



**PERAMALAN DERET WAKTU DENGAN MENGGUNAKAN
AUTOREGRESSIVE (AR), JARINGAN SYARAF TIRUAN
RADIAL BASIS FUNCTION (RBF) DAN HIBRID AR-RBF
PADA INFLASI INDONESIA**

Skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Matematika

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

oleh

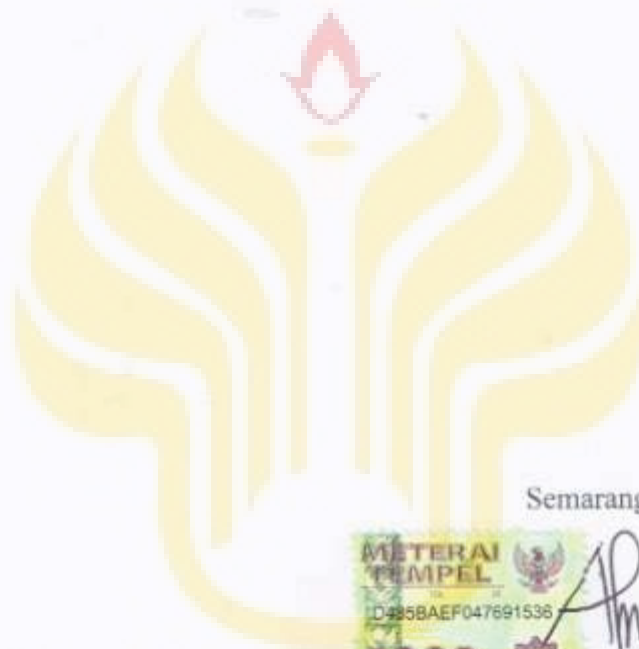
Al Hikmah
4111412046

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

2017

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.



Semarang, 27 April 2017



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Al Hikmah
4111412046

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Peramalan Deret Waktu dengan Menggunakan *Autoregressive* (AR),
Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function* (RBF) dan Hibrid AR-RBF
pada Inflasi Indonesia.

disusun oleh

Al Hikmah
4111412046

telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Matematika
FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal 27 April 2017.

Panitia:



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

Sekretaris

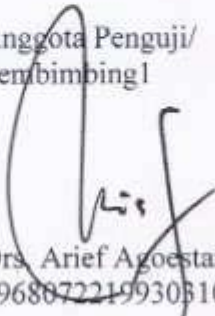
Drs. Arief Agoestanto, M.Si.
196807221993031005

Ketua Penguji



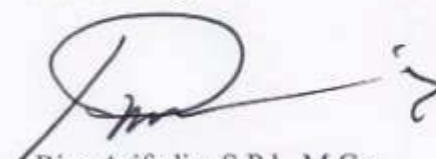
Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt.
196412231988031001

Anggota Penguji/
Pembimbing 1



Drs. Arief Agoestanto, M.Si.
196807221993031005

Anggota Penguji/
Pembimbing 2



Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs.
198005252005011001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

”Allah tidak akan menyiksamu jika kamu bersyukur dan beriman. Dan Allah Maha Mensyukuri, Maha Mengetahui”. (Q.S An-Nisa’: 147)

Cobalah tidak untuk menjadi seseorang yang sukses, tetapi menjadi seseorang yang bernilai. (Albert Einstein)

PERSEMBAHAN

1. Untuk Allah SWT, Sang Maha Pencipta Semesta Alam
2. Untuk Universitas Negeri Semarang (UNNES)
3. Untuk Dosen Jurusan Matematika dan Dosen pembimbing
4. Untuk Orang tuaku, adik, dan keluarga serta teman-temanku.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan karuniaNya. Sholawat dan salam selalu tercurah kepada sang tauladan umat Nabi Muhammad Saw, beserta keluarga dan sahabat yang setia dalam menegakkan agama Islam. Atas berkat rahmat Allah SWT penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Peramalan Deret Waktu dengan Menggunakan *Autoregressive (AR)*, Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function (RBF)* dan Hibrid *AR – RBF* pada Inflasi Indonesia”**.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini penulis telah mendapat banyak bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri S.E, M.Si, Akt., Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang dan selaku penguji yang telah memberikan penilaian dan saran dalam perbaikan skripsi ini.
3. Drs, Arief Agoestanto, M.Si., Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang dan selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, nasehat, saran dan dorongan selama penyusunan skripsi ini.
4. Drs. Mashuri M.Si., Ketua Prodi Matematika Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
5. Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, nasehat, saran dan dorongan selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak/ibu dosen, staf tata usaha Matematika pada khususnya dan FMIPA pada umumnya telah membekali penulis dengan berbagai ilmu selama mengikuti perkuliahan dan membantu dalam segala hal administrasi.
7. Teruntuk Bapak, Ibu serta adik yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan dorongan.

8. Keluarga Besar UKM Resimen Mahasiswa Mahasipa Batalyon 902 Universitas Negeri Semarang.
9. Teman-teman Matematika angkatan 2012, teman-teman KKN Cahaya Manunggal, teman-teman Kos Bu Darsih dan Kos Balqis yang telah memberikan kenangannya.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang penulis miliki. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bisa membangun penelitian-penelitian yang lain. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, April 2017

Penulis



ABSTRAK

Hikmah, A. 2017. *Peramalan Deret Waktu Menggunakan Autoregressive (AR), Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function (RBF) dan Hibrid AR-RBF pada Inflasi Indonesia*. Skripsi, Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Drs, Arief Agoestanto, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs.

Kata kunci : *Autoregressive (AR)*, *Jaringan Syaraf Tiruan*, *Radial Basis Function (RBF)*, *Inflasi*.

Data inflasi merupakan data keuangan runtun waktu (*financial time series*) yang dapat diramalkan besarnya pada masa yang akan datang berdasarkan data tersebut. Salah satu metode untuk meramalkan data runtun waktu adalah *Autoregressive (AR)*. Metode AR dapat menganalisis masalah bagian linier data dan tidak dapat menangkap struktur nonlinier data. Berbeda dengan AR, model jaringan syaraf tiruan merupakan metode peramalan yang dapat digunakan untuk memprediksi data nonlinier. Salah satu algoritma pembelajaran dalam jaringan syaraf tiruan yaitu *Radial Basis Function (RBF)*. Dengan satu metode saja mungkin tidak mampu mengatasi masalah peramalan dengan baik. Dalam artikel ini dibahas penggabungan dua buah metode yaitu *Autoregressive (AR)* dan *Radial Basis Function (RBF)*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan hasil ramalan inflasi enam bulan berikutnya yaitu bulan Oktober 2016, November 2016, Desember 2016, Januari 2017, Februari 2017 dan Maret 2017. Kemudian dibandingkan nilai MAPE masing-masing metode untuk menentukan metode yang lebih akurat dalam meramalkan nilai inflasi.

Data yang digunakan dalam peramalan yaitu tingkat inflasi Indonesia berdasarkan Indeks Harga Konsumen (IHK) pada bulan Januari 2003 sampai dengan September 2016. Hasil peramalan hibrid AR-RBF dibandingkan dengan metode AR dan RBF secara individual. Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil hibrid JST RBF memiliki hasil yang lebih akurat dari pada AR dan hibrid AR-RBF saja. Hal ini terlihat dari nilai MAPE JST RBF paling kecil yaitu 7,12199%, sedangkan nilai MAPE metode AR sebesar 10,3636% dan metode hibrid AR-RBF sebesar 9,37089%. Hasil peramalan inflasi Indonesia dengan metode JST RBF pada bulan Oktober 2016, November 2016, Desember 2016, Januari 2017, Februari 2017 dan Maret 2017 secara berturut-turut sebesar 3,0960%; 3,3567%; 3,4304%; 3,5468%; 3,6701% dan 3,8570%.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB	
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Tujuan penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Sistematika Penulisan	9
2. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Inflasi	11
2.1.1 Pengertian Inflasi	11
2.1.2 Jenis-jenis Inflasi	13
2.1.3 Kestabilan Inflasi	15
2.2 Peramalan	15
2.3 Analisis Runtun Waktu	18
2.3.1 Stasioneritas	19
2.3.2 Autokorelasi	21

2.3.3	Proses <i>White Noise</i>	22
2.3.4	Ketepatan Model Peramalan	23
2.3.5	Pemilihan Model Permalan Terbaik	25
2.4	<i>Autoregressive</i> (AR)	25
2.5	Metodologi Box-Jenkins	27
2.6	Jaringan Syaraf Tiruan (JST)	28
2.6.1	Sejarah Jaringan Syaraf Tiruan	28
2.6.2	Pengertian Jaringan Syaraf Tiruan	29
2.6.3	Komponen Jaringan Syaraf Tiruan	32
2.6.4	Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan	34
2.6.5	Algoritma Pembelajaran	36
2.6.6	Fungsi Aktivasi	37
2.7	Jaringan Syaraf Tiruan <i>Radial Basis Function</i> (RBF)	38
2.7.1	Pengertian Jaringan Syaraf Tiruan <i>Radial Basis Function</i> (RBF)	38
2.7.2	Arsitektur <i>Radial Basis Function</i> (RBF)	40
2.8	Hibrid AR-RBF	44
2.9	Matlab (<i>Matrix Laboratory</i>)	45
3.	METODE PENELITIAN	48
3.1	Perumusan Masalah	48
3.2	Studi Pustaka	48
3.3	Pengumpulan Data	49
3.4	Pemecahan Masalah	49
3.4.1	Metode <i>Autoregressive</i> (AR)	49
3.4.2	Metode Jaringan Syaraf Tiruan RBF	53
3.4.3	Metode Hibrid AR-RBF	55
3.5	Perancangan Sistem	57
3.6	Penarikan Kesimpulan	57
4.	PEMBAHASAN	58
4.1	Pengumpulan Data	58
4.2	Peramalan Menggunakan Metode <i>Autoregressive</i> (AR)	59

4.2.1	Uji Stasioneritas	60
4.2.2	Identifikasi Model AR	63
4.2.3	Estimasi Model	64
4.2.4	<i>Diagnostic Checking</i>	66
4.2.5	Peramalan Berdasarkan Model Terbaik	68
4.3	Peramalan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan <i>Radial Basis Function</i> (RBF)	70
4.3.1	Identifikasi Model	71
4.3.2	Pembagian Data	72
4.3.3	Normalisasi Data	73
4.3.4	Pembentukan Arsitektur JST RBF	73
4.3.5	Proses Pelatihan	74
4.3.6	Proses Pengujian	76
4.3.7	Peramalan	78
4.4	Peramalan Menggunakan Metode Hibrid AR-RBF	80
4.4.1	Identifikasi Model	81
4.4.2	Normalisasi Data	81
4.4.3	Proses Pelatihan	82
4.4.4	Proses Pengujian	84
4.4.5	Peramalan	85
4.5	Pembahasan Hasil Peramalan Metode AR, JST RBF dan Hibrid AR-RBF	87
5.	PENUTUP	91
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran	92
	DAFTAR PUSTAKA	93
	LAMPIRAN	95

