3	S2
4	S3	S3	S3	S2	S2
5	S3	S3	S2	S2	S3
6	S3	S2	S2	S3	S3
7	S2	S2	S3	S3	S3
8	S2	S3	S3	S3	S2
9	S3	S3	S3	S2	S2
10	S3	S3	S2	S2	S2
!	!	!	!	!	!
187	B3	B3	B3	B3	B3
188	B3	B3	B3	B3	B2
189	B3	B3	B3	B2	B3
190	B3	B3	B2	B3	B2
191	B3	B2	B3	B2	B2
192	B2	B3	B2	B2	B2
193	B3	B2	B2	B2	B2
194	B2	B2	B2	B2	B2
195	B2	B2	B2	B2	B2
196	B2	B2	B2	B2	B2

Hasil nilai keanggotaan dari variabel *input* dan *output* pada setiap fungsi keanggotaan yang nilai keanggotaannya maksimal untuk FIS dengan 4 *input* dan 1 *output* berasal dari nilai fungsi keanggotaan untuk masing-masing data yang terletak di fungsi keanggotaan S_3, \dots, B_3 , kemudian nilai maksimal dari S_3, \dots, B_3 digunakan untuk mendapatkan nilai $A_{1j}^*, \dots, B_{1j}^*$. Nilai fungsi keanggotaannya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4.2 Kaidah *Fuzzy* Dari Nilai Keanggotaan Yang Maksimal Pada Setiap Fungsi Keanggotaan Untuk FIS Dengan 6 *Input* dan 1 *Output*

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
t	A _{1j} *	A _{2j} *	A _{3j} *	A _{4j} *	A _{5j} *	A _{6j} *	B _{1j} *
1	S3	S3	S3	S3	S3	S3	S2
2	S3	S3	S3	S3	S3	S2	S2
3	S3	S3	S3	S3	S2	S2	S3
4	S3	S3	S3	S2	S2	S3	S3
5	S3	S3	S2	S2	S3	S3	S3
6	S3	S2	S2	S3	S3	S3	S2
7	S2	S2	S3	S3	S3	S2	S2
8	S2	S3	S3	S3	S2	S2	S2
9	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S2
10	S3	S3	S2	S2	S2	S2	S2
:	:	:	:	:	:	:	:
185	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3
186	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B2
187	B3	B3	B3	B3	B3	B2	B3
188	B3	B3	B3	B3	B2	B3	B2
189	B3	B3	B3	B2	B3	B2	B2
190	B3	B3	B2	B3	B2	B2	B2
191	B3	B2	B3	B2	B2	B2	B2
192	B2	B3	B2	B2	B2	B2	B2
193	B3	B2	B2	B2	B2	B2	B2
194	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2

Hasil nilai keanggotaan dari variabel *input* dan *output* pada setiap fungsi keanggotaan yang nilai keanggotaannya maksimal untuk FIS dengan 6 *input* dan 1 *output* berasal dari nilai fungsi keanggotaan untuk masing-masing data yang terletak di fungsi keanggotaan S_3, \dots, B_3 , kemudian nilai maksimal dari S_3, \dots, B_3 digunakan untuk mendapatkan nilai A_j^*, \dots, B_i^* . Nilai fungsi keanggotaannya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Dari nilai keanggotaan tersebut dihasilkan kaidah *fuzzy* yang berjumlah 196 untuk FIS dengan 4 *input* dan 1 *output* serta berjumlah 194 untuk fis dengan 6 *input* dan 1 *output*. Jumlah dari kaidah *fuzzy* pada kedua FIS tersebut masih terlalu banyak sehingga perlu diberikan suatu *degree* untuk setiap kaidah yang telah dibangkitkan agar tidak dijumpai kaidah-kaidah yang saling konflik.

4.2.3 Memberikan Suatu *Degree* untuk Setiap Kaidah yang Dibangkitkan

Memberikan suatu *degree* untuk setiap kaidah-kaidah yang dibangkitkan pada langkah sebelumnya sangat penting untuk dilakukan. Karena banyak pasangan *input-output* biasanya besar dan setiap pasangan menghasilkan satu kaidah, maka akan sangat dimungkinkan sekali dijumpai kaidah-kaidah yang saling konflik, yaitu kaidah dengan bagian IF yang sama tetapi mempunyai bagian THEN yang berbeda. Untuk menyelesaikan masalah ini, akan diberikan *degree* pada setiap kaidah yang dibangkitkan pada langkah sebelumnya dan hanya mempertahankan satu kaidah dari kelompok yang konflik yang memiliki *degree* maksimal. Hal ini tidak hanya menyelesaikan masalah konflik tetapi juga akan mengurangi secara bermakna banyaknya jumlah kaidah. Menghitung *degree* maksimal untuk kaidah (*rule*) setiap data dapat dilakukan dengan cara mengalikan nilai keanggotaan (*degree*) maksimal dari masing-masing kaidah yang terbentuk. Nilai keanggotaan (*degree*) maksimal dari masing-masing kaidah dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5.

Degree setiap kaidah yang maksimal untuk FIS dengan 4 *input* dan 1 *output* serta FIS dengan 6 *input* dan 1 *output* dapat dilihat dari tabel-tabel berikut ini :

Tabel 4.3 *Degree* Dari Setiap Kaidah Untuk FIS Dengan 4 *Input* dan 1 *Output*

	X1	X2	X3	X4	Y	DEGREE
t	A1j*	A2j*	A3j*	A4j*	Bi*	RULE
1	S3	S3	S3	S3	S3	0.6917
2	S3	S3	S3	S3	S3	0.4466
3	S3	S3	S3	S3	S2	0.2735
4	S3	S3	S3	S2	S2	0.1386
5	S3	S3	S2	S2	S3	0.0714
6	S3	S2	S2	S3	S3	0.0436
7	S2	S2	S3	S3	S3	0.04
8	S2	S3	S3	S3	S2	0.0427
9	S3	S3	S3	S2	S2	0.0532
10	S3	S3	S2	S2	S2	0.0622
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
187	B3	B3	B3	B3	B3	0.6348
188	B3	B3	B3	B3	B2	0.3277
189	B3	B3	B3	B2	B3	0.165
190	B3	B3	B2	B3	B2	0.1278
191	B3	B2	B3	B2	B2	0.1224
192	B2	B3	B2	B2	B2	0.1773
193	B3	B2	B2	B2	B2	0.2824
194	B2	B2	B2	B2	B2	0.4771
195	B2	B2	B2	B2	B2	0.6008
196	B2	B2	B2	B2	B2	0.6129

Tabel 4.4 *Degree* Dari Setiap Kaidah Untuk FIS Dengan 6 *Input* dan 1 *Output*

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	DEGREE
t	A1j*	A2j*	A3j*	A4j*	A5j*	A6j*	Bi*	RULE
1	S3	S3	S3	S3	S3	S3	S2	0.22908
2	S3	S3	S3	S3	S3	S2	S2	0.12765
3	S3	S3	S3	S3	S2	S2	S3	0.07143
4	S3	S3	S3	S2	S2	S3	S3	0.03597
5	S3	S3	S2	S2	S3	S3	S3	0.0194
6	S3	S2	S2	S3	S3	S3	S2	0.01415
7	S2	S2	S3	S3	S3	S2	S2	0.01521
8	S2	S3	S3	S3	S2	S2	S2	0.01624
9	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S2	0.01777
10	S3	S3	S2	S2	S2	S2	S2	0.02043
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
185	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	0.63484
186	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B2	0.32774
187	B3	B3	B3	B3	B3	B2	B3	0.16504
188	B3	B3	B3	B3	B2	B3	B2	0.12781
189	B3	B3	B3	B2	B3	B2	B2	0.12242
190	B3	B3	B2	B3	B2	B2	B2	0.11257
191	B3	B2	B3	B2	B2	B2	B2	0.09255
192	B2	B3	B2	B2	B2	B2	B2	0.12404
193	B3	B2	B2	B2	B2	B2	B2	0.23431
194	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	0.45459

Dari kaidah-kaidah yang dihasilkan oleh pasangan *input* dan *output* untuk FIS dengan 4 *input* dan 1 *output* serta FIS dengan 6 *input* dan 1 *output* di atas banyak terdapat kaidah-kaidah yang saling konflik, yaitu kaidah dengan bagian IF yang sama tetapi mempunyai bagian THEN yang berbeda. Oleh karena itu hanya dipertahankan satu kaidah dari kelompok yang konflik yang memiliki *degree* maksimal saja, sehingga tidak akan terdapat kaidah-kaidah yang saling konflik dalam membuat basis kaidah *fuzzy* (*fuzzy rule base*).

4.2.4 Membuat Basis Kaidah Fuzzy (*Fuzzy Rule Base*)

Pada saat membuat basis kaidah fuzzy tidak boleh terdapat kaidah yang saling konflik satu sama lain. Apabila terdapat kaidah yang saling konflik, maka hanya kaidah dari kelompok konflik yang mempunyai *degree* maksimal yang dipilih untuk membuat basis kaidah fuzzy. Berikut ini adalah tabel-tabel dari basis kaidah fuzzy yang terbentuk untuk FIS dengan 4 *input* dan 1 *output* serta FIS dengan 6 *input* dan 1 *output* :

Tabel 4.5 Kaidah Yang Terbentuk Untuk FIS Dengan 4 *Input* dan 1 *Output*

NO	X1	X2	X3	X4	Y	RULE
1	S3	S3	S3	S3	S3	R1
2	S3	S3	S3	S2	S2	R2
3	S3	S3	S2	S2	S2	R3
4	S3	S2	S2	S3	S3	R4
5	S3	S2	S2	S2	S2	R5
6	S2	S2	S3	S3	S2	R6
7	S2	S3	S3	S3	S2	R7
8	S2	S2	S2	S2	S2	R8
9	S2	S2	S2	S3	S3	R9
10	S2	S3	S3	S2	S2	R10
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
36	B2	B2	B2	B2	B2	R36
37	B2	B2	B2	B3	B3	R37
38	B2	B2	B3	B3	B3	R38
39	B2	B3	B3	B3	B3	R39
40	B2	B3	B2	B2	B2	R40
41	B3	B3	B3	B3	B3	R41
42	B3	B3	B3	B2	B3	R42
43	B3	B3	B2	B3	B2	R43
44	B3	B2	B3	B2	B2	R44
45	B3	B2	B2	B2	B2	R45

Pada Tabel 4.5 diatas dapat dilihat bahwa FIS yang dibentuk dengan 4 *input* dan 1 *output* menghasilkan 45 kaidah fuzzy, dimana pada kaidah-kaidah tersebut sudah tidak terdapat lagi kaidah yang saling konflik. Kemudian dari kaidah berbasis fuzzy tersebut akan dibentuk *fuzzy inference system*.

