

**MODEL *HYBRID AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING*
AVERAGE DAN *RADIAL BASIS FUNCTION* UNTUK
PERAMALAN HARGA EMAS**

SKRIPSI



SYERIN VIRELIA SANDANA

H 121 16 520

PROGRAM STUDI STATISTIKA

DEPARTEMEN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

**MODEL *HYBRID AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING*
AVERAGE DAN *RADIAL BASIS FUNCTION* UNTUK PERAMALAN
HARGA EMAS**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

SYERIN VIRELIA SANDANA

H 121 16 520

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**MODEL HYBRID AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING
AVERAGE DAN RADIAL BASIS FUNCTION UNTUK PERAMALAN
HARGA EMAS**

Disusun dan diajukan oleh :

SYERIN VIRELIA SANDANA

H12116520

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

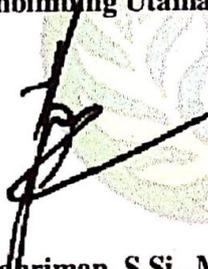
pada tanggal 14 Juli 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Sitti Sahriman, S.Si., M.Si.
NIP. 19881018 201504 2 002


Dr. La Podje Talangko, M.Si
NIP. 19551219 198701 1 001

Ketua Departemen




Dr. Nurtili Sunusi, S.Si., M.Si.
NIP. 19720117 199703 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Syerin Virelia Sandana
NIM : H12116520
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya ilmiah saya yang berjudul :

“Model Autoregressive Integrated Moving Average dan Radial Basis Function untuk Peramalan Harga Emas”

Adalah benar hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain.

Apabila ditemukan di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, Oktober 2021

Yang menyatakan

021FAJX469177596 :tin Virelia Sandana

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera,

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala penyertaan, berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Model Autoregressive Integrated Moving Average dan Radial Basis Function untuk Peramalan Harga Emas**” yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin ini dapat dirampungkan. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan tambahan pengetahuan bagi pembelajar statistika.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan masalah, namun dapat terselesaikan berkat bantuan, dorongan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada orang tua penulis, **Yulius Pappang Karua** dan **Andriani Neneng Pasalli** yang senantiasa mendoakan, mengasihi, dan memberikan motivasi kepada penulis. Ucapan terima kasih juga kepada adik penulis yang terkasih, **Aurelio Patra Sandana** dan **Clarissa Imanuela Triandini** yang selalu mendukung sampai penyusunan skripsi tahap akhir.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA** selaku Rektor Universitas Hasanuddin, **Prof. Dr. Ir. Muh. Restu, MP** selaku Wakil Rektor I Universitas Hasanuddin, **Prof. Ir. Sumbangan Baja, M.Phil, Ph.D** selaku Wakil Rektor II Universitas Hasanuddin **Prof. Dr. drg. A. Arsunan Arsin, M.Kes** selaku Wakil Rektor III Universitas Hasanuddin **Prof. dr. Muh. Nasrum Massi, Ph.D** selaku Wakil Rektor IV Universitas Hasanuddin.

2. **Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.** selaku Dekan, **Prof. Dr. Moh. Ivan Azis, M.Sc.** selaku Wakil Dekan I, **Dr. Muhammad Zakir, M.Si** selaku Wakil Dekan II, **Dr. Andi Ilham Latunra, M.Si** selaku Wakil Dekan III Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
3. **Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Statistika, dan **Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si.** selaku sekretaris Departemen Statistika atas segala nasehat, ilmu, motivasi, dan bantuan yang senantiasa diberikan selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Sitti Sahriman, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Utama dan **Dr. La Podje Talangko, M.Si.** selaku Pembimbing Pertama yang dengan sabar senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi masukan serta motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
5. **Dr.Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.** selaku dosen pembimbing akademik dan penguji yang senantiasa memberikan motivasi yang luar biasa kepada penulis. **Drs. Raupong, M.Si.** selaku penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan kritik, saran, dan dukungan dalam penyempurnaan skripsi ini.
6. Seluruh **Dosen dan Staf Departemen Statistika** yang senantiasa berbagi ilmu, nasehat, dan motivasi selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
7. Kepada **Marsel Ekaputra Malla, A.Md., Tra.** yang selalu memberikan semangat, motivasi dan meluangkan waktunya untuk membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
8. Sahabat-sahabat penulis **Eugenia Kerliningtyas, S.E., Indah Jessica, A.Md.** dan **Widya Seprianti, S.Si** yang selalu memberikan semangat, motivasi dan selalu ada dalam suka maupun duka.
9. Teman-teman **Statistika 2016** terkhusus kepada **Halniati S.Si., Jumrianti S.Si., Alimatun Najiha S.Si., Isnawati S.Si., Reski Ulandari, Hendriete T.M Waibusi.** Terima kasih atas segala kebersamaan, kebahagiaan dan dukungannya selama ini.

