

PERAMALAN HARGA MINYAK MENTAH INDONESIA JENIS SEPINGGIAN YAKIN MIX MENGGUNAKAN MODEL *HYBRID AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE - NEURAL NETWORK*

(*FORECASTING THE PRICE OF SEPINGGIAN YAKIN MIX CRUDE OIL USING AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE - NEURAL NETWORK HYBRID MODEL*)

Dwi Ayu Anggraini*, Sri Wahyuningsih**, Meiliyani Siringoringo**

*Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Mulwaraman

**Laboratorium Statistika Ekonomi dan Bisnis

Jl. Barong Tongkok No.04 Kampus Gunung Kelua Samarinda, Kalimantan Timur

Email: dayudayudayuu@gmail.com

Diterima: 5 Mei 2023; Direvisi: 7 Juli 2023; Disetujui: 7 Juli 2023

ABSTRAK

Peramalan merupakan salah satu bidang penelitian yang aktif yang artinya sampai saat ini masih terus dilakukan penelitian mengenai proses peramalan runtun waktu terkait dengan proses pengambilan keputusan. Metode peramalan berkembang menjadi semakin cepat mengikuti perkembangan zaman dan teknologi komputasi. Terdapat hal yang menarik dari perkembangan tersebut ialah perbaikan metode peramalan runtun waktu bersifat *hybrid*, dengan menggabungkan dua jenis metode atau lebih yang berbeda, diharapkan dapat menjadi cara yang efektif dalam meningkatkan akurasi peramalan dibandingkan hanya dengan menerapkan satu metode saja. Salah satu metode *hybrid* yang dapat digunakan adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Neural Network* (NN). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh perbandingan kinerja peramalan harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggian Yakin Mix antara model ARIMA dan model hybrid ARIMA-NN tahun 2022. Berdasarkan hasil peramalan menggunakan model ARIMA, tingkat akurasi yang diperoleh dari peramalan data harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggian Yakin Mix yaitu ARIMA(0,1,1) sebesar 7,9661% dan model ARIMA(2,1,0) sebesar 7,7816% dan tingkat akurasi yang diperoleh menggunakan model *hybrid* ARIMA(0,1,1)-NN 1 *neuron* sebesar 7,0910%, 2 *neuron* sebesar 7,0696%, 3 *neuron* sebesar 7,0661% dan menggunakan model *hybrid* ARIMA(2,1,0)-NN 1 *neuron* sebesar 6,8972%, 2 *neuron* sebesar 6,8767%, 3 *neuron* sebesar 6,8692%. Kedua model menghasilkan kinerja peramalan yang sangat akurat untuk data tersebut karena nilai MAPE kedua model < 10%. Namun nilai MAPE dari 6 model *hybrid* ARIMA-NN cenderung lebih kecil dibandingkan nilai MAPE dari model ARIMA. Dengan demikian model *hybrid* ARIMA-NN dapat digunakan sebagai alternatif pemodelan harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggian Yakin Mix yang bisa dimanfaatkan sebagai pertimbangan pengambilan keputusan atau kebijakan dalam bidang energi dan sumber daya mineral khususnya industri minyak mentah Indonesia.

Kata kunci: ARIMA, *Hybrid*, MAPE, *Neural Network* dan Peramalan.

ABSTRACT

Forecasting is one of the active areas of research, meaning that until now research is still being carried out on the process of forecasting time series related to the decision making process. Forecasting methods grow more rapidly following current development and computing technology. The interesting thing about this development is that the improvement of the hybrid time series forecasting method. By combining two or more different methods, it is expected to be an effective way to improve forecasting accuracy compared to only applying one method. One of the hybrid methods that can be used is Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) and Neural

Network (NN). The purpose of this research was to acquire a comparison of the forecasting performance of Indonesian crude oil prices for the Sepinggian Yakin Mix type between the ARIMA model and the ARIMA-NN hybrid model in 2022. Based on the results of forecasting using the ARIMA model, the level of accuracy acquired from forecasting Indonesian crude oil prices for the Sepinggian Yakin Mix type was ARIMA(0,1,1) at 7.9661% and ARIMA(2,1,0) model for 7.7816% and the level of accuracy acquired using the ARIMA(0,1,1)-NN hybrid model, 1 neuron was 7.0910%, 2 neurons was 7.0696%, 3 neurons was 7.0661% and using the ARIMA hybrid model(2,1,0)-NN 1 neuron was 6.8972%, 2 neurons was 6.8767%, 3 neurons was 6.8692%. Based on the current explanation, it can be concluded that both models produce very accurate forecasting performance for the data because the MAPE value of both models is less than 10%. However, the MAPE value of the 6 ARIMA-NN hybrid models tends to be smaller than the MAPE value of the ARIMA model. Forecasting results for the Sepinggian Yakin Mix Indonesian crude oil price are acquired when using the ARIMA-NN hybrid model. Thus the ARIMA-NN hybrid model can be used as an alternative model for forecasting the price of Indonesian crude oil of the Sepinggian Yakin Mix type which can be used as a consideration for decision making or policy in the field of energy and mineral resources, especially the Indonesian crude oil industry.

Keywords: ARIMA, Forecasting, Hybrid, MAPE and Neural Network.

PENDAHULUAN

Analisis runtun waktu merupakan salah satu prosedur statistika dalam pengolahan data runtun waktu untuk memperoleh hasil peramalan. Pemodelan runtun waktu seringkali dikaitkan dengan proses peramalan di mana peramalan sendiri merupakan suatu teknik menduga atau memperkirakan suatu nilai tertentu pada beberapa waktu kedepan dengan memperhatikan waktu-waktu sebelumnya. Menurut Makridakis (1999), peramalan suatu data runtun waktu perlu memperhatikan tipe atau pola data. Secara umum terdapat empat macam pola data runtun waktu, yaitu musiman, *trend*, siklis dan acak.

Model ARIMA dapat dipergunakan untuk meramalkan data historis dengan sangat akurat untuk peramalan dalam jangka pendek. Model ARIMA juga bisa digunakan untuk mengatasi masalah sifat keacakan, *trend*, musiman, bahkan sifat siklis data runtun waktu yang dianalisis (Sari, dkk., 2016). Pendekatan menggunakan model ARIMA cukup efisien dalam peramalan runtun waktu. Namun, pendekatan semacam ini masih menunjukkan kekurangan apabila terjadi volatilitasnya sangat ekstrim, khususnya dalam pergerakan pasar harga minyak (Suhartono, 2007).