Tabel 4.6 Kaidah Yang Terbentuk Untuk FIS Dengan 6 *Input* dan 1 *Output*

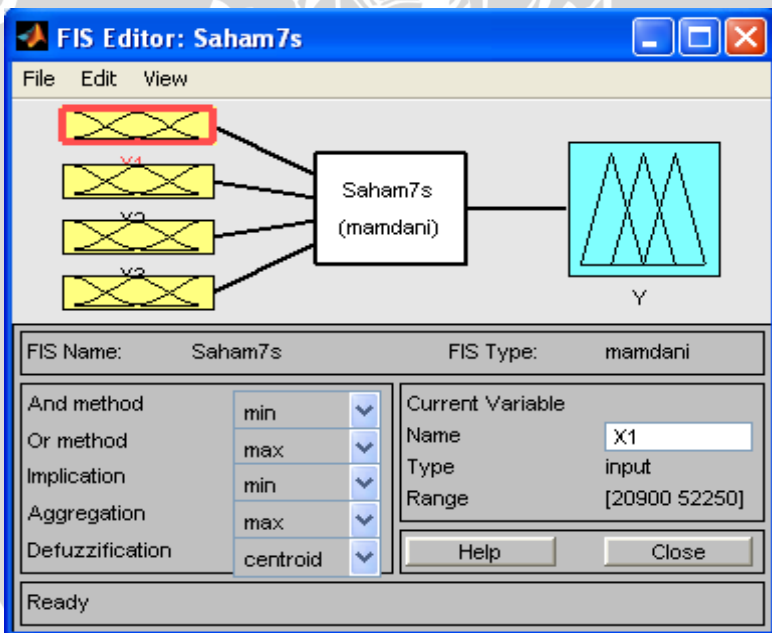
NO	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	RULE
1	S3	S3	S3	S3	S3	S3	S2	R1
2	S3	S3	S3	S3	S3	S2	S2	R2
3	S3	S3	S3	S3	S2	S2	S3	R3
4	S3	S3	S3	S2	S2	S3	S3	R4
5	S3	S3	S2	S2	S3	S3	S3	R5
6	S3	S2	S2	S3	S3	S3	S2	R6
7	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S2	R7
8	S3	S3	S2	S2	S2	S2	S2	R8
9	S3	S2	S2	S2	S2	S2	S2	R9
10	S2	S2	S3	S3	S3	S2	S2	R10
:	:	:	:	:	:	:	:	:
66	B2	B2	B3	B3	B3	B3	B3	R66
67	B2	B3	B3	B3	B3	B3	B3	R67
68	B2	B3	B2	B2	B2	B2	B2	R68
69	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	R69
70	B3	B3	B3	B3	B3	B2	B3	R70
71	B3	B3	B3	B3	B2	B3	B2	R71
72	B3	B3	B3	B2	B3	B2	B2	R72
73	B3	B3	B2	B3	B2	B2	B2	R73
74	B3	B2	B3	B2	B2	B2	B2	R74
75	B3	B2	B2	B2	B2	B2	B2	R75

Pada Tabel 4.6 diatas dapat dilihat bahwa FIS yang dibentuk dengan 6 *input* dan 1 *output* menghasilkan 75 kaidah *fuzzy*, dimana pada kaidah-kaidah tersebut sudah tidak terdapat lagi kaidah yang saling konflik. Kaidah yang terbentuk jumlahnya lebih banyak dari pada FIS yang dibentuk dengan 4 *input* dan 1 *output*, hal tersebut disebabkan oleh lebih banyaknya kombinasi dari *input* dan *output* yang terbentuk. Kemudian dari kaidah berbasis *fuzzy* tersebut akan dibentuk *fuzzy inference system*.

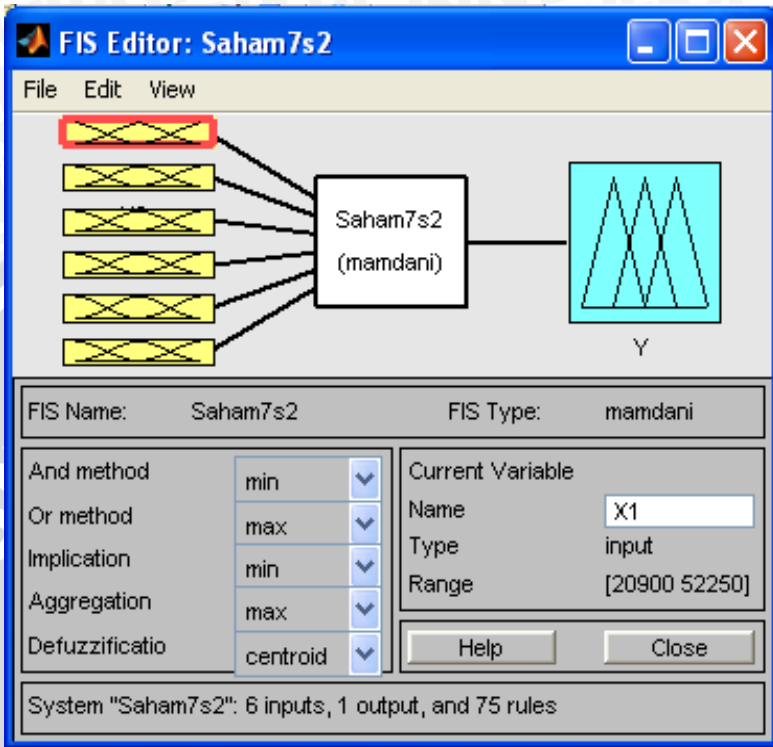
4.2.5 Membangun *Fuzzy Inference System* (FIS) Berdasarkan Pada Kaidah Berbasis *Fuzzy*

Setelah diperoleh kaidah-kaidah yang tidak saling konflik, maka kaidah-kaidah tersebut akan digunakan untuk membangun FIS. FIS yang nantinya akan dibangun harus sesuai dengan semua kaidah yang telah terbentuk, sehingga model dari hasil peramalan sesuai dengan realisasi dari saham harian di PT. Gudang Garam, Tbk.

Pada kedua penelitian, yaitu untuk FIS dengan 4 *input* dan 1 *output* serta FIS dengan 6 *input* dan 1 *output* pasti memiliki hasil ramalan yang berbeda terhadap realisasi saham harian di PT. Gudang Garam, Tbk tersebut walaupun kedua penelitian tersebut sama-sama memiliki 7 himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*). Hal ini dikarenakan kaidah (*rule*) yang terbentuk memiliki kombinasi dan jumlah yang berbeda. Berikut ini adalah gambar dari model FIS dan kaidah menyusun FIS yang terbentuk :



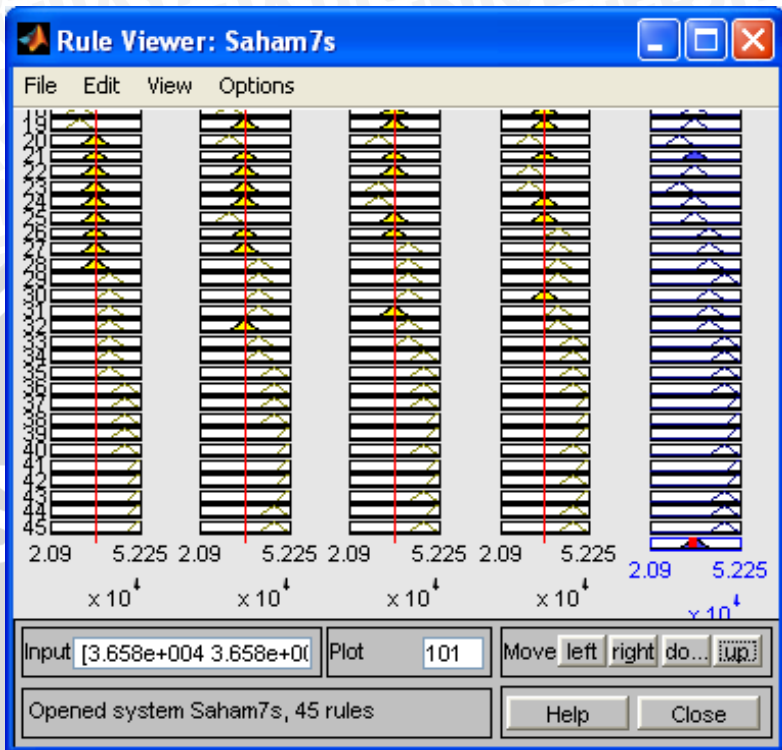
Gambar 4.5 Model FIS yang dibangun untuk 4 *input* dan 1 *output*



Gambar 4.6 Model FIS yang dibangun untuk 6 input dan 1 output

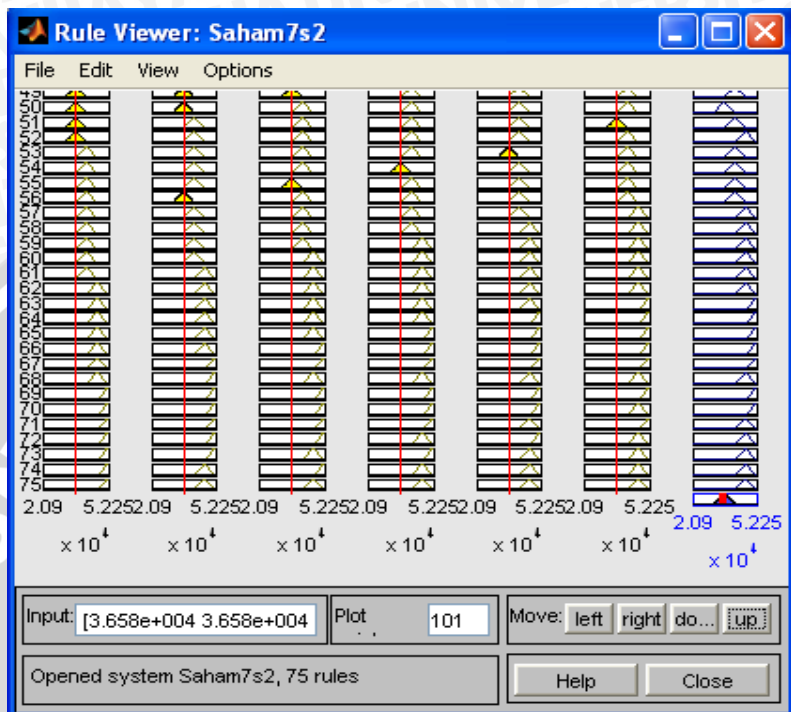
FIS yang telah dibangun diatas menggunakan bantuan dari program Matlab, sehingga dapat dihasilkan model FIS seperti pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6. Dapat dilihat bahwa pada Gambar 4.5 terdapat FIS yang terbentuk dari 4 input (X_1, \dots, X_4) dan 1 output (Y), sedangkan pada Gambar 4.6 terdapat FIS yang terbentuk dari 6 input (X_1, \dots, X_6) dan 1 output (Y).