10. Seluruh teman-teman **KKN Unhas Gelombang 102**, terkhusus kepada teman-teman posko **Kelurahan Cinennung** yang telah melewati suka duka bersama selama sebulan lamanya.
11. Serta semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi selama ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran yang dapat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat di bidang dan bagi pihak-pihak yang berkepentingan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Tuhan memberkati kita semua, Amin.

Makassar, Oktober 2021



Syerin Wirelia Sandana

ABSTRAK

Emas logam mulia adalah salah satu alat tukar dalam perdagangan maupun sebagai standar keuangan di berbagai belahan negara. Pergerakan harga emas yang akan datang dapat dipantau dengan menggunakan peramalan. Salah satu metode peramalan yang sering digunakan adalah analisis deret waktu. Metode analisis deret waktu yang umum digunakan adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ARIMA relatif tepat digunakan untuk peramalan jangka pendek dan pada data *time series* yang mengandung unsur linear. Sedangkan pada data *time series* yang mengandung unsur non linear, ARIMA akan mengalami penurunan keakuratan sehingga dapat digunakan metode *hybrid* ARIMA dengan jaringan syaraf tiruan. Salah satu jaringan syaraf tiruan dengan *multilayer* adalah *Radial Basis Function* (RBF). Metode RBF relatif baik ketika digunakan untuk menyelesaikan permasalahan data *time series* yang mengandung unsur non linear. Pada penelitian ini dilakukan peramalan harga emas harian di Indonesia periode Desember 2019 dengan menggunakan metode *hybrid* ARIMA-RBF. Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil peramalan dengan metode *hybrid* ARIMA-RBF mampu menangkap pola linear dan non linear data *time series*. Hasil peramalan harga emas harian di Indonesia dengan menggunakan metode *hybrid* ARIMA-RBF mampu mendekati pola data aktualnya dengan nilai MAPE sebesar 1,003% dan nilai RMSE sebesar 8.963.

Kata Kunci : Emas, *Autoregressive Integrated Moving Average*, Jaringan Syaraf Tiruan, *Radial Basis Function*

ABSTRACT

Precious metal gold is a medium of exchange in trade and as a financial standard in various parts of the country. Future gold price movements can be monitored using forecasting. One of the most frequently used forecasting methods is time series analysis. The commonly used time series analysis method is the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). The model is ARIMA relatively appropriate to use for short-term forecasting and on data time series containing linear elements. Meanwhile, in data time series containing non-linear elements, ARIMA will experience a decrease in accuracy so that the method can be used hybrid ARIMA with artificial neural networks. One of the artificial neural network with multilayer is Radial Basis Function (RBF). RBF method is relatively good when used for solve data problems time series that contain non-linear elements. In this study, daily gold price forecasting in Indonesia for the December 2019 period was carried out using the method hybrid ARIMA-RBF. The results of the analysis show that the results of forecasting with the method hybrid ARIMA-RBF are able to capture linear and non-linear patterns of data time series. The results of daily gold price forecasting in Indonesia using the method hybrid ARIMA-RBF are able to approach the actual data pattern with a MAPE value of 1,003% and an RMSE value of 8.963.

Keywords: *Gold, Autoregressive Integrated Moving Average, Neural Network, Radial Basis Function*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Definisi Emas.....	5
2.1.1 Faktor –faktor yang Mempengaruhi Harga Emas.....	5
2.1.2 Investasi Emas.....	6
2.2 Peramalan.....	6
2.2.1 Tujuan Peramalan.....	6
2.2.2 Jenis Peramalan.....	6
2.3 Analisis Deret Waktu.....	7
2.4 ARIMA.....	7
2.5 Radial Basis Function.....	8
2.6 Metode Hybrid ARIMA-RBF.....	10
2.7 Alat Ukur Kesalahan Prediksi.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Sumber Data.....	12

