

SKRIPSI

**PREDIKSI HARGA NIKEL ACUAN INDONESIA TAHUN 2024
DAN 2025 MENGGUNAKAN METODE *AUTOREGRESSIVE
INTEGRATED MOVING AVERAGE* DAN REGRESI
LINEAR BERGANDA**

Disusun dan diajukan oleh:

**KARNO NUGROHO SILANGIN
D111 19 1065**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PREDIKSI HARGA NIKEL ACUAN INDONESIA TAHUN 2024 DAN 2025 MENGGUNAKAN METODE *AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE* DAN REGRESI LINEAR BERGANDA

Disusun dan diajukan oleh

**KARNO NUGROHO SILANGIN
D111191065**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 19 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

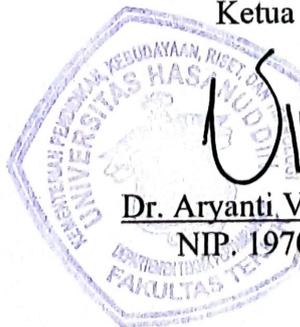


Dr. Eng. Rini Novrianti S. Tui, ST., MBA., MT.
NIP. 198311142014042001



Rizki Amalia, ST., MT.
NIDK. 8889211019

Ketua Program Studi,

Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT.
NIP. 197010052008012026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Karno Nugroho Silangin

NIM : D111191065

Program Studi : Teknik Pertambangan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Prediksi Harga Nikel Acuan Indonesia Tahun 2024 dan 2025 Menggunakan Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* dan Regresi Linear Berganda”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 19 Januari 2024

Yang Menyatakan

A 10,000 Indonesian Rupiah postage stamp is shown. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SPULUH RIBU RUPIAH', '10000', and 'METERAI TENDEK'. The serial number '4068AAJX014111698' is visible at the bottom. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

Karno Nugroho Silangin

ABSTRAK

KARNO NUGROHO SILANGIN. *Prediksi Harga Nikel Acuan Indonesia Tahun 2024 dan 2025 Menggunakan Metode Analisis Autoregressive Integrated Moving Average dan Regresi Linear Berganda* (dibimbing oleh Rini Novrianti Sutardjo Tui dan Rizki Amalia)

Nikel merupakan salah satu komoditas mineral strategis Indonesia dimana Indonesia termasuk dalam 10 besar negara penghasil Nikel di dunia. Beberapa tahun terakhir pola produksi dan penjualan nikel juga terlihat mengalami perubahan terutama pada tahun 2017 hingga tahun 2023 dengan perubahan yang signifikan, sementara itu kurs rupiah terhadap dolar US juga ikut berubah setiap bulannya. Produksi nikel, penjualan nikel, dan perubahan kurs secara langsung mempengaruhi perubahan harga nikel acuan Indonesia. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi harga nikel acuan Indonesia tahun 2024-2025 dan mengetahui hubungannya terhadap produksi nikel, penjualan nikel dan perubahan kurs. Penelitian ini menggunakan metode analisis ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) untuk prediksi pada produksi nikel, penjualan nikel dan perubahan kurs serta regresi linear berganda yang digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel dan juga untuk menghitung hasil prediksi harga nikel acuan Indonesia menggunakan persamaan regresi yang terbentuk. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil prediksi harga nikel Acuan Indonesia akan terus mengalami peningkatan dari Januari 2024 hingga Desember 2025. Selain itu berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda dapat dilihat bahwa produksi nikel, penjualan nikel dan perubahan kurs rupiah terhadap dolar USD berpengaruh secara simultan terhadap harga nikel acuan sebesar 76,37%. Juga dapat dilihat bahwa hanya nilai koefisien produksi nikel yang bernilai negatif sedangkan penjualan nikel dan perubahan kurs keduanya bernilai positif. Nilai positif pada koefisien pada variabel bebas menunjukkan bahwa apabila nilainya naik maka nilai pada variabel terikat juga akan ikut naik. Sedangkan nilai negatif pada variabel bebas mengindikasikan apabila nilainya meningkat maka nilai pada variabel terikat akan menurun begitu pula sebaliknya.

Kata Kunci: Harga Nikel Acuan, ARIMA, Regresi Linear Berganda

ABSTRACT

KARNO NUGROHO SILANGIN. *Indonesia Reference Nickel Price Prediction for 2024 and 2025 Using Autoregressive Integrated Moving Average and Multiple Linear Regression (guided by Rini Novrianti Sutardjo Tui and Rizki Amalia)*

Nickel is one of Indonesia's strategic mineral commodities where Indonesia is included in the top 10 nickel producing countries in the world. In recent years, nickel production and sales patterns have also seen changes, especially from 2017 to 2023 with significant changes, meanwhile the rupiah exchange rate against the US dollar also changes every month. Nickel production, nickel sales and exchange rate changes directly influence changes in Indonesia's reference nickel price. This research was conducted to predict Indonesia's reference nickel price for 2024-2025 and determine its relationship to nickel production, nickel sales and exchange rate changes. This research uses the ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) analysis method to predict nickel production, nickel sales and exchange rate changes as well as multiple linear regression which is used to determine the relationship between variables and also to calculate the prediction results for the Indonesian reference nickel price using the regression equation formed. This research shows that the predicted results of the Indonesian benchmark nickel price will continue to increase from January 2024 to December 2025. In addition, based on the results of multiple linear regression analysis, it can be seen that nickel production, nickel sales and changes in the rupiah exchange rate against the USD dollar simultaneously influence the reference nickel price by 76.37%. It can also be seen that only the nickel production coefficient value is negative, while nickel sales and exchange rate changes are both positive. A positive value on the coefficient on the independent variable indicates that if the value increases, the value on the dependent variable will also increase. Meanwhile, a negative value for the independent variable indicates that if the value increases, the value of the dependent variable will decrease and vice versa.

Keywords: Reference Nickel Price, ARIMA, Multiple Linear Regression

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Nikel.....	4
2.2 Data Deret Waktu (<i>Time Series</i>).....	9
2.3 <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	15
2.4 Regresi Linear.....	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	36
3.2 Variabel Penelitian.....	37
3.3 Alat Penelitian.....	37
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	37
3.5 Teknik Analisis	40
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Prediksi Produksi Nikel, Penjualan Nikel dan Perubahan Kurs	49
4.2 Hubungan Harga Nikel Terhadap Perubahan Kurs, Produksi dan Penjualan Nikel.....	60
4.3 Prediksi Harga Nikel Acuan Indonesia.....	63
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	67

5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	67
DAFTAR PUSTAKA		68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Data Horizontal	10
Gambar 2 Data Musiman	11
Gambar 3 Data <i>Cyclical</i>	11
Gambar 4 Data <i>Trend</i>	12
Gambar 5 Contoh Data Hipotesis	23
Gambar 6 Representasi Gambar Bagi Model Regresi Linear	23
Gambar 7 Normal <i>P-P Plot of Residual</i>	30
Gambar 8 Contoh <i>Model Summary</i>	31
Gambar 9 Tiga Model Variabel <i>Dummy</i>	35
Gambar 10 Peta Sebaran Nikel Indonesia.....	36
Gambar 11 Pengaturan Rentang Waktu Data	40
Gambar 12 Pembuatan Folder Data	41
Gambar 13 Input Data.....	41
Gambar 14 Uji <i>Augmented Dickey-Fuller</i>	41
Gambar 15 Pemilihan <i>Correlogram</i> Data.....	42
Gambar 16 Melihat <i>Correlogram</i> Data.....	42
Gambar 17 Estimasi Model ARIMA	43
Gambar 18 <i>Forecasting</i> Data.....	43
Gambar 19 Penentuan Rentang Waktu Data.....	44
Gambar 20 Input Data dan Penentuan Variabel.....	44
Gambar 21 Estimasi Persamaan Regresi.....	45
Gambar 22 Contoh Hasil Regresi Linear	45
Gambar 23 Uji Normalitas	46
Gambar 24 Uji Multikolinieritas	46
Gambar 25 Uji Heteroskedastisitas	47
Gambar 26 Uji Autokorelasi	47
Gambar 27 Bagan Alir Penelitian	48
Gambar 28 Hasil ADF Test Data Produksi Nikel.....	49
Gambar 29 ARMA Structure Produksi Nikel	50
Gambar 30 Correlogram Data Produksi Nikel.....	50
Gambar 31 Hasil Estimasi Model ARIMA (1 0 1) Produksi Nikel.....	51

Gambar 32 Hasil Prediksi Produksi Nikel (2024-2025)	52
Gambar 33 Hasil <i>ADF Test</i> Data Penjualan Nikel.....	53
Gambar 34 <i>ARMA Structure</i> Penjualan Nikel.....	53
Gambar 35 <i>Correlogram</i> Data Penjualan Nikel.....	53
Gambar 36 Hasil Estimasi Model ARIMA (1 0 5) Penjualan Nikel.....	55
Gambar 37 Hasil Prediksi Penjualan Nikel (2024-2025).....	56
Gambar 38 Hasil <i>ADF Test</i> Data Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dolar AS...	56
Gambar 39 <i>ARMA Structure</i> Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dolar AS.....	56
Gambar 40 <i>Correlogram</i> Data Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dolar AS.....	57
Gambar 41 Hasil Estimasi Model ARIMA (1 0 1) Perubahan Kurs.....	58
Gambar 42 Hasil Prediksi Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dolar AS.....	59
Gambar 43 Hasil Analisis Regresi Berganda.....	60
Gambar 44 Hasil Uji Normalitas.....	62
Gambar 45 Hasil Prediksi Harga Nikel Acuan Indonesia (2024-2025).....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Harga Nikel Acuan Indonesia	38
Tabel 2 Produksi Nikel <i>Matte</i> Indonesia.....	38
Tabel 3 Penjualan Nikel <i>Matte</i> Indonesia (dalam USD).....	39
Tabel 4 Penjualan Nikel <i>Matte</i> Indonesia (dalam ton).....	39
Tabel 5 Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dolar AS	39
Tabel 6 Parameter Model ARIMA Produksi Nikel.....	51
Tabel 7 Hasil Prediksi Produksi Nikel (2024-2025)	52
Tabel 8 Parameter Model ARIMA Penjualan Nikel	54
Tabel 9 Hasil Prediksi Penjualan Nikel (2024-2025)	55
Tabel 10 Parameter Model ARIMA Perubahan Kurs Rupiah Terhadap USD	57
Tabel 11 Hasil Prediksi Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dolar AS.....	58
Tabel 12 Hasil Uji Multikolinieritas	63
Tabel 13 Hasil Uji Autokorelasi	63
Tabel 14 Hasil Prediksi Harga Nikel Acuan Indonesia (2024-2025)	64

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

SINGKATAN	ARTI SIMBOL
ARIMA	<i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>
ARMA	<i>Autoregressive Moving Average</i>
ACF	<i>Autocorrelation Function</i>
PAC	<i>Partial Autocorrelation</i>
DCF	<i>Dickey Fuller Test</i>
AC	<i>Autocorrelation</i>
ADF	<i>Augmented Dickey Fuller Test</i>
AR	<i>Autoregressive</i>
MA	<i>Moving Average</i>
ESDM	Energi dan Sumber Daya Mineral
VIF	<i>Variance Inflation Factor</i>
D-W	<i>Durbin-Watson</i>
p-value	Nilai Probabilitas
R ²	<i>Koefisien Determinasi</i>
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
Y	Variabel Terikat
X	Variabel Bebas
μ	Konstanta
D	Parameter <i>Differencing</i>
df	<i>Degree of Freedom</i>
n	Jumlah Observasi
ξ	Parameter Konstan
ε	Nilai Sisaan
ϕ	Parameter <i>Autoregressive</i>
θ	Koefisien Parameter <i>Moving Average</i>

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim. Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “Prediksi Harga Nikel Acuan Indonesia Tahun 2024 dan 2025 Menggunakan Metode Analisis *Autoregressive Integrated Moving Average* dan Regresi Linear Berganda” sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

Skripsi ini merupakan sebuah karya penulis yang dirangkai sejak Juli 2023 dan puji syukur dapat diselesaikan pada Oktober 2023. Butuh kegigihan, usaha dan kesabaran dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi yang telah dibuat ini bisa terselesaikan dengan baik berkat dukungan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih kepada Ibu Dr. Eng. Rini Novrianto S. Tui, ST., MBA., MT. dan Ibu Rizki Amalia, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi atas segala bimbingan, arahan, saran serta bantuan yang telah diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, kepada Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT. dan Bapak Asta Arjunoarwan, ST., MT. selaku dosen penguji, serta kepada seluruh jajaran dosen Departemen Teknik Pertambangan yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi dan memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

Terima kasih kepada seluruh teman-teman IGNEOUZ 2019 dan teman-teman anggota Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang yang telah mendukung dan memberi semangat serta masukan selama penulis melakukan penelitian dan dalam penyusunan skripsi. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis terutama Ibu yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, nasehat, serta kesabaran luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis, yang merupakan anugerah terbesar dalam hidup. Penulis berharap bisa menjadi anak yang dibanggakan.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan pengetahuan dan wawasan tentang ilmu pertambangan khususnya di bidang nikel terutama pada aspek penentuan harga acuan nikel Indonesia dan hal-hal yang mempengaruhinya.