Menurut Zhang (2003), metode peramalan berkembang menjadi semakin cepat mengikuti perkembangan zaman dan teknologi komputasi. Terdapat hal yang menarik dari perkembangan tersebut ialah perbaikan metode peramalan runtun waktu bersifat *hybrid*, dengan menggabungkannya dua jenis metode atau lebih yang berbeda, diharapkan dapat menjadi cara yang efektif dalam meningkatkan akurasi peramalan dibandingkan hanya dengan menerapkan satu metode saja. Salah satu metode *hybrid* yang dapat digunakan adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Neural Network* (NN). Data runtun waktu akan diramalkan menggunakan metode ARIMA yang menghasilkan residual yang kemudian dimodelkan menggunakan NN. Sehingga hasil peramalan model *hybrid* diperoleh dari penggabungan hasil peramalan ARIMA dan NN. Menurut Sarle (1994), metode NN mampu mengolah data dalam jumlah besar dan dapat memberikan akurasi yang tinggi dalam melakukan prediksi. NN dianggap baik untuk digunakan sebagai metode lanjutan untuk model *hybrid* dalam meramalkan harga minyak mentah indonesia karena dapat meningkatkan akurasi hasil peramalan.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang juga melakukan penelitian menggunakan model *hybrid* ARIMA-NN. Kusumaningrum, dkk (2012) melakukan penelitian untuk meramalkan kebutuhan bahan bakar premium di Depot Ampenan menggunakan model *hybrid* ARIMA-NN dan didapatkan hasil perbandingan model ARIMA, NN dan *hybrid* ARIMA-NN menunjukkan bahwa model *hybrid* ARIMA-NN menghasilkan nilai MAPE terkecil

dibandingkan dengan model tunggal yaitu ARIMA dan NN. Sehingga model gabungan lebih akurat dibandingkan dengan model tunggal. Gunaryati (2017) melakukan peramalan data ekspor impor dengan metode *hybrid* ARIMA-NN dan didapatkan hasil model gabungan ARIMA-NN pada nilai ekspor ternyata dapat mengurangi nilai *error* dibandingkan model tunggal ARIMA. Serta Sari (2016) melakukan penelitian serupa yaitu peramalan data harian harga saham penutupan PT. Indocement Tunggal Prakarsa menggunakan model *hybrid* ARIMA-NN yang menunjukkan bahwa mengkombinasikan model ARIMA sebagai unsur linier dan ANN sebagai unsur nonlinier dapat meningkatkan akurasi ramalan atau dapat dikatakan bahwa model *hybrid* ARIMA-NN memiliki akurasi yang lebih baik.

Peramalan mempunyai posisi yang strategis dan menjelajah ke dalam banyak bidang seperti ekonomi, keuangan, pemasaran, produksi, riset operasional, administrasi negara, meteorologi, geofisika, kependudukan dan pendidikan (Makridakis, dkk., 1999). Salah satunya ialah harga minyak mentah Indonesia. Minyak mentah merupakan salah satu komoditas yang memegang peranan sangat penting dalam semua perekonomian. Dampak langsung dari naik turun harga minyak mentah adalah perubahan biaya-biaya operasional yang akan mengakibatkan tingkat keuntungan kegiatan investasi akan terkoreksi (Novitasari, 2013).

Berdasarkan Berita Resmi Kementerian ESDM dari 50 jenis minyak mentah Indonesia, rata-rata harga minyak mentah Indonesia khususnya jenis Sepinggaan Yakin Mix mengalami penurunan yang sangat drastis pada tahun 2014 yaitu sebesar 94,82 USD/bbl menjadi 48,54 USD/bbl pada tahun 2015 disebabkan karena perkembangan harga minyak mentah utama di pasar internasional yang juga mengalami penurunan. Perekonomian Indonesia menjadi sangat tidak stabil dengan adanya kasus naik turunnya harga minyak mentah. Pemerintah sendiri selalu menjadikan patokan harga minyak mentah sebagai penentu harga sandang pangan. Jika harga minyak mentah mengalami kenaikan maka harga sandang terutama bahan bakar pangan juga akan naik. Hal itu tidak sebanding dengan adanya penurunan harga minyak mentah, maka harga kebutuhan pokok tidak akan dengan mudahnya menurunkan harga seiring dengan penurunan harga minyak mentah.

Pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh perbandingan kinerja peramalan harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix antara model ARIMA dan model *hybrid* ARIMA-NN pada tahun 2022. Pemodelan *hybrid* ARIMA-NN diharapkan mampu meningkatkan akurasi ramalan dari model ARIMA atau dapat dikatakan bahwa model *hybrid* ARIMA-NN memiliki akurasi yang lebih baik. Hasil terbaik dari pemodelan tersebut akan digunakan untuk meramalkan harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix periode bulan tahun 2022.

METODE

Data pada penelitian ini adalah harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix periode Januari 2011 sampai Desember 2021 yang diambil berdasarkan *sampling* pertimbangan keterbaruan periode data. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah pengumpulan data sekunder. Data harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix (dalam bulanan) periode Januari Tahun 2011 sampai dengan Desember Tahun 2021 merupakan hasil rekapitulasi *website* resmi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi yaitu <https://migas.esdm.go.id/>. Variabel dalam penelitian ini adalah harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix yang disimbolkan *Z*.

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis statistika deskriptif dan *hybrid* ARIMA-NN. Langkah-langkah yang dilakukan dalam teknik analisis data adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis deskriptif.
2. Melakukan pembentukan model ARIMA dengan langkah sebagai berikut:
 - a. Pemeriksaan Stasioneritas.

Langkah ini dilakukan untuk mengetahui stasioneritas data, baik dalam variansi maupun rata-rata.

- i. Melakukan pemeriksaan stasioneritas data dalam variansi menggunakan transformasi Box-Cox (Box dan Cox, 1964).
- ii. Melakukan pemeriksaan stasioneritas data dalam rata-rata. Stasioneritas data dapat diperiksa melalui grafik runtun waktu data yang telah ditransformasi untuk melihat secara visual apakah pola data sudah stasioner atau belum.
- iii. Jika diidentifikasi bersifat stasioner, maka dilanjutkan pada tahap penentuan model sementara. Jika tidak stasioner dalam rata-rata, maka dilakukan *differencing* (Widarjono, 2007).

$$Z_t^* = Z_t - BZ_t = (1 - B)Z_t$$

- b. Mengidentifikasi model ARIMA sementara berdasarkan grafik ACF dan PACF dari data yang sudah stasioner. Menurut Aswi dan Sukarna (2006) model-model yang mungkin dihasilkan dari pengidentifikasian data runtun waktu dapat berupa model *autoregressive* (AR), *integrated* (I), dan *moving average* (MA) atau kombinasi dari dua komponen model (ARI, IMA, ARMA) atau kombinasi dari tiga komponen model (ARIMA).