	3.2 Identifikasi Variabel	12
	3.3 Metode Analisis	12
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	18
	4.1 Model Komponen Linear dengan Metode ARIMA	18
	4.1.1. Uji Stasioneritas.....	18
	4.1.2. Identifikasi Model	20
	4.1.3. Pendugaan Parameter	20
	4.1.4. Pemilihan Model ARIMA	21
	4.2 Model Komponen Non Linear dengan Metode <i>Radial Basis Function</i>	21
	4.2.1. Input Data	21
	4.2.2. Pembagian Data.....	22
	4.2.3. Pembentukan Arsitektur Jaringan RBF	22
	4.2.4. <i>Training Data</i>	22
	4.2.5. <i>Testing Data</i>	23
	4.3 Model <i>Hybrid ARIMA-RBF</i>	25
	4.3.1. Input Data	25
	4.3.2. Pembagian Data.....	26
	4.3.3. Pembentukan Jaringan Arsitektur RBF	26
	4.3.4. <i>Training Data</i>	26
	4.3.5. <i>Testing Data</i>	28
	4.4 Peramalan	29
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	32
	5.1 Kesimpulan	32
	5.2 Saran	32
	DAFTAR PUSTAKA	33
	LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Uji Linearitas pada Data Aktual	18
Tabel 4.2	Estimasi Parameter Model Sementara ARIMA.....	21
Tabel 4.3	Hasil Variasi Parameter Proses <i>Training</i> RBF	23
Tabel 4.4	Hasil Variasi Parameter Proses <i>Testing</i> RBF.....	24
Tabel 4.5	Hasil Variasi Parameter Proses <i>Training Hybrid</i> ARIMA-RBF	27
Tabel 4.6	Hasil Variasi Parameter Proses <i>Testing Hybrid</i> ARIMA-RBF.....	28
Tabel 4.7	Data Aktual dan Hasil Peramala Harga Emas di Indonesia Periode Desember 2019 dengan Metode ARIMA, RBF, dan <i>hybrid</i> ARIMA- RBF	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Desain Model RBF.....	9
Gambar 3.1	Arsitektur Sistem Prediksi <i>Hybrid</i> ARIMA-RBF.....	12
Gambar 4.1	<i>Time Series Plot</i> Harga Emas 1 Januari-30 November 2019.....	19
Gambar 4.2	ACF dan PACF Data Harga Emas Januari-November 2019	19
Gambar 4.3	ACF dan PACF <i>Differencing</i> 1	20
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Hasil Ramalan Data <i>Training</i> RBF.....	23
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Hasil Ramalan Data <i>Testing</i> RBF.....	24
Gambar 4.6	PACF Peramalan Data Residual ARIMA (0,1,1)	25
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Hasil Ramalan Data <i>Training Hybrid</i> ARIMA- RBF	27
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Hasil Ramalan Data <i>Testing Hybrid</i> ARIMA- RBF	29
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Hasil Peramalan ARIMA, RBF, dan <i>Hybrid</i> ARIMA-RBF Bulan Desember 2019	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Harga Emas Harian di Indonesia 1 Januari – 30 November	36
Lampiran 2	Data Peramalan Hasil Residual ARIMA (0,1,1) untuk Data Input <i>Hybrid</i> ARIMA-RBF	39
Lampiran 3	Hasil Uji ADF pada Data Aktual.....	41
Lampiran 4	Hasil Uji <i>Ljung-Box</i>	42
Lampiran 5	Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i> RBF.....	43
Lampiran 6	Data Hasil Normalisasi Harga Emas Januari-November Tahun 2019.....	44
Lampiran 7	Bobot Awal dan Bobot Akhir RBF	45
Lampiran 8	Nilai Aktivasi Data <i>Training</i> RBF	46
Lampiran 9	Nilai Aktivasi Data <i>Testing</i> RBF.....	48
Lampiran 10	Data <i>Training Hybrid</i> ARIMA-RBF.....	50
Lampiran 11	Data <i>Testing Hybrid</i> ARIMA-RBF	51
Lampiran 12	Data Normalisasi Hasil Peramalan Model Residual ARIMA (0,1,1)	52
Lampiran 13	Bobot Awal dan Bobot Bias Awal <i>Hybrid</i> ARIMA-RBF.....	53
Lampiran 14	Nilai Aktivasi Data <i>Training Hybrid</i> ARIMA-RBF	54
Lampiran 15	Nilai Aktivasi Data <i>Testing Hybrid</i> ARIMA-RBF.....	57

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emas logam mulia adalah salah satu alat tukar dalam perdagangan maupun sebagai standar keuangan di berbagai belahan negara (Nurulhuda & Kosasih, 2019). Emas menjadi salah satu peran penting dalam kehidupan sehari-hari masyarakat di Indonesia. Biasanya masyarakat menggunakan perhiasan emas sebagai mahar sehingga membuat emas banyak dicari seperti anting, kalung, liontin, gelang, cincin dan masih banyak lagi. Emas juga dapat digunakan untuk berinvestasi, dengan membeli perhiasan emas ketika harga mengalami penurunan dan menjualnya ketika harga mengalami kenaikan.