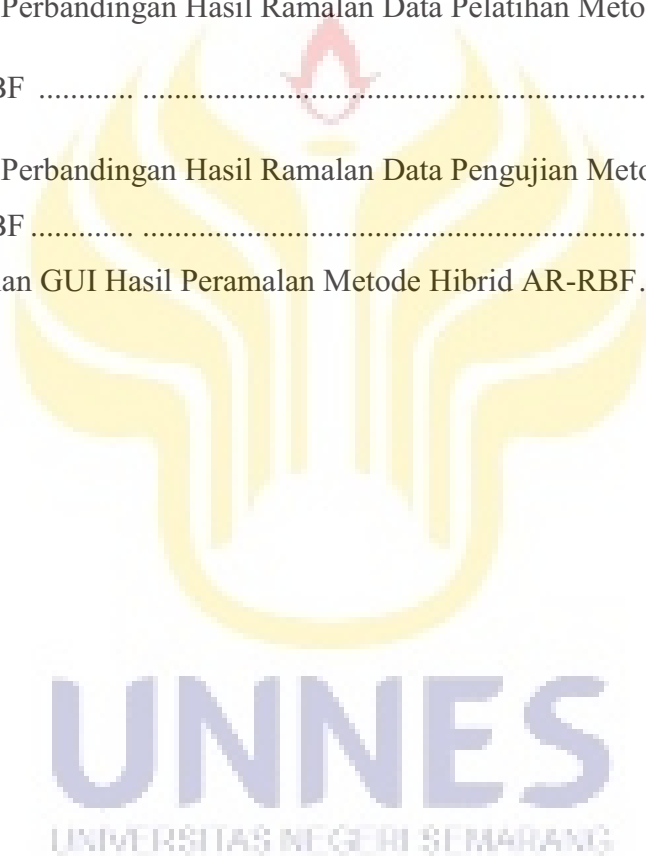
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Keanalogan Jaringan Syaraf Tiruan terhadap Jaringan Syaraf Biologis	30
3.1 Karakteristik dari ACF dan PACF untuk Proses Stasioner	50
4.1 Estimasi Model Awal	65
4.2 Hasil Uji Q-Ljung Box	67
4.3 Nilai AIC Model ARIMA	68
4.4 Hasil Peramalan dan Nilai MAPE Model ARIMA(12,1,0)	69
4.5 Hasil Variasi Parameter Data Pelatihan Metode JST RBF	75
4.6 Hasil Variasi Parameter Data Pengujian Metode JST RBF	77
4.7 Hasil Peramalan dan Nilai MAPE JST RBF (4-7-1)	79
4.8 Hasil Variasi Parameter Data Pelatihan Metode Hibrid AR-RBF	82
4.9 Hasil Variasi Parameter Data Pengujian Metode Hibrid AR-RBF	85
4.10 Hasil Peramalan dan Nilai MAPE Hibrid AR-RBF (2-1-1)	86
4.11 Hasil Peramalan Ketiga Metode	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur Neuron Jaringan	33
2.2 Jaringan Layar Tunggal	34
2.3 Jaringan Layar Jamak	35
2.4 Jaringan <i>Reccurent</i>	36
2.5 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan RBF	40
3.1 Diagram Alur Proses <i>Autoregressive</i> (AR).....	52
3.2 Diagram Alur Proses JST RBF	55
3.3 Diagram Alur Proses Hibrid AR-RBF	56
4.1 Tampilan GUI Metode AR	59
4.2 Plot Data Asli	60
4.3 Grafik ACF dan PACF Data Asli	61
4.4 Grafik ACF dan PACF Data Diferensiasi	64
4.5 Tampilan GUI Hasil Peramalan Metode ARIMA (12,1,0).....	70
4.6 Tampilan GUI Metode JST RBF	71
4.7 Grafik PACF Data Tingkat Inflasi Indonesia	72
4.8 Ilustrasi Matriks Data Input dan Target	73
4.9 Grafik Perbandingan Hasil Ramalan Data Pelatihan Metode JST RBF	76

4.10 Grafik Perbandingan Hasil Ramalan Data Pengujian Metode JST RBF	78
4.11 Tampilan GUI Hasil Peramalan Metode JST RBF	79
4.12 Tampilan GUI Metode Hibrid AR-RBF	80
4.13 Grafik PACF Data Residual ARIMA(12,1,0)	81
4.14 Grafik Perbandingan Hasil Ramalan Data Pelatihan Metode Hibrid AR-RBF	83
4.15 Grafik Perbandingan Hasil Ramalan Data Pengujian Metode Hibrid AR-RBF	85
4.16 Tampilan GUI Hasil Peramalan Metode Hibrid AR-RBF	86



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Tingkat Inflasi	95
2. Tampilan Program GUI	98
3. Kode Program Matlab	103



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu peristiwa moneter yang sangat penting dan dijumpai di semua negara di dunia adalah inflasi. Inflasi adalah kecenderungan dari harga-harga untuk menaik secara umum dan terus menerus (Bank Indonesia, 2016). Laju inflasi merupakan salah satu indikator sekaligus komponen penting dalam perekonomian itu sendiri. Selama perubahan inflasi itu wajar, terkendali sampai batas tertentu, maka hal ini justru berpengaruh baik. Sedangkan jika perubahan inflasi itu tinggi, tidak terkendali dan terus menerus dalam waktu relatif lama, maka akan berakibat tidak baik bagi perekonomian suatu negara (Badan Pusat Statistik, 2014).

Inflasi yang tidak terkendali dapat menyebabkan minat daya beli terhadap ekuitas akan menurun, minat investor juga akan hilang, sehingga investor lebih menanamkan modalnya ke dalam bentuk tabungan. Hal ini akan berdampak turunnya keuntungan suatu perusahaan yang mengakibatkan pergerakan harga saham (efek ekuitas) menjadi kurang kompetitif. Dengan meningkatnya angka inflasi maka kondisi perekonomian akan memburuk. Selain itu, dapat merugikan golongan masyarakat atau penduduk penerima upah/gaji tetap dan masyarakat kecil saja, tapi juga berpengaruh negatif bagi produsen industri atau pengusaha di bidang lain.

Indikator yang sering digunakan di Indonesia (Badan Pusat Statistik dan Bank Indonesia) untuk mengukur tingkat inflasi adalah Indeks Harga Konsumen (IHK). IHK adalah indeks yang mengukur harga rata-rata dari barang tertentu yang dibeli oleh konsumen (Prasetyo, 2009: 207). IHK di Indonesia dikelompokkan ke dalam 7 kelompok pengeluaran (berdasarkan *the Classification of Individual Consumption by Purpose*), yaitu Kelompok Bahan Makanan; Kelompok Makanan Jadi; Minuman dan Tembakau; Kelompok Perumahan; Kelompok Sandang; Kelompok Kesehatan; Kelompok Pendidikan dan Olahraga; dan Kelompok Transportasi dan Komunikasi. Perubahan IHK dari waktu ke waktu menunjukkan pergerakan harga dari paket barang dan jasa yang dikonsumsi masyarakat.

Data inflasi merupakan data keuangan runtun waktu (*financial time series*) yang merupakan cara analisis keuangan memandang dunia seputar keuangan. Data-data tersebut menyimpan suatu pengertian tentang bagaimana data bergerak sesuai dengan pergerakan sistem keuangan yang dipresentasikan olehnya. Peramalan besarnya inflasi yang akan terjadi pada masa yang akan datang dapat dilakukan berdasarkan data tersebut. Angka peramalan inflasi merupakan satu asumsi dasar makro yang penting dalam penyusunan anggaran pendapatan dan belanja pemerintah tiap tahunnya. Berdasarkan angka inilah pemerintah menetapkan besar penerimaan serta pengeluaran pemerintah.

Salah satu metode peramalan yang dikembangkan saat ini ialah deret waktu, yakni menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data masa lampau dikumpulkan dan dijadikan acuan untuk peramalan masa depan. Menurut Wiyanti

dan Pulungan (2012) Teknik peramalan deret waktu terbagi menjadi dua bagian. Pertama, model peramalan yang didasarkan pada model matematika statistik seperti *Auto Regressive (AR)*, *Moving Average (MA)*, *Exponential Smoothing*, Regresi, dan *Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA* atau Box Jenkins). Kedua, model peramalan yang didasarkan pada kecerdasan buatan seperti *Neural Network*, Algoritma Genetika, *Simulated Annealing*, *Genetic Programming*, Klasifikasi dan Hibrid.

Menurut Zheng dan Zhong (2011) Analisis *time series* dan *forecasting* adalah bidang penelitian yang aktif. Artinya keakuratan dalam *time series forecasting* menjadi pokok dari proses pengambilan keputusan. Beberapa penelitian yang melakukan riset pada *time series* adalah statistik, jaringan syaraf, *wavelet*, dan sistem *fuzzy*. Metode-metode tersebut memiliki kekurangan dan keunggulan.

Model stokastik yang sangat bermanfaat dalam mempresentasikan suatu proses yang terjadi pada data runtun waktu adalah model *autoregressive (AR)*. *Autoregressive (AR)* merupakan suatu observasi pada waktu saat ini dinyatakan sebagai fungsi linier terhadap waktu sebelumnya. Model AR digunakan untuk menganalisis masalah bagian linier dan tidak dapat menangkap struktur nonlinier data.

Berbeda dengan AR, model jaringan syaraf tiruan merupakan metode peramalan yang dapat digunakan untuk memprediksi *time series nonlinier*. Salah satu algoritma pembelajaran dalam jaringan syaraf tiruan yaitu Fungsi Basis Radial atau *Radial Basis Function (RBF)*, algoritma pembelajaran ini handal dan

bisa digunakan untuk penyelesaian masalah *forecasting* dan *time series modelling*. Disebut fungsi basis karena fungsi tersebut merupakan fungsi yang lengkap sehingga segala fungsi yang lain dapat diekspansikan ke dalam fungsi tersebut (Wiyanti dan Pulungan, 2012).

Dalam masalah dunia nyata seringkali merupakan masalah kompleks dan satu model mungkin tidak mampu mengatasi masalah tersebut dengan baik. Dengan mengkombinasikan metode yang berbeda, struktur autokorelasi kompleks pada data dapat dimodelkan lebih akurat. Makridakis dan Hibon (2000) dalam Fauziah dan Suhartono (2012: 2) menyatakan bahwa kelebihan dari menggabungkan beberapa model menjadi satu adalah menghasilkan ramalan dengan tingkat akurasi yang lebih baik secara rata-rata dibandingkan dengan model tunggal lainnya.

Menurut Zhang (2003) ada tiga hal yang menjadi alasan penggunaan pengkombinasian model linear dan *Neural Network*. Pertama, sering kali terjadi kesulitan untuk menerapkan penggunaan model linier atau model nonlinier pada suatu permasalahan *time series*, sehingga model kombinasi ini menjadi alternatif yang lebih mudah. Kedua, dalam kenyataannya *time series* jarang yang linier atau nonlinier dan sering mengandung keduanya, dimana tidak hanya model linear dan *neural network* masing-masing dapat memodelkan setiap kasusnya, sehingga pengkombinasian ini dapat digunakan untuk memodelkan *time series* yang mengandung linier dan nonlinier. Ketiga, dalam beberapa literatur peramalan menyatakan bahwa tidak ada model tunggal yang terbaik pada setiap situasi.

Beberapa penelitian yang telah menggunakan jaringan syaraf tiruan RBF dengan model statistik antara lain:

1. Zheng dan Zhong (2011) yang berjudul *Time Series Forecasting Using A Hybrid RBF Neural Network and AR Model Based on Binomial Smoothing*. Pada model RBF diperoleh nilai RMSE dan MAPE masing-masing sebesar 0,0530 dan 0.0142 sedangkan menggunakan AR-RBF nilai RMSE dan MAPE masing-masing sebesar 0,0469 dan 0,0118. Hal ini menunjukkan bahwa hibrid AR-RBF memiliki RMSE dan MAPE lebih kecil daripada JST RBF. Sehingga peramalan dengan menggunakan model hibrid AR-RBF lebih akurat daripada JST RBF.
2. Wiyanti dan Pulungan (2012) yang berjudul *Peramalan Deret Waktu Menggunakan Model Fungsi Basis Radial (RBF) Dan Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Pada model ARIMA diperoleh nilai RMSE dan MAPE masing-masing sebesar 2,96 dan 0,58. Pada model RBF diperoleh nilai RMSE dan MAPE masing-masing sebesar 2,6605 dan 1,154. Sedangkan pada model kombinasi ARIMA-RBF diperoleh nilai RMSE dan MAPE masing-masing sebesar 0,2240 dan 0,449. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi model ARIMA-RBF memiliki nilai RMSE dan MAPE yang lebih kecil dibandingkan dengan model ARIMA dan jaringan saraf tiruan RBF. Sehingga peramalan dengan model kombinasi ARIMA-RBF memiliki hasil lebih akurat daripada penggunaan salah satu metode saja.