Gowa, Desember 2023
Penulis,

Karno Nugroho Silangin

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel merupakan salah satu komoditas mineral strategis Indonesia dimana Indonesia termasuk dalam 10 besar negara penghasil Nikel di dunia. Jika dilihat dari segi potensi cadangan, Indonesia menempati urutan keenam dengan potensi cadangan sebesar 5% dari total seluruh cadangan dunia. Hal ini menunjukkan posisi penting Indonesia di dunia pertambangan bijih nikel. Data *US Geological Survey* menyebutkan bahwa dari 80 juta metrik ton cadangan Nikel dunia, hampir 4 juta metrik ton tersimpan di Indonesia. Cadangan nikel dunia saat ini yaitu jenis laterit sebanyak 72% dan sisanya sulfida, tetapi produksi nikel saat ini sebagian besar diperoleh dari jenis sulfida yaitu sebanyak 58% dan sisanya 42% dari jenis laterit (Dalvi, 2004).

Nikel hingga saat ini masih digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi baterai, pembuatan baja tahan karat, serta cairan turunan nikel yang digunakan untuk alat pengobatan dan larutan pembersih. Tingginya permintaan tersebut terhadap nikel secara langsung akan mempengaruhi pergerakan dari harga nikel acuan. Dampak kuat dari wabah COVID-19 yang terjadi beberapa tahun belakangan pada pasar pertambangan global menyebabkan fluktuasi harga produk mineral dan stok pertambangan yang parah (Zhu *et al.*, 2023). Hal lain yang juga mempengaruhi pergerakan harga nikel acuan adalah adanya larangan ekspor bijih nikel di Indonesia yang diberitakan oleh media lokal maupun internasional, hal ini sekaligus menyebabkan ketegangan dan kekhawatiran bagi para pengimpor (Lu *et al.*, 2023). Selain itu, beberapa tahun terakhir pola produksi dan penjualan nikel juga terlihat mengalami perubahan yang cukup signifikan pada tahun 2017 hingga tahun 2023. Apabila tingkat penjualan nikel lebih rendah dibanding tingkat produksi nikel, maka harga nikel acuan bisa mengalami peningkatan. Melihat kondisi tersebut perusahaan tambang nikel yang ada di Indonesia harus mampu memprediksi harga nikel acuan ke depannya sehingga produksi dapat disesuaikan dengan kebutuhan pasar, dengan kata lain produksi dan penjualan nikel secara langsung juga mempengaruhi perubahan harga nikel acuan Indonesia. Karena perubahan pola begitu besar, beberapa perusahaan bahkan telah mempersiapkan

pengoptimalan produksi nikel untuk menekan perubahan tersebut (Aprisal dan Abadi, 2019). Penelitian ini juga dilakukan untuk melihat bagaimana perubahan kurs rupiah terhadap dolar AS mempengaruhi harga nikel acuan Indonesia.

Prediksi mempunyai peran yang cukup penting dalam memutuskan apa yang akan dilakukan (Sah and Degtiarev, 2005). Aktivitas prediksi harga suatu barang termasuk tambang mineral seperti nikel membutuhkan analisis. Prediksi harga nikel dapat membantu para pelaku industri, investor, dan pemangku kepentingan lainnya untuk memperoleh pandangan yang lebih jelas tentang tren pasar dan membuat keputusan yang baik. Metode analisis yang biasa digunakan adalah metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Metode ini menggunakan nilai masa lalu dan sekarang (data *time series*) dari variabel dependen untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. Model ARIMA memiliki kekuatan dan fleksibilitas yang tinggi dalam menganalisis berbagai data deret waktu dan nilai ramalan yang dihasilkan lebih akurat (Montgomery *et. al.*, 2008). Kelebihan ARIMA adalah memiliki sifat yang fleksibel (mengikuti pola data), memiliki tingkat akurasi peramalan yang cukup tinggi, cocok digunakan untuk meramal sejumlah variabel dengan cepat, sederhana, akurat, dan murah karena hanya membutuhkan data historis untuk melakukan peramalannya (Meyler *et al.*, 2008). Selanjutnya metode yang juga sering digunakan dalam analisis data time series adalah metode regresi linear berganda (*multiple linear regression*). Regresi Linear Berganda adalah metode statistik yang digunakan untuk mengukur hubungan antara satu variabel dependen dengan dua atau lebih variabel independen (Susanti dan Adji, 2020). Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk memprediksi nilai variabel dependen berdasarkan nilai-nilai variabel independen. Penelitian ini menggunakan analisis ARIMA untuk memprediksi produksi nikel, penjualan nikel dan perubahan kurs, sementara metode regresi linear berganda digunakan untuk menentukan hubungannya terhadap harga nikel acuan. Analisis regresi linear berganda menghasilkan suatu model regresi yang kemudian akan digunakan untuk memprediksi harga nikel acuan Indonesia tahun 2024 hingga 2025 karena penelitian menggunakan lebih dari satu variabel yaitu harga nikel acuan sebagai variabel terikat dan produksi nikel, penjualan nikel, perubahan kurs rupiah terhadap dolar Amerika Serikat sebagai variabel bebas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hubungan antara harga nikel acuan Indonesia terhadap produksi nikel, penjualan nikel dan perubahan kurs rupiah terhadap dolar Amerika Serikat?
2. Bagaimana hasil prediksi harga nikel acuan sepanjang tahun 2024 dan tahun 2025?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dengan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan hubungan antara harga nikel acuan Indonesia terhadap produksi nikel, penjualan nikel dan perubahan kurs rupiah terhadap dolar Amerika Serikat.
2. Menghitung prediksi harga nikel acuan sepanjang tahun 2024 hingga tahun 2025.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki manfaat sebagai acuan dan patokan informasi harga nikel acuan di Indonesia baik bagi perusahaan produsen nikel, konsumen maupun pihak akademisi.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini mencakup rekapan data yang diperoleh dari Minerba One Data Indonesia, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dan Kementrian Perdagangan Indonesia antara lain data produksi, penjualan, dan harga acuan nikel dari seluruh perusahaan yang melakukan penambangan terhadap komoditas nikel di Indonesia, serta data perubahan kurs rupiah terhadap dolar Amerika Serikat. Data-data penelitian ini mengambil data tiap bulannya dengan rentang waktu dimulai dari Oktober 2017 hingga November 2022.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nikel

2.1.1 Pengertian Nikel

Nama nikel berasal dari Bahasa Saxony, Jerman yaitu *kupfernickel* atau dalam Bahasa Indonesia “tembaga seta”. Pada 1700 para penambang tembaga di Saxony menemukan elemen aneh yang warnanya lebih mengkilap daripada tembaga, Namun tidak seperti tembaga, warna elemen ini berubah menjadi warna perak ketika sudah diolah. Selain itu, elemen ini lebih keras dibanding dengan tembaga. Elemen dengan karakteristik unik ini akhirnya berhasil diidentifikasi oleh seorang ahli mineral, Baron Axel Fredrik Cronstedt yang menemukan sebuah mineral bernama *niccolite* yang ditemukan di area tambang di Swedia (Arif, 2018).

Nikel adalah unsur logam yang terbentuk secara alami dan memiliki ciri mengkilap serta berwarna putih keperak-perakan. Akan tetapi, unsur ini jarang ditemukan dalam keadaan murni logam di alam. Dalam tabel periodik, letak nikel berdekatan dengan tembaga, kobalt, dan besi. Secara kekuatan dan ketangguhan, nikel serupa dengan besi meskipun sifat magnetiknya tidak sekuat besi serta jauh lebih tahan terhadap korosi dan oksidasi, mirip dengan karakteristik tembaga. Nikel merupakan salah satu dari lima unsur logam yang paling umum dijumpai di bumi dan ditemukan secara luas di kerak bumi. Nikel juga merupakan penghantar listrik dan panas yang cukup baik (Arif, 2018).

Nikel adalah salah satu dari enam logam utama yang dibutuhkan untuk transisi global energi rendah karbon. Beberapa tahun terakhir, dengan pesatnya pertumbuhan industri kendaraan energi baru, ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan sumber daya nikel global menjadi semakin nyata. Meningkatnya kontradiksi antara pasokan dan permintaan dapat dengan mudah menimbulkan masalah terkait pasokan sumber daya dan kekurangan pasokan akan membahayakan pembangunan yang sehat dan teratur di seluruh rantai industri. Pemahaman terhadap karakteristik struktur perdagangan dalam rantai industri dan korelasi antar lapisan yang berdekatan dapat memberikan acuan tertentu bagi pengambil keputusan untuk mencegah risiko pasokan (Wang *et al.*, 2022).

2.1.2 Peranan Nikel

Nikel banyak digunakan dalam bidang baja, paduan berbasis nikel, pelapisan listrik dan baterai (Mudd, 2010) dan nikel telah terdaftar sebagai krisis mineral nasional oleh Amerika Serikat, Jepang dan negara-negara lain. Nikel memiliki kinerja luar biasa dan memainkan peran yang tak tergantikan dalam bidang penerbangan, pertahanan nasional, dan konstruksi modernisasi perkotaan yang telah berlangsung selama beberapa dekade dan pembangunan serta pemanfaatannya yang berkelanjutan telah menjadi perhatian global (Gulley *et al.*, 2018). Beberapa tahun terakhir, peningkatan jumlah nikel dalam baterai mobil listrik cukup luar biasa. Prevalensi nikel dalam baterai diperkirakan akan melonjak dari hanya di bawah 4% pada tahun 2016 menjadi 11% pada tahun 2022, dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata lebih dari 20% (Elshkaki *et al.*, 2018). Namun, serangkaian kebijakan pertambangan dan ekspor di Indonesia dan Filipina, yang merupakan produsen utama nikel, telah menimbulkan ketidakpastian terhadap keamanan pasokan nikel global. Selain itu, beberapa peristiwa besar, seperti wabah COVID-19 pada tahun 2020, menyebabkan pasokan sebagian besar logam utama berisiko terganggu. Menjaga keseimbangan antara pasokan dan permintaan nikel merupakan tantangan besar yang dihadapi dunia (Zeng *et al.*, 2018), dan semakin intensifnya kontradiksi antara pasokan dan permintaan kemungkinan besar akan mengarah pada masalah keamanan sumber daya, yang selalu menjadi masalah utama permasalahan inti pembangunan berkelanjutan nasional. Kekurangan pasokan sumber daya strategis utama di suatu negara akan membahayakan pembangunan yang sehat dan tertib di seluruh rantai industri (Wang *et al.*, 2021).

Indonesia pada tahun 2009 menetapkan undang-undang pertambangan yang mewajibkan industri pertambangan mineral untuk mengolah atau memanfaatkan berbagai komoditas, termasuk nikel (Ni) di Indonesia, hingga tingkat kehalusan tertentu sebelum mengekspornya ke pasar internasional. Undang-undang ini mendorong perusahaan pertambangan untuk membangun *smelter* dan infrastruktur lainnya, meningkatkan harga komoditas pertambangan, meningkatkan pendapatan pajak Indonesia, dan menciptakan lebih banyak lapangan kerja (Devi dan Prayogo, 2013). Kebijakan tersebut dibarengi dengan pengaturan bea ekspor yang disesuaikan dengan perkembangan pembangunan *smelter* di Indonesia. Nikel

merupakan logam fundamental dalam infrastruktur dan teknologi modern untuk aplikasi militer, kelautan, transportasi, ruang angkasa, dan arsitektur (Farjana *et al.*, 2019).

