

Sistem Peramalan Menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables* (ARIMAX) untuk Harga Minyak Sawit Indonesia

Dio Afriansyah Putra Pradana, Faizal Mahananto dan Arif Djunaidy
Departemen Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: fmahananto@gmail.com

Abstrak—Minyak kelapa sawit memiliki kontribusi yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi, pengurangan angka kemiskinan, hingga perbaikan terhadap ekonomi terbuka. Pada kegiatan ekspor, nilai minyak kelapa sawit dapat mencapai ratusan triliun rupiah.. Namun, resolusi yang dikeluarkan oleh Uni Eropa sangat mempengaruhi pergerakan ekspor minyak kelapa sawit Indonesia. Kebijakan yang bernama Renewable Energy Directive II atau RED II sangat membatasi jumlah ekspor minyak kelapa sawit Indonesia ke negara – negara anggota Uni Eropa dengan anggapan bahwa minyak kelapa sawit merupakan penyebab gundulnya hutan. Kebijakan tersebut berpotensi untuk mengurangi jumlah permintaan ekspor minyak kelapa sawit terutama bagi negara – negara Uni Eropa. Hal ini tentu mampu mempengaruhi harga minyak kelapa sawit Indonesia di pasar global. Harga minyak kelapa sawit merupakan salah satu unsur penting dalam hal pendapatan bagi negara. Oleh karena itu, diperlukan adanya upaya dalam mengatasi hal tersebut. Salah satu upayanya adalah meramalkan harga minyak sawit Indonesia dalam beberapa periode ke depan. Peramalan yang dilakukan terhadap minyak kelapa sawit Indonesia dapat menggunakan metode Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable atau ARIMAX. Metode ini dipilih karena paling sesuai digunakan pada kondisi di mana harus melibatkan berbagai macam variabel input yang bersifat independen untuk meramalkan suatu variabel yang dependen terhadap variabel input tersebut. Hal ini sejalan dengan harga minyak kelapa sawit Indonesia yang dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, seperti luas lahan produksi, volume produksi, volume ekspor, kondisi cuaca, hingga nilai kurs yang berlaku pada saat itu. Pada implementasinya, metode ARIMAX akan dibandingkan dengan metode ARIMA untuk melihat performa yang dihasilkan. Hal itu dilakukan untuk melihat apakah peramalan dengan menggunakan variabel eksogen memiliki hasil yang lebih baik dari peramalan tanpa menggunakan variabel eksogen. Hasilnya, metode ARIMAX menunjukkan hasil yang lebih baik dengan nilai MAPE pelatihan dan pengujian sebesar 5,06% dan 6,35%. Hasil tersebut menunjukkan kategori model peramalan yang sangat akurat.

Kata Kunci—Peramalan, Harga Minyak Kelapa Sawit Indonesia, ARIMAX, Variabel Eksogen, Renewable Energy Directive II

I. PENDAHULUAN

KONDISI ekonomi suatu negara dapat ditentukan oleh beberapa indikator [1]. Salah satu indikator terpenting adalah Produk Domestik Bruto atau PDB yang merupakan jumlah nilai tambah yang dihasilkan seluruh unit usaha dalam suatu negara tertentu [2]. Nilai dari PDB juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang salah satunya adalah

kegiatan ekspor [2]. Pada tahun 2019, Bank Dunia atau *World Bank* merilis suatu data yang menyatakan bahwa kontribusi ekspor barang dan jasa Indonesia terhadap PDB berada di angka 21 persen. Badan Pusat Statistik atau BPS menyatakan bahwa salah satu komoditas yang berperan cukup signifikan dalam kegiatan ekspor adalah minyak kelapa sawit yang menyumbang hingga dua ratus enam puluh lima triliun rupiah. Hal tersebut dapat terjadi karena Indonesia merupakan negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia dan telah melakukan ekspor hingga ke berbagai negara di seluruh benua [3]. Negara yang menduduki peringkat tiga besar dalam tujuan ekspor minyak kelapa sawit Indonesia adalah India, Tiongkok, dan Uni Eropa.

