



**PREDIKSI HARGA NIKEL MENGGUNAKAN MODEL
*AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE WITH
EXOGENOUS* (ARIMAX) DENGAN APLIKASI R STUDIO**

SKRIPSI

Oleh

**Muhammad Hadziq Satyadinata
201910901050**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JEMBER**

2026

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER



**PREDIKSI HARGA NIKEL MENGGUNAKAN MODEL
AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE WITH
EXOGENOUS (ARIMAX) DENGAN APLIKASI R STUDIO**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Teknik Pertambangan.*

SKRIPSI

Oleh

**Muhammad Hadziq Satyadinata
201910901050**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JEMBER
2026**

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar dan baik. Rasa terima kasih saya mempersembahkan skripsi ini kepada orang-orang yang berarti sepanjang hidup saya:

1. Saya mengucapkan Terima Kasih banyak kepada Kedua orang tua saya bapak Tri Haryono dan ibu Rojaun Najat Kartika Ainiyatie yang saya cintai, mereka telah memberi dukungan semangat, kasih sayang, dan pengorbanan yang tidak kenal lelah serta doa yang tiada hentinya menjadi sumber kekuatan saya, Sekali lagi Terima Kasih;
2. Saya juga mengucapkan Terima Kasih kepada Kakak saya Rizka Nur Anisah yang telah membantu saya selama saya tinggal di jember, Sekali lagi Terima Kasih;
3. Secara Pribadi saya mengucapkan Terima Kasih banyak kepada Dosen-Dosen Pertambangan yang sudah memberikan ilmu dan pengalaman yang banyak kepada saya, Sekali lagi Terima Kasih;
4. Secara Pribadi juga mengucapkan Terima Kasih kepada Tambang Angkatan 2020 dan teman-teman Miningtron, serta teman-teman Circle Sehat yang selalu menemani dan sering membantu saya sewaktu dalam perkuliahan, Sekali lagi Terima Kasih;
5. Dan yang terakhir, Mengucapkan Terima Kasih kepada Kucing-Kucing Kesayang saya. berkat perilaku mereka buat saya bisa menyelesaikan Skripsi ini dengan beragam macam emosional, Sekali lagi Terima Kasih.

MOTTO

“Tidak ada orang yang pernah mencapai kesuksesan dalam seni atau profesi apapun tanpa melewati proses belajar dan persiapan yang lama dan menyakitkan” (Mark Douglas)

“Maka sesungguhnya, dibalik kesulitan ada kemudahan” (QS. Al-Insyirah : 5)

*“Investasi terpenting yang dapat Anda lakukan adalah pada diri Anda Sendiri”
(Warren Buffett)*



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Hadziq Satyadinata

NIM : 201910901050

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: "*Prediksi Harga Nikel Menggunakan Model Autoregressive Integrated Moving Average With Exogenous (ARIMAX) Dengan Aplikasi R Studio*" adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Mei 2026

Yang menyatakan,



Muhammad Hadziq Satyadinata

NIM 201910901050

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Prediksi Harga Nikel Menggunakan Model Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous (ARIMAX) Dengan Aplikasi R* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 19 Mei 2026
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Fachruzzaki S.Si., M.T.
NIP : 198911262023211013

Tanda Tangan

()

2. Pembimbing Anggota

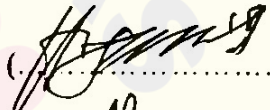
Nama : Ir. Fanteri Aji Dharma Suparno S.T., M.S.
NIP : 198804092019031012

()

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Ir. Haeruddin, S.Si., M.T.
NIP : 199001012019031016

()

2. Penguji Anggota

Nama : Rina Lestari S.Si., M.T.
NIP : 199002082023212049

()

ABSTRACT

Predicting Nickel Prices Using the Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables (ARIMAX) Model with R Studio; Muhammad Hadziq Satyadinata; 201910901050; 2026; 48 Pages; Mining Engineering Study Program; Faculty of Engineering; University of Jember.

Nickel is one of the strategic commodities whose price movements are influenced by various global economic factors. Accurate nickel price forecasting is important for investors, industries, and policymakers in making decisions related to investment and risk management. This study aims to model and forecast nickel prices using the Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables (ARIMAX) method by incorporating the Consumer Price Index (CPI) and the Federal Reserve interest rate as exogenous variables. The data used in this study consist of monthly nickel prices, CPI, and Federal Reserve interest rates during the 2020–2023 period obtained from Investing.com. The analysis was conducted using R Studio software. The modeling process included stationarity testing, parameter identification, parameter estimation, diagnostic testing, and forecasting evaluation. The results indicate that the ARIMAX model is capable of capturing nickel price movements influenced by external macroeconomic factors. Furthermore, the model provides reasonably accurate forecasting performance based on forecasting error measurements. Therefore, the ARIMAX method can be considered an effective approach for forecasting nickel prices using macroeconomic variables as external factors. The study found that the best ARIMAX model for forecasting nickel prices from January 2024 to December 2025 was ARIMAX(0,1,0), with the lowest AIC value of 881.13 after first-order differencing. The forecast indicates a slight decline in nickel prices from USD 16,701.34/ton in January 2024 to USD 16,647.16/ton in December 2025, influenced by the Consumer Price Index (CPI) and the Federal Reserve Interest Rate Decision. The model achieved a MAPE of 6.68%, indicating high forecasting accuracy and demonstrating that ARIMAX(0,1,0) is reliable for future nickel price projections and decision-making.

Keywords: ARIMAX, Time Series, Consumer Price Index, Fed Interest Rate, R Studio

RINGKASAN

Prediksi Harga Nikel Menggunakan Model *Autoregressive Integrated Moving Average With Exogenous* (ARIMAX) Dengan Aplikasi R Studio; Muhammad Hadziq Satyadinata; 201910901050; 2026; 48 Halaman; Program Studi Teknik Pertambangan; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Nikel merupakan salah satu komoditas strategis yang memiliki peran penting dalam industri global, terutama sebagai bahan baku utama baja tahan karat dan baterai *electric vehicle* (kendaraan listrik). Sebagai produsen nikel terbesar di dunia, Indonesia memiliki posisi yang sangat penting dalam rantai pasok industri nikel global. Namun demikian, harga nikel cenderung mengalami fluktuasi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi ekonomi global, kebijakan moneter, perubahan tingkat inflasi, serta dinamika permintaan dan penawaran pasar internasional. Volatilitas harga tersebut dapat menimbulkan ketidakpastian bagi investor, pelaku industri, maupun pemerintah dalam mengambil keputusan strategis sehingga diperlukan suatu metode peramalan yang mampu menghasilkan prediksi harga yang akurat.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi harga nikel periode Januari 2024 hingga Desember 2025 menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable* (ARIMAX). Variabel eksogen yang digunakan adalah *Consumer Price Index* (CPI) dan *Fed Interest Rate Decision* karena keduanya merupakan indikator ekonomi makro yang berpengaruh terhadap aktivitas ekonomi global dan pergerakan harga komoditas. Data yang digunakan berupa data bulanan harga nikel, CPI, dan *Fed Interest Rate Decision* selama periode Januari 2020 hingga Desember 2023 yang diolah menggunakan aplikasi R Studio. Tahapan analisis meliputi pengujian stasioneritas data dengan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), proses *differencing*, identifikasi model menggunakan ACF dan PACF, pemilihan model terbaik berdasarkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC), serta evaluasi akurasi model menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ARIMAX terbaik yang diperoleh adalah ARIMAX(0,1,0) dengan nilai AIC sebesar 881,13 setelah dilakukan *differencing* satu kali. Hasil peramalan menunjukkan bahwa harga nikel diperkirakan mengalami penurunan secara bertahap dari USD 16.701,34 per ton pada Januari 2024 menjadi USD 16.647,16 per ton pada Desember 2025. Selain itu, model menghasilkan nilai MAPE sebesar 6,68%, yang menunjukkan tingkat akurasi peramalan sangat baik berdasarkan kriteria Lewis. Dengan tingkat reliabilitas prediksi mencapai 93,32%, model ARIMAX(0,1,0) dinilai mampu menggambarkan pergerakan harga nikel secara memadai dan dapat digunakan sebagai salah satu alat pendukung dalam pengambilan keputusan terkait investasi, produksi, maupun perencanaan strategis pada sektor pertambangan nikel.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, Sholawat seta salam kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, Keluarga, Sahabat serta pengikut beliau yang setia hingga akhir zaman, sehingga penyusunan skripsi dengan judul **“Prediksi Harga Nikel Menggunakan Model *Autoregressive Integrated Moving Average With Exogenous* (ARIMAX) Dengan Aplikasi R Studio”** dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi kebutuhan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) sebagai sarjana teknik di Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Orang tuaku tercinta Bapak Tri Haryono dan Ibu Rojaun Najat Kartika Ainiyatie atas segala dukungan, nasehat serta doa yang tiada henti sehingga terselesaikannya skripsi ini. Tiada kata yang bisa mengungkapkan rasa terimakasihku atas apa yang kalian berikan;
2. Kakakku terbaik Rizka Nur Anisah yang telah memberiku doa dan semangat untuk terus berjuang menyelesaikan skripsi ini;
3. Ir. Fachruzzaki S.Si, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama skripsi yang telah sabar membimbing, meluangkan waktu dan fikiran dalam menyelesaikan skripsi ini serta menunjukkan bagaimana caranya agar dapat berpikir baik dan benar;
4. Ir. Fanteri Aji Dharma Suparno S.T., M.S. selaku Dosen Pembimbing Anggota skripsi dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah sabar membimbing, meluangkan waktu dan fikiran dalam menyelesaikan skripsi ini serta menunjukkan bagaimana caranya agar dapat berpikir baik dan benar serta telah memberikan bimbingan dan semangat selama masa kuliah dari semester awal hingga sekarang;
5. Segenap dosen Fakultas Teknik, khususnya dosen Pertambangan yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama perkuliahan;

6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu namun telah memberikan semangat dan doa untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis telah berusaha untuk menyelesaikan tanggung jawabnya dalam penulisan karya ilmiah tertulis ini dengan sebaik-baiknya. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi. Semoga segala sesuatu yang telah tertulis di dalam karya ilmiah tertulis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Jember, 19 Mei 2026

Muhammad Hadziq Satyadinata

NIM 201910901050



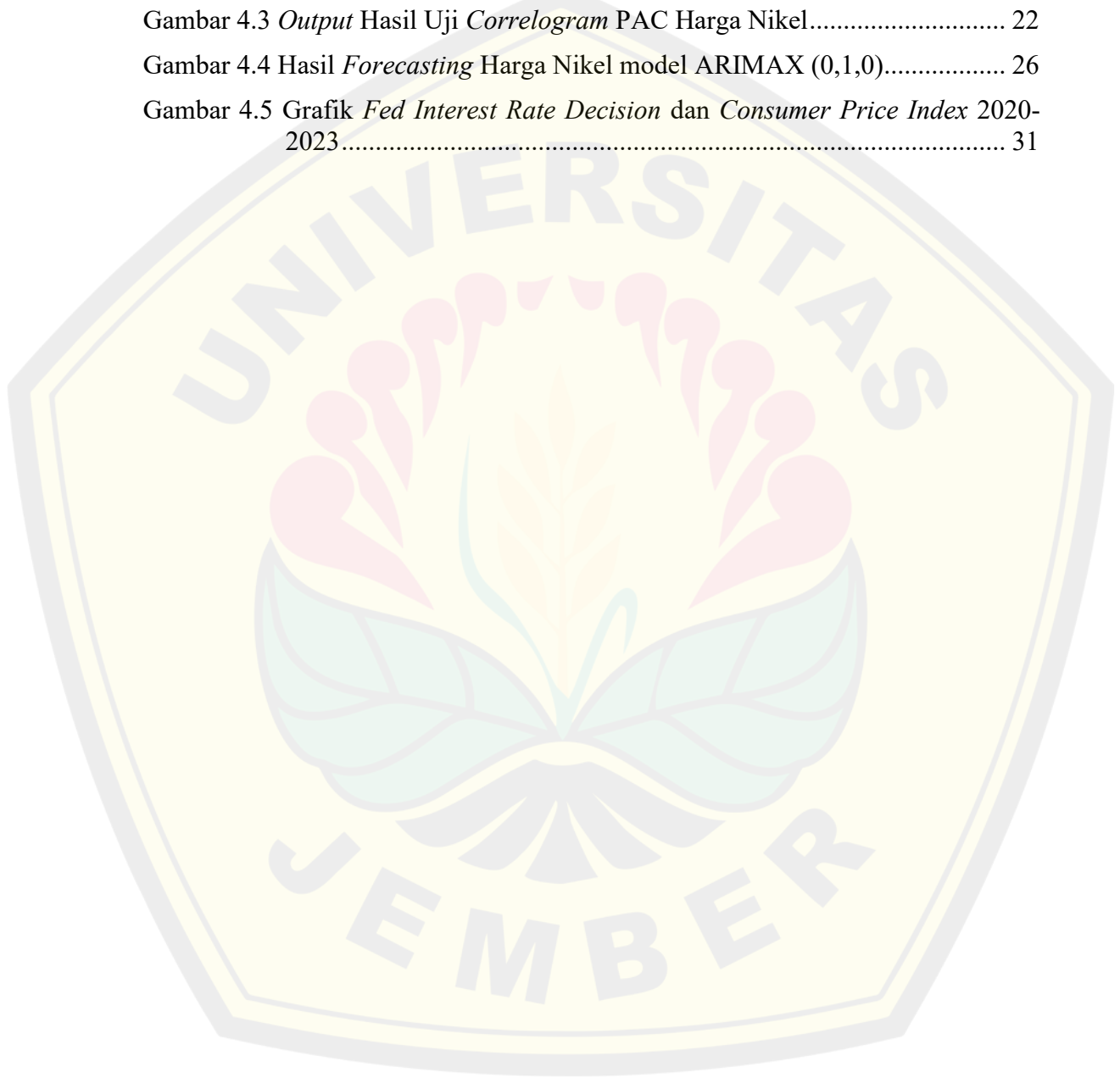
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRACT	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Analisis Deret Waktu	5
2.2 Stasioneritas	5
2.3 Fungsi Autokorelasi (ACF).....	6
2.4 Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF).....	6
2.5 <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA).....	7
2.6 Mengukur Keakuratan Prediksi Model Terbaik.....	10
2.7 Faktor yang Mempengaruhi Harga Nikel.....	11
2.8 R Studio.....	12
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Data Penelitian	13
3.2 Waktu Penelitian	13
3.3 Tahapan Penelitian	14
3.4 Diagram Alir Penelitian	16

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Hasil Pengolahan Data	17
4.1.1. Uji Kestasioneran Data.....	19
4.1.2. Uji Correlogram.....	20
4.1.3. Pemilihan Model Terbaik berdasarkan AIC	23
4.1.4. Uji White Noise	25
4.1.5. Model ARIMAX (0,1,0).....	26
4.1.6. Keakuratan Model Terbaik ARIMAX (0,1,0)	29
4.2 Analisis Ekonomi Harga Nikel	30
4.2.1. Kebijakan Suku Bunga	30
4.2.2. Indeks Harga Konsumen	31
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	40

