

Peramalan Nilai Ekspor di Indonesia dengan *Hierarchical Time Series* Menggunakan Fungsi Transfer

Deo Saputra*, Marizsa Herlina

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*deosaputra36@gmail.com, Marizsa.herlina@unisba.ac.id

Abstract. Hierarchical forecasting is a breakdown of forecasting that allows joint forecasting at all levels of the hierarchy. There are two approaches used, namely the top-down and bottom-up approaches. This research uses a bottom-up approach, top-down historical proportions, and top-down forecasting proportions. Hierarchical forecasting can be applied to several time series models. The transfer function model is used in this research. This research aims to model the export value in Indonesia with a transfer function and export value based on export sector disaggregation. The data is divided into two levels, namely level 0 for data on export values for all sectors in Indonesia, and level 1 for data on export values per sector (oil and non-oil and gas). Based on the sMAPE value, the best hierarchical forecasting for level 0 is the bottom up approach with the smallest value, namely 30.18. Meanwhile, for level 1 with the oil and gas sector variable, it is a top down approach based on forecast proportions with the smallest value, namely 14.119, and for the non-oil and gas sector variable, it is a bottom up approach with the smallest value, namely 31.66. The research results show that for March 2023 the export value for the oil and gas sector was 1155.93 USD and for the non-oil and gas sector it was 16349.71 USD.

Keywords: *Export value in Indonesia, Hierarchical Forecasting, Transfer Function.*

Abstrak. Peramalan hirarki adalah perincian peramalan yang memungkinkan peramalannya bersama di semua tingkat hirarki. Ada dua pendekatan yang digunakan, yaitu pendekatan *top-down* dan *bottom-up*. Penelitian ini menggunakan pendekatan *bottom-up*, *top-down* proporsi historis, dan *top-down* proporsi peramalan. Peramalan hirarki dapat diterapkan ke beberapa model deret waktu. Model fungsi transfer digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan nilai ekspor di Indonesia dengan fungsi transfer serta nilai ekspor berdasarkan disagregasi sektor ekspor. Data terbagi menjadi dua level, yaitu level 0 untuk data nilai ekspor seluruh sektor di Indonesia, serta level 1 untuk data nilai ekspor per sektor (migas dan non-migas). Berdasarkan nilai sMAPE, peramalan hirarki terbaik untuk level 0 adalah pendekatan bottom up dengan nilai terkecil yaitu 30.18. Sedangkan untuk level 1 dengan variabel sektor Migas adalah pendekatan top down berdasarkan proporsi ramalan dengan nilai terkecil yaitu 14.119 dan untuk variabel sektor non Migas adalah pendekatan bottom up dengan nilai terkecil yaitu 31.66. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk bulan Maret 2023 nilai ekspor untuk sektor migas sebesar 1155.93 USD dan untuk sektor non migas sebesar 16349.71 USD.

Kata Kunci: *Nilai ekspor di Indonesia, Peramalan Hirarki, Fungsi Transfer.*

A. Pendahuluan

[1]Prediksi atau meramalkan adalah suatu teknik yang menentukan suatu peristiwa yang akan terjadi sehingga Tindakan tepat yang diperlukan dapat diambil. Saat membuat peramalan kuantitatif, perlu menyesuaikan dengan sifat data yang ada. Ketika data deret waktu berstruktur hirarkis, data tersebut dapat disebut data deret waktu hirarkis. [2]Kerangka deret waktu hirarki merupakan disagrerasi prediksi atau peramalan yang memungkinkan untuk meramalkan seluruh level hirarki secara bersamaan. [3]Peramalan hirarki mengharuskan penggunaan data yang memiliki struktur lengkap pada setiap level. Peramalan ini disusun untuk menghasilkan peramalan yang terstruktur yang didasarkan pada struktur agregasi, yaitu jumlah prakiraan agregat sama dengan jumlah prakiraan setiap komponen agregasi[2]. Peramalan ini menghasilkan konsistensi yang menyeluruh berdasarkan struktur hirarki. Pendekatan bottom-up dan top-down merupakan dua pendekatan yang umum digunakan pada peramalan hirarki. Dalam pendekatan bottom-up, peramalan dilakukan dari level rendah dan erlanjut pada level yang berada diatasnya. Sedangkan pendekatan top-down, peramalan dimulai dari level atas untuk kemudan berlanjut pada level yang dibawahnya (Nur et al., 2023).