Pada tahun 2017, kegiatan ekspor minyak kelapa sawit ke Uni Eropa mengalami masalah dan mempunyai dampak yang cukup signifikan. Parlemen Uni Eropa menyarankan untuk menghentikan penggunaan *biofuel* yang berasal dari minyak nabati yang dianggap sebagai penyebab gundulnya hutan. Minyak kelapa sawit tentu masuk ke dalam kelompok minyak nabati yang dimaksud sebagaimana tercantum dalam *Renewable Energy Directive II* atau RED II yang dikeluarkan oleh Uni Eropa [4]. Selain itu, aturan turunan atau *delegated regulation* dari RED II menyatakan bahwa minyak kelapa sawit termasuk dalam *Indirect Land Use Change* atau ILUC yang berisiko tinggi. ILUC sendiri merupakan dampak tidak langsung dari pelepasan emisi karbon yang berlebihan karena perubahan penggunaan lahan di seluruh dunia yang disebabkan oleh perluasan lahan pertanian untuk produksi etanol atau biodiesel sebagai respons dari meningkatnya permintaan *biofuel* secara global [5]. Minyak kelapa sawit Indonesia pun tidak masuk ke dalam target energi terbarukan Uni Eropa, sehingga menurut data BPS tahun 2019, nilai ekspor minyak kelapa sawit Indonesia mengalami penurunan hingga hampir enam persen atau sebesar US\$ 52.000.000,00.

Hal ini berpotensi untuk menyebabkan permintaan terhadap minyak kelapa sawit Indonesia menjadi menurun terutama di wilayah Eropa. Kondisi itu tentu dapat mempengaruhi harga minyak kelapa sawit Indonesia [6], yang nantinya akan berpengaruh pula terhadap kondisi ekonomi Indonesia [7].

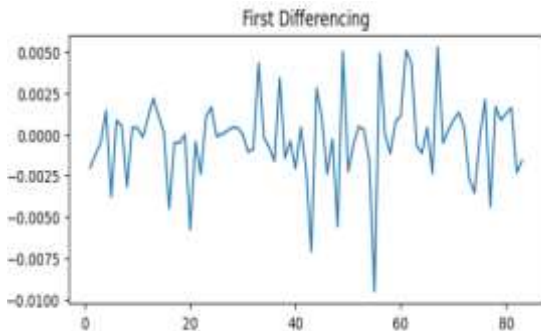
Oleh karena itu, perlu juga dilakukan upaya untuk meninjau kondisi minyak kelapa sawit Indonesia di masa mendatang sebagai akibat diterapkannya kebijakan Uni Eropa tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan meramalkan harga dari minyak kelapa sawit Indonesia mengingat besarnya kontribusi dari komoditas ini

Tabel 1.
Variabel yang digunakan

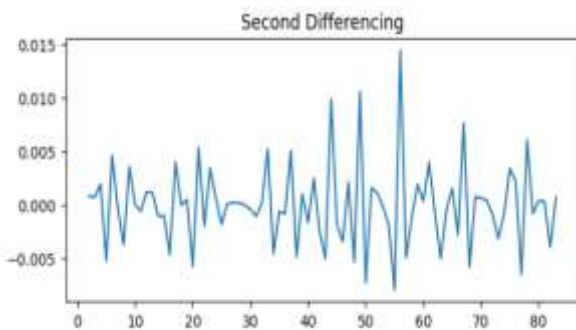
Variabel	Keterangan
Price	Data historis harga minyak sawit
Production_Volume	Data historis volume produksi dari minyak sawit
Export_Volume	Data historis volume ekspor dari minyak sawit

Tabel 2.
Hasil Proses Transformasi

Transformasi ke-	Nilai Lambda
1	-0,344
2	-0,081
3	0,888



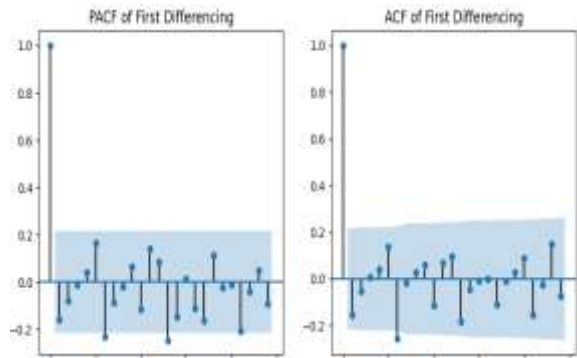
Gambar 1. Grafik Differencing Pertama.