3. Pratiwi (2015) yang berjudul Model Jaringan Syaraf RBF-FA-EGARCH untuk Peramalan Data Time Series. Sampel data adalah *return* saham harian Bank Rakyat Indonesia Tbk (BBRI.JK) dengan jumlah data sebanyak 1911 pengamatan yang memiliki variansi error *heteroscedastic*. Pada model Jaringan Syaraf RBF-FA-EGARCH diperoleh nilai RMSE sebesar 0,0011. Pada model ARIMA-EGARCH diperoleh nilai RMSE sebesar 0,0104. Hal ini menunjukkan bahwa model Jaringan Syaraf RBF-FA-EGARCH memiliki nilai RMSE lebih kecil dibandingkan dengan model ARIMA-EGARCH. Sehingga peramalan dengan model Jaringan Syaraf RBF-FA-EGARCH lebih akurat.

dengan demikian peramalan dengan menggunakan model linear salah satunya *Autoregressive* maupun model nonlinear jaringan saraf tiruan *Radial Basis Function* (RBF) belum bisa dipastikan model mana yang benar-benar mempunyai keakuratan yang lebih tinggi.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, perlu adanya pengembangan metode yang dapat memberikan hasil ramalan yang lebih akurat. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode Hibrid *Autoregressive* (AR) dan Jaringan Saraf Tiruan *Radial Basis Function* (JST RBF). Penelitian ini didasarkan pada latar belakang diatas bahwa penggunaan metode linear dan nonlinear salah satunya belum bisa ditentukan mana yang lebih akurat. Data yang akan digunakan sebagai penelitian yaitu data inflasi negara Indonesia berdasarkan nilai IHK yang bersumber dari Bank Indonesia. Oleh karena itu, diambil judul “Peramalan Deret

Waktu dengan Menggunakan *Autoregressive* (AR), Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function* (RBF) dan Hibrid AR–RBF pada Inflasi Indonesia”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah hasil ramalan nilai Inflasi Indonesia berdasarkan IHK untuk enam bulan berikutnya menggunakan metode *Autoregressive* (AR)?
2. Bagaimanakah hasil ramalan nilai Inflasi Indonesia berdasarkan IHK untuk enam bulan berikutnya menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function* (RBF)?
3. Bagaimanakah hasil ramalan nilai Inflasi berdasarkan IHK Indonesia untuk enam bulan berikutnya menggunakan metode hibrid AR– RBF?
4. Manakah diantara metode *Autoregressive* (AR), Jaringan Syaraf Tiruan RBF dan hibrid AR-RBF yang lebih akurat untuk peramalan?

1.3 Batasan Masalah

Pada penulisan ini, permasalahan dibatasi pada:

1. Data Inflasi yang diambil sebanyak 165 data dari Bulan Januari 2003 sampai dengan September 2016.
2. Peramalan nilai Inflasi Indonesia berdasarkan IHK yang bersumber dari Bank Indonesia dengan laman www.bi.go.id untuk enam bulan berikutnya yaitu bulan Oktober, November dan Desember 2016.
3. Pada Jaringan Syaraf Tiruan komposisi data yang digunakan 50% : 50%.

4. Mencari error minimum dengan MAPE pada masing-masing metode *Autoregressive* (AR), Jaringan Syaraf Tiruan RBF dan hibrid AR-RBF.
5. Program yang digunakan untuk simulasi menggunakan Matlab dan data yang digunakan di simpan di *Microsoft Excel* (*Ms. Excel*).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan hasil ramalan inflasi enam bulan berikutnya menggunakan metode *Autoregressive* (AR), Jaringan Syaraf Tiruan RBF dan hibrid AR-RBF.
2. Untuk mengetahui diantara metode *Autoregressive* (AR), Jaringan Syaraf Tiruan RBF dan hibrid AR-RBF yang lebih akurat untuk peramalan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan, diharapkan adanya penelitian ini dapat menambah dinamika keilmuan dalam teknik peramalan untuk menentukan nilai inflasi terutama dengan aplikasi *Autoregressive* (AR), Jaringan Syaraf Tiruan RBF dan hibrid AR-RBF.
2. Bagi pihak-pihak yang ingin melakukan kajian lebih dalam mengenai teknik peramalan, diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi dan landasan bagi penelitian selanjutnya.
3. Bagi pemerintah, diharapkan penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan untuk melakukan peramalan nilai inflasi yang bertujuan agar dapat tersusun langkah-langkah dalam menstabilkan harga-harga.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi disusun dalam tiga bagian utama, yaitu bagian awal, bagian inti, dan bagian akhir skripsi.

1.6.1 Bagian Awal

Dalam penulisan skripsi ini bagian awal berisi halaman judul, pernyataan, pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, dan daftar lampiran.

1.6.2 Bagian Inti

Bagian inti dari penulisan skripsi ini adalah isi skripsi yang terdiri dari lima bab, yaitu:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri atas teori-teori yang digunakan sebagai acuan dalam pembahasan, antara lain inflasi, peramalan, analisis runtun waktu, stasioneritas, autokorelasi, proses *white noise*, ketepatan model peramalan, *Autoregressive* (AR), Jaringan Syaraf Tiruan (JST), Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function* (RBF), hibrid AR–RBF, Matlab (*Matrix Laboratory*), penelitian terdahulu, dan kerangka berfikir.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Berisi tentang prosedur atau langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perumusan masalah, studi pustaka, pengumpulan data, pemecahan masalah, perancangan sistem dan penarikan kesimpulan.

BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan berisi tentang uraian metode dan hasil peramalan dengan metode *Autoregressive* (AR), Jaringan Syaraf Tiruan RBF dan hibrid AR–RBF serta perbandingan dengan menggunakan ketiga metode tersebut pada nilai inflasi Indonesia.

BAB 5 : PENUTUP

Berisi kesimpulan dari penulisan skripsi ini dan saran.

1.6.3 Bagian Akhir

Berisi daftar pustaka sebagai acuan penulisan yang memberikan informasi tentang buku dan literatur lain yang digunakan dalam skripsi ini serta lampiran yang mendukung kelengkapan skripsi ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Inflasi

2.1.1 Pengertian Inflasi

Menurut Prasetyo (2009: 195) pengertian inflasi secara umum dapat diartikan sebagai kenaikan harga-harga umum secara terus menerus selama dalam satu periode tertentu. Dengan demikian beberapa unsur dalam pengertian inflasi perlu diketahui bahwa: (1) Inflasi merupakan proses kecenderungan kenaikan harga-harga umum barang-barang dan jasa secara terus menerus. (2) Kenaikan harga ini tidak berarti harus naik dengan persentase yang sama, yang penting terdapat kenaikan harga-harga umum barang secara terus menerus selama periode tertentu (satu bulan atau satu tahun). (3) Jika kenaikan harga yang terjadi hanya sekali saja dan bersifat sementara atau secara temporer (sekalipun dalam persentase yang besar) tetapi, tidak berdampak meluas bukanlah merupakan inflasi.

Menurut Newman, dkk (1997) dalam Bunyamin dan Danila (2011) secara garis besar teori mengenai inflasi ada tiga yaitu Teori Kuantitas (Teori Irving Fisher), Teori Keynes dan Teori Strukturalis. Masing-masing menyoroiti aspek-aspek tertentu dari proses inflasi dan masing-masing bukan teori inflasi yang lengkap mencakup semua aspek penting dari proses kenaikan harga.

Inflasi terjadi karena jumlah uang yang diedarkan melebihi jumlah uang yang dibutuhkan masyarakat sehingga terdapat kelebihan dana di masyarakat.

Inflasi yang tinggi akan menghambat laju pertumbuhan ekonomi. Jika harga umum mengalami kenaikan, maka daya beli masyarakat menjadi berkurang karena pendapatan riil masyarakat yang turun. Turunnya daya beli masyarakat suatu negara menggambarkan terhambatnya pertumbuhan ekonomi negara tersebut.

Indikator yang sering digunakan di Indonesia (Badan Pusat Statistik dan Bank Indonesia) untuk mengukur tingkat inflasi adalah Indeks Harga Konsumen (IHK). IHK adalah indeks yang mengukur harga rata-rata dari barang tertentu yang dibeli oleh konsumen (Prasetyo, 2009: 207). IHK di Indonesia dikelompokkan ke dalam 7 kelompok pengeluaran (berdasarkan *the Classification of Individual Consumption by Purpose*), yaitu Kelompok Bahan Makanan; Kelompok Makanan Jadi; Minuman dan Tembakau; Kelompok Perumahan; Kelompok Sandang; Kelompok Kesehatan; Kelompok Pendidikan dan Olahraga; dan Kelompok Transportasi dan Komunikasi. Perubahan IHK dari waktu ke waktu menunjukkan pergerakan harga dari paket barang dan jasa yang dikonsumsi masyarakat.

Sejak Juli 2008, paket barang dan jasa dalam keranjang IHK telah dilakukan atas dasar Survei Biaya Hidup (SBH) Tahun 2007 yang dilaksanakan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) (Bank Indonesia, 2016). Target atau sasaran inflasi merupakan tingkat inflasi yang harus dicapai oleh Bank Indonesia, berkoordinasi dengan Pemerintah. Penetapan sasaran inflasi berdasarkan UU mengenai Bank Indonesia dilakukan oleh Pemerintah. Sasaran Inflasi tahun 2013, 2014, dan 2015 tanggal 30 April 2012 sasaran inflasi yang ditetapkan oleh

Pemerintah untuk periode 2013 – 2015, masing-masing sebesar 4,5%, 4,5% dan 4% masing-masing dengan deviasi $\pm 1\%$. Cara perhitungan inflasi berdasarkan IHK terbagi 2 yaitu inflasi bulanan (mtm) dan inflasi tahunan (yoy) (BPS, 2012). Inflasi bulanan (mtm) dihitung dari perubahan indeks bulan tertentu dan indeks bulan sebelumnya pada tahun yang sama yaitu

$$LI_t = \frac{IHK_t - IHK_{t-1}}{IHK_{t-1}} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

- LI_t = Laju inflasi periode t,
 IHK_t = Indeks harga konsumen periode t, dan
 IHK_{t-1} = Indeks harga konsumen t-1.

(Prasetyo, 2009: 208)

2.1.2 Jenis-jenis Inflasi

1) Berdasarkan Tingkat Keparahan

Penggolongan inflasi berdasarkan tingkat parah dan tidaknya dapat dilihat dari berbagai tingkatan yaitu;

- (a) Inflasi ringan (kurang dari 10% per tahun)
- (b) Inflasi sedang (antara 10% sampai 30% per tahun)
- (c) Inflasi berat (antara 30% sampai 100% per tahun)

2) Berdasarkan Penyebabnya

- (a) Daya tarik permintaan (*Demand pull inflation*)

Demand pull inflation, atau sering disebut sebagai (*demand-side inflation*) atau guncangan permintaan (*demand shock inflation*), yaitu inflasi yang disebabkan karena adanya daya tarik dari permintaan

masyarakat akan berbagai barang yang terlalu kuat. Inflasi jenis ini biasa dikenal juga sebagai *philips curve inflation*, yaitu merupakan inflasi yang dipicu oleh interaksi permintaan dan dan penawaran akan barang dan jasa domestik jangka panjang yang banyak dibutuhkan masyarakat.