Apabila model dari FIS sudah terbentuk, langkah selanjutnya adalah memasukkan kaidah-kaidah yang telah terbentuk dengan metode *table look-up scheme* ke dalam program Matlab. Sehingga dapat terbentuk kaidah (*rule*) penyusun FIS seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 4.7 Kaidah Penyusun FIS untuk 4 *input* dan 1 *output* yang terbentuk

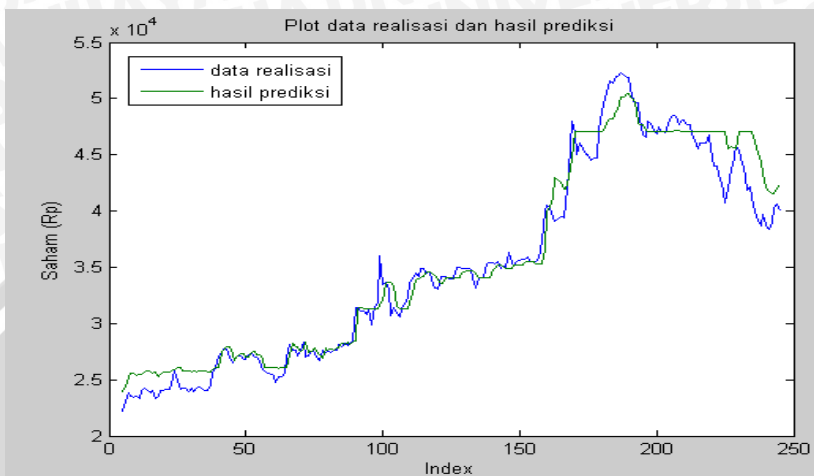
Dari Gambar 4.7 di atas dapat dilihat bahwa pada FIS untuk 4 *input* dan 1 *output* menghasilkan kaidah (*rule*) penyusun FIS sebanyak 45 kaidah, Kemudian dari FIS yang terbentuk akan digunakan untuk memprediksi realisasi dari saham harian PT. Gudang Garam, Tbk.



Gambar 4.8 Kaidah Penyusun FIS untuk 6 input dan 1 output yang terbentuk

Dari Gambar 4.8 di atas dapat dilihat bahwa pada FIS untuk 6 input dan 1 output menghasilkan kaidah (rule) penyusun FIS sebanyak 75 kaidah, Kemudian dari FIS yang terbentuk akan digunakan untuk memprediksi realisasi dari saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. Hasil prediksi dari FIS yang terbentuk dapat dikatakan akurat apabila plot hasil prediksi dapat mengikuti pola plot dari data realisasi. Selain itu, banyaknya kaidah penyusun FIS yang tidak saling konflik juga sangat berpengaruh terhadap hasil prediksi. Karena semakin banyak terbentuk kaidah penyusun FIS yang tidak saling konflik, maka hasil prediksi juga akan semakin akurat.

Setelah terbentuk kaidah-kaidah penyusun *fuzzy*, maka FIS sudah dapat digunakan untuk menghasilkan plot ramalan dari data realisasi saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. Berikut ini adalah gambar plot dari FIS yang telah terbentuk :

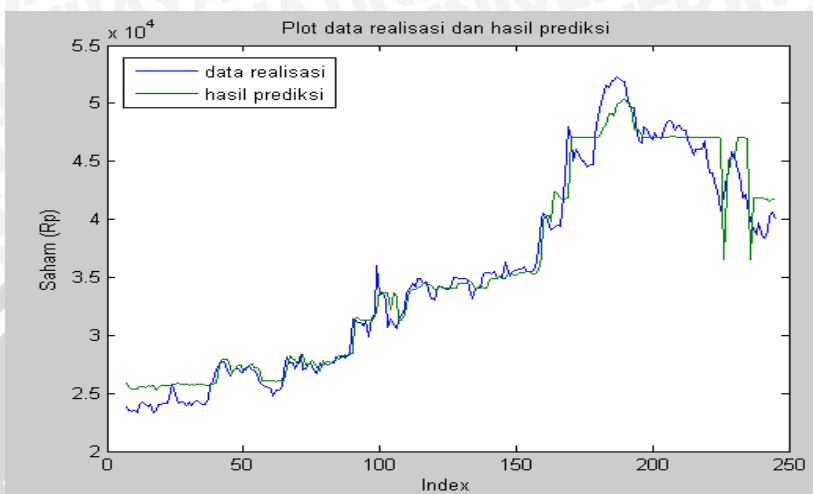


Gambar 4.9 Plot Hasil Prediksi Dari Data Realisasi Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Dengan FIS untuk 4 *input* dan 1 *output*

Berikut ini adalah hasil peramalan untuk lima hari ke depan dari FIS untuk 4 *input* dan 1 *output* yang telah terbentuk :

Tabel 4.7 Hasil Peramalan Dari FIS Untuk 4 *Input* Dan 1 *Output*

t (Hari)	Hasil Ramalan (Rp)
246	42797
247	45075
248	45042
249	45034
250	47020



Gambar 4.10 Plot Hasil Prediksi Dari Data Realisasi Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Dengan FIS untuk 6 *input* dan 1 *output*

Berikut ini adalah hasil peramalan untuk lima hari ke depan dari FIS untuk 6 *input* dan 1 *output* yang telah terbentuk :

Tabel 4.8 Hasil Peramalan Dari FIS Untuk 6 *Input* Dan 1 *Output*

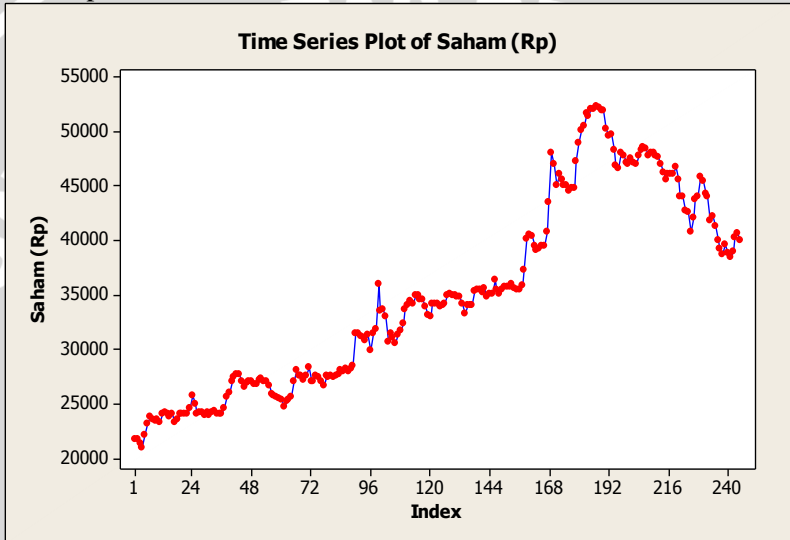
t (Hari)	Hasil Ramalan (Rp)
246	41385
247	41563
248	42743
249	42302
250	41792

Apabila dibandingkan plot data pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa plot hasil prediksi dari FIS untuk 6 *input* dan 1 *output* lebih akurat, karena plot prediksinya lebih dapat mengikuti plot dari data realisasi saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh lebih banyaknya kaidah (*rule*) penyusun FIS yang terbentuk, yaitu sebanyak 75 kaidah.

4.3 Peramalan dengan Metode ARIMA

4.3.1 Identifikasi Pola Data

Langkah pertama yang penting dalam memilih suatu model deret waktu adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data. Dengan melihat plot data dapat diketahui apakah data sudah stasioner atau belum, dan apakah terdapat unsur trend atau musiman. Plot data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Plot Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk.

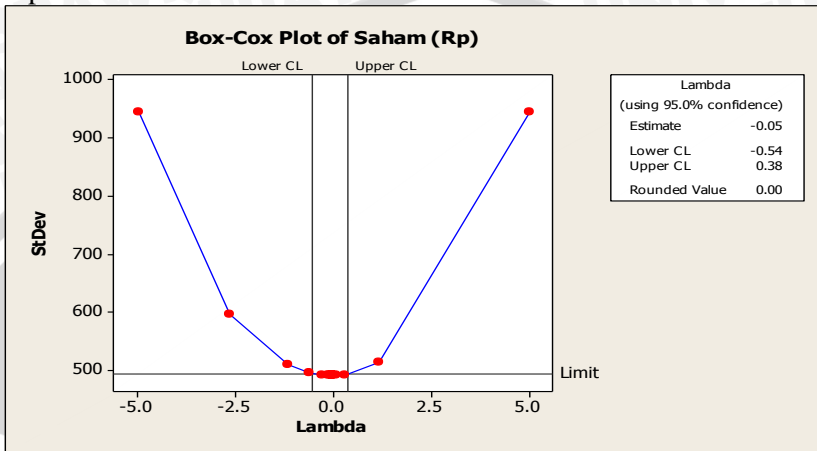
Dari Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. mengandung pola acak dan mengandung unsur trend. Untuk pola data seperti ini maka digunakan metode ARIMA (p,d,q).

4.3.2 Pengujian Stasioneritas

4.3.2.1 Stasioneritas Terhadap Ragam

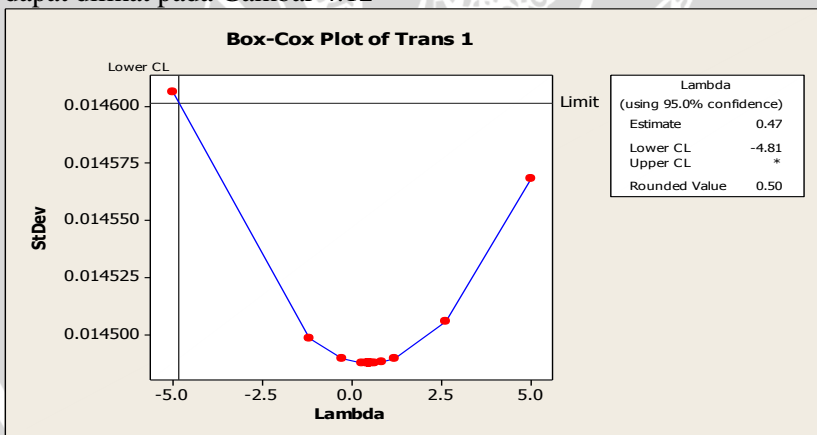
Data dikatakan stasioner terhadap ragam jika nilai dari λ estimasi pada transformasi Box-Cox mendekati 1. Jika pada transformasi Box-Cox nilai λ estimasi belum mendekati 1 maka perlu dilakukan transformasi Box-Cox kembali hingga λ

estimasiya mendekati 1. Hasil transformasi Box-Cox dapat dilihat pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Transformasi Box-Cox Data Trasformasi 1

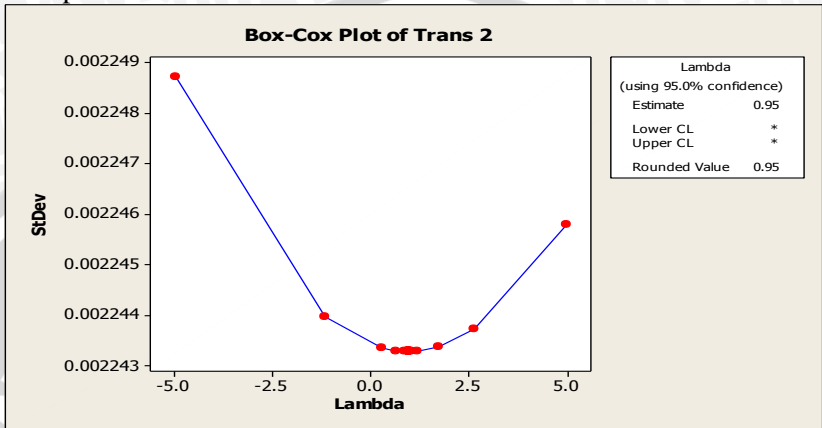
Dari Gambar 4.12 dapat dilihat dengan transformasi Box-Cox didapat nilai $\lambda = -0,05$, karena nilai estimasi lambda masih jauh dari 1 maka dilakukan transformasi lagi. Hasil transformasi Box-Cox dapat dilihat pada Gambar 4.12