[4]Ada dua jenis model peramalan, yaitu deret waktu dan deret regresi (kausal). Contoh model kausal adalah model fungsi transfer. Asumsi dari model kausal adalah faktor-faktor yang diprediksi berhubungan secara kausal dengan satu atau lebih variabel independen. [5]Fungsi transfer adalah model untuk memecahkan masalah ketika ada lebih dari satu data deret waktu dan salah satu variabel mempengaruhi variabel lainnya(Novian & Herlina, 2022).

Fungsi transfer bisa untuk memprediksi atau meramalkan jumlah statistik suatu nilai, salah satunya meramalkan jumlah nilai ekspor di Indonesia. [6] Ekspor merupakan penjualan atau penyerahan barang dari suatu negara ke luar negeri dengan sistem penjualan atau syarat yang disepakati oleh eksportir. Pengiriman atau pengeluaran barang dari wilayah pabean keluar wilayah suatu negara karena ada permintaan dinamakan perdagangan ekspor[7](Agnesia Risnandar & Anneke Iswani Achmad, 2023).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, berikut identifikasi masalah untuk penelitian ini:

1. Bagaimana pemodelan nilai ekspor di Indonesia dan tiap sektornya menggunakan fungsi transfer?
2. Bagaimana hasil peramalan nilai ekspor di Indonesia dan tiap sektornya dengan metode peramalan hirarki berdasarkan model fungsi transfer?
3. Bagaimana perbandingan hasil ramalan antara fungsi transfer dan peramalan hirarki?

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data yang didapat dari Badan Pusat Statistik. Data yang akan digunakan adalah data ekspor yang berupa nilai ekspor dan volume ekspor dari dua sektor yaitu minyak bumi dan gas serta non minyak bumi dan gas pada periode Januari 2018 sampai dengan Februari 2023.

ARIMA

Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) adalah teknik analisis deret waktu yang digunakan untuk peramalan data masa depan. ARIMA memakai nilai masa lalu dan nilai sekarang dari variabel terikat untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat.

$$(1 - B)^d(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)Y_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)e_t \quad (2.1)$$

dengan

ϕ_p	= koefisien komponen AR dengan dengan orde p
θ_q	= koefisien komponen MA dengan orde q
$(1 - B)^d$	= nilai <i>differencing</i> non musiman dengan orde d
d	= orde <i>differencing</i> non musiman
B	= operator <i>backward</i> non musiman
Y_t	= deret runtun waktu/ <i>time series</i>
e_t	= residual <i>white noise</i>

Fungsi Transfer

[6] Model fungsi transfer adalah kelanjutan dari model ARIMA dan analisis regresi menjadi model dengan pendekatan kausal dan deret waktu. Pada model fungsi transfer terdapat deret waktu *output*, disebut Y_t yang mungkin akan dipengaruhi oleh deret waktu *input*, disebut X_t dan *input* lain yang digabungkan dalam satu kelompok yang disebut gangguan (*noise*).

$$Y_t = v(B)X_t + N_t \quad \dots(2.2)$$

dimana

Y_t = deret output

X_t = deret input

N_t = deret noise / gangguan

Hierarchy Time Series

[2] Deret waktu hirarki merupakan desentralisasi peramalan dimana memungkinkan peramalan dibuat secara bersamaan di semua tingkat hirarki. Tiga jenis pendekatan biasanya dipakai untuk peramalan hirarki, yaitu *top-down*, *bottom-up*, dan yang terbaru merupakan pendekatan kombinasi optimal. Pendekatan *top-down* dibagi menjadi dua bagian, yaitu *top-down* dengan proporsi histori dan *top-down* dengan proporsi ramalan [2]. Penelitian ini hanya menggunakan dua pendekatan yaitu pendekatan *top-down* dan *bottom-up* serta menggunakan hirarki hingga level 1.

