

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Data *time series* atau deret waktu merupakan kumpulan pengamatan (data) yang diambil secara berurutan dalam interval waktu yang konsisten seperti harian, mingguan, bulanan, kuartalan, dan interval waktu lainnya (Box et al., 2016; Wei, 2006). Menurut (Box et al., 2016), data deret waktu memiliki karakteristik khusus yaitu adanya ketergantungan antar nilai observasi yang berdekatan pada waktu yang berbeda. Artinya nilai-nilai data pada suatu periode tertentu ( $Y_t$ ) dipengaruhi oleh nilai-nilai pada periode sebelumnya ( $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_1$ ). Karakteristik ini memungkinkan untuk mengidentifikasi pola-pola seperti tren jangka panjang, musiman (*seasonality*), dan fluktuasi acak yang dapat mempengaruhi pergerakan data dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, data deret waktu seringkali digunakan untuk peramalan terutama di bidang keuangan dan ekonomi (Wei, 2006).

Dalam membangun model deret waktu untuk peramalan, terdapat aspek krusial yang harus diperhatikan, yaitu sifat stasioneritas. Stasioneritas merujuk pada kondisi dimana suatu data deret waktu memiliki rata-rata dan variansi yang tidak berubah sepanjang waktu (konstan) (Woodward et al., 2022). Sifat ini penting karena data yang tidak stasioner rentan terhadap kesalahan dan penurunan akurasi peramalan. Namun dalam praktiknya, banyak data deret waktu yang tidak memenuhi sifat stasioneritas tersebut, terutama karena adanya pola tren data deret waktu yang menunjukkan adanya tren meningkat atau menurun (tidak konstan) sehingga diperlukan

suatu metode yang mampu menangani permasalahan stasioneritas tersebut.

Salah satu metode yang efektif untuk menangani permasalahan data deret waktu yang tidak stasioner adalah model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ini pertama kali dikenalkan oleh Box dan Jenkins pada tahun 1970 sebagai pengembangan dari model gabungan *Autoregressive* (AR) dan *Moving Average* (MA) dengan tambahan komponen *differencing* untuk mengatasi masalah ketidakstasioneran data (Yunita, 2019; Peter and Pastorekova, 2012; Brockwell and Davis, 2016). Komponen *differencing* inilah yang memungkinkan transformasi data menjadi stasioner sebelum dilakukan pemodelan lebih lanjut.

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa model ARIMA mampu memberikan hasil akurasi yang baik ketika diterapkan pada data yang tidak stasioner. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Rakhmawan, 2021) menunjukkan bahwa model ARIMA(1,1,1) memberikan hasil peramalan yang baik dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 16,50% pada data ekspor besi dan baja Indonesia (Januari 2009 hingga Desember 2020) yang tidak stasioner. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Jadhav et al., 2017) menunjukkan bahwa model ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,2), dan ARIMA(1,2,1) memberikan hasil peramalan yang sangat baik dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 2,94%; 1,859; dan 1,255% pada masing-masing data harga padi, ragi, dan maize di Karnataka (September 2013 hingga Agustus 2016) yang tidak stasioner.

Meskipun model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) mampu menghasilkan tingkat akurasi yang baik, model ARIMA masih memiliki keterbatasan dalam melakukan prediksi karena hanya memanfaatkan informasi dari data masa lalu tanpa mempertimbangkan faktor eksternal. Hal ini disebabkan oleh sifat ARIMA yang hanya dapat digunakan untuk memodelkan satu variabel deret waktu (univariat), sehingga prediksi dengan model ARIMA dinyatakan kurang optimal ketika diterapkan pada penyelesaian permasalahan data deret waktu secara nyata yang tentu dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal (di luar variabel amatan) (Rakhmawan, 2021). Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dilakukan penambahan variabel eksogen pada model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) sehingga diperoleh model *Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous*

(ARIMAX) (Arianti et al., 2022). Variabel eksogen merupakan variabel yang memiliki pengaruh terhadap variabel lain, tetapi tidak dapat dipengaruhi oleh variabel lain dalam model. Peran variabel ini yaitu memberikan informasi tambahan untuk meningkatkan akurasi peramalan (Meliama et al., 2020).

