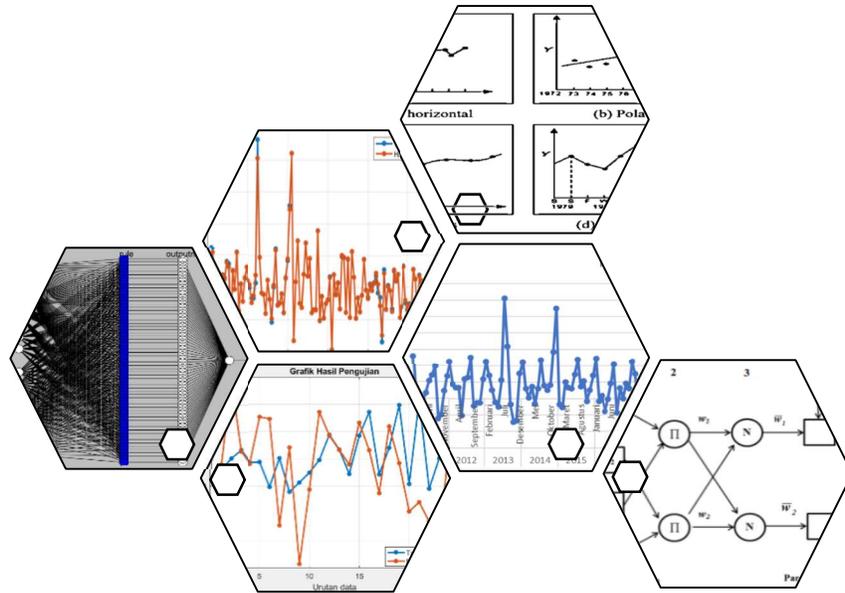


**PERAMALAN DENGAN *HYBRID AUTOREGRESSIVE INTEGRATED
MOVING AVERAGE - ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*
PADA DATA INFLASI PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**FORECASTING WITH *HYBRID AUTOREGRESSIVE INTEGRATED
MOVING AVERAGE - ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*
ON INFLATION DATA OF SOUTH SULAWESI PROVINCE**



SITTI HADIJAH

H062212013



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

MAKASSAR

2024

**PERAMALAN DENGAN *HYBRID AUTOREGRESSIVE INTEGRATED
MOVING AVERAGE - ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*
PADA DATA INFLASI PROVINSI SULAWESI SELATAN**

SITTI HADIJAH

H062212013



**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PERAMALAN DENGAN *HYBRID AUTOREGRESSIVE INTEGRATED
MOVING AVERAGE - ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*
PADA DATA INFLASI PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Statistika

Disusun dan diajukan oleh

SITTI HADIJAH
H062212013

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

PERAMALAN DENGAN *HYBRID AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE - ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM* PADA DATA INFLASI PROVINSI SULAWESI SELATAN

SITTI HADIJAH
H062212013

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Magister pada 16 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

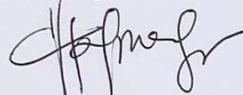
pada

Program Studi Magister Statistika
Departemen Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

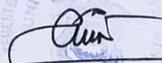

Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.
NIP. 19750429 200003 2 001


Prof. Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si
NIP. 19620926 19870 2 2001

Ketua Program Studi
Magister Statistika

Dekan Fakultas Matematika dan Magister
Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin


Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.
NIP. 19750429 200003 2 001


Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.
NIP. 19720515 199702 1 002

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul " Peramalan dengan *Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average - Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* pada Data Inflasi Provinsi Sulawesi Selatan " adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (Dr. Erna Tri Herdiani, Prof. Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari tesis ini akan dipublikasikan di *Journal of Modern Applied Statistical Methods* sebagai artikel dengan judul " *Forecasting of the ARIMA-ANFIS Hybrid Method on Inflation Data of South Sulawesi Province.* ".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 16 Agustus 2024



SITTI HADIJAH
NIM. H062212013

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji hanya milik Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala* atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Shalawat dan salam tercurahkan kepada Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*, keluarganya, *tabi'in*, *tabi'ut tabi'in*, serta orang-orang sholeh yang haq hingga kadar Allah berlaku atas diri mereka. *Alhamdulillahirobbil'aalamiin*, berkat rahmat dan kemudahan dari Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala*, penulis dapat menyelesaikan tesis berjudul "Peramalan dengan *Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average - Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* Pada Data Inflasi Provinsi Sulawesi Selatan" sebagai salah satu syarat memperoleh gelar magister pada Program Studi Magister Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

...

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam tesis ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis memohon maaf.

Makassar, 16 Agustus 2024

Sitti Hadijah

ABSTRAK

SITTI HADIJAH. **Peramalan dengan *Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average - Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* Pada Data Inflasi Provinsi Sulawesi Selatan** (dibimbing oleh Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si. dan Prof. Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.)

Latar Belakang. Inflasi diartikan sebagai penurunan nilai uang akibat meningkatnya jumlah uang yang beredar, yang menyebabkan kenaikan harga barang-barang. Tingginya inflasi dapat menurunkan pendapatan dan standar hidup masyarakat serta menciptakan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan ekonomi. Untuk memprediksi inflasi, metode time series seperti ARIMA sering digunakan, namun ARIMA memiliki kelemahan dalam menangani data non-linear. Oleh karena itu, model hybrid yang menggabungkan ARIMA dengan metode lain, seperti ANFIS, dikembangkan untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing dan menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Penelitian ini menggunakan model hybrid ARIMA-ANFIS untuk memprediksi inflasi di Sulawesi Selatan, dengan tujuan meningkatkan akurasi prediksi dibandingkan penggunaan metode secara terpisah. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan *hybrid* ARIMA-ANFIS pada data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan. **Metode.** Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode ARIMA, ANFIS, dan *hybrid* ARIMA-ANFIS. **Hasil.** Hasil penelitian menunjukkan bahwa model hybrid SARIMA-ANFIS memiliki nilai RMSE dan MAPE yang lebih kecil dibandingkan dengan model SARIMA dan ANFIS. **Kesimpulan.** Dari hasil penelitian, penggunaan metode *hybrid* ARIMA-ANFIS lebih baik dalam memodelkan data inflasi pada Provinsi Sulawesi Selatan dibandingkan dengan menggunakan salah satu metode ARIMA atau metode ANFIS.

Kata Kunci: ARIMA; ANFIS; *hybrid*; inflasi

ABSTRACT

SITTI HADIJAH. **Forecasting with Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average - Adaptive Neuro Fuzzy Inference System on Inflation Data of South Sulawesi Province** (supervised by Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si. and dan Prof. Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.)

