

**PEMODELAN REGRESI NONPARAMETRIK
DENGAN PENDEKATAN *COMPLETE FOURIER*
SERIES ESTIMATOR PADA DATA DENGAN DAN
TANPA UNSUR *TREND***

SKRIPSI



NUR ALIAH RAMADHANI

H051201025

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

MAKASSAR

2024



**PEMODELAN REGRESI NONPARAMETRIK
DENGAN PENDEKATAN *COMPLETE FOURIER*
SERIES ESTIMATOR PADA DATA DENGAN DAN
TANPA UNSUR *TREND***

SKRIPSI

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

NUR ALIAH RAMADHANI

H051201025

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

MAKASSAR

APRIL 2024



LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

Pemodelan Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Complete Fourier Series Estimator pada Data Dengan dan Tanpa Unsur Trend

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun

Makassar, 23 April 2024



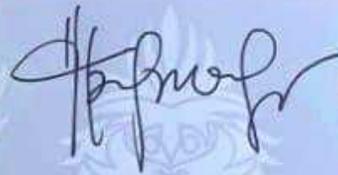
Nur Aliah Ramadhani

NIM H051201025



**PEMODELAN REGRESI NONPARAMETRIK
DENGAN PENDEKATAN *COMPLETE FOURIER*
SERIES ESTIMATOR PADA DATA DENGAN DAN
TANPA UNSUR *TREND***

Pembimbing Utama



Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.

NIP. 19750429 200003 2 001

Ketua Program Studi



Dr. Anna Hamiyati, S.Si., M.Si.

NIP. 19770808 200501 2 002



Optimization Software:
www.balesio.com

Pada 23 April 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Nur Aliah Ramadhani
NIM : H051201025
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : *Pemodelan Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Complete Fourier Series Estimator pada Data Dengan dan Tanpa Unsur Trend*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si. (.....)
2. Anggota : Siswanto, S.Si., M.Si. (.....)
3. Anggota : Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

: 23 April 2024



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat, berkah, ridho, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* beserta keluarga dan para sahabatnya. *Alhamdulillahirobbil'alamin*, berkat nikmat kemudahan, keberkahan, dan pertolongan yang diberikan oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pemodelan Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan *Complete Fourier Series Estimator* pada Data Dengan dan Tanpa Unsur *Trend*”** yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika, Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang senantiasa turut membantu dalam bentuk moril maupun materil sehingga dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Ibunda tersayang, **Nurhuda** yang telah memberikan dukungan penuh, pengorbanan luar biasa, limpahan kasih sayang, kesabaran hati, serta dengan ikhlas telah menemani setiap langkah penulis dengan doa dan restu mulianya. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada Kakak tersayang sekaligus panutan penulis, **Nurul Fhaika** yang senantiasa mendengarkan segala keluh kesah penulis, memberikan bantuan, nasehat, serta dukungan. Terima kasih juga kepada adik tersayang penulis **M. Fadhil Khalid** yang selalu menghibur dan memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, serta keluarga besar penulis, terima kasih atas doa mulia dan dukungannya selama ini.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh ketulusan

penulis ucapkan kepada:

Kak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.



2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Anna Islamiyati S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, serta bantuan dan motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama penulis yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan arahan, dorongan, semangat, dan motivasi kepada penulis dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. **Bapak Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si.**, dan **Bapak Siswanto, S.Si., M.Si.**, selaku Tim Penguji yang telah meluangkan waktu dalam memberikan motivasi serta kritikan yang membangun dalam proses penyempurnaan tugas akhir ini.
6. **Bapak Siswanto, S.Si., M.Si.**, selaku Penasehat Akademik penulis serta Dosen Pendamping ketika penulis mengikuti PKM 2023, yang senantiasa memberikan bantuan, arahan, kesempatan berharga, serta motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
7. Segenap **Dosen Pengajar** dan **Staf** yang telah memberikan ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menempuh pendidikan sarjana di Departemen Statistika.
8. Sahabat seperjuangan di ciwi-ciwi among: **Nadia, Jihan, Nahla, Aulia, Afika, Rifdah, Aish, Ayu, Laurine, Cynthia, Rahmi, Icha, Parida, Radia, Pebi, Krisna, Putri, dan Stansye**. Terima kasih atas segala kebersamaan, kebahagiaan, kesedihan, serta kebaikannya selama masa perkuliahan.
9. Rekan seperjuangan yang luar biasa dalam mengikuti berbagai kompetisi selama masa perkuliahan, **Aulia, Laurine, Fahmi, Ridwan, Divia, Nahla, Ayu, Jihan, Mukhlis, Fadlan, Hakam, Razy, Reza, Tim Kurmanemia dan terkhusus untuk Nadia dan Afika (Data Divas)**. Terima kasih telah mau berjuang dan mengukir kenangan selama proses kompetisi bersama penulis.
10. Teman seperjuangan di **Statistika 2020, A(mong us), serta anak-anak** **bing Ibu Erna**. Terima kasih atas ilmu, kebersamaan, suka dan duka dalam jalani perkuliahan hingga menyusun tugas akhir di Departemen Statistika. Teman-teman yang membantu proses menyusun tugas akhir hingga sidang



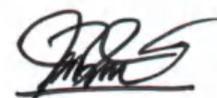
tutup penulis, **Ayu A., Yoel, Tiwi, Nahla, Jihan, Aulia, Nadia, Ira, Cynthia, Rahmi, Ayu, Laurine, Rifdah, Aish, Peby, Mukhlis, dan Fahmi.** Terima kasih atas segala bantuan yang diberikan selama proses tersebut.