Langkah-langkah Penelitian

Pemodelan ARIMA

1. Menyiapkan deret untuk pemodelan ARIMA
2. Melakukan *differencing* jika tidak stasioner dalam rata-rata dan melakukan transformasi *box-cox* jika tidak stasioner dalam ragam.
3. Mengidentifikasi model ARIMA dengan plot ACF dan PACF kemudian menentukan model sementara.
4. Menduga parameter p, d, q pada model ARIMA
5. Menguji signifikansi parameter pada model ARIMA dengan persamaan
6. Menguji kelayakan model ARIMA untuk melihat sisaan *White noise*.

Pemodelan Fungsi Transfer

1. Deret *input* dan deret *output* disiapkan.
 2. Melakukan *differencing* jika tidak stasioner dalam rata-rata dan melakukan transformasi *box-cox* jika tidak stasioner dalam ragam.
 3. Menentukan model ARIMA untuk deret input (Volume ekspor)
 4. Dilakukan *prewhitening* (pemutihan) terhadap deret *input* untuk dapat α_t
 5. Dilakukan *prewhitening* (pemutihan) terhadap deret *output* untuk dapat β_t
 6. Mencari nilai korelasi silang dan autokorelasi antara α_t dan β_t
 7. Menaksir impulse response
 8. Menentukan nilai *b.r.s* untuk dijadikan penghubung antara variabel input dan variabel output menjadi fungsi transfer.
 9. Menentukan deret noise (n_t).
 10. Menentukan p_n, q_n untuk ARIMA ($p_n, 0, q_n$) dari deret noise (n_t)
 11. Menduga parameter fungsi transfer
 12. Menguji diagnostik fungsi transfer dengan cara menghitung autokorelasi untuk sisaan model yang menjadi penghubung antara variabel input dan variabel output.
 13. Melakukan peramalan dengan model fungsi transfer untuk 6 bulan ke-depan
- Peramalan Hirarki
1. Bottom-up
 - a. Hitung nilai ramalan pada semua variabel pada level 1 menggunakan model fungsi transfer untuk 6 periode
 - b. Hitung nilai ramalan pada level 0 dengan cara menghitung total peramalan

Langkah a

2. *Top-down* Proporsi Histori
 - a. Hitung nilai ramalan pada level 0 menggunakan model fungsi transfer untuk 6 periode berikutnya
 - b. Hitung nilai proporsi histori pada level 1 menggunakan proporsi TDHP 1 dan TDHP 2
 - c. Hitung nilai peramalan pada level 1 dengan mengalikan nilai proporsi histori yang telah didapat pada Langkah b dengan Langkah a
3. *Top-down* Proporsi Peramalan
 - a. Hitung nilai ramalan pada level 0 menggunakan model fungsi transfer untuk 6 periode kedepan
 - b. Hitung nilai proporsi ramalan pada level 1
 - c. Hitung nilai ramalan pada level 1 dengan mengalikan nilai proporsi yang telah didapat pada Langkah b dengan Langkah a
4. Menentukan Metode Terbaik
 Penentuan metode terbaik dapat ditentukan dengan cara membandingkan nilai SMAPE dimana model terbaik adalah model yang memiliki nilai terkecil.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pemodelan ARIMA Deret Input

Deret input pada pemodelan fungsi transfer harus dimodelkan ARIMA (p, d, q) terlebih dahulu. Pemodelan ARIMA deret input akan berguna untuk pemutihan deret input dan output.

1. ARIMA (1,1,1) untuk deret $\Delta X_{T,t}$

$$X_{T,t} = 1.394X_{T,t} - 0.394X_{T,t-2} + 29.6 + e_t - 0.979e_{t-1}$$
2. ARIMA (0,1,1) untuk deret $\Delta X_{1,t}$

$$X_{1,t} = -18.9 + X_{1,t-1} + e_t - 0.756e_{t-1}$$
3. ARIMA (1,1,1) untuk deret $\Delta X_{2,t}$

$$X_{2,t} = 1.408X_{2,t} - 0.408X_{2,t-2} + 33.1 + e_t - 0.9772e_{t-1}$$

Pemodelan Deret Noise

Perhitungan deret *noise* akan berguna pada pendugaan parameter model fungsi transfer. Dalam model fungsi transfer, deret *output* digambarkan akan dipengaruhi oleh deret *input* yang digabungkan dalam satu kelompok yang disebut *noise*. Berikut merupakan hasil perhitungan deret *noise*.