Model *Autoregressive*

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} - \phi_2 Z_{t-2} - K - \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

Model *Moving Average*

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - K - \theta_q a_{t-q}$$

Model *Autoregressive Integrated Moving Average*

$$Z_t = (1 + \phi_1)Z_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} + K + (\phi_p - \phi_{p-1})Z_{t-p} - \phi_p Z_{t-p-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - K - \theta_q a_{t-q}$$

- c. Melakukan penaksiran parameter model menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE).
 - d. Melakukan pengujian signifikansi parameter.
 - e. Melakukan pemeriksaan diagnostik model.
 Pemeriksaan diagnostik model terbagi atas dua yaitu uji residual berdistribusi normal dan uji independensi residual (Aswi dan Sukarna, 2006). Uji residual berdistribusi normal dilakukan untuk mengetahui apakah residual dari data telah memenuhi asumsi kenormalan atau tidak dan Uji independensi residual dilakukan untuk mengetahui apakah residual mempunyai autokorelasi atau tidak.
 - f. Melakukan peramalan harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggian Yakin Mix periode Januari 2022 – Desember 2022 menggunakan model ARIMA terbaik.
3. Melakukan peramalan data residual ARIMA terbaik dengan metode NN dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Menentukan variabel *input* yang digunakan berdasarkan *lag* yang signifikan pada grafik PACF data residual model ARIMA dan variabel *output*.
 - b. Membentuk model NN dengan 1 sampai 3 *neuron* pada *hidden layer*.
 - c. Melakukan pelatihan *backpropagation* menggunakan data residual model ARIMA. Algoritma *backpropagation* terdiri dari dua proses, *feedforward* dan *backpropagation* dari *error*-nya dijelaskan sebagai berikut (Fausett, 1994):
 4. Melakukan peramalan pada model *hybrid* ARIMA-NN.
 - a. Membentuk model *hybrid* ARIMA-NN dengan cara menggabungkan model ARIMA dengan metode NN (Waeto, dkk., 2017).
 - b. Menghitung nilai MAPE untuk mendapatkan model *hybrid* ARIMA-NN (Montgomery, dkk., 2008).

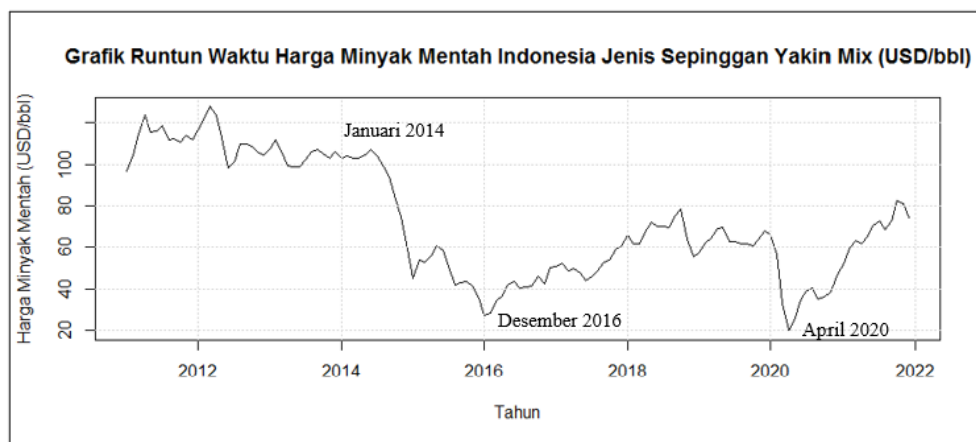
- c. Melakukan Peramalan *hybrid* ARIMA-NN pada harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix periode Januari 2022 – Desember 2022 menggunakan persamaan berikut. (Waeto, dkk., 2017).

$$\hat{H}_t = \hat{Z}_t + \hat{N}_t$$

5. Membuat grafik perbandingan antara data aktual harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix dengan data hasil peramalan menggunakan model *hybrid* ARIMA-NN periode Januari 2011 sampai dengan Desember 2021.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama dalam hasil dan pembahasan adalah melakukan analisis statistika deskriptif untuk melihat pola pada data harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix periode Januari 2011 sampai Desember 2021, dibuat grafik runtun waktu yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Periode Januari 2011 sampai dengan Desember 2021
Sumber: Hasil analisis (2023)

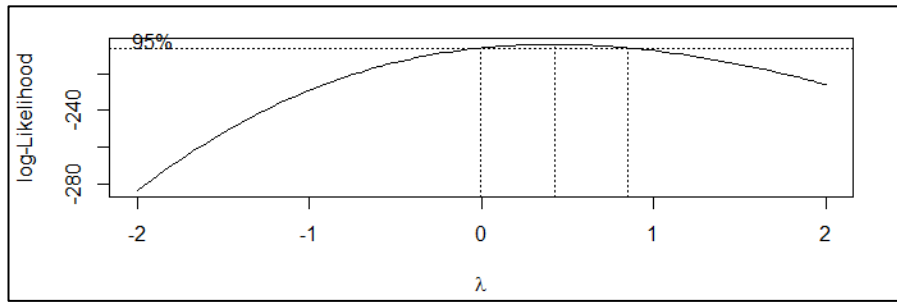
Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix tidak membentuk pola data yang stasioner karena terdapat pola *trend*. Pola *trend* yang terbentuk adalah *trend* turun dan *trend* naik. Adapun pola *trend* turun terjadi pada tahun 2014 (Januari 2014) hingga tahun 2016 (Desember 2016) dikarenakan harga minyak mentah utama di pasar internasional yang juga mengalami penurunan sedangkan pada tahun 2020 (April 2020) merupakan harga terendah dari harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix mencapai 19,84 USD/bbl yang diakibatkan anjloknya harga minyak dunia namun mulai tahun 2020 (April 2020) cenderung mengalami *trend* naik hingga 2021 (Desember 2021).

Pemodelan ARIMA

Pada pemodelan ARIMA data harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix periode Januari 2011 sampai Desember 2021 terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan. Tahapan yang harus dilakukan adalah pemeriksaan stasioneritas data, identifikasi model, estimasi parameter, pengujian signifikansi parameter, pemeriksaan diagnostik dan peramalan.