12. Sahabat terbaik penulis sejak di bangku SMA, **Egi, Husnun, Pia, Pedeel (Putri), Uppi** serta keluarga besar **THROXIE: XII IPA 1** yang senantiasa memberi semangat dan menemani perjuangan pendidikan penulis.
13. Sahabat terbaik penulis sejak kecil, **Dilla, Azzah, Nanda, Nurul, Lulu, Iffah,** dan **Nayla** terima kasih telah memberikan semangat dan menghibur penulis selama ini.
14. Teman – teman **KKN PUPR Gowa Kel. Bonto Ramba, Gelombang 110, Nurba, Alwi, Gita, Dheny,** dan **Indra** terima kasih telah memberikan motivasi serta pengalaman baru bagi penulis selama menjalani KKN.
15. **Keluarga Besar Paguyuban Karya Salemba Empat Unhas,** terkhusus untuk **Batch 8.** Terima kasih telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk merasakan menjadi bagian dari paguyuban orang-orang hebat.
16. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih setinggi-tingginya untuk segala dukungan, partisipasi, dan apresiasi yang diberikan kepada penulis.
17. Tak lupa penulis ucapkan terima kasih dan penghargaan setulus-tulusnya bagi **Diri Penulis** sendiri karena telah berjuang dan memberikan usaha terbaik hingga pada tahap penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah senantiasa memberikan yang terbaik bagi dirimu di masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf sebesar-besarnya. Penulis berharap, karya ini dapat bermanfaat sebaik-baiknya bagi sebanyak-banyaknya penuntut ilmu.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 23 April 2024



Nur Aliah Ramadhani



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIK**

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

Nama : Nur Aliah Ramadhani
NIM : H051201025
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*Non-exclusive Royalty- Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul:

“Pemodelan Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan *Complete Fourier Series Estimator* pada Data Dengan dan Tanpa Unsur *Trend*”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar tanggal 23 April 2024.

Yang menyatakan,



(Aliah Ramadhani)



ABSTRAK

Peramalan dapat dilakukan menggunakan pendekatan regresi, yaitu menentukan bentuk dari estimasi kurva regresi yang tepat. Ketika kurva regresi memiliki pola yang tidak diketahui, maka pendekatan regresi nonparametrik dapat digunakan. *Estimator* yang dapat digunakan untuk data yang memiliki pola tidak diketahui dan cenderung berfluktuatif adalah *Fourier series estimator*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan regresi nonparametrik dengan pendekatan *complete Fourier series estimator* (RNCFS), pada data berfluktuatif dengan maupun tanpa unsur *trend*. Parameter diestimasi menggunakan metode OLS dan dievaluasi berdasarkan nilai MAPE. Data yang digunakan adalah nilai ekspor migas dan nonmigas Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan model terbaik untuk nilai ekspor migas adalah RNCFS tanpa unsur *trend* dengan nilai k sebesar 30, sementara untuk nonmigas adalah RNCFS dengan unsur *trend* dan nilai k sebesar 26. MAPE total berturut-turut ialah 3,257% dan 3,221%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model terbaik yang diperoleh mampu meramalkan nilai ekspor Indonesia dengan sangat baik dan dapat diterapkan untuk peramalan di masa mendatang.

Kata Kunci: Fluktuatif, MAPE, Nilai Ekspor, Regresi Nonparametrik, RNCFS



ABSTRACT

Forecasting can be conducted using regression approaches, which involve determining the appropriate form of regression curve estimation. When the regression curve exhibits an unknown pattern, nonparametric regression approaches can be employed. An estimator that can be used for data that has an unknown pattern and tends to fluctuate is the Fourier series estimator. Therefore, this study aims to model nonparametric regression using the complete Fourier series estimator (RNCFS) approach on fluctuating data with or without trend elements. Parameters are estimated using OLS method and evaluated via MAPE value. The data used consist of the export values of Indonesia's oil and non-oil sectors. Results show the best model for oil exports is RNCFS without trend elements with k value of 30, while for non-oil exports, is RNCFS with trend elements and k value of 26. The respective total MAPEs are 3.257% and 3.221%. Thus, it can be concluded that the best model obtained is capable of forecasting Indonesia's export values very effectively and can be applied for future forecasting.

Keywords: *Export Values, Fluctuative, MAPE, Nonparametric Regression, RNCFS*



DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | ix |
| ABSTRAK | x |
| ABSTRACT | xi |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Peramalan dan Analisis Runtun Waktu | 5 |
| 2.2 Analisis Regresi | 6 |
| 2.3 Analisis Regresi Nonparametrik..... | 6 |
| 2.4 Analisis Regresi Nonparametrik <i>Fourier Series Estimator</i> | 7 |
| 2.5 Pemilihan Model Terbaik dan Nilai Parameter Osilasi Optimal | 10 |
| 2.6 Uji Homogenitas Levene | 11 |
| 2.7 <i>Mean Average Percentage Error</i> | 12 |
| 2.8 Koefisien Determinasi | 13 |
| 2.9 Nilai Ekspor Migas dan Nonmigas Indonesia | 13 |
| METODOLOGI PENELITIAN | 15 |
| Sumber Data | 15 |
| Tahapan Penelitian | 15 |



| | |
|---|-----------|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 17 |
| 4.1 Estimasi Parameter Regresi Nonparametrik <i>Complete Fourier Series</i> | 17 |
| 4.2 Deskripsi Data | 19 |
| 4.2.1 Migas..... | 19 |
| 4.2.2 Nonmigas | 20 |
| 4.3 Analisis Data..... | 21 |
| 4.3.1 Uji Homogenitas Levene..... | 21 |
| 4.3.2 Pemilihan Batas Atas Interval Nilai Parameter Osilasi..... | 22 |
| 4.3.3 Pemilihan Nilai Parameter Osilasi Optimal tiap <i>Estimator</i> | 23 |
| 4.3.4 Pemilihan Model Terbaik..... | 26 |
| 4.3.5 Peramalan Menggunakan Model Terbaik | 28 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 36 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 36 |
| 5.2 Saran | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 37 |
| LAMPIRAN..... | 41 |