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa model ARIMAX mampu memberikan hasil akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan model ARIMA. Dalam penelitian (Pradana et al., 2022) disebutkan bahwa hasil peramalan dengan model ARIMAX(0,2,1) lebih akurat daripada ARIMA(0,2,1) dengan nilai MAPE masing-masing sebesar 6,35% dan 6,50% untuk meramalkan meramalkan harga minyak sawit Indonesia dengan mempertimbangkan ada/ tidaknya pengaruh kebijakan Renewable Energy Directive II (RED II). Penelitian lainnya dilakukan oleh (Yulianti, 2024) menunjukkan bahwa hasil peramalan dengan model ARIMAX(1,1,0) lebih optimal daripada ARIMA(1,1,0) dengan nilai RMSE masing-masing sebesar 2,171% dan 2,208% untuk meramalkan indeks pembelian dan penjualan petani dengan mempertimbangkan faktor cuaca.

Meskipun model *Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous* (ARIMAX) memberikan hasil peramalan yang lebih akurat, model ini masih memiliki keterbatasan yaitu ketidakmampuannya untuk menangani struktur ekonomi yang kompleks (kondisi adanya hubungan timbal balik baik dua arah maupun multiarah antar variabel ekonomi) karena model ARIMAX hanya mampu menangkap hubungan satu arah yaitu dari variabel eksogen terhadap variabel endogen (Haydier et al., 2023). Sementara itu dalam bidang ekonomi, antar variabel ekonomi sering kali saling mempengaruhi/ berkorelasi dari waktu sebelumnya. Dengan demikian, untuk menangani permasalahan tersebut, dikembangkan kembali model deret waktu multivariat (lebih dari 1 variabel) yaitu model *Vector Autoregressive* (VAR).

Model *Vector Autoregressive* (VAR) terbentuk dari gabungan beberapa model *Autoregressive* (AR) dengan berbagai variabel yang saling berkorelasi/ mempengaruhi (Rosyidah et al., 2017). Model ini pertama kali dikenalkan oleh Christoper Albert Sims pada tahun 1980 dengan bentuk model yang lebih sederhana (H.Stock and W.Watson, 2001; Maruddani and Safitri, 2008). Namun, meskipun model ini efektif dalam menangkap hubungan/ korelasi antar variabel, VAR memiliki keter-

batasan yaitu sistem yang sepenuhnya endogen dan tertutup. Artinya, VAR murni mengasumsikan bahwa semua variabel yang relevan dalam dinamika sistem saling memengaruhi dan tidak ada variabel penting dari luar sistem yang memberikan pengaruh signifikan tanpa dipengaruhi balik. Namun, dalam banyak skenario ekonomi atau sosial, terdapat variabel-variabel eksternal (eksogen) yang secara kausal memengaruhi variabel-variabel di dalam sistem, tetapi tidak dipengaruhi balik olehnya. Mengabaikan variabel-variabel eksogen yang relevan ini dapat menyebabkan bias dalam estimasi parameter (*omitted variable bias*) dan menghasilkan model yang kurang akurat dalam menjelaskan serta memprediksi fenomena yang diteliti.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, model VAR dikembangkan dengan penambahan variabel eksogen sehingga diperoleh model *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX) (Lütkepohl, 2005; Salsabila et al., 2022). Memasukkan variabel eksogen menjadikan model tersebut lebih efisien dalam menjelaskan perubahan pada variabel endogen, sebab faktor-faktor eksternal turut diperhitungkan. Hal ini juga berpotensi mengurangi kebutuhan untuk memperpanjang lag variabel internal dalam model VAR, sehingga tidak menambah kompleksitas yang tidak perlu. Selain itu, VARX terbukti mampu meningkatkan akurasi peramalan dikarenakan kemampuannya merespons faktor-faktor eksternal dengan baik.

Namun, meskipun model VARX mampu menangani hal tersebut, model ini tidak secara otomatis menjamin stasioneritas data dengan kata lain tidak mampu menangani data yang tidak stasioneritas. Oleh karena itu, langkah awal yang kritis dalam pemodelan VARX yaitu uji stasioner. Jika terbukti tidak stasioneritas maka dilakukan transformasi data ataupun *differencing*.