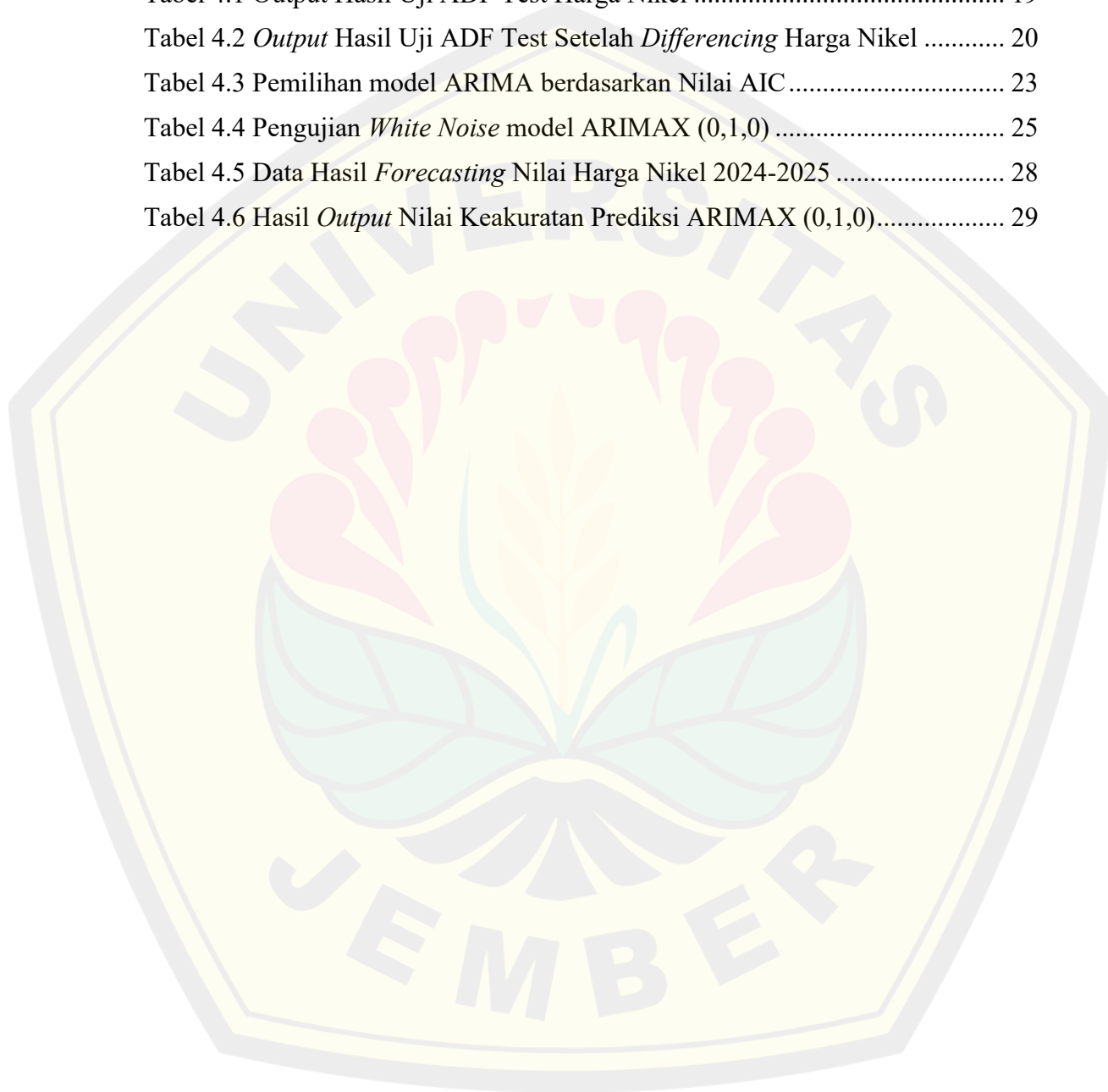
DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 4.1 Plot Data <i>Time Series</i> Harga Nikel	17
Gambar 4.2 <i>Output</i> Hasil Uji <i>Correlogram</i> AC Harga Nikel.....	21
Gambar 4.3 <i>Output</i> Hasil Uji <i>Correlogram</i> PAC Harga Nikel.....	22
Gambar 4.4 Hasil <i>Forecasting</i> Harga Nikel model ARIMAX (0,1,0).....	26
Gambar 4.5 Grafik <i>Fed Interest Rate Decision</i> dan <i>Consumer Price Index</i> 2020-2023	31



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori MAPE berdasarkan Kriteria Lewis	10
Tabel 3.1 Rangkaian Kegiatan Penelitian	13
Tabel 4.1 Output Hasil Uji ADF Test Harga Nikel	19
Tabel 4.2 <i>Output</i> Hasil Uji ADF Test Setelah <i>Differencing</i> Harga Nikel	20
Tabel 4.3 Pemilihan model ARIMA berdasarkan Nilai AIC	23
Tabel 4.4 Pengujian <i>White Noise</i> model ARIMAX (0,1,0)	25
Tabel 4.5 Data Hasil <i>Forecasting</i> Nilai Harga Nikel 2024-2025	28
Tabel 4.6 Hasil <i>Output</i> Nilai Keakuratan Prediksi ARIMAX (0,1,0).....	29



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program R untuk Pemodelan ARIMAX Peramalan Harga Nikel Menggunakan R Studio	40
Lampiran 2 Hasil Tabel Rata-Rata Data Historis Harga Nikel 2020-2023 <i>London Metal Exchange</i>	42
Lampiran 3 Tabel Hasil Rata-Rata Data Aktual Harga Nikel 2024-2025 <i>London Metal Exchange</i>	42
Lampiran 4 Tabel Nilai <i>Consumer Price Index</i> 2020-2023 <i>Investing</i>	43
Lampiran 5 Tabel Nilai <i>Fed Interest Rate Decision</i> 2020-2023 <i>Investing</i>	43
Lampiran 6 <i>Output</i> Hasil <i>Summary</i> model ARIMA Harga Nikel CPI Menggunakan R Studio	44
Lampiran 7 <i>Output</i> Hasil <i>Summary</i> model ARIMA Kebijakan Suku Bunga Menggunakan R Studio	44
Lampiran 8 Grafik Prediksi ARIMA CPI dan Kebijakan Suku Bunga Menggunakan R Studio	45
Lampiran 9 <i>Output</i> Hasil Nilai Prediksi ARIMA CPI Menggunakan R Studio ...	46
Lampiran 10 <i>Output</i> Hasil Nilai Prediksi ARIMA Kebijakan Suku Bunga Menggunakan R Studio	47
Lampiran 11 <i>Output</i> Hasil <i>Summary</i> model ARIMAX Menggunakan R Studio .	48

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel yang ber lambang Ni dan bernomor atom 28 dalam sistem periodik unsur, adalah salah satu jenis bahan kimia yang memiliki bentuk seperti metal. Nikel pada dasarnya memiliki struktur yang lembek dan mudah dibentuk. Diketahui bahwa nikel membentuk sepuluh persen inti bumi (Maman, 2019). Proses pelapukan kimia yang lama digunakan untuk menghasilkan nikel laterit berupa batuan ultramafik yang memiliki kandungan mineral ferro-magnesian seperti serpentinit, hornblendit, piroksinit, dunit, dan peridotit. Karena pengaruh larutan hidrotermal pada suhu antara 200 °C dan 500 °C, beberapa unsur nikel yang mudah larut berpindah, sementara beberapa tetap di serpentin atau berasosiasi dengan magnetit, produk bersama dari serpentinisasi. Proses ini menyebabkan serpentin menjadi produk paling umum dari alterasi olivin (Dalvi, dkk., 2004).

Dengan sumber daya nikel yang besar, Produsen nikel terbesar di dunia salah satunya merupakan Indonesia. Tambang terbesar yang memproduksi nikel di Indonesia berada di Sulawesi dan Halmahera. PT Vale Indonesia dan PT Aneka Tambang adalah yang terbesar. Selain itu, Indonesia memiliki banyak cadangan di Sumatra, Jawa, dan Papua. Dengan produksi sekitar 800.000 ton nikel pada tahun 2020, Indonesia memimpin sebagai produsen nikel terbesar di dunia, menurut data *World Mineral Production*. Karena kandungan nikel yang tinggi dalam bijihnya, nikel Indonesia sangat disukai, menjadikannya sumber daya yang berharga bagi industri nikel di seluruh dunia. Ini menjadikan industri nikel sebagai sektor strategis bagi ekonomi Indonesia (Jamal, 2023).

Industri pengolahan hasil tambang nikel di Indonesia muncul sebagai akibat dari mulai 1 Januari 2020, ekspor nikel mentah dilarang. Produksi dan pasokan nikel Indonesia meningkat di pasar internasional karena peningkatan kapasitas smelter. Pada tahun 2023, Indonesia berkontribusi sebesar 55% terhadap total pasokan nikel dunia, dan angka tersebut diproyeksikan meningkat hingga 64% pada tahun 2024. Indonesia memiliki peluang tinggi untuk memimpin pasar hilirisasi nikel, mencakup baterai EV (*Electric Vehicle*). Hal ini memenuhi kebutuhan global

untuk kendaraan listrik. Indonesia menghadapi tantangan dalam memastikan keberhasilan hilirisasi nikel dan transisi energi, sehingga fokus tidak hanya diarahkan pada aspek ekonomi, tetapi juga pada penerapan prinsip ESG (*Environmental, Social, and Governance*), khususnya terkait penggunaan sumber energi yang lebih berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada pembangkit berbahan bakar batu bara (Hadad, dkk, 2022).

Nikel digunakan dalam berbagai produk, seperti baja tahan karat, baterai, dan lainnya. Mobil listrik semakin populer sebagai alternatif karena meningkatnya kesadaran akan masalah iklim dan tuntutan untuk mengurangi emisi karbon. Penjualan mobil listrik global akan meningkat hampir 110% pada tahun 2021, mencapai 6,6 juta unit. Perkembangan ini meningkatkan permintaan untuk nikel dan kobalt. Kedua logam tersebut memiliki peran yang sangat penting dalam pembuatan baterai lithium-ion yang digunakan pada kendaraan listrik dan mereka juga merupakan bagian penting dari transformasi menuju energi yang lebih bersih (Vegh, dkk, 2024).

Prediksi sangat penting dalam pengambilan keputusan. prediksi harga suatu komoditas, termasuk mineral tambang, memerlukan proses analisis yang dapat dibedakan menjadi analisis fundamental dan analisis teknikal. Analisis fundamental mempertimbangkan berbagai faktor yang berpengaruh langsung terhadap harga, sementara analisis teknikal memanfaatkan data masa lalu, seperti pergerakan harga dan volume perdagangan, untuk mengidentifikasi pola dan tren harga (Abadi, 2019).

Harga nikel telah mengalami volatilitas yang signifikan selama beberapa tahun terakhir, dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk kebijakan lingkungan, permintaan global, dan dinamika politik dan ekonomi global. Harga nikel juga mengalami pergerakan yang sering dikaitkan dengan pergerakan harga komoditas lainnya, seperti minyak dan emas, serta variabel ekonomi seperti kebijakan tingkat suku bunga dan indeks harga konsumen. Volatilitas yang berada pada peramalan harga menjadi penting untuk mengantisipasi perubahan harga dan membuat keputusan yang lebih baik tentang investasi dan produksi. Investor dan pelaku

industri memerlukan alat yang bisa memberi mereka prediksi tren harga nikel di masa yang akan datang (Melas, dkk, 2024).

Metode ARIMA digunakan untuk memprediksi tren harga komoditas berdasarkan pola historisnya dan salah satu model prediksi data deret waktu yang banyak diterapkan dalam berbagai penelitian. Namun, ketika harga nikel sangat dipengaruhi oleh variabel eksternal seperti tingkat suku bunga dan indeks harga konsumen, penggunaan model ARIMAX menjadi lebih relevan. Model ARIMAX memungkinkan penggabungan variabel eksogen atau luaran ke dalam model. Dibandingkan dengan model ARIMA, model ARIMAX memberikan hitungan yang lebih akurat. Tugas akhir ini adalah memprediksi harga nikel Indonesia per bulan selama satu tahun, yaitu pada tahun 2025. Pemodelan ARIMAX akan dilakukan dengan aplikasi R Studio. Judul penelitian yang cocok adalah Prediksi Harga Nikel Menggunakan Model *Autoregressive Integrated Moving Average Exogeneous* (ARIMAX) Dengan Aplikasi R Studio.

Metode ARIMA dapat mengurangi fluktuasi yang dapat mempengaruhi akurasi prediksi. Selain itu, dalam situasi di mana harga nikel dipengaruhi oleh variabel eksternal seperti inflasi dan tingkat suku bunga, model ARIMAX lebih baik karena mampu memasukkan variabel eksogen ke dalam analisis. R Studio merupakan perangkat lunak yang dipilih karena menawarkan berbagai paket statistik dan alat analisis yang kuat untuk mengolah data seri waktu, seperti prediksi, tseries, dan TSA. R Studio juga memungkinkan visualisasi data yang lebih baik dan fleksibel, dan mendukung uji diagnostik yang diperlukan untuk mengevaluasi keakuratan model, seperti uji stasioneritas, uji *Correlogram*, Uji AIC, Uji *White Noise*, dan analisis residual. Untuk menghasilkan prediksi harga nikel yang paling presisi dan berbasis data, kombinasi ARIMA/ARIMAX dengan R Studio adalah pilihan yang tepat untuk penelitian (Victor-Edema & Essi, 2016).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah yang didapat berdasarkan latar belakang penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana model ARIMAX yang terbaik dengan menggunakan aplikasi R Studio?
2. Bagaimana prediksi harga nikel Januari 2024 – Desember 2025 dalam sektor pertambangan menggunakan aplikasi R Studio?
3. Seberapa akurat model ARIMAX untuk memprediksi harga nikel Januari 2024 – Desember 2025?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengembangkan model ARIMAX terbaik menggunakan aplikasi R Studio.
2. Untuk mengetahui prediksi harga nikel Januari 2024 – Desember 2025 dalam sektor pertambangan menggunakan aplikasi R Studio.
3. Untuk mengetahui keakuratan model ARIMAX dalam memprediksi harga nikel Januari 2024 – Desember 2025.

1.4 Manfaat Penelitian

Harapan dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Memberikan panduan bagi investor yang berencana menanam modal di sektor pertambangan nikel untuk memilih perusahaan yang paling sesuai.
2. Sementara bagi peneliti, dapat mengimplementasikan metode peramalan untuk mengembangkan model terbaik dalam memprediksi harga nikel perusahaan dalam sektor tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan data harga nikel hanya terbatas dalam sektor pertambangan nikel menggunakan data dari investing pada Januari 2020 – Desember 2023.
2. Periode analisis terbatas pada Januari 2024 hingga Desember 2025.
3. Penelitian ini memakai sedikit analisis fundamental, selebihnya hanya memakai analisis teknikal.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Deret Waktu

Analisis deret waktu (*time series*) merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan nilai pada periode mendatang berdasarkan data historis. Tujuan utama dari peramalan deret waktu adalah mengidentifikasi pola yang terdapat pada data masa lalu dan memproyeksikan pola tersebut ke periode yang akan datang. Metode ini relatif mudah diterapkan dalam proses prediksi. Oleh karena itu, identifikasi pola data menjadi tahap penting dalam menentukan model deret waktu yang sesuai. Secara umum, terdapat empat pola utama dalam data deret waktu, yaitu pola horizontal, pola musiman, pola siklis, dan pola tren. Pola horizontal ditandai dengan fluktuasi data di sekitar nilai rata-rata yang relatif konstan. Pola musiman muncul akibat pengaruh faktor musiman yang berulang dalam periode tertentu. Pola siklis terjadi karena adanya perubahan ekonomi atau faktor lain yang berlangsung dalam jangka panjang. Sementara itu, pola tren menunjukkan kecenderungan data untuk meningkat atau menurun secara berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang (Pratiwi & Wahyuningsih, 2022).

2.2 Stasioneritas

Data stasioner merupakan data yang tidak mengalami perubahan yang signifikan selama periode pengamatan tertentu. Karakteristik data ini ditunjukkan oleh fluktuasi yang berada di sekitar nilai rata-rata yang konstan, sehingga nilai rata-rata dan variansnya relatif tetap dari waktu ke waktu. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pola data tidak bergantung pada waktu pengamatan (Deviana, dkk., 2021).