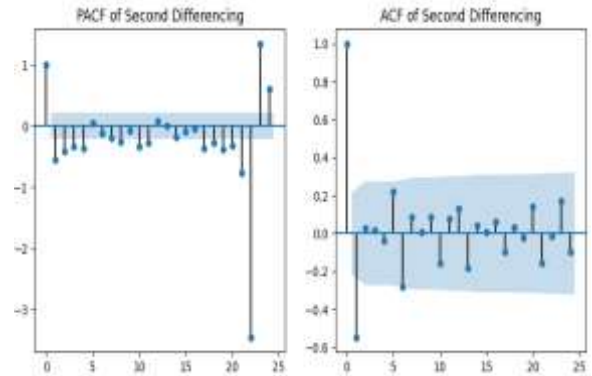
Gambar 2. Grafik Differencing Kedua.

terhadap perekonomian Indonesia [4]. Peramalan terhadap harga minyak sawit Indonesia akan menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables* atau ARIMAX dengan menggunakan data historis untuk periode 2011 hingga 2019. Namun, metode peramalan ARIMAX akan dibandingkan dengan metode ARIMA di mana peramalan dilakukan tanpa memperhatikan faktor – faktor yang mempengaruhi. Dengan kata lain, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah metode ARIMAX yang memperhatikan variabel eksogen memiliki hasil yang lebih baik dari metode ARIMA atau tidak dengan mempertimbangkan nilai *mean absolute percentage error* atau MAPE dari kedua metode tersebut.

Dengan dilakukannya proses peramalan ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada banyak pihak terutama terkait minyak sawit yang saat ini sedang mengalami gejala terkait berlakunya kebijakan Uni Eropa yang membatasi bahkan melarang penggunaan minyak sawit bagi anggota Uni Eropa. Selain itu, dengan adanya proses peramalan harga minyak sawit yang dilakukan juga dapat memberikan pandangan bagi pemerintah Indonesia langkah – langkah apa yang harus dilakukan ke depannya terkait minyak sawit tersebut.



Gambar 3. Grafik PACF dan ACF Differencing Pertama.



Gambar 4. Grafik PACF dan ACF Differencing Kedua.

Tabel 3.
Alternatif Model Peramalan

Differencing ke-	Model
1	ARIMA(0,1,0)
2	ARIMA(0,2,1)
	ARIMA(1,2,0)
	ARIMA(1,2,1)
	ARIMA(2,2,0)
	ARIMA(2,2,1)
	ARIMA(3,2,0)
	ARIMA(3,2,1)
	ARIMA(4,2,0)
	ARIMA(4,2,1)

II. METODE

A. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari berbagai pemahaman terkait objek maupun metode yang digunakan. Hal – hal tersebut seperti informasi umum mengenai minyak kelapa sawit Indonesia, RED II, nilai ekspor, serta teknik peramalan. Pencarian dilakukan lebih spesifik lagi untuk mengetahui metode yang hendak digunakan yaitu ARIMA dan ARIMAX. Pada prosesnya, telah dilakukan pencarian dan pemahaman mengenai pengertian ARIMA dan ARIMAX hingga langkah – langkah di dalamnya, seperti pengembangan model, pengujian akurasi atau performa, hingga proses analisis hasil yang telah didapatkan.