Naik turunnya harga emas mengikuti naik turunnya rupiah terhadap US\$. Namun jika melihat jangka panjang, nilai emas terhadap mata uang rupiah selalu naik. Sebagai contoh, emas Antam per gram pada tahun 2010 berada di kisaran harga Rp350.000 dan di tahun 2017 harga emas Antam per gram sudah mencapai Rp650.000 (Kurniawan, 2019). Pergerakan harga emas yang akan datang dapat dipantau dengan menggunakan peramalan. Peramalan dapat menggunakan referensi data masa lalu dari kumpulan variabel untuk mengestimasi nilai variabel di masa yang akan datang (Disa, 2015). Salah satu metode peramalan yang sering digunakan adalah analisis deret waktu (*time series analysis*). Analisis deret waktu dilakukan untuk memperoleh pola data deret waktu dengan menggunakan pengamatan sebelumnya untuk memprediksi suatu nilai pada masa yang akan datang (Maulana, 2018).

Teknik peramalan *time series* terbagi menjadi dua bagian. Teknik yang pertama adalah model peramalan yang didasarkan pada model matematika statistik seperti *moving average*, *exponential smoothing*, regresi, dan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Teknik yang kedua adalah model peramalan yang didasarkan pada kecerdasan buatan seperti *neural network*, algoritma genetika, *simulated annealing*, *genetic programming*, klasifikasi, dan *hybrid*. Dengan demikian kita mengetahui bahwa dalam *time series forecasting*, ilmu statistik dan jaringan syaraf pun termasuk dalam bidang kajian penelitiannya (Wiyanti & Pulungan, 2012).

Permasalahan yang ditemui di dunia nyata adalah permasalahan data yang nonstasioner atau non linear sehingga, dibutuhkan suatu alat yang akurat dan efektif untuk meramalkan perilaku data yang nonstasioner atau non linear tersebut. Namun terdapat pula permasalahan lain dalam model jaringan syaraf yang sering ditemui yaitu permasalahan *overfitting*, yaitu model yang dibuat hanya menghasilkan output yang baik untuk data yang termasuk proses *training* saja dan tidak untuk data yang divalidasi (data yang tidak termasuk proses *training*). Hal ini merupakan fenomena *overfitting* yang sering ditemui ketika menggunakan model jaringan syaraf. Permasalahan tersebut dapat diminimalisir dengan mengkombinasikannya dengan model lain (Wiyanti & Pulungan, 2012).

ARIMA sering disebut juga metode runtun waktu *Box Jenkins*. ARIMA relatif tepat digunakan untuk peramalan jangka pendek pada data *time series* yang mengandung unsur linear. Sedangkan untuk data peramalan dalam periode yang cukup panjang ketepatannya kurang baik karena biasanya akan cenderung *flat* (datar/konstan). Selain itu, ARIMA akan mengalami penurunan keakuratan apabila terdapat komponen non linear *time series* pada data pengamatan. ARIMA juga tidak mampu memodelkan *time series* yang non linear (Zhang, 2003).

Berbeda dengan ARIMA, model jaringan syaraf (*Neural Network*) merupakan metode peramalan yang dapat digunakan untuk memprediksi *time series* non linear, selain itu stasioneritas dari data juga penting (Zhang, 2003). Padahal dalam kehidupan nyata banyak permasalahan pada data yang mengandung komponen linear dan non linear. Jaringan syaraf tiruan atau *Neural Network* adalah suatu metode komputasi yang meniru sistem jaringan syaraf biologis. Jaringan syaraf dibedakan menjadi *single layer* dan *multilayer* (Fausett, 1994). Jaringan *multilayer* merupakan perluasan dari *single layer*. Dalam jaringan ini, selain unit input dan output terdapat juga unit layer tersembunyi atau *hidden layer*. Jaringan *multilayer* dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dibandingkan dengan jaringan *single layer*, meskipun kadangkala proses *training* lebih kompleks dan lama. Salah satu jaringan syaraf tiruan dengan *multilayer* adalah *Radial Basis Function* (RBF).