1. Pemeriksaan stasioneritas dalam variansi

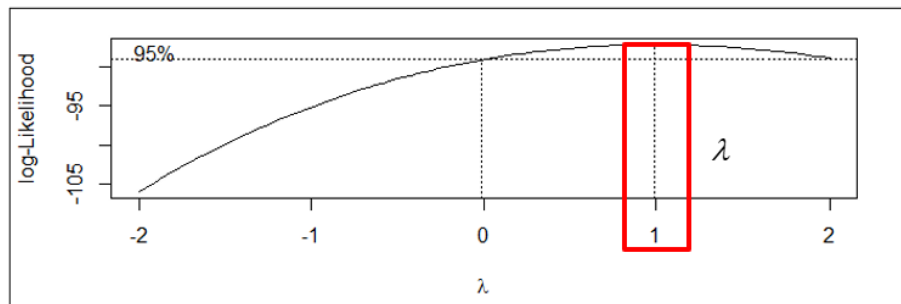
Untuk memeriksa kestasioneran dalam variansi dapat dilakukan pemeriksaan menggunakan transformasi *Box-Cox* yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Box-Cox plot* data harga minyak mentah Indonesia jenis Sepingguan Yakin Mix
 Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat nilai λ adalah 0,4127. Berdasarkan nilai λ yang diperoleh, nilai tersebut belum mendekati 1, sehingga menunjukkan bahwa data tersebut belum stasioner dalam variansi. Dengan demikian data tersebut perlu dilakukan transformasi terlebih dahulu. Data harga minyak mentah Indonesia jenis Sepingguan Yakin Mix setelah ditransformasi akan dinotasikan dengan (Z_{1t}^*) .

Hasil pemeriksaan kembali pada *Box-Cox Plot* atau harga minyak mentah Indonesia jenis Sepingguan Yakin Mix setelah transformasi (Z_{1t}^*) ditampilkan pada Gambar 3.

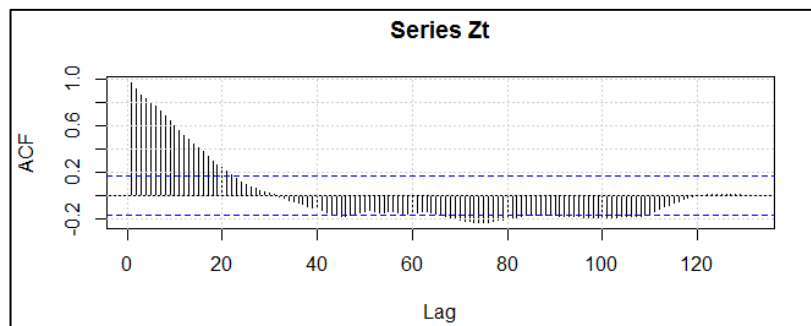


Gambar 3. *Box-Cox plot* Z_{1t}^*
 Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh nilai λ sebesar 1, dapat disimpulkan bahwa data telah stasioner dalam variansi. Kemudian ditampilkan grafik runtun waktu data Z_{1t}^* yang telah di transformasi pada Gambar 4.

2. Pemeriksaan Stasioneritas dalam rata-rata

Setelah data telah stasioner dalam variansi, maka dapat dilakukan pemeriksaan stasioneritas dalam rata-rata. Pemeriksaan stasioneritas dalam rata-rata dapat dilihat pada grafik ACF. Grafik ACF data Z_{1t}^* ditampilkan pada Gambar 4.

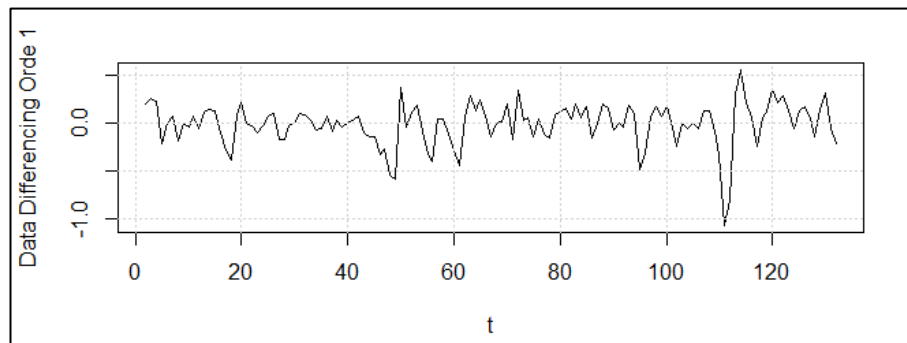


Gambar 4. Grafik ACF data Z_{1t}^*
 Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai ACF cenderung turun lambat dan turun secara eksponensial. Dengan kata lain nilai ACF pada suatu *lag* relatif tidak jauh berbeda dengan *lag* sebelumnya (*dies down*) yang diindikasikan bahwa data tersebut tidak stasioner dalam rata-rata. Oleh karena data Z_{1t}^* belum stasioner dalam rata-rata, perlu dilakukan *differencing* orde 1 pada data Z_{1t}^* seperti pada Persamaan berikut:

$$\nabla Z_t = (1 - B)Z_t = Z_t - BZ_t = Z_t - Z_{t-1}$$

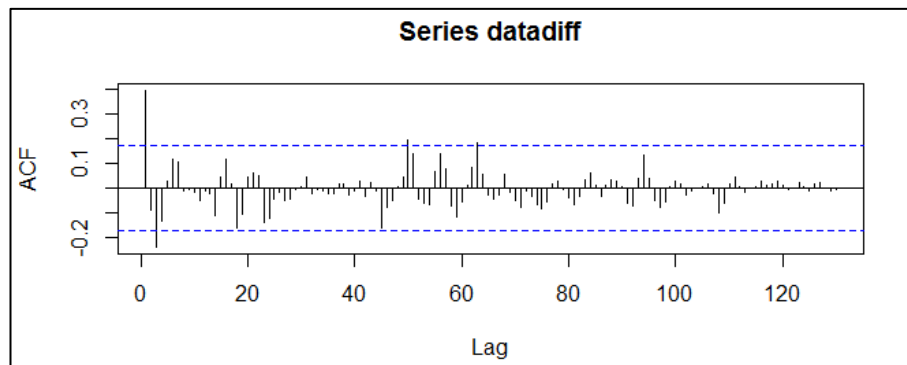
Data harga minyak mentah Indonesia jenis Sepingga Yakin Mix setelah ditransformasi dan *differencing* orde 1 akan dinotasikan dengan $(Z_{1t}^*(d=1))$. Setelah diperoleh data $(Z_{1t}^*(d=1))$, kemudian dilakukan pemeriksaan kembali pada grafik runtun waktu dan grafik ACF dari data $(Z_{1t}^*(d=1))$ yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Grafik runtun waktu data $(Z_{1t}^*(d=1))$

Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa data $(Z_{1t}^*(d=1))$ membentuk pola yang stasioner, di mana pola yang terbentuk menunjukkan tidak adanya pola *trend* maupun pola *seasonal*.