Gambar 4.13 Transformasi Box-Cox Data Trasformasi 2

Dari Gambar 4.13 dapat dilihat dengan transformasi Box-Cox didapat nilai $\lambda = 0.47$, karena nilai estimasi lambda masih jauh dari 1

maka dilakukan transformasi lagi. Hasil transformasi Box-Cox dapat dilihat pada Gambar 4.14

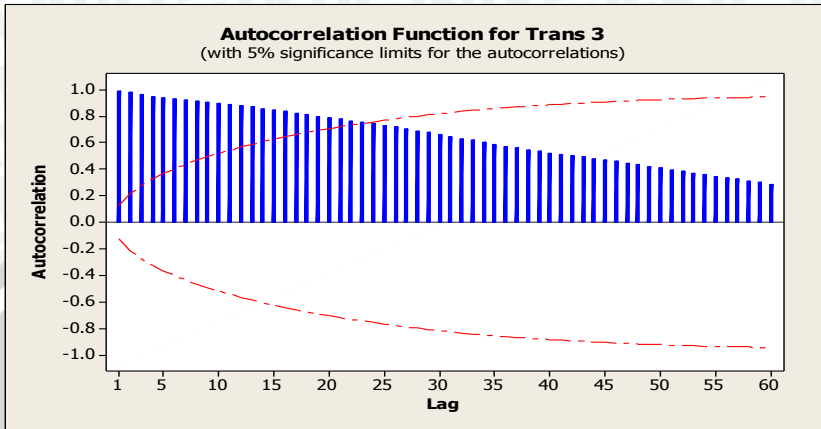


Gambar 4.14 Transformasi Box-Cox Data Trasformasi 3

Dari Gambar 4.14 dapat dilihat dengan transformasi Box-Cox didapat nilai $\lambda = 0,95$, karena nilai estimasi lambda sudah mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa data hasil transformasi sudah stasioner terhadap ragam.

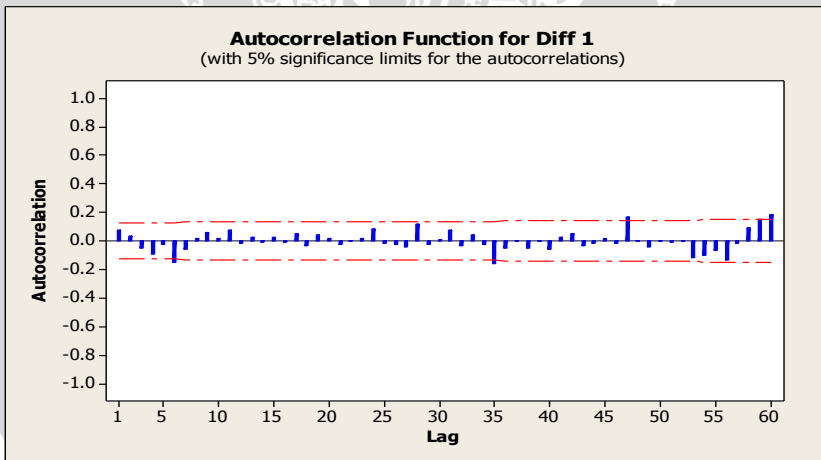
4.3.2.2 Stasioneritas Terhadap Rata-Rata

Stasioneritas data terhadap rata-rata dapat diduga menggunakan plot ACF. Jika tidak ada lag yang keluar selang setelah lag ke 3 atau 95% lag berada di dalam selang, maka data sudah stasioner terhadap rata-rata. Jika data belum stasioner terhadap rata-rata, maka perlu dilakukan differencing terhadap data tersebut. Data yang digunakan untuk diuji stasioneritas terhadap rata-rata adalah data yang telah stasioner terhadap ragam. Plot ACF dapat dilihat pada Gambar 4.15



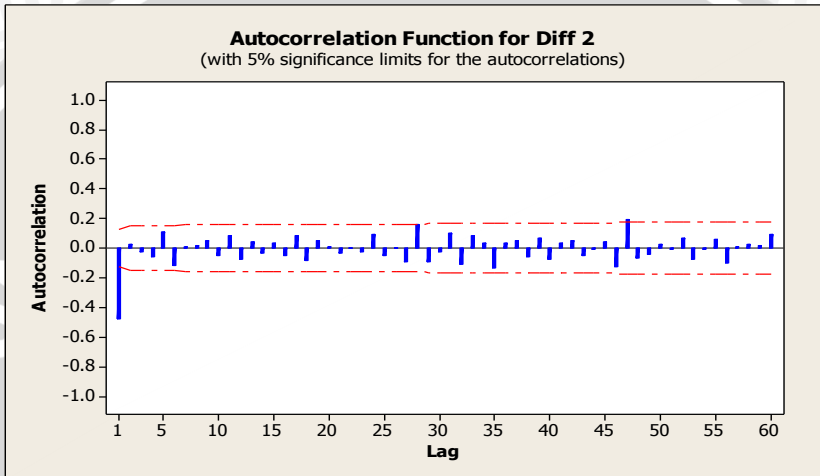
Gambar 4.15 Plot ACF Data Transformasi 3

Dari Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa masih banyak lag yang keluar dari selang. Oleh karena itu harus dilakukan difference sampai tidak ada lag yang keluar selang setelah lag ke 3 atau 95% lag berada di dalam selang. Plot ACF difference pertama dapat dilihat pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 Plot ACF Data Difference 1

Dari Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa masih terdapat lag yang keluar dari selang. Oleh karena itu harus dilakukan difference kembali sampai tidak ada lag yang keluar selang setelah lag ke 3 atau 95% lag berada di dalam selang. Plot ACF difference kedua dapat dilihat pada Gambar 4.16



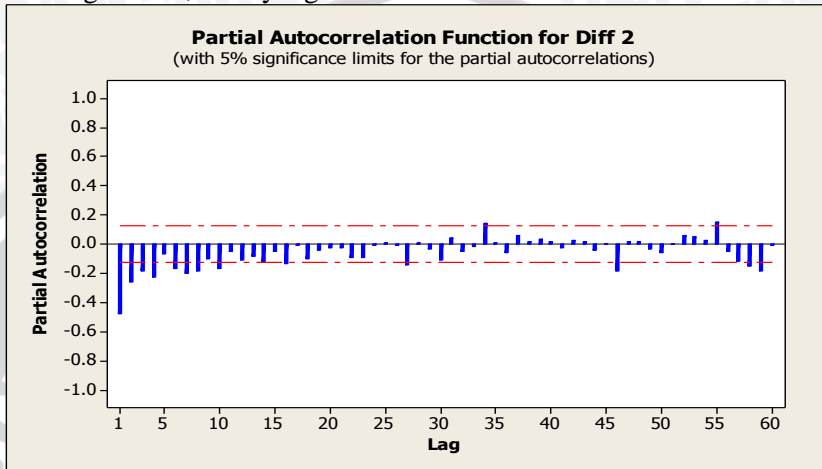
Gambar 4.17 Plot ACF Data Difference 2

Dari Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa lebih dari 95% lag terdapat pada selang $\pm \frac{2}{\sqrt{n}} = \pm \frac{2}{\sqrt{245}} = \pm 0.128$. Hal ini mengidentifikasi bahwa data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. sudah stasioner terhadap rata-rata, setelah dilakukan *differencing* sebanyak 2 kali terhadap data tersebut.

4.3.3 Spesifikasi Model ARIMA

Proses identifikasi model tentatif ARIMA dilakukan dengan mengenal ciri-ciri ACF dan PACF suatu model ARIMA. Sementara itu, dalam menentukan model tentatif perlu diperhatikan plot PACF untuk menentukan orde dari proses Autoregresif (p) dan plot ACF untuk menentukan orde dari proses Moving Averagenya (q). Selain itu, perlu diperhatikan juga banyaknya differencing yang telah dilakukan, guna menentukan orde dari d.

Berikut ditampilkan plot PACF untuk data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. yang sudah stasioner.



Gambar 4.18 Plot PACF Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk. Yang Stasioner

Dari Gambar 4.18, terdapat empat lag pertama yang keluar dari selang, sehingga $AR_{(4)}$. Sedangkan pada plot ACF pada gambar 4.18 hanya pada 1 lag pertama yang keluar dari selang setelah dilakukan 2 kali *differencing*, sehingga $MA_{(1)}$ dan $d = 2$. Berdasarkan hasil tersebut model tentatif awal yang terbentuk adalah ARIMA (4,2,1). Tetapi setelah dilihat pada hasil kelayakan modelnya menunjukkan bahwa AR (1), AR (2), AR (3) dan AR (4) tidak ada pengaruh pada model yang terbentuk, sehingga model tentatif yang terbentuk menjadi ARIMA (0,2,1). Dan model ARIMA (0,2,1) adalah :

$$Z_t = 2Z_{t-1} - Z_{t-2} + a_t - 0,988a_{t-1}$$

4.3.4 Overfitting

Dengan melakukan *overfitting* untuk data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. didapatkan 2 model tentatif (model sementara) ARIMA yang akan di uji melalui pengujian kelayakan model (uji *Ljung-Box*). Model tersebut adalah ARIMA (0,2,1) dan ARIMA (0,2,2).

4.3.5 Uji Kelayakan Model dan Diagnostik Model

Langkah berikutnya adalah pengujian kelayakan model ARIMA yang telah didapat. Salah satu metode yang digunakan untuk langkah ini adalah Metode *Maximum Likelihood* (MLE) dengan bantuan software MINITAB. Uji Kelayakan model ini menggunakan *uji portmanteau* dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 = \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0 \text{ (model sesuai)}$$

vs

$$H_1 = \text{minimal ada satu } \rho_k \neq 0 \text{ (model tidak sesuai)}$$

Berdasarkan uji Ljung-Box, suatu model dikatakan layak jika lag dari suatu model memiliki nilai statistik Q lebih kecil dari nilai $\chi^2_{(k-m)}$ atau nilai p-value lebih besar dari $\alpha = 0.05$. Hasil dari pengujian model menggunakan uji Ljung-Box menyatakan bahwa model ARIMA (0,2,1) dan ARIMA (0,2,2) layak digunakan. Untuk hasil uji Ljung-Box dapat dilihat pada Lampiran 8.