Selama pengolahan nikel, hal terpenting yang menjadi perhatian lingkungan adalah konsumsi energi, yang secara langsung berdampak pada pembentukan emisi gas rumah kaca, cairan, dan pelepasan gas dalam jumlah besar (Norgate *et al.*, 2006). Indonesia memiliki sumber daya Ni laterit yang cukup besar, yang telah dikembangkan dalam beberapa dekade terakhir untuk menjadi produsen utama global (Mudd, 2010). Pada tahun 2016, Indonesia merupakan salah satu dari sepuluh negara penghasil nikel terbesar di dunia, menyumbang 5,74% dari total cadangan dunia, sementara produksinya mencapai 7% dari total produksi nikel. Pada tahun 2014, industri pertambangan menyumbang sekitar 9% terhadap total produk domestik bruto Indonesia. Namun, industri ini mewakili bagian yang lebih besar dalam perekonomian regional di banyak provinsi, termasuk Sulawesi, Nusa Tenggara Barat, dan Papua. Oleh karena itu, penambangan dan pengolahan nikel memainkan peran penting dalam perekonomian negara (Kurniawan *et al.*, 2021).

Tiga ratus dua puluh delapan perusahaan pertambangan nikel memegang izin eksplorasi. Dua ratus delapan puluh perusahaan mempunyai kontrak kerja operasi dan produksi, dan mayoritas berlokasi di Provinsi Sulawesi Tenggara. Pada Agustus 2016, sebanyak 84 industri pertambangan membangun fasilitas *smelter* dengan berbagai tahap, mulai dari pra-konstruksi hingga produksi. Pada tahun 2018, produksi produk rafinasi nikel telah terealisasi sebanyak 76.650 ton (*nickel matte*). Seluruh produsen nikel wajib membayar royalti produksi yang besarnya bervariasi tergantung skala penambangan, tingkat produksi, dan harga komoditas pertambangan. Tarif royalti produksi nikel saat ini adalah 4%–5%. Pada tahun 2022, Indonesia akan mengembangkan 29 fasilitas pengolahan nikel baru dengan kapasitas produksi sebanyak 70 juta ton per tahun (Kurniawan *et al.*, 2021).

Sebagai salah satu produsen nikel terbesar di dunia, Indonesia memperoleh manfaat dari peningkatan investasi pertambangan nikel dan promosi ekspor komoditas tersebut (Widiatedja, 2021). Lebih khusus lagi, meskipun produksinya sangat memakan energi, nikel memainkan peran penting. Potensi khususnya menjadikannya bagian penting dari transformasi energi. Kualitas Nikel

memudahkan penerapannya dalam berbagai teknologi energi terbarukan, termasuk panas bumi, kendaraan listrik dan baterai penyimpan energi, hidrogen, tenaga air, angin, dan tenaga surya terkonsentrasi (Zheng *et al.*, 2014). Selain itu, energi nuklir, sistem penangkapan dan penyimpanan karbon juga membutuhkan mineral ini, yaitu nikel. Hasilnya, penggunaan nikel dalam proses produksi energi ramah lingkungan meningkat drastis di berbagai negara (Wang *et al.*, 2021). Sejak awal tahun 2010-an, asupan nikel meningkat secara signifikan karena penggunaan mineral penting ini dalam industri produksi energi terbarukan. Permintaan nikel berasal dari Eropa (38%) dan Asia (37%) pada tahun 1996. Namun, pada tahun 2017, negara-negara Eropa hanya menyumbang 16 persen dari penggunaan di seluruh dunia, sementara Asia menyumbang hampir tiga perempatnya. Dengan hanya 1% dari konsumsi global, Amerika menyumbang 9% dari permintaan, sementara Afrika hampir tidak menguranginya. Secara keseluruhan, pasokan nikel dunia telah meningkatkan pasokan ekspor mineral di pasar internasional (Islam *et al.*, 2023).

2.1.3 Produksi Nikel Nasional

Indonesia dan Filipina termasuk negara pemasok nikel laterit terbesar di dunia. Pada 2012, produksi pertambangan nikel dunia diperkirakan naik 7% yang terutama didorong oleh beberapa proyek nikel laterit, termasuk Indonesia dan Filipina. Tahun 2013, Indonesia menjadi pemasok utama nikel dunia dengan persentase sebesar 34%. Pada tahun berikutnya, peran tersebut diambil alih Filipin karena pada 2014 Indonesia memberlakukan larangan ekspor mineral mentah. Terdapat empat jenis produk nikel yang dipasarkan oleh Indonesia antara lain sebagai berikut (Arif, 2018):

1. Bijih nikel (*nickel ore*)

Bijih nikel yang tidak melalui proses pengolahan dan pemurnian lanjut merupakan produk umum yang sering dipasarkan.

2. Nikel *matte* (*nickel matte*)

Nikel *matte* merupakan produk utama dari Indonesia yang memberi kontribusi sebesar 5% terhadap kebutuhan nikel dunia, Nikel *matte* di Indonesia diproduksi oleh PT Vale Indonesia Tbk. yang memiliki pabrik pengolahan dan pemurnian bijih nikel menjadi nikel *matte* di Sorowako, Sulawesi Selatan.

3. Feronikel (*ferronickel*)

Feronikel merupakan salah satu produk utama dari pengolahan bijih nikel kadar tinggi (saproilit) melalui proses pirometalurgi. Feronikel Indonesia umumnya diproduksi oleh PT. Aneka Tambang dengan kandungan sekitar 20% nikel dan 80% besi. Feronikel dapat diproduksi dalam bentuk butiran atau batangan, serta dengan karbon kadar tinggi atau rendah. Umumnya feronikel digunakan sebagai bahan baku untuk produksi baja nirkarat.

4. *Nickel Pig Iron* (NPI)

NPI merupakan feronikel kadar rendah yang dikembangkan di Tingkok sebagai alternatif yang lebih murah dari nikel murni untuk produksi baja tahan karat. Proses produksi NPI menggunakan bijih nikel laterit sebagai pengganti nikel murni yang dijual di pasar dunia.

Terdapat dua perusahaan tambang nikel terbesar di Indonesia yaitu PT Vale Indonesia Tbk. dan PT Aneka Tambang Tbk. PT Vale memproduksi bijih nikel dan memprosesnya menjadi nikel *matte*, sedangkan PT Antam mengolahnya menjadi feronikel (Arif, 2018).

2.1.4 Kualitas Nikel Indonesia

Kualitas nikel adalah sifat fisik dan kimia dari bijih nikel yang memengaruhi proses pengolahan dan pemurnian nikel. Umumnya, kualitas bijih nikel ditentukan oleh kadar nikel yang terkandung dalam bijih nikel tersebut. Secara umum, bijih nikel Indonesia terbagi atas bijih nikel saproilit dan limonit (Arif, 2018).

Bijih nikel limonit adalah bijih nikel laterit kadar rendah dan mengandung 0,8 - 1,5% nikel, 40 – 50% besi dan sedikit kobalt. Limonit terletak di atas lapisan saproilit sehingga lebih murah dan mudah untuk ditambang, sedangkan bijih nikel saproilit terbentuk di bawah zona limonit. Saproilit secara umum mengandung sekitar 1,5-3% nikel dan digolongkan sebagai bijih laterit kadar tinggi. Adapun nikel laterit di daerah beriklim lembab memiliki kandungan nikel yang lebih tinggi dibandingkan endapan nikel laterit di daerah beriklim kering. Hal ini terjadi karena sirkulasi air di daerah beriklim kering lebih terbatas sehingga intensitas pelapukan yang terjadi juga lebih rendah dibandingkan di area beriklim lembab (Arif, 2018).

2.2 Data Deret Waktu (*Time Series*)

Data *time series* merupakan serangkaian pengamatan yang terurut berdasarkan waktu dengan jarak yang sama. Jenis data ini sering ditemui dalam keseharian karena data tersebut dikumpulkan melalui waktu interval yaitu harian, mingguan atau bulanan. Berdasarkan data yang terkumpul dapat dilihat ada suatu pola di dalamnya, dalam *time series* pola tersebut dibagi menjadi tiga yaitu pola *trend*, siklis dan musiman (*seasonal*). Pola musiman (*seasonal*) adalah pola yang mengalami pengulangan yang sama berkali-kali pada interval tertentu. Berdasarkan pembagian daerah (*domain*), data *time series* terbagi menjadi dua daerah (*domain*) yaitu daerah waktu (*time domain*) dan daerah frekuensi (*frequency domain*). Daerah waktu menelaah tentang signifikansi autokorelasi, kestasioneran data, penaksiran parameter model regresi deret waktu dan peramalan (*forecasting*). Sedangkan daerah frekuensi (*frequency domain*) menelaah frekuensi tersembunyi pada data musiman yang sulit diperoleh dalam daerah waktu. Tujuannya adalah untuk mengetahui hal-hal istimewa atau kondisi tertentu pada data (Al'afi dkk., 2020).

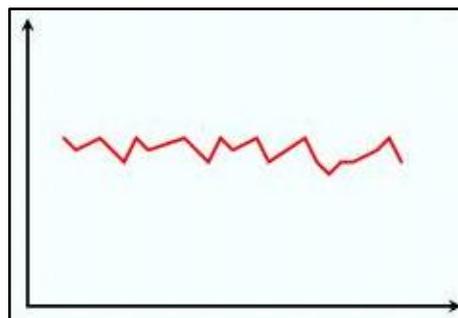
Data *time series* merupakan data yang terdiri atas suatu objek tetapi meliputi beberapa periode waktu misalnya harian, bulanan, mingguan, tahunan, dan lain-lain. Dapat dilihat dari contoh data *time series* pada data harga saham, data ekspor, data nilai tukar (kurs), data produksi dan lain sebagainya. Jika diamati masing-masing data tersebut terkait dengan waktu dan terjadi berurutan, dengan demikian maka akan sangat mudah untuk mengenali jenis data ini. Data *time series* juga sangat berguna bagi pengambil keputusan untuk memperkirakan kejadian di masa yang akan datang. Karena diyakini pola perubahan data *time series* beberapa periode masa lampau akan kembali terulang pada masa kini. data *time series* juga biasanya bergantung kepada *lag* atau selisih. Misalnya pada beberapa kasus seperti produksi nikel pada tahun sebelumnya akan mempengaruhi harga nikel pada tahun berikutnya, dengan demikian maka akan diperlukan data *lag* produksi nikel, bukan data aktual harga nikel. Data *lag* tersebut kemudian dapat digunakan untuk melihat pengaruh *lag* produksi terhadap harga nikel (Kusumah dan Solihin, 2020).

Setiap nilai dari hasil pengamatan selalu dapat dikaitkan dengan waktu pengamatannya. Hanya pada saat analisisnya, kaitan variabel waktu dengan pengamatan tidak dipermasalahkan. Karena data deret waktu merupakan kumpulan

data berdasarkan waktu, dan salah satu aspek pada data deret waktu adalah terlibatnya sebuah besaran yang dinamakan autokorelasi, yang konsepnya sama dengan korelasi untuk data *bivariate* ataupun dalam analisis regresi biasa. Jika autokorelasi tidak signifikan maka analisis regresi yang harus dilakukan adalah analisis regresi sederhana biasa, yaitu analisis regresi data atas waktu. Sedangkan jika signifikan harus dilakukan analisis regresi data deret waktu, yaitu analisis regresi antar nilai pengamatan. Segi lain dalam data deret waktu adalah kestasioneran data yang diklasifikasikan atas stasioner kuat (stasioner orde pertama) dan stasioner lemah (stasioner orde dua), dan kestasioneran ini merupakan kondisi yang diperlukan dalam analisis data deret waktu, karena akan memperkecil kekeliruan baku (Kusumah dan Solihin, 2020).