Background. Inflation is defined as a decline in the value of money due to an increase in the amount of money in circulation, which leads to an increase in the price of goods. High inflation can reduce people's income and standard of living and create uncertainty in economic decision-making. To predict inflation, time series methods such as ARIMA are often used, but ARIMA has a weakness in handling non-linear data. Therefore, hybrid models that combine ARIMA with other methods, such as ANFIS, were developed to utilize the advantages of each and produce more accurate predictions. This study uses the ARIMA-ANFIS hybrid model to predict inflation in South Sulawesi, with the aim of improving prediction accuracy compared to using the methods separately. **Objective.** This research aims to perform hybrid ARIMA-ANFIS modeling on inflation data of South Sulawesi Province. **Method.** The methods used in this research are ARIMA, ANFIS, and hybrid ARIMA-ANFIS methods. **Results.** The results showed that the hybrid SARIMA-ANFIS model has smaller RMSE and MAPE values compared to the SARIMA and ANFIS models. **Conclusion.** From the results of the study, the use of the hybrid ARIMA-ANFIS method is better in modeling inflation data in South Sulawesi Province compared to using either the ARIMA method or the ANFIS method.

Keywords: ARIMA; ANFIS; hybrid; inflasi

DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Kajian Teori	4
1.6.1 Inflasi.....	4
1.6.2 Peramalan (<i>Forecasting</i>)	5
1.6.3 <i>Time series</i> (Analisis Runtun Waktu)	5
1.6.4 ARIMA (<i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>).....	7
1.6.4 ANFIS (<i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>).....	10
1.6.5 Model <i>Hybrid</i> ARIMA-ANFIS	14
1.6.6 Pemilihan Model Terbaik.....	15
1.6.7 Kerangka Konseptual	16

BAB II.....	18
2.1 Sumber Data	18
2.2 Variabel Penelitian	18
2.3 Metode Analisis Data	18
2.4 Diagram Alir	19
BAB III.....	20
3.1 Analisis Deskriptip.....	20
3.2 Identifikasi Model ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)	23
3.3 Pembentukan Model <i>hybrid</i> ARIMA - ANFIS (<i>Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System</i>)	29
BAB IV.....	38
4.1 Kesimpulan.....	38
4.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42

DAFTAR TABEL

nomor	halaman
1. Identifikasi model ACF dan PACF	9
2. Range Nilai MAPE	16
3. Statistika Deskriptif Data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan	20
4. Estimasi dan Pengujian Parameter Model SARIMA.....	24
5. Uji Independensi Residual	25
6. Uji Normalitas Residual.....	27
7. <i>Akaike Information Criterion dan Root Mean Square Error</i>	27
8. Parameter Nonlinier Fungsi <i>Trapezoidal</i> pada Residual	30
9. Persamaan Proses Fuzzyfikasi.....	31
10. Nilai Parameter Linier untuk Fungsi <i>Trapezoidal</i>	33
11. Hasil Perhitungan Lapisan Kelima	34
12. Perbandingan hasil Peramalan Metode ANFIS dengan <i>Hybrid</i> ARIMA-ANFIS	36

DAFTAR GAMBAR

nomor	halaman
1. Pola data time series.....	6
2. <i>Arsitektur</i> ANFIS	11
3. Grafik Fungsi <i>Trapezoidal</i>	13
4. Grafik Fungsi <i>Generalized Bell</i>	13
5. Grafik Fungsi <i>Gaussian</i>	14
6. Plot Data Tingkat Inflasi Provinsi Sulawesi (Januari 2011 – Desember 2022)...	21
7. Plot <i>Autocorrelation Function</i> (ACF) Inflasi Provinsi Sulawesi	23
8. Plot <i>Partial Autocorrelation Function</i> (PACF) Inflasi Provinsi Sulawesi.....	23
9. Plot Data Laju Inflasi Provinsi Sulawesi Selatan 2023 dan Peramalan SARIMA (2,0,2)(1, 0, 0) ¹²	28
10. <i>Arsitektur</i> model ANFIS	29
11. Grafik Hasil Pelatihan.....	35
12. Grafik Hasil Pengujian	35
13. Plot perbandingan hasil Peramalan Metode SARIMA, ANFIS dengan <i>Hybrid</i> SARIMA-ANFIS	37

DAFTAR LAMPIRAN

nomor	halaman
1. Data Penelitian	42
2. <i>Syntax</i> SARIMA Menggunakan <i>Software</i> R Studio	44
4. <i>Syntax</i> ANFIS Menggunakan <i>Software</i> Matlab.	52
4. Daftar riwayat hidup.	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Defenisi inflasi menurut kamus Besar bahasa Indonesia merupakan turunnya nilai uang (kertas) disebabkan banyaknya dan cepatnya uang (kertas) tersebar sehingga mengakibatkan naiknya harga barang-barang. Hal ini menunjukkan tingginya uang yang tersebar di masyarakat dibandingkan yang dibutuhkan, menyebabkan nilai uang menjadi turun. Tingginya inflasi akan menyebabkan pendapatan masyarakat menurun, sehingga standar hiduppun menurun dan akan terjadi ketidak pastian bagi para pelaku ekonomi dalam mengambil suatu keputusan (Fitriyati dan Yunita Wijaya 2022).

Badan Pusat Statistika (BPS) telah melaporkan bahwa inflasi indonesia pada tahun 2020 sebesar 1,68%, tahun 2021 sebesar 1,89%, tahun 2022 sebesar 5,51%, dan tahun 2023 sebesar 2,61%, hal ini menunjukkan bahwa pada tahun 2020 merupakan inflasi tahunan terendah dimana pada tahun 2020 meluasnya pandemi *Covid-19* yang telah mengganggu pola tingkat inflasi Indonesia menyebabkan turunnya permintaan dan perputaran uang dari turunnya aktivitas ekonomi yang ditimbulkan dari lonjakan pemutusan hubungan kerja (PHK) dan perubahan skema kerja menjadi *Work From Home* (WFH) sehingga mempengaruhi permintaan. Ini bukan ciri ekonomi yang sehat sehingga diperlukan satu solusi sebelum masalah semakin meluas. Bagi pemerintah, memperkirakan tingkat inflasi merupakan sebuah keharusan sebagai langkah awal untuk mempertimbangkan suatu kebijakan yang akan diambil di masa mendatang. Inflasi juga merupakan salah satu indikator yang penting dalam menganalisis perekonomian selain pertumbuhan ekonomi, pengangguran, kemiskinan, dan ekspor-inpor. Inflasi merupakan masalah yang sangat besar dalam perekonomian setiap negara dan merupakan suatu fenomena moneter yang selalu meresahkan negara yang akan berdampak pada tingkat pertumbuhan ekonomi (Daniel 2018).

Berbagai macam metode yang dapat digunakan untuk membantu dalam memprediksi tingkat inflasi suatu negara masih terus berkembang sampai sekarang. Dimana data tingkat inflasi Indonesia berupa data *time series* (runtun waktu) periode bulanan (Fitriyati dan Yunita Wijaya 2022). Analisis data *time series* banyak digunakan untuk peramalan, diantaranya metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) digunakan untuk meramalkan nilai tingkat inflasi di Indonesia (Pebrianti dkk, 2021). Selain itu, (Phalupy 2020) memprediksi laju inflasi di Indonesia dengan membandingkan metode *Ordinary Least Square* (OLS), *exponential smoothing*, dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), berdasarkan hasil evaluasi menggunakan ukuran penilaian ketepatan metode peramalan yaitu *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) diperoleh metode ARIMA lebih baik dari OLS dan

exponential smoothing dalam melakukan peramalan inflasi karena memiliki nilai pengukuran ketepatan peramalan yang lebih kecil. Sehingga metode ARIMA merupakan metode terbaik untuk meramalkan tingkat inflasi.