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa model VARX memberikan hasil peramalan yang baik. Dalam penelitian (Rosyidah et al., 2017), disebutkan bahwa VARX(1,1) mampu memberikan hasil peramalan yang sangat baik dengan masing-masing nilai MAPE yaitu sebesar 7,54%; 0,49%; dan 9,64% untuk jumlah uang kartal, uang kuasi, dan surat berharga selain harga saham dengan mempertimbangkan pengaruh dari tingkat suku bunga SBI (Sertifikat Bank Indonesia). Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Hanurowati et al., 2016) menggunakan model VARX(1,1) memberikan hasil peramalan yang sangat baik dengan masing-

masing nilai MAPE yaitu sebesar 2,71% untuk IHSG dan 3,63% untuk JII dengan mempertimbangkan pengaruh dari harga minyak dunia Brent Crude Oil. Selain itu, penelitian (Vinie et al., 2019), menunjukkan bahwa model VARX(1,1) memberikan hasil peramalan yang baik terhadap hasil produksi karet PTPN XIII Provinsi Kalimantan Barat dengan mempertimbangkan pengaruh curah hujan pada kebun dengan masing-masing nilai MAPE yaitu sebesar 14,73% untuk produksi karet kering dan 16,06% untuk karet basah.

Berdasarkan ketiga penelitian terdahulu tersebut, disimpulkan bahwa model VARX secara konsisten memberikan hasil peramalan yang akurat terhadap fenomena nyata dan dapat digunakan untuk meramalkan lebih dari satu variabel. Dengan demikian, peramalan dengan pendekatan *Vector Autoregressive* dengan variabel eksogen (VARX) sangat relevan untuk berbagai penelitian terkait peramalan deret waktu multivariat khususnya di bidang ekonomi salah satunya terkait peramalan pendapatan total ekspor di Indonesia.

Ekspor merupakan salah satu bentuk aktivitas perdagangan internasional yang melibatkan pengiriman barang/ komoditas dan jasa dari suatu negara ke negara lain. Aktivitas ini merupakan salah satu pilar penting dalam mendorong pertumbuhan dan kemajuan ekonomi nasional karena perannya dalam menghasilkan devisa yang secara langsung mendukung peningkatan pendapatan negara (Ee, 2016). Berdasarkan jenis komoditinya, ekspor dibedakan menjadi 2 kategori yaitu ekspor migas dan ekspor non-migas (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2024). Ekspor migas merupakan kegiatan ekspor komoditas berupa minyak bumi dan gas alam. Sedangkan ekspor non-migas merupakan kegiatan ekspor komoditas selain minyak dan gas seperti batubara, kelapa sawit, dan berbagai produk lainnya.

Walaupun ekspor memberikan kontribusi yang positif dan signifikan terhadap perekonomian, nilai pendapatannya tidak selalu stabil dan cenderung mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2024). Perubahan ini tidak terjadi secara acak, melainkan dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal, khususnya kondisi ekonomi makro seperti nilai kurs dan harga minyak mentah dunia (Nicholson et al., 2017).

Kurs merupakan nilai tukar suatu mata uang domestik terhadap mata uang asing

ataupun sebaliknya (Arianti et al., 2022). Dalam mengekspor produk, eksportir tentu menjual dengan harga yang dibayar dengan mata uang asing. Mata uang asing yang umumnya digunakan dalam perdagangan internasional adalah US dolar.

Minyak mentah merupakan salah satu komoditas penting yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku utama untuk berbagai produk energi dan industri global. Dalam pasar global, terdapat dua tolak ukur harga minyak mentah di dunia yaitu harga Eropa (*Brent Crude Oil*) dan Amerika (*West Texas Intermediate Crude Oil*) (Hanif and Taufiq, 2023). Menurut Chicago Mercantile Exchange dan Chicago Board of Trade (CME Group), fluktuasi harga WTI memiliki pengaruh terhadap pergerakan harga minyak mentah dunia yang meliputi Brent, Dubai/Oman, dan WTI itu sendiri secara signifikan dan positif, sehingga menjadikan harga WTI sebagai patokan yang valid untuk mewakili harga minyak mentah dunia. Selain itu, fluktuasi harga WTI dapat mempengaruhi perdagangan internasional dan perekonomian domestik suatu negara salah satunya adalah fluktuasi harga ekspor (Asianto, 2019).

Penelitian terkait total ekspor pernah dilakukan oleh (Salsabila et al., 2022) dengan menunjukkan bahwa model VARX(2, 2) mampu memberikan hasil peramalan yang sangat baik dengan nilai MAPE sebesar 5,94% untuk ekspor total di Indonesia dengan mempertimbangkan pengaruh dari indeks harga saham gabungan (IHSG). Meskipun penelitian tersebut menunjukkan model VARX memberikan hasil akurasi yang sangat baik terhadap total ekspor di Indonesia dengan faktor eksternal, pendekatan peramalan yang memisahkan antara ekspor nonmigas dan migas dinilai dapat memberikan hasil yang lebih mendalam dan akurat jika dibandingkan dengan total ekspor secara langsung. Hal tersebut dikarenakan masing-masing komponen ekspor memiliki pola dinamis dan faktor pengaruh yang kemungkinan berbeda. Selain itu peramalan terkait total ekspor di Indonesia dengan pengaruh nilai kurs dan harga minyak dunia menggunakan model VARX masih terbatas dari sumber literatur.