Terdapat beberapa algoritma pembelajaran dalam jaringan syaraf tiruan yang dikembangkan untuk *time series forecasting*. Salah satunya menggunakan

fungsi basis radial atau *Radial Basis Function* (RBF). Algoritma pembelajaran ini handal dan biasa digunakan untuk penyelesaian masalah peramalan dalam model *time series*. Selain itu RBF sangat baik ketika digunakan untuk menyelesaikan permasalahan komponen nonstasioner dan non linear. Disebut fungsi basis karena fungsi tersebut merupakan fungsi yang lengkap sehingga segala fungsi yang lain dapat diekspansikan ke dalam fungsi tersebut (Wiyanti & Pulungan, 2012).

Kombinasi yang pernah dicoba untuk peramalan *time series* adalah model jaringan syaraf tiruan dengan model ARIMA (Faruk, 2010). Ada tiga hal yang menjadi alasan penggunaan pengkombinasian model ARIMA dan jaringan syaraf tiruan (Zhang, 2003). Pertama adalah sering kali terjadi kesulitan untuk menerapkan penggunaan model linear atau model non linear pada suatu permasalahan *time series* sehingga model kombinasi ini menjadi alternatif yang lebih mudah. Hal kedua adalah sering kali dalam model *time series* terdapat unsur linear dan non linear sehingga pengkombinasian ini dapat digunakan untuk memodelkan *time series* yang mengandung linear dan non linear. Ketiga adalah dalam beberapa literatur peramalan menyatakan bahwa tidak ada model tunggal yang terbaik pada setiap situasi .

ARIMA dalam statistik dan RBF dalam *neural network* (*hybrid ARIMA-RBF*) masing-masing telah dibuktikan dan dinyatakan menjadi metode yang handal dalam peramalan model *time series*. Dengan mengkombinasikan dua metode tersebut diharapkan akan menghasilkan tingkat keakuratan yang lebih tinggi dibandingkan jika metode tersebut digunakan masing-masing. Hasil penelitian yang dilakukan Sutijo *et al.* (2006) menyebutkan bahwa *performance* model RBF pada data *time series* menghasilkan model yang lebih baik. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Wiyanti dan Pulungan (2012) menyatakan bahwa hasil peramalan dengan metode ARIMA dan *Radial Basis Function* (RBF) lebih akurat jika dibandingkan metode ARIMA dan Metode RBF secara tunggal.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dilakukan penelitian untuk meramalkan harga emas di pasaran menggunakan metode kombinasi ARIMA dan RBF dengan mengambil judul “Model *Autoregressive Integrated Moving Average* dan *Radial Basis Function* untuk Peramalan Harga Emas”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu, bagaimana hasil peramalan data harga emas di Indonesia berdasarkan model *hybrid* ARIMA-RBF?

1.3 Batasan Masalah

Pada penulisan ini, permasalahan dibatasi pada:

1. Data yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah data harga emas di Indonesia dari bulan Januari 2019 sampai dengan Desember 2019.
2. Estimasi parameter dalam pembentukan model ARIMA dengan metode *Least Square*.
3. Algoritma pada RBF yang akan digunakan untuk melakukan prediksi peramalan harga emas di Indonesia adalah *supervised learning* dan *unsupervised learning*.
4. Fungsi yang digunakan untuk pemodelan dengan metode RBF adalah fungsi *Gaussian*.
5. Arsitektur jaringan RBF menggunakan *spread* 1 dan 2 dengan *epoch* sebanyak 100 iterasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil ramalan data harga emas di Indonesia menggunakan metode *hybrid* ARIMA-RBF.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan, diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat menambah dinamika keilmuan dalam meramalkan harga emas dengan metode *hybrid* ARIMA-RBF.
2. Bagi pihak-pihak yang ingin melakukan kajian lebih dalam meramalkan, diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi dan landasan untuk penelitian sebelumnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Emas

Emas merupakan salah satu instrumen simpanan pokok (investasi) yang paling stabil dan efektif. Selain itu, emas juga sering disebut sebagai pengukur modal dan dimensi kekayaan yang paling tua dan efektif. Sejak emas lebih unggul dibanding logam lain dan diperdagangkan lebih sering dalam sistem keuangan, harga dan hubungan dengan berbagai variabel keuangan sering dipantau oleh unit ekonomi (Suharto, 2015). Emas digunakan sebagai standar keuangan di banyak negara dan juga sebagai alat tukar yang relatif abadi, dan diterima di semua negara di dunia. Penggunaan emas dalam bidang moneter dan keuangan berdasarkan nilai moneter absolut dari emas itu sendiri terhadap berbagai mata uang di seluruh dunia, meskipun secara resmi di bursa komoditas dunia, harga emas dicantumkan dalam mata uang dolar Amerika. Bentuk penggunaan emas dalam bidang moneter lazimnya berupa batangan emas dalam berbagai satuan berat gram sampai kilogram (Kurniawan, 2019).