Lalu, data yang digunakan adalah data riwayat dari harga minyak kelapa sawit yang diambil dari CIF Rotterdam. Selain itu, diambil pula data – data pendukung yang mempengaruhi harga itu sendiri, seperti volume ekspor dan produksi minyak sawit Indonesia. Data pendukung tersebut diambil dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia dari tahun 2011 hingga 2019 sesuai dengan data utama. Data tersebut berupa

Tabel 4.
Hasil Uji Signifikansi Parameter Model ARIMA

Model	Parameter	P-Value	Status
ARIMA(0,2,1)	MA Lag 1	0,037	Lolos
ARIMA(1,2,0)	AR Lag 1	0,000	Lolos
ARIMA(1,2,1)	AR Lag 1	0,410	Tidak
	MA Lag 1	0,000	Lolos
ARIMA(2,2,0)	AR Lag 1	0,000	Lolos
	Lag 2	0,002	
ARIMA(2,2,1)	AR Lag 1	0,360	Tidak
	Lag 2	0,735	Lolos
	MA Lag 1	0,000	Lolos
ARIMA(3,2,0)	AR Lag 1	0,000	Lolos
	Lag 2	0,000	
	Lag 3	0,001	
ARIMA(3,2,1)	AR Lag 1	0,376	Tidak
	Lag 2	0,748	Lolos
	Lag 3	0,998	
	MA Lag 1	0,352	
ARIMA(4,2,0)	AR Lag 1	0,000	Lolos
	Lag 2	0,000	
	Lag 3	0,000	
	Lag 4	0,032	
ARIMA(4,2,1)	AR Lag 1	0,374	Tidak
	Lag 2	0,786	Lolos
	Lag 3	0,891	
	Lag 4	0,246	
	MA Lag 1	0,811	

Tabel 5.
Hasil Uji Diagnostik Model ARIMA

Model	P-Value	Status
ARIMA (0,2,1)	0,24	Lolos
ARIMA(1,2,0)	0,06	Lolos
ARIMA(2,2,0)	0,22	Lolos
ARIMA(3,2,0)	0,44	Lolos
ARIMA(4,2,0)	0,98	Lolos

Tabel 6.
Nilai AIC Model Alternatif ARIMA

Model	AIC
ARIMA(0,2,1)	890,15
ARIMA(1,2,0)	923,95
ARIMA(2,2,0)	913,32
ARIMA(3,2,0)	904,77
ARIMA(4,2,0)	901,59

laporan tahunan yang dikeluarkan oleh BPS terkait kegiatan ekspor – impor minyak kelapa sawit Indonesia.

B. Eksplorasi data dan Praproses Data

Tahap eksplorasi dan praproses data merupakan tahap pengolahan awal untuk data – data yang akan digunakan. Tujuannya agar data – data tersebut dapat digunakan pada tahap lanjut untuk melakukan peramalan. Pengolahan data awal ini dapat meliputi pemeriksaan data secara keseluruhan termasuk tipe data. Apabila tipe data belum sesuai, maka dapat dilakukan perubahan pada tipe data tersebut. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan pembagian data menjadi *training* yang akan digunakan untuk membangun berbagai model alternatif dan *testing* untuk pengujian model.

C. Uji Stasioneritas

Data yang telah siap untuk diproses akan melalui tahap pengujian awal yaitu uji stasioneritas dalam hal ragam atau *variance*. Metode yang digunakan yaitu uji *Barlett* atau yang dikenal dengan uji *Box-Cox* dengan melihat nilai *lambda* yang dihasilkan. Apabila data nilai *lambda* yang dihasilkan masih belum bernilai 1, maka data akan