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. *Plot Time Series* Nilai Ekspor Migas Indonesia (Y_1)..... 19
Gambar 4.2. *Plot Time Series* Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia (Y_2) 20
Gambar 4.3. Hasil Peramalan pada Data *Testing* Nilai Ekspor Migas..... 30
Gambar 4.4. *Plot Time Series* Nilai Asli dan Peramalan Variabel Y_1 31
Gambar 4.5. Hasil Peramalan Data *Testing* Nilai Ekspor Nonmigas..... 34
Gambar 4.6. *Plot Time Series* Nilai Asli dan Peramalan Variabel Y_2 35



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Kategori Nilai MAPE | 13 |
| Tabel 2.2. Kategori Nilai R^2 | 13 |
| Tabel 3.1. Variabel Penelitian | 15 |
| Tabel 4.1. Statistik Deskriptif Nilai Ekspor Migas Indonesia (Y_1)..... | 20 |
| Tabel 4.2. Statistik Deskriptif Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia (Y_2) | 21 |
| Tabel 4.3. Hasil Uji Homogenitas Levene | 21 |
| Tabel 4.4. Hasil Komputasi Y_1 Menggunakan RNCFS tanpa Unsur <i>Trend</i> | 23 |
| Tabel 4.5. Hasil Komputasi Y_1 Menggunakan RNCFS dengan Unsur <i>Trend</i> | 24 |
| Tabel 4.6. Hasil Komputasi Y_2 Menggunakan RNCFS tanpa Unsur <i>Trend</i> | 25 |
| Tabel 4.7. Hasil Komputasi Y_2 Menggunakan RNCFS dengan Unsur <i>Trend</i> | 26 |
| Tabel 4.8. Hasil Pemilihan Model Terbaik Variabel Nilai Ekspor Migas | 27 |
| Tabel 4.9. Hasil Pemilihan Model Terbaik Variabel Nilai Ekspor Nonmigas | 28 |
| Tabel 4.10. Hasil Estimasi Parameter Model Terbaik Variabel Y_1 Metode OLS. | 28 |
| Tabel 4.11. Hasil Peramalan Data <i>Testing</i> Nilai Ekspor Migas Indonesia | 29 |
| Tabel 4.12. Hasil Peramalan Variabel Y_1 untuk 12 Periode Selanjutnya | 30 |
| Tabel 4.13. Hasil Estimasi Parameter Model Terbaik Variabel Y_2 Metode OLS. | 32 |
| Tabel 4.14. Hasil Peramalan Data <i>Testing</i> Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia.... | 33 |
| Tabel 4.15. Hasil Peramalan Variabel Y_2 untuk 12 Periode Selanjutnya | 34 |



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penelitian 42
Lampiran 2. Matriks y dan Nilai MAPE Model Terbaik Variabel Y_1 44
Lampiran 3. Matriks y dan Nilai MAPE Model Terbaik Variabel Y_2 46



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peramalan adalah unsur penting dalam proses pengambilan keputusan (Ulutaş dkk., 2020). Data yang digunakan ketika melakukan peramalan adalah data *time series* (runtun waktu). Data *time series* merupakan sekumpulan data yang terdiri atas satu objek tetapi meliputi beberapa periode waktu misalnya data harian, bulanan, dan lain-lain (Dokumentov dan Hyndman, 2022). Penentuan metode peramalan yang tepat dapat diketahui melalui pola data. Terdapat empat unsur pada pola data *time series*, yaitu: *trend*, siklis, musiman, dan acak (Dozie dan Ihekuna, 2023). Metode statistika yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan disebut dengan Analisis Runtun Waktu (ARW) (Arumsari dan Dani, 2021). Metode yang paling umum digunakan pada ARW adalah metode *Autoregressive Integrated Moving Average* atau ARIMA (Schaffer dkk., 2021).

Peramalan juga dapat dilakukan menggunakan pendekatan selain metode ARIMA, yaitu pendekatan regresi. Metode regresi merupakan salah satu metode yang bertujuan untuk mengetahui bentuk pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor (Pardoe, 2020). Tujuan utama pemodelan menggunakan regresi adalah menentukan bentuk dari estimasi fungsi regresi yang tepat. Apabila fungsi regresi memiliki pola yang tidak diketahui, maka dapat digunakan pendekatan regresi nonparametrik (Curth dan Schaar, 2021). Selain itu, apabila data yang digunakan nonstasioner, maka pendekatan regresi nonparametrik dapat digunakan agar proses peramalan tidak terlalu kompleks dikarenakan tidak melalui tahap *differencing* dan transformasi (Mardianto dkk., 2019a). Pendekatan regresi nonparametrik yang tidak terikat dengan asumsi bentuk fungsi tertentu menyebabkan bentuk fungsi regresi lebih fleksibel dalam menyesuaikan dengan data aslinya (Pardoe, 2020).

Fungsi regresi dalam regresi nonparametrik dapat menggunakan beberapa *estimator* yang telah dikembangkan oleh para peneliti diantaranya, yaitu: kernel, dan *Fourier series* (Eubank, 1999). Penelitian telah dilakukan oleh o dkk. (2019a) menggunakan regresi nonparametrik dengan pendekatan adaraya-Watson dan *Fourier series* dalam meramalkan jumlah pesawat



yang mendarat di suatu bandara tiap bulannya. Data yang digunakan merupakan data *time series* yang fluktuatif. Hasil peramalan yang diperoleh untuk tiap nilai osilasi di pendekatan *Fourier series* selalu menghasilkan nilai *Mean Square Error* (MSE) yang lebih kecil dibandingkan MSE untuk setiap *bandwidth* pada pendekatan kernel Nadaraya-Watson. Hal ini dikarenakan komponen trigonometri pada *Fourier series* mampu mendekati pola fluktuatif dengan lebih baik. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pendekatan *Fourier series* lebih baik dibandingkan kernel Nadaraya-Watson dalam meramalkan data yang fluktuatif.