(b) Daya dorong penawaran (*Cost push inflation*)

Cost pust inflation, atau (*suply-side inflation*) atau sering disebut juga sebagai guncangan penawaran (*supply-shock inflation*), yaitu inflasi yang disebabkan karena adanya guncangan atau dorongan kenaikan biaya faktor-faktor produksi secara terus-menerus dalam kurun waktu tertentu.

(c) Inflasi campuran (*Mixed inflation*)

Inflasi campuran yang dimaksud dalam hal ini adalah jenis inflasi yang terjadi karena ketika para pelaku permintaan dan penawaran tidak seimbang, yaitu jika permintaan akan barang bertambah banyak, menyebabkan faktor-faktor produksi dan penyediaan barang menjadi berkurang, padahal substitusi barang tersebut lemah, akibatnya harga faktor produksi naik, yang selanjutnya harga barang juga ikut naik.

(d) Ekspektasi inflasi (*Expected inflation*)

Inflasi jenis ini disebabkan adanya perilaku masyarakat secara umum yang bersifat adaptif atau forward looking, karena masyarakat melihat harapan di masa datang akan semakin lebih baik dari masa sebelumnya (Prasetyo, 2009: 198).

2.1.3 Kestabilan Inflasi

Kestabilan inflasi merupakan prasyarat bagi pertumbuhan ekonomi yang berkesinambungan yang pada akhirnya memberikan manfaat bagi peningkatan kesejahteraan masyarakat. Pentingnya pengendalian inflasi didasarkan pada pertimbangan bahwa inflasi yang tinggi dan tidak stabil memberikan dampak negatif kepada kondisi sosial ekonomi masyarakat (Bank Indonesia, 2016).

Pertama, inflasi yang tinggi akan menyebabkan pendapatan riil masyarakat akan terus turun sehingga standar hidup dari masyarakat turun dan akhirnya menjadikan semua orang, terutama orang miskin bertambah miskin.

Kedua, inflasi yang tidak stabil akan menciptakan ketidakpastian (*uncertainty*) bagi pelaku ekonomi dalam mengambil keputusan. Pengalaman empiris menunjukkan bahwa inflasi yang tidak stabil akan menyulitkan keputusan masyarakat dalam melakukan konsumsi, investasi, dan produksi yang pada akhirnya akan menurunkan pertumbuhan ekonomi.

Ketiga, tingkat inflasi domestik yang lebih tinggi dibanding tingkat inflasi di negara tetangga menjadikan tingkat bunga domestik riil menjadi tidak kompetitif sehingga dapat memberikan tekanan pada nilai rupiah.

2.2 Peramalan

Dalam hal manajemen, perencanaan sangat penting karena berpengaruh terhadap pengambilan keputusan. Peramalan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kegiatan pengambilan keputusan. Kebutuhan akan peramalan saat ini semakin meningkat, hal ini dikarenakan untuk mengurangi ketergantungan pada hal-hal

yang belum pasti (intuitif). Menurut Hendikawati (2015: 2) ada dua hal pokok yang harus diperhatikan dalam proses peramalan yang akurat dan bermanfaat:

- 1) Pengumpulan data yang relevan berupa informasi yang dapat menghasilkan peramalan yang akurat
- 2) Pemilihan teknik peramalan yang tepat yang akan memanfaatkan informasi data yang diperoleh semaksimal mungkin.

Pada dasarnya ada dua pendekatan untuk melakukan peramalan yaitu dengan pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Metode kualitatif dapat dibagi menjadi metode eksploratoris dan normatif. Metode peramalan kualitatif digunakan ketika data historis tidak tersedia. Metode peramalan kualitatif ini adalah metode subjektif (intuitif). Metode ini didasarkan pada informasi kualitatif. Dengan dasar informasi tersebut dapat diprediksi kejadian-kejadian di masa yang akan datang.

Metode peramalan kuantitatif dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu metode regresi (*causal*) dan runtun waktu (*time series*). Metode peramalan kausal meliputi faktor-faktor yang berhubungan dengan variabel yang diprediksi. Sebaliknya peramalan runtun waktu merupakan metode kuantitatif untuk pendugaan berdasarkan data masa lalu dari suatu variabel yang telah dikumpulkan secara teratur. Data lampau tersebut dengan teknik yang tepat dapat dijadikan acuan untuk peramalan nilai di masa yang akan datang.

Tujuan metode peramalan runtun waktu adalah menemukan pola dalam deret data historis mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan. Model

kausal mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab akibat dengan satu atau lebih variabel bebas (Makridakis dkk, 1999: 19). Peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila terdapat tiga kondisi berikut:

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

Menurut Montgomery dkk (2008: 1) dalam Juliaristi (2014: 10) berdasarkan periode waktunya, peramalan diklasifikasikan menjadi 2 bentuk:

- 1) Jangka Pendek (*Short Term*)

Jangka pendek meliputi peramalan kejadian hanya beberapa periode waktu (hari, minggu, bulan) ke depan. Karena peramalannya sangat singkat, maka data historis terdahulu masih relevan untuk meramalkan masa datang. Sebagai contoh data peramalan jangka pendek adalah perkiraan penjualan atau produksi.

- 2) Jangka Panjang (*Long Term*)

Jangka panjang meliputi kurun waktu lebih dari dua tahun. Peramalan untuk jangka panjang pada umumnya dilakukan berdasarkan intuisi dan pengalaman seseorang tapi banyak juga perusahaan yang menggunakan data historis.

Peramalan adalah suatu teknik untuk meramalkan keadaan di masa yang akan datang melalui pengujian keadaan di masa sebelumnya. Pada dasarnya

meramalkan sama halnya dengan memprediksi atau memperkirakan suatu hal, kejadian atau peristiwa masa datang yang berdasar pada masa lalu hingga saat ini.

2.3 Analisis Runtun Waktu

Deret berkala atau sering disebut *time series* adalah serangkaian data yang dikumpulkan, direkam, atau diamati terhadap suatu peristiwa, kejadian, gejala, atau perubahan yang diambil dari waktu ke waktu. Deret berkala digunakan untuk memperoleh gambaran dari keadaan atau sifat variabel yang lalu untuk peramalan dari nilai variabel itu pada periode yang akan datang. Menurut Makridakis dkk (1999: 21) langkah penting dalam memilih suatu metode runtun waktu yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis pola data. yaitu:

1) Pola horisontal (H)

Terjadi bilamana data berfluktuasi disekitar rata-rata yang konstan (data ini stasioner terhadap nilai rata-ratanya).

2) Pola musiman (S)

Terjadi bila mana nilai data dipengaruhi oleh faktor musiman, misalnya harian, mingguan, bulanan atau tahunan.

3) Pola siklis (C)

Terjadi bila mana datanya dipengaruhi fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis.

4) Pola trend (T)

Terjadi bila mana ada kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data.

Data runtun waktu merupakan hasil pengamatan atas sebuah variabel yang terjadi dalam kurun waktu tertentu berdasarkan indeks waktu secara berurutan dengan interval waktu tetap (konstan). Ciri-ciri observasi data runtun waktu adalah interval waktu antar indeks waktu t dapat dinyatakan dalam satuan waktu yang sama (identik). Digunakan simbol Z_t untuk sebuah pengamatan pada saat t . Data runtun waktu dengan n pengamatan dapat dinyatakan sebagai $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$. Pada data runtun waktu ada ketergantungan waktu antara pengamatan Z_t dengan Z_{t-k} yang dipisahkan oleh jarak waktu k lagi (lag k).

Analisis runtun waktu merupakan salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang akan terjadi di masa yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan untuk sebuah perencanaan tertentu. Dasar pemikiran runtun waktu adalah pengamatan sekarang (Z_t) dipengaruhi oleh satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (Z_{t-k}). Dengan kata lain, model runtun waktu dibuat karena secara statistik ada korelasi antar deret pengamatan.

2.3.1 Stasioneritas

Tipe proses stokastik yang telah menerima perhatian khusus dan penelitian dengan cermat oleh analisis time series adalah yang disebut dengan proses stokastik stasioner. Secara umum, bisa dikatakan, proses stokastik dikatakan menjadi stasioner jika rerata dan variansinya adalah konstan antar waktu dan nilai dari kovarians antara dua periode waktu bergantung hanya pada jarak atau perbedaan atau lag antara dua waktu dan bukan pada waktu aktual dimana kovariansnya dihitung (Gujarati dan Porter, 2012: 427).

Para peneliti sering mengamati pola pada plot data untuk memutuskan data yang diperoleh stasioner atau nonstasioner. Jika plot data runtun waktu cenderung konstan yang tidak terdapat pertumbuhan atau penurunan maka data sudah stasioner. Plot autokorelasi juga dapat dijadikan alternatif untuk melihat kestasioneran data.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi ketidakstasioneran. Jika mengalami ketidakstasioneran dalam *mean* (terdapat kecenderungan) dilakukan *differencing* dan untuk mengatasi ketidakstasioneran dalam varian dilakukan Transformasi *Box-Cox* (Hendikawati, 2015: 66).

Untuk menguji kestasioneran data dapat pula menggunakan Uji Akar Unit atau *Unit Root Test* yaitu dengan melihat nilai *Augmented Dickey – Fuller* (ADF). Jika nilai pada ADF lebih kecil daripada *t – statistic* pada nilai kritis berarti data dapat dikatakan tidak stasioner dan jika nilai ADF lebih besar dari *t – statistic* pada nilai kritis berarti data dikatakan stasioner (Kuncoro, 2007: 172).

Hipotesis :

$$H_0 : \phi = 1 \quad (\text{Terdapat akar unit atau data tidak stasioner})$$

$$H_1 : -1 < \phi < 1 \quad (\text{Tidak terdapat akar unit atau data stasioner})$$

Statistik uji :

$$t = \frac{\hat{\phi}}{se(\hat{\phi})}$$

Taraf signifikan : $\alpha = 5\%$

Kriteria pengujian :

Jika nilai t – statistik $>$ nilai kritis 5% maka H_0 ditolak atau H_1 diterima

Jika nilai t – statistik $<$ nilai kritis 5% maka H_1 ditolak atau H_0 diterima

2.3.2 Autokorelasi

Autokorelasi didefinisikan sebagai hubungan antara nilai-nilai yang beruntun dari variabel yang sama atau korelasi deret pengamatan waktu. Fungsi autokorelasi adalah semua himpunan autokorelasi untuk semua lag k yang diberi simbol $\rho_k, k = 1, 2, 3, \dots$ dan $\rho_k = 0$.

1) *Autocorrelation Function* (ACF)

Fungsi autokorelasi memegang peran penting untuk mendeteksi awal sebuah model dan kestasioneran data. Fungsi autokorelasi adalah suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi (hubungan linear) antara pengamatan pada waktu t saat sekarang dengan pengamatan waktu-waktu sebelumnya ($t - 1, t - 2, \dots, t - k$). ACF pada lag k dilambangkan oleh ρ_k , yang didefinisikan sebagai:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (2.2)$$

$$\rho_k = \frac{\text{kovarians pada lag } k}{\text{varians}}$$

Jika diagram ACF cenderung lambat turun atau turun secara linier maka dapat disimpulkan bahwa data belum stasioner dalam mean.