Data deret waktu dikatakan stasioner dalam rata-rata apabila fluktuasinya bergerak di sekitar nilai rata-rata yang tetap (horizontal) serta tidak dipengaruhi oleh waktu maupun perubahan ragam. Kondisi ketidakstasioneran dalam rata-rata dapat diatasi melalui proses differencing atau pembedaan, yaitu dengan mengganti nilai data asli menjadi selisih antara dua pengamatan yang berurutan. Proses differencing umumnya dinyatakan menggunakan operator langkah mundur

(*backward shift*) yang dilambangkan dengan B , dan notasi tersebut sering digunakan dalam analisis deret waktu. Bentuk dari persamaan *backward shift* yaitu:

$$BY_t = Y_{t-1} \dots \dots \dots (2.1)$$

Bentuk yang paling umum digunakan untuk *differencing* sebanyak d kali yaitu:

$$(1 - B)^d Y_t = e_t \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

- Y_t = Data periode ke- t
- Y_{t-1} = Data periode ke $t-1$
- B = *Bacward Shift* (Operator langkah mundur)
- e_t = Kesalahan (galat)

2.3 Fungsi Autokorelasi (ACF)

Fungsi autokorelasi memperlihatkan seberapa besar hubungan antara pengamatan data pada waktu ke- t dengan pengamatan data pada beberapa waktu sebelumnya. Nilai kovarian, yang berfungsi hanya pada perbedaan waktu, serta nilai variansi dan rata-rata data deret waktu diperoleh melalui proses stasioneritas data deret waktu. Oleh karena itu, hasil tersebut dapat disebut sebagai fungsi kovariansi antara data Y_t dan Y_{t+k} yaitu sebagai berikut (Deviana, dkk., 2021):

$$\rho_k = \frac{Cov(Y_t, Y_{t+k})}{\sqrt{var(Y_t)}\sqrt{var(Y_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

- Y_t = Data pada periode ke- t
- ρ_k = Fungsi Autokorelasi (ACF)
- $Var(Y_t)$ = Variansi dari data Y_t
- $Cov(Y_t, Y_{t+k})$ = Kovariansi antara data Y_t dan Y_{t+k}

2.4 Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)

Fungsi autokorelasi parsial (PACF) hampir sama dengan fungsi autokorelasi, dimana fungsi ini juga menghitung korelasi antar data deret waktu. Perbedaannya dengan fungsi autokorelasi yaitu jika ACF mencari hubungan antara Y_t dan Y_{t+k} ($k = lag$), sedangkan fungsi autokorelasi parsial adalah menghitung hubungan antara Y_t dan Y_{t+k} ($k = lag$) namun sebelumnya menghilangkan data yang ada di antara Y_t

dan Y_{t+k} terlebih dahulu, yaitu data yang dihilangkan adalah data Y_{t+1} sampai dengan Y_{t+k-1} (Deviana, dkk., 2021).

2.5 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

ARIMA adalah model yang dapat memperoleh dugaan dari pola data secara historis. Model ARIMA sepenuhnya menghiraukan variabel independen karena telah menggunakan nilai sekarang dan nilai-nilai sebelumnya dari variabel dependen untuk mendapatkan dugaan jangka pendek yang akurat. Model ARIMA bertujuan untuk memperoleh hubungan statistik yang paling tepat antara variabel yang akan diprediksi dan nilai historis dari variabel tersebut. Pemanfaatan hubungan tersebut memungkinkan model ARIMA digunakan sebagai metode untuk melakukan prediksi atau peramalan nilai pada periode yang akan datang (Junaid, dkk., 2020).

Model ARIMA menerapkan satu variabel (*univariate*) deret waktu dalam prosesnya. Model ARIMA harus diingat bahwa hampir semua deret berkala bersifat tidak stasioner, dan aspek AR serta MA hanya berkaitan dengan deret berkala yang bersifat stasioner. Stasioneritas menunjukkan bahwa data tidak mengalami peningkatan atau penurunan. Data harus *horizontal* sepanjang sumbu waktu. Untuk saat ini, dapat disimpulkan bahwa variasi data tidak bergantung pada waktu atau variasi waktu; mereka pada dasarnya tetap konstan sepanjang waktu. *Differencing* digunakan untuk mengubah deret waktu yang bersifat tidak stasioner menjadi data yang stasioner. Proses *differencing* berarti membandingkan perubahan atau perbedaan nilai yang diamati. Untuk memastikan apakah nilai perbedaan sudah stasioner, data harus didifferencing lagi. Transformasi logaritma digunakan saat varians tidak lagi stasioner. ARIMA (p,d,q) adalah nama umum untuk bentuk ARIMA.

2.5.1 Model Autoregressive (AR)

Persamaan disebut Model *Autoregressive* (AR) jika seri stasioner adalah fungsi linier dari nilai-nilai masa lampunya yang berurutan atau jika seri sekarang adalah rerata tertimbang dari beberapa nilai masa lampunya yang beriringan dengan

kekeliruan saat ini. Bentuk yang paling umum dari model ini adalah (Junaid, dkk., 2020):

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (2.5)$$

Model *autoregressive* biasanya disingkat AR (p) untuk proses autoregressive orde ke-p, di mana p adalah orde atau tingkat ke-p, yang berarti banyak data seri sebelumnya digunakan sebanyak p.

2.5.2 Model *Moving Average* (MA)

Model *Moving Average* (MA) didefinisikan sebagai persamaan di mana seri stasioner adalah fungsi linier dari nilai kesalahan data sebelumnya yang berurut adalah rerata tertimbang dari nilai kesalahan sebelumnya dan kesalahan saat ini. Bentuk yang paling umum dari model ini adalah (Junaid, dkk., 2020):

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_p \varepsilon_{t-p} \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk model *moving average* orde ke-q, biasanya disingkat MA(q), di mana q adalah orde atau tingkat ke-q, yang berarti banyaknya kesalahan data sebelumnya yang digunakan sebanyak q.

2.5.3 Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA)

Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA) adalah penjumlahan dari model *autoregressive* dan *moving average*. Oleh karena itu, model ARMA adalah penjumlahan dari kedua model AR (p) dan MA (q). Bentuk yang paling umum dari model ini adalah (Junaid, dkk., 2020):

$$Y_t = \mu + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_p \varepsilon_{t-p} \dots \dots \dots (2.7)$$

ARMA(p,q) adalah singkatan untuk model *autoregressive-moving average*, di mana p menunjukkan banyaknya data seri sebelumnya yang digunakan sebanyak p dan q menunjukkan banyaknya kesalahan data sebelumnya yang digunakan sebanyak q.

2.5.4 Model *Integrated* (I)

Model *Integrated* merupakan metode deret waktu yang digunakan berdasar pada asumsi yaitu data deret waktu tersebut bersifat stasioner, yang artinya rerata variansi suatu data deret waktu yang bersifat konstan. Data biasanya diketahui dengan ciri umum yaitu sejumlah besar rangkaian waktu mungkin tidak stasioner, tetapi bersifat *integrated*. Apabila data rangkaian waktu diintegrasikan dengan orde

1 disebut $d(1)$, itu berarti *differencing* pertama. Apabila rangkaian dapat menjadi stasioner melalui proses *differencing* sebanyak d kali, rangkaian dianggap *nonstasioner* homogen tingkat d .

2.5.5 Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) merupakan pengembangan dari model *Autoregressive* (AR), *Moving Average* (MA), maupun *Autoregressive Moving Average* (ARMA) yang diterapkan pada data yang telah dibuat stasioner melalui proses *differencing*. Dalam model ARIMA (p,d,q) , komponen *integrated* mengacu pada proses transformasi data yang bertujuan untuk mencapai kondisi stasioner. Parameter (p) menunjukkan ordo komponen *autoregressive*, parameter (d) menunjukkan tingkat *differencing* yang diperlukan untuk memperoleh data stasioner, sedangkan parameter (q) menunjukkan ordo komponen *moving average*. Struktur umum model ARIMA memiliki karakteristik yang serupa dengan model ARMA, namun diterapkan pada data yang telah memenuhi asumsi stasioneritas melalui proses *differencing*. Bentuk umum model ini yakni (Junaid, dkk., 2020):

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \dots + \phi_p W_{t-p} + \theta_t - \phi_1 \varepsilon_{t-1} - \phi_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \phi_p \varepsilon_{t-p} \quad (2.10)$$

Dengan W_t didapat dari *differencing* orde d dari Y_t yakni $W_t = \nabla Y_t$.

Keterangan:

- Y_t = nilai series yang stasioner.
- $Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-p}$ = nilai series masa lampau yang bersesuaian dengan lag.
- ϕ_1, ϕ_2, ϕ_p = parameter atau koefisien model *autoregressive*.
- $\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \varepsilon_{t-p}$ = variabel bebas yang merupakan *lag* dari residual.
- $\theta_1, \theta_2, \theta_p$ = parameter atau koefisien model *moving average*.
- ε_t = residual atau kesalahan.

2.5.6 Model *Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous* (ARIMAX)

Model *Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables* (ARIMAX), yang merupakan evolusi dari model ARIMA, digunakan untuk menganalisis data deret waktu dengan mempertimbangkan pengaruh variabel

eksogen (variabel luar). Model ini menggabungkan komponen *Autoregressive* (AR), *Integrated* (I), dan *Moving Average* (MA), serta menambahkan variabel luar yang dianggap memiliki hubungan dengan data utama yang dianalisis. Secara matematis, model ARIMAX dinyatakan sebagai berikut:

$$W_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i W_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \beta X_t + \varepsilon_t \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

- W_t = nilai data utama pada waktu t.
 C = konstanta.
 ϕ_i = koefisien *autoregressive* untuk lag i.
 ε_t = error pada waktu t.
 θ_j = koefisien *moving average* untuk lag j.
 X_t = nilai variabel eksogen pada waktu t.
 β = koefisien pengaruh variabel eksogen terhadap data utama.

2.6 Mengukur Keakuratan Prediksi Model Terbaik

Meramalkan nilai analisis jangka panjang adalah fungsi penting dari analisis *time series*. Namun sayangnya, setiap peramalan memiliki kondisi yang melibatkan sejumlah tingkat ketidakpastian. Fluktuasi yang tidak dapat diprediksi terlihat dalam data ketika ada komponen yang tidak beraturan. Fluktuasi menunjukkan bahwa kita harus mempersiapkan jika terjadi kesalahan peramalan. Nilai kesalahan peramalan dari masing-masing model dugaan dibandingkan untuk memilih model terbaik untuk meramalkan nilai di masa mendatang (Rosyidah & Sukmana, 2018).

Tabel 2.1 Kategori MAPE berdasarkan Kriteria Lewis

MAPE	Kategori
<10%	Sangat Akurat
10% - 19%	Akurat
20% - 49%	Wajar
>50%	Tidak Akurat

Nilai MAPE tersebut terdiri dari beberapa golongan berdasarkan kriteria Lewis pada Tabel 2.1. Semakin kecil presentase MAPE hasil ramalan, semakin akurat hasil ramalan model. MAPE digunakan untuk menghitung rata-rata harga

mutlak dari persentase kesalahan masing-masing model. Berikut merupakan rumus hitungannya: (Nawi, dkk, 2023).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{Z_t} \times 100 \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan:

Z_t = nilai pengamatan ke-t

$\hat{Z}_t$ = nilai peramalan ke-t.

2.7 Faktor yang Mempengaruhi Harga Nikel

Ekonomi harga digerakkan oleh dua hal: permintaan (*demand*) dan penawaran (*supply*). Ekonom paling sering menggunakan kata "penawaran" dan "permintaan" untuk menjelaskan kekuatan-kekuatan yang menggerakkan perekonomian pasar. Namun, mekanisme pasar adalah hubungan antara permintaan (*demand*) konsumen dan penawaran (*supply*) produsen. Oleh karena itu, harga yang dihasilkan adalah kombinasi kekuatan dari masing-masing pihak tersebut (Kasdi, 2016).

Dalam dunia pertambangan nikel global, Menurut Indonesian Mining Association (2024), kenaikan harga nikel pada April 2024 terjadi karena berkurangnya pasokan nikel global yang dipengaruhi oleh penutupan sejumlah tambang nikel di Australia sehingga mengurangi ketersediaan pasokan di pasar. Kenaikan harga nikel disebabkan karena kondisi suplai nikel saat ini karena kekurangan stok di pasar, kemudian suplai dari produsen nikel seperti Indonesia, Australia dan lain-lain. Selain dari faktor permintaan dan penawaran, Harga nikel juga bisa disebabkan karena adanya geopolitik global saat ini yang tidak bisa diprediksi seperti perang di Israel-Iran dan Ukraina-Rusia yang membuat dampak ketidakpastian terhadap ekonomi global.

Faktor yang mempengaruhi harga nikel untuk penelitian kali ini ada 2, yaitu *Consumer Price Indeks* dan *Fed Interest Rate Decision*. Indeks Harga Konsumen (CPI), juga dikenal sebagai Indeks Harga Konsumen yaitu kenaikan umum harga barang dan jasa. CPI adalah indikator penting dalam penelitian ekonomi untuk menganalisis hubungan antara inflasi dan berbagai variabel lain, seperti kebijakan moneter, nilai tukar, dan harga komoditas.

Adapun faktor yang mempengaruhi harga nikel selain *Consumer Price Index* adalah *Fed Interest Rate Decision*, *Fed Interest Rate Decision* yakni keputusan yang diambil oleh *Federal Reserve (The Fed)* terkait tingkat suku bunga acuan yang akan diterapkan di Amerika Serikat. Keputusan *The Fed* merupakan salah satu alat utama kebijakan moneter yang digunakan untuk menjaga stabilitas ekonomi, mengendalikan inflasi, dan mendukung pertumbuhan ekonomi. Tingkat suku bunga yang ditentukan *The Fed* memengaruhi biaya pinjaman dan pengembalian investasi di seluruh dunia, termasuk pasar keuangan global. Keputusan ini biasanya diumumkan dalam pertemuan *Federal Open Market Committee (FOMC)* yang berlangsung beberapa kali dalam setahun. Pengaruhnya dapat dirasakan langsung pada berbagai sektor ekonomi, seperti perbankan, real estate, dan perdagangan komoditas, termasuk logam seperti nikel, karena suku bunga berhubungan erat dengan nilai tukar mata uang dan daya beli global.

2.8 R Studio

Banyak orang saat ini menggunakan kemajuan teknologi dalam pengelolaan data menggunakan bahasa pemrograman R studio untuk keperluan analisis data sederhana dan besar, serta pengolahan data terstruktur dan sederhana. Pengumpulan, manipulasi, visualisasi, dan evaluasi adalah semua proses yang diperlukan untuk mengubah data mentah menjadi informasi. Untuk membuat data lebih mudah dipahami, gunakan teknik statistika deskriptif. Model dapat ditampilkan dalam bentuk tabel frekuensi atau tabel silang, atau dalam bentuk diagram dan grafik seperti kurva, batang, dll. R adalah bahasa pemrograman *open source* yang menggunakan komputasi, pengolahan data, dan penampilan grafik. Paket-paketnya menawarkan tools yang sangat bermanfaat bagi penelitian dan bisnis. Ross Ihaka dan Robert membuat versi pertama R pada tahun 1992. Penggunaan aplikasi R Studio untuk pengolahan data linear dan nonlinear untuk mengidentifikasi model, mengklasifikasi, menganalisis, dan menampilkan hasil. Kelebihan R lainnya adalah plot grafik simulasi berkualitas tinggi yang dapat berupa diagram batang, grafik, kurva, *wordcloud*, dan lainnya, termasuk simbol matematika dan rumus jika diperlukan (Aria, 2021).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang dipakai pada penelitian ini merupakan data sekunder. Data yang dihasilkan oleh seorang peneliti dari sumber lain, baik secara lisan maupun tulis, bukan dari subjeknya sendiri disebut sebagai data sekunder. Data Sekunder yang digunakan yaitu:

a. Data Harga Nikel Dunia

Pengambilan data penelitian ini menggunakan data Harga Nikel Dunia Januari 2020 – Desember 2023 dalam website *Investing* dan *London Metal Exchange* (LME) yang berjumlah 48 data.

b. Data Consumer Price Index

Pengambilan data menggunakan *data Consumer Price Index* (CPI) pada Januari 2020 – Desember 2023 dalam website *Investing* yang berjumlah 48 data.

c. Data Fed Interest Rate

Pengambilan data menggunakan *data Fed Interest Rate Decision* pada Januari 2020 – Desember 2023 dalam website *Investing* yang berjumlah 48 data.