2.1.1 Faktor –faktor yang Mempengaruhi Harga Emas

Faktor-faktor yang mempengaruhi harga emas menurut Abdullah (2012) adalah:

1. Inflasi yang meningkat melebihi prediksi.
2. Kericuhan finansial. Krisis moneter pada tahun 1998 dan 2008 termasuk ke dalam kericuhan atau kepanikan finansial.
3. Kenaikan harga minyak yang signifikan.
4. Permintaan emas. Harga emas akan terus naik jika permintaan emas dunia yang terus naik berbanding terbalik dengan pasokan emas yang ada.
5. Kondisi politik di dunia. Ketidakpastian ekonomi adalah akibat dari suhu politik dunia yang tinggi karena ketegangan yang terjadi antar negara-negara di dunia.
6. Perubahan kurs. Melemahnya kurs dollar AS dapat mendorong kenaikan harga emas dunia.

2.1.2 Investasi Emas

Menurut Kurniawan (2019) emas adalah salah satu kekayaan alam yang tidak dapat diperbaharui, volume emas di dunia terbatas dan mengakibatkan harga emas cenderung stabil dan cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Ada 3 jenis investasi emas, yaitu :

- 1) Investasi emas dalam bentuk fisik
- 2) Investasi emas dalam bentuk perhiasan
- 3) Investasi emas dalam bentuk satuan *trading*

2.2 Peramalan

Peramalan merupakan suatu seni dan ilmu pengetahuan dalam memprediksi peristiwa di masa mendatang (Heizer & Render, 2015). Menurut Rusdiana (2014), peramalan adalah salah satu kegiatan yang dianggap mampu dijadikan dasar dalam pembuatan strategi produksi perusahaan. Fahmi (2014) juga mengatakan bahwa peramalan merupakan suatu bentuk usaha dengan menerapkan berbagai pendekatan baik kualitatif dan kuantitatif.

2.2.1 Tujuan Peramalan

Menurut Herjanto (2008), tujuan peramalan adalah untuk meramalkan keadaan dimasa datang dengan menemukan dan mengukur beberapa variabel bebas yang penting beserta pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang diamati. Haming dan Nurnajamuddin (2007) menyatakan bahwa tujuan peramalan adalah untuk memenuhi keperluan pembuatan perencanaan jangka panjang. Menurut Rusdiana (2014), peramalan bertujuan untuk mendapatkan ramalan yang dapat meminimumkan kesalahan meramal dan dapat diukur dengan *Mean Absolute Percent Error (MAPE)*.

2.2.2 Jenis Peramalan

Menurut Heizer dan Render (2015), perusahaan atau organisasi menggunakan 3 tipe peramalan utama dalam merencanakan operasional untuk masa mendatang.

1. Peramalan ekonomi (*economic forecast*) menangani siklus bisnis dengan memprediksikan tingkat inflasi dan uang yang beredar, mulai pembangunan perumahan, dan indikator perencanaan lainnya.

2. Peramalan teknologi (*techonological forecast*) berkaitan dengan tingkat perkembangan teknologi yang dapat menghasilkan terciptanya produk baru yang lebih menarik, yang memerlukan perlengkapan yang baru.
3. Peramalan permintaan (*demand forecast*) adalah permintaan untuk produk atau jasa dari perusahaan. Peramalan mendorong keputusan sehingga para manajer memerlukan informasi dengan segera dan akurat mengenai permintaan yang sesungguhnya.

2.3 Analisis Deret Waktu

Metode deret waktu (*time series*) adalah metode peramalan dengan menganalisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Pada analisis deret waktu, data yang akan datang dipengaruhi oleh data masa lalu. Tujuan analisis deret waktu antara lain memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan suatu nilai di masa depan, dan mengoptimalkan sistem kendali (Makridakis, Wheelwright, & McGree, 1999). Seringkali, dalam peramalan data *time series* menunjukkan perilaku yang bersifat musiman. Musiman didefinisikan sebagai kecenderungan data *time series* yang berulang setiap periode. Musiman adalah istilah yang digunakan untuk mewakili periode waktu yang berulang (Kalekar, 2004). Seiring perkembangan teknologi yang semakin maju, menurut Bowerman dan O'Connell (1993) sebagaimana dikutip oleh Hermawan (2011) bahwa metode peramalan data *time series* telah banyak dikembangkan seperti metode ARIMA.