4.3.6 Pemilihan Model Terbaik

Berdasarkan hasil uji *Ljung-Box* diperoleh hasil bahwa ada dua model yang layak digunakan. Maka dari dua model tersebut akan dipilih model yang terbaik. Kriteria pemilihan model terbaik menggunakan AIC, dimana model terbaik adalah model dengan nilai AIC terkecil. Pemilihan model terbaik ini dilakukan menggunakan software *E-views*

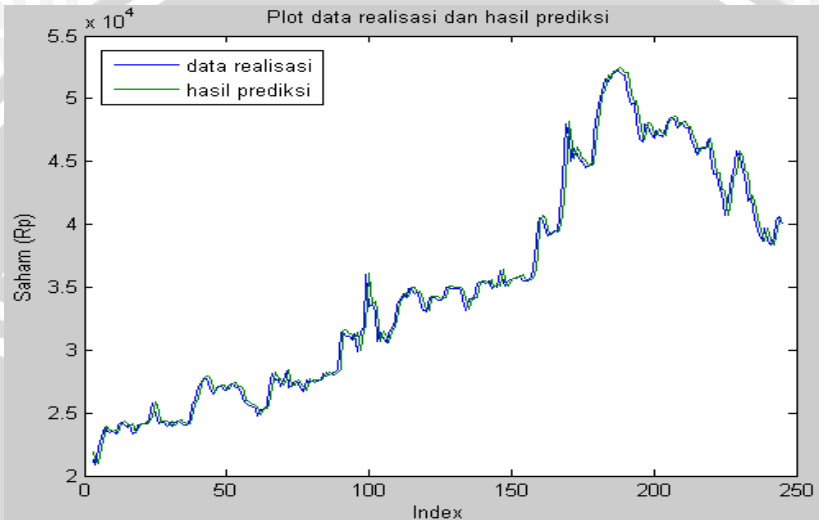
Tabel 4.9 Nilai AIC dari duabelas model yang layak

Model	Nilai AIC
ARIMA (0,2,1)	16.39902
ARIMA (0,2,2)	16.96004

Dari hasil perhitungan *E-views* terlihat bahwa nilai AIC untuk model ARIMA (0,2,1) adalah 16.39902, dimana nilai ini merupakan nilai AIC terkecil sehingga model yang terbaik untuk data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. adalah model ARIMA (0,2,1).

Kemudian dari model ARIMA (0,2,1) akan dibandingkan antara data realisasi dan data prediksi dari data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk.

Hasil ramalan dengan ARIMA (0,2,1) dapat di plotkan seperti Gambar berikut.



Gambar 4.19 Data dan Hasil Peramalan Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk. Dengan ARIMA (0,2,1)

Berikut ini adalah hasil peramalan untuk lima hari ke depan dari Metode ARIMA :

Tabel 4.10 Hasil Peramalan Dari Metode ARIMA

t (Hari)	Hasil Ramalan (Rp)
246	40011
247	40021
248	40032
249	40043
250	40054

Jika data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. dibandingkan dengan hasil ramalannya dapat dilihat bahwa hasil ramalan saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. polanya hampir sama dengan pola pada data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. Hal ini mengidentifikasi bahwa hasil ramalan menggunakan model ARIMA (0,2,1) cukup baik digunakan untuk meramalkan data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. untuk beberapa periode ke depan.

4.4 Menentukan Algoritma Terbaik untuk Peramalan

Metode peramalan yang paling sesuai umumnya adalah metode yang memiliki kesalahan rata-rata (MSE) yang paling kecil. Oleh karena itu, pada penelitian ini ketepatan peramalan dari dua metode yang berbeda dapat dibandingkan dengan cara melihat nilai MSE, sehingga dapat diketahui teknik mana yang paling optimal apabila digunakan untuk kasus peramalan pada data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. Berikut ini adalah hasil MSE dari masing-masing metode :

Tabel 4.11 Perbandingan Nilai Kesalahan Rata-Rata (MSE)

Metode Penelitian	Nilai MSE
<i>Fuzzy dengan Table look-up scheme (4 input dan 1 output)</i>	3115542
<i>Fuzzy dengan Table look-up scheme (6 input dan 1 output)</i>	2795817
ARIMA (Box Jenkins)	768949

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa nilai MSE terkecil terdapat pada metode ARIMA (Box Jenkins), sehingga metode ARIMA lebih tepat apabila digunakan pada kasus peramalan dengan data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk.

Di dalam penelitian ini perlu diketahui bahwa peramalan dengan metode Fuzzy juga masih dapat digunakan pada kasus peramalan dengan data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk., tetapi perlu ditambahkan lagi kaidah-kaidah (*rule*) yang terbentuk agar hasil ramalannya dapat lebih baik dari pada metode ARIMA. Perbandingan nilai dari MSE pada Tabel 4.8 untuk kedua metode *fuzzy* memiliki perbedaan dan dapat diketahui bahwa metode

penelitian *fuzzy* dengan *table look-up scheme* (6 *input* dan 1 *output*) lebih baik dari pada metode penelitian *fuzzy* dengan *table look-up scheme* (4 *input* dan 1 *output*). Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh jumlah kaidah (*rule*) yang terbentuk. Semakin banyak kaidah (*rule*) yang terbentuk, maka semakin baik pula hasil ketepatan peramalannya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Keakuratan hasil peramalan dari metode *fuzzy time series* dengan sistem inferensi *fuzzy* yang penyusunan basis kaidahnya menggunakan skema tabel *look-up* dipengaruhi oleh jumlah kaidah (*rule*) yang terbentuk, karena hasil peramalan untuk FIS dengan 6 *input* dan 1 *output* yang mempunyai jumlah *rule* lebih banyak lebih baik dari pada FIS dengan 4 *input* dan 1 *output* apabila dibandingkan melalui nilai MSE.
2. Apabila dibandingkan dari nilai MSE, nilai MSE terkecil terdapat pada metode ARIMA (Box Jenkins), sehingga metode ARIMA lebih tepat apabila digunakan pada kasus peramalan dengan data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk. Di dalam penelitian ini perlu diketahui bahwa peramalan dengan metode *fuzzy* juga dapat digunakan pada kasus peramalan dengan data saham harian PT. Gudang Garam, Tbk., tetapi perlu ditambahkan lagi kaidah-kaidah (*rule*) yang terbentuk agar hasil ramalannya dapat lebih baik dari pada metode ARIMA.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini maka saran yang dapat disampaikan yaitu pada penelitian dengan metode *fuzzy time series* dengan permodelan sistem inferensi *fuzzy* yang penyusunan basis kaidahnya menggunakan skema tabel *look-up* selanjutnya harus lebih banyak lagi membentuk kaidah-kaidah (*rule*) dengan cara memperbanyak pembagian *input* data atau memperbanyak jumlah fungsi keanggotaan (*membership function*) agar lebih menghasilkan peramalan yang akurat.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, L. 1994. *Peramalan Bisnis*. Edisi Pertama. BPFE, Yogyakarta.
- Box, G. E. P. and Jenkins, G. M. 1976. *Time Series Analysis, Forecasting and Control*. San Fransisco: Holden-Day.
- Cryer, J. D. 1986. *Time Series Analysis*. PWS-KENT Publishing Company. Massachusetts. USA.
- Cryer, J. D. and Chan, K. S. 2008. *Time Series Analysis with Application in R*. Springer. New York.
- Hanke, J. E., Reitsch, A. G. dan Wichern, D. W. 2003. *Peramalan Bisnis*. Edisi Ketujuh. Alih Bahasa: Devy Anantanur. PT. Prehallindo. Jakarta.
- Jumingan. 2009. *Studi Kelayakan Bisnis – Teori dan Pembuatan Proposal Kelayakan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Makridakis, S., S. C Wheelwright, dan V. E. McGEE . 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Edisi Kedua. Jilid Satu. Alih Bahasa Ir. Hari Suminto. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Mulyana, 2004. *Buku Ajar Analisis Data Deret Waktu*. Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Robandi, L. 2006. *Desain Sistem Tenaga Modern-Optimasi Logika Fuzzy- Algoritma Genetika*. Andi. Yogyakarta.
- Ramanathan. 1995. *Introductory Econometrics with Application*. 3rd Edition. The Dryden Press, USA.

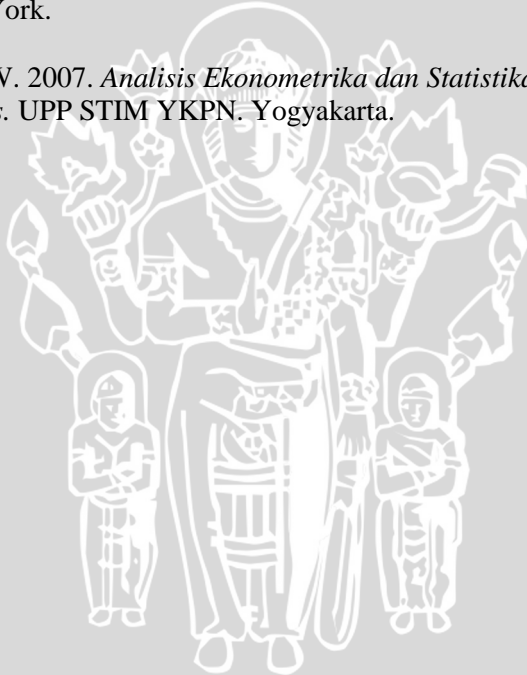
Setiadji. 2009. *Himpunan dan Logika Samar serta Aplikasinya*. Edisi pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Singh, S. R. 2007. *A Simple Method of Forecasting Based on Fuzzy Time Series*. Applied Mathematics and Computation, in press.

Wang, L.X.1999. *A Course in Fuzzy Systems and Control*. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

Wei, W. W. S. 1990. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Method*. Addison-Wesley Publishing Company. New York.

Winarno, W. W. 2007. *Analisis Ekonometrika dan Statistika dengan Eviews*. UPP STIM YKPN. Yogyakarta.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Dari Bulan Januari 2010 Sampai Dengan Bulan Desember 2010.

No.	Tanggal	Harga Saham (Rp)	No.	Tanggal	Harga Saham (Rp)
1	1/4/2010	21800	25	2/5/2010	25000
2	1/5/2010	21750	26	2/8/2010	24100
3	1/6/2010	21300	27	2/9/2010	24250
4	1/7/2010	20900	28	2/10/2010	24250
5	1/8/2010	22150	29	2/11/2010	23950
6	1/11/2010	23150	30	2/12/2010	24200
7	1/12/2010	23850	31	2/15/2010	23950
8	1/13/2010	23550	32	2/16/2010	24250
9	1/14/2010	23450	33	2/17/2010	24300
10	1/15/2010	23500	34	2/18/2010	24100
11	1/18/2010	23350	35	2/19/2010	24050
12	1/19/2010	24050	36	2/22/2010	24050
13	1/20/2010	24200	37	2/23/2010	24600
14	1/21/2010	24050	38	2/24/2010	25600
15	1/22/2010	23800	39	2/25/2010	26050
16	1/25/2010	24000	40	3/1/2010	27100
17	1/26/2010	23300	41	3/2/2010	27450
18	1/27/2010	23500	42	3/3/2010	27750
19	1/28/2010	24050	43	3/4/2010	27700
20	1/29/2010	24000	44	3/5/2010	27000
21	2/1/2010	24100	45	3/8/2010	26500
22	2/2/2010	24100	46	3/9/2010	26850
23	2/3/2010	24600	:	:	:
24	2/4/2010	25750	245	12/30/2010	40000

Lampiran 2. Perintah Matlab Untuk FIS Dengan 4 *input* dan 1 *output*.