Konsep dasar terkait *Fourier series estimator* diperkenalkan oleh Bilodeau (1992), Dette dkk. (2017), dan Biedermann dkk. (2009) dengan menentukan nilai parameter osilasi optimal dalam memilih model terbaik. Parameter osilasi (k) berfungsi sebagai pengatur kesesuaian fungsi (*smooth*). Nilai parameter k yang optimal berfungsi agar model yang terbentuk tidak *oversmoothing* maupun *undersmoothing*. Parameter osilasi yang optimal dapat dipilih berdasarkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) terkecil (Mvondo dan Nguéma, 2023). Terdapat tiga bentuk *Fourier series*, yaitu cosinus, sinus dan *complete* (kombinasi bentuk sinus dan cosinus). Metode regresi nonparametrik menggunakan pendekatan *Fourier series estimator* bentuk cosinus telah digunakan oleh Danbatta dan Varol pada tahun 2021 dalam meramalkan jumlah wisatawan di Turki dan memperoleh nilai MAPE sangat baik, yaitu sebesar 8,429%.

Penelitian menggunakan bentuk *Fourier series* lainnya telah dilakukan oleh Mardianto dkk. (2019b) menggunakan regresi nonparametrik *complete Fourier series* dengan fungsi linier untuk mengakomodasi unsur *trend* yang diperkenalkan Bilodeau (1992) untuk meramalkan jumlah siswa yang mengikuti bimbingan belajar di Indonesia. Hasil yang diperoleh adalah peramalan sangat baik, dibuktikan dengan nilai MAPE sebesar 3,494%. Mardianto dkk. (2021) selanjutnya membandingkan tiga bentuk *Fourier series estimator* tanpa unsur *trend* dan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) dalam meramalkan jumlah penderita malaria dan demam berdarah di Indonesia. *Estimator* terbaik yang diperoleh adalah *complete series estimator* dengan nilai MAPE sebesar 0,345%. Hal ini dikarenakan *complete* telah melibatkan kedua bentuk *Fourier series* lainnya (sinus dan cosinus) sehingga hasil peramalan yang diberikan lebih baik.



Penelitian-penelitian menggunakan metode tersebut telah dilakukan dalam bidang pendidikan, pariwisata, dan kesehatan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan penerapan metode tersebut dalam bidang ekonomi, yaitu pada data nilai ekspor migas dan nonmigas Indonesia. Ekspor merupakan proses perdagangan internasional yang melibatkan penjualan *output* barang dan jasa dari dalam negeri ke negara lain (Saragih, 2022). Ekspor dibagi menjadi dua, yaitu sektor migas (minyak dan gas) serta sektor nonmigas (Sutawijaya, 2010). Laju pertumbuhan nilai ekspor Indonesia memiliki fluktuasi yang cukup signifikan dan terjadi *trend* sejak pertengahan tahun 2020 yang disebabkan oleh fluktuasi pada harga komoditi dan kenaikan permintaan komoditi tersebut (Suryanto dan Kurniati, 2023).

Laju pertumbuhan nilai ekspor yang mengalami fluktuasi memberikan dampak tidak langsung pada keberlangsungan kegiatan ekonomi masyarakat Indonesia. Berdasarkan hal tersebut, perlu dirancang strategi yang tepat untuk mengendalikan nilai ekspor Indonesia. Strategi tersebut dapat lebih efektif hanya jika dimiliki pemahaman terkait kondisi nilai ekspor yang akan datang, sehingga peramalan terkait nilai ekspor Indonesia perlu dilakukan (Lailiyah, 2018). Berdasarkan hal-hal tersebut, penelitian ini difokuskan dalam pembentukan model regresi nonparametrik dengan pendekatan *complete Fourier series estimator* (RNCFS) dengan dan tanpa unsur *trend* untuk meramalkan nilai ekspor migas dan nonmigas Indonesia. Parameter pada model tersebut diestimasi menggunakan metode OLS dan hasil peramalan dievaluasi menggunakan nilai MAPE. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pembuat kebijakan dalam mengatur strategi demi mengendalikan nilai ekspor Indonesia pada masa yang akan datang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana model terbaik yang diperoleh untuk meramalkan masing-masing nilai ekspor migas dan nonmigas Indonesia dengan menggunakan RNCFS dengan dan tanpa unsur *trend*?
2. Bagaimana hasil peramalan menggunakan model terbaik yang diperoleh untuk masing-masing nilai ekspor migas dan nonmigas Indonesia?



1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Data yang digunakan merupakan data bulanan nilai ekspor migas dan nonmigas Indonesia pada bulan Mei 2017-September 2023 yang diperoleh dari *website* resmi Badan Pusat Statistik.
2. *Estimator* yang digunakan pada penelitian ini ada dua, yaitu *complete Fourier series* dengan unsur *trend* dan *complete Fourier series* tanpa unsur *trend*.
3. Parameter dalam model RNCFS pada penelitian ini diestimasi menggunakan metode *Ordinary Least Squares*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini, yaitu:

1. Menentukan model terbaik yang diperoleh untuk meramalkan masing-masing nilai ekspor migas dan nonmigas Indonesia dengan menggunakan RNCFS dengan dan tanpa unsur *trend*.
2. Meramalkan masing-masing nilai ekspor migas dan nonmigas Indonesia menggunakan model terbaik yang telah diperoleh.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini, yaitu:

1. Memperdalam wawasan mengenai model RNCFS.
2. Memberikan kontribusi dalam menyediakan perkiraan yang lebih akurat terkait nilai ekspor Indonesia, yang dapat menjadi dasar untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam konteks perencanaan ekonomi negara.
3. Memberikan inspirasi dan gagasan baru bagi pembaca dalam mengembangkan analisis runtun waktu dengan menggunakan metode ataupun kasus lainnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peramalan dan Analisis Runtun Waktu

Peramalan merupakan teknik yang memperhatikan data masa lalu dan masa kini untuk memperkirakan nilai pada masa yang akan datang (Sukarna, 2006). Peramalan merupakan alat bantu penting untuk perencanaan efektif yang mencakup banyak bidang, seperti keuangan, ekonomi, medis, dan ilmu sosial. Peramalan pada umumnya menggunakan data *time series* atau runtun waktu. Analisis Runtun Waktu (ARW) adalah salah satu metode statistika yang dapat digunakan untuk peramalan (Makridakis dkk., 1999; Montgomery dkk., 2015). Metode ARW adalah suatu metode kuantitatif untuk menentukan pola data *time series* masa lampau yang telah dikumpulkan secara teratur, untuk peramalan yang akan datang. Adapun, data *time series* merupakan serangkaian data atau observasi terhadap suatu variabel yang diambil secara berurutan berdasarkan interval waktu yang tetap (Wei, 2006). Data *time series* terdiri dari satu objek tetapi meliputi beberapa periode waktu misalnya harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan lain-lain. Menurut Makridakis dkk. (1999) ada empat tipe pola data *time series* yaitu:

a. Pola data horizontal

Pola data horizontal terjadi saat data observasi berfluktuasi di sekitaran suatu nilai konstan atau *mean* yang membentuk garis horizontal. Data ini disebut juga dengan data stasioner.

b. Pola data *trend*

Pola data *trend* terjadi apabila data pengamatan mengalami kenaikan atau penurunan selama periode jangka panjang. Suatu data pengamatan yang mempunyai *trend* disebut data nonstasioner. Jika data bergerak naik, maka data tersebut menunjukkan *trend* positif. Sebaliknya, jika data bergerak secara menurun, maka data tersebut menunjukkan *trend* negatif.

c. Pola data musiman

data musiman terjadi jika suatu data mengalami variasi pada sepanjang yang berulang pada waktu yang sama dengan interval waktu yang sama di p tahunnya. Umumnya pola data musiman muncul dipengaruhi oleh iklim



atau perayaan tahunan. Pola data musiman dapat mempunyai pola musim yang berulang dari periode ke periode berikutnya, misalnya pola yang berulang setiap bulan, tahun atau pada minggu tertentu.

d. Pola data siklis

Pola data siklis menunjukkan data yang bergelombang naik dan turun dalam jangka waktu yang panjang, pengaruh naik turunnya data ini kurang diketahui penyebabnya. Pola siklis pada umumnya bergerak fluktuatif di sekitar garis trend dalam jangka panjang yang berulang.

2.2 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah salah satu analisis yang paling banyak digunakan dan luas pemakaiannya. Analisis regresi dapat digunakan untuk memahami variabel prediktor mana saja yang berhubungan dengan variabel respon dan untuk mengetahui bentuk-bentuk hubungan tersebut (Subekti, 2015). Selain itu, analisis regresi juga dapat digunakan untuk melakukan peramalan. Tujuan analisis regresi adalah untuk menghasilkan estimasi parameter yang diwakili oleh fungsi regresi. Pendekatan yang digunakan untuk mengestimasi fungsi regresi ada dua, yaitu parametrik dan nonparametrik. Pendekatan parametrik adalah pendekatan yang digunakan jika bentuk hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon diketahui bentuk fungsi regresinya yang diasumsikan diikuti oleh pola tertentu. Sebaliknya, pendekatan nonparametrik merupakan pendekatan yang digunakan apabila bentuk hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon tidak diketahui informasi mengenai bentuk fungsi regresinya (Sanusi dkk., 2019).

2.3 Analisis Regresi Nonparametrik

Analisis regresi nonparametrik digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor yang tidak diketahui bentuk dari fungsi regresinya, hanya diasumsikan mulus dalam ruang fungsi tertentu (Sasmitoadi, 2005). Pendekatan regresi nonparametrik merupakan metode yang digunakan untuk menghindari penggunaan asumsi yang ketat. Hal inilah yang

menyebabkan regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam fungsi regresinya, karena bentuk fungsi menyesuaikan sendiri dengan



data yang digunakan (Sanusi dkk., 2019). Model regresi nonparametrik secara umum dapat disajikan pada Persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$y_i = m(x_i) + \varepsilon_i \quad , \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.1)$$

dengan

y_i : Variabel respon ke- i

x_i : Variabel prediktor ke- i

$m(x_i)$: Fungsi regresi yang tidak mengikuti pola tertentu

ε_i : *Error* acak ke- i

2.4 Analisis Regresi Nonparametrik *Fourier Series Estimator*

Pasangan data dengan bentuk (y_i, t_i) , dengan t_i adalah waktu pengamatan. Nilai $t_i = i = 1, 2, \dots, n$ dengan n menyatakan jumlah observasi serta variabel respon untuk pengamatan ke- i dilambangkan dengan y_i . Bentuk umum regresi nonparametrik yang terkait dengan pasangan data tersebut dapat dilihat dalam Persamaan (2.2).

$$y_i = m(t_i) + \varepsilon_i; \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (2.2)$$