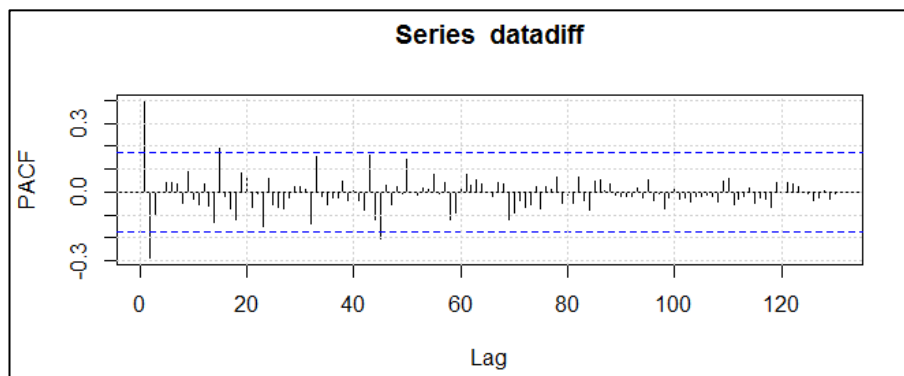
Gambar 6. Grafik ACF $(Z_{1t}^*(d=1))$

Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai ACF *cut off* setelah *lag* 1 sehingga data $(Z_{1t}^*(d=1))$ telah stasioner dalam rata-rata.

Identifikasi Model Sementara

Identifikasi model ARIMA sementara dibentuk dengan melihat grafik ACF pada Gambar 7 dan grafik PACF pada Gambar 8 untuk menentukan orde pada model AR dan MA. Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa orde MA adalah 1 (nilai ACF *cut off* setelah *lag* 1), sedangkan grafik PACF untuk data $(Z_{1t}^*(d=1))$ diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik PACF ($Z_{1t}^*(d = 1)$)

Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa orde untuk AR adalah 1 dan 2 (nilai PACF *cut off* setelah lag 2) dengan *differencing* (d) sebanyak 1 kali. Sehingga diperoleh kombinasi model sementara yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Model ARIMA Sementara

No.	Model	Persamaan
1	ARIMA(0,1,1)	$Z_t = Z_{t-1} + a_t - \theta a_{t-1}$
2	ARIMA(1,1,0)	$Z_t = (1 + \phi_1)Z_{t-1} - \phi_1 Z_{t-2} + a_t$
3	ARIMA(1,1,1)	$Z_t = (1 + \phi_1)Z_{t-1} - \phi_1 Z_{t-2} + a_t + \theta a_{t-1}$
4	ARIMA(2,1,0)	$Z_t = (1 + \phi_1)Z_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} - \phi_2 Z_{t-3} + a_t$
5	ARIMA(2,1,1)	$Z_t = (1 + \phi_1)Z_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} - \phi_2 Z_{t-3} + a_t - \theta a_{t-1}$

Sumber: Hasil analisis (2023)

Penaksiran dan Pengujian Signifikansi Parameter Model ARIMA

Penaksiran parameter model ARIMA pada penelitian ini menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Diperoleh hasil penaksiran parameter yang ditampilkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Penaksiran Parameter

No.	Model	Parameter	Taksiran Parameter
1	ARIMA (0,1,1)	θ	0,4673
2	ARIMA (1,1,0)	ϕ_1	0,3982
3	ARIMA (1,1,1)	ϕ	0,1051
		θ	0,3917
4	ARIMA (2,1,0)	ϕ_1	0,5113
		ϕ_2	-0,2871
5	ARIMA (2,1,1)	ϕ_1	0,7658
		ϕ_2	-0,3925
		θ	-0,2778

Sumber: Hasil analisis (2023)

Setelah diperoleh taksiran parameter pada Tabel 2 maka selanjutnya akan dilakukan pengujian signifikansi parameter. Adapun pengujian signifikansi parameter pada model ARIMA dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Signifikansi Parameter

No.	Model	Parameter	t_{hitung}	$t_{0,025;df}$	$p-value$	Keputusan
1	(0,1,1)*	θ	6,5576	1,9782	$1,152 \times 10^{-9}$	H_0 ditolak
2	(1,1,0)*	ϕ_1	4,9646	1,9782	$2,103 \times 10^{-6}$	H_0 ditolak
3	(1,1,1)	ϕ	0,6647	1,9783	0,5074	H_0 gagal ditolak
		θ	2,8195	1,9783	0,0056	H_0 ditolak
4	(2,1,0)*	ϕ_1	6,1085	1,9783	$1,086 \times 10^{-8}$	H_0 ditolak
		ϕ_2	-3,4282	1,9783	0,0008	H_0 ditolak
		ϕ_1	3,6751	1,9785	0,0003	H_0 ditolak
5	(2,1,1)	ϕ_2	-3,8613	1,9785	0,0002	H_0 ditolak
		θ	-1,2689	1,9785	0,2067	H_0 gagal ditolak

Ket : (*) Model ARIMA yang memenuhi pengujian signifikansi parameter
 Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan pengujian signifikansi parameter pada Tabel 3 diperoleh kesimpulan bahwa model yang memiliki parameter yang signifikan adalah model ARIMA(0,1,1), ARIMA(1,1,0) dan ARIMA(2,1,0).