2) *Partial Autocorrelation Function (PACF)*

Fungsi autokorelasi parsial adalah suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi parsial (hubungan linier secara terpisah) antara pengamatan pada waktu saat sekarang dengan pengamatan pada waktu-waktu sebelumnya. Pendugaan PACF merupakan koefisien autokorelasi dari persamaan Yule-Walker untuk $j = 1, 2, 3, \dots, k$. Pendugaan dari PACF adalah sebagai berikut:

$$\phi_{kk} = \frac{|\rho_k|}{|P_k|} \quad (2.3)$$

Rumus ini didasari dari persamaan Yule-Walker,

$$P_k \phi_{kk} = \rho_k \quad (2.4)$$

2.3.3 Proses *White Noise*

Deret waktu dikatakan *white noise* jika ada sebuah barisan dari variabel bebas yang tidak berkorelasi dengan rata-rata, varians konstan dan kovarians. Oleh karena itu, proses *white noise* dari data runtun waktu adalah stasioner dengan fungsi autokovarians:

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

fungsi autokorelasi,

$$\rho_k = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases}$$

fungsi autokorelasi parsial,

$$\phi_k = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases}$$

Pada proses *white noise*, autokorelasi tidak berbeda signifikan dari nol. Pengujian *white noise* juga dapat dengan melihat plot ACF dan PACF. Kriteria *error white noise* jika tidak ada lag yang melewati garis putus-putus merah atau selang kepercayaan. Uji Q-Ljung-Box digunakan untuk mengetahui apakah residual memenuhi asumsi *white noise* (residual tidak berkorelasi).

Hipotesis :

H_0 : Parameter sama dengan nol atau tidak signifikan (Residual tidak berkorelasi)

H_1 : Parameter tidak sama dengan nol atau signifikan (Residual berkorelasi)

Taraf signifikan: : 5%

Kriteria pengujian :

Jika $p \text{ value} < \alpha$ maka H_0 ditolak atau H_1 diterima

Jika $p \text{ value} > \alpha$ maka H_1 ditolak atau H_0 diterima

2.3.4 Ketepatan Model Peramalan

Hasil peramalan dapat juga dikatakan sebagai hasil prediksi. Nilai prediksi disini tidak dapat dipisahkan dengan ketidakpastian karena bukan hasil yang sebenarnya sehingga pasti ada kesalahan peramalan. Menurut Hendikawati (2015: 95) beberapa cara ini digunakan untuk mengukur kesalahan peramalan sebagai berikut.

1) *Mean Square Error* (MSE)

MSE digunakan untuk mengukur kesalahan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam rata-rata dari kuadrat kesalahan. Rumus untuk menentukan nilai MSE dinyatakan dengan persamaan (2.5)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (\hat{Z}_t - Z_t)^2}{n} \quad (2.5)$$

2) *Root Mean Square Error* (RMSE)

RMSE digunakan untuk mengukur kesalahan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata akar dari kesalahan kuadrat. Rumus untuk menentukan nilai RMSE dinyatakan dengan persamaan (2.6)

$$RMSE = \frac{\sum \sqrt{(\hat{Z}_t - Z_t)^2}}{n} \quad (2.6)$$

RMSE digunakan untuk membandingkan beberapa model estimasi dari sebuah realisasi runtun waktu yang sama. Akan lebih disukai model yang memiliki RMSE yang lebih rendah, karena model tersebut akan lebih cocok atau lebih mendekati data yang ada. Model dengan RMSE yang lebih kecil cenderung akan memiliki variansi galat ramalan yang lebih kecil.

3) *Mean Absolute Error* (MAE)

MAE digunakan untuk mengukur kesalahan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata absolute kesalahan. Rumus untuk menentukan nilai MAE dinyatakan dengan persamaan (2.7)

$$MAE = \frac{\sum |\hat{Z}_t - Z_t|}{n} \quad (2.7)$$

4) *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

MAPE digunakan untuk mengukur kesalahan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk persentase rata-rata *absolute* kesalahan. Rumus untuk menentukan nilai MAPE dinyatakan dalam bentuk persamaan (2.8)

$$MAPE = 100 \frac{\sum \left| \frac{\hat{Z}_t - Z_t}{Z_t} \right|}{n} \quad (2.8)$$

2.3.5 Pemilihan Model Peramalan Terbaik

Dalam suatu proses analisis runtun waktu, banyak model yang dapat mewakili keadaan data. Untuk menentukan model terbaik dapat dipergunakan perhitungan model residual yang sesuai berdasarkan kesalahan peramalan. Salah satu kriteria pemilihan model terbaik berdasarkan residual yaitu *Akaike's Information Criterion* (AIC) (Hendikawati, 2015: 94). AIC digunakan untuk menentukan model optimum dari suatu data observasi. Dalam membandingkan dua buah regresi atau lebih, maka model yang mempunyai nilai AIC terkecil merupakan model yang lebih baik. Rumus untuk menentukan nilai AIC dinyatakan dengan persamaan (2.9).

$$AIC = n \log \left(\frac{RSS}{n} \right) + 2k \quad (2.9)$$

Dimana RSS adalah *Residual Sum of Square* (jumlah dari kuadrat residual)

2.4 *Autoregressive* (AR)

Model stokastik yang sangat bermanfaat dalam mempresentasikan suatu proses yang terjadi pada runtun waktu adalah model autoregresi. Model autoregresi menunjukkan Y_t sebagai fungsi linear dari sejumlah Y_t aktual

sebelumnya. Model autoregresif dengan ordo p [AR(p)] atau model ARIMA ($p,0,0$) dinyatakan sebagai berikut:

$$Y_t = b_0 + b_1Y_{t-1} + b_2Y_{t-2} + \dots + b_nY_{t-n} + e_t \quad (2.9)$$

Keterangan:

Y_t = variabel dependen

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-n}$ = variabel bebas yang merupakan lag dari variabel terikat

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ = koefisien regresi

e_t = residual

Ada beberapa klasifikasi model AR. Pertama, model random (*white noise series*) yaitu suatu data runtun waktu mengandung rata – rata hitung (μ) dan unsur kesalahan random (e_t) yang bebas dari masalah autokorelasi atau memiliki autokorelasi sama dengan nol artinya nilai data pada periode sebelumnya tidak berkorelasi dengan nilai data sebelumnya (Jarret dalam Kuncoro, 2007: 174).

Sehingga dirumuskan menjadi :

$$Y_t = \beta_0 + e_t \quad (2.10)$$

Model diatas disebut ARIMA (0,0,0) karena tidak ada porsi AR (Y_t tidak tergantung dari Y_{t-1}), tidak ada diferensi dan tidak ada unsur MA (Y_t tidak tergantung pada e_t). Kedua, model autoregressive tingkat p , artinya model mengandung autokorelasi antara Y_t dan Y_{t-p} , sehingga untuk model AR(1) atau AR tingkat satu dirumuskan sebagai berikut :

$$Y_t = \beta_0 + Y_{t-1} + e_t \quad (2.11)$$

2.5 Metodologi Box-Jenkins

Dalam membangun model AR digunakan model $ARIMA(p,d,q)$ dengan $q = 0$ sehingga model yang digunakan untuk AR adalah model $ARIMA(p,d,0)$. Metodologi Box-Jenkins berguna untuk mendapatkan nilai p maupun d . Metode ini terdiri atas empat langkah sebagai berikut (Gujarati, 2012: 477):

1. Identifikasi Model

Hasil dari grafik ACF dan PACF pada data yang sudah stasioner digunakan sebagai petunjuk untuk menentukan model awal sementara.

2. Estimasi Model

Tahap selanjutnya yaitu estimasi model. Dalam tahap ini, setelah menentukan model awal, akan diperoleh estimasi koefisien-koefisien dari model yang diperoleh pada tahap identifikasi. Model yang sudah dipilih akan diterima apabila koefisien hasil estimasi signifikan. Sebaliknya, apabila koefisien estimasi tidak signifikan maka model tersebut ditolak.

3. *Diagnostic Checking*

Setelah tahap estimasi model, langkah selanjutnya yaitu melakukan *diagnostic checking* dari model yang telah diestimasi. Pada tahap ini dilakukan verifikasi kesesuaian model dengan sifat-sifat data serta dilakukan pemilihan model terbaik dengan uji uji Q-Ljung-Box. Uji Q-Ljung-Box digunakan untuk mengetahui apakah residual memenuhi asumsi *white noise* (residual tidak berkorelasi). Jika modelnya tepat maka data yang dihitung dengan model akan memiliki sifat-sifat yang mirip dengan data asli.

4. Peramalan

Untuk menentukan model terbaik dapat digunakan perhitungan model residual yang sesuai berdasarkan kesalahan peramalan. Salah satu kriteria pemilihan model terbaik berdasarkan residual yang akan digunakan yaitu *Akaike's Information Criterion* (AIC). Model ARIMA yang memiliki nilai AIC terkecil merupakan model yang lebih baik. Setelah model terbaik diperoleh berdasarkan langkah-langkah sebelumnya, model tersebut digunakan untuk meramalkan data di masa yang akan datang. Data hasil peramalan akan mendekati data aslinya

2.6 Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

2.6.1 Sejarah Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) pertama kali di desain oleh Warren McCulloch dan Walter Pitts (1943). Warren McCulloch dan Walter Pitts menemukan bahwa dengan mengkombinasikan banyak neuron sederhana sehingga menjadi sebuah sistem syaraf merupakan sumber peningkatan tenaga komputasional. Bobot pada neuron diset sedemikian sehingga neuron melakukan sebuah fungsi logika sederhana yang khusus. Neuron-neuron yang berbeda melakukan fungsi-fungsi yang berbeda pula. Neuron disusun menjadi sebuah jaringan untuk menghasilkan sembarang output yang bisa digambarkan sebagai sebuah kombinasi fungsi-fungsi logika. Aliran informasi melalui sebuah jaringan merupakan satu langkah waktu unit sebuah sinyal berjalan dari satu neuron ke neuron berikutnya (Puspitaningrum, 2006: 21).

Pada tahun 1958, Rosenbalt memperkenalkan dan mulai mengembangkan model jaringan yang disebut Perceptron. Metode pelatihan diperkenalkan untuk mengoptimalkan hasil iterasinya. Sedangkan di tahun 1960, Widrow dan Hoff mengembangkan perceptron dengan memperkenalkan aturan pelatihan jaringan, yang dikenal sebagai delta (kuadrat rata-rata terkecil). Aturan ini akan mengubah bobot perceptron apabila keluaran yang dihasilkan tidak sesuai dengan target yang diinginkan. Karena peneliti terdahulu hanya menggunakan jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer*) maka tahun 1986, Rumelhart mengembangkan perceptron menjadi *Backpropagation*, yang memungkinkan jaringan diproses melalui beberapa lapisan. Selain itu, beberapa model jaringan syaraf tiruan lain juga dikembangkan oleh Kohonen (1972), Hopfield (1982), dan lain-lain. Pengembangan yang ramai dibicarakan sejak 1990 an yaitu aplikasi model-model jaringan syaraf tiruan untuk menyelesaikan berbagai masalah di dunia nyata (Siang, 2005: 4).

2.6.2 Pengertian Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan mengambil ide dari jaringan syaraf biologis yang tersusun dari sel-sel syaraf (*neuron*). Sehingga elemen-elemen pemrosesan jaringan syaraf tiruan saling terhubung dan beroperasi secara paralel. Beberapa definisi tentang jaringan syaraf tiruan sebagai berikut:

- 1) Kusumadewi dan Hartati (2010: 69), mendefinisikan “jaringan syaraf adalah merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut”.

- 2) Siang (2005: 2), mendefinisikan “jaringan syaraf tiruan (JST) adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi”.
- 3) Puspitaningrum (2006: 1), mendefinisikan “jaringan syaraf tiruan bisa dibayangkan seperti otak buatan yang dapat berpikir seperti manusia dan menyimpulkan sesuatu dari potongan informasi yang diterima”.