$m(t_i)$ mempresentasikan fungsi regresi, ε_i menyatakan *error* acak untuk pengamatan ke- i yang independen, berdistribusi normal, identik, dengan *mean* 0, dan variansi σ^2 . Fungsi $m(t_i)$ akan didekati dengan *Fourier series*. Terdapat beberapa bentuk *Fourier series estimator* yang dapat digunakan dalam mendekati fungsi $m(t_i)$. *Fourier series* pertama yang digunakan dalam regresi nonparametrik adalah basis cosinus yang diperkenalkan oleh Bilodeau (1992). Kemudian, Bilodeau (1992) mengkombinasikan basis cosinus dengan fungsi linier yang mengakomodasi unsur *trend*. Selanjutnya, Biedermann dkk. (2009) dan Dette dkk. (2017) memperkenalkan *Fourier series* yang melibatkan kombinasi basis sinus dan cosinus, yang selanjutnya disebut *complete Fourier series*. Terakhir, *Fourier series* basis sinus yang diperkenalkan oleh Mardianto dkk. (2019). Beberapa jenis *estimator Fourier series* yang dapat digunakan, yaitu:

complete Fourier series dengan unsur *trend*

Pasangan data dengan bentuk (y_i, t_i) menggunakan pendekatan *complete Fourier*

series dengan unsur *trend* dapat dilihat pada Persamaan (2.3).



$$\hat{m}(t_i) = \frac{\alpha_0}{2} + \gamma t_i + \sum_{k=1}^K (\alpha_k \cos kt_i + \beta_k \sin kt_i) \quad (2.3)$$

2. Cosinus *Fourier series* dengan unsur *trend*

Persamaan fungsi regresi $m(t_i)$ menggunakan pendekatan cosinus *Fourier series* dengan unsur *trend* dapat dilihat pada Persamaan (2.4).

$$\hat{m}(t_i) = \frac{\alpha_0}{2} + \gamma t_i + \sum_{k=1}^K (\alpha_k \cos kt_i) \quad (2.4)$$

3. Sinus *Fourier series* dengan unsur *trend*

Persamaan fungsi regresi $m(t_i)$ menggunakan pendekatan sinus *Fourier series* dengan unsur *trend* dapat dilihat pada Persamaan (2.5).

$$\hat{m}(t_i) = \frac{\alpha_0}{2} + \gamma t_i + \sum_{k=1}^K (\beta_k \sin kt_i) \quad (2.5)$$

4. *Complete Fourier series* tanpa unsur *trend*

Persamaan fungsi regresi $m(t_i)$ menggunakan pendekatan *complete Fourier series* tanpa unsur *trend* dapat dilihat pada Persamaan (2.6).

$$\hat{m}(t_i) = \frac{\alpha_0}{2} + \sum_{k=1}^K (\alpha_k \cos kt_i + \beta_k \sin kt_i) \quad (2.6)$$

5. Cosinus *Fourier series* tanpa unsur *trend*

Persamaan fungsi regresi $m(t_i)$ menggunakan pendekatan cosinus *Fourier series* tanpa unsur *trend* dapat dilihat pada Persamaan (2.7).

$$\hat{m}(t_i) = \frac{\alpha_0}{2} + \sum_{k=1}^K (\alpha_k \cos kt_i) \quad (2.7)$$

6. Sinus *Fourier series* tanpa unsur *trend*

Persamaan fungsi regresi $m(t_i)$ menggunakan pendekatan sinus *Fourier series* tanpa unsur *trend* dapat dilihat pada Persamaan (2.8).

$$\hat{m}(t_i) = \frac{\alpha_0}{2} + \sum_{k=1}^K (\beta_k \sin kt_i) \quad (2.8)$$



Fungsi regresi

Waktu pengamatan ke- i , $i = t_i = 1, 2, \dots, n$

- α_0 : Parameter koefisien *Fourier series* (nilai rata-rata fungsi)
- γ : Parameter koefisien *Fourier series* yang mengakomodasi unsur *trend*
- α_k : Parameter koefisien *Fourier series* pada komponen cosinus
- β_k : Parameter koefisien *Fourier series* pada komponen sinus
- k : Parameter osilasi yang menyatakan jumlah gelombang; $k = 1, 2, \dots, K$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mardianto dkk. (2021) yang membandingkan cosinus *Fourier series*, sinus *Fourier series*, dan *complete Fourier series*, diperoleh hasil bahwa model dengan *complete Fourier series* terpilih sebagai model terbaik dalam meramal jumlah penderita malaria dan demam berdarah. Oleh karena itu, pada penelitian ini estimator yang digunakan ada dua, yaitu *Fourier series* yang mencakup basis trigonometri *complete* pada Persamaan (2.3) serta *complete Fourier series* yang dikombinasikan dengan fungsi linier yang mengakomodasi unsur *trend* pada Persamaan (2.6). Persamaan (2.3) disubstitusikan ke Persamaan (2.2) yang menghasilkan persamaan regresi nonparametrik yang didekati dengan *complete Fourier series* (RNCFS) dengan unsur *trend* dapat dilihat pada Persamaan (2.9).

$$y_i = \frac{\alpha_0}{2} + \gamma t_i + \sum_{k=1}^K (\alpha_k \cos kt_i + \beta_k \sin kt_i) + \varepsilon_i; \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (2.9)$$

dengan k adalah parameter osilasi, sedangkan $\alpha_0, \gamma, \alpha_k, \beta_k$ adalah parameter koefisien regresi yang nilainya ditentukan berdasarkan hasil estimasi parameter. Parameter osilasi melambangkan jumlah gelombang pada *Fourier series* yang terbentuk dan berfungsi sebagai pengatur kesesuaian fungsi (*smooth*). Persamaan (2.9) dapat disajikan dalam notasi matriks pada Persamaan (2.10).