Pemeriksaan Diagnostik

1. Pengujian Normalitas Residual

Uji kenormalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hasil pengujian kenormalan residual menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Residual Berdistribusi Normal

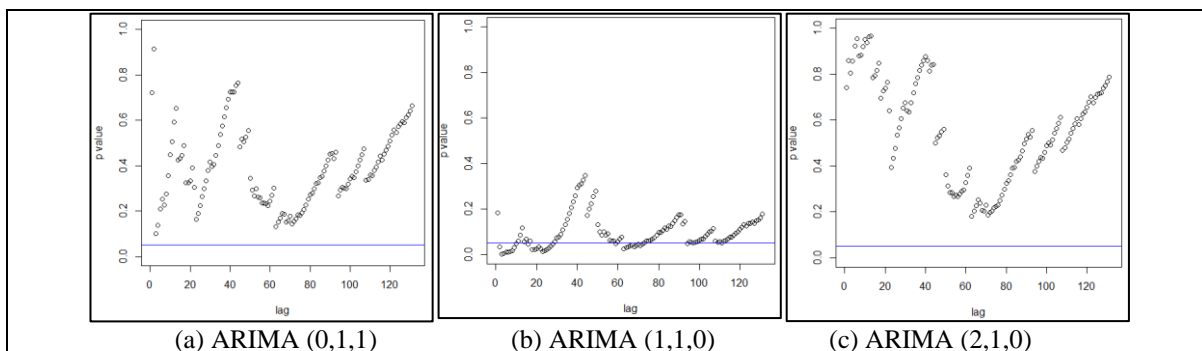
No	Model	D_{hit}	$D_{(0,05);132}$	$p-value$	Keputusan
1	ARIMA(0,1,1)	0,0745	0,1175	0,4572	H_0 gagal ditolak
2	ARIMA(1,1,0)	0,0827	0,1175	0,3276	H_0 gagal ditolak
3	ARIMA(2,1,0)	0,0725	0,1175	0,4921	H_0 gagal ditolak

Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan pengujian kenormalan residual pada Tabel 4. dapat disimpulkan bahwa seluruh model ARIMA memiliki residual yang berdistribusi normal.

2. Pengujian Independensi Residual

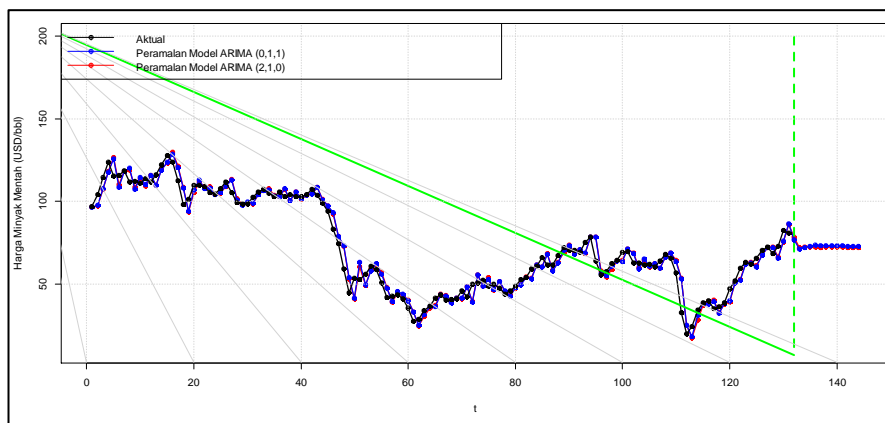
Pengujian independensi residual dilakukan dengan membuat grafik $p-value$ pada pengujian *Ljung-Box* yang kemudian dibandingkan dengan taraf signifikansi yang telah ditentukan yaitu $\alpha = 0,05$. Model ARIMA dikatakan memenuhi asumsi ini apabila $p-value$ lebih besar dari 0,05 (berada di atas garis signifikan). Adapun grafik $p-value$ masing-masing model ARIMA dari pengujian *Ljung-box* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik *p-value* pengujian *Ljung-Box*
 Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Gambar 8(b), dapat diketahui model ARIMA (1,1,0) tidak memenuhi asumsi independensi residual karena *p-value* berada di bawah batas garis signifikan. Sedangkan pada model ARIMA(0,1,1) dan ARIMA(2,1,0) telah memenuhi asumsi independensi residual karena *p-value* untuk setiap *lag* berada di atas batas garis signifikan yaitu (0,05), sebagaimana pada Gambar 8(a) dan 8(c). Berdasarkan seluruh tahapan pengujian signifikansi parameter dan pemeriksaan diagnostik pada model ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (2,1,0) diperoleh bahwa kedua model ini memenuhi pengujian signifikansi parameter dan pemeriksaan diagnostik. Selanjutnya kedua model ini digunakan dalam pembentukan model *hybrid* ARIMA-NN.

Berdasarkan seluruh tahapan pengujian signifikansi parameter dan pemeriksaan diagnostik pada model ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (2,1,0) diperoleh bahwa kedua model ini memenuhi pengujian signifikansi parameter dan pemeriksaan diagnostik. Selanjutnya kedua model ini digunakan dalam pembentukan model *hybrid* ARIMA-NN. Secara sistematis model ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (2,1,0)



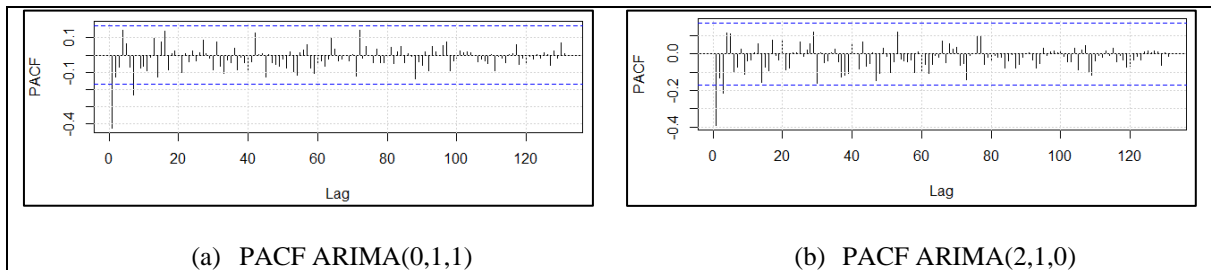
Gambar 9. Grafik perbandingan antara data aktual dan hasil peramalan harga minyak mentah Indonesia jenis Sepingguan Yakin Mix tahun 2011-2022
 Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa pola pada kedua grafik hasil prediksi data harga minyak mentah Indonesia jenis Sepingguan Yakin Mix mengikuti pola data aktual. Berdasarkan pengukuran akurasi prediksi nilai MAPE kedua model lebih kecil dari 10% artinya model ARIMA(0,1,1) dan ARIMA(2,1,0) memiliki akurasi sangat akurat. Oleh karena itu kedua model dapat dilanjutkan dalam pemodelan *hybrid* ARIMA-NN.