3.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu penelitian yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir diantaranya:

Tabel 3.1 Rangkaian Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Persiapan								
2	Identifikasi Masalah								
3	Pengambilan dan Pengumpulan Data								
4	Pengolahan dan Analisa Data								
5	Pembuatan dan Penyusunan Laporan								

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan–tahapan penelitian tugas akhir yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu:

a. Studi Literatur

Studi literatur penelitian tugas akhir dilakukan untuk mempelajari referensi terkait dengan peramalan metode *Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous* (ARIMAX) menggunakan aplikasi R Studio. Referensi penulis baik berupa buku, jurnal, media elektronik, hasil penelitian sebelumnya, ataupun karya ilmiah yang bersifat sebagai dasar penelitian. Tujuan dilakukannya studi literatur penelitian tugas akhir ini adalah guna memahami teori dasar *Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous* (ARIMAX) pada pertambahan sehingga hasil analisis yang diperoleh dalam penelitian ini didapatkan secara baik dan layak.

b. Identifikasi Rumusan Masalah

Identifikasi rumusan masalah pada penelitian Tugas akhir ini diperoleh berdasarkan pada masalah yang terjadi pada kondisi investor saat ini kemudian dihubungkan dengan studi literatur yang telah ada. Lalu penulis menuliskan rumusan masalah tersebut sebagai tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini.

c. Pengumpulan Data Penelitian

Pengumpulan Data penelitian hanya terdiri dari data sekunder. Data sekunder yang didapat dari portal keuangan global yang menyajikan analisis, berita, data grafik mengenai pasar finansial yakni website *investing* dan *London Metal Exchange*.

d. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Teknik pengolahan dan Analisis data penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan mengolah data menggunakan perhitungan yang bersifat teoritis. Hasil dari pengolahan ini akan dilanjutkan dengan menganalisis data yang telah didapatkan sehingga diperoleh pemecahan masalah.

Adapun beberapa langkah mengolah data ARIMAX menggunakan R Studio yaitu:

a) Identifikasi Model

Untuk memastikan bahwa data dari deret waktu tetap stasioner, biasanya melalui uji *differencing* dan stasioneritas jika diperlukan. Setelah itu, model ARIMAX dibangun dengan parameter p (*AutoRegressive*) dan q (*Moving Average*). Nilai p didapat dari cutoff pada PACF, sedangkan q didapat dari *cutoff* pada ACF.

b) Estimasi dan Uji Parameter

Setelah identifikasi model selesai, langkah berikutnya adalah estimasi atau penaksiran parameter. Uji hipotesis adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk estimasi. Parameter dikatakan signifikan apabila nilai $p\text{-value} < 0,05$. 0,05 dengan taraf signifikansi sebesar 5% atau 0,05.

c) Memilih Kriteria Model Terbaik

Memilih kriteria model terbaik. Nilai estimasi kesalahan standar dapat digunakan untuk menentukan kriteria model terbaik. Model dengan nilai AIC (*Akaike Info Criterion*) terendah adalah model terbaik.

d) Uji Diagnosis

Uji Diagnosis dilakukan dengan uji *white noise* bertujuan untuk menguji apakah residual model bersifat acak dan tidak saling berkorelasi. Pengujian ini dilakukan dengan metode *Ljung-Box*. Kriteria pengambilan keputusan pada pengujian ini adalah menolak H_0 apabila nilai $p\text{-value}$ lebih kecil dari 0,05 dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 5%.

e) Prediksi menggunakan model ARIMAX

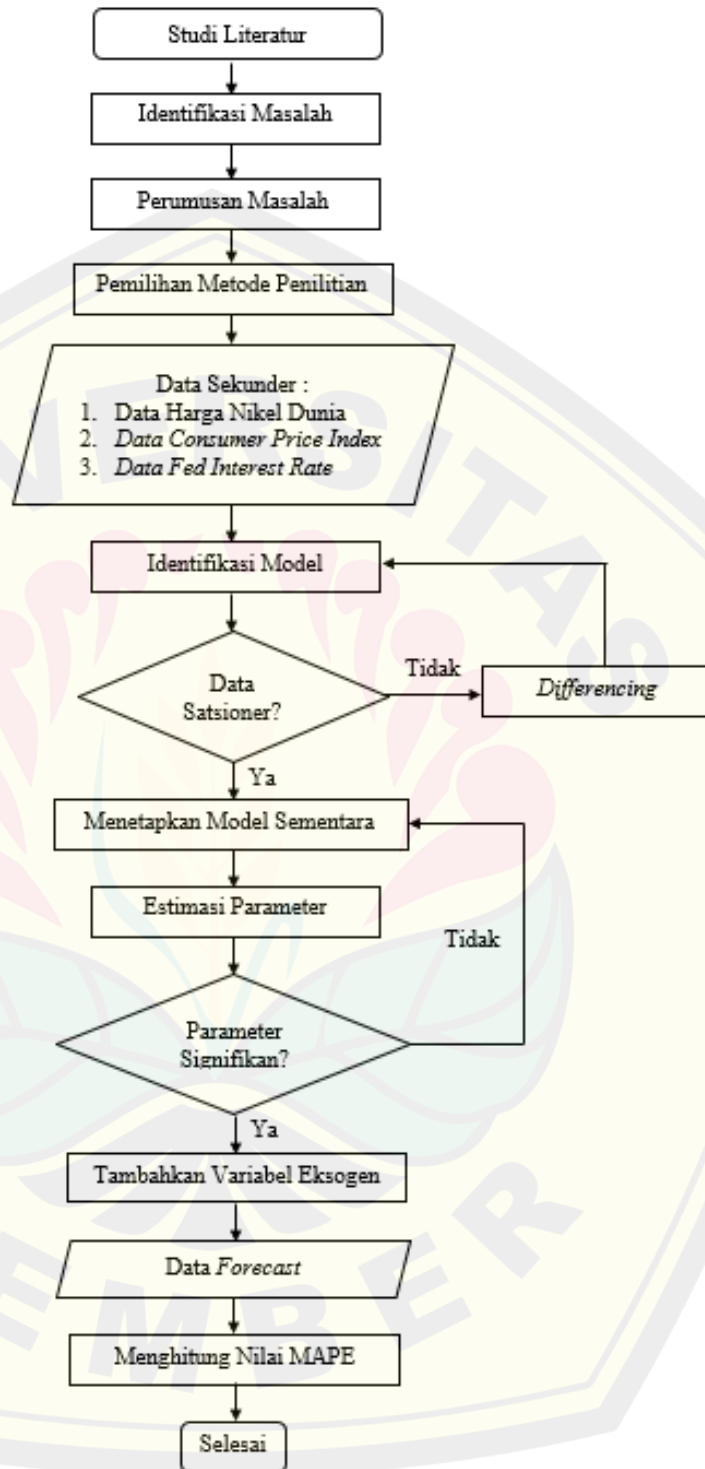
Untuk prediksi, model terbaik yang dipilih akan digunakan. Jika lebih dari satu model memenuhi kriteria pemilihan, maka nilai AIC (*Akaike Info Criterion*) yang paling rendah akan dipilih.

e. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran penulis penelitian tugas akhir ini didapatkan dari semua tahapan penelitian dimana data yang sudah dianalisis dan diolah, kemudian akan dikaitkan kembali dengan rumusan masalah awal pada penelitian ini. Kesimpulan dan saran memiliki hasil yaitu rekomendasi dan solusi dari masalah yang akan dibahas untuk para pembaca.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini terdapat diagram alir yang menjelaskan terkait alur penelitian tugas akhir ini yaitu:

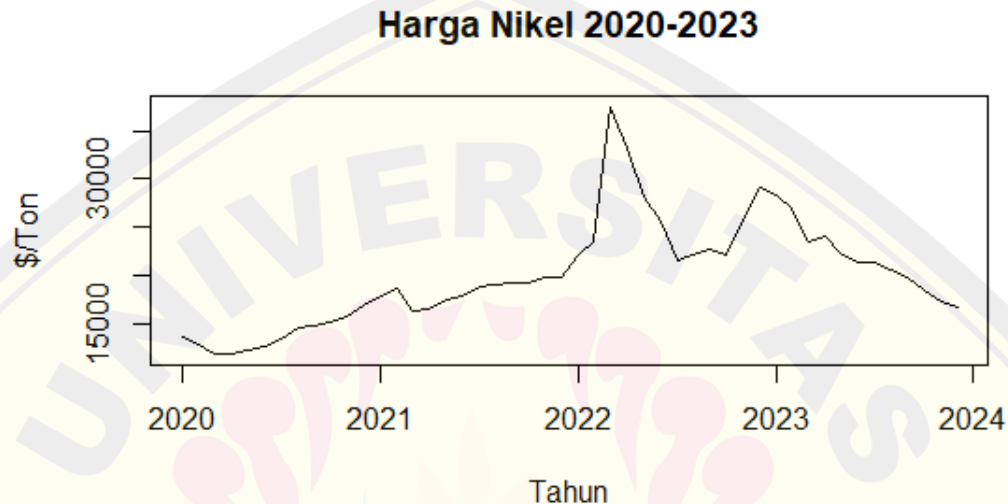


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan proses oleh data yang dilakukan menggunakan R Studio, data harga nikel harian mulai bulan Januari 2020 – Desember 2023 diperoleh hasil sebanyak 1006 data dan data tersebut di rata-rata menjadi bulanan menjadi 48 data yang disajikan dalam bentuk plot *time series* pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Plot Data *Time Series* Harga Nikel

Hasil kajian Gambar 4.1 memperlihatkan harga nikel mengalami fluktuasi atau sering berubah dan bersifat Siklis. Data pada Gambar 4.1 belum stasioner (data tidak berfluktuasi di sekitar rata-rata yang konstan) maka perlu adanya pengujian untuk kestasioneran data agar data tersebut menjadi bersifat stasioner.

Pada awal tahun 2020, harga nikel berada pada level relatif rendah, berkisar di bawah US\$15.000 per ton. Grafik menunjukkan adanya penurunan harga pada fase awal tahun tersebut, yang sangat berkaitan dengan munculnya pandemi COVID-19. Krisis kesehatan global menyebabkan perlambatan aktivitas industri, gangguan rantai pasok, serta penurunan tajam permintaan dari sektor manufaktur, khususnya industri baja dan otomotif.

Pembatasan mobilitas dan penutupan pabrik di berbagai negara besar seperti Tiongkok, Eropa, dan Amerika Serikat menekan permintaan logam industri, termasuk nikel. Ketidakpastian ekonomi global juga mendorong pelaku pasar untuk

menghindari aset berisiko, sehingga harga komoditas mengalami tekanan. Kondisi ini tercermin jelas dalam grafik yang menunjukkan tren harga nikel yang relatif datar dan rendah sepanjang 2020. Namun, pada paruh kedua tahun 2020, harga mulai menunjukkan pemulihan bertahap. Pemulihan bertahap sejalan dengan mulai diterapkannya stimulus fiskal dan moneter besar-besaran oleh berbagai negara, serta pemulihan aktivitas industri secara perlahan. Dengan demikian, tahun 2020 dapat dipandang sebagai fase kontraksi dan stabilisasi awal bagi pasar nikel.

Tahun 2022 merupakan periode paling dramatis dalam grafik harga nikel. Pada awal tahun 2022, harga nikel melonjak tajam hingga mencapai puncak di atas US\$30.000 per ton, bahkan sempat mendekati US\$35.000 per ton. Lonjakan yang tinggi mencerminkan kondisi pasar yang sangat tegang dan penuh ketidakpastian. Salah satu faktor utama di balik lonjakan harga tersebut adalah konflik geopolitik, khususnya perang Rusia–Ukraina. Rusia merupakan salah satu produsen nikel utama dunia, sehingga konflik ini menimbulkan kekhawatiran akan gangguan pasokan global. Kekhawatiran tersebut memicu aksi spekulasi di pasar komoditas, yang semakin mempercepat kenaikan harga.

Lonjakan harga juga dipengaruhi oleh ketidakseimbangan pasar akibat posisi *short* besar-besaran di pasar berjangka (*futures market*), yang kemudian memicu fenomena *short squeeze*. Kondisi *short squeeze* menyebabkan volatilitas ekstrem, bahkan sempat membuat perdagangan nikel dihentikan sementara di *London Metal Exchange* (LME). Namun, setelah mencapai puncaknya, grafik menunjukkan penurunan harga yang cukup tajam pada paruh kedua 2022, kembali ke kisaran US\$20.000–25.000 per ton. Penurunan harga yang cukup tajam mencerminkan penyesuaian pasar setelah intervensi regulator, meningkatnya produksi nikel, serta mulai berkurangnya tekanan spekulatif. Selain itu, kebijakan moneter global yang semakin ketat akibat kenaikan suku bunga juga mulai menekan permintaan komoditas (Media Nikel Indonesia, 2022).

Pada tahun 2023, grafik menunjukkan bahwa harga nikel bergerak dalam tren menurun dan relatif lebih stabil dibandingkan 2022. Harga berada pada kisaran US\$22.000 per ton di awal tahun, kemudian secara bertahap menurun hingga mendekati US\$17.000–18.000 per ton menjelang akhir tahun. Data harga nikel

belum stasioner dari perspektif analisis deret waktu. Data harga nikel yang ditunjukkan oleh tren kenaikan harga dari 2020 hingga awal 2022, yang diikuti oleh penurunan harga hingga 2023. Harga nikel menunjukkan bahwa rata-rata data tidak konsisten. Tingkat volatilitas, yang dikenal sebagai ragam tidak konstan, juga berubah-ubah. Ini menunjukkan bahwa data tidak stasioner. Uji stasioneritas (seperti uji *Augmented Dickey Fuller* atau ADF) dan transformasi data melalui differensiasi diperlukan untuk analisis data yang lebih akurat dalam analisis ARIMAX.

4.1.1. Uji Kestasioneran Data

Pemeriksaan kestasioneran data dilakukan dengan Uji *Augmented Dickey Fuller*. Hasil Pengujian ditampilkan dalam Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Output Hasil Uji ADF Test Harga Nikel

Tipe Pengujian	Lag	ADF	p-value
No drift no trend	0	-0,311	0,551
No drift no trend	1	-0,325	0,547
No drift no trend	2	-0,260	0,565
No drift no trend	3	-0,188	0,586
with drift no trend	0	-1,840	0,391
with drift no trend	1	-2,080	0,300
with drift no trend	2	-2,130	0,279
with drift no trend	3	-2,050	0,311
with drift and trend	0	-1,570	0,743
with drift and trend	1	-1,870	0,617
with drift and trend	2	-1,830	0,634
with drift and trend	3	-1,620	0,722

Ditampilkan hasil Uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) terhadap data harga nikel. Terdapat tiga tipe pengujian, yaitu Type 1 (*no drift no trend*), Type 2 (*with drift no trend*), dan Type 3 (*with drift and trend*). Dari ketiga tipe tersebut, seluruh nilai probabilitas (*p-value*) yang dihasilkan berkisar antara 0.279 hingga 0.743, dimana nilai ini lebih besar dari 0.05. Ketiga uji menunjukkan bahwa hipotesis nol (H_0 : data mengandung unit *root*/tidak stasioner) tidak dapat ditolak, sehingga kesimpulannya adalah data harga nikel belum stasioner baik pada rata-rata maupun pada variansnya.

Untuk menghilangkan tren dalam data dan membuatnya lebih stabil di sekitar rata-rata, differencing orde pertama ($d=1$) diperlukan untuk mengubahnya.

Setelah *differencing*, data dapat diuji kembali untuk memastikan bahwa asumsi stasioneritas telah dipenuhi. Karena model ARIMAX hanya dapat dibangun dengan baik jika data yang digunakan sudah stasioner.