$$\mathbf{y} = \mathbf{T}[K]\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}; \boldsymbol{\varepsilon} \sim N(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I}) \quad (2.10)$$

dengan vektor yang berisi data respon $\mathbf{y} = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_n]^T$, dan vektor yang berisi komponen *error* $\boldsymbol{\varepsilon} = [\varepsilon_1 \ \varepsilon_2 \ \dots \ \varepsilon_n]^T$. Keduanya memiliki ukuran $n \times 1$. Sedangkan, $\mathbf{T}[K]$ adalah matriks yang menyertakan data dengan komponen trigonometri dan berperan sebagai variabel prediktor saat melakukan estimasi parameter menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS). Matriks $\mathbf{T}[K]$

in sebagai berikut:



$$T[K] = \begin{bmatrix} 1 & t_1 & \cos t_1 & \cdots & \cos Kt_1 & \sin t_1 & \cdots & \sin Kt_1 \\ 1 & t_2 & \cos t_2 & \cdots & \cos Kt_2 & \sin t_2 & \cdots & \sin Kt_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & t_n & \cos t_n & \cdots & \cos Kt_n & \sin t_n & \cdots & \sin Kt_n \end{bmatrix}$$

$T[K]$ adalah matriks dengan ukuran $n \times (2K + 2)$, sedangkan vektor parameter β dinyatakan sebagai berikut:

$$\beta = \left[\frac{\alpha_0}{2} \quad \gamma \quad \alpha_1 \quad \dots \quad \alpha_K \quad \beta_1 \quad \dots \quad \beta_K \right]^T$$

β adalah sebuah vektor dengan ukuran $(2K + 2) \times 1$. Parameter diestimasi menggunakan metode OLS dengan meminimumkan *error*. Selanjutnya, persamaan RNCFS tanpa unsur *trend* diperoleh melalui substitusi Persamaan (2.6) ke Persamaan (2.2) dapat dilihat pada Persamaan (2.11).

$$y_i = \frac{\alpha_0}{2} + \sum_{k=1}^K (\alpha_k \cos kt_i + \beta_k \sin kt_i) + \varepsilon_i; \quad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (2.11)$$

dengan k adalah parameter osilasi, sedangkan $\alpha_0, \gamma, \alpha_k, \beta_k$ adalah parameter koefisien regresi yang nilainya ditentukan berdasarkan hasil estimasi parameter. Persamaan (2.11) dapat disajikan dalam notasi vektor seperti pada Persamaan (2.10), yang berbeda adalah isi komponen dari matriks $T[K]$ dan β . Matriks, $T[K]$ untuk RNCFS tanpa unsur *trend* tidak mengandung komponen t_i sebagai berikut:

$$T[K] = \begin{bmatrix} 1 & \cos t_1 & \cdots & \cos Kt_1 & \sin t_1 & \cdots & \sin Kt_1 \\ 1 & \cos t_2 & \cdots & \cos Kt_2 & \sin t_2 & \cdots & \sin Kt_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cos t_n & \cdots & \cos Kt_n & \sin t_n & \cdots & \sin Kt_n \end{bmatrix}$$

$T[K]$ adalah matriks dengan ukuran $n \times (2K + 1)$, sedangkan vektor parameter β untuk model RNCFS tanpa unsur *trend* dinyatakan sebagai berikut:

$$\beta = \left[\frac{\alpha_0}{2} \quad \alpha_1 \quad \dots \quad \alpha_K \quad \beta_1 \quad \dots \quad \beta_K \right]^T$$

β adalah sebuah vektor berukuran $(2K + 1) \times 1$. Parameter tersebut diestimasi menggunakan metode OLS pula (Mardianto dkk., 2021).

2.5 Pemilihan Model Terbaik dan Nilai Parameter Osilasi Optimal

Pemilihan model terbaik akan dilakukan diantara dua bentuk *estimator* yang pada Persamaan (2.9) dan Persamaan (2.11) pada masing-masing variabel penelitian ini. Sebelum melakukan pemilihan model terbaik, dilakukan nilai parameter osilasi optimal dari tiap bentuk *estimator*. Pemilihan nilai



osilasi optimal dan model (*estimator*) terbaik didasarkan pada pertimbangan yang sama, yaitu: nilai *Mean Square Error* (MSE), *Generalized Cross Validation* (GCV), dan koefisien determinasi (R^2). MSE adalah ukuran statistik untuk menentukan rata-rata kesalahan antara nilai yang diestimasi dengan yang diestimasi. Rumus MSE dinyatakan sebagai Persamaan (2.12).

$$MSE[k] = \frac{1}{n} \mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{H}(K))^T (\mathbf{I} - \mathbf{H}(K)) \mathbf{y} \quad (2.12)$$

dengan n adalah jumlah observasi dan \mathbf{I} adalah matriks identitas dengan ukuran $n \times n$. *Estimator* atau parameter osilasi yang baik memiliki nilai MSE yang kecil. Selain MSE, GCV juga dapat digunakan untuk menentukan model terbaik dan parameter osilasi (k) yang optimal karena GCV merupakan ukuran yang optimal secara asimtotik (Gu dan Wahba, 1991). Model terbaik dan parameter osilasi optimal yang digunakan dipilih berdasarkan nilai GCV terkecil (Eubank, 1999). Rumus GCV dinyatakan sebagai Persamaan (2.13).

$$GCV[k] = \frac{MSE[k]}{\left(n^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{H}(K))\right)^2} \quad (2.13)$$

Indikator lainnya adalah R^2 . Indikator ini merupakan indikator kontribusi variabel prediktor terhadap variabel respon yang ditentukan berdasarkan Persamaan (2.14).

$$R^2 = \frac{(\hat{\mathbf{y}} - \bar{\mathbf{y}})^T (\hat{\mathbf{y}} - \bar{\mathbf{y}})}{(\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}})^T (\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}})} \quad ; \quad 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (2.14)$$

dengan $\bar{\mathbf{y}}$ adalah vektor rata-rata yang berhubungan dengan data respon. *Estimator* dan parameter osilasi yang baik memiliki nilai R^2 yang besar (Rencher dan Schaalje, 2008). Oleh karena itu, *estimator* dan parameter osilasi yang dipilih untuk peramalan diharapkan memiliki nilai MSE dan GCV yang kecil, serta nilai R^2 yang besar, dengan tetap mempertimbangkan kesederhanaan model dengan parameter osilasi yang lebih kecil. Hal ini disebabkan, model yang lebih sederhana dapat memudahkan proses komputasi (Mardianto dkk., 2021).