Hybrid ARIMA-NN

Pada tahap *Neural Network* (NN), langkah pertama dalam memodelkan data nilai residual ARIMA(0,1,1) dan ARIMA (2,1,0) adalah dengan menentukan variabel *input*. Nilai residual

ARIMA(0,1,1) akan dinotasikan dengan (N_{1t}^*) . Variabel *input* dipilih berdasarkan jumlah *lag* yang signifikan pada grafik PACF data N_{1t}^* . Nilai residual ARIMA(2,1,0) akan dinotasikan dengan N_{2t}^* . Variabel *input* dipilih berdasarkan jumlah *lag* yang signifikan pada grafik PACF data N_{2t}^* . Grafik PACF dari data N_{1t}^* dan N_{2t}^* ditampilkan pada Gambar 10.

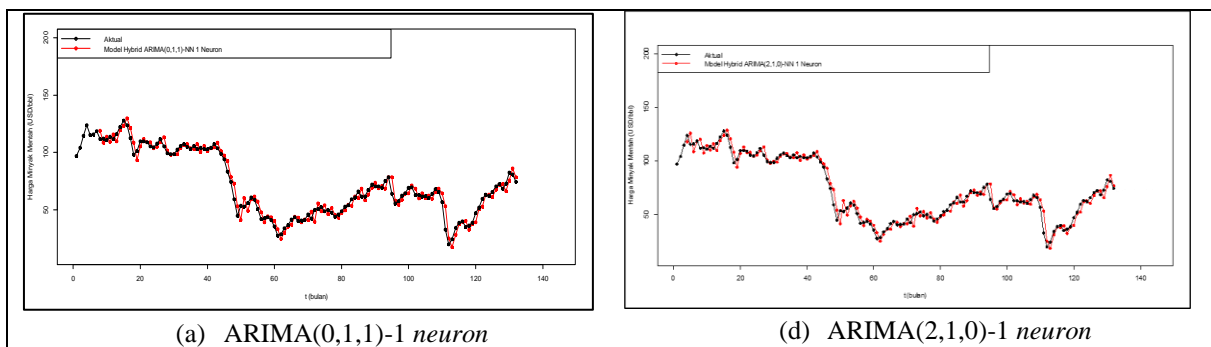


Gambar 10. Grafik PACF ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (2,1,0)
 Sumber: Hasil analisis (2023)

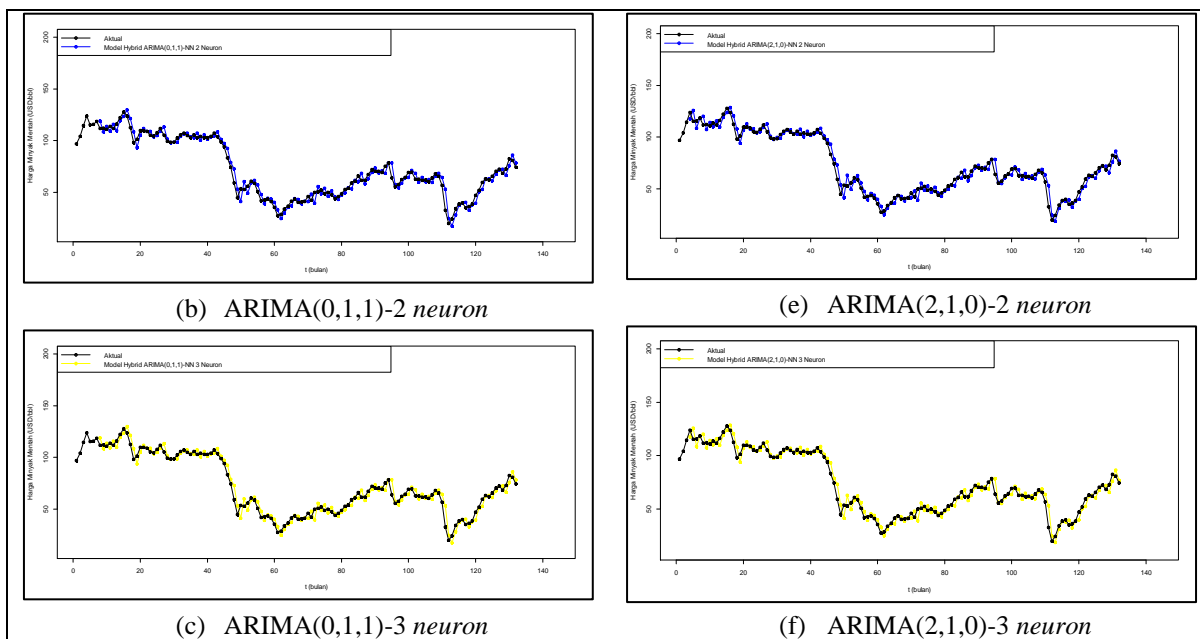
Berdasarkan Gambar 11(a) dapat dilihat bahwa *lag-lag* yang signifikan pada grafik PACF data N_{1t}^* yaitu *lag* ke 1 dan 7, sehingga variabel *input* (x_{1A}) yang digunakan sebanyak 2 *input* adalah N_{1t-1}^* sebagai x_{11} dan N_{1t-7}^* sebagai x_{12} . Sedangkan, *output* yang digunakan sebanyak 1 *output* yang merupakan data N_{1t}^* yang disimbolkan sebagai Y_1 . Data *input* dan *output* yang digunakan diperoleh berdasarkan pada data *lag* tertinggi yaitu *lag* ke-7 yang berarti bahwa data dimulai pada saat $t = 8$, dengan jumlah sebanyak 125 data.

Berdasarkan Gambar 11(b) dapat dilihat bahwa *lag-lag* yang signifikan pada grafik PACF data N_{2t}^* yaitu *lag* ke 1 dan 3 sehingga variabel *input* (x_{2A}) yang digunakan sebanyak 2 *input* adalah N_{2t-1}^* sebagai x_{21} dan N_{2t-3}^* sebagai x_{22} sedangkan *output* yang digunakan sebanyak 1 *output* yang merupakan data N_{2t}^* yang disimbolkan sebagai Y_2 . Data *input* dan *output* yang digunakan diperoleh berdasarkan pada data *lag* tertinggi yaitu *lag* ke-3 yang berarti bahwa data dimulai pada saat $t = 4$, dengan jumlah sebanyak 129 data.

Setelah data *input* dan *output* diperoleh maka proses pelatihan *backpropagation* dapat dilakukan. Pelatihan *backpropagation* dilakukan dengan menentukan banyaknya *neuron* pada *hidden layer* dengan cara mencoba masing-masing *hidden layer* dengan *neuron* 1, 2 dan 3 dengan nilai *learning rate* sebesar 0,01 pada masing-masing model ARIMA menggunakan fungsi aktivasi sigmoid bipolar dan linier. Berikut adalah grafik prediksi yang ditampilkan untuk membandingkan data aktual dengan hasil prediksi harga harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggalan Yakin Mix model *hybrid* ARIMA-NN.