Tabel 4.2 *Output Hasil Uji ADF Test Setelah Differencing Harga Nikel*

Tipe Pengujian	Lag	ADF	p-value
No drift no trend	0	-6,210	0,010
No drift no trend	1	-4,690	0,010
No drift no trend	2	-4,110	0,010
No drift no trend	3	-4,370	0,010
with drift no trend	0	-6,140	0,010
with drift no trend	1	-4,640	0,010
with drift no trend	2	-4,070	0,010
with drift no trend	3	-4,340	0,010
with drift and trend	0	-6,220	0,010
with drift and trend	1	-4,790	0,010
with drift and trend	2	-4,280	0,010
with drift and trend	3	-4,660	0,010

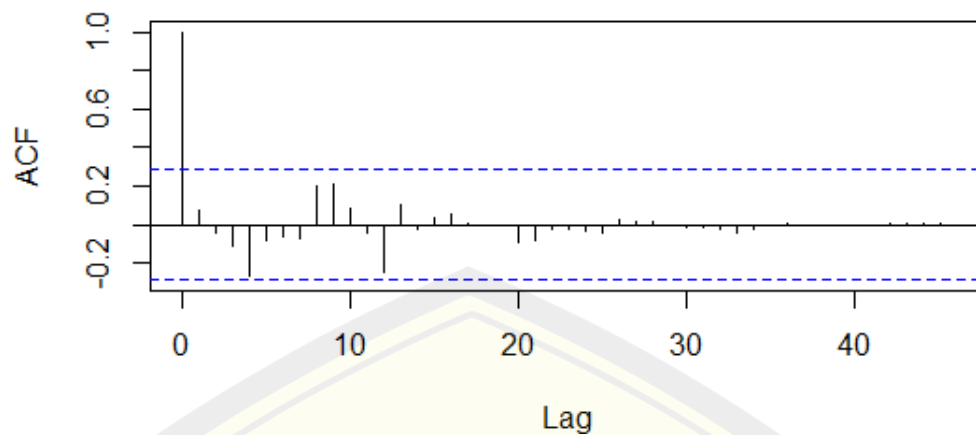
Setelah dilakukan *differencing* tingkat pertama ($d=1$), hasil uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) pada gambar di atas menunjukkan bahwa semua tipe pengujian (Type 1: *no drift no trend*, Type 2: *with drift no trend*, dan Type 3: *with drift and trend*) menghasilkan nilai $p\text{-value} = 0.01$. Nilai setelah dilakukan *differencing* lebih kecil dari taraf signifikansi 5% (0.05), sehingga hipotesis nol (H_0 : data tidak stasioner) dapat ditolak. Dengan demikian, data harga nikel setelah *differencing* sudah stasioner, baik dalam rata-rata maupun dalam varians.

Hasil uji ADF menunjukkan bahwa *differencing* berhasil menghilangkan tren dari data dan menyebabkan fluktuasi harga berkonsentrasi di sekitar rata-rata yang konstan. Kondisi stasioneritas sangat penting sebagai syarat dasar untuk membangun model ARIMAX. Uji stasioneritas dilakukan agar model yang dihasilkan nantinya dapat memberikan hasil peramalan yang lebih akurat dan valid.

4.1.2. Uji *Correlogram*

Data yang telah stasioner akan diidentifikasi AC (*Autocorrelation*) dan PAC (*Partial Correlation*) menggunakan uji *Correlogram*. Karena data stasioner pada tingkat 1, maka uji *correlogram* juga dilakukan pada tingkat 1. Hasil pengujian ditampilkan dalam Gambar 4.2 dan 4.3.

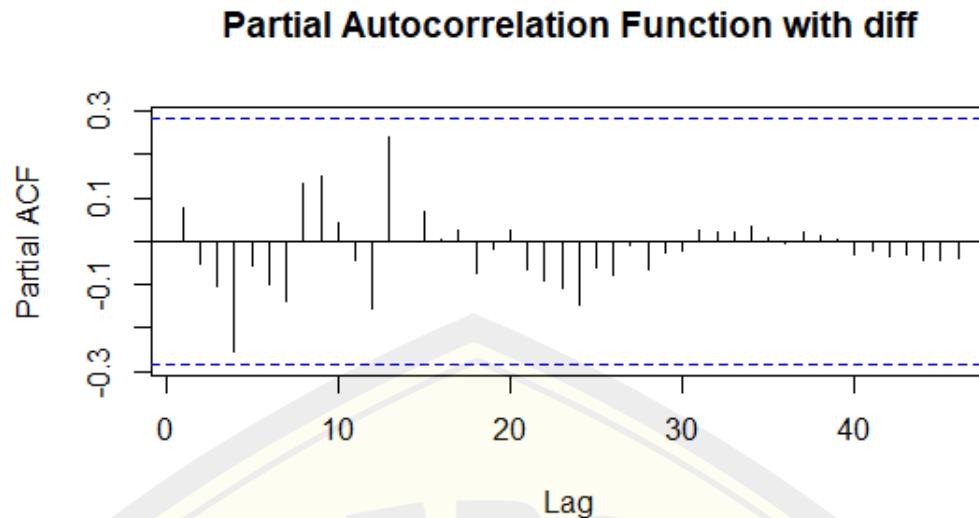
Autocorrelation Function with diff



Gambar 4.2 *Output Hasil Uji Correlogram AC Harga Nikel*

Hasil pada gambar 4.2 terlihat bahwa Plot Fungsi *Autocorrelation* (ACF) untuk data harga nikel menunjukkan korelasi antara nilai saat ini dengan nilai pada berbagai *lag* sebelumnya. Pada plot ACF, *spike* yang signifikan terlihat pada *lag* awal, khususnya *lag* ke-0, sementara *lag-lag* berikutnya sebagian besar berada di batas kepercayaan. Pola ini menunjukkan bahwa, meskipun tidak berkepanjangan, ketergantungan pada data tetap ada dalam jangka pendek.

Pola ACF yang menurun secara cepat dan tidak berubah panjang mengindikasikan bahwa komponen *moving average* (MA) juga relatif sederhana. Hal ini mendukung pemilihan model dengan orde MA rendah. Kombinasi hasil ACF dan PACF setelah *differencing* memperkuat indikasi bahwa data telah memenuhi asumsi stasioneritas dan siap dimodelkan menggunakan ARIMA dengan struktur yang sederhana.



Gambar 4.3 Output Hasil Uji Correlogram PAC Harga Nikel

Partial Autocorrelation Function (PACF) ditampilkan pada Gambar 4.3 menunjukkan data harga nikel yang telah dilakukan *differencing* tingkat pertama. PACF digunakan untuk menemukan hubungan langsung antara suatu observasi dengan *lag* tertentu setelah pengaruh *lag* sebelumnya dieliminasi. Setelah *differencing*, sebagian besar nilai PACF berada di sekitar batas kepercayaan, yang ditunjukkan oleh garis biru putus-putus, yang menunjukkan bahwa data sudah cukup stabil dan tidak menunjukkan hubungan parsial yang signifikan pada banyak *lag*.

Plot PACF menunjukkan sedikit *spike* yang signifikan, atau batang yang melewati batas kepercayaan. PACF menunjukkan bahwa komponen *autoregressive* (AR) dalam model mungkin sangat sedikit atau bahkan tidak diperlukan. Dengan kata lain, setelah *differencing*, pengaruh nilai sebelumnya terhadap nilai sekarang berkurang. Akibatnya, model dengan orde *autoregressive* kecil seperti AR(0) yang terbentuk pada uji ini.

Model ARIMA dinyatakan dalam bentuk ordo (p,d,q). Pada correlogram, nilai *Partial Autocorrelation* (PAC) digunakan untuk menentukan ordo *Autoregressive* (AR) atau p, sedangkan nilai *Autocorrelation* (AC) digunakan untuk menentukan ordo *Moving Average* (MA) atau q. Nilai d menunjukkan tingkat differencing yang diperlukan agar data menjadi stasioner. Data yang telah mencapai

kondisi stasioner pada *differencing* tingkat pertama menunjukkan bahwa nilai d adalah 1. Hasil *correlogram* memperlihatkan bahwa nilai AC dan PAC pada setiap lag tidak melewati batas signifikansi yang ditunjukkan oleh garis putus-putus. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa model yang berpotensi digunakan untuk peramalan adalah ARIMA (0,1,0).

4.1.3. Pemilihan Model Terbaik berdasarkan AIC

Pemilihan model terbaik dapat dilakukan dengan mempertimbangkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Schwarz Criterion* (SC) sebagai pelengkap hasil analisis *correlogram*. Apabila terdapat lebih dari satu model yang memenuhi kriteria, model dengan nilai AIC dan SC paling rendah dipilih sebagai model terbaik. Hasil perhitungan nilai AIC dan SC disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pemilihan model ARIMA berdasarkan Nilai AIC

Model ARIMA	Nilai AIC
ARIMA(2,1,2)(1,0,1) with drift	Inf
Regression with ARIMA(1,1,0)(1,0,0)	885,7089
Regression with ARIMA(0,1,1)(0,0,1)	885,3670
Regression with ARIMA(0,1,0)	881,1342
Regression with ARIMA(0,1,0)(1,0,0)	883,4964
Regression with ARIMA(0,1,0)(0,0,1)	883,2056
Regression with ARIMA(0,1,0)(1,0,1)	Inf
Regression with ARIMA(1,1,0)	885,7524
Regression with ARIMA(0,1,1)	885,7273
Regression with ARIMA(1,1,1)	Inf

Hasil pemilihan model ditampilkan pada Tabel 4.3 menggunakan fungsi `auto.arima` pada R dengan pendekatan ARIMAX, di mana variabel dependen adalah harga nikel yang telah ditransformasi, serta variabel eksogen yang digunakan yaitu Consumer Price Index (CPI) dan Fed Interest Rate (FIR). Prosedur pemilihan model secara otomatis mengevaluasi berbagai kombinasi orde ARIMA dengan

mempertimbangkan keberadaan variabel eksogen, kemudian membandingkannya berdasarkan kriteria kesalahan model.

Beberapa pilihan model yang diuji antara lain ARIMAX(2,1,2)(1,0,1), ARIMAX(1,1,0), ARIMAX(0,1,1), serta variasi ARIMAX musiman. Pada beberapa model, nilai kesalahan (errors) bernilai Inf, yang mengindikasikan bahwa model tersebut tidak stabil, tidak konvergen, atau tidak layak digunakan dalam proses estimasi. Model-model tersebut secara otomatis dieliminasi dari pilihan yang terbaik. Nilai Akaike Information Criterion (AIC) digunakan sebagai dasar evaluasi untuk model-model yang berhasil diestimasi. Kriteria ini memilih model dengan nilai AIC terkecil karena menunjukkan keseimbangan yang optimal antara kemampuan model dalam menyesuaikan data dan tingkat kompleksitas model. Hasil estimasi menunjukkan bahwa model Regression with ARIMA (0,1,0) memiliki nilai AIC paling rendah dibandingkan model lainnya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa model tersebut merupakan model terbaik dan paling sesuai untuk digunakan dalam proses peramalan.

Model ARIMAX(0,1,0) menunjukkan bahwa setelah dilakukan differencing satu kali, data harga nikel tidak lagi memerlukan komponen autoregressive (AR) maupun moving average (MA). Dengan kata lain, dinamika harga nikel lebih banyak dijelaskan oleh proses differencing dan pengaruh variabel eksogen, yaitu CPI dan Fed Interest Rate, dibandingkan oleh pola internal masa lalu dari harga nikel itu sendiri. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa model ARIMAX dengan struktur ARIMAX (0,1,0) merupakan model terbaik untuk memprediksi harga nikel pada penelitian ini. Pemilihan model didukung oleh nilai AIC yang paling kecil dibandingkan model lain, serta kesesuaian dengan hasil analisis stasioneritas dan pola ACF dan PACF sebelumnya. Model ARIMAX (0,1,0) dinilai paling efisien dan reliabel untuk digunakan dalam proses peramalan harga nikel.

Nilai yang dihasilkan pada Tabel 4.3 memiliki model ARIMAX nilai AIC (Akaike Information Criterion) yang paling rendah, yaitu 881.1342, model penelitian terbaik untuk prediksi adalah ARIMAX(0,1,0) ketimbang model ARIMAX yang lainnya. Variabel eksogen seperti CPI dan Fed Interest Rate,

ditambahkan ke model ARIMAX untuk memilih model, seperti yang diteliti pada penelitian ini. Nilai AIC menjadi indikator penting dalam pemilihan model time series, karena semakin kecil nilai AIC menunjukkan semakin baik model tersebut dalam kecocokan model terhadap data dan kesederhanaan model. Model dengan AIC kecil dianggap lebih efisien dalam menggambarkan data tanpa menambah kompleksitas yang tidak perlu.

4.1.4. Uji *White Noise*

Berdasarkan hasil pengujian *white noise* menggunakan metode *Ljung-Box Test* terhadap residual model ARIMAX (0,1,0) yang disajikan pada Tabel 4.4, diperoleh nilai statistik uji (Q^*) sebesar 11,257 dengan derajat bebas (*degree of freedom*) sebesar 10 serta nilai *p-value* sebesar 0,3378. Pengujian Ljung-Box digunakan untuk mengevaluasi keberadaan autokorelasi pada residual model. Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa residual bersifat *white noise* atau tidak mengandung autokorelasi yang signifikan, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa residual masih mengandung autokorelasi. Keputusan pengujian didasarkan pada nilai *p-value*, yaitu menolak (H_0) apabila *p-value* < 0,05 dan tidak menolak (H_0) apabila *p-value* > 0,05.

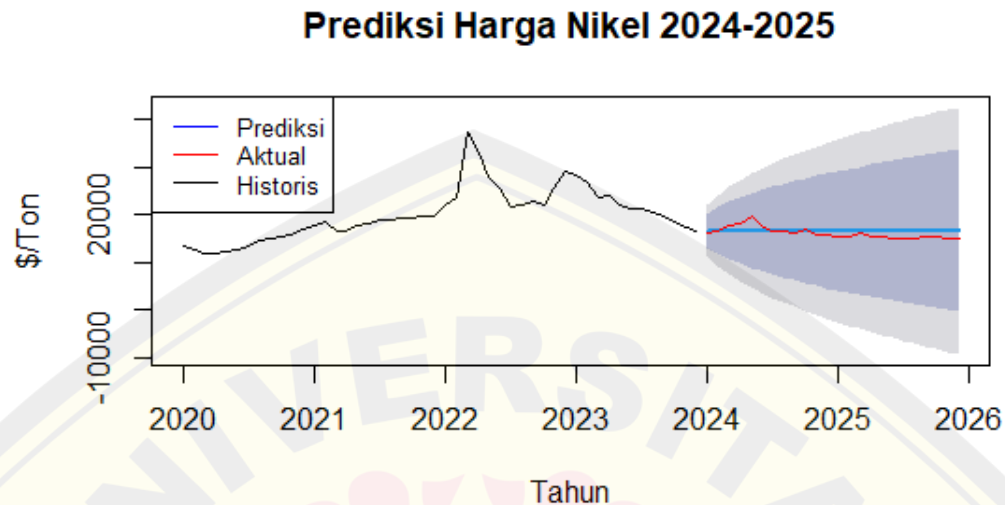
Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *p-value* sebesar 0,3378, yang nilainya lebih besar daripada taraf signifikansi 0,05. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa hipotesis nol tidak dapat ditolak. Hasil ini mengindikasikan bahwa residual model ARIMAX (0,1,0) telah memenuhi asumsi *white noise*, sehingga tidak terdapat autokorelasi yang signifikan pada residual. Pemenuhan asumsi tersebut menunjukkan bahwa model ARIMAX (0,1,0) cukup memadai untuk digunakan dalam proses peramalan harga nikel, karena salah satu syarat penting dalam analisis deret waktu, yaitu residual yang bersifat acak (*white noise*), telah terpenuhi.

Tabel 4.4 Pengujian *White Noise* model ARIMAX (0,1,0)

Statistik Uji	Nilai
Model	ARIMAX(0,1,0)
Metode Uji	Ljung-Box Test
Statistik Q (Q^*)	11,257
Derajat Bebas (df)	10
Lag yang Digunakan	10
p-value	0,3378
Kesimpulan	Residual bersifat <i>white noise</i>

4.1.5. Model ARIMAX (0,1,0)

Berdasarkan pemilihan model terbaik (0,1,0) didapatkan hasil *forecasting* harga nikel periode 2 tahun kedepan yaitu bulan Januari 2024 sampai bulan desember 2025 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Hasil *Forecasting* Harga Nikel model ARIMAX (0,1,0)

Hasil peramalan (*forecasting*) harga nikel dunia untuk periode Januari 2024 hingga Desember 2025 menggunakan model ARIMAX terpilih. Pada grafik terlihat tiga komponen utama, yaitu data historis harga nikel (garis hitam), nilai aktual pada awal periode peramalan (garis merah), serta hasil prediksi model (garis biru). Selain itu, ditampilkan pula rentang kepercayaan yang menggambarkan tingkat ketidakpastian hasil peramalan. Data historis harga nikel periode 2020–2023 memperlihatkan adanya fluktuasi yang cukup tinggi, khususnya lonjakan tajam pada tahun 2022 yang kemudian diikuti oleh tren penurunan hingga akhir 2023. Pola historis yang bergaris warna hitam menjadi dasar bagi model ARIMAX dalam menangkap karakteristik dinamika harga nikel, baik dari sisi perubahan jangka pendek maupun kecenderungan jangka panjang sebelum dilakukan peramalan ke periode mendatang.