1. Deret *noise* untuk model fungsi transfer pada Total sektor

$$n_{T,t} = y_{T,t} - 0.462548x_{T,t} - 0.097616x_{T,t-1} - \dots + 0.06833x_{T,t-23}$$
2. Deret *noise* untuk model fungsi transfer pada sektor Migas

$$n_{1,t} = y_{1,t}^* - 1.246351x_{1,t} + 0.98669x_{1,t-1} - \dots + 0.81359x_{1,t-23}$$
3. Deret *noise* untuk model fungsi transfer pada sektor Non Migas

$$n_{2,t} = y_{2,t} - 8.820576x_{2,t} - 0.844523x_{2,t-1} - \dots + 3.09659x_{2,t-23}$$

Pemodelan dan Hasil Ramalan Fungsi Transfer

1. Model Fungsi Transfer (0,1,0)(3,0) untuk Seluruh Sektor

$$y_{Tt} = 0.91y_{Tt-3} - 0.302y_{Tt-1} + 0.274y_{Tt-4} + 0.194x_t - 0.176x_{t-3} + a_{Tt} + 0.302a_{Tt-1}$$

2. Model Fungsi Transfer (0,1,2)(1,1) untuk Sektor Migas

$$y_{1t} = 0.115y_{1t-1} + 0.802y_{1t-2} + 0.445x_{1t} - 0.076x_{1t-1} + 0.016x_{1t-2} - 0.348x_{1t-3} + a_{1t} + 0.701a_{1t-1} - 0.116a_{1t-2}$$

3. Model Fungsi Transfer (0,1,1)(3,0) untuk Sektor Non Migas

$$y_{2t} = -0.87y_{2t-1} + -0.907y_{2t-3} - 0.789y_{2t-4} + 0.196x_{2t} - 0.177x_{2t-4} + 0.115x_{2t-1} - 0.140x_{2t-5} + a_{2t} + 0.87a_{2t-1}$$

Setelah didapatkan model terbaik untuk setiap variabel, selanjutnya dilakukan peramalan untuk bulan Maret-Agustus 2023 pada variabel di level 0 dan level 1. Berikut merupakan hasil peramalan pada setiap variabel.

Tabel 1. Hasil Peramalan Menggunakan Fungsi Transfer

Periode	Nilai Ekspor (Ribuan USD)		
	$\hat{Y}_{T,t}$ (Total)	$\hat{Y}_{1,t}$ (Migas)	$\hat{Y}_{2,t}$ (Non Migas)
Maret 2023	17447.66806	1160.039128	16349.71098
April 2023	17616.92206	1110.528839	16588.35738
Mei 2023	17612.87326	1103.915831	16647.28944
Juni 2023	17615.11086	1093.470155	16692.96056
Juli 2023	17620.21007	1085.745202	16729.27304
Agustus 2023	17626.6119	1079.921629	16758.98083

Peramalan Hirarki

Metode Bottom-Up

Pada pendekatan pertama ini didapatkan hasil peramalan pada level 0 yaitu peramalan nilai ekspor seluruh sektor dengan cara menjumlahkan hasil peramalan pada level satu. Bentuk matematis peramalan *bottom-up* untuk level nol adalah sebagai berikut.

$$\tilde{Y}_{T,h} = \sum_{i=1}^2 \hat{Y}_{i,h}$$

$$\tilde{Y}_{T,1} = \hat{Y}_{1,1} + \hat{Y}_{2,1}$$

$$\tilde{Y}_{T,2} = (1110.53 + 16588.36) = 17698.89$$

⋮

$$\tilde{Y}_{T,6} = (1079.92 + 16758.98) = 17838.90$$

nilai $\tilde{Y}_{T,h}$ adalah peramalan nilai ekspor pada level nol (seluruh sektor) dan i menyatakan notasi untuk masing-masing sektor.