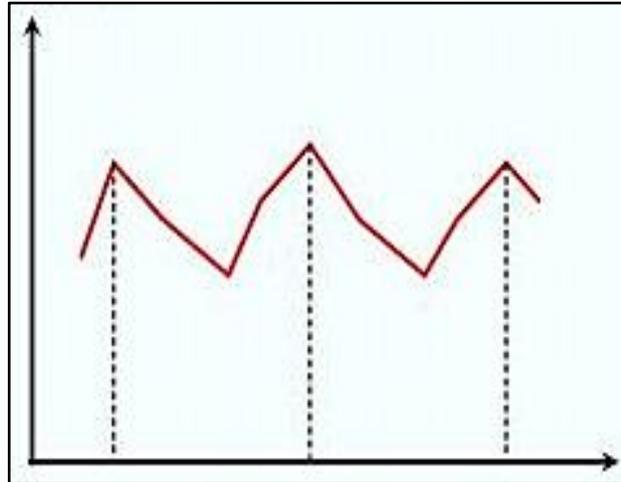
Data deret waktu dalam bidang keuangan, khususnya data *return* memiliki kecenderungan untuk memiliki karakter tertentu, hal ini dikenal dengan istilah *stylized fact*. Menurut Sewell (2011), *stylized fact* merupakan sebuah istilah yang biasa digunakan di bidang ekonomi yang mengacu kepada bukti empiris bahwa terdapat konsistensi yang sama pada bidang tertentu sehingga diterima sebagai kebenaran. Beberapa *stylized fact* yang terdapat pada data deret waktu di antaranya adalah, akar unit (*unit root*), heteroskedastisitas, penggugusan volatilitas (*volatility clustering*), dan distribusi probabilitas bersifat *fat tails* relatif terhadap distribusi normal. Dalam *time series* terdapat empat macam tipe pola data, yaitu (Kusumah dan Solihin, 2020):

1. Horizontal, ketika data pada suatu observasi berubah-ubah di sekitar tingkatan atau dengan rata-rata yang konstan. Sebagai contoh penjualan tiap bulan suatu produk tidak meningkat atau menurun secara konsisten pada suatu waktu.



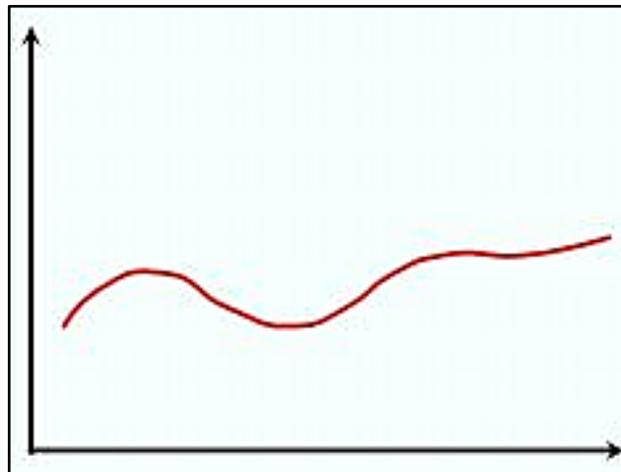
Gambar 1 Data Horizontal
(Kusumah dan Solihin, 2020)

2. Musiman, merupakan salah satu pola data ketika observasi dipengaruhi oleh musiman yang ditandai dengan adanya pola perubahan yang berulang secara otomatis dari 10 tahun ke tahun. Sebagai contoh adalah pola data pembelian buku baru pada tahun ajaran baru.



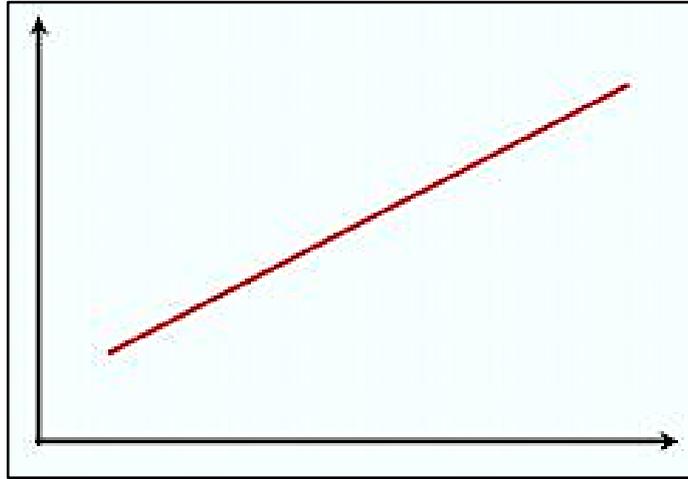
Gambar 2 Data Musiman
(Kusumah dan Solihin, 2020)

3. *Cyclical* atau pola data siklus, merupakan salah satu bentuk pola data yang ditandai dengan adanya fluktuasi bergelombang data yang terjadi di sekitar garis *trend*. Sebagai contoh adalah data-data pada kegiatan ekonomi dan bisnis.



Gambar 3 Data *Cyclical*
(Kusumah dan Solihin, 2020)

4. *Trend*, merupakan salah satu bentuk pola data ketika observasi naik atau menurun pada perluasan periode suatu waktu. Sebagai contoh adalah data populasi.



Gambar 4 Data *Trend* (Kusumah dan Solihin, 2020)

Data *time series* menjadi pilihan yang lebih efisien dan murah untuk menghasilkan *forecast* yang akurat. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mengolah data *time series*, yaitu (Wardhono dkk., 2019):

1. Berdasarkan atas asumsi stasioneritas.
2. Bila asumsi stasioneritas tidak terpenuhi menyebabkan timbulnya autokorelasi.
3. Regresi dengan nilai R^2 tinggi lebih dari 0,9 menunjukkan hubungan yang tidak signifikan.
4. Adanya fenomena *random walk*. Misalnya harga saham besok sama dengan harga saham saat ini ditambah *error* yang *random*.
5. Regresi dengan data *time series* seringkali digunakan untuk *forecasting*.
6. Pengujian untuk stasioneritas dilakukan sebelum uji kausalitas.

Stasioneritas data menjadi isu utama terkait dengan permasalahan regresi lancip atau *spurious regression* dalam analisis *time series*. Uji akar-akar unit merupakan salah satu alat dalam menguji stasioneritas data. Jika suatu variabel terdiri dari akar unit, tidak stasioner dan berkombinasi dengan variabel lain yang tidak stasioner pula maka kedua *series* tersebut akan membentuk stasioneritas dalam hubungan kointegrasi. Menguji stasioneritas pada satu variabel bertujuan

untuk melihat apakah terdapat kombinasi linear yang berkointegrasi membentuk stasioneritas atau hubungan keseimbangan (Wardhono dkk., 2019).

Stasioneritas terkait dengan konsistensi pergerakan data *time series*. Data yang stasioner jika nilai rata-rata dan varian konstan sepanjang waktu diikuti nilai varian antar dua periode hanya tergantung pada jarak. Data yang stasioner akan bergerak stabil dan konvergen di sekitar nilai rata-rata dengan deviasi yang kecil tanpa pergerakan tren positif atau negatif. Data tidak stasioner menghasilkan regresi palsu (*spurious regression*). Uji kointegrasi merupakan uji awal untuk menghindari regresi palsu. Kointegrasi merupakan hubungan jangka panjang antar variabel yang tidak stasioner dan menghasilkan kombinasi linear sehingga tercipta kondisi yang stasioner atau dalam jangka panjang mencapai kondisi keseimbangan. *Error Correction Model* (ECM) model dinamis untuk mengoreksi persamaan regresi variabel yang tidak stasioner agar kembali pada kondisi keseimbangan dalam jangka panjang dengan syarat adanya keberadaan hubungan kointegrasi antar variabel. Seperti yang telah dijabarkan uji stasioneritas digunakan untuk menguji konsistensi pergerakan data *time series*. terdapat beberapa uji yang digunakan untuk menguji stasioneritas, dapat dilihat sebagai berikut (Wardhono dkk., 2019).

1. Analisis secara grafis
 - a. Deviasi pergerakan data
 - b. Keberadaan tren

tidak stasioner: kecenderungan deviasi yang semakin menjauhi rata-rata dan memiliki tren tertentu.
2. *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Correlogram*

Indikasi tidak stasioner:

 - a. Grafik *Correlogram* AC (*Autocorrelation*) dan *Partial Autocorrelation* (PAC) melewati nilai batas.
 - b. Nilai statistik AC dan PAC di atas 0,5.
3. Uji Akar-akar Unit (*Unit Root Test*)

Uji akar-akar unit merupakan salah satu alat dalam menguji stasioneritas data. Jika suatu variabel terdiri dari akar unit, tidak stasioner dan berkombinasi dengan variabel lain yang tidak stasioner pula maka kedua *series* tersebut akan membentuk stasioneritas dalam hubungan kointegrasi.

Menguji stasioneritas pada satu variabel bertujuan melihat apakah terdapat kombinasi linear yang berko-integrasi membentuk stasioneritas atau hubungan keseimbangan.

a. *Dickey Fuller Test* (Uji DCF)

Uji DCF digunakan untuk menguji suatu deret waktu stasioner atau tidak. Konsep dari pengujian ini erat kaitannya dengan *random walk*. Satu hal penting yang harus diketahui yaitu *random walk* adalah deret yang tidak stasioner. Perhatikan proses AR(1) berikut.

$$y_t = \phi y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Jika $\phi = 1$, maka deret menjadi *random walk*. Kemudian dinyatakan proses AR(1) di atas ke persamaan Dickey-Fuller dengan cara mengurangi kedua sisi y_{t-1} .

$$\begin{aligned} y_t - y_{t-1} &= \phi y_{t-1} + \varepsilon_t - y_{t-1} \\ \Delta y_t &= (\phi - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t \\ \Delta y_t &= \phi y_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

dan kita punya hipotesis:

$$H_0 : \phi = 0 \text{ (terdapat } unit \text{ root)}$$

$$H_1 : \phi < 0 \text{ (tidak terdapat } unit \text{ root)}$$

Uji DCF menggunakan hipotesis satu arah. Hasil uji *unit root* dilihat dengan membandingkan hasil *t-statistic* dengan nilai kritis McKinnon.

Keterangan:

y_t = variabel bebas

ϕ = koefisien variabel bebas

ε = nilai sisaan

H = hipotesis

b. *Augmented Dickey Fuller Test* (Uji ADF)

Perbandingan uji ADF dengan uji DF adalah dengan menambahkan jumlah *lag* pada *first difference* dari variabel dependen untuk mengatasi autokorelasi dari variabel yang dihilangkan. Model uji ADF untuk hipotesis nol yang memiliki *trend* stokastik dan alternatif dengan *trend deterministic*.

c. *Phillip-Peron Test*

Asumsi penting dalam uji DF adalah *error term* yang bersifat *independent* dan *identically distributed*. Uji ADF menyesuaikan uji DF untuk mengatasi kemungkinan terjadinya serial korelasi dalam *error term* dengan menambahkan *lag* pada *difference* variabel penjelas.

Phillip-Peron Test merupakan metode statistik nonparametrik untuk mengatasi terjadinya serial korelasi dalam *error term* tanpa menambahkan *lag* pada *difference* variabel penjelas. Pendekatan *Phillip-Peron* menambahkan *correction factor* pada uji DF.

4. Uji Akar Unit dan *Structural Break*

Sebuah *series* stasioner yang berada sepanjang *trend deterministic* dan mengalami pergeseran permanen pada suatu periode terkadang menimbulkan suatu kegagalan dalam perubahan *slope* jika menggunakan uji akar unit ADF. Uji akar unit yang tidak memasukkan *break* akan memiliki kekuatan yang lemah.

Jika *break* dalam suatu *series* diketahui, penyesuaian dalam uji ADF relatif lebih mudah dilakukan dengan cara memasukkan variabel *dummy* untuk menjamin adanya komponen deterministik dalam data *generating process*. Salah satu pendekatan untuk menguji kemungkinan adanya *break* dalam *series* adalah *sequential approach* yang dihitung dengan menggunakan sampel penuh.