Xt=saham(:,1);
Xsaham=Xt(1:245);
Xi=Xsaham(1:200);
Xp=Xsaham(201:245);
it=[1:200];
pt=[201:245];
t=[1:245];
plot(t',Xsaham);
plot(it',Xi);
plot(pt',Xp);
X1=Xi(1:196);
X2=Xi(2:197);
X3=Xi(3:198);
X4=Xi(4:199);
Y=Xi(5:200);
fuzzy
mfparams=[1.619e+004 2.038e+004 2.142e+004 2.561e+004];
u1s3=evalmf(X1,mfparams,'trapmf');
u2s3=evalmf(X2,mfparams,'trapmf');
u3s3=evalmf(X3,mfparams,'trapmf');
u4s3=evalmf(X4,mfparams,'trapmf');
uys3=evalmf(Y,mfparams,'trapmf');
mfparams=[2.09e+004 2.613e+004 3.135e+004];
u1s2=evalmf(X1,mfparams,'trimf');
u2s2=evalmf(X2,mfparams,'trimf');
u3s2=evalmf(X3,mfparams,'trimf');
u4s2=evalmf(X4,mfparams,'trimf');
uys2=evalmf(Y,mfparams,'trimf');

Lampiran 2. (Lanjutan)

mfparams=[2.613e+004 3.135e+004 3.658e+004];
u1s1=evalmf(X1,mfparams,'trimf');
u2s1=evalmf(X2,mfparams,'trimf');
u3s1=evalmf(X3,mfparams,'trimf');
u4s1=evalmf(X4,mfparams,'trimf');
uys1=evalmf(Y,mfparams,'trimf');
mfparams=[3.135e+004 3.658e+004 4.18e+004];
u1ce=evalmf(X1,mfparams,'trimf');
u2ce=evalmf(X2,mfparams,'trimf');
u3ce=evalmf(X3,mfparams,'trimf');
u4ce=evalmf(X4,mfparams,'trimf');
uyce=evalmf(Y,mfparams,'trimf');
mfparams=[3.658e+004 4.18e+004 4.702e+004];
u1b1=evalmf(X1,mfparams,'trimf');
u2b1=evalmf(X2,mfparams,'trimf');
u3b1=evalmf(X3,mfparams,'trimf');
u4b1=evalmf(X4,mfparams,'trimf');
uyb1=evalmf(Y,mfparams,'trimf');
mfparams=[4.18e+004 4.702e+004 5.225e+004];
u1b2=evalmf(X1,mfparams,'trimf');
u2b2=evalmf(X2,mfparams,'trimf');
u3b2=evalmf(X3,mfparams,'trimf');
u4b2=evalmf(X4,mfparams,'trimf');
uyb2=evalmf(Y,mfparams,'trimf');
mfparams=[4.754e+004 5.173e+004 5.277e+004 5.697e+004];
u1b3=evalmf(X1,mfparams,'trapmf');
u2b3=evalmf(X2,mfparams,'trapmf');
u3b3=evalmf(X3,mfparams,'trapmf');
u4b3=evalmf(X4,mfparams,'trapmf');

Lampiran 2. (Lanjutan)

uyb3=evalmf(Y,mfparams,'trapmf');
load Dp.m
a=readfis('Saham7s');
Hp=evalfis(Dp,a);
tp=[5:200];
t=tp';
load Yp.m
plot(t,Yp,t,Hp)
load Dpo.m
a=readfis('Saham7s');
Hp=evalfis(Dpo,a);
tp=[201:245];
t=tp';
load Ypo.m
plot(t,Ypo,t,Hp)
load Dpall.m
a=readfis('Saham7s');
Hp=evalfis(Dpall,a);
tp=[5:245];
t=tp';
load Ypall.m
plot(t,Ypall,t,Hp)
load Dp246.m
a=readfis('Saham7s');
Hp=evalfis(Dp246,a);
load Dp247.m
a=readfis('Saham7s');
Hp=evalfis(Dp247,a);
load Dp248.m

Lampiran 2. (Lanjutan)

<code>a=readfis('Saham7s');</code>
<code>Hp=evalfis(Dp248,a);</code>
<code>load Dp249.m</code>
<code>a=readfis('Saham7s');</code>
<code>Hp=evalfis(Dp249,a);</code>
<code>load Dp250.m</code>
<code>a=readfis('Saham7s');</code>
<code>Hp=evalfis(Dp250,a);</code>



Lampiran 3. Perintah Matlab Untuk FIS Dengan 6 *input* dan 1 *output*.

Xt=saham(:,1);
Xsaham=Xt(1:245);
Xi=Xsaham(1:200);
Xp=Xsaham(201:245);
it=[1:200];
pt=[201:245];
t=[1:245];
plot(t',Xsaham);
plot(it',Xi);
plot(pt',Xp);
X1=Xi(1:194);
X2=Xi(2:195);
X3=Xi(3:196);
X4=Xi(4:197);
X5=Xi(5:198);
X6=Xi(6:199);
Y=Xi(7:200);
mfparams=[1.619e+004 2.038e+004 2.142e+004 2.561e+004];
u1s3=evalmf(X1,mfparams,'trapmf');
u2s3=evalmf(X2,mfparams,'trapmf');
u3s3=evalmf(X3,mfparams,'trapmf');
u4s3=evalmf(X4,mfparams,'trapmf');
u5s3=evalmf(X5,mfparams,'trapmf');
u6s3=evalmf(X6,mfparams,'trapmf');
uys3=evalmf(Y,mfparams,'trapmf');
mfparams=[2.09e+004 2.613e+004 3.135e+004];
u1s2=evalmf(X1,mfparams,'trimf');
u2s2=evalmf(X2,mfparams,'trimf');

Lampiran 3. (Lanjutan)

$u_{3s2} = \text{evalmf}(X3, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{4s2} = \text{evalmf}(X4, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{5s2} = \text{evalmf}(X5, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{6s2} = \text{evalmf}(X6, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{ys2} = \text{evalmf}(Y, \text{mfparams}, 'trimf');$
$\text{mfparams} = [2.613e+004 \ 3.135e+004 \ 3.658e+004];$
$u_{1s1} = \text{evalmf}(X1, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{2s1} = \text{evalmf}(X2, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{3s1} = \text{evalmf}(X3, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{4s1} = \text{evalmf}(X4, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{5s1} = \text{evalmf}(X5, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{6s1} = \text{evalmf}(X6, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{ys1} = \text{evalmf}(Y, \text{mfparams}, 'trimf');$
$\text{mfparams} = [3.135e+004 \ 3.658e+004 \ 4.18e+004];$
$u_{1ce} = \text{evalmf}(X1, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{2ce} = \text{evalmf}(X2, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{3ce} = \text{evalmf}(X3, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{4ce} = \text{evalmf}(X4, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{5ce} = \text{evalmf}(X5, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{6ce} = \text{evalmf}(X6, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{yce} = \text{evalmf}(Y, \text{mfparams}, 'trimf');$
$\text{mfparams} = [3.658e+004 \ 4.18e+004 \ 4.702e+004];$
$u_{1b1} = \text{evalmf}(X1, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{2b1} = \text{evalmf}(X2, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{3b1} = \text{evalmf}(X3, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{4b1} = \text{evalmf}(X4, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{5b1} = \text{evalmf}(X5, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{6b1} = \text{evalmf}(X6, \text{mfparams}, 'trimf');$
$u_{yb1} = \text{evalmf}(Y, \text{mfparams}, 'trimf');$

Lampiran 3. (Lanjutan)

mfparams=[4.18e+004 4.702e+004 5.225e+004];
u1b2=evalmf(X1,mfparams,'trimf');
u2b2=evalmf(X2,mfparams,'trimf');
u3b2=evalmf(X3,mfparams,'trimf');
u4b2=evalmf(X4,mfparams,'trimf');
u5b2=evalmf(X5,mfparams,'trimf');
u6b2=evalmf(X6,mfparams,'trimf');
uyb2=evalmf(Y,mfparams,'trimf');
mfparams=[4.754e+004 5.173e+004 5.277e+004 5.697e+004];
u1b3=evalmf(X1,mfparams,'trapmf');
u2b3=evalmf(X2,mfparams,'trapmf');
u3b3=evalmf(X3,mfparams,'trapmf');
u4b3=evalmf(X4,mfparams,'trapmf');
u5b3=evalmf(X5,mfparams,'trapmf');
u6b3=evalmf(X6,mfparams,'trapmf');
uyb3=evalmf(Y,mfparams,'trapmf');
load Dp6i.m
a=readfis('Saham7s2');
Hp=evalfis(Dp6i,a);
tp=[7:200];
t=tp';
load Yp6i.m
plot(t,Yp6i,t,Hp)
load Dp6io.m
a=readfis('Saham7s2');
Hp=evalfis(Dp6io,a);
tp=[201:245];
t=tp';
load Yp6io.m

Lampiran 3. (Lanjutan)

plot(t,Yp6io,t,Hp)
load Dp6iall.m
a=readfis('Saham7s2');
Hp=evalfis(Dp6iall,a);
tp=[7:245];
t=tp';
load Yp6iall.m
plot(t,Yp6iall,t,Hp)
load Dp246vi.m
a=readfis('Saham7s2');
Hp=evalfis(Dp246vi,a);
load Dp247vi.m
a=readfis('Saham7s2');
Hp=evalfis(Dp247vi,a);
load Dp248vi.m
a=readfis('Saham7s2');
Hp=evalfis(Dp248vi,a);
load Dp249vi.m
a=readfis('Saham7s2');
Hp=evalfis(Dp249vi,a);
load Dp250vi.m
a=readfis('Saham7s2');
Hp=evalfis(Dp250vi,a);

Lampiran 4. Nilai Keanggotaan Dari Variabel *Input* dan *Output* Pada Setiap Fungsi Keanggotaan Untuk FIS Dengan 4 *input* dan 1 *output*.