2.6 Uji Homogenitas Levene

Uji homogenitas digunakan untuk mengevaluasi kesamaan variansi antara beberapa populasi. Salah satu metode uji homogenitas adalah uji Uji Levene merupakan uji alternatif dari uji Bartlett ketika distribusi suatu x diketahui. Uji Levene menggunakan analisis variansi satu arah. Data



diolah dengan menghitung selisih antara setiap skor rata-rata kelompoknya. Hipotesis yang digunakan dalam uji ini adalah sebagai berikut (Usmadi, 2020):

- H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ atau variansi antar kelompok data homogen
 H_1 : Ada $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$

Rumus untuk uji Levene dituliskan pada Persamaan (2.15).

$$W = \frac{(n - k) \sum_{j=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{(k - 1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_{i.})^2} \quad (2.15)$$

dengan

- Z_{ij} = $|Y_{ij} - \bar{Y}_{i.}|$
 n : Jumlah perlakuan
 k : Banyak kelompok
 $\bar{Y}_{i.}$: Rata-rata dari kelompok ke- i
 $\bar{Z}_{i.}$: Rata-rata kelompok dari Z_i
 $\bar{Z}_{..}$: Rata-rata menyeluruh dari Z_{ij}

Daerah kritis:

Tolak H_0 jika $W > F_{(\alpha; k-1, n-k)}$

2.7 Mean Average Percentage Error

Mean Average Percentage Error (MAPE) adalah sebuah metrik yang mengukur kesalahan relatif dan mengungkapkan persentase kesalahan dalam peramalan terhadap permintaan aktual dalam periode waktu tertentu. MAPE menghasilkan nilai persentase kesalahan yang dapat berupa rendah atau tinggi. Persamaan (2.16) menggambarkan rumus untuk MAPE, seperti yang dijelaskan oleh (Sungkawa dan Megasari, 2011).

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \frac{|y_{t_i} - \hat{y}_{t_i}|}{y_{t_i}} \times 100\% \quad ; i = t_i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.16)$$

dengan

- y_{t_i} : Nilai sebenarnya pada periode ke- t_i
 \hat{y}_{t_i} : Nilai peramalan pada periode ke- t_i
 n : Jumlah periode data yang diramalkan



Tabel 2.1 menggambarkan kategori nilai MAPE untuk suatu metode. Semakin rendah nilai MAPE yang diperoleh, maka semakin baik kinerja sebuah metode tersebut (Maricar, 2019).

Tabel 2.1. Kategori Nilai MAPE

| Nilai MAPE | Kategori |
|------------|-------------|
| < 10% | Sangat Baik |
| 10% – 20% | Baik |
| 20% – 50% | Cukup |
| > 50% | Buruk |

Sumber: Sungkawa dan Megasari (2011)

2.8 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi atau R^2 mengindikasikan seberapa besar pengaruh atau kontribusi variabel tertentu terhadap variansi nilai variabel lainnya. Nilai R^2 digunakan untuk mengevaluasi seberapa kuat pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon. Perhitungan nilai R^2 dilakukan menggunakan Persamaan (2.14). Terdapat tiga kategori penilaian untuk nilai R^2 , yaitu: kuat, moderat, dan lemah. Tabel 2.2 menggambarkan kategori nilai R^2 untuk suatu model, sebagaimana dijelaskan oleh Hair dkk. (2011).

Tabel 2.2. Kategori Nilai R^2

| Nilai MAPE | Kategori |
|------------|----------|
| 0,75 | Kuat |
| 0,50 | Moderat |
| 0,25 | Lemah |

Sumber: Hair dkk. (2011)

2.9 Nilai Ekspor Migas dan Nonmigas Indonesia

Secara umum, ekspor merujuk kepada proses pengiriman atau pemasaran barang ke luar negeri dan menerima pembayaran dalam mata uang asing (Sidabutar dan Aminoto, 2021). Ekspor memiliki berbagai tujuan, termasuk peningkatan laba perusahaan atau negara, memperluas pangsa pasar di luar negeri, serta untuk meningkatkan daya saing dan bersaing di pasar global. Kegiatan ekspor diyakini dapat meningkatkan pendapatan per kapita masyarakat, sebuah asumsi yang dikenal



sebagai hipotesis pertumbuhan ekspor. Oleh karena itu, ekspor dianggap sebagai pendorong pertumbuhan secara tidak langsung di negara berkembang seperti Indonesia (Sari dan Syechalad, 2013).

Kegiatan ekspor di Indonesia terbagi menjadi dua sektor, yaitu sektor migas serta nonmigas. Sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2001, sektor migas dianggap sebagai komoditas yang memiliki peran krusial dalam meningkatkan devisa negara, memenuhi kebutuhan energi domestik, dan menjadi bahan baku utama bagi industri. Sektor nonmigas mencakup beragam produk, termasuk produk pertanian seperti beras dan rempah-rempah, produk manufaktur seperti bahan kimia dan kertas, serta hasil pertambangan seperti batu bara dan tembaga. (Razak dan Jaya, 2014).