Jaringan syaraf tiruan meniru konsep ide dari jaringan syaraf biologis dengan keanalogan yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Keanalogan Jaringan Syaraf Tiruan terhadap Jaringan Syaraf Biologis

Jaringan Syaraf Tiruan	Jaringan Syaraf Biologis
Node atau unit	Badan sel (soma)
Input	Dendrit
Output	Akson
Bobot	Sinapsis

Beberapa istilah dalam jaringan syaraf tiruan yang sering ditemui antara lain:

- 1) Neuron atau node atau unit

Sel syaraf yang merupakan elemen pengolahan jaringan syaraf. Setiap neuron menerima data input, memroses input tersebut (melakukan sejumlah perkalian dengan melibatkan *summation function* dan fungsi aktivasi), dan mengirimkan hasilnya berupa sebuah output.

- 2) Jaringan

Kumpulan neuron yang saling terhubung dan membentuk lapisan.

3) Input atau masukan

Berkoresponden dengan sebuah atribut tunggal dari sebuah pola atau data lain dari dunia luar. Sinyal-sinyal input ini kemudian diteruskan ke lapisan selanjutnya

4) Output atau keluaran

Solusi atau hasil pemahaman jaringan terhadap data input. Tujuan pembangunan jaringan syaraf tiruan sendiri adalah untuk mengetahui nilai output.

5) Lapisan tersembunyi (*Hidden layer*)

Lapisan yang tidak secara langsung berinteraksi dengan dunia luar. Lapisan ini memperluas kemampuan jaringan syaraf tiruan dalam menghadapi masalah-masalah yang kompleks.

6) Bobot

Bobot dalam jaringan syaraf tiruan merupakan nilai matematis dari koneksi yang mentransfer data dari suatu lapisan ke lapisan lainnya. Bobot ini digunakan untuk mengatur jaringan sehingga jaringan syaraf tiruan bisa menghasilkan output yang diinginkan sekaligus bertujuan membuat jaringan tersebut belajar.

7) *Summation function*

Fungsi yang digunakan untuk mencari rata-rata bobot dari semua elemen input.

8) Fungsi aktivasi atau fungsi transfer

Fungsi yang menggambarkan hubungan antara tingkat aktivasi internal (*summation function*) yang mungkin berbentuk linier atau nonlinier.

9) Paradigma pembelajaran

Cara pembelajaran atau pelatihan jaringan syaraf tiruan yaitu apakah terawasi, tidak terawasi, atau merupakan gabungan keduanya (*hybrid*).

10) Aturan pembelajaran

Aturan kerja secara umum dari teknik/algorithm jaringan syaraf tiruan.

2.6.3 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan

Ada beberapa tipe jaringan syaraf, namun hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti otak manusia, jaringan syaraf tiruan juga terdiri dari beberapa neuron dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan menstransformasikan informasi (input) yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju neuron yang lainnya. Pada jaringan syaraf tiruan, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi disimpan dalam suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.

Jika dilihat, neuron-neuron tersebut berkerja dengan cara yang sama dengan neuron-neuron biologis. Input yang datang akan diproses oleh suatu fungsi perambatan dengan menjumlahkan nilai dari semua bobot-bobot tersebut. Hasil dari penjumlahan tersebut kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) melalui suatu fungsi aktivasi pada setiap neuron. Apabila input tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron tersebut akan diaktifkan. Sebaliknya, jika input tidak melewati suatu ambang tertentu maka neuron tidak akan diaktifkan. Apabila neuron tersebut tidak diaktifkan maka

neuron tersebut akan mengirimkan output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya begitu seterusnya (Kusumadewi dan Hartati, 2010: 70). Cara kerja neuron tersebut dapat digambarkan seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Neuron Jaringan

Pada jaringan syaraf, neuron-neuron berada dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut lapisan neuron. Menurut Puspitainingrum (2006: 9), lapisan-lapisan penyusun jaringan syaraf tiruan dibagi menjadi tiga, yaitu:

1) Lapisan input

Neuron-neuron berada di dalam lapisan input disebut neuron-neuron input.

Neuron-neuron ini menerima input dari luar. Input yang dimasukkan merupakan penggambaran dari suatu masalah.

2) Lapisan tersembunyi

Neuron-neuron di dalam lapisan tersembunyi disebut neuron-neuron tersembunyi. Output dari lapisan ini tidak secara langsung bisa diamati.

3) Lapisan output

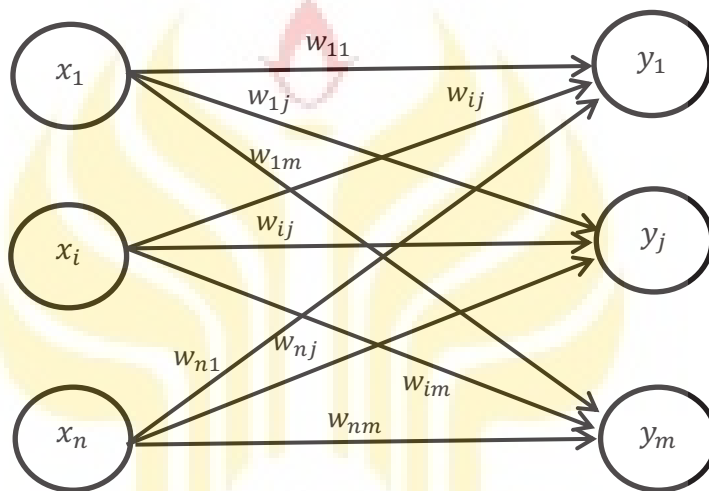
Neuron-neuron pada lapisan output disebut neuron-neuron output. Keluaran atau output dari lapisan ini merupakan iutput jaringan syaraf tiruan terhadap suatu permasalahan.

2.6.4 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Dalam jaringan syaraf juga terdapat arsitektur jaringan. Arsitektur jaringan syaraf terdiri atas 3 macam, yaitu:

1) Jaringan Layar Tunggal (*single layer network*)

Dalam jaringan layar tunggal, sekumpulan input neuron dihubungkan langsung dengan sekumpulan outputnya, seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jaringan Layar Tunggal

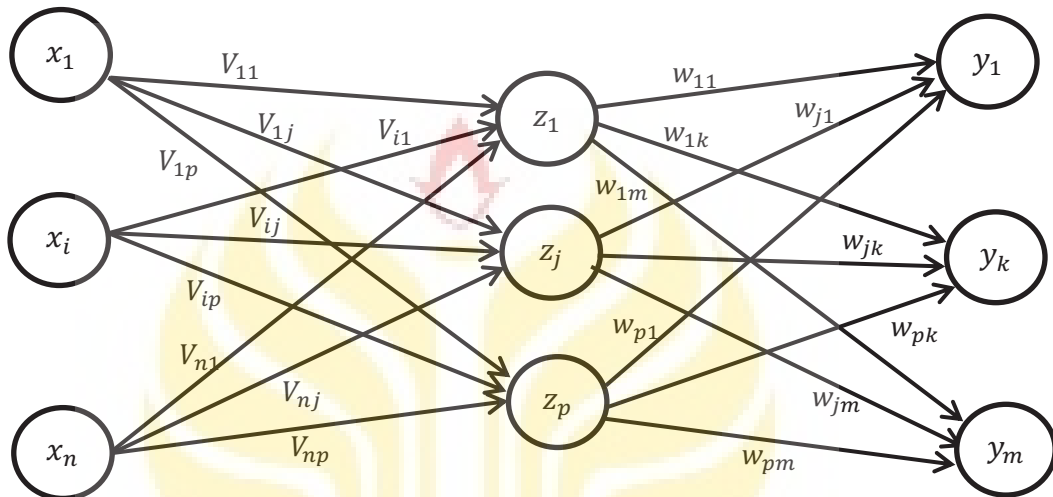
Keterangan:

x_1, x_2, \dots, x_n : Nilai input x_i , dengan $i = 1, 2, \dots, n$
 y_1, y_2, \dots, y_m : Nilai output y_j , dengan $j = 1, 2, \dots, m$
 w_{xy} : Bobot atau nilai

Pada Gambar 2.2, diperlihatkan bahwa arsitektur jaringan layer tunggal dengan n buah masukan (x_1, x_2, \dots, x_n) dan m buah keluaran (y_1, y_2, \dots, y_m). Dalam jaringan ini semua unit input dihubungkan dengan semua unit output. Tidak ada unit input yang dihubungkan dengan unit input lainnya. Demikian pula dengan unit output.

2) Jaringan Layer Jamak (*multi layer network*)

Jaringan layer jamak merupakan perluasan dari layer tunggal. Dalam jaringan ini, selain unit input dan output, ada unit-unit lain (sering disebut layer tersembunyi).



Gambar 2.3. Jaringan Layer Jamak

Keterangan:

x_1, x_2, \dots, x_n : Nilai input x_i , dengan $i = 1, 2, \dots, n$

z_1, z_2, \dots, z_p : Nilai dari neuron hidden layer z_p , dengan $j = 1, 2, \dots, p$

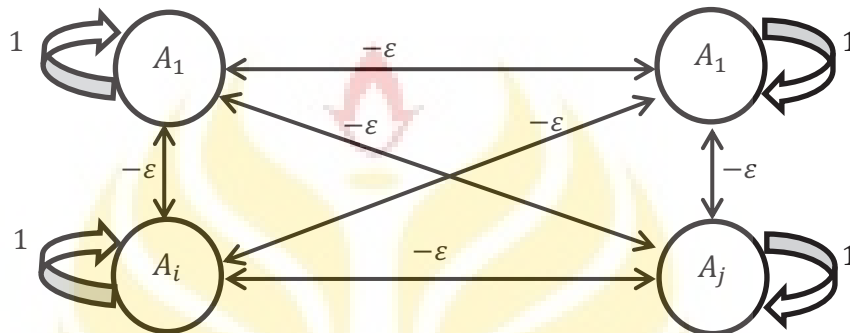
y_1, y_2, \dots, y_m : Nilai output y_k , dengan $k = 1, 2, \dots, m$

v_{ij}, w_{jk} : Bobot atau nilai

Pada Gambar 2.3, memperlihatkan bahwa jaringan dengan n buah unit input (x_1, x_2, \dots, x_n), sebuah layer tersembunyi yang terdiri dari p buah unit (z_1, z_2, \dots, z_p) dan m buah keluaran (y_1, y_2, \dots, y_m). Jaringan layer jamak dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dibandingkan dengan layer tunggal, meskipun kadangkala proses pelatihan lebih kompleks dan lama.

3) Jaringan *Reccurent*

Model jaringan *reccurent* mirip dengan jaringan layar tunggal ataupun ganda. Hanya saja, ada neuron output yang memberikan sinyal pada unit input (sering disebut *feedback loop*) seperti terlihat pada Gambar 2.4. Dengan kata lain, sinyal mengalir dua arah, yaitu maju dan mundur.



Gambar 2.4 Jaringan *Reccurent*

2.6.5 Algoritma Pembelajaran

Salah satu bagian terpenting dalam konsep jaringan syaraf tiruan adalah terjadinya proses pembelajaran. Tujuan dari proses pembelajaran yaitu melakukan pengaturan terhadap bobot-bobot yang ada paa jaringan syaraf, sehingga diperoleh bobot akhir yang tepat dan sesuai dengan pola data yang dilatih. Selama proses pembelajaran akan terjadi perbaikan bobot-bobot berdasarkan algoritma tertentu.

Menurut Kusumadewi dan Hartati (2010: 84), pada dasarnya ada 2 metode pembelajaran yaitu:

1) Pembelajaran terawasi (*supervised learning*)

Metode pembelajaran pada jaringan syaraf tiruan disebut terawasi jika output yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Satu pola input akan diberikan ke satu neuron pada lapisan input. Pola ini akan dirambatkan di sepanjang jaringan syaraf hingga sampai ke neuron pada lapisan output.