Metode ARIMA sebagai salah satu bentuk model *time series* nonstasioner merupakan suatu model linier, tetapi hubungan antara variabel dalam analisis data seringkali berbentuk nonlinier, sehingga tidak dapat dipetakan secara langsung ke dalam model ARIMA. Jadi model ARIMA memiliki kelemahan tidak dapat mendeteksi pola data yang non-linier, padahal di dunia nyata data seringkali kompleks dan tidak linier (Zhang 2003). Oleh karena itu diperlukan metode lain yang mampu untuk mengatasi permasalahan tersebut. Semakin berkembangnya teknologi, ditemukan perkembangan yang baru dari peramalan *time series* yaitu peramalan yang bersifat gabungan (*hybrid*) yang artinya beberapa model yang dikombinasikan dengan tujuan memanfaatkan kelebihan diantara dua metode dan meminimalisasi adanya kelemahan atau kekurangan dari masing-masing metode. Tujuan yang lain adalah agar menghasilkan peramalan yang lebih akurat dibandingkan jika metode tersebut digunakan secara terpisah. Pada penelitian ini, model yang akan digunakan yaitu model *hybrid Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dengan model *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk memprediksi laju inflasi di Sulawesi Selatan. Model ARIMA mempunyai kelebihan untuk meramalkan proses yang bersifat linier. Sedangkan model ANFIS banyak digunakan untuk meramalkan proses yang bersifat non linier (Hamdi 2014). Dimana Menurut (Ayu Wulandari dan Gernowo 2019) kebanyakan model dari metode ARIMA adalah linear yang masih mengandung non linier dan pada Metode ANFIS, data yang digunakan lebih banyak daripada data untuk pengujian karena semakin banyak data yang digunakan untuk pelatihan maka semakin baik hasil pelatihan yang diperoleh, sehingga sistem peramalan yang diperoleh akan semakin baik. Sedangkan metode ARIMA yang menggunakan data terlalu banyak dapat mengakibatkan residual fungsi auto-korelasinya tidak independen, dan sering kali uji asumsi pada residual seperti normalitas, autokorelasi, dan homoskedastisitas tidak terpenuhi terutama pada data ekonomi seperti harga saham dan tingkat inflasi, sehingga diperlukan metode yang sesuai untuk mengatasi masalah ini. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan mengkombinasikan dua metode Dalam menggabungkan metode didasari dari referensi jurnal sebagai penyelesaian penelitian ini.

Penelitian terkait yang dilakukan oleh (Kamadewi dan Achmad 2021) menggabungkan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) - *Artificial Neural Network* (ANN) pada Data Inflasi Indonesia Tahun 2009 – 2020, hasilnya menunjukkan bahwa dengan melakukan *hybrid* pada model ARIMA dapat meningkatkan akurasi dari model tersebut. Selanjutnya (Rahmania, Sulandari, dan Slamet 2023) menerapkan metode *hybrid* ARIMA dengan *Time series Fuzzy Chen* pada data closing JII (*Jakarta Islamic Index*). Berdasarkan nilai keakuratan MAPE dan RMSE, model *hybrid* ARIMA dengan *Time series Fuzzy Chen* merupakan model terbaik dibandingkan dengan model ARIMA dan model *Time series Fuzzy Chen*.

Penelitian lainnya juga dilakukan oleh (Rivaldi, Ratianingsih, dan Lusiyanti 2017) tentang peramalan tingkat inflasi di Provinsi Sulawesi Tengah dengan menggabungkan metode *backpropagation* dan metode ANFIS, hasilnya menunjukkan bahwa dengan melakukan *hybrid* pada model *backpropagation dengan neuro fuzzy* menghasilkan *Average testing error* yang relatif kecil dibandingkan dengan hanya menggunakan metode secara terpisah. Selanjutnya (Stephani 2015) meramalkan inflasi nasional berdasarkan faktor ekonomi makro menggunakan pendekatan *time series* klasik (ARIMA, ARIMAX) dan ANFIS, berdasarkan hasil analisis pada data Hasil perbandingan model, menunjukkan bahwa model ARIMAX menjadi model terbaik pada inflasi kelompok bahan makanan, sedangkan kelompok inflasi pendidikan dimodelkan dengan model ARIMA yang menjadi model terbaiknya, dan ANFIS menjadi model terbaik pada tingkat inflasi kesehatan. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh (Ayu Wulandari dan Gernowo 2019) tentang membandingkan Metode *Autoregressive Integrated Movingaverage* (ARIMA) dan *Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS), dalam analisis curah hujan, hasil analisis model Berdasarkan identifikasi permasalahan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa metode ANFIS lebih baik untuk menganalisis data runtun waktu (*time series*) non-linear dibandingkan dengan metode ARIMA. Metode ANFIS memiliki keakuratan yang lebih baik untuk peramalan curah hujan dibandingkan dengan metode ARIMA. Metode ARIMA untuk kasus data harian kurang cocok, sehingga hasil prediksi tidak mengikuti pola data aktual dan cenderung memiliki hasil yang konstan atau hasil prediksi yang cenderung flat.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan kelebihan menggunakan metode *hybrid*, maka peneliti tertarik untuk menggunakan metode *hybrid* ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dengan ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) untuk mengatasi masalah residual yang linier ataupun nonlinier pada data inflasi dalam memprediksi data periode mendatang menjadi lebih akurat. Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dan ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) untuk meramalkan data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan
2. Bagaimana membuat peramalan data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan untuk periode mendatang dari data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan dengan menggunakan model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*), dan *hybrid* ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) - ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) sebagai metode perhitungan data

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, batasan masalah dalam penelitian ini mencakup data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan periode bulanan (Januari 2011 sampai dengan Desember 2023) dengan menganalisis data dan peramalan menggunakan bantuan aplikasi *Microsoft excel*, *Matlab* dan *R Studio*.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dan ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) untuk meramalkan data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan
2. Membuat peramalan data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan untuk periode mendatang dari data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan dengan menggunakan model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*), dan *hybrid* ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) - ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) untuk meramalkan data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan sebagai metode perhitungan data

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari hasil penelitian ini antara lain :

1. Menghasilkan suatu model yang mampu menjelaskan data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan
2. Menjadi salah satu alternatif bagi Pemerintah atau Badan Pusat Statistik (BPS) dalam memperdiksi data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan
3. Hasil ramalan yang diperoleh dapat menjadi masukan terhadap kebijakan pemerintah dalam mengambil kebijakan dengan melihat prediksi data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan pada masa yang akan datang.
4. Mengembangkan wawasan keilmuan dan ilmu pengetahuan tentang metode *hybrid* bagi peneliti.