Tabel 7.
Hasil Uji Signifikansi Parameter Model ARIMAX

Model	Parameter	P-Value	Status
ARIMAX(0,2,1)	MA Lag 1	0,000	Lolos
ARIMAX(1,2,0)	AR Lag 1	0,000	Lolos
ARIMAX(1,2,1)	AR Lag 1	0,729	Tidak
	MA Lag 1	0,000	Lolos
ARIMAX(2,2,0)	AR Lag 1	0,000	Lolos
	Lag 2	0,006	
ARIMAX(2,2,1)	AR Lag 1	0,184	Tidak
	Lag 2	0,232	Lolos
	MA Lag 1	0,007	
ARIMAX(3,2,0)	AR Lag 1	0,000	Lolos
	Lag 2	0,000	
	Lag 3	0,005	
ARIMAX(3,2,1)	AR Lag 1	0,129	Tidak
	Lag 2	0,395	Lolos
	Lag 3	0,326	
	MA Lag 1	0,008	
ARIMAX(4,2,0)	AR Lag 1	0,000	Tidak
	Lag 2	0,000	Lolos
	Lag 3	0,001	
	Lag 4	0,062	
ARIMAX(4,2,1)	AR Lag 1	0,144	Tidak
	Lag 2	0,239	Lolos
	Lag 3	0,105	
	Lag 4	0,150	
	MA Lag 1	0,001	

Tabel 8.
Hasil Uji Diagnostik Model ARIMAX

Model	P-Value	Status
ARIMA (0,2,1)	0,09	Lolos
ARIMA(1,2,0)	0,01	Tidak Lolos
ARIMA(2,2,0)	0,08	Lolos
ARIMA(3,2,0)	0,39	Lolos

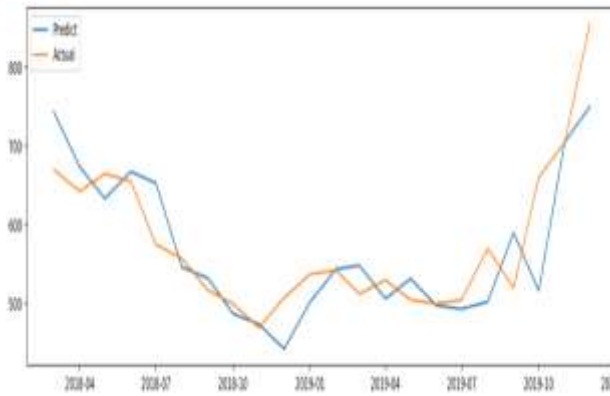
Tabel 9.
Nilai AIC Model Alternatif ARIMAX

Model	AIC
ARIMA(0,2,1)	893,32
ARIMA(2,2,0)	909,55
ARIMA(3,2,0)	903,56

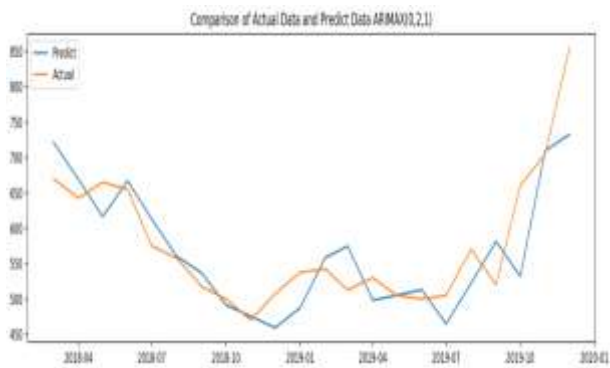
dilakukan transformasi. Selain uji stasioneritas ragam, data juga akan melalui proses uji stasioneritas dalam rata-rata atau *average*. Metode yang digunakan dalam proses pengujian ini adalah uji *Dickey-Fuller* dengan melihat nilai probabilitas atau *p-value* yang dihasilkan. Apabila *p-value* yang dihasilkan masih berada di atas 5%, maka data akan melalui proses pembedaan atau *differencing* hingga data tersebut stasioner.

D. Pemodelan ARIMA dan ARIMAX

Setelah data dalam keadaan stasioner, maka proses akan berlanjut ke dalam pemodelan, baik itu untuk ARIMA dan ARIMAX. Pada tahap ini, akan dihasilkan beberapa alternatif model hingga dipilih model yang terbaik untuk digunakan dalam proses peramalan. Proses pembangunan model akan menggunakan data *training* yang mempunyai presentase 80% dari keseluruhan data. Pemodelan akan melalui beberapa tahap, yaitu estimasi parameter, uji signifikansi parameter, hingga uji diagnostik. Pada estimasi parameter, proses akan dimulai dengan melakukan *plotting* pada data dalam grafik *autocorrelation* atau ACF dan *partial autocorrelation* atau PACF. Pada grafik tersebut, akan dilakukan analisis terhadap *lag – lag* yang terbentuk hingga menghasilkan beberapa model alternatif. Lalu, model – model tersebut akan melalui uji signifikansi parameter. Pada pengujian tersebut akan dianalisis setiap *lag* yang terbentuk dari model alternatif.