Metode Top-Down Proporsi Histori

Metode kedua ini berguna untuk memecah initial forecast pada level nol untuk mendapatkan peramalan pada level satu. Asumsi pada perhitungan ini adalah proporsi pada setiap bulannya untuk masing-masing variabel level 1 adalah sama.

Persamaan untuk mencari proporsi histori data ada dua macam. Persamaan yang pertama adalah Top-Down Historical Proportions 1 (TDHP 1). Sebagai teladan, akan dihitung nilai proporsi deret level 1 untuk sektor Migas sebagai berikut:

$$p_{1i} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{y_{i,t}}{y_{T,t}}}{n}$$

$$p_{1_1} = \frac{\sum_{t=1}^{49} \frac{y_{i,t}}{y_{T,t}}}{n}$$

$$p_{1_1} = \frac{1}{49} \left[\frac{y_{1,1}}{y_{T,1}} + \frac{y_{1,2}}{y_{T,2}} + \frac{y_{1,3}}{y_{T,3}} + \dots + \frac{y_{1,49}}{y_{T,49}} \right]$$

$$p_{1_1} = \frac{1}{49} \left[\frac{1343}{14576} + \frac{1389}{14132} + \dots + \frac{901}{19174} \right]$$

$$p_{1_1} = 0.0670$$

setiap nilai p_{1_i} merupakan rata-rata proporsi histori dari deret level bawah ($Y_{i,t}$) pada waktu $t = 1, 2, \dots, n$ yang berguna untuk memecah peramalan total agregat (Y_T, t).

Sedangkan persamaan kedua untuk mencari proporsi histori adalah TDHP 2. Misal ingin dihitung proporsi untuk variabel $Y_{1,t}$, maka secara matematis dapat ditulis:

$$p_{2_1} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{y_{i,t}}{n}}{\sum_{t=1}^n \frac{y_{T,t}}{n}}$$

$$p_{2_1} = \frac{\sum_{t=1}^{49} \frac{y_{i,t}}{49}}{\sum_{t=1}^{49} \frac{y_{T,t}}{49}}$$

$$p_{2_1} = \frac{\frac{1}{49}[1343+1389+\dots+901]}{\frac{1}{49}[14576+14132+\dots+19174]}$$

$$p_{2_1} = 0.0666$$

setiap nilai p_{2_i} merupakan proporsi rata-rata histori dari deret level bawah ($Y_{i,t}$) pada waktu $t = 1, 2, \dots, n$ untuk memecah peramalan total agregat (Y_T, t).

Setelah didapatkan nilai proporsi pada setiap deret, maka dapat dihitung hasil revisi peramalan menggunakan metode *top-down* proporsi histori. Dimisalkan, perhitungan peramalan untuk variabel ($Y_{1,t}$) satu langkah ke depan berdasarkan proporsi TDHP 1 sebagai berikut.

$$\tilde{y}_{1,h} = p_{1_i} \times \tilde{y}_{T,h}$$

$$\tilde{y}_{1,h} = p_{1_i} \times \tilde{y}_{T,1}$$

$$\tilde{y}_{1,h} = 0.0670 \times 15112.984$$

$$\tilde{y}_{1,h} = 1006.76$$

di mana $\tilde{y}_{1,h}$ adalah ramalan h langkah ke depan untuk variabel sektor Migas sedangkan $\tilde{y}_{T,h}$ adalah *initial forecast* h langkah ke depan untuk variabel Total. Hasil peramalan menggunakan TDHP 1 dapat dilihat pada Lampiran 10.