Hasil peramalan memperlihatkan tentang bahwa harga nikel pada periode 2024–2025 cenderung bergerak relatif stabil di area nilai rata-rata tertentu, tanpa adanya kenaikan ekstrem seperti yang terjadi pada tahun 2022. Garis prediksi (biru) yang relatif datar mencerminkan bahwa, berdasarkan informasi historis dan

pengaruh variabel eksogen yang digunakan, model memproyeksikan kondisi pasar nikel yang lebih terkendali dalam jangka menengah. Rentang kepercayaan 80% dan 95% yang semakin melebar seiring bertambahnya horizon waktu peramalan menunjukkan bahwa ketidakpastian prediksi meningkat untuk periode yang lebih jauh. Rentang kepercayaan merupakan karakteristik umum dalam analisis *time series*, di mana akurasi model cenderung menurun ketika digunakan untuk memprediksi periode yang semakin panjang ke depan. Dengan demikian, hasil peramalan perlu diinterpretasikan secara hati-hati, terutama pada akhir tahun 2025.

Secara keseluruhan, hasil *forecasting* harga nikel menunjukkan bahwa model ARIMAX mampu menunjukkan gambaran arah pergerakan harga nikel di masa yang akan datang dengan mempertimbangkan pola historis serta pengaruh variabel makroekonomi. Meskipun demikian, hasil peramalan yang dilakukan tidak bersifat pasti dan tetap dipengaruhi oleh faktor eksternal lain seperti kondisi geopolitik, kebijakan perdagangan, dan perubahan permintaan industri global.

Hasil dari Gambar 4.4 merupakan data harga nikel hasil *forecasting* untuk bulan Januari 2024 hingga Desember 2025. Hasil peramalan harga nikel untuk periode Januari 2024 hingga Desember 2025 menggunakan model ARIMAX (0,1,0) menunjukkan bahwa pergerakan harga nikel diprediksi relatif stabil dan cenderung mengikuti pola data terakhir pada tahun 2023. Pada grafik terlihat bahwa harga nikel di masa depan (garis biru) bergerak mendatar dengan fluktuasi yang kecil, sedangkan area bayangan semakin melebar seiring bertambahnya periode prediksi. Pelebaran interval ini menggambarkan bahwa ketidakpastian hasil prediksi akan semakin tinggi untuk periode jangka panjang. Dengan demikian, meskipun model menunjukkan stabilitas harga, faktor eksternal seperti kebijakan ekonomi global, tingkat suku bunga *The Fed*, dan inflasi (CPI) tetap harus diperhatikan karena berpotensi menyebabkan deviasi harga dari hasil prediksi.

Tabel 4.5 Data Hasil *Forecasting* Nilai Harga Nikel 2024-2025

Month	Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jan 2024	16.701,34	13.221,03635	20.181,65	11.378,6723	22.024,02
Feb 2024	16.709,24	11.787,34294	21.631,14	9.181,8467	24.236,64
Mar 2024	16.706,42	10.678,34928	22.734,49	7.487,2812	25.925,56
Apr 2024	16.703,60	9.742,98144	23.664,22	6.058,2534	27.348,94
May 2024	16.700,78	8.918,57007	24.482,98	4.798,9188	28.602,63
Jun 2024	16.697,95	8.172,97449	25.222,93	3.660,1227	29.735,79
Jul 2024	16.695,13	7.487,10170	25.903,16	2.612,6646	30.777,60
Aug 2024	16.692,31	6.848,51152	26.536,11	1.637,5191	31.747,10
Sep 2024	16.689,49	6.248,56300	27.130,41	721,4709	32.657,51
Oct 2024	16.686,67	5.680,96469	27.692,37	-145,1019	33.518,44
Nov 2024	16.683,84	5.140,96708	28.226,72	-969,4632	34.337,15
Dec 2024	16.681,02	4.624,88024	28.737,16	-1.757,2560	35.119,30
Jan 2025	16.678,20	4.129,76980	29.226,63	-2.512,9682	35.869,37
Feb 2025	16.675,38	3.653,25655	29.697,50	-3.240,2384	36.591,00
Mar 2025	16.672,56	3.193,37971	30.151,73	-3.942,0655	37.287,18
Apr 2025	16.669,73	2.748,50058	30.590,97	-4.620,9556	37.960,42
May 2025	16.666,91	2.317,23304	31.016,59	-5.279,0285	38.612,85
Jun 2025	16.664,09	1.898,39216	31.429,79	-5.918,0965	39.246,28
Jul 2025	16.661,27	1.490,95558	31.831,58	-6.539,7231	39.862,26
Aug 2025	16.658,45	1.094,03386	32.222,86	-7.145,2686	40.462,16
Sep 2025	16.655,62	706,84750	32.604,40	-7.735,9251	41.047,17
Oct 2025	16.652,80	328,70882	32.976,90	-8.312,7445	41.618,35
Nov 2025	16.649,98	-40,99254	33.340,95	-8.876,6601	42.176,62
Dec 2025	16.647,16	-402,80126	33.697,12	-9.428,5049	42.722,82

Hasil peramalan yang ditampilkan pada Tabel 4.5 yang dihasilkan dari model ARIMAX (0,1,0), nilai *Point Forecast* harga nikel untuk periode Januari 2024 hingga Desember 2025 berada pada kisaran 16.700 – 16.600. Hasil peramalan memperkuat interpretasi bahwa harga nikel diperkirakan bahwa akan menurun dalam dua tahun ke depan tanpa adanya lonjakan signifikan. Sementara itu, nilai Lo 80/95 dan Hi 80/95 menunjukkan batas bawah dan atas dari interval kepercayaan 80% dan 95%. Interval yang dipakai semakin melebar seiring bertambahnya horizon waktu, yang menandakan tingkat ketidakpastian prediksi akan semakin tinggi di periode jangka panjang.

Pada Januari 2024 harga nikel diprediksi sebesar 16.701,34 dengan rentang interval kepercayaan 95% antara 11.378,67 hingga 22.024,02. Sedangkan pada

Desember 2025, harga nikel diperkirakan sebesar 16.647,16 dengan interval kepercayaan 95% yang jauh lebih lebar, yaitu antara -402,81 hingga 33.696,13. Pelebaran interval 95% menunjukkan bahwa meskipun model memberikan gambaran kestabilan harga, terdapat ketidakpastian yang tinggi terutama di akhir periode prediksi.

4.1.6. Keakuratan Model Terbaik ARIMAX (0,1,0)

Berdasarkan hasil perhitungan nilai keakuratan model terbaik ditampilkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil *Output* Nilai Keakuratan Prediksi ARIMAX (0,1,0)

Tipe Keakuratan	Nilai
RMSE	1.261,553
MAE	1.077,373
MSE	15.915,6
MAPE	6,680422

Hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.6 menunjukkan evaluasi kinerja model ARIMAX dengan membandingkan nilai aktual dan nilai hasil peramalan. Evaluasi kinerja model penting guna melihat seberapa bagus model dalam memprediksi data aktual. Beberapa ukuran error yang dihitung adalah RMSE, MAE, MSE, dan MAPE, Setiap ukuran evaluasi memiliki pendekatan yang berbeda dalam menilai tingkat kesalahan prediksi. Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang diperoleh sebesar 6,680422%. Ukuran ini menunjukkan besarnya kesalahan prediksi dalam bentuk persentase terhadap nilai aktual, sehingga interpretasinya lebih mudah dipahami dan banyak digunakan dalam penelitian maupun pelaporan hasil analisis. Tingkat akurasi model akan semakin baik apabila nilai MAPE semakin kecil. Nilai MAPE yang berada di bawah 10% umumnya dikategorikan sebagai tingkat akurasi yang sangat baik.

Hasil evaluasi ditampilkan tentang model ARIMAX mempunyai performa yang cukup baik, terutama dilihat dari nilai MAPE yang berada di bawah 10%. Kelebihan MAPE adalah interpretasinya yang intuitif dan tidak bergantung pada satuan data. Berdasarkan kriteria Lewis, nilai MAPE dapat digolongkan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil prediksi yang di peroleh, dari penelitian ini

didapatkan MAPE sebesar 6.68%. Nilai MAPE tersebut tergolong sangat akurat berdasarkan kriteria Lewis.

4.2 Analisis Ekonomi Harga Nikel

Ketika melakukan investasi, sangat dianjurkan untuk melakukan perencanaan yang kompeten dan sangat serius melalui prediksi karena perencanaan yang baik merupakan salah satu cara bisnis untuk mendapatkan keuntungan. Prediksi yang disebutkan didapatkan guna sebagai dasar untuk membuat perencanaan investasi. Dengan perencanaan yang aman, investor dapat mengoptimalkan keuntungan mereka dan menghindari kerugian yang signifikan.

Nikel merupakan salah satu komoditas strategis yang memiliki peranan penting dalam industri baja nirkarat (stainless steel) serta produksi baterai untuk kendaraan listrik. Seiring dengan perkembangan industri kendaraan listrik dan percepatan transisi energi global, permintaan nikel di pasar internasional terus mengalami peningkatan. Pergerakan harga dan prospek investasi komoditas ini dipengaruhi oleh berbagai faktor makroekonomi global, terutama tingkat inflasi dan kebijakan suku bunga yang ditetapkan oleh bank sentral Amerika Serikat (The Federal Reserve atau The Fed). Dua indikator makroekonomi yang krusial dalam menilai kondisi ekonomi global adalah CPI (Consumer Price Index) dan Federal Funds Rate (Fed Interest Rate). CPI mencerminkan tingkat inflasi, sedangkan Fed Interest Rate menunjukkan sikap kebijakan moneter The Fed dalam mengendalikan inflasi dan stabilitas ekonomi. Perubahan kedua indikator ini memengaruhi aliran modal global, nilai tukar, biaya pendanaan, serta minat investor terhadap aset berisiko seperti komoditas.

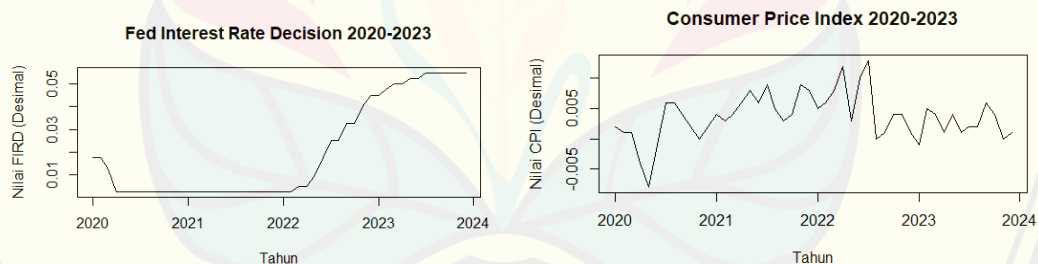
Dianalisis faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan harga antara harga nikel prediksi dan harga nikel aktual, seperti yang ditunjukkan oleh hasil prediksi. Harga nikel disebabkan oleh kondisi ekonomi global yang tidak pasti belakangan ini, yang menyebabkan harga nikel terus berubah. Beberapa variabel, antara lain:

4.2.1. Kebijakan Suku Bunga

Harga nikel sangat dipengaruhi oleh keputusan Federal Reserve. Kenaikan suku bunga sering mengakibatkan biaya pinjaman membesar, yang dapat

memperlambat pertumbuhan ekonomi dan mengurangi permintaan industri untuk logam industri seperti nikel. Selain itu, kenaikan suku bunga sering menyebabkan dolar AS menjadi lebih kuat, sehingga membuat nikel lebih mahal bagi pembeli internasional.

Berdasarkan Gambar 4.1 dan 4.5 menunjukkan tentang terdapat hubungan tidak langsung antara kebijakan suku bunga *The Fed* dengan pergerakan harga nikel. Pada tahun 2020 hingga awal 2022, suku bunga *The Fed* berada pada level yang sangat rendah mendekati nol, sehingga mendorong tingginya likuiditas global dan mendukung kenaikan harga komoditas, termasuk nikel. Kondisi mendorong tingginya likuiditas global diperkuat dengan adanya lonjakan harga nikel yang sangat signifikan pada awal tahun 2022, meskipun kenaikan tersebut lebih dominan dipicu oleh faktor geopolitik seperti konflik Rusia–Ukraina yang menimbulkan kekhawatiran terhadap pasokan nikel dunia. Namun, sejak pertengahan 2022 hingga 2023, *The Fed* melakukan kebijakan kenaikan suku bunga secara gencar agar menahan inflasi. Kebijakan *The Fed* berdampak pada penguatan dolar AS, peningkatan biaya pinjaman, dan penurunan permintaan global terhadap komoditas, yang pada akhirnya menekan harga nikel sehingga cenderung bergerak menurun sepanjang periode tersebut.



Gambar 4.5 Grafik *Fed Interest Rate Decision* dan *Consumer Price Index* 2020-2023

4.2.2. Indeks Harga Konsumen

Tingkat inflasi yang mempengaruhi daya beli konsumen dan biaya produksi ditunjukkan oleh Indeks Harga Konsumen (CPI). Ketika CPI meningkat, itu menunjukkan inflasi yang lebih tinggi, dan biaya produksi barang yang menggunakan nikel, seperti baterai dan baja tahan karat, juga meningkat. Produsen mungkin mengurangi produksi atau mencari bahan baku alternatif yang lebih

murah, yang dapat mengurangi permintaan dan harga nikel. Di sisi lain, inflasi yang lebih rendah dapat mendorong pertumbuhan. Gambar Indeks Harga Konsumen bisa dilihat pada gambar 4.5.

Pada tahun 2020, CPI sempat turun tajam pada awal pandemi COVID-19, mencerminkan deflasi sementara akibat penurunan aktivitas ekonomi global. Hal ini selaras dengan harga nikel yang juga berada pada level rendah di awal tahun 2020 (sekitar USD 12.798/ton pada Februari 2020). Namun, sejak pertengahan 2020 CPI mulai naik kembali, seiring dengan pemulihan ekonomi global, yang diikuti pula oleh kenaikan harga nikel yang mencapai USD 16.879,43/ton pada Desember 2020. Memasuki tahun 2021, CPI cenderung meningkat secara bertahap dari bulan ke bulan akibat pemulihan ekonomi pasca-pandemi dan tingginya biaya energi serta bahan baku. Kenaikan inflasi beriringan dengan kenaikan harga nikel, di mana pada Januari 2021 harga nikel berada di USD 17.911,30/ton dan terus meningkat hingga Desember 2021 mencapai USD 19.908,19/ton. Kecenderungan harga nikel dan CPI memperlihatkan hubungan positif antara kenaikan CPI dan kenaikan harga nikel sepanjang 2021.

Pada tahun 2022, CPI mencapai puncaknya di pertengahan tahun, mencerminkan lonjakan inflasi global akibat krisis energi dan dampak konflik Rusia–Ukraina. Pada periode yang sama, harga nikel juga mengalami lonjakan luar biasa, terutama pada Maret 2022 yang menyentuh USD 37.532,38/ton, didorong oleh kekhawatiran gangguan pasokan nikel dari Rusia sebagai salah satu produsen utama. Setelah itu, meskipun CPI masih berada di level tinggi, harga nikel mulai menurun dari April 2022 hingga akhir tahun, menunjukkan bahwa faktor geopolitik lebih dominan dibandingkan pengaruh inflasi murni. Pada tahun 2023, CPI mulai menurun dan bergerak fluktuatif akibat kebijakan moneter ketat yang diterapkan oleh *The Fed*. Penurunan CPI ini sejalan dengan tren harga nikel yang juga terus melemah, dari USD 28.394,95/ton pada Januari 2023 menjadi USD 16.680,16/ton pada Desember 2023.