1.6 Kajian Teori

1.6.1 Inflasi

Inflasi merupakan meningkatnya tingkat harga, dimana hampir semua negara menjaga agar tingkat inflasi suatu negara stabil. Tingkat inflasi yang stabil, akan tercipta pertumbuhan ekonomi yang diharapkan, meluasnya lapangan kerja, dan tersedianya barang dan jasa untuk memenuhi kebutuhan suatu masyarakat (Mankiw, 2000). Sedangkan menurut (Boediono, 2014:161) inflasi adalah dimana gejala tingkat harga umumnya mengalami kenaikan secara terus menerus dan

meluas menyebabkan kenaikan sebagian besar dari harga barang-barang. Pengendalian tingkat inflasi sangatlah penting, dan menjadi salah satu perhatian pemerintah karena beberapa alasan, dimana inflasi memperburuk distribusi pendapatan menjadi tidak seimbang. Kemudian, inflasi juga mengakibatkan menurunnya tabungan domestik yang merupakan sumber dana investasi bagi negara-negara berkembang. inflasi juga mengakibatkan terjadinya defisit neraca perdagangan serta meningkatkan besarnya utang luar negeri. Dan menurut (Hamilton 2001) inflasi sering digambarkan sebagai keadaan ekonomi dimana peningkatan pasokan uang lebih cepat daripada produksi barang dan jasa. Tingkat inflasi diukur sebagai persentase perubahan indeks harga. (Essien, Akpan, dan Essien 2005).

1.6.2 Peramalan (*Forecasting*)

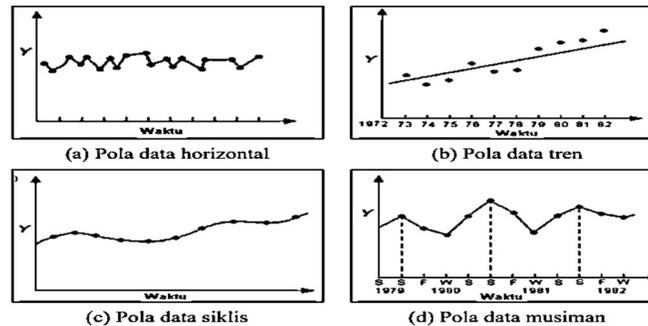
Peramalan (*forecasting*) adalah kegiatan untuk meramalkan keadaan di masa mendatang menggunakan pengujian keadaan di masa lalu. Esensi dari sebuah peramalan adalah memperkirakan peristiwa di waktu yang akan datang dengan dasar pola pada waktu yang lalu, dan menggunakan kebijakan terhadap proyeksi-proyeksi dengan pola-pola di waktu yang lalu (Prasetya dan Lukiasuti, 2009). Pada umumnya peramalan dapat digunakan sebagai alat bantu untuk perencanaan yang efektif dan efisien untuk menentukan kebutuhan sumber daya, atau membuat keputusan yang tepat dimasa mendatang.

Peramalan atau Prediksi dapat mencakup banyak bidang seperti bisnis, pemerintahan, kesehatan, politik, ekonomi, ilmu lingkungan dan ilmu medis, keuangan dan ilmu sosial. Ada beberapa kelompok dalam peramalan yaitu peramalan jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Peramalan dalam jangka pendek yaitu untuk memprediksi dengan kurun waktu harian, mingguan, dan bulanan untuk periode yang akan datang, Peramalan jangka menengah guna untuk memprediksi dalam kurun waktu satu tahun sampai dua tahun ke periode mendatang, sedangkan jangka panjang digunakan untuk memprediksi dari beberapa tahun untuk periode mendatang. Sebelum dilakukan peramalan, maka terlebih dahulu melakukan pengkajian pada data periode yang lalu. Dari data periode yang lalu, kemudian di analisa trend data tersebut sehingga dapat dilakukan pemilihan metode yang tepat. Langkah terakhir yang harus dilakukan adalah dengan memproyeksikan data tersebut, sehingga di peroleh data peramalan dengan mempertimbangkan nilai kesalahan terkecil (Utami dan Atmojo 2017).

1.6.3 *Time series* (Analisis Runtun Waktu)

Runtun Waktu adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk memprediksi terjadinya suatu peristiwa atau tren yang akan berlaku di masa yang akan datang (Pujiastuti dan Riyono 2020). Metode *time series* adalah metode peramalan yang menggunakan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diprediksi dengan variabel waktu. Peramalan suatu data *time series* memiliki pola

kombinasi dari beberapa macam komponen. Secara umum terdapat empat macam pola data *time series*, yaitu horizontal, trend, *Seasonal* atau musiman, dan siklis. Pola horizontal merupakan kejadian yang tidak terduga dan bersifat acak, tetapi kemunculannya dapat mempengaruhi gejala naik-turunnya data pada metode *time series*. Trend merupakan kecenderungan arah data yang menunjukkan arah secara konstan naik atau turun. *Seasonal* adalah pola pengulangan dengan periode yang diketahui atau gejala naik-turunnya dari data yang terjadi secara periodik dalam kurun waktu satu tahun, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, mingguan, atau harian. Sedangkan pola siklis merupakan pola pengulangan yang teratur namun dengan periode berubah-ubah (contoh: siklus bisnis) (Hanke dan Wichren, 2005: 158)



Gambar 1. Pola data *time series*

(https://4.bp.blogspot.com/-jJBqOItPnqk/Wm0XKZ85Q9I/AAAAAAAAADwo/8X-vvTzMSA4LthQuhr5oLJ_ljU-pS25BwCLcBGAs/s1600/pola%2Bdata.png)

Adapun tujuan dalam analisis *time series* adalah untuk memahami model yang sesuai dan memprediksi kejadian beberapa tahap dimasa yang akan datang berdasarkan data masa lalu maupun data saat ini (Cryer dan Chan, 2008). Data *time series* dapat dibedakan menjadi musiman dan tidak musiman. Data dikatakan musiman apabila dalam waktu t berulang pada periode s . Hal ini berarti bahwa data-data yang dipisahkan dalam suatu musim penuh dapat memperlihatkan sifat yang sama pada musim berikutnya (Wei 1991). Metode analisis *time series* yang tepat dapat dipilih berdasarkan pertimbangan dari jenis pola data, sehingga metode yang cocok dengan jenis pola data tersebut dapat diuji (Makridakis S, Wheelwright SC 1997).

Pada data *time series* yang berbasis waktu, diperlukan pengujian terlebih dahulu sebelum data tersebut diolah, apakah sebuah data dapat dikatakan stasioner atau tidak. Stasioner dalam mean berarti memiliki rata-rata yang tetap (tidak dipengaruhi jalannya waktu) dan variansnya tetap (homoskedastisitas). Apabila ternyata data belum stasioner dalam *mean*, maka harus dilakukan proses differencing. Sedangkan apabila belum stasioner dalam varians, maka dapat diatasi dengan transformasi *Box-Cox*. Salah satu cara untuk mengetahui stasioneritas data *time series* yaitu berdasarkan grafik. Grafik dibuat dengan melakukan plot antara nilai

observasi dengan variabel waktu. Jika dari grafik tersebut, terlihat rata-rata dan variansnya konstan, maka data *time series* dikatakan stasioner. Sebaliknya, jika grafik tidak menunjukkan rata-rata dan varians konstan, maka data *time series* tidak stasioner (Wilson 2016).