2.3 *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*

Model *Autoregressive Moving Average (ARMA)* adalah metode penting untuk mempelajari deret waktu. Konsep model *Autoregressive (AR)* dan *Moving Average (MA)* dirumuskan oleh Yule, Slutsky, Walker, dan Yaglom (Chen, 2014). *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* didasarkan pada Model ARMA. Perbedaannya adalah bahwa Model ARIMA mengubah data nonstasioner menjadi data stasioner sebelum diolah. Model ARIMA adalah model statistik untuk menganalisis dan meramalkan data *time series*. Model ini disebut juga dengan Model Box-Jenkins sesuai dengan nama yang mengembangkan model ini dengan intensif yaitu George Box dan Gwilym Jenkins tahun 1976. Model Box-Jenkins

merupakan salah satu teknik peramalan model *time series* yang hanya berdasarkan perilaku data variabel yang diamati (Widarjono, 2005).

Peramalan atau *forecasting* adalah seni dan ilmu memprediksi peristiwa-peristiwa masa depan dengan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa depan dengan menggunakan beberapa bentuk model matematis. Peramalan terhadap sesuatu tidak akan pernah tepat 100% karena masa depan mempunyai masalah ketidakpastian. Namun demikian, dengan memilih metode yang tepat, peramalan dapat mempunyai tingkat kesalahan yang kecil atau dapat memberikan perkiraan sebaik mungkin terhadap masa yang akan datang (Heizer and Render, 2009).

Teknik peramalan terbagi menjadi dua kelompok yaitu analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Teknik kualitatif merupakan peramalan berdasarkan pendapat suatu pihak, dan datanya tidak bisa dipresentasikan secara tegas menjadi suatu angka atau nilai. Teknik peramalan tersebut misalnya adalah peramalan pendapat (*judgement forecast*). Sebaliknya teknik peramalan kuantitatif merupakan teknik peramalan yang mendasarkan pada data historis dan dapat dibuat dalam bentuk angka yang biasa disebut sebagai data *time series* (Jumingan, 2009).

Peramalan data *time series* memprediksi apa yang akan terjadi berdasarkan data historis masa lalu. Tujuan dari peramalan adalah untuk memperoleh informasi mengenai perubahan di masa depan yang akan berpengaruh terhadap implementasi kebijakan serta konsekuensinya. Menurut pandangan Jay Heizer dan Barry Render (2008) tujuan peramalan adalah sebagai berikut.

1. Mengkaji kebijakan perusahaan yang berlaku saat ini dan di masa lalu serta melihat sejauh mana pengaruhnya di masa datang.
2. Peramalan diperlukan karena adanya *time lag* atau *delay* ketika suatu kebijakan perusahaan ditetapkan dengan implementasi kebijakan tersebut;
3. Peramalan merupakan dasar penyusunan bisnis pada suatu perusahaan sehingga dapat meningkatkan efektivitas suatu rencana bisnis.

Peramalan yang baik adalah peramalan yang dilakukan dengan mengikuti prosedur penyusunan yang baik dalam menentukan kualitas dari hasil peramalan yang disusun. Ada tiga langkah peramalan yang penting, yaitu menganalisis data masa lampau, menentukan metode yang digunakan, dan memproyeksikan data

masa lampau dengan menggunakan metode yang digunakan serta mempertimbangkan adanya faktor perubahan. Selain itu, terdapat dua macam peramalan, yaitu peramalan kuantitatif yang menggunakan model matematis dengan data-data masa lampau dan peramalan kualitatif yang menggunakan beberapa faktor seperti intuisi, emosi, dan pengalaman (Susanti dan Adji, 2020).

Model Box-Jenkins memiliki perbedaan dengan model struktural baik modal kausal maupun simultan. Pada dua model tersebut, persamaan model menunjukkan hubungan antara variabel-variabel ekonomi. Model Box-Jenkins dipergunakan karena pergerakan variabel-variabel ekonomi yang diteliti seperti pergerakan nilai tukar, IHSG, dan inflasi sulit dijelaskan oleh teori-teori ekonomi (Susanti dan Adji, 2020).

Model Autoregresif (AR) pertama kali diperkenalkan oleh Yule pada tahun 1926 dan dikembangkan oleh Walker pada tahun 1931, model ini memiliki asumsi bahwa data periode sekarang dipengaruhi oleh data pada periode sebelumnya. Model Autoregresif dengan ordo p disingkat AR(p) atau ARIMA ($p,0,0$) dan diformulasikan sebagai berikut (Halim, 2006):

$$Y_t = \mu + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Dimana:

- μ = konstanta
- ϕ = koefisien parameter autoregresif
- Y = variabel terikat
- ε_t = sisaan pada saat ke- t

Model AR (p) dan MA (q) dapat disatukan menjadi model yang dikenal dengan *Autoregressive Moving Average* (ARMA), sehingga memiliki asumsi bahwa data periode sekarang dipengaruhi oleh data pada periode sebelumnya dan nilai sisaan pada periode sebelumnya (Assauri, 1984). Model ARMA dengan berorde p dan q ditulis ARMA (p,q) atau ARIMA ($p,0,q$) yang memiliki formulasi sebagai berikut (Halim, 2006):

$$Y_t = \mu + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_p \varepsilon_{t-q} \quad (4)$$

Dimana:

- Y_t = variabel tidak bebas
- μ = konstanta

- ϕ = koefisien parameter autoregresif
 θ = koefisien parameter *moving average*
 Y = variabel bebas
 ε_{t-q} = sisaan pada saat ke t-q

Model AR, MA dan ARMA menggunakan asumsi bahwa data deret waktu yang dihasilkan sudah bersifat stasioner. Pada kenyataannya, data deret waktu lebih banyak bersifat tidak stasioner (Sadeq, 2008). Jika data tidak stasioner maka metode yang digunakan untuk membuat data stasioner dilakukan adalah *differencing* untuk data yang tidak stasioner dalam rata-rata dan proses transformasi untuk data yang tidak stasioner dalam varian (Mulyana, 2004). Bentuk umum model ARIMA dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Sartono, 2006):

$$\phi_p(B) d Y_t = \xi + \theta_q(B) \varepsilon_t \quad (5)$$

Dimana:

- Y_t = nilai pengamatan saat t
 ϕ_p = parameter *autoregressive*
 d = parameter *differencing*
 ξ = parameter konstan
 θ_q = parameter *moving average*
 ε_t = nilai sisaan (*error*)
 B = data yang telah di-*differencing*

Model ARIMA (p,d,q) merupakan model umum dari regresi deret waktu sebab ARIMA (p,0,0) sama dengan AR (p), ARIMA (0,0,q) sama dengan MA (p) dan ARIMA (p,0,q) sama dengan ARMA (k,p).

Menurut Makridakis, metode ARIMA sering kali dituliskan dalam operator *backshift*. Notasi B artinya memiliki pangkat satu, akan tetapi pangkat B boleh lebih dari satu. Secara umum didefinisikan sebagai berikut (Hartati, 2017):

$$B^k Y_t = Y_{t-k} \quad (6)$$

Operator *backshift* B dapat diperluas definisinya menjadi diferensi $1 - B$. Jika Y_t dikalikan dengan $1 - B$ maka akan diperoleh persamaan berikut:

$$(1 - B)Y_t = Y_t - BY_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (7)$$

Perlu diingat bahwa B bukanlah suatu bilangan, sehingga $1 - B$ juga bukan suatu bilangan tertentu namun merupakan suatu operator (Hartati, 2017).

Model ARIMA dikembangkan untuk mengatasi ketidakmampuan dari model *Autoregressive and Moving Average* (ARMA) ketika menghadapi data yang tidak stasioner. Data yang tidak stasioner atau *non stationary data*, secara konseptual, adalah data yang sangat sulit untuk dimodelkan. Hal ini disebabkan karena estimasi rata-rata akan berubah dan kadang-kadang variannya pun berubah. Penggunaan *non-stationer time series* akan berakibat hasil yang diperoleh bisa saja palsu dalam hal bahwa mereka dapat menunjukkan hubungan antara dua variabel di mana salah satu tidak ada (Susanti dan Adji, 2020).

Apabila hendak mendapatkan hasil yang konsisten dan handal, data non-stasioner perlu ditransformasikan menjadi data stasioner. Berbeda dengan proses non-stasioner yang memiliki varian dan rata-rata variabel yang tidak tetap dekat, atau kembali ke rata-rata jangka panjang dari waktu ke waktu, proses stasioner kembali di sekitar rata-rata jangka panjang yang konstan dan memiliki varian konstan independen waktu. Oleh karena itu, ARIMA diperkenalkan untuk mengatasi hal itu, dengan memasukkan unsur integrasi atau data tersebut stasioner pada tingkat berapa (Susanti dan Adji, 2020). Dalam membuat model ARIMA, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan terkait AR, MA, dan integrasi variabel yang tidak stasioner. Tiga aspek kunci dari model ini adalah (Susanti dan Adji, 2020):

1. *Autoregressive*, merupakan sebuah model peramalan yang menggunakan hubungan dependen antara observasi dan sejumlah observasi *lagged*.
2. *Integrated*, yaitu penggunaan diferensiasi (*differencing*) pengamatan data mentah (misalnya mengurangi data pengamatan dari data pengamatan pada langkah sebelumnya) untuk membuat *time series* stasioner.
3. Model *Moving Average*, adalah model yang menggunakan ketergantungan antara observasi dan *error residual* dari model *moving average* yang diterapkan observasi *lag*. Peramalan dengan Model ARIMA efektif dalam jangka pendek.

Proses yang perlu dilakukan dalam penerapan metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) terbagi dalam lima tahapan yaitu sebagai berikut (Hartati, 2017):

1. Identifikasi Model. Model ARIMA hanya dapat digunakan untuk deret waktu yang stasioner. Oleh karenanya hal pertama yang dilakukan adalah menyelidiki apakah data deret waktu sudah stasioner atau belum. Jika data deret waktu belum stasioner, yang harus dilakukan adalah memeriksa pada perbedaan (*differencing*) berapa data akan stasioner.
2. Identifikasi ACF dan PACF. Di samping menentukan nilai d , pada tahap ini juga ditentukan berapa jumlah nilai *lag residual* (q) dan nilai *lag* dependen (p) yang digunakan dalam model. Alat utama yang digunakan untuk mengidentifikasi q dan p adalah ACF dan PACF (*Partial Auto Correlation Function*), dan *correlogram* yang menunjukkan plot nilai ACF dan PACF terhadap *lag*. Koefisien auto korelasi parsial mengukur tingkat keeratan hubungan antara X_t dan X_{t-k} , sedangkan pengaruh dari *time lag* 1, 2, 3, ..., $k-1$ dianggap konstan.
3. Pemilihan Model ARIMA terbaik. Dari hasil identifikasi stasioneritas dan identifikasi ACF dan PACF maka akan diperoleh beberapa alternatif model ARIMA. Langkah berikutnya adalah melakukan estimasi parameter *autoregressive* dan *moving average* yang tercakup dalam model.
4. *Diagnostic Checking*. Setelah melakukan estimasi dan mendapatkan penduga parameter, agar model sementara dapat digunakan untuk peramalan, perlu dilakukan uji kelayakan terhadap model tersebut. Tahap ini disebut *diagnostic checking*, di mana pada tahap ini diuji apakah spesifikasi model sudah benar atau belum.
5. Peramalan (*Forecasting*). Setelah model terbaik diperoleh, selanjutnya peramalan dapat dilakukan. Dalam berbagai kasus, peramalan dengan metode ini lebih dipercaya daripada peramalan yang dilakukan dengan model ekonometri tradisional.

Beberapa literatur menyebutkan syarat minimal data *point* historis adalah 50. Model ini akan berfungsi paling baik jika data stabil dengan *outlier* minimum. ARIMA biasanya lebih unggul daripada teknik *smoothing* eksponensial jika data dinilai cukup panjang dan korelasi antara pengamatan stabil. Peramalan dengan metode ARIMA banyak dipergunakan pada banyak bidang, seperti ramalan penjualan, ramalan permintaan suatu produk yang mempengaruhi *supply chain*,

ramalan tingkat kriminalitas, ramalan nilai mata uang, harga saham, indeks saham, dan lainnya (Susanti dan Adji, 2020).