Pada pemotongan suku bunga tahun 2020–2023 menunjukkan adanya fase suku bunga rendah ekstrem pada 2020–2021 akibat pandemi COVID-19, diikuti dengan pengetatan moneter agresif sejak 2022 hingga 2023. Sementara itu, CPI

menunjukkan fluktuasi inflasi yang relatif tinggi pada periode 2021–2022 sebelum mulai melandai. Kondisi melandai menciptakan dinamika yang kompleks bagi investor komoditas, termasuk nikel. Oleh karena itu, analisis hubungan antara CPI, *Fed Interest Rate*, dan nikel menjadi penting sebagai dasar pengambilan keputusan investasi ke depan. Investor tidak hanya perlu memahami pergerakan harga nikel, tetapi juga harus mampu membaca sinyal kebijakan moneter dan tekanan inflasi global.

Pemotongan suku bunga tahun 2020–2023 memperlihatkan tiga fase utama. Fase pertama adalah periode suku bunga rendah pada awal 2020 hingga awal 2022, di mana *The Fed* menurunkan suku bunga mendekati nol untuk menstimulasi ekonomi pasca pandemi. Kebijakan ini meningkatkan likuiditas global dan mendorong investor masuk ke aset berisiko, salah satunya komoditas seperti nikel.

Fase kedua terjadi pada tahun 2022, saat *The Fed* mulai membesarkan suku bunga secara gencar sebagai respons terhadap lonjakan inflasi. Kenaikan suku bunga 2022 meningkatkan biaya pinjaman, memperkuat dolar AS, dan menekan harga komoditas dalam jangka pendek. Bagi investor nikel, periode ini ditandai dengan volatilitas tinggi dan koreksi harga. Fase ketiga terlihat pada 2023, di mana suku bunga mencapai level tinggi dan relatif stabil. Kondisi yang relatif stabil mencerminkan sikap *hawkish The Fed* yang bertujuan menjaga inflasi tetap terkendali. Dalam kondisi suku bunga tinggi, investor cenderung lebih selektif dan mengurangi eksposur pada aset spekulatif.

Bagi para investor nikel perlu diperhatikan bahwa kenaikan suku bunga cenderung menekan harga nikel dalam jangka pendek, namun tidak selalu menghilangkan prospek jangka panjangnya. Investor perlu memahami bahwa kebijakan moneter ketat biasanya bersifat siklis dan akan berakhir ketika inflasi terkendali.

Consumer Price Indeks 2020 hingga 2023 menunjukkan fluktuasi inflasi yang signifikan. Pada 2020, CPI relatif rendah bahkan sempat negatif akibat penurunan permintaan global selama pandemi. Memasuki 2021 hingga pertengahan 2022, CPI meningkat tajam akibat gangguan rantai pasok, stimulus fiskal besar-besaran, dan lonjakan harga energi. Inflasi yang tinggi berdampak langsung

terhadap harga komoditas, termasuk nikel. Secara teori, komoditas sering dianggap sebagai *hedging* terhadap inflasi, karena harga komoditas cenderung naik seiring kenaikan harga umum. Kondisi kenaikan harga menjadikan nikel menarik bagi investor selama periode inflasi tinggi.

Grafik CPI juga menunjukkan bahwa setelah puncaknya di 2022, inflasi mulai melandai pada 2023. Penurunan inflasi mengindikasikan bahwa tekanan harga mulai terkendali, sehingga *The Fed* memiliki ruang untuk menahan atau menurunkan suku bunga di masa depan. Bagi investor nikel, tren CPI ini memberikan sinyal bahwa fase inflasi tinggi kemungkinan telah dilewati, namun ketidakpastian tetap ada. Investor perlu mengantisipasi perubahan inflasi karena lonjakan CPI di masa depan dapat kembali meningkatkan daya tarik komoditas.

Dalam konteks grafik yang ditampilkan, periode 2022 merupakan fase di mana CPI tinggi dan *Fed Interest Rate* meningkat tajam. Kondisi ini menciptakan volatilitas besar di pasar nikel, sehingga investor jangka pendek menghadapi risiko tinggi, sementara investor jangka panjang mulai melihat peluang akumulasi. Oleh karena itu, investor perlu membedakan antara dampak jangka pendek kebijakan moneter dan fundamental jangka panjang nikel, seperti pertumbuhan kendaraan listrik dan kebijakan hilirisasi mineral.

Bagi investor jangka pendek, grafik *Fed Interest Rate* dan CPI dapat digunakan sebagai indikator timing pasar. Ketika CPI menunjukkan tren menurun dan *Fed Interest Rate* mulai stabil, volatilitas pasar biasanya berkurang, sehingga peluang trading menjadi lebih terukur. Investor jangka pendek sebaiknya menghindari posisi agresif pada saat *The Fed* masih dalam fase pengetatan moneter aktif. Kenaikan suku bunga yang berkelanjutan dapat memicu penurunan harga nikel dalam jangka pendek akibat penguatan dolar dan penurunan permintaan spekuatif. Strategi yang dapat diterapkan adalah *wait and see* atau memanfaatkan koreksi harga sebagai peluang trading jangka pendek. Investor juga dapat menggunakan instrumen derivatif atau *stop-loss* untuk mengelola risiko yang timbul dari ketidakpastian makroekonomi.

Investor jangka panjang memiliki perspektif yang berbeda. Meskipun suku bunga tinggi dan inflasi menurun dapat menekan harga nikel sementara, permintaan

struktural nikel tetap kuat dalam jangka panjang. Transisi energi, kendaraan listrik, dan kebijakan industri global mendukung permintaan nikel secara berkelanjutan. Dalam konteks grafik yang ditampilkan, stabilisasi *Fed Interest Rate* pada 2023 dapat menjadi sinyal awal menuju pelonggaran moneter di masa depan. Jika suku bunga mulai turun, maka likuiditas global akan meningkat dan harga komoditas, termasuk nikel, berpotensi menguat. Strategi investor jangka panjang adalah akumulasi bertahap (*dollar cost averaging*) pada periode harga terkoreksi akibat kebijakan moneter ketat. Pendekatan ini memungkinkan investor meminimalkan risiko *timing* pasar dan memaksimalkan potensi keuntungan jangka panjang.

Berdasarkan data CPI (*Consumer Price Index*) dan *Fed Interest Rate* pada gambar, dapat dijelaskan bahwa kondisi ekonomi periode 2020–2023 menunjukkan dinamika inflasi yang erat kaitannya dengan kebijakan suku bunga bank sentral AS (*The Fed*). Saat tahun 2020, CPI cenderung rendah dan bahkan sempat negatif, misalnya April 2020 bernilai -0,40% dan Mei 2020 bernilai -0,80%, mencerminkan lemahnya permintaan akibat pandemi COVID-19. Pada periode yang sama, *Fed Interest Rate* dipertahankan sangat rendah di kisaran 0,25% (bahkan sejak Maret 2020 hingga akhir 2021), sebagai kebijakan moneter ekspansif untuk mendorong pemulihan ekonomi.

Pada tahun 2022, inflasi mencapai level yang jauh lebih tinggi. CPI mencatat angka signifikan seperti April 2022 sebesar 1,20%, Juni 1,00%, dan Juli 1,30%, yang menunjukkan inflasi semakin menguat. Merespons kondisi inflasi menguat, *The Fed* mulai menaikkan tarif suku bunga secara agresif senilai 0,50% pada Maret 2022, meningkat senilai 1,75% pada Juni 2022, lalu melonjak hingga 4,50% pada Desember 2022. Kebijakan *The Fed* bertujuan untuk menekan inflasi dengan mengurangi likuiditas dan menahan laju konsumsi serta investasi.

Pada tahun 2023, CPI mulai lebih terkendali, misalnya April 2023 sebesar 0,10%, Juni 0,10%, dan November 2023 0,00%, menunjukkan efek pengetatan moneter mulai terasa. Namun, *The Fed* tetap mempertahankan suku bunga tinggi di kisaran 5,00%–5,50% sepanjang 2023, sebagai langkah kehati-hatian agar inflasi benar-benar stabil. Ketika inflasi (CPI) meningkat tajam, *The Fed* merespons dengan menaikkan suku bunga, dan ketika inflasi melemah, suku bunga

dipertahankan atau diturunkan yang bertujuan untuk menjaga stabilitas ekonomi. Berdasarkan analisis grafik CPI dan *Fed Interest Rate* 2020 hingga 2023, dapat disimpulkan bahwa kondisi makroekonomi global sangat memengaruhi prospek investasi nikel. Inflasi tinggi meningkatkan daya tarik komoditas, sementara suku bunga tinggi menekan harga dalam jangka pendek.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Hasil pemodelan ARIMAX terbaik untuk memprediksi harga nikel januari 2024 hingga desember 2025 didapatkan pemodelan (0,1,0) dengan nilai AIC terendah sebesar 881,13 dengan kestasioneran datanya dilakukan proses *differencing* sebanyak 1 kali.
- 2) Prediksi harga nikel untuk Januari 2024 hingga desember 2025 yang di dapatkan mengalami penurunan dari Januari 2024 yang bernilai 16.701,34 \$/ton hingga desember 2025 yang bernilai 16.647,16\$/ton yang dipengaruhi oleh ketidakpastian ekonomi global yaitu *Consumer Price Index* dan *Fed Interest Rate Decision*.
- 3) Keakuratan model dalam penelitian ini sebesar 6,68% yang tergolong sangat akurat menurut kategori Lewis, karena nilai MAPE kurang dari 10% atau dengan kata lain, tingkat reliabilitas prediksi model ini mencapai 93,32%. Rendahnya nilai eror ini membuktikan bahwa variabel-variabel masa lalu dalam data deret waktu telah terpolakan dengan baik oleh metode ARIMAX, sehingga model ARIMAX (0,1,0) dengan meilhat faktor *Consumer Price Index* dan *Fed Interest Rate Decision* ini sangat layak dan aman digunakan sebagai instrumen pengambilan keputusan atau proyeksi harga di masa mendatang.

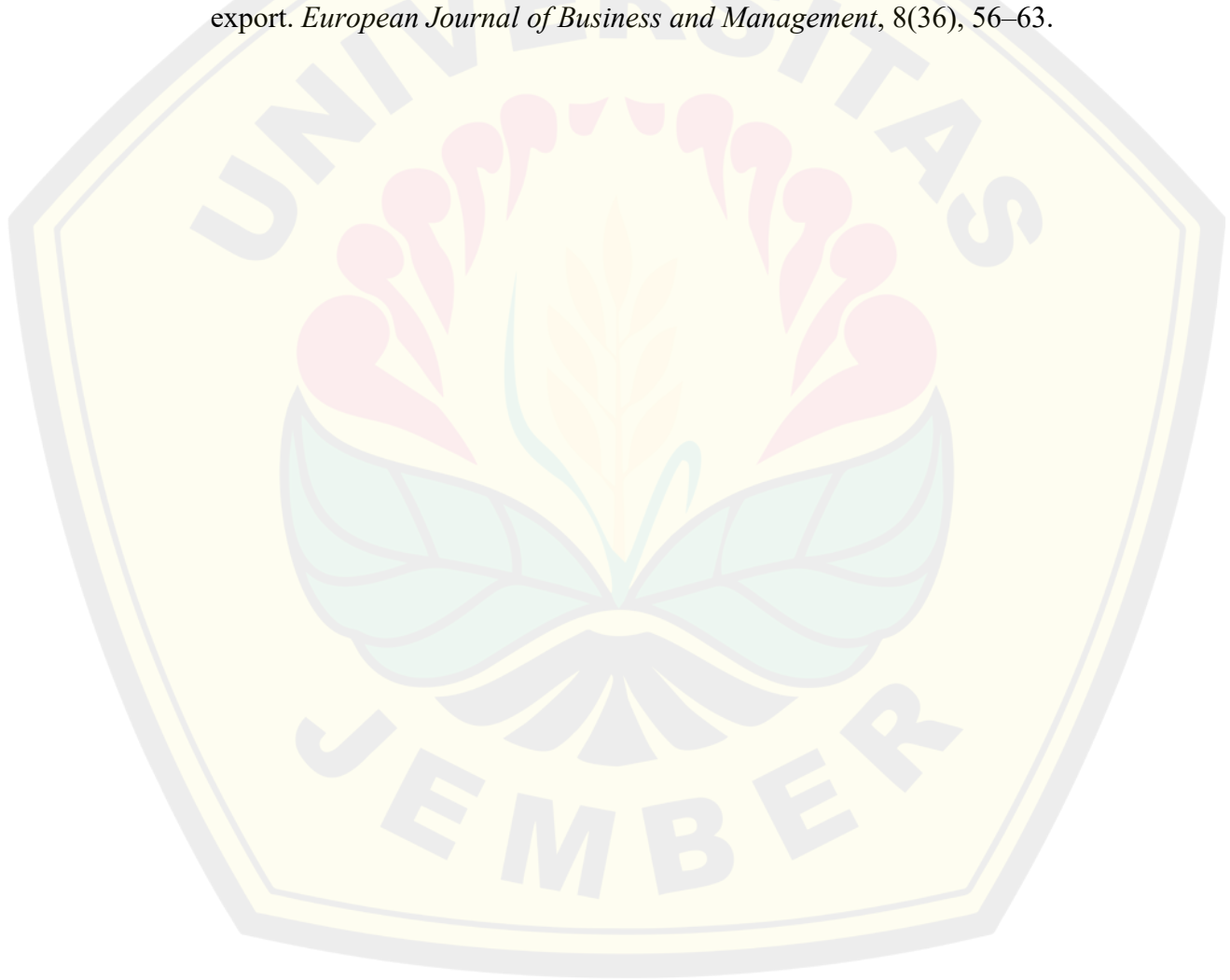
5.2 Saran

- 1) Menambahkan analisis fundamental yang lainnya tidak hanya tingkat suku bunga dan indeks harga konsumen. Contoh lainnya seperti data produksi atau ekspor nikel global yang dapat berpengaruh terhadap nilai AIC dan keakuratan prediksi.
- 2) Penelitian berikutnya juga disarankan memanfaatkan aplikasi lain untuk menentukan model terbaik ARIMA selain menggunakan aplikasi R Studio.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A. M. (2019). Fuzzy sistem: Estimasi harga nikel dunia. *Jurnal Matematika Ilmiah STKIP Muhammadiyah Kuningan*, 5(1), 48–58.
- Aria, H. Y. (2021). Pengolahan data sederhana menggunakan R Studio. *Jurnal SIENNA*, 2(1).
- Dalvi, A. D., Bacon, W. G., Robert, M., & Osborne, C. (2004). *The past and the future of nickel laterites*.
- Deviana, S., & Azis, D. (2021). Analisis model autoregressive integrated moving average data deret waktu dengan metode momen sebagai estimasi parameter. *Jurnal Siger Matematika*, 2(2).
- Hadad, H. H., Novianty, H., & Adolf, H. (2022). Larangan ekspor bijih nikel Indonesia diantara stabilitas perdagangan internasional. *Jurnal Hukum & Pembangunan*, 52(2).
- Indonesian Mining Association. (2024). *Akhiri tren penurunan, harga nikel acuan April 2024 naik 8,7%*. Indonesian Mining Association. <https://ima-api.org/akhiri-tren-penurunan-harga-nikel-acuan-april-2024-naik-87/>
- Investing.com. (2024). *United States consumer price index (CPI)*. Retrieved from <https://www.investing.com/economic-calendar/cpi-733>
- Investing.com. (2024). *Federal Reserve interest rate decision*. Retrieved from <https://www.investing.com/economic-calendar/interest-rate-decision-168>
- Jamal, D. D. (2023). *Advancing the nickel industry: Paving the way for a promising future in Indonesia's battery minerals*.
- Junaid, M. T., Juliana, A., & Sabrina, H. (2020). Studi perbandingan model ARIMA dan GARCH untuk memprediksi harga saham pada perusahaan tambang di Indonesia. *Jurnal Ilmu Keuangan dan Perbankan (JIKA)*, 10(1).
- Kasdi, A. (2016). Permintaan dan penawaran dalam mempengaruhi pasar (Studi kasus di Pasar Bintoro Demak). *Jurnal Bisnis dan Manajemen Islam*, 4(2).
- London Metal Exchange. (2024). *LME nickel*. <https://www.lme.com/Metals/Non-ferrous/LME-Nickel>
- Media Nikel Indonesia. (2022). *LME tutup US\$ 24.945 per ton, Jumat siang ini harga nikel masih merayap*. Nikel.co.id. <https://nikel.co.id/2022/09/30/lme-tutup-us-24945-per-ton-jumat-siang-ini-harga-nikel-masih-merayap/>
- Melas, K. D., Faitatzoglou, A., Michail, N. A., & Artemiou, A. (2024). Volatility spillovers among the major commodities: A review. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(8).
- Nawi, W. I. A. W. M., Hamid, A. A. K. A., Lola, M. S., Zakaria, S., Aruchunan, E., Gobithaasan, R. U., Zainuddin, N. H., Mustafa, W. A., Abdullah, M. L., Mokhtar, N. A., & Abdullah, M. T. (2023). Developing forecasting model for