1.6.4 ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*)

ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) adalah metode memprediksi keadaan dimasa yang akan datang dengan memanfaatkan data di masa lalu dan sekarang melalui variabel dependen yang menghasilkan prediksi jangka pendek yang akurat. Metode ARIMA diperkenalkan oleh *Box dan Gwilym Jenkins* tahun 1976 (Indrasetianingsih, Damayanti, dan Susanto 2017).

Model ARIMA adalah model *univariate time series* yang menggabungkan antara model AR (*Autoregressive*) dan model MA (*Moving Average*) pada data yang tidak stasioner (As'ad, Wibowo, dan Sophia 2017).

a. AR (*Model Autoregressive*)

AR adalah model yang menjelaskan variabel terikat dipengaruhi oleh variabel itu sendiri pada periode di masa lalu. Model ini dinyatakan sebagai AR (p) atau ARIMA (p, 0, 0) dan bentuk persamaan modelnya adalah (Aminnudin, Apriliani, dan Wahyuningsih 2018).

$$Z_t = \emptyset_1 Z_{t-1} + \emptyset_2 Z_{t-2} + \dots + \emptyset_p Z_{t-p} + W_t \quad (1)$$

Keterangan :

Z_t : Nilai variable X pada waktu ke- t

\emptyset_p : Parameter *autoregressive* ke- p

W_t : Nilai *error* pada saat ke- t

b. MA (*Model Moving Average*)

MA (*Model Moving Average*) adalah model yang hubungan ketergantungan antara nilai kesalahan yang berurutan. Model ini dinyatakan sebagai MA (q) atau model ARIMA (0, 0, q) dan bentuk persamaan modelnya adalah (Aminnudin, Apriliani, dan Wahyuningsih 2018).

$$Z_t = W_t + \theta_1 W_{t-1} + \theta_2 W_{t-2} + \dots + \theta_q W_{t-q} \quad (2)$$

Keterangan :

Z_t : Nilai variable X pada waktu ke- t

θ_q : Parameter *moving average* ke- q

W_t : Nilai *error* pada saat ke- t

c. Model ARMA

Model ARMA merupakan gabungan antara model AR dan MA. Bentuk fungsi ARMA yaitu (p, q) atau model ARIMA $(p, 0, q)$ dan bentuknya persamaan modelnya adalah (Susanto, 2016).

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + W_t + \theta_1 W_{t-1} + \theta_2 W_{t-2} + \dots + \theta_q W_{t-q} \quad (3)$$

Keterangan :

Z_t : Nilai variable Z pada waktu ke- t

ϕ_p : Parameter AR ke- p

θ_q : Parameter AR ke- q

W_t : Nilai *error* pada saat ke- t

d. Model ARIMA

Model ARIMA (p, d, q) adalah dimana orde p menyatakan AR, orde d menyatakan hasil dari *differencing*, dan orde q menyatakan MA (Aminuddin, Apriliani, dan Wahyuningsih 2018). Bentuk umum pada model ARIMA adalah (Suseno, 2017).

$$\phi(B)Z_t = \theta(B)W_t \quad (4)$$

Keterangan :

Z_t : Nilai variable X pada waktu ke- t

B : operator *backward shift*

W_t : Nilai *error* pada saat ke- t

Adapun bentuk umum model ARIMA orde (p, d, q) dengan *differencing* sebanyak d adalah (Wei 1991) :

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_q(B)\alpha_t \quad (6)$$

Proses *differencing* merupakan proses pengurangan suatu data dengan data sebelumnya sampai data tersebut menjadi stasioner. Apabila suatu data *time series* tidak stasioner, maka data tersebut dapat dijadikan lebih mendekati stasioner dengan melakukan proses pembedaan pertama (*first difference*). Kestasioneran varians dapat dideteksi dari nilai varians data yang bersifat konstan atau tetap. Untuk mengatasi data dengan varians tidak homogen dapat dilakukan dengan transformasi. Metode transformasi yang sering digunakan adalah model transformasi yang diperkenalkan oleh Box dan Cox pada tahun 1964 (Sulistyowati et al. 2018).

Pada data yang mengandung pola musiman, model ARIMA yang digunakan dapat dinotasikan sebagai ARIMA $(P, D, Q)^S$. Untuk pola datanya adalah (Wei 1991).

$$\Phi_p(B^S)(1 - B^S)^D Z_t = \theta_q(B^S)\alpha_t \quad (7)$$

Model gabungan musiman dan non musiman ARIMA yang digunakan dapat dinotasikan sebagai $(p, d, q)(P, D, Q)^S$ merupakan model multiplikatif musiman Box-Jenkins (Wei 1991), secara umum dituliskan seperti :

$$\emptyset_p(B)\Phi_p(B^S)(1 - B)^d(1 - B^S)^D Z_t = \theta_q(B)\theta_q(B^S)\alpha_t \quad (8)$$

Keterangan :

$\emptyset_p(B)$: koefisien komponen AR tanpa periode musiman orde p

$\Phi_p(B^S)$: koefisien komponen AR periode musiman S orde P

$\theta_q(B)$: koefisien komponen MA tanpa periode musiman orde q

$\theta_q(B^S)$: koefisien komponen AR periode musiman S orde Q

α_t : Residual *white noise* dengan mean 0 dan varians σ_α^2 atau di $\alpha_t \sim WN(0, \sigma_\alpha^2)$

$(1 - B)^d$: *Differencing* tanpa musiman dengan orde d

$(1 - B^S)^D$: *Differencing* tanpa musiman S dengan orde D

Untuk mencari model terbaik ARIMA, data terlebih dahulu diuji kestasionerannya. Setelah dinyatakan stasioner terhadap varian maupun rata-rata, langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi model. Langkah ini bisa dilakukan dengan melakukan uji *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF). Berikut ini adalah cara mengidentifikasi model ACF dan PACF (Muzakki, Aditama, dan Anugrah 2022).

Tabel 1. Identifikasi model ACF dan PACF

Model	ACF	PACF
AR(p)	Menurun secara eksponensial	Terpotong setelah <i>lag</i> ke-p
MA(q)	Terpotong setelah <i>lag</i> ke-q	Menurun secara eksponensial
ARMA(p,q)	Menurun secara eksponensial setelah <i>lag</i> ke-(q-p)	Menurun secara eksponensial setelah <i>lag</i> ke-(q-p)

Jika pada saat melakukan pengujian dan grafik ACF dan PACF tidak ada *lag* yang keluar dari garis *Bartlett*, maka dapat disimpulkan pula bahwa derajat integrasi dari

nilai IHK ini adalah satu ($l = 1$). Hal itu berarti nilai p dan q akan bernilai 1. Jika telah ditemukan model tentatif, selanjutnya dilakukan pemilihan model terbaik (Muzakki, Aditama, dan Anugrah 2022).