Penelitian terdahulu berkaitan dengan peramalan harga saham dilakukan oleh Lilipaly, Hatidja dan Kekenusa (2014) dengan menggunakan data harga saham Bank BRI Tbk tahun 2011 sampai Oktober 2014. Didapatkan harga saham maksimum adalah dengan menggunakan model ARIMA (2,1,3). Dari hasil pengujian, data tersebut bisa digunakan untuk memprediksi harga saham bulan November 2014 dengan validasi prediksi yang diambil pada bulan Oktober 2014. Peramalan di pasar saham dengan teknik analisis ARIMA dilakukan juga oleh Li, Yang dan Li (2017) terhadap *Shanghai Stock Index* dengan menggunakan data dari Januari 2005 sampai Oktober 2016. Efektivitas hasil peramalan diuji dengan meramalkan *Shanghai Composite Index* dari bulan Juli 2016 sampai Oktober 2016. Dengan membandingkan nilai prediksi dengan nilai aktual didapatkan bahwa model ARIMA ini dapat memberikan prediksi yang lebih baik (Susanti dan Adji, 2020).

2.4 Regresi Linear

Analisis Regresi linear (*linear regression analysis*) adalah teknik statistika untuk membuat model dan menyelidiki pengaruh antara satu atau beberapa variabel bebas (*independent variables*) terhadap satu variabel respon (*dependent variable*). Ada dua macam analisis regresi linier yaitu regresi linier sederhana dan regresi linier berganda. Fungsi persamaan regresi selain untuk memprediksi nilai variabel terikat (Y), juga dapat digunakan untuk mengetahui arah dan besarnya pengaruh variabel bebas (X) terhadap *variabel terikat*(Y). (Basuki dan Prawoto, 2015).

Menurut Gujarati (2006), suatu model statistik dapat dikatakan sebagai model yang baik apabila memenuhi beberapa kriteria berikut (Basuki dan Prawoto, 2015).

1. Parsemoni. Suatu model tidak akan pernah dapat secara sempurna menangkap realitas sehingga hal ini menjadi urgensi bagi untuk melakukan sedikit abstraksi atau penyederhanaan dalam pembuatan model. Maksudnya, ketidakmampuan model dalam mencakup semua realitas yang ada itu menjadikan harus berfokus membuat model khusus untuk menjelaskan realitas yang menjadi tujuan penelitian saja.

2. Mempunyai identifikasi tinggi. Artinya dengan data yang tersedia, parameter-parameter yang diestimasi memiliki nilai yang unik (tunggal, berdiri sendiri) sehingga hanya akan ada satu parameter saja.
3. Keselarasan atau *goodness of fit*. Khusus untuk analisis regresi, ialah menerangkan sebanyak mungkin variasi variabel terikat dengan menggunakan variabel bebas dalam model. Oleh karena itu, suatu model dikatakan baik jika indikator pengukur kebaikan model, yaitu *adjusted R square* bernilai tinggi.

Ada beberapa asumsi yang harus terpenuhi dalam melakukan suatu analisis regresi (Gujarati, 2006):

1. Residual menyebar normal (asumsi normalitas)
2. Antar residual saling bebas (autokorelasi)
3. Kehomogenan ragam residual (asumsi heteroskedastisitas)
4. Antar variabel bebas tidak berkorelasi (multikolinearitas)

Asumsi-asumsi tersebut harus diuji untuk memastikan bahwa data yang digunakan telah memenuhi asumsi analisis regresi (Basuki dan Prawoto, 2015).

2.3.1 Konsep Dasar

Istilah regresi dikemukakan untuk pertama kali oleh seorang antropolog dan ahli meteorologi Francis Galton. Ada juga sumber lain yang menyatakan istilah regresi pertama kali muncul dalam pidato Francis Galton di depan *Section H of The British Association di Aberdeen*. Model regresi merupakan suatu cara formal untuk mengekspresikan dua unsur penting suatu hubungan statistik (Basuki dan Prawoto, 2015):

1. Suatu kecenderungan berubahnya peubah tidak bebas Y secara sistematis sejalan dengan berubahnya peubah besar X.
2. Perpencaran titik-titik di sekitar kurva hubungan statistik itu.

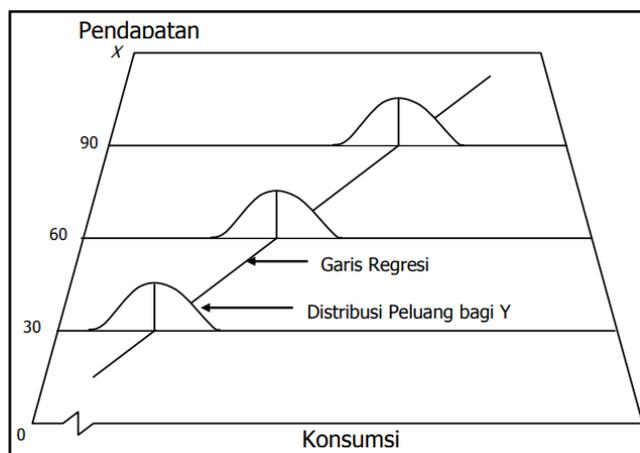
Kedua ciri ini disatukan dalam suatu model regresi dengan cara mengasumsikan bahwa (Basuki dan Prawoto, 2015):

1. Ada suatu rencana peluang peubah Y untuk setiap taraf (level) peubah X.
2. Rata-rata sebaran peluang berubah secara sistematis sejalan dengan berubahnya nilai peubah X.

Misalkanlah Y menyatakan konsumsi dan X menyatakan pendapatan konsumen. Dalam hal ini di dalam model regresi peubah X diperlakukan sebagai suatu peubah acak. Untuk setiap skor pendapatan, ada sebaran peluang bagi X . Gambar 6 menunjukkan sebaran peluang demikian ini untuk $X = 30$, yaitu konsumsi sebesar 27,87. Gambar 5 nilai amatan X yang sesungguhnya (30 dalam contoh ini) dengan demikian dipandang sebagai suatu amatan acak dari sebaran peluang ini.

No	Y	X	No	Y	X	No	Y	X
1	10	11	11	38	42	21	70	74
2	12	14	12	40	45	22	74	79
3	15	17	13	45	49	23	77	85
4	19	22	14	49	52	24	80	88
5	22	24	15	52	55	25	84	90
6	25	28	16	55	57	26	90	95
7	27	30	17	57	60	27	92	97
8	29	31	18	60	65	28	95	99
9	33	35	19	64	67	29	98	110
10	35	40	20	67	71	30	100	120

Gambar 5 Contoh Data Hipotesis
(Basuki dan Prawoto, 2015)



Gambar 6 Representasi Gambar Bagi Model
Regresi Linear (Basuki dan Prawoto, 2015)

Gambar 6 juga menunjukkan sebaran peluang Y untuk ukuran lot $X = 60$ dan $X = 90$. Perhatikan bahwa rata-rata sebaran peluang ini mempunyai hubungan yang sistematis dengan taraf-taraf peubah X . Hubungan sistematis ini dinamakan fungsi regresi X terhadap Y . Grafik fungsi regresi ini dinamakan kurva regresi. Perhatikan bahwa fungsi regresi dalam Gambar 6 adalah linear. Ini berimplikasi

untuk contoh bahwa pendapatan bervariasi secara linear dengan konsumsi. Tentu saja tidak ada alasan apriori mengapa pendapatan mempunyai hubungan linear dengan konsumsi (Basuki dan Prawoto, 2015).

Dua model regresi mungkin saja berbeda dalam hal bentuk fungsi regresinya, dalam hal bentuk sebaran peluang bagi peubah X, atau dalam hal lainnya lagi. Apapun perbedaannya, konsep sebaran peluang bagi X untuk Y yang diketahui merupakan pasangan formal bagi diagram pencar dalam suatu relasi statistik. Begitu pula, kurva regresi, yang menjelaskan hubungan antara rata-rata sebaran peluang bagi X dengan Y, merupakan pasangan formal bagi kecenderungan umum bervariasinya X secara sistematis terhadap Y dalam suatu hubungan statistik (Basuki dan Prawoto, 2015).

Ungkapan “variabel bebas” atau “peubah peramal” bagi X dan “peubah tak bebas” atau “peubah respons” bagi Y dalam suatu model regresi adalah kebiasaan saja. Tidak ada implikasi bahwa Y bergantung secara kausal pada X. Betapa pun kuatnya suatu hubungan statistik, ini tidak berimplikasi adanya hubungan sebab-akibat. Dalam kenyataannya, suatu variabel bebas mungkin saja sesungguhnya bergantung secara kausal pada peubah responsnya, seperti bila menduga suhu (respons) dari tinggi air raksa (variabel bebas) dalam suatu termometer (Basuki dan Prawoto, 2015).

Analisis regresi linear adalah teknik statistika yang dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh variabel bebas (*independent variable*) terhadap variabel tak bebas (*dependent variable*). Salah satu asumsi yang harus dipenuhi untuk melakukan pengujian hipotesis terhadap parameter pada analisis regresi linear berganda adalah tidak terjadinya korelasi antar variabel bebas (multikolinear). Jika antara variabel berkorelasi tinggi, pengujian hipotesis parameter berdasarkan metode kuadrat terkecil (*Ordinary Least Square*) memberikan hasil yang tidak valid (galat yang dihasilkan akan menjadi besar, variansi dan kovariansi parameter tidak berhingga), di antaranya variabel-variabel bebas yang seharusnya berpengaruh signifikan terhadap variabel tak bebas akan dinyatakan sebaliknya (tidak nyata secara statistik), tanda koefisien regresi dugaan yang dihasilkan bertentangan dengan kondisi aktual, penduga koefisien regresi bersifat tidak stabil sehingga

mengakibatkan sulitnya menduga nilai-nilai variabel tak bebas yang tentunya akan mengakibatkan tidak akuratnya pada peramalan (Myers, 1991).

Regresi linear (*linear regression*) adalah teknik yang digunakan untuk memperoleh model hubungan antara satu variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independen. Jika hanya digunakan satu variabel independen dalam model, maka teknik ini disebut sebagai regresi linear sederhana (*simple linear regression*), sedangkan jika yang digunakan adalah beberapa variabel independen, teknik ini disebut regresi linear berganda (*multiple linear regression*). Model regresi linear sederhana model regresi dengan satu variabel bebas X dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut (Briliant dan Kurniawan, 2019):

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad (10)$$

2.3.2 Bentuk Fungsional Hubungan Regresi

Pemilihan bentuk fungsional hubungan regresi terkait dengan pemilihan variabel bebasnya. Ada kalanya, teori bilangan ilmu bersangkutan bisa menunjukkan bentuk fungsional yang cocok. Teori belajar, misalnya, mungkin mengindikasikan bahwa fungsi regresi yang menghubungkan biaya produksi dengan berapa kali suatu item tertentu telah pernah muncul harus memiliki bentuk tertentu dengan sifat-sifat asimtotik tertentu pula (Basuki dan Prawoto, 2015).

Hal yang lebih sering dijumpai adalah bahwa bentuk fungsional hubungan regresi tersebut tidak diketahui sebelumnya, sehingga harus ditetapkan setelah datanya diperoleh dan dianalisis. Oleh karenanya, fungsi regresi linier atau kuadratik sering digunakan sebagai suatu model yang cukup memuaskan bagi fungsi regresi yang tidak diketahui bentuknya. Bahkan, kedua jenis fungsi regresi yang sederhana itu masih juga sering digunakan meskipun teori yang mendasarinya menunjukkan bentuk fungsionalnya, terutama bila bentuk fungsional yang ditunjukkan oleh teori terlalu rumit namun secara logis bisa dihipotesiskan oleh suatu fungsi linier atau kuadratik (Basuki dan Prawoto, 2015).

2.3.3 Kegunaan Analisis Regresi

Analisis regresi setidaknya memiliki tiga kegunaan yaitu (Basuki dan Prawoto, 2015):

1. Untuk tujuan deskripsi dari fenomena data atau kasus yang sedang diteliti, regresi mampu mendeskripsikan fenomena data melalui terbentuknya suatu model hubungan yang bersifat numerik.
2. Untuk tujuan kontrol, regresi juga dapat digunakan untuk melakukan pengendalian (kontrol) terhadap suatu kasus atau hal-hal yang sedang diamati melalui penggunaan model regresi yang diperoleh.
3. Sebagai prediksi, model regresi juga dapat dimanfaatkan untuk melakukan prediksi variabel terikat.