Dengan demikian, penelitian ini mengembangkan model VARX (*Vector Autoregressive Exogenous*) untuk meramalkan total ekspor Indonesia melalui pendekatan terpisah antara ekspor migas dan non-migas serta mempertimbangkan pengaruh dinamis dari nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) dan harga minyak WTI. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ramalan total ekspor di Indone-

sia yang lebih akurat secara fenomena nyata dan mampu mengidentifikasi faktor dominan yang mempengaruhi masing-masing komponen ekspor.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperoleh beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model peramalan *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX) dalam memprediksi total pendapatan ekspor di Indonesia dengan pengaruh nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) dan harga minyak WTI?
2. Bagaimana penambahan variabel eksogen harga minyak WTI dan nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) dapat meningkatkan akurasi model *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX) untuk peramalan total pendapatan ekspor di Indonesia?
3. Bagaimana peramalan total pendapatan ekspor di Indonesia untuk 7 periode mendatang dengan pengaruh nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) dan harga minyak WTI?
4. Bagaimana tingkat akurasi *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX) terhadap total pendapatan ekspor di Indonesia dengan pengaruh nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) dan harga minyak WTI?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut, diperoleh beberapa tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memodelkan data nilai ekspor migas serta non migas di Indonesia, nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR), dan harga WTI dengan menggunakan metode VARX untuk memprediksi total pendapatan ekspor di Indonesia.

2. Mengidentifikasi pengaruh signifikan dari variabel eksogen harga minyak WTI dan nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) dalam meningkatkan akurasi model *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX) untuk peramalan total pendapatan ekspor di Indonesia.
3. Melakukan peramalan total pendapatan ekspor di Indonesia 7 periode mendatang dengan pengaruh nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) dan harga minyak WTI dengan model *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX) yang paling optimal.
4. Mengkaji tingkat akurasi model *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX) dalam memprediksi total pendapatan ekspor di Indonesia dengan pengaruh nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) dan harga minyak WTI.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
  - Meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep analisis deret waktu multivariat, khususnya melalui penerapan model *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX) dalam konteks peramalan variabel ekonomi.
  - Melatih kemampuan dalam mengolah dan menganalisis data runtun waktu dengan pendekatan kuantitatif berbasis model matematis.
  - Mendorong mahasiswa untuk berpikir kritis dan analitis dalam menginterpretasi hubungan dinamis antar variabel dalam sistem ekonomi yang kompleks.
2. Bagi Program Studi Matematika

Memberikan kontribusi sebagai referensi tambahan dalam pengembangan materi pembelajaran di bidang matematika terapan, khususnya analisis data, statistika, dan pemodelan deret waktu.

### 3. Bagi Pemerintah

- Menjadi sumber informasi dan pertimbangan dalam menyusun kebijakan strategis terkait ekspor, dengan memperhatikan faktor-faktor eksternal seperti nilai tukar dan harga komoditas global (misalnya harga minyak mentah WTI).
- Mendorong pemanfaatan hasil riset akademik dalam mendukung perencanaan ekonomi yang lebih tepat sasaran dan berbasis bukti.

## 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Cakupan data nilai ekspor (migas dan non migas) meliputi total dari seluruh tujuan ekspor Indonesia tanpa batasan wilayah tertentu.
2. Analisis dan pemodelan hanya berfokus pada pengaruh nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) dan harga minyak WTI untuk prediksi total pendapatan ekspor Indonesia sehingga variabel lain yang berpotensi mempengaruhi ekspor baik migas ataupun nonmigas tidak disertakan dalam model.
3. Data yang digunakan merupakan data runtun waktu bulanan yang mencakup pendapatan ekspor migas dan non-migas di Indonesia ke seluruh dunia (dalam juta dolar), serta nilai kurs dolar terhadap rupiah (USD/IDR) (dalam rupiah) dan harga minyak WTI (dalam USD per barel) dengan rentang waktu keseluruhan data yaitu dari Januari 2015 hingga Desember 2024 dan diperoleh melalui *website* Kementerian Perdagangan dan World Bank Group.