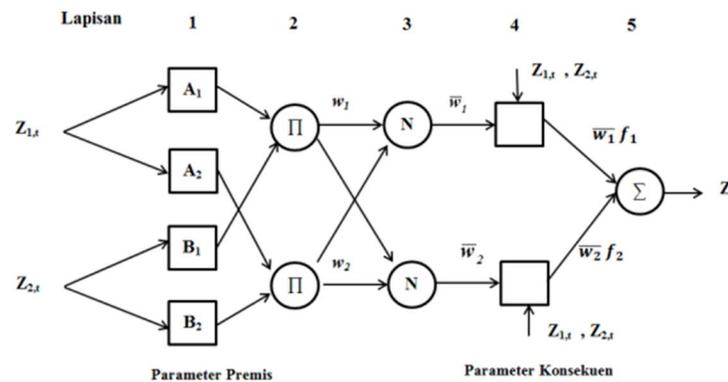
1.6.4 ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System)

Jaringan adaptif berbasis sistem inferensi *fuzzy* atau biasa disebut dengan ANFIS adalah gabungan dari dua sistem yaitu sistem logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan. Sistem *neuro-fuzzy* berdasar pada sistem inferensi *fuzzy* yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari sistem jaringan syaraf tiruan. dengan demikian, sistem *neuro-fuzzy* memiliki semua kelebihan yang dimiliki oleh sistem inferensi *fuzzy* dan sistem jaringan syaraf tiruan (Dianto dan Pranolo 2018). Dan menurut (Kristiana, Wilandari, dan Prahutama 2015) ANFIS merupakan jaringan syaraf tiruan yang menerapkan sistem inferensi *fuzzy* dengan model Takagi Sugeno Kang (TSK). Jika dimisalkan terdapat dua input yaitu $z_{1,t}$ dan $z_{2,t}$ dan sebuah *output* berupa z_t dengan sistem inferensi *fuzzy* model TSK, maka aturan yang dipakai pada model adalah sebagai berikut:

Aturan 1: *If* $Z_{1,t}$ is A_1 and $Z_{2,t}$ is B_1 *then* $f_1 = p_1 Z_{1,t} + q_1 Z_{2,t} + r_1$

Aturan 2: *If* $Z_{1,t}$ is A_2 and $Z_{2,t}$ is B_2 *then* $f_2 = p_2 Z_{1,t} + q_2 Z_{2,t} + r_2$

Menurut (sri Kusumadewi, Sri Hartati, Retantyo Wardoyo 2006) Arsitektur ANFIS dapat digunakan untuk model fungsi Non-Linear dan tidak teratur, serta dapat mengidentifikasi komponen Non-Linear dalam Sistem, Implementasi sistem ANFIS terdiri dari lima layer yaitu satu lapisan input, tiga lapisan tersembunyi, dan satu lapisan output, penjelasan pada masing-masing lapisan adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Arsitektur ANFIS
Arsitektur ANFIS - Search Images (bing.com)

Lapisan 1 (Fuzzifikasi Input)

Setiap simpul j di lapisan (*layer*) ini merupakan simpul adaptif dengan fungsi simpul (*neuron*) :

$$O_{1,j} = \mu_{A_j}(Z_{1,t}) \quad \text{untuk } j = 1, 2 \quad (9)$$

$$O_{1,j} = \mu_{B_j}(Z_{2,t}) \quad (10)$$

Dengan $O_{1,j}$ adalah derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* (A_1, A_2, B_1, B_2) atau output dari lapisan 1 ke- j .

Lapisan 2 (Operasi Logika Fuzzy)

Pada lapisan ini akan memeriksa bobot dari masing-masing fungsi keanggotaan, menerima nilai input dari lapisan pertama dan akan bertindak sebagai fungsi keanggotaan untuk mewakili himpunan *fuzzy* dari masing-masing variabel masukan. Lapisan ini berupa parameter tetap (diberi simbol \square) dengan keluarannya berupa perkalian semua sinyal yang masuk, yaitu :

$$O_{2,j} = w_j = \mu_{A_i}(Z_{1,t}) \mu_{B_i}(Z_{2,t}) \quad j=1,2 \quad (11)$$

Lapisan 3 (Normalized Firing Strength)

Tiap *neuron* pada lapisan ini berupa *neuron* tetap (diberi simbol N), Masing-masing simpul menampilkan derajat pengaktifan ternormalisasi dan melakukan pencocokan pra-kondisi dari aturan logika *fuzzy*, yaitu akan menghitung tingkat aktivasi setiap aturan, jumlah lapisannya sama dengan jumlah aturan *fuzzy*. dengan bentuk :

$$O_{3,j} = \bar{w}_j = \frac{w_j}{w_1 + w_2} \quad \text{untuk } j = 1,2 \quad (12)$$

Lapisan 4 (Defuzzifikasi)

Pada lapisan ke-4 merupakan simpul adaptif dengan fungsi simpul sebagai berikut:

$$O_{4,j} = \bar{w}_j f_j = \bar{w}_j (c_{i1} Z_{1,t} + c_{i2} Z_{2,t} + c_{i0}) \quad (13)$$

Dengan \bar{w}_i adalah derajat pengaktifan ternormalisasi dari Persamaan 12, dan p_j, q_j, r_j merupakan himpunan parameter konsekuen dari simpul ini. Parameter di lapisan ini dinamakan parameter-parameter konsekuen.

Lapisan 5 (Perhitungan Output)

Lapisan 5 merupakan simpul tunggal, pada lapisan ini diberi label Σ , dimana pada fungsi (14) merupakan simpul tetap yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan yang dihasilkan dari perhitungan pada Persamaan (13) dengan fungsi sebagai berikut:

$$O_{5,j} = \Sigma_j \bar{w}_j f_j = \frac{\Sigma_j w_j f_j}{\Sigma_j w_j} \quad (14)$$

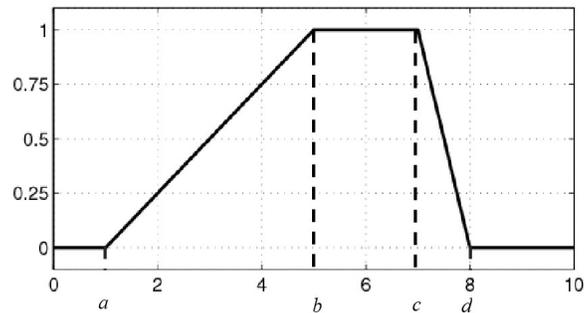
Pada saat parameter premis ditemukan, *output* yang terjadi akan merupakan kombinasi linier dari parameter konsekuen. Algoritma *hybrid* akan mengatur parameter-parameter konsekuen secara maju (*forward*) dengan metode *Least Square Estimator* (LSE) dan mengatur parameter premis secara mundur (*backward*) dengan metode *backpropagation gradient descent* (Kristiana, Wilandari, dan Prahutama 2015). Menurut (Nilawati et al. 2015) ANFIS dalam cara kerjanya menggunakan algoritma *hybrid*, yaitu dengan menggabungkan metode *Least Squares Estimator* (LSE) langkah maju dan *Error Back-Propagation* (EBP) langkah mundur. Pada lapisan ke-1 parameternya merupakan parameter dari fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* sifatnya non-linier terhadap keluaran sistem. Proses belajar pada parameter ini menggunakan metode EBP untuk memperbaharui nilai parameternya. Sedangkan metode LSE dilakukan pada lapisan ke-4, parameter merupakan parameter linier terhadap keluaran sistem, yang menyusun basis kaidah *fuzzy*.