- future pandemic applications based on COVID-19 data 2020-2022. *PLoS ONE*, 18(5).
- Pratiwi, A., & Wahyuningsih, S. (2022). Analisis volatilitas harga saham sektor minyak dan gas di Indonesia pada masa pandemi Covid-19 dengan metode ARIMA-GARCH. *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori Dan Aplikasi Statistika*, 14(2), 99–109.
- Rosyidah, & Sukmana, R. (2018). Aplikasi metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) pada peramalan stabilitas bank syariah di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Syariah Teori dan Terapan*, 5(2).
- Vegh, G., Reddy, A. K. M. R., Li, X., Deng, S., Amine, K., & Zaghib, K. (2024). North America's potential for an environmentally sustainable nickel, manganese, and cobalt battery value chain. *Batteries*, 10(11).
- Victor-Edema, U. A., & Essi, I. D. (2016). Autoregressive integrated moving average with exogenous variable (ARIMAX) model for Nigerian non oil export. *European Journal of Business and Management*, 8(36), 56–63.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program R untuk Pemodelan ARIMAX Peramalan Harga Nikel Menggunakan R Studio

```
library(aTSA)
library(forecast)
library(lmtest)
library(Metrics)
library(ggplot2)

HN = HN[,c(-1)]
HN = ts (HN, start=c(2020,1), frequency=12)
HN
plot(HN, main = "Harga Nikel 2020-2023")

CPI = CPI[,c(-1)]
CPI = ts (CPI, start=c(2020,1), frequency=12)
CPI
plot(CPI, main = "Consumer Price Index 2020-2023")

FIR = FIR[,c(-1)]
FIR = ts (FIR, start=c(2020,1), frequency=12)
FIR
plot(FIR, main = "Fed Interest Rate Decision 2020-2023")

HN_train = window(HN, end = c(2023, 12))
CPI_train = window(CPI, end = c(2023, 12))
FIR_train = window(FIR, end = c(2023, 12))

adf.test(HN)

HN_diff = diff(HN)
plot(HN_diff)
adf.test(HN_diff)
acf(diff(HN), lag.max=48)
pacf(diff(HN), lag.max=48)

model_arimax = auto.arima(HN_train, xreg = cbind(CPI_train,
FIR_train), trace = TRUE)
summary(model_arimax)

model_CPI = auto.arima(CPI_train)
summary(model_CPI)
future_CPI = forecast(model_CPI, h = 24)

model_FIR = auto.arima(FIR_train)
summary(model_FIR)
future_FIR = forecast(model_FIR, h = 24)

future_CPI
plot(future_CPI)
future_FIR
plot(future_FIR)

future_CPI_numeric = as.numeric(future_CPI$mean)
future_FIR_numeric = as.numeric(future_FIR$mean)

future_xreg = cbind(future_CPI_numeric, future_FIR_numeric)
```

```

colnames(future_xreg) = colnames(cbind(CPI_train, FIR_train))
forecast_arimax = forecast(model_arimax, xreg = future_xreg, h
= 24)
plot(forecast_arimax)
forecast_arimax
checkresiduals(forecast_arimax)

HN_actual = HN_actual[,c(-1)]
HN_actual = ts (HN_actual, start=c(2024,1), frequency=12)
HN_actual

rmse_value = sqrt(mean((HN_actual - forecast_arimax$mean)^2))
print(rmse_value)

mae_value = mean(abs(HN_actual - forecast_arimax$mean))
print(mae_value)

mse_value = mean((HN_actual - forecast_arimax$mean)^2)
print(mse_value)

mape_value = mean(abs((HN_actual - forecast_arimax$mean) /
HN_actual)) * 100
print(mape_value)

plot(forecast_arimax, main = "Prediksi Harga Nikel 2024-2025",
col="blue")
lines(HN_actual, col="red")
lines(HN, col="black")

legend("topleft", legend=c("Prediksi", "Aktual", "Historis"),
col=c("blue", "red", "black"), lty=1, cex=0.8)

```

Lampiran 2 Hasil Tabel Rata-Rata Data Historis Harga Nikel 2020-2023
London Metal Exchange

Bulan	Nikel \$/Ton			
	2020	2021	2022	2023
Januari	\$13.585,23	\$17.911,30	\$22.076,45	\$28.394,95
Ferbuari	\$12.798,00	\$18.626,75	\$23.595,05	\$26.937,45
Maret	\$11.906,91	\$16.452,13	\$37.532,38	\$23.504,52
April	\$11.870,30	\$16.562,55	\$33.156,74	\$24.010,72
Mei	\$12.246,63	\$17.607,53	\$28.134,33	\$22.087,90
Juni	\$12.789,27	\$18.000,55	\$25.725,05	\$21.370,05
Juli	\$13.448,04	\$18.824,73	\$21.552,74	\$21.308,86
Agustus	\$14.582,60	\$19.143,43	\$22.134,50	\$20.677,50
September	\$14.900,73	\$19.354,41	\$22.844,18	\$19.883,14
Oktober	\$15.278,86	\$19.305,33	\$22.153,86	\$18.515,27
November	\$15.850,95	\$19.806,00	\$25.668,36	\$17.259,77
Desember	\$16.879,43	\$19.908,19	\$29.121,60	\$16.680,16

Lampiran 3 Tabel Hasil Rata-Rata Data Aktual Harga Nikel 2024-2025
London Metal Exchange

Bulan	Nikel \$/Ton	
	2024	2025
Januari	\$16.285,45	\$15.582,18
Ferbuari	\$16.539,42	\$15.476,58
Maret	\$17.614,99	\$16.246,65
April	\$18.322,85	\$15.307,25
Mei	\$19.741,42	\$15.514,45
Juni	\$17.709,99	\$15.167,66
Juli	\$16.549,35	\$15.202,76
Agustus	\$16.443,49	\$15.122,38
September	\$16.382,92	\$15.267,51
Oktober	\$17.012,96	\$15.271,48
November	\$15.948,19	\$14.848,87
Desember	\$15.669,00	\$15.028,81

Lampiran 4 Tabel Nilai *Consumer Price Index* 2020-2023 Investing

Bulan	Aktual			
	2020	2021	2022	2023
Januari	0,20%	0,40%	0,50%	-0,10%
Ferbuari	0,10%	0,30%	0,60%	0,50%
Maret	0,10%	0,40%	0,80%	0,40%
April	-0,40%	0,60%	1,20%	0,10%
Mei	-0,80%	0,80%	0,30%	0,40%
Juni	-0,10%	0,60%	1,00%	0,10%
Juli	0,60%	0,90%	1,30%	0,20%
Agustus	0,60%	0,50%	0,00%	0,20%
September	0,40%	0,30%	0,10%	0,60%
Oktober	0,20%	0,40%	0,40%	0,40%
November	0,00%	0,90%	0,40%	0,00%
Desember	0,20%	0,80%	0,10%	0,10%

Lampiran 5 Tabel Nilai *Fed Interest Rate Decision* 2020-2023 Investing

Bulan	Aktual			
	2020	2021	2022	2023
Januari	1,75%	0,25%	0,25%	4,50%
Ferbuari	1,75%	0,25%	0,25%	4,75%
Maret	1,25%	0,25%	0,50%	5,00%
April	0,25%	0,25%	0,50%	5,00%
Mei	0,25%	0,25%	1,00%	5,25%
Juni	0,25%	0,25%	1,75%	5,25%
Juli	0,25%	0,25%	2,50%	5,50%
Agustus	0,25%	0,25%	2,50%	5,50%
September	0,25%	0,25%	3,25%	5,50%
Oktober	0,25%	0,25%	3,25%	5,50%
November	0,25%	0,25%	4,00%	5,50%
Desember	0,25%	0,25%	4,50%	5,50%

**Lampiran 6 *Output Hasil Summary* model ARIMA Harga Nikel CPI
Menggunakan R Studio**

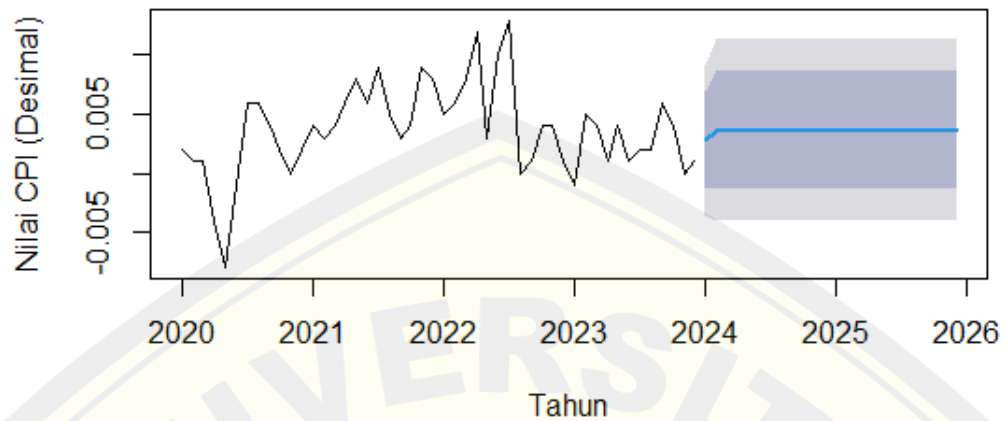
Komponen	Nilai
Model Terpilih	ARIMA(0,1,0) with non-zero mean
Koefisien ma1	0,6785
Koefisien mean	0,0036
Standard Error ma1	0,1378
Standard Error mean	0,0008
Sigma ²	1,045e-05
Log Likelihood	207,85
AIC	-409,71
AICc	-409,16
BIC	-404,09
ME	5,991815e-06
RMSE	0,003164841
MAE	0,002376127
MPE	-Inf
MAPE	Inf
MASE	0,5280283
ACF1	-0,01453756

**Lampiran 7 *Output Hasil Summary* model ARIMA Kebijakan Suku Bunga
Menggunakan R Studio**

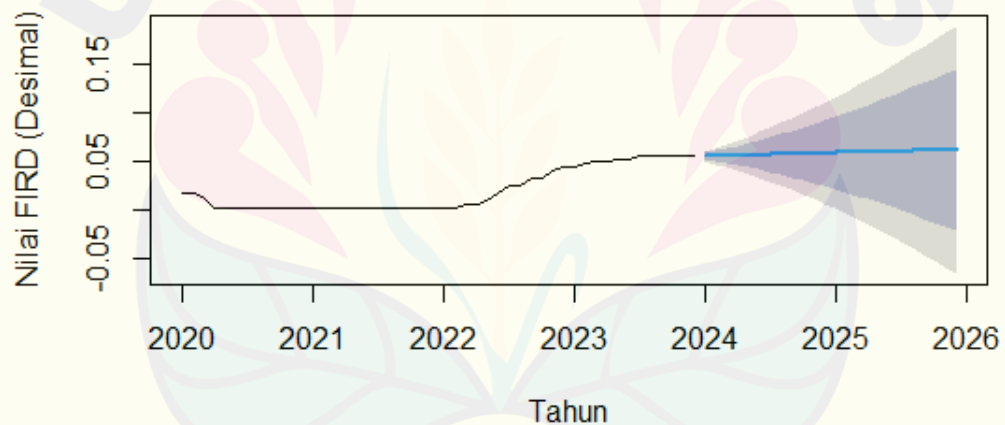
Komponen	Nilai
Model Terpilih	ARIMA(0,2,1)
Koefisien ma1	-0,6897
Standard Error ma1	0,1046
Sigma ²	6,967e-06
Log Likelihood	208,02
AIC	-412,04
AICc	-411,76
BIC	-408,38
ME	0,0001398062
RMSE	0,002555766
MAE	0,001679988
MPE	9,444698
MAPE	25,56878
MASE	0,09486993
ACF1	-0,02833392

Lampiran 8 Grafik Prediksi ARIMA CPI dan Kebijakan Suku Bunga Menggunakan R Studio

Prediksi Consumer Price Index



Prediksi Fed Interest Rate Decision



Lampiran 9 *Output* Hasil Nilai Prediksi ARIMA CPI Menggunakan R Studio

Month	Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jan 2024	0,002828066	-0,001315075	0,006971206	-0,003508321	0,009164453
Feb 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Mar 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Apr 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
May 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Jun 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Ju1 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Aug 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Sep 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Oct 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Nov 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Dec 2024	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Jan 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Feb 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Mar 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Apr 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
May 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Jun 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Ju1 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Aug 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Sep 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Oct 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Nov 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509
Dec 2025	0,003644265	-0,001362539	0,008651068	-0,004012980	0,011301509

**Lampiran 10 *Output* Hasil Nilai Prediksi ARIMA Kebijakan Suku Bunga
Menggunakan R Studio**

Month	Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jan 2024	0,05527906	0,0518962991	0,05866182	0,050105573	0,06045255
Feb 2024	0,05555812	0,0499822492	0,06113400	0,047030560	0,06408568
Mar 2024	0,05583718	0,0480176023	0,06365677	0,043878166	0,06779620
Apr 2024	0,05611624	0,0459273510	0,06630514	0,040533676	0,07169881
May 2024	0,05639531	0,0436950114	0,06909560	0,036971882	0,07581873
Jun 2024	0,05667437	0,0413185333	0,07203020	0,033189646	0,08015909
Ju1 2024	0,05695343	0,0388004667	0,07510639	0,029190869	0,08471599
Aug 2024	0,05723249	0,0361448951	0,07832008	0,024981797	0,08948318
Sep 2024	0,05751155	0,0333563130	0,08166679	0,020569302	0,09445380
Oct 2024	0,05779061	0,0304391837	0,08514204	0,015960212	0,09962101
Nov 2024	0,05806967	0,0273977641	0,08874158	0,011161036	0,10497831
Dec 2024	0,05834873	0,0242360439	0,09246143	0,006177876	0,11051959
Jan 2025	0,05862780	0,0209577337	0,09629786	0,001016407	0,11623918
Feb 2025	0,05890686	0,0175662745	0,10024744	-0,004318108	0,12213182
Mar 2025	0,05918592	0,0140648562	0,10430698	-0,009820791	0,12819263
Apr 2025	0,05946498	0,0104564394	0,10847352	-0,015487115	0,13441707
May 2025	0,05974404	0,0067437761	0,11274431	-0,021312869	0,14080095
Jun 2025	0,06002310	0,0029294297	0,11711677	-0,027294135	0,14734034
Ju1 2025	0,06030216	-0,0009842062	0,12158853	-0,033427250	0,15403158
Aug 2025	0,06058122	-0,0049948920	0,12615734	-0,039708791	0,16087124
Sep 2025	0,06086029	-0,0091005273	0,13082110	-0,046135545	0,16785612
Oct 2025	0,06113935	-0,0132991376	0,13557783	-0,052704491	0,17498318
Nov 2025	0,06141841	-0,0175888632	0,14042568	-0,059412786	0,18224960
Dec 2025	0,06169747	-0,0219679489	0,14536289	-0,066257746	0,18965268

Lampiran 11 *Output Hasil Summary* model ARIMAX Menggunakan R Studio

Komponen	Nilai
Model Terpilih	Regression with ARIMA(0,1,0)
Koefisien CPI	13.133,52
Koefisien FIR	-10.112,43
Standard Error CPI	102.674,73
Standard Error FIR	130.155,09
Sigma ²	7.375.022
Log Likelihood	-437,29
AIC	881,13
AICc	881,78
BIC	886,13
ME	72,93784
RMSE	12.615,53
MAE	1.077,373
MPE	0,006126404
MAPE	6,680422
MASE	0,2403804
ACF1	0,07065286