Kemudian pola output tersebut akan dicocokkan dengan pola output targetnya. Apabila terjadi perbedaan antara pola output hasil pembelajaran dengan pola target, maka akan muncul error. Apabila error ini masih cukup besar, maka perlu dilakukan lebih banyak pembelajaran lagi. Contoh model yang menggunakan pembelajaran terawasi antara lain: *Perceptron*, ADALINE, MADALINE, *Backpropagation*, Hebbian, Boltzman, Hopfield dan lain-lain.

2) Pembelajaran tak terawasi (*unsupervised learning*)

Pembelajaran yang tak terawasi tidak memerlukan target output. Pada metode ini, tidak dapat ditentukan hasil yang seperti apakah yang diharapkan selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu range tertentu tergantung pada nilai input yang diberikan. Tujuan dari pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam suatu area tertentu. Model yang menggunakan pembelajaran ini adalah model jaringan kompetitif, kohonen, LVQ (*Learning Vector Quantization*), *Neocognitron* dan lain-lain.

2.6.6 Fungsi Aktivasi

Dalam jaringan syaraf tiruan, fungsi aktivasi dipakai untuk menentukan keluaran suatu neuron. Argumen fungsi aktivasi adalah net masukan (kombinasi linear masukan dan bobotnya). Jika $net = \sum x_i w_i$, maka fungsi aktivasinya adalah $f(net) = f(\sum x_i w_i)$. Beberapa fungsi aktivasi yang sering dipakai adalah sebagai berikut:

- 1) Fungsi *threshold* (batas ambang)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases}$$

untuk beberapa kasus, fungsi *threshold* yang dibuat tidak berharga 0 atau 1, tapi berharga -1 atau 1 (sering disebut *threshold bipolar*).

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ -1 & \text{jika } x < a \end{cases}$$

- 2) Fungsi *sigmoid*

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

Fungsi *sigmoid* sering dipakai karena nilai fungsinya yang terletak antara 0 dan 1 dan dapat diturunkan dengan mudah

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x))$$

- 3) Fungsi identitas

$$f(x) = x$$

Fungsi identitas sering dipakai apabila kita menginginkan keluaran jaringan berupa sembarang bilangan riil (bukan hanya pada range [0,1] atau [-1,1]).

2.7 Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function* (RBF)

2.7.1 Pengertian Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function* (RBF)

Model jaringan syaraf tiruan RBF merupakan salah satu bentuk *multilayer perceptron* yang memperbaiki nilai-nilai bobot, nilai tengah, dan jarak antar data agar mengurangi kesalahan yang terjadi pada keluaran jaringan. Menurut Wiyanti dan Pulungan (2012: 177) disebut fungsi basis karena fungsi tersebut merupakan fungsi yang lengkap sehingga segala fungsi yang lain dapat diekspansikan ke

dalam fungsi tersebut. Pada model ini, jaringan syaraf tiruan menggunakan fungsi aktivasi basis (*Gaussian*) pada lapisan tersembunyi.

Dalam penerapannya untuk mendapatkan model jaringan syaraf tiruan RBF terbaik diperlukan kombinasi yang tepat antar jumlah variabel masukan, jumlah node (*cluster*) pada unit lapisan tersembunyi, nilai tengah serta standar deviasi (skala atau lebar data) dari variabel masukan pada setiap node, yang berimplikasi pada jumlah parameter yang optimal.

Menurut Sutijo, dkk (2006: 56) RBF didesain untuk membentuk pemetaan nonlinear dari variabel input ke unit *hidden layer* ke output. Sehingga pada RBF dilakukan pemetaan input dari ruang berdimensi p ke output ruang berdimensi I .

$$s = \mathfrak{R}^p \rightarrow \mathfrak{R}^I$$

Berdasarkan teori interpolasi *multivariate*:

Jika diberikan N buah titik berbeda $\{x_i \in \mathfrak{R}^p | i = 1, 2, \dots, N\}$ yang berhubungan dengan N buah bilangan real $d_i \{d_i \in \mathfrak{R}^I | i = 1, 2, \dots, N\}$.

Fungsi $F = \mathfrak{R}^N \rightarrow \mathfrak{R}^I$ adalah fungsi yang memenuhi $F(x_i) = d_i, i = 1, 2, \dots, N$

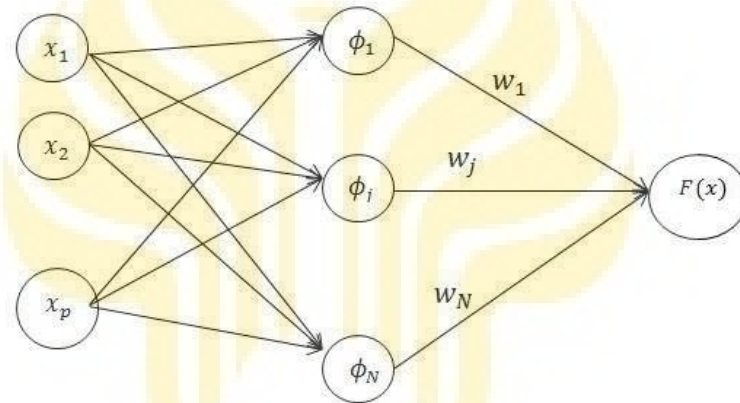
Agar memenuhi teori diatas, Interpolasi dengan menggunakan fungsi $F(x)$ harus meloloskan semua data. Teori interpolasi *multivariate* secara ringkas dapat dinyatakan dengan

$$F = \mathfrak{R}^N \rightarrow \mathfrak{R}^I$$

$$F(x_i) = d_i, i = 1, 2, \dots, N \quad (2.12)$$

2.7.2 Arsitektur *Radial Basis Function* (RBF)

Model RBF terdiri dari 3 lapisan, yaitu lapisan input (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan output (*output layer*). Lapisan input menerima suatu vektor input x yang kemudian dibawa ke lapisan tersembunyi yang akan memproses data input secara nonlinear dengan fungsi aktivasi. Output dari lapisan tersembunyi selanjutnya diproses di lapisan output secara linear. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan RBF tergambarakan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan RBF

Pada pemodelan RBF dilakukan dengan memilih suatu fungsi $F(x)$ sehingga persamaan (2.12) dipenuhi. Interpolasi input-output (2.12) dengan melihat desain arsitektur jaringan syaraf tiruan RBF maka persamaan (2.12) dapat dinyatakan dengan:

$$F(x) = \sum_{i=1}^N w_i \phi(\|x - x_i\|) \quad (2.13)$$

Dimana $\{\phi(\|x - x_i\|) | i = 1, 2, 3, \dots, N\}$ adalah himpunan fungsi nonlinear yang disebut fungsi radial basis (*Radial Basis Function* = RBF) dan $\|\cdot\|$ adalah norm jarak *Euclid*. Fungsi radial basis yang sering digunakan adalah fungsi *Gaussian* karena mempunyai sifat lokal, yaitu bila input dekat dengan rata-rata

(pusat), maka fungsi akan menghasilkan nilai satu, sedangkan bila input jauh dari rata-rata maka fungsi memberikan nilai nol. Model RBF menggunakan fungsi basis sebagai fungsi aktivasi untuk setiap neuron pada lapisan tersembunyi. Beberapa fungsi radial basis adalah sebagai berikut (Sutijo dkk, 2006: 57).

1) Fungsi *Thin Plate Spline*

$$\phi(z) = (z - \mu)^2 \log(z - \mu)$$

2) Fungsi *Multikuadratik*

$$\phi(z) = [(z - \mu)^2 + \sigma^2]^{1/2}$$

3) Fungsi *Invers Multikuadratik*

$$\phi(z) = [(z - \mu)^2 + \sigma^2]^{-1/2}$$

4) Fungsi *Gaussian*

$$\phi(z) = \exp\left[-\frac{(z - \mu)^2}{\sigma^2}\right]$$

Apabila diketahui N buah titik data $\{x_i \in \mathbb{R}^p | i = 1, 2, \dots, N\}$ adalah pusat dari RBF, maka persamaan (2.12) dapat ditulis:

$$\begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \dots & \phi_{1N} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \dots & \phi_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{N1} & \phi_{N2} & \dots & \phi_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

dimana $\phi_{ij} = \phi(\|x_i - x_j\|)$ $i, j = 1, 2, 3, \dots, N$

Bila persamaan (2.14) dinyatakan dalam bentuk persamaan matriks, maka menjadi

$$\mathbf{f} \mathbf{w} = \mathbf{d} \quad (2.15)$$

dimana $d = [d_1, d_2, \dots, d_N]$

$w = [w_1, w_2, \dots, w_N]$

$$f = \phi_{ij}$$

matriks ϕ adalah matriks interpolasi yang definit positif dan mempunyai invers.

Pendekatan suatu fungsi dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan RBF dilakukan dengan interpolasi untuk mendapatkan penyelesaian optimal dari ruang berdimensi tinggi ke dimensi yang lebih rendah.. Pada metode ini, $F(x)$ adalah suatu fungsi yang didekati dengan sejumlah basis lebih sedikit dibandingkan ukuran sampel, sehingga fungsi $F(x)$ pada persamaan (2.13) menjadi:

$$F^*(x) = \sum_{i=1}^M w_i \phi_i(x)$$

dimana $\{\phi_i(x) | i = 1, 2, 3, \dots, M\}$ adalah himpunan fungsi basis baru yang diasumsikan bebas linear. Secara umum, himpunan fungsi basis baru lebih sedikit dibandingkan dengan banyak data ($M \leq N$) dan w_i adalah bobot unit ke i ke output. (2.16)

Menurut Wiyanti dan Pulungan (2012) Langkah-langkah analisa RBF adalah:

- a) Input data untuk proses training: Data yang akan digunakan dalam proses pelatihan adalah sebarang n jumlah data yang diinputkan oleh user.
- b) Menentukan jumlah hidden layer
- c) Proses training dimulai dengan melakukan normalisasi data sedemikian sehingga data akan berada pada $[0,1]$. Rumus perhitungan normalisasi yaitu:

$$\text{data normalisasi} = \frac{\text{nilai } x - \text{nilai } x \text{ minimum}}{\text{nilai } x \text{ maksimum} - \text{nilai } x \text{ minimum}}$$

- d) Langkah proses training selanjutnya adalah melakukan perhitungan bobot (w) antara lapisan input ke lapisan tersembunyi menggunakan algoritma K-means cluster.
- e) Mencari besarnya nilai spread yang akan digunakan

$$\sigma = \frac{\text{jarak maksimum antara 2 pusat}}{\sqrt{\text{banyaknya pusat}}} = \frac{d_{max}}{\sqrt{m}}$$

- f) Perhitungan nilai aktivasi dengan fungsi Gaussian.

$$\varphi = \exp\left(-\frac{\sum(X - W)^2}{2\sigma^2}\right)$$

- g) Membentuk matriks Gaussian dari hasil perhitungan pada langkah f.

$$G = \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \dots & \varphi_{1C} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \dots & \varphi_{2C} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varphi_{M1} & \varphi_{M2} & \dots & \varphi_{MC} \end{bmatrix}$$

M adalah vektor input ke-M

C adalah hidden unit ke-C

- h) Menghitung bobot antara layer hidden dan output dengan menggunakan least square, dimana bobot baru (w) dan y adalah target.

$$w = (G^T \cdot G)^{-1} \cdot G^T y$$

G^T adalah tranpose matriks G dimana setiap kolom dari matriks G menjadi baris pada G^T . Sedangkan $(G^T \cdot G)^{-1}$ adalah invers dari $G^T \cdot G$ sehingga $(G^T \cdot G) \cdot (G^T \cdot G)^{-1} = I$ dengan I adalah matriks identitas.

- i) Training data dilakukan dengan *trial* dan *error* sedemikian sehingga didapat nilai MAPE terkecil dengan jaringan yang telah mencapai optimal.