Fungsi Keanggotaan ANFIS

Fungsi keanggotaan ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) adalah sebuah fungsi yang digunakan untuk mengatur bagaimana suatu input dapat dianggotakan ke dalam sebuah grup atau cluster. Fungsi keanggotaan ini bertindak sebagai pembagi atau pemisah untuk membantu mengidentifikasi bagaimana suatu input dapat diklasifikasikan dalam suatu grup atau cluster (Nilawati et al. 2015). Beberapa fungsi keanggotaan yang sering digunakan adalah sebagai berikut.

Fungsi Keanggotaan *Trapezoidal*

$$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \\ 0; & d \leq x \end{cases} \quad (15)$$

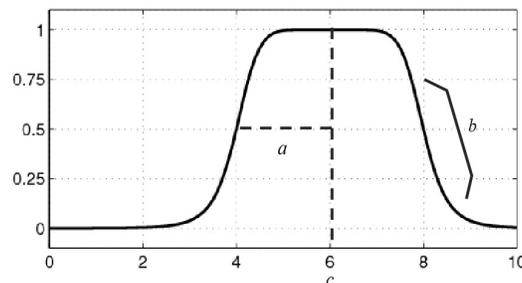


Gambar 3 Grafik Fungsi *Trapezoidal*
(Fungsi Keanggotaan Trapesium - Search Images (bing.com))

Fungsi keanggotaan *Trapezoidal* berbentuk trapesium, dimana nilai keanggotaan naik dari 0 ke 1, tetap 1 ditengah, dan kemudian turun kembali ke 0, memberikan zona di mana nilai keanggotaan tetap maksimum.

Fungsi Keanggotaan *Generalized Bell*

$$B(x, a, b, c, d) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x-c}{a} \right)^2 \right]^b} \quad (16)$$



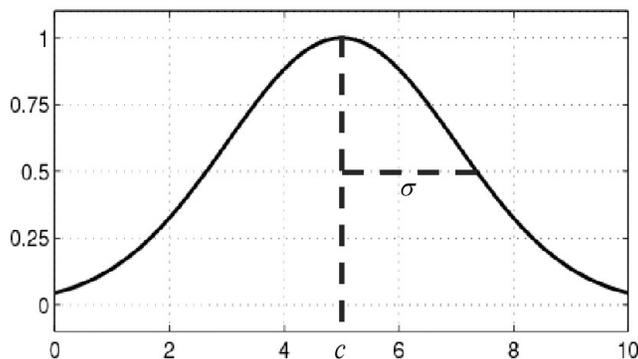
Gambar 4 Grafik Fungsi *Generalized Bell*
(Fungsi Keanggotaan Generalized Bell - Search Images (bing.com))

Fungsi keanggotaan *Generalized Bell* berbentuk seperti lonceng simetris, di mana nilai keanggotaan naik secara halus dari 0 menuju 1 saat mendekati pusat lonceng, dengan mencapai nilai maksimum 1 di pusatnya, dan kemudian turun

kembali secara halus menuju 0 saat menjauh dari pusat. Fungsi ini memberikan kurva yang halus dan simetris, memungkinkan transisi yang lembut antara nilai-nilai yang memiliki keanggotaan tinggi dan rendah, dengan puncak yang menunjukkan nilai maksimum keanggotaan.

Fungsi Keanggotaan *Gaussian*

$$G(x, \mu, \sigma) = \exp\left(\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (17)$$



Gambar 5 Grafik Fungsi *Gaussian*
(Fungsi Keanggotaan Gaussian - Search Images (bing.com))

Fungsi keanggotaan Gaussian berbentuk lonceng, dimana nilai keanggotaan mengikuti distribusi normal dan sering digunakan karena sifatnya yang halus dan kontinu.

1.6.5 Model *Hybrid ARIMA-ANFIS*

Model *Hybrid* adalah suatu metode kombinasi dari satu atau lebih model dalam fungsi suatu sistem. Menurut (Zhang 2003) secara umum kombinasi model runtun waktu yang memiliki struktur linier dan nonlinier dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Z_t = L_t + N_t \quad (18)$$

Dimana L_t menunjukkan komponen linier dan N_t menunjukkan komponen nonlinier. Model ARIMA digunakan untuk menyelesaikan kasus yang linier, dimana residual yang linier masih mengandung informasi hubungan nonlinier. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$e_t = Z_t - \hat{L}_t \quad (19)$$

Dimana \hat{L}_t adalah nilai *forecast* pada waktu t dan Z_t adalah data awal waktu ke- t . Langkah selanjutnya adalah memodelkan residual dari model ARIMA menggunakan ANFIS. Hasil ramalan dari metode ANFIS kemudian dikombinasikan dengan hasil

ramalan metode ARIMA. Secara matematis, hasil ramalan keseluruhan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$\hat{Z}_t = \hat{L}_t + \hat{N}_t \quad (20)$$

Dimana \hat{N}_t adalah ramalan dari persamaan $e_t = Z_t - \hat{L}_t$ dan \hat{Z}_t adalah hasil peramalan dari gabungan nilai ramalan model ARIMA dan nilai ramalan model ANFIS.

1.6.6 Pemilihan Model Terbaik

a. Nilai Akaike's Information Criterion (AIC)

Akaike's Information Criterion (AIC) adalah metode untuk memilih model terbaik dan menghasilkan nilai yang lebih rendah untuk model yang lebih tepat dan lebih sederhana, dimana model dengan nilai AIC yang lebih rendah diestimasikan sebagai model terbaik. Nilai AIC dapat diestimasi menggunakan persamaan sebagai berikut : (Cryer and Chan, 2008)

$$AIC = -2 \log (\text{maximum likelihood}) + 2k$$

dengan $k = p + q + 1$ adalah jumlah parameter.

b. Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan kesalahan prediksi. Residual adalah ukuran seberapa jauh dari titik data garis regresi; RMSE adalah ukuran seberapa tersebar residu ini. Dengan kata lain, ini memberi tahu bagaimana data terkonsentrasi di sekitar garis yang paling cocok (Mardianto et al. 2020).

Dalam ilmu data, RMSE memiliki tujuan ganda (Mardianto et al. 2020) :

1. Berfungsi sebagai heuristik untuk model pelatihan.
2. Untuk mengevaluasi model terlatih untuk kegunaan / akurasi.

RMSE umumnya digunakan dalam klimatologi, peramalan, dan analisis regresi untuk memverifikasi hasil eksperimen. Perhitungan RMSE dimaksudkan untuk mengetahui akurasi koreksi (Mardianto et al. 2020).