Metode *Top-Down* Proporsi Peramalan

Pendekatan selanjutnya adalah pendekatan berdasarkan proporsi data ramalan. Dalam pendekatan ini, nilai proporsi akan berubah sepanjang waktu mengikuti hasil peramalan fungsi transfer. Adapun perhitungan proporsi sebagai berikut.

$$p_{3_{1,h}} = \prod_{l=0}^{k-1} \frac{\hat{y}_{1,h}^l}{\hat{s}_{1,h}^{l+1}}$$

$$p_{3_{1,1}} = \prod_{l=0}^{k-1} \frac{\hat{y}_{1,h}^0}{\hat{s}_{1,h}^1}$$

$$p_{3_{1,1}} = \frac{1160.0391}{17509.8}$$

$$p_{3_{1,1}} = 0.06625104$$

dengan $p_{3_{1,h}}$ adalah proporsi peramalan untuk menghitung nilai ramalan variabel $\tilde{Y}_{1,t}$, $\hat{Y}_{1,h}^0$ adalah hasil *initial forecast* untuk $\tilde{Y}_{1,t}$ pada h bulan ke depan dan $\hat{S}_{1,h}^1$ adalah jumlah *initial forecast* dari masing-masing i pada h bulan ke depan.

Proporsi yang didapatkan dapat digunakan untuk menghitung peramalan variabel $\tilde{Y}_{1,t}$ satu bulan ke depan dengan cara:

$$\tilde{y}_{1,h} = p_{3_{1,h}} \times \tilde{y}_{T,h}$$

$$\tilde{y}_{T,1} = p_{3_{1,1}} \times \tilde{y}_{T,h}$$

$$\tilde{y}_{T,2} = 0.06625104 \times 17447.66806$$

$$\tilde{y}_{1,1} = 1155.39$$

Dengan $\tilde{y}_{1,h}$ adalah ramalan h bulan ke depan untuk variabel nilai ekspor sektor Migas berdasarkan metode *top down* proporsi peramalan, sedangkan $\tilde{y}_{T,h}$ adalah *initial forecast* h

langkah ke depan untuk variabel Total sektor.

Evaluasi Hasil Peramalan Metode *Time Series* Hirarki

Hasil peramalan menggunakan berbagai metode *time series* hirarki selama periode *out sample* dievaluasi menggunakan nilai sMAPE (*Symmetric Mean Absolute Percentage Error*). Peramalan dengan metode yang terbaik adalah yang memiliki nilai sMAPE terkecil. Berikut ini plot dari hasil perhitungan sMAPE *out sample* untuk masing-masing pendekatan pada level 0 dan level 1.

Tabel 2. sMAPE Peramalan Metode *Time Series* Hirarki

sMAPE		SMAPE				
		<i>Bottom-up</i>	TDHP 1	TDHP 2	TDFP	Fungsi Transfer
Level 0	Total Sektor	30.181	31.404	31.404	31.404	31.405
Level 1	Migas	14.124	17.622	17.943	14.119	14.124
	Non Migas	31.66	32.50	32.46	32.88	31.66

Berdasarkan tabel diatas peramalan hirarki terbaik untuk level 0 adalah pendekatan *bottom up* dengan nilai terkecil yaitu 30.18. sedangkan untuk level 1 dengan variabel sektor Migas adalah pendekatan *top down* berdasarkan proporsi ramalan dengan nilai terkecil yaitu 14.119 dan untuk variabel sektor non Migas adalah pendekatan *bottom up* dan fungsi transfer dengan nilai terkecil yaitu 31.66. dengan kata lain peramalan variabel non migas dapat dilakukan dengan metode fungsi transfer atau pendekatan *bottom up*.

Hasil Ramalan Hirarki

Peramalan dilakukan dengan menggunakan pendekatan terbaik yang telah ditentukan sebelumnya. Sehingga pendekatan untuk memperoleh hasil ramalan setiap variabel berbeda berdasarkan pendekatan yang terbaik. Berikut merupakan hasil ramalan berdasarkan pendekatan terbaik.