2.3.4 Regresi Linear Berganda

Ada beberapa asumsi OLS yang digunakan dalam regresi berganda. Selain enam asumsi pada regresi sederhana, perlu menambah satu asumsi lagi di dalamnya. Adapun asumsinya sebagai berikut (Basuki dan Prawoto, 2015):

1. Hubungan antara Y (variabel dependen) dan X (variabel independen) adalah linier dalam parameter.
2. Nilai X nilainya tetap untuk observasi yang berulang-ulang (*non-stochastic*). Karena variabel independennya lebih dari satu maka ditambah asumsi tidak ada hubungan linier antara variabel independen atau tidak ada multikolinieritas antara X1 dan X2 dalam persamaan.
3. Nilai harapan (*expected value*) atau rata-rata dari variabel bebas adalah nol.
4. Varian dari variabel bebas adalah sama (homoskedastisitas).
5. Tidak ada serial korelasi antara variabel bebas atau variabel bebas tidak saling berhubungan dengan variabel bebas yang lain.
6. Variabel bebas berdistribusi normal.

Jika regresi berganda memenuhi 6 asumsi di atas maka persamaannya dapat diartikan sebagai berikut:

$$E(Y_i | X_{1i}, X_{2i}) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + e_i \quad (11)$$

Dalam hal ini mengartikan β_1 dan β_2 agak sedikit berbeda dari regresi sederhana sebelumnya. β_1 adalah mengukur perubahan rata-rata Y atau nilai harapan $E(Y | X_1, X_2)$, terhadap perubahan per unit X_1 dengan asumsi variabel X_2 tetap. Begitu pula β_2 adalah mengukur perubahan rata-rata Y atau nilai harapan $E(Y | X_1, X_2)$, terhadap perubahan per unit X_2 dengan asumsi variabel X_1 tetap (Basuki dan Prawoto, 2015).

Model regresi berganda yang paling sederhana adalah model regresi dengan tiga buah variabel, satu variabel dependen dan dua variabel independen. Model ini dikembangkan untuk mengestimasi nilai variabel dependen Y dengan menggunakan lebih dari satu variabel independen ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$). Misalnya dalam suatu persamaan regresi berganda yang mempunyai variabel dependen Y dengan dua variabel independen, yakni X_1 dan X_2 . Secara umum persamaan regresi bergandanya dapat ditulis sebagai berikut (Briliant dan Kurniawan, 2019):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + e_i \quad (12)$$

Dimana:

Y_i : nilai variabel terikat (*dependent*)

β_0 : konstanta *intercept*

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: konstanta *slope*

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$: Nilai variabel bebas (Independent), $i = 1, 2, \dots, n$

Jika terdapat variabel dependen Y yang dipenuhi oleh sekumpulan variabel X , maka agar bermanfaat ingin dimasukkan sebanyak mungkin variabel X sehingga didapatkan keakuratan yang tinggi, tetapi untuk kepentingan *monitoring* seringkali lebih diharapkan jumlah X yang kecil, sehingga komprominya adalah dipilih persamaan regresi terbaik. Adapun prinsip persamaan regresi terbaik adalah (Briliant dan Kurniawan, 2019):

1. Semua variabel independen yang masuk signifikan.
2. Menghasilkan koefisien determinasi yang tinggi.
3. MS residualnya kecil.
4. Memakai konsep Parsemoni, artinya ketidakmampuan model dalam mencakup semua realitas yang ada itu menjadikan harus berfokus membuat model khusus untuk menjelaskan realitas yang menjadi tujuan penelitian saja.

Metode pencarian secara berurutan (*sequential search*) merupakan suatu metode untuk mengestimasi persamaan regresi dengan mempertimbangkan variabel-variabel yang sudah didefinisikan oleh peneliti dan secara selektif menambah dan mengurangi di antara variabel-variabel tersebut sampai semua kriteria terpenuhi. Ada dua pendekatan dalam metode ini yaitu estimasi *stepwise* dan penambahan *forward* dan eliminasi *backward*. Metode estimasi *stepwise*

dilakukan dengan memasukkan variabel independen yang mempunyai kontribusi terbesar terhadap variabel dependen, hal ini dilakukan secara terus menerus sampai semua variabel bebas yang mempunyai kontribusi signifikan. Tujuan dilakukan metode ini untuk mencari model regresi terbaik (Lembang, 2011).

Buckley dan James (1979) memperkenalkan teknik regresi yang cocok untuk variabel dependen yang disensor. Estimator mereka menggunakan persamaan estimasi kuadrat-terkecil dan mekanisme pembaruan berdasarkan non-parametrik penduga distribusi residual untuk berurusan dengan sensor. Prosedur ini menarik karena penggunaan teknik kuadrat-terkecil memungkinkan untuk interpretasi hasil yang mudah dan penggunaan analisis residual, sementara skema pembaruan cukup umum untuk mengakomodasi berbagai bentuk menyensor dan mengelompokkan (Briliant dan Kurniawan, 2019).

Tujuan menggunakan analisis regresi adalah untuk membuat estimasi rata-rata dan nilai variabel tergantung dengan didasarkan pada nilai variabel bebas, menguji hipotesis karakteristik dependensi, untuk meramalkan nilai rata-rata variabel bebas dengan didasarkan pada nilai variabel bebas di luar jangkauan sampel. Berikut ini adalah beberapa persyaratan penggunaan model regresi (Wisudaningsi dkk., 2019):

- a. Model regresi dikatakan layak jika angka signifikansi pada ANOVA sebesar < 0.05 .
- b. *Predictor* yang digunakan sebagai variabel bebas harus layak. Kelayakan ini diketahui jika angka *Standard Error of Estimate* $<$ *Standard Deviation*.
- c. Koefisien regresi harus signifikan. Pengujian dilakukan dengan uji t. Koefisien regresi signifikan jika $t \text{ hitung} > t \text{ table}$ (nilai kritis). Dalam IBM SPSS dapat diganti dengan menggunakan nilai signifikansi (*sig*) dengan ketentuan sebagai berikut:
Jika $sig < 0,05$; koefisien regresi signifikan.
Jika $sig > 0,05$; koefisien regresi tidak signifikan.
- d. Tidak boleh terjadi multikolinearitas, artinya tidak boleh terjadi korelasi antar variabel bebas yang sangat tinggi atau terlalu rendah. Syarat ini hanya berlaku untuk regresi linear berganda dengan variabel bebas lebih dari satu.

Terjadi multikolinearitas jika koefisien korelasi antara variabel bebas $> 0,10$ atau $< 0,10$.

- e. Tidak terjadi autokorelasi jika angka D-W di antara -2 sampai +2.

2.3.5 Koefisien Determinasi (R^2)

Jika semua data terletak pada garis regresi atau dengan kata lain semua nilai residual adalah nol maka mempunyai garis regresi yang sempurna. Tetapi garis regresi yang sempurna ini jarang jumpai. Pada umumnya yang terjadi adalah $\hat{\epsilon}_i$ bisa positif maupun negatif. Jika ini terjadi berarti merupakan garis regresi yang tidak seratus persen sempurna. Namun yang diharapkan adalah bahwa mencoba mendapatkan garis regresi yang menyebabkan $\hat{\epsilon}_i$ sekecil mungkin. Dalam mengukur seberapa baik garis regresi cocok dengan datanya atau mengukur persentase total variasi Y yang dijelaskan oleh garis regresi digunakan konsep koefisien determinasi (R^2).

2.3.6 Uji Asumsi Klasik

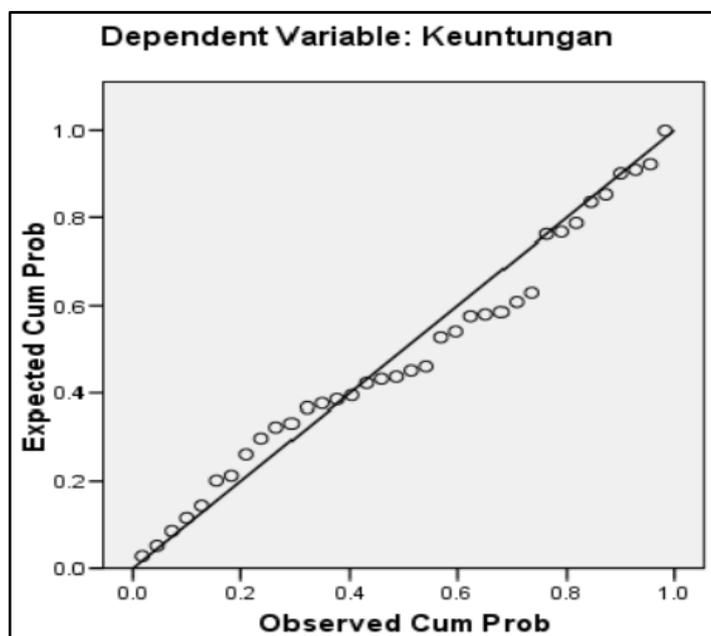
- a. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui normal atau tidaknya suatu distribusi data. Pada dasarnya, uji normalitas adalah membandingkan antara data yang kita miliki dan data berdistribusi normal yang memiliki *mean* dan standar deviasi yang sama dengan data kita. Uji normalitas menjadi hal penting karena salah satu syarat pengujian *paramtric-test* (uji parametrik) adalah data harus memiliki distribusi normal (atau berdistribusi normal) (Sarjono dan Julianita, 2011).

Untuk menguji apakah distribusi data normal atau tidak, dapat dilakukan dengan metode grafik *normal probability plot* yang membandingkan distribusi kumulatif dari data sesungguhnya dengan distribusi kumulatif dari distribusi normal. Jika data menyebar di sekitar garis dan mengikuti arah garis diagonal maka model regresi memenuhi asumsi normalitas. Dalam metode statistik dapat menggunakan uji metode statistik *One Sample Kolmogorov Smirnov*. Uji *One Sample Kolmogorov Smirnov* digunakan untuk mengetahui distribusi data, apakah mengikuti distribusi normal, *poisson*, *uniform*, atau *exponential*. Dalam hal ini untuk mengetahui apakah

distribusi residual terdistribusi normal atau tidak. Residual berdistribusi normal jika nilai signifikansi lebih dari 0,05 (Lawendatu dkk., 2014).

Salah satu cara untuk melihat normalitas adalah secara visual yaitu melalui Normal P-P Plot, Ketentuannya adalah jika titik-titik masih berada di sekitar garis diagonal maka dapat dikatakan bahwa residual menyebar normal.



Gambar 7 Normal P-P Plot of Residual
(Lawendatu dkk., 2014)

b. Uji Multikoleniaritas

Uji Multikoleniaritas dilakukan untuk menguji ada tidaknya korelasi antara variabel bebas dalam persamaan regresi (Ghozali, 2006). Jika variabel independen saling berkorelasi, maka variabel-variabel ini tidak ortogonal. Variabel ortogonal adalah variabel independen yang nilai korelasi antar sesama variabel independen sama dengan nol. Berdasarkan aturan *Variance Inflation Factor* (VIF) dan *tolerance* dengan kriteria sebagai berikut:

- 1) Apabila VIF melebihi angka 10 atau *tolerance* kurang dari 0,10 maka dinyatakan terjadi gejala multikoleniaritas.
- 2) Apabila nilai VIF kurang dari 10 atau *tolerance* lebih dari 0,10 maka dinyatakan tidak terjadi gejala multikoleniaritas.

Jika tujuan pemodelan hanya untuk peramalan nilai Y (variabel terikat) dan tidak mengkaji hubungan atau pengaruh antara variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y) maka masalah multikoleniaritas bukan masalah yang

serius. Seperti jika menggunakan Model ARIMA dalam peramalan, karena korelasi antara dua parameter selalu tinggi, meskipun melibatkan data sampel dengan jumlah yang besar. Masalah multikolinearitas menjadi serius apabila digunakan untuk mengkaji hubungan antara variabel bebas (X) dengan peubah respon (Y) karena simpangan baku koefisiennya regresinya tidak signifikan sehingga sulit memisahkan pengaruh dari masing-masing variabel bebas (Basuki dan Prawoto, 2015).