Gambar 5. Grafik Pengujian ARIMA(0,2,1)



Gambar 6. Grafik Pengujian ARIMAX(0,2,1)

Tabel 10. Perbandingan Hasil Peramalan Dengan Data Aktual

Periode ke-	Harga Peramalan (US\$)	Harga Aktual (US\$)
1	871,653380	760,00
2	888,840356	635,00
3	909,031716	610,00
4	948,163921	525,00
5	988,245907	550,00
6	101,561086	575,00
7	102,502957	692,00
8	106,960476	700,00
9	108,281508	740,00
10	111,051147	775,00
11	115,385020	900,00
12	117,546808	1045,00

Indikator yang digunakan adalah *p-value* dari setiap *lag* yang wajib berada di bawah atau sama dengan 5%. Selanjutnya, model – model yang lolos pada uji signifikansi parameter akan melalui uji diagnostik untuk melihat residu yang dihasilkan. Indikator yang digunakan adalah *p-value* dari residu tersebut yang harus bernilai lebih dari atau sama dengan 5%. Model terbaik yang memenuhi setiap persyaratan tersebut akan digunakan untuk melakukan proses peramalan.

E. Peramalan

Model terbaik yang telah terbentuk akan digunakan untuk melakukan peramalan terhadap harga minyak sawit. Periode peramalan yang dilakukan berjumlah 12 periode atau 1 tahun ke depan. Periode ini termasuk dalam periode jangka pendek. Periode ini dipilih dengan tujuan untuk mengetahui dampak jangka pendek dari kebijakan yang diberlakukan tersebut. Hasil peramalan jangka pendek tersebut juga diharapkan dapat menjadi dasar dalam proses peramalan jangka panjang yang dapat dilakukan ke depannya.

Tabel 11. Implementasi Sistem Sederhana

Syntax	Fungsi
<code>import pickle</code>	Memuat <i>library</i> bernama <i>pickle</i>
<code>saved_model = pickle.dumps(model_12_forecast_fit)</code>	Menyimpan model yang telah digunakan untuk tahap <i>forecasting</i>
<code>arima_from_pickle = pickle.loads(saved_model)</code>	Membangun model untuk tahap <i>forecasting</i>
<code>arima_from_pickle.predict()</code>	Melihat nilai prediksi yang telah diproses oleh model
<code>arima_from_pickle.plot_predict()</code>	Melihat grafik garis perbandingan data aktual dan data hasil prediksi yang telah diproses oleh model
<code>arima_from_pickle.forecast()</code>	Melihat nilai hasil <i>forecast</i> yang telah diproses oleh model

F. Analisis Hasil, Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap hasil peramalan dari model yang telah dibangun. Tujuannya, agar dapat dilakukan penarikan kesimpulan serta saran. Objek yang dianalisis adalah pola peramalan dari harga minyak sawit tersebut. Pola yang dimaksud adalah *trend* harga minyak sawit untuk 12 periode ke depan apakah berpola naik, turun, atau justru fluktuatif. Pola tersebut dapat menjadi dasar dalam penarikan kesimpulan dari setiap proses yang telah dilakukan serta pengambilan saran apabila memang ditemukan kekurangan.