Tabel 3. Hasil Peramalan Menggunakan Metode Terbaik

Periode	Nilai Ekspor (Ribu USD)		
	$\tilde{Y}_{1,t}$ Migas (TDFP)	$\tilde{Y}_{2,t}$ Non Migas (<i>Bottom up</i>)	$\tilde{Y}_{T,t}$ Total (<i>Bottom up</i>)
Maret 2023	1155.93	16349.71	17509.7501
April 2023	1105.39	16588.36	17698.88621
Mei 2023	1095.31	16647.29	17751.20528
Juni 2023	1082.94	16692.96	17786.43072
Juli 2023	1073.87	16729.27	17815.01824
Agustus 2023	1067.07	16758.98	17838.90246

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Pemodelan nilai ekspor di Indonesia dan tiap sektornya dengan menggunakan fungsi transfer menghasilkan tiga model fungsi transfer paling baik dari tiap variabel. Model fungsi transfer terbaik untuk variabel Total adalah model fungsi transfer $(b, r, s)(p, q)$ $(0,1,0)(3,0)$, model fungsi transfer $(0,1,2)(1,1)$ untuk variabel sektor Migas dan model fungsi transfer $(0,1,1)(3,0)$ untuk variabel sektor Non Migas.
2. Berdasarkan nilai sMAPE, peramalan hirarki terbaik untuk level 0 adalah

pendekatan bottom up dengan nilai terkecil yaitu 30.18. sedangkan untuk level 1 dengan variabel sektor Migas adalah pendekatan top down berdasarkan proporsi ramalan dengan nilai terkecil yaitu 14.119 dan untuk variabel sektor non Migas adalah pendekatan bottom up dan fungsi transfer dengan nilai terkecil yaitu 31.66. Secara keseluruhan dapat diketahui bahwa *Hierarchical Time Series* lebih baik daripada fungsi transfer karena memiliki nilai sMAPE yang lebih kecil.

Acknowledge

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, orang tua yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik secara moral maupun materil, Ibu Marizsa Herlina, S.Stat., M.Sc., yang telah memberikan bimbingan dan motivasi, para dosen Statistika Unisba yang telah memberikan ilmu pengetahuannya, dan teman-teman yang telah memberikan dukungan serta bantuan kepada penulis sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Cryer, J. D., & Chan, K.-S. (2008). Time series analysis. In *European Journal of Operational Research* (Vol. 20, Issue 2). [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(85\)90052-9D](https://doi.org/10.1016/0377-2217(85)90052-9D).
- [2] Abidin, Aliful. 2022. Pengertian Ekspor dan Impor Menurut Para Ahli. <https://creatormedia.my.id/pengertian-ekspor-menurut-para-ahli-terbaru>.
- [3] Hyndman, R. J. (2017). Hierarchical Forecasting. In *Beijing Workshop on Forecasting* Kementerian Kesehatan RI (2020). Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2019. Jakarta
- [4] Athanasopoulos, G., Ahmed, R. A., & Hyndman, R. J. (2007). Hierarchical forecasts for Australian domestic tourism. *International Journal of Forecasting*, 25(1), 146–166. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2008.07.004>
- [5] NWeiss, C. 2018. *Essays in Hierarchical Time Series Forecasting and Forecast Combination*. Cambridge University
- [6] Makridakis, S., Wheelwright, S.C., McGee, Victor E., 1999, Metode dan Aplikasi Peramalan, Jilid Satu, Edisi 2, Terjemahan Andriyanto, U.S., Abdul, A., Jakarta.
- [7] Victor dan Toto. 2021. *Ekspor Impor : Teori dan Praktik Untuk Pemula*. Sumatra Barat: Mitra Cendekia Media.
- [8] Agnesya Risnandar, & Anneke Iswani Achmad. (2023). Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive untuk Meramalkan Indeks Harga Konsumen. *Jurnal Riset Statistika*, 43–50. <https://doi.org/10.29313/jrs.v3i1.1792>
- [9] Novian, W., & Herlina, M. (2022). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perilaku Masyarakat terhadap Penggunaan Internet pada Desa Digital Sukaraja. *Jurnal Riset Statistika*, 161–168. <https://doi.org/10.29313/jrs.v2i2.1466>
- [10] Nur, F., 1*, A., & Achmad, A. I. (2023). Perbandingan Fuzzy C-Means Clustering dan Fuzzy Possibilistic C-Means Clustering dalam Pengelompokan Kabupaten/Kota di Jawa Barat Berdasarkan Akses terhadap Sumber Air dan Sanitasi Layak Pada Tahun 2020. 1(1), 27–34. <https://doi.org/10.29313/datamath.v1i1.16>