Coefficients ^a								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-1587,875	2093,274		-,759	,453		
	Perjualan	,060	,009	,602	6,344	,000	,005	202,913
	Promosi	,818	,195	,398	4,191	,000	,005	202,913

a. Dependent Variable: Keuntungan

Gambar 8 Contoh *Model Summary* (Basuki dan Prawoto, 2015).

Beberapa cara yang bisa digunakan dalam mengatasi masalah multikolinearitas dalam Model Regresi Ganda antara lain, Analisis komponen utama yaitu analisis dengan mereduksi variabel bebas (X) tanpa mengubah karakteristik peubah variabel bebasnya, penggabungan data *cross section* dan data *time series* sehingga terbentuk data panel, metode regresi *step wise*, metode *best subset*, metode *backward elimination*, metode *forward selection*, mengeluarkan peubah variabel dengan korelasi tinggi walaupun dapat menimbulkan kesalahan spesifikasi, menambah jumlah data sampel, dan lain-lain (Basuki dan Prawoto, 2015).

c. Uji Autokorelasi

Menurut Singgih Santoso (2012), tujuan uji autokorelasi adalah untuk mengetahui apakah dalam sebuah model regresi linear ada korelasi antara kesalahan pengganggu pada periode t dengan kesalahan pada periode t_1 (sebelumnya). Jika terjadi korelasi, maka dinamakan ada problem autokorelasi. Autokorelasi pada sebagian besar kasus ditemukan pada regresi yang datanya adalah *time series*, atau berdasarkan waktu berkala, seperti bulanan, tahunan, dan seterusnya, karena itu ciri khusus uji ini adalah waktu (Santoso, 2012:241). Untuk mendeteksi gejala autokorelasi dapat menggunakan uji *Durbin-Watson* (D-W). Pengambilan keputusan ada

tidaknya autokorelasi dapat dilihat dari ketentuan berikut (Santoso, 2012): *Durbin-Watson* (D-W). Kriterianya adalah sebagai berikut:

- 1) Jika D-W di bawah -2 berarti ada autokorelasi positif.
- 2) Jika D-W di antara -2 sampai +2 berarti tidak ada autokorelasi.
- 3) Jika D-W di atas +2 berarti ada autokorelasi negatif. Model regresi yang baik adalah regresi yang bebas dari autokorelasi.

Nilai dU dan dL dapat diperoleh dari tabel statistik *Durbin-Watson* yang bergantung banyaknya observasi dan banyaknya variabel yang menjelaskan. Sebagai contoh kasus mengambil contoh kasus pada uji normalitas pada pembahasan sebelumnya. Pada contoh kasus tersebut setelah dilakukan uji normalitas, multikolinearitas, dan heteroskedastisitas maka selanjutnya akan dilakukan pengujian autokorelasi (Basuki dan Prawoto, 2015).

d. Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas bertujuan menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan *variance* dari residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Jika *variance* dari residual satu pengamatan ke pengamatan lain tetap, maka disebut homoskedastisitas dan jika berbeda disebut heteroskedastisitas. Model regresi yang baik adalah yang homoskedastisitas atau tidak terjadi heteroskedastisitas. Deteksi ada atau tidaknya heteroskedastisitas dapat dilihat dengan ada tidaknya pola tertentu pada grafik *scatterplot*. Jika ada pola tertentu maka mengindikasikan telah terjadi heteroskedastisitas. Tetapi jika tidak ada pola yang jelas serta titik-titik menyebar di atas dan di bawah angka 0 pada sumbu Y, maka tidak terjadi heteroskedastisitas. Pada metode statistik, dapat dilakukan dengan uji Glesjer. Uji Glesjer dilakukan dengan cara meregresikan antara variabel bebas dengan nilai absolut residualnya. Jika nilai *t* signifikansi antara variabel bebas dengan absolut residual lebih dari 0,05 maka tidak terjadi masalah heteroskedastisitas (Ghozali, 2011).

2.3.7 Uji T Koefisien Regresi Parsial

Uji T dilakukan untuk menguji hipotesis penelitian mengenai pengaruh dari masing-masing variabel bebas secara parsial terhadap variabel terikat. Uji adalah

salah satu uji statistik yang dipergunakan untuk menguji kebenaran atau kepalsuan hipotesis yang menyatakan bahwa di antara dua buah *mean* sampel yang diambil secara *random* dari populasi yang sama, tidak terdapat perbedaan yang signifikan (Sudjiono, 2010). *T-statistics* merupakan suatu nilai yang digunakan guna melihat tingkat signifikansi pada pengujian hipotesis dengan cara mencari nilai *T-statistics*. Pada pengujian hipotesis dapat dikatakan signifikan ketika nilai *T-statistics* lebih besar dari 1,96 sedangkan jika nilai *T-statistics* kurang dari 1,96 maka dianggap tidak signifikan (Ghozali, 2016).

Pengambilan keputusan dilakukan dengan melihat nilai signifikansi pada tabel koefisien. Biasanya dasar pengujian hasil regresi dilakukan dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau dengan taraf signifikannya sebesar 5% ($\alpha = 0,05$). Adapun kriteria dari uji statistik t (Ghozali, 2016) :

- a. Jika nilai signifikansi uji $t > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak. Artinya tidak ada pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen.
- b. Jika nilai signifikansi uji $t < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Artinya terdapat pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen.

2.3.8 Uji Hipotesis Koefisien Regresi Secara Menyeluruh: Uji F

Uji F bertujuan untuk mencari apakah variabel independen secara bersama-sama (simultan) mempengaruhi variabel dependen. Uji F dilakukan untuk melihat pengaruh dari seluruh variabel bebas secara bersama-sama terhadap variabel terikat. Tingkatan yang digunakan adalah sebesar 0.5 atau 5%, jika nilai signifikan $F < 0.05$ maka dapat diartikan bahwa variabel *independent* secara simultan mempengaruhi variabel dependen ataupun sebaliknya (Ghozali, 2016). Uji simultan F (Uji Simultan) digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh secara bersama-sama atau simultan antara variabel independen terhadap variabel dependen. Pengujian statistik Anova merupakan bentuk pengujian hipotesis dimana dapat menarik kesimpulan berdasarkan data atau kelompok statistik yang disimpulkan. Pengambilan keputusan dilihat dari pengujian ini dilakukan dengan melihat nilai F yang terdapat di dalam tabel ANOVA, tingkat signifikansi yang digunakan yaitu sebesar 0,05. Adapun ketentuan dari uji F yaitu sebagai berikut (Ghozali, 2016) :

- a. Jika nilai signifikan $F < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya semua variabel *independent* memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel *dependent*.
- b. Jika nilai signifikan $F > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 Artinya, semua variabel *independent* tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel *dependent*.

2.3.9 Variabel *Dummy* dalam Regresi

Variabel *dummy* adalah variabel yang digunakan untuk mengubah variabel yang bersifat kualitatif menjadi kuantitatif (misal: jenis kelamin, ras, agama, perubahan kebijakan pemerintah, perbedaan situasi dan lain-lain). Variabel *dummy* merupakan variabel yang bersifat berkategori yang diduga mempunyai pengaruh terhadap variabel yang bersifat berkelanjutan. Variabel *dummy* sering juga disebut variabel boneka, *binary*, berkategori atau dikotom. Variabel *dummy* hanya mempunyai 2 (dua) nilai yaitu 1 dan nilai 0, serta diberi simbol D. *Dummy* memiliki nilai 1 ($D=1$) untuk salah satu kategori dan nol ($D=0$) untuk kategori yang lain. $D = 1$ untuk suatu kategori (laki- laki, kulit putih, sarjana dan sebagainya). $D = 0$ untuk kategori yang lain (perempuan, kulit berwarna, non-sarjana dan sebagainya). Nilai 0 biasanya menunjukkan kelompok yang tidak mendapat sebuah perlakuan dan 1 menunjukkan kelompok yang mendapat perlakuan (Basuki dan Prawoto, 2015).

Variabel *dummy* hanya mempunyai 2 (dua) nilai yaitu 1 dan nilai 0, serta diberi simbol D. $D = 1$ untuk suatu kategori. $D = 0$ untuk kategori yang lain. Variabel *dummy* digunakan sebagai upaya untuk melihat bagaimana klasifikasi-klasifikasi dalam sampel berpengaruh terhadap parameter pendugaan. Variabel *dummy* juga mencoba membuat kuantifikasi dari variabel kualitatif. pertimbangkan model berikut ini (Basuki dan Prawoto, 2015):

1. $Y = a + bX + c D1$ (Model *Dummy Intersep*)
2. $Y = a + bX + c (D1X)$ (Model *Dummy Slope*)
3. $Y = a + bX + c (D1X) + d D1$ (Kombinasi)

Keterangan:

Y = variabel terikat

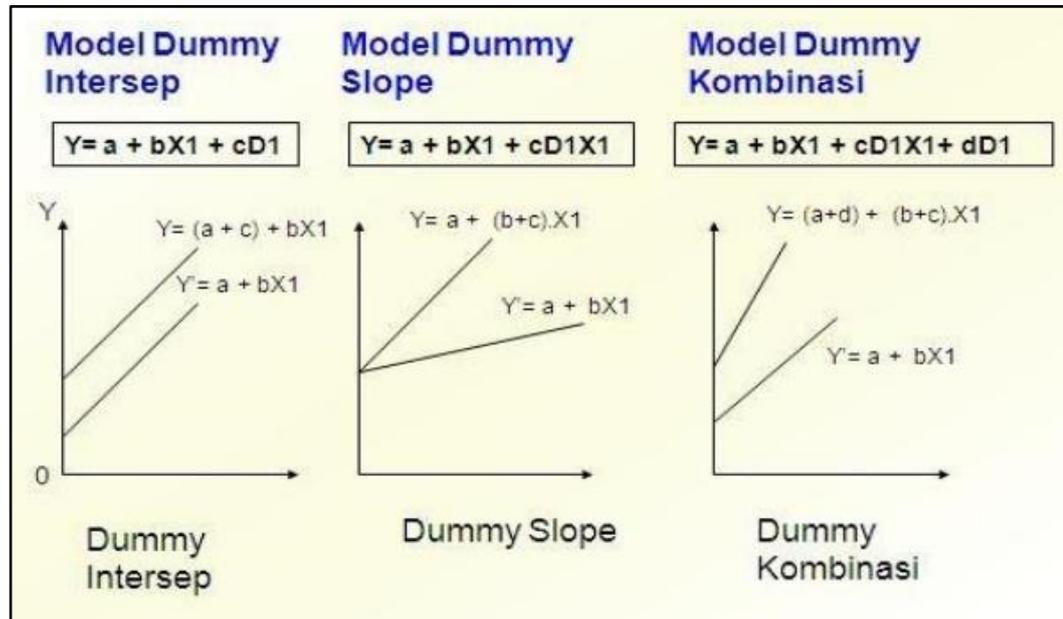
X = variabel bebas

a = konstanta

b = koefisien variabel bebas

c = koefisien variabel *dummy*

D = variabel *dummy*



Gambar 9 Tiga Model Variabel *Dummy* (Basuki dan Prawoto, 2015).

Tujuan menggunakan regresi berganda *dummy* adalah memprediksi besarnya nilai variabel tergantung (*dependent*) atas dasar satu atau lebih variabel bebas (*independent*), di mana satu atau lebih variabel bebas yang digunakan bersifat *dummy*. Variabel *dummy* adalah variabel yang digunakan untuk membuat kategori data yang bersifat kualitatif, agar data kualitatif dapat digunakan dalam analisa regresi maka harus lebih dahulu di transformasikan ke dalam bentuk Kuantitatif. Persamaan model yang terdiri dari Variabel *Dependent* nya kuantitatif dan variabel *independent* nya skala campuran kualitatif dan kuantitatif, maka persamaan tersebut disebut persamaan regresi berganda *dummy*. Terkadang jika variabel yang akan diukur bersifat Kualitatif, sehingga muncul kendala dalam pengukuran, dengan adanya variabel *dummy* tersebut, maka besaran atau nilai variabel yang bersifat Kualitatif tersebut dapat di ukur dan diubah menjadi kuantitatif.