Keanggotaan X_1 pada $S_3 \dots B_3$ dan keanggotaan maksimumnya A_{1j}^*

t	X_1	u_{1S3}	u_{1S2}	u_{1S1}	u_{1CE}	u_{1B1}	u_{1B2}	u_{1B3}	Max	A_{1j}^*
1	21800	0.909	0.172	0	0	0	0	0	0.909	S_3
2	21750	0.921	0.163	0	0	0	0	0	0.921	S_3
3	21300	1	0.076	0	0	0	0	0	1	S_3
4	20900	1	0	0	0	0	0	0	1	S_3
5	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S_3
6	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S_3
7	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S_2
8	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S_2
9	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S_3
10	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S_3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
187	52250	0	0	0	0	0	0	1	1	B_3
188	52100	0	0	0	0	0	0.029	1	1	B_3
189	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B_3
190	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B_3
191	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B_3
192	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B_2
193	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B_3
194	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B_2
195	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B_2
196	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B_2

Lampiran 4. (Lanjutan)

Keanggotaan X_2 pada $S_3 \dots B_3$ dan keanggotaan maksimumnya A_{2j}^*

t	X_2	u_{2S3}	u_{2S2}	u_{2S1}	u_{2CE}	u_{2B1}	u_{2B2}	u_{2B3}	Max	A_{2j}^*
1	21750	0.921	0.163	0	0	0	0	0	0.921	S3
2	21300	1	0.076	0	0	0	0	0	1	S3
3	20900	1	0	0	0	0	0	0	1	S3
4	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S3
5	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
6	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
7	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
8	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
9	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
10	23350	0.539	0.468	0	0	0	0	0	0.539	S3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
187	52100	0	0	0	0	0	0.029	1	1	B3
188	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
189	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
190	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
191	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
192	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
193	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
194	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2
195	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B2
196	47950	0	0	0	0	0	0.822	0.098	0.822	B2

Lampiran 4. (Lanjutan)

Keanggotaan X3 pada S3...B3 dan keanggotaan maksimumnya A3j*

t	X3	u3S3	u3S2	u3S1	u3CE	u3B1	u3B2	u3B3	Max	A3j*
1	21300	1	0.076	0	0	0	0	0	1	S3
2	20900	1	0	0	0	0	0	0	1	S3
3	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S3
4	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
5	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
6	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
7	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
8	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
9	23350	0.539	0.468	0	0	0	0	0	0.539	S3
10	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
187	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
188	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
189	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
190	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
191	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
192	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
193	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2
194	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B2
195	47950	0	0	0	0	0	0.822	0.098	0.822	B2
196	47800	0	0	0	0	0	0.851	0.062	0.851	B2

Lampiran 4. (Lanjutan)

Keanggotaan X4 pada S3...B3 dan keanggotaan maksimumnya A4j*

t	X4	u4S3	u4S2	u4S1	u4CE	u4B1	u4B2	u4B3	Max	A4j*
1	20900	1	0	0	0	0	0	0	1	S3
2	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S3
3	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
4	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
5	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
6	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
7	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
8	23350	0.539	0.468	0	0	0	0	0	0.539	S3
9	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
10	24200	0.337	0.631	0	0	0	0	0	0.631	S2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
187	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
188	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
189	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
190	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
191	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
192	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2
193	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B2
194	47950	0	0	0	0	0	0.822	0.098	0.822	B2
195	47800	0	0	0	0	0	0.851	0.062	0.851	B2
196	47150	0	0	0	0	0	0.975	0	0.975	B2

Lampiran 4. (Lanjutan)

Keanggotaan Y pada S3...B3 dan keanggotaan maksimumnya BI*

t	Y	uyS3	uyS2	uyS1	uyCE	uyB1	uyB2	uyB3	Max	BI*
1	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S3
2	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
3	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
4	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
5	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
6	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
7	23350	0.539	0.468	0	0	0	0	0	0.539	S3
8	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
9	24200	0.337	0.631	0	0	0	0	0	0.631	S2
10	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
187	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
188	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
189	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
190	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
191	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2
192	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B2
193	47950	0	0	0	0	0	0.822	0.098	0.822	B2
194	47800	0	0	0	0	0	0.851	0.062	0.851	B2
195	47150	0	0	0	0	0	0.975	0	0.975	B2
196	46900	0	0	0	0	0.023	0.977	0	0.977	B2

Lampiran 5. Nilai Keanggotaan Dari Variabel *Input* dan *Output* Pada Setiap Fungsi Keanggotaan Untuk FIS Dengan 6 *input* dan 1 *output*.

Keanggotaan X_1 pada $S_3 \dots B_3$ dan keanggotaan maksimumnya A_{1j}^*

t	X1	u1S3	u1S2	u1S1	u1CE	u1B1	u1B2	u1B3	Max	A1j*
1	21800	0.909	0.172	0	0	0	0	0	0.909	S3
2	21750	0.921	0.163	0	0	0	0	0	0.921	S3
3	21300	1	0.076	0	0	0	0	0	1	S3
4	20900	1	0	0	0	0	0	0	1	S3
5	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S3
6	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
7	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
8	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
9	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
185	52000	0	0	0	0	0	0.048	1	1	B3
186	52000	0	0	0	0	0	0.048	1	1	B3
187	52250	0	0	0	0	0	0	1	1	B3
188	52100	0	0	0	0	0	0.029	1	1	B3
189	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
190	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
191	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
192	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
193	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
194	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2

Lampian 5. (Lanjutan)

Keanggotaan X2 pada S3...B3 dan keanggotaan maksimumnya A2j*

t	X2	u2S3	u2S2	u2S1	u2CE	u2B1	u2B2	u2B3	Max	A2j*
1	21750	0.921	0.163	0	0	0	0	0	0.921	S3
2	21300	1	0.076	0	0	0	0	0	1	S3
3	20900	1	0	0	0	0	0	0	1	S3
4	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S3
5	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
6	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
7	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
8	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
9	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
185	52000	0	0	0	0	0	0.048	1	1	B3
186	52250	0	0	0	0	0	0	1	1	B3
187	52100	0	0	0	0	0	0.029	1	1	B3
188	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
189	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
190	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
191	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
192	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
193	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
194	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2

Lampiran 5. (Lanjutan)

Keanggotaan X_3 pada $S_3 \dots B_3$ dan keanggotaan maksimumnya A_{3j}^*

t	X_3	u_{3S3}	u_{3S2}	u_{3S1}	u_{3CE}	u_{3B1}	u_{3B2}	u_{3B3}	Max	A_{3j}^*
1	21300	1	0.076	0	0	0	0	0	1	S3
2	20900	1	0	0	0	0	0	0	1	S3
3	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S3
4	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
5	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
6	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
7	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
8	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
9	23350	0.539	0.468	0	0	0	0	0	0.539	S3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
185	52250	0	0	0	0	0	0	1	1	B3
186	52100	0	0	0	0	0	0.029	1	1	B3
187	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
188	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
189	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
190	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
191	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
192	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
193	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2
194	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B2

Lampiran 5. (Lanjutan)

Keanggotaan X4 pada S3...B3 dan keanggotaan maksimumnya A4j*

t	X4	u4S3	u4S2	u4S1	u4CE	u4B1	u4B2	u4B3	Max	A4j*
1	20900	1	0	0	0	0	0	0	1	S3
2	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S3
3	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
4	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
5	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
6	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
7	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
8	23350	0.539	0.468	0	0	0	0	0	0.539	S3
9	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
185	52100	0	0	0	0	0	0.029	1	1	B3
186	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
187	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
188	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
189	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
190	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
191	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
192	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2
193	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B2
194	47950	0	0	0	0	0	0.822	0.098	0.822	B2

Lampiran 5. (Lanjutan)

Keanggotaan X5 pada S3...B3 dan keanggotaan maksimumnya A5j*

t	X5	u5S3	u5S2	u5S1	u5CE	u5B1	u5B2	u5B3	Max	A5j*
1	22150	0.826	0.239	0	0	0	0	0	0.826	S3
2	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
3	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
4	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
5	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
6	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
7	23350	0.539	0.468	0	0	0	0	0	0.539	S3
8	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
9	24200	0.337	0.631	0	0	0	0	0	0.631	S2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
185	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
186	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
187	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
188	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
189	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
190	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
191	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2
192	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B2
193	47950	0	0	0	0	0	0.822	0.098	0.822	B2
194	47800	0	0	0	0	0	0.851	0.062	0.851	B2

Lampiran 5. (Lanjutan)

Keanggotaan X6 pada S3...B3 dan keanggotaan maksimumnya A6j*

t	X6	u6S3	u6S2	u6S1	u6CE	u6B1	u6B2	u6B3	Max	A6j*
1	23150	0.587	0.43	0	0	0	0	0	0.587	S3
2	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
3	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
4	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
5	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
6	23350	0.539	0.468	0	0	0	0	0	0.539	S3
7	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
8	24200	0.337	0.631	0	0	0	0	0	0.631	S2
9	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
185	51900	0	0	0	0	0	0.067	1	1	B3
186	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
187	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
188	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
189	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
190	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2
191	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B2
192	47950	0	0	0	0	0	0.822	0.098	0.822	B2
193	47800	0	0	0	0	0	0.851	0.062	0.851	B2
194	47150	0	0	0	0	0	0.975	0	0.975	B2

Lampiran 5. (Lanjutan)

Keanggotaan Y pada S3...B3 dan keanggotaan maksimumnya BI*

t	Y	uyS3	uyS2	uyS1	uyCE	uyB1	uyB2	uyB3	Max	BI*
1	23850	0.42	0.564	0	0	0	0	0	0.564	S2
2	23550	0.492	0.507	0	0	0	0	0	0.507	S2
3	23450	0.516	0.488	0	0	0	0	0	0.516	S3
4	23500	0.504	0.497	0	0	0	0	0	0.504	S3
5	23350	0.539	0.468	0	0	0	0	0	0.539	S3
6	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
7	24200	0.337	0.631	0	0	0	0	0	0.631	S2
8	24050	0.372	0.602	0	0	0	0	0	0.602	S2
9	23800	0.432	0.554	0	0	0	0	0	0.554	S2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
185	50200	0	0	0	0	0	0.392	0.635	0.635	B3
186	49550	0	0	0	0	0	0.516	0.48	0.516	B2
187	49650	0	0	0	0	0	0.497	0.504	0.504	B3
188	48200	0	0	0	0	0	0.774	0.158	0.774	B2
189	46800	0	0	0	0	0.042	0.958	0	0.958	B2
190	46600	0	0	0	0	0.08	0.92	0	0.92	B2
191	47950	0	0	0	0	0	0.822	0.098	0.822	B2
192	47800	0	0	0	0	0	0.851	0.062	0.851	B2
193	47150	0	0	0	0	0	0.975	0	0.975	B2
194	46900	0	0	0	0	0.023	0.977	0	0.977	B2

Lampiran 6. Hitungan Degree Dari Tiap Kaidah Untuk FIS Dengan 4 input dan 1 output.

t	A1j*	A2j*	A3j*	A4j*	BI*	Degree
1	0.909	0.921	1	1	0.826	0.69175
2	0.921	1	1	0.826	0.587	0.44664
3	1	1	0.826	0.587	0.564	0.27347
4	1	0.826	0.587	0.564	0.507	0.13856
5	0.826	0.587	0.564	0.507	0.516	0.07143
6	0.587	0.564	0.507	0.516	0.504	0.04356
7	0.564	0.507	0.516	0.504	0.539	0.04002
8	0.507	0.516	0.504	0.539	0.602	0.04273
9	0.516	0.504	0.539	0.602	0.631	0.05321
10	0.504	0.539	0.602	0.631	0.602	0.06217
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
187	1	1	1	1	0.635	0.63484
188	1	1	1	0.635	0.516	0.32774
189	1	1	0.635	0.516	0.504	0.16504
190	1	0.635	0.516	0.504	0.774	0.12781
191	0.635	0.516	0.504	0.774	0.958	0.12242
192	0.516	0.504	0.774	0.958	0.92	0.17732
193	0.504	0.774	0.958	0.92	0.822	0.2824
194	0.774	0.958	0.92	0.822	0.851	0.47714
195	0.958	0.92	0.822	0.851	0.975	0.60085
196	0.92	0.822	0.851	0.975	0.977	0.61286

Lampiran 7. Hitungan Degree Dari Tiap Kaidah Untuk FIS Dengan 6 input dan 1 output.