2.4 ARIMA

ARIMA sering disebut juga metode runtun waktu *Box Jenkins*. ARIMA cukup dikenal dalam peramalan *time series*. ARIMA sangat baik ketepatannya untuk peramalan jangka pendek dan untuk data *time series* nonstasioner pada saat linear (Munarsih, 2011). Zhang (2003) menyatakan bahwa ARIMA tidak mampu memodelkan *time series* yang nonlinear. Wei (1994) menyebutkan bahwa pada proses stasioner $\{F_t\}$, model ARIMA diklasifikasi menjadi tiga model standar, yaitu:

1. Model *autoregressive* (AR (p)/ARIMA($p,0,0$)):

$$F_t = \mu' + \phi_1 F_{t-1} + \phi_2 F_{t-2} + \dots + \phi_p F_{t-p} + e_t \quad (1)$$

2. Model *moving average* (MA (q) /ARIMA(0,0, q)):

$$F_t = \mu' + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (2)$$

3. Model *autoregressive moving average* (ARMA (p,q) /ARIMA($p,0,q$)):

$$F_t = \mu' + \phi_1 F_{t-1} + \dots + \phi_p F_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (3)$$

dengan e_t adalah *white noise* ($e_t \sim N(0, \sigma_e^2)$) dimana:

μ' = suatu konstanta

p = orde proses *autoregressive*

q = orde proses *moving average*

ϕ = parameter proses *autoregressive*

θ = parameter proses *moving average*

Hendranata (2003) menyebutkan dalam keadaan nonstasioner, model deret waktu yang digunakan adalah model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA (p,d,q)) yang didefinisikan dalam persamaan (3):

$$F_t = \mu' + \phi_1 F_{t-1} + \dots + \phi_p F_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (4)$$

atau

$$\phi_p(B)(1-B)^d F_t = \mu' + \theta_q(B)e_t \quad (5)$$

dimana

d = banyaknya pembedaan

Pembedaan dilakukan sebanyak d kali sampai proses mencapai keadaan stasioner. Pembedaan ditujukan agar proses dapat dimodelkan dengan mengkonversi proses nonstasioner $\{F_t\}$ menjadi proses stasioner $\{(1-B)^d F_t\}$ (Hanke & Wichern, 2003).

Langkah-langkah pemodelan ARIMA (p,d,q), yaitu:

- Identifikasi model
- Pendugaan parameter
- Pemeriksaan kelayakan model
- Pemilihan model ARIMA
- Peramalan

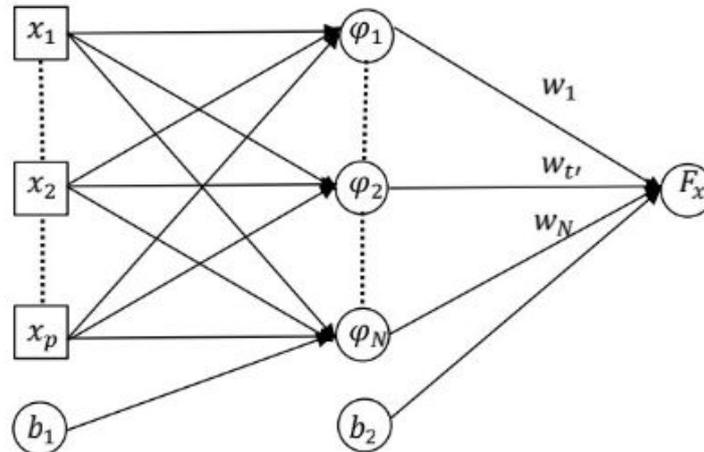
2.5 *Radial Basis Function*

Radial Basis Function (RBF) didesain untuk membentuk pemetaan non linear dari variabel input ke unit *hidden layer* dan pemetaan linear dari *hidden*

layer ke output. Oleh karena itu, pada RBF dilakukan pemetaan input dari ruang berdimensi p ke output ruang berdimensi 1 (Sutijo, Subanar, & Guritno, 2006).

$$s : \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}^1 \tag{6}$$

Desain model RBF untuk pendekatan suatu fungsi adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Desain Model RBF