- j) Dilakukan proses *testing* dengan memasukkan bobot pelatihan, data pelatihan, data real. Selanjutnya output dari proses testing adalah bobot baru, hasil peramalan RBF serta MAPE.
- k) Model optimal didapatkan dari perhitungan error terkecil dan tampilan grafik dimana titik-titik plot dari hasil prediksi mendekati data aktual.

2.8 Hibrid AR-RBF

Model hibrid merupakan suatu metode kombinasi dari satu atau lebih dari dua model dalam fungsi suatu sistem. Menurut Zheng dan Zhong (2011: 421) dengan mengkombinasikan model jaringan syaraf tiruan dan model ARIMA struktur autokorelasi pada data dapat dimodelkan lebih akurat. Karena kemungkinan ketidakstabilan atau perubahan pola pada data, menggunakan metode hibrid dapat mengurangi ketidakpastian model yang mana terjadi pada statistik inferensial dan peramalan runtun waktu.

Dalam dunia nyata jarang ditemukan kejadian runtun waktu yang murni linear ataupun murni nonlinear, maka model hibrid yang mempunyai kemampuan memodelkan linear dan nonlinear dapat menjadi strategi bagus yang praktis digunakan. Secara umum, kombinasi dari model time series yang memiliki struktur autokorelasi linear dan nonlinear dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_t = N_t + L_t \quad (2.17)$$

dimana N_t merupakan komponen nonlinear dan L_t adalah komponen linear. Dua komponen tersebut digunakan untuk meramalkan data. Pertama, digunakan AR untuk model linear, kemudian residual dari model linear akan mengandung

hubungan nonlinear. e_t menunjukkan residual saat t waktu dari model linear, maka

$$e_t = x_t - \hat{N}_t \quad (2.18)$$

dimana \hat{N}_t merupakan nilai peramalan untuk t waktu dari hubungan penaksiran. Residual penting dalam mendiagnosa model-model linear. Dengan memodelkan residual menggunakan jaringan syaraf tiruan, hubungan nonlinear dapat ditemukan. Sehingga model jaringan syaraf tiruan untuk residual dengan n input akan menjadi

$$e_t = \mu + \phi_1 e_{t-1} + \phi_2 e_{t-2} + \dots + \phi_p e_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.19)$$

dimana ε_t merupakan *error*. Sehingga kombinasi peramalan menjadi

$$Y_t = \hat{N}_t + \hat{L}_t \quad (2.20)$$

Ringkasnya tujuan dari hibridasi terdiri atas dua langkah. Langkah pertama, model AR digunakan untuk menganalisis masalah bagian linear. Langkah kedua, model jaringan syaraf tiruan RBF dibangun untuk memodelkan residual dari model AR. Karena model AR tidak dapat menangkap struktur nonlinear dari data, model residual dari linear akan mengandung informasi penting tentang nonlinear. Hasil dari jaringan syaraf tiruan dapat digunakan sebagai meramalkan error untuk model AR (Zheng dan Zhong, 2011: 421).

2.9 Matlab (*Matrix Laboratory*)

Penggunaan software dalam menyelesaikan masalah optimasi sangatlah penting. Terutama bila melibatkan banyak iterasi dalam menemukan solusi optimum dari suatu permasalahan. Matlab termasuk salah satu software yang banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi.

Menurut Arhami dan Desiani (2005: 1) Matlab (*Matrix Laboratory*) adalah sebuah program untuk analisis dan komputasi numerik, merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks. Matlab yang merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis pada matriks yang sering digunakan untuk teknik komputasi numerik, digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matriks, optimasi, aproksimasi, dan lain-lain.

Ada beberapa macam window yang tersedia dalam Matlab yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1) Matlab *Command Window/Editor*

Window ini adalah window utama dari Matlab. Disini adalah tempat untuk menjalankan fungsi, mendeklarasikan variabel, menjalankan proses-proses, serta melihat isi variabel. *Command window* juga digunakan untuk memanggil *tool* Matlab seperti editor, debugger, atau fungsi. Ciri window ini adalah adanya prompt (`>>`) yang menyatakan Matlab siap menerima perintah. Perintah dapat berupa fungsi-fungsi pengaturan file (seperti perintah DOS/UNIX) maupun fungsi-fungsi bawaan atau toolbox Matlab sendiri.

2) Matlab *Figure Windows*

Windows adalah hasil visualisasi *script* Matlab. Namun Matlab memberi kemudahan bagi programmer untuk mengedit window ini sekaligus memberikan program khusus untuk itu sehingga window ini selain berfungsi

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

3) Matlab *Command History*

Window ini berfungsi untuk menyimpan perintah-perintah apa saja yang sebelumnya dilakukan oleh pengguna terhadap Matlab

4) Matlab *Current Directory*

Window ini menampilkan isi dari directory kerja saat menggunakan Matlab. Kita dapat mengganti directory ini sesuai dengan tempat directory kerja yang diinginkan. Default dari alamat directori berada dalam folder works tempat program *files* Matlab berada.

5) Matlab *Workspace*

Workspace berfungsi untuk menampilkan seluruh variabel-variabel yang sedang aktif pada saat pemakaian Matlab. Apabila variabel berupa data matriks berukuran besar maka user dapat melihat isi dari seluruh data dengan melakukan double klik pada variabel tersebut.

Graphic User Interface (GUI) memberikan/menyediakan fasilitas seperti menus, pushbuttons, sliders dan sebagainya, sesuai dengan program yang diinginkan atau digunakan tanpa *knowledge* dari Matlab. GUIDE atau GUI *builder* merupakan Matlab *script file* yang dibuat untuk menunjukkan analisa suatu permasalahan khusus. Ada dua cara merancang GUI, yaitu dengan metode sederhana, dengan menggunakan *tool* khusus untuk merancang sesuatu yang diinginkan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai peramalan tingkat inflasi Indonesia berdasarkan IHK Indonesia dengan menggunakan metode *Autoregressive (AR)*, Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Radial Basis Function (RBF)*, dan hibrid AR-RBF dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada metode AR diperoleh model terbaik yaitu ARIMA(12,1,0). Hasil peramalan tingkat Inflasi Indonesia dengan model terbaik ARIMA(12,1,0) pada enam bulan berikutnya yaitu bulan Oktober 2016, November 2016, Desember 2016, Januari 2017, Februari 2017 dan Maret 2017 secara berturut-turut adalah 3,0762%; 3,0848%; 3,0942%; 3,1048%; 3,1168%; dan 3,1299%.
2. Pada metode JST RBF dengan variasi parameter spread dan neuron diperoleh arsitektur jaringan terbaik yaitu dengan 4 input, spread 2, 7 neuron pada layar tersembunyi dan 1 output. Dengan jaringan terbaik tersebut diperoleh hasil peramalan tingkat Inflasi Indonesia pada enam bulan berikutnya yaitu bulan Oktober 2016, November 2016, Desember 2016, Januari 2017, Februari 2017 dan Maret 2017 masing-masing secara berturut-turut sebesar 3,0960%; 3,3567%; 3,4304%; 3,5468%; 3,6701% dan 3,8570%.
3. Pada metode Hibrid AR-RBF dengan variasi parameter spread dan neuron diperoleh arsitektur jaringan terbaik yaitu dengan 2 input, spread 2, 1 neuron pada layar tersembunyi dan 1 output. Dengan jaringan terbaik tersebut

diperoleh hasil peramalan tingkat Inflasi Indonesia pada enam bulan berikutnya yaitu bulan Oktober 2016, November 2016, Desember 2016, Januari 2017, Februari 2017 dan Maret 2017 secara berturut-turut sebesar 3,2930%; 3,3496%; 3,2811%; 3,1661%; 3,1405% dan 3,2811%.

4. Pemilihan metode yang optimal untuk peramalan didasarkan pada besarnya nilai MAPE yang diperoleh dari masing-masing metode. Nilai MAPE pada metode AR(12) atau ARIMA(12,1,0) sebesar 10,3636%, metode JST RBF 7,12199% dan metode Hibrid AR-RBF sebesar 9,37089%. Jadi metode yang optimal untuk meramalkan tingkat Inflasi Indonesia adalah metode JST RBF dengan besarnya nilai MAPE yang lebih kecil daripada metode lainnya.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut disarankan:

1. Perlu dilakukan uji coba untuk komposisi data yang digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian pada metode JST.
2. Variasi parameter untuk input, spread dan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi yang diujikan pada metode JST RBF dapat diperbanyak untuk mendapatkan arsitektur jaringan yang terbaik.
3. Perlu dilakukan pengembangan metode jaringan syaraf tiruan RBF untuk perhitungan bobot, contohnya dengan menggunakan algoritma *K-Means Cluster* atau algoritma SOM (*Self Organizing Map*).

DAFTAR PUSTAKA

- Arhami, M. dan Desiani, A. 2005. *Pemrograman Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- Badan Pusat Statistik. 2012. *Data Strategis BPS Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bunyamin dan Danila, N. 2011. Estimasi Inflasi di Indonesia dengan Menggunakan Metodologi Box Jenkins. *National Journals*, 11(1) : 71 – 87.
- Faizannisa, R. A, Yasin, H dan Ispriyanti, D. 2015. Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia Menggunakan Metode *Radial Basis Function Neural Network*. *Jurnal Gaussian*, 5(1) : 193 – 202.
- Fauziah, L. dan Suhartono. 2012. *Peramalan jumlah kedatangan wisatawan mancanegara ke Indonesia melalui lima pintu kedatangan utama menggunakan model hibrida ARIMA-ANFIS*. Makalah Tugas Akhir. Surabaya: FMIPA ITS.
- Gujarati D. N dan Porter, D. C. 2013. *Dasar-dasar Ekonometrika*. Jakarta: Salemba Empat.
- Hendikawati, P. 2015. *Peramalan Data Runtun Waktu*. Semarang: FMIPA Unnes.
- Juliaristi, F. 2014. *Peramalan Banyak Kasus Demam Berdarah di D.I Yogyakarta dengan Model Radial Basis Function Neural Network*. Skripsi. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kuncoro, Mudrajat. 2007. *Metode Kuantitatif Edisi Ketiga*. Yogyakarta : UPP STIM YKPN
- Kusumadewi, S. dan Hartati, S. 2010. *Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Makridakis, S., Wheelwright, S. C. & McGee, V. E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan, Edisi Kedua Jilid Satu*, Alih Bahasa Hari Suminto. Jakarta: Binarupa Aksara.

Prasetyo, E. P. 2009. *Fundamental Makro Ekonomi*. Yogyakarta: Beta.

Pratiwi, Asri B. 2015. Model Jaringan Syaraf RBF-FA-EGARCH untuk Peramalan Data Time Series. *Jurnal Statistika*, 3(2): 1 – 7.

Puspitaningrum, D. 2006. *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Yogyakarta: ANDI.

Rufiyanti, D. E. 2015. *Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dengan Input Model ARIMA untuk Peramalan Harga Saham*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.

Siang, J. J. 2005. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.

Sutijo, B., Subanar dan S. Guritno. 2006. Pemilihan Hubungan Input-Node Pada Jaringan Saraf Fungsi Radial Basis. *Jurnal Berkala MIPA*, 16(1): 55 – 61.

Wiyanti, D. T. dan R. Pulungan. 2012. Peramalan Deret Waktu Menggunakan Model Fungsi Basis Radial (RBF) dan Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA). *Jurnal MIPA*, 35(2): 175 – 182.

Zhang, Peter G. 2003. Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model. *Neurocomputing Journal*, 50: 159 – 175.

Zheng, F. dan S. Zhong. 2011. Time Series Forecasting Using a Hybrid RBF Neural Network and AR Model Based on Binomial Smoothing. *International Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering*, 5(3): 419 – 423.

<http://bi.go.id/id/moneter/inflasi/data/Default.aspx> [diakses pada 2 Oktober 2016]