G. Pengembangan Sistem Sederhana

Pada proses yang telah dilakukan ini akan dibangun sebuah sistem sederhana dengan menggunakan *library* bernama *pickle*. Sistem ini masih sangat sederhana, yaitu dengan menyimpan model terbaik dalam suatu variabel sehingga saat digunakan, pengguna cukup melakukan pemanggilan terhadap variabel tersebut. Selain itu, pengguna juga dapat melakukan penyesuaian nilai pada parameter di dalamnya sesuai dengan kebutuhan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Eksplorasi dan Praproses Data

Data yang digunakan berjangka waktu selama 9 tahun atau dari Januari 2011 hingga Desember 2019. Data tersebut memiliki granulasi bulanan, sehingga terdapat 108 periode. Data utama yang digunakan adalah harga minyak sawit. Lalu, terdapat pula data pendukung berupa volume ekspor dan volume produksi yang berperan sebagai data eksogen. Data – data tersebut disimpan dalam suatu variabel seperti tabel 1.

Data – data tersebut akan dibagi menjadi 2 bagian untuk *training* dan *testing*. Data *training* akan memiliki persentase 80% dari data keseluruhan atau sepanjang Januari 2011 hingga Desember 2017. Data tersebut akan digunakan untuk proses pembangunan model. Lalu, data *testing* akan mempunyai persentase sebanyak 20% atau sepanjang Januari 2018 hingga Desember 2019. Data tersebut akan digunakan untuk melakukan pengujian terhadap model yang telah terbentuk.

B. Uji Stasioneritas

Pada proses uji stasioneritas ragam, data masih belum stasioner. Hal itu ditunjukkan dengan nilai λ yang bernilai -0,344 atau masih belum bernilai 1. Dengan begitu, data akan melalui proses transformasi hingga data tersebut stasioner dalam ragam. Hasil dari proses transformasi tersaji di dalam tabel 2.

Proses transformasi dilakukan sebanyak 3 kali. Hal ini karena pada transformasi ke 3 nilai λ yang dihasilkan bernilai 0,888 atau sama dengan 1 apabila dibulatkan ke atas. Hal ini menandakan bahwa data telah stasioner dalam ragam atau *variance*.

Lalu, pada uji stasioneritas rata-rata, data juga masih belum bersifat stasioner. Hal ini dibuktikan dengan nilai probabilitas sebesar 26,4% atau masih berada di atas 5%. Dengan begitu, data akan melalui proses perbedaan atau *differencing*. Proses tersebut dilakukan sebanyak 2 kali, di mana masing – masing proses menghasilkan nilai probabilitas sebesar 0,000000000000000012212% dan 0,0000000000000865%. Nilai tersebut menandakan bahwa data telah stasioner dalam rata-rata atau *average*. Grafik hasil *differencing* terlihat sebagaimana gambar 1 dan gambar 2.

C. Pemodelan ARIMA

Data yang telah stasioner, baik itu dalam ragam maupun rata-rata, akan melalui tahap awal dalam pemodelan ARIMA yaitu estimasi parameter. Data hasil dari transformasi dan *differencing* akan *diplotting* ke dalam grafik autokorelasi dan autokorelasi parsial, baik itu data hasil *differencing* pertama maupun kedua. Grafik tersebut tersaji pada gambar 3 dan 4.

Pada grafik ACF dan PACF data hasil *differencing* pertama, terlihat bahwa grafik memiliki pola *dying down* di keduanya dan hampir seluruh *lag* tidak ada yang signifikan. Lalu, pada *differencing* kedua, grafik PACF dapat dikatakan memiliki pola *dying down* dengan empat *lag* awal yang signifikan dan mengalami *cut off* setelah *lag* ke-4. Sedangkan pada grafik ACF, *lag* pertama terlihat signifikan dan langsung mengalami *cut off* setelahnya. Dengan begitu, terdapat beberapa alternatif model yang dapat dihasilkan dari grafik - grafik ACF dan PACF tersebut sebagaimana tabel 3.

Model – model tersebut akan melalui tahap berikutnya dari pemodelan ARIMA, yaitu uji signifikansi parameter. Proses pengujian ini akan melihat *p-value* yang dihasilkan dari setiap *lag* dari model – model tersebut. Apabila terdapat satu *lag* saja dari model yang berada di atas 0,05, maka model tersebut tidak memenuhi syarat dan harus dieliminasi. Hasil uji signifikansi parameter tersaji pada tabel 4