Pada pemodelan RBF dilakukan dengan memilih suatu fungsi $F(x)$ sehingga (6) terpenuhi. Interpolasi input-output dengan melihat desain model RBF, maka dapat dinyatakan dengan:

$$F(x) = \sum_{t'=1}^N w_{t'} \varphi(\|x_t - x_{t'}\|) \tag{7}$$

Dimana $\{\varphi(\|x_t - x_{t'}\|) | t = 1, 2, 3, \dots, N \text{ dan } t' = t + 1, t + 2, \dots, t + N\}$ adalah himpunan fungsi non linear yang disebut fungsi radial basis (*Radial Basis Function* = RBF) dan $\|x_t - x_{t'}\|$ adalah *norm* jarak *Euclid*. *Radial Basis Function* yang paling 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. Ada beberapa *Radial Basis Function* diantaranya adalah:

1. Fungsi *Thin Plate Spline*

$$\varphi(x) = x^2 \ln(x) \tag{8}$$

2. Fungsi Multikuadratik

$$\varphi(x) = (x^2 + \sigma^2)^{1/2} \tag{9}$$

3. Fungsi Invers Multikuadratik

$$\varphi(x) = (x^2 + \sigma^2)^{-1/2} \tag{10}$$

4. Fungsi *Gaussian*

$$\varphi(x) = \exp\left[\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right] \quad (11)$$

dimana $x = \|x_t - x_{t'}\|$

Apabila diketahui N buah titik data $\{x_{t'} \in \mathbb{R}^p | t' = 1, 2, 3, \dots, N\}$ adalah pusat dari RBF, maka persamaan (7) dapat ditulis :

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

dimana,

$$\varphi_{tt'} = \varphi(\|x_t - x_{t'}\|)$$

$$t, t' = 1, 2, 3, \dots, N$$

atau bisa dinotasikan sebagai berikut :

$$Gw = d \quad (13)$$

dimana,

$$d = [d_1 \quad d_2 \quad \dots \quad d_N]$$

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

$$G = \varphi_{tt'}$$

matriks G adalah matriks interpolasi yang definit positif dan mempunyai invers. Pendekatan dari suatu fungsi dengan menggunakan RBF dapat dilakukan dengan interpolasi untuk mendapatkan penyelesaian optimal dari ruang berdimensi tinggi ke dimensi yang lebih rendah. Poggio dan Girosi (1990) menyusun teknik standar yang disebut metode *Galerkin*. Pada metode ini, $F(x)$ adalah suatu fungsi yang didekati dengan sejumlah basis lebih sedikit dibandingkan ukuran sampel, sehingga fungsi $F(x)$ pada (7) menjadi :

$$F^*(x) = \sum_{t'=1}^M w_{t'} \varphi_{t'}(x) \quad (14)$$

Dimana $\{\varphi_{t'}(x) | t' = 1, 2, \dots, M\}$ adalah himpunan fungsi basis baru yang diasumsikan bebas linear. Secara umum, himpunan fungsi basis baru lebih sedikit dibandingkan dengan banyak data ($M \leq N$).

2.6 Metode *Hybrid ARIMA-RBF*

Dalam dunia nyata, data *time series* jarang murni linear atau non linear. Mereka sering mengandung kedua pola linear dan non linear. Hibridisasi beberapa

model mungkin menghasilkan metode yang kuat dan hasil peramalan yang lebih memuaskan (Lai, Yu, Wang, & Huang, 2006). Secara umum kombinasi dari model *time series* yang memiliki struktur autokorelasi linear dan nonlinear dapat dituliskan sebagai :

$$F_t = \hat{L}_t + \hat{K}_t \quad (15)$$

dimana Z_t merupakan hasil peramalan *hybrid* ARIMA-RBF, \hat{L}_t merupakan penduga komponen linear dengan metode ARIMA dan \hat{K}_t merupakan penduga komponen nonlinear dengan metode RBF.

2.7 Alat Ukur Kesalahan Prediksi

Menghitung kesalahan dari suatu peramalan sering pula disebut dengan menghitung ketepatan pengukuran (*accuracy measures*). Dalam praktek ada beberapa alat ukur yang sering digunakan untuk menghitung kesalahan prediksi, salah satunya adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan persamaan berikut:

- *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

$$MAPE = \frac{100\%}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{X_t - F_t}{F_t} \right| \quad (16)$$

- *Root Mean Square Error* (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N |X_t - F_t|^2}{N}} \quad (17)$$

dimana:

X_t = Data aktual pada waktu t

F_t = Data peramalan pada waktu t

N = Jumlah data

Rumusan diatas melakukan perhitungan perbedaan antara data aktual dan data hasil ramalan. Beda dari hasil perhitungan tersebut diabsolutkan, lalu dihitung ke dalam bentuk persentase terhadap data aktual. Hasil dari persentase tersebut kemudian didapatkan nilai rata-rata kesalahannya (Zainun & Majid, 2003).