Nilai RMSE dituliskan dalam persamaan (Sabar Sautomo dan Hilman Ferdinandus Pardede 2021) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (21)$$

\hat{y}_i adalah nilai hasil *forecast*, y_i adalah nilai observasi ke-i dan n adalah banyaknya data.

c. Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Nilai MAPE digunakan untuk mengukur keakuratan model yang ditulis dalam persentase dimana model terbaik ditandai dengan nilai MAPE terkecil (Sari, Tarno, and Safitri, 2017). Evaluasi MAPE dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata (Sezer, Gudelek, dan Ozbayoglu 2020). Nilai MAPE dituliskan dalam persamaan :

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \left(\frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right) \times 100\% \right|}{n} \quad (22)$$

dengan n adalah jumlah data yang digunakan, Z_t adalah data aktual, dan \hat{Z}_t adalah data hasil prediksi.

Terdapat analisa tentang nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) (Surtiningsih, Furqon, dan Adinugroho 2018) sebagaimana tertulis dalam tabel di bawah ini:

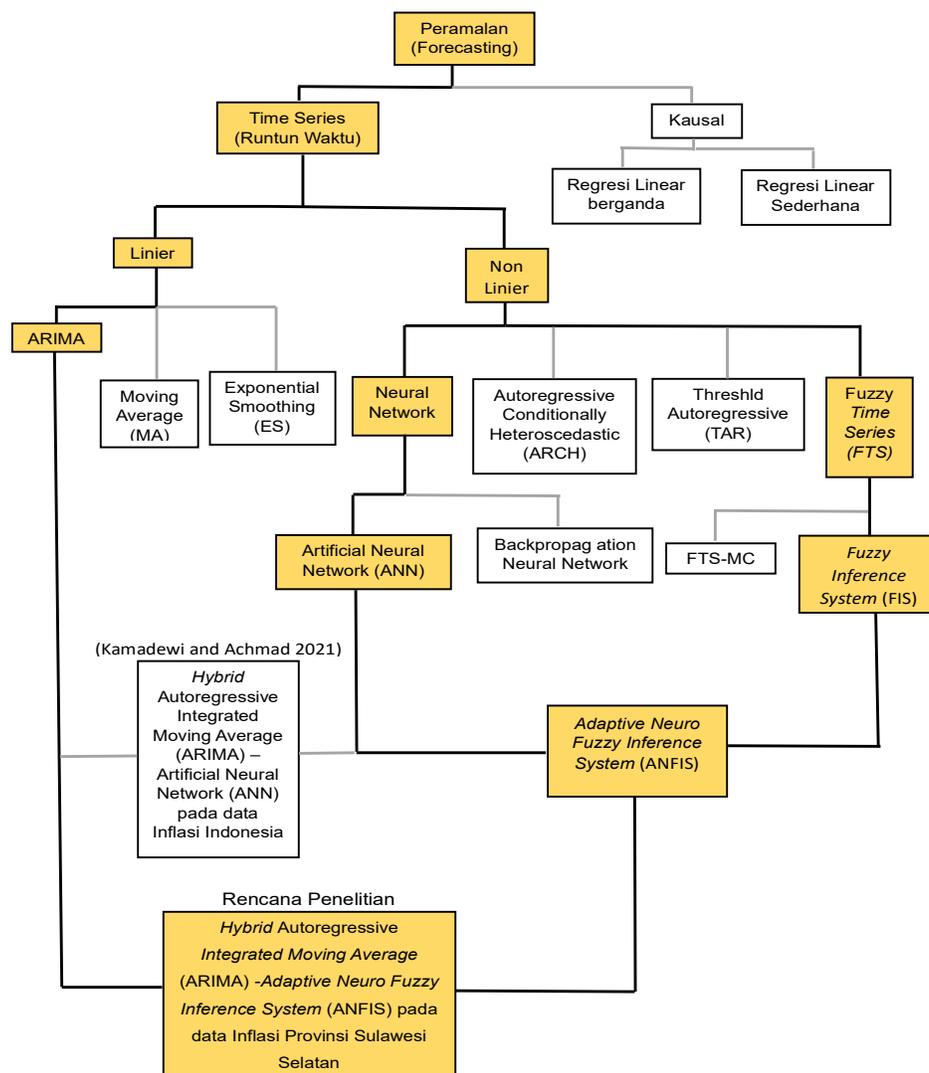
Tabel 2 *Range* Nilai MAPE

< 10%	Kemampuan model peramalan sangat baik
10-20%	Kemampuan model peramalan baik
20-50%	Kemampuan model peramalan layak
>50%	Kemampuan model peramalan buruk

1.6.7 Kerangka Konseptua

Penelitian ini menggunakan data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan dengan periode waktu selama 11 tahun (132 bulan). Adapun metode prediksi yang akan digunakan adalah metode *hybrid Time series* ARIMA - ANFIS.

Untuk mengevaluasi hasil peramalan, maka akan digunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Berikut Bagan Kerangka Konseptual *Hybrid Time series* ARIMA - ANFIS :



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder tentang data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan yang berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data Tingkat Inflasi berjumlah sebanyak 155 data, dengan periode bulan Januari 2011 sampai November 2023. Selanjutnya data dibagi menjadi dua bagian, yaitu 144 data sebagai data training dan 11 data sebagai data testing.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel yang diamati pada data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan adalah variabel data merupakan data runtun waktu dengan periode bulanan.

2.3 Metode Analisis Data

Berdasarkan tujuan penelitian ini meliputi pemodelan dengan metode analisis ARIMA, ANFIS, dan *hybrid* ARIMA - ANFIS untuk peramalan data inflasi Provinsi Sulawesi Selatan, maka dilakukan Tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian antara lain:

1. Menginput data inflasi, lalu membagi data menjadi data training dan data testing.
2. Menguji kestasioneran data. Jika tidak stasioner secara variansi akan dilakukan transformasi, sedangkan jika tidak stasioner secara rata-rata akan dilakukan differencing. Proses ini dilakukan hingga stasioner terhadap rata-rata dan variansi.
3. Mengidentifikasi orde model ARIMA berdasarkan plot ACF dan plot PACF.
4. Melakukan estimasi parameter dan uji signifikansi parameter model ARIMA.
5. Melakukan uji diagnosis terhadap residual dari model ARIMA yang signifikan yaitu residual normal dan independent.
6. Mendapatkan model ARIMA terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil.
7. Menentukan input untuk model ANFIS dari data residual dari residual model ARIMA terbaik.
8. Menentukan jumlah fungsi keanggotaan (*membership function*), Menentukan jenis dari fungsi keanggotaan, menentukan algoritma pembelajaran, dan pemilihan jumlah iterasi pelatihan (*epoch*).
9. Memilih model ANFIS terbaik berdasarkan nilai konvergen dengan nilai error yang minimum.
10. membuat model *hybrid* ARIMA-ANFIS terbaik.
11. Melakukan prediksi tingkat inflasi di Indonesia pada tahun 2023.

2.4 Diagram Alir