Gambar 11. Grafik perbandingan antara data aktual dengan hasil prediksi model *hybrid* ARIMA-NN
 Sumber: Hasil analisis (2023)



Gambar 11. Grafik perbandingan antara data aktual dengan hasil prediksi model *hybrid* ARIMA-NN (lanjutan)
 Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Gambar 11 dapat dilihat bahwa semua kombinasi model *hybrid* ARIMA-NN menghasilkan prediksi yang cenderung mengikuti pola data aktualnya, yaitu mengalami fluktuatif data.

Tabel 5. Hasil Perhitungan MAPE

Model	Nilai MAPE(%)	
ARIMA(0,1,1)	7,9661	
ARIMA(2,1,0)	7,7816	
ARIMA(0,1,1) $\frac{1 \text{ Neuron}}$	7,0910	
Input Lag 1 dan 7	$\frac{2 \text{ Neuron}}$	7,0696
	$\frac{3 \text{ Neuron}}$	7,0661
ARIMA(2,1,0) $\frac{1 \text{ Neuron}}$	6,8410	
Input Lag 1 dan 3	$\frac{2 \text{ Neuron}}$	6,8213
	$\frac{3 \text{ Neuron}}$	6,8144

Sumber: Hasil analisis (2023)

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa tingkat akurasi yang diperoleh menggunakan model ARIMA(0,1,1) sebesar 7,9661% dan model ARIMA(2,1,0) sebesar 7,7816%, sedangkan tingkat akurasi yang diperoleh menggunakan model *hybrid* ARIMA(0,1,1)-NN 1 *neuron* sebesar 7,0910%, 2 *neuron* sebesar 7,0696%, 3 *neuron* sebesar 7,0661% dan menggunakan model *hybrid* ARIMA(2,1,0)-NN 1 *neuron* sebesar 6,8972%, 2 *neuron* sebesar 6,8767% , 3 *neuron* sebesar 6,8692%, dapat disimpulkan bahwa dari 6 model *hybrid* ARIMA-NN dapat meningkatkan akurasi peramalan dibandingkan model ARIMA saja.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil peramalan harga minyak mentah Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix menggunakan model ARIMA dan model *hybrid* ARIMA-NN, dapat disimpulkan bahwa kedua model ARIMA menghasilkan kinerja peramalan yang sangat akurat untuk data tersebut karena nilai MAPE kedua model <10% di mana nilai MAPE dari 6 model *hybrid* ARIMA-NN lebih kecil dibandingkan nilai MAPE dari model ARIMA dan model *hybrid* ARIMA-NN dapat meningkatkan akurasi peramalan dibandingkan model ARIMA saja. Dengan demikian model *hybrid* ARIMA-NN dapat digunakan sebagai alternatif pemodelan harga minyak mentah

Indonesia jenis Sepinggaan Yakin Mix yang bisa dimanfaatkan sebagai pertimbangan pengambilan keputusan atau kebijakan dalam bidang energi dan sumber daya mineral khususnya industri minyak mentah Indonesia.

REKOMENDASI

Terkait peningkatan kapasitas kilang minyak sebaiknya disikapi dengan sigap. Karena peningkatan kapasitas kilang minyak secara tidak langsung berpeluang untuk meningkatkan produksi ekspor komoditi minyak bumi mentah yang berperan dalam peningkatan ekonomi Indonesia. Selain itu pencarian sumber pengeboran minyak baru di daerah Indonesia timur maupun daerah lain yang berpotensi baiknya diperhatikan dengan lebih serius. Pengemban kebijakan diharapkan dapat memberikan dukungan baik melalui paket kebijakan maupun sarana dan prasarana guna meningkatkan *success ratio* dalam pencarian sumber minyak bumi baru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Statistika Ekonomi dan Bisnis FMIPA Univeristas Mulawarman dan pihak-pihak yang telah membantu selama penelitian ini dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aswi & Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu Aplikasi dan Teori*. Makassar: Andira Publisher.
- Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1976). *Time series Analysis, Forecasting, and Control, edisi revisi*. San Francisco: Holden-Day.
- Fausett, L. (1994). *Fundamental of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Gunaryati, A. (2017). Analisis Dan Model Peramalan Data Ekspor Impor Dengan Metode Gabungan ARIMA–Neural Network. *Jurnal String*, 2(1), 28-36.
- Kusumaningrum, O., Suhartono & Haryono. (2012). Peramalan Kebutuhan Bahan Bakar Premium di Depot Ampenan dengan Metode Hibrida Arima-Neural Network untuk Optimasi Persediaan. *Jurnal Sains dan Seni*, 1(1), 6-7.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGree, V. E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan (edisi ke-2)*. Jakarta: Erlangga.
- Montgomery, D., Jennings, C., & Kulahci, M. (2008). *Introduction to time series analysis and forecasting*. New Jersey (US): John Wiley & Sons.
- Novitasari, I. 2013. Pengaruh Inflasi, Harga Minyak Mentah Indonesia, Dan Suku Bunga (BI Rate) Terhadap Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). *Jurnal Ilmiah*. 2(1), 1-2.
- Sari, R.N., Mariani, S., & Hendikawati, P. (2016). Analisis Intervensi Fungsi *Step* Pada Harga Saham (Studi Kasus Saham PT Fast Food Indonesia Tbk). *UNNES Journal of Mathematics*, 5(2), 181-189.
- Sarle, W. S. (1994). Neural Networks and Statistical Models. *Proceedings of the Nineteenth Annual SAS Users Group International Conference (1538-1550)*. USA: SAS Institute

- Suhartono. (2007). Teori dan Aplikasi Model Intervensi Fungsi Pulse. *Jurnal Ilmiah MatStat*: 7(2), 191-241.
- Wei, W. S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods (2nd Edition)*. New York: Addison Wesley Publishing Company.
- Widarjono, A. (2007). *Ekonometrika: Pengantar dan Aplikasinya Disertai Panduan Eviews (edisi ke-4)*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.
- Zhang, G. (2003). Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model. *Journal Neurocomputing*, 50, 159-175.
- Zheng, F., & Zhong, S. (2011). Time series forecasting using a hybrid RBF neural network and AR model based on binomial smoothing. *International Journal of Mathematical and Computational Sciences*, 5(3), 419-4.