t	A1j*	A2j*	A3j*	A4j*	A5j*	A6j*	BI*	Degree
1	0.909	0.921	1	1	0.826	0.587	0.564	0.22908
2	0.921	1	1	0.826	0.587	0.564	0.507	0.12765
3	1	1	0.826	0.587	0.564	0.507	0.516	0.071431
4	1	0.826	0.587	0.564	0.507	0.516	0.504	0.035971
5	0.826	0.587	0.564	0.507	0.516	0.504	0.539	0.019402
6	0.587	0.564	0.507	0.516	0.504	0.539	0.602	0.014151
7	0.564	0.507	0.516	0.504	0.539	0.602	0.631	0.015209
8	0.507	0.516	0.504	0.539	0.602	0.631	0.602	0.01624
9	0.516	0.504	0.539	0.602	0.631	0.602	0.554	0.017772
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
185	1	1	1	1	1	1	0.635	0.634845
186	1	1	1	1	1	0.635	0.516	0.32774
187	1	1	1	1	0.635	0.516	0.504	0.165043
188	1	1	1	0.635	0.516	0.504	0.774	0.127806
189	1	1	0.635	0.516	0.504	0.774	0.958	0.12242
190	1	0.635	0.516	0.504	0.774	0.958	0.92	0.11257
191	0.635	0.516	0.504	0.774	0.958	0.92	0.822	0.092553
192	0.516	0.504	0.774	0.958	0.92	0.822	0.851	0.124045
193	0.504	0.774	0.958	0.92	0.822	0.851	0.975	0.234307
194	0.774	0.958	0.92	0.822	0.851	0.975	0.977	0.454587

Lampiran 8. Perhitungan ARIMA Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk

1. ARIMA (4,2,1)

ARIMA Model: Saham GG

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters				
0	335793877	0.100	0.100	0.100	0.100	
0.100	-1.421					
1	305328740	-0.050	0.027	0.049	0.060	
0.049	0.284					
2	286817858	-0.200	-0.037	0.008	0.030	-
0.032	0.802					
3	275263187	-0.350	-0.097	-0.028	0.006	-
0.134	1.122					
4	270469910	-0.500	-0.146	-0.053	-0.008	-
0.263	1.342					
5	267214825	-0.650	-0.194	-0.076	-0.020	-
0.398	1.556					
6	265020151	-0.510	-0.169	-0.072	-0.021	-
0.248	1.435					
7	260262141	-0.383	-0.154	-0.075	-0.027	-
0.098	1.350					
8	251811230	-0.276	-0.154	-0.089	-0.042	
0.052	1.293					
9	243371135	-0.176	-0.145	-0.095	-0.054	
0.202	1.167					
10	236953421	-0.067	-0.117	-0.086	-0.056	
0.352	0.962					
11	231410389	0.049	-0.074	-0.064	-0.049	
0.502	0.718					
12	225271969	0.166	-0.023	-0.036	-0.035	
0.652	0.432					
13	217100441	0.277	0.032	-0.003	-0.018	
0.802	0.066					
14	204796973	0.367	0.085	0.029	-0.001	
0.952	-0.429					
15	196373637	0.330	0.081	0.023	-0.013	
0.976	-0.563					
16	184657720	0.180	0.046	-0.012	-0.060	
0.984	0.011					
17	183153147	0.107	0.028	-0.029	-0.083	
0.984	-0.181					

Lampiran 8. (Lanjutan)

0.985	18	183130943	0.104	0.027	-0.030	-0.084
		-0.162				
0.985	19	183021918	0.104	0.027	-0.030	-0.084
		-0.267				
0.986	20	183002199	0.104	0.027	-0.030	-0.084
		-0.259				
0.986	21	182998309	0.104	0.027	-0.030	-0.084
		-0.235				
0.986	22	182997490	0.104	0.027	-0.030	-0.083
		-0.212				
0.987	23	182996760	0.104	0.027	-0.030	-0.083
		-0.192				
0.987	24	182995266	0.104	0.027	-0.030	-0.083
		-0.176				
0.987	25	182992741	0.104	0.027	-0.030	-0.083
		-0.164				

** Convergence criterion not met after 25 iterations **

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0.1039	0.0650	1.60	0.111
AR	2	0.0273	0.0654	0.42	0.677
AR	3	-0.0298	0.0658	-0.45	0.652
AR	4	-0.0832	0.0658	-1.26	0.207
MA	1	0.9872	0.0002	5091.86	0.000
Constant		-0.164	1.117	-0.15	0.883

Differencing: 2 regular differences

Number of observations: Original series 245, after differencing 243

Residuals: SS = 182960967 (backforecasts excluded)
MS = 771987 DF = 237

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	9.8	14.5	30.3	43.8
DF	6	18	30	42
P-Value	0.134	0.695	0.449	0.393

Lampiran 8. (Lanjutan)

2. ARIMA (0,2,1)

ARIMA Model: Saham GG

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters
0	300549007	0.100
1	269087334	0.250
2	245532766	0.400
3	227651901	0.550
4	213249345	0.700
5	199667946	0.846
6	188458814	0.962
7	186882865	0.988

Unable to reduce sum of squares any further

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	0.9880	0.0002	4664.93	0.000

Differencing: 2 regular differences

Number of observations: Original series 245, after differencing 243

Residuals: SS = 186854687 (backforecasts excluded)
MS = 772127 DF = 242

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	18.3	22.0	38.9	50.7
DF	11	23	35	47
P-Value	0.074	0.523	0.299	0.330

Lampiran 8. (Lanjutan)

3. ARIMA (0,2,2)

ARIMA Model: Saham GG

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters	
0	300029057	0.100	0.100
1	265178924	0.250	0.156
2	237282372	0.400	0.190
3	214531481	0.550	0.205
4	195060140	0.700	0.208
5	190505736	0.736	0.215
6	187826435	0.772	0.218
7	187784576	0.771	0.218
8	187574261	0.771	0.217
9	187485948	0.771	0.217
10	187458455	0.770	0.216
11	187458015	0.770	0.216

Relative change in each estimate less than 0.0010

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	0.7700	0.0021	370.02	0.000
MA 2	0.2164	0.0270	8.01	0.000

Differencing: 2 regular differences

Number of observations: Original series 245, after differencing 243

Residuals: SS = 187410995 (backforecasts excluded)
MS = 777639 DF = 241

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	16.1	20.4	35.5	51.5
DF	10	22	34	46
P-Value	0.097	0.558	0.396	0.267

Lampiran 9. Perhitungan AIC Model Yang Layak Untuk Peramalan
Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk

1. ARIMA (4,2,1)

Dependent Variable: D(SER01,2)

Method: Least Squares

Date: 01/04/12 Time: 23:34

Sample (adjusted): 7 245

Included observations: 239 after adjustments

Convergence achieved after 63 iterations

MA Backcast: 6

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.848850	1.006079	-0.843721	0.3997
AR(4)	-0.083093	0.065317	-1.272160	0.2046
MA(1)	-0.990177	0.007049	-140.4643	0.0000
R-squared	0.438338	Mean dependent var		-6.903766
Adjusted R-squared	0.433578	S.D. dependent var		1167.753
S.E. of regression	878.8626	Akaike info criterion		16.40761
Sum squared resid	1.82E+08	Schwarz criterion		16.45124
Log likelihood	-1957.709	Hannan-Quinn criter.		16.42519
F-statistic	92.09085	Durbin-Watson stat		1.791180
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.38+.38i	.38+.38i	-.38+.38i	-.38+.38i
Inverted MA Roots	.99			

Lampiran 9. (Lanjutan)

2. ARIMA (0,2,1)

Dependent Variable: D(SER01,2)

Method: Least Squares

Date: 01/04/12 Time: 23:35

Sample (adjusted): 3 245

Included observations: 243 after adjustments

Convergence achieved after 9 iterations

MA Backcast: 2

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.989213	0.007040	-140.5060	0.0000
R-squared	0.429388	Mean dependent var		-2.469136
Adjusted R-squared	0.429388	S.D. dependent var		1163.326
S.E. of regression	878.7637	Akaike info criterion		16.39902
Sum squared resid	1.87E+08	Schwarz criterion		16.41339
Log likelihood	-1991.480	Hannan-Quinn criter.		16.40481
Durbin-Watson stat	1.770628			
Inverted MA Roots	.99			

Lampiran 9. (Lanjutan)

3. ARIMA (0,2,2)

Dependent Variable: D(SER01,2)

Method: Least Squares

Date: 01/04/12 Time: 23:36

Sample (adjusted): 3 245

Included observations: 243 after adjustments

Convergence achieved after 6 iterations

MA Backcast: 1 2

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(2)	-0.005891	0.064453	-0.091398	0.9273
R-squared	0.000026	Mean dependent var		-2.469136
Adjusted R-squared	0.000026	S.D. dependent var		1163.326
S.E. of regression	1163.312	Akaike info criterion		16.96004
Sum squared resid	3.27E+08	Schwarz criterion		16.97441
Log likelihood	-2059.644	Hannan-Quinn criter.		16.96583
Durbin-Watson stat	2.914572			
Inverted MA Roots	.08	-.08		

Lampiran 10. Nilai Dari Data Realisasi dan Hasil Prediksi Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Untuk FIS Dengan 4 *input* dan 1 *output*.

t	Realisasi	Prediksi
1	21800	*
2	21750	*
3	21300	*
4	20900	*
5	22150	23928
6	23150	24332
7	23850	25188
8	23550	25622
9	23450	25568
10	23500	25402
11	23350	25453
12	24050	25448
⋮	⋮	⋮
234	42200	47020
235	41250	47022
236	40000	46166
237	39200	45075
238	38700	44422
239	39650	43344
240	38750	42037
241	38400	41775
242	39000	41533
243	40200	41536
244	40650	41978
245	40000	42397

Lampiran 11. Nilai Dari Data Realisasi dan Hasil Prediksi Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Untuk FIS Dengan 6 *input* dan 1 *output*.

t	Realisasi	Prediksi
1	21800	*
2	21750	*
3	21300	*
4	20900	*
5	22150	*
6	23150	*
7	23850	25925
8	23550	25601
9	23450	25338
10	23500	25402
11	23350	25410
12	24050	25565
⋮	⋮	⋮
234	42200	46920
235	41250	47002
236	40000	36575
237	39200	41807
238	38700	41803
239	39650	41802
240	38750	41804
241	38400	41793
242	39000	41795
243	40200	41536
244	40650	41797
245	40000	41796

Lampiran 12. Nilai Dari Data Realisasi dan Hasil Prediksi Data Saham Harian PT. Gudang Garam, Tbk Untuk ARIMA (0,2,1)

t	Realisasi	Prediksi
1	21800	*
2	21750	*
3	21300	21866
4	20900	21409
5	22150	21003
6	23150	22267
7	23850	23277
8	23550	23984
9	23450	23679
10	23500	23576
11	23350	23625
12	24050	23472
⋮	⋮	⋮
234	42200	41884
235	41250	42238
236	40000	41276
237	39200	40011
238	38700	39201
239	39650	38695
240	38750	39657
241	38400	38746
242	39000	38392
243	40200	38999
244	40650	40213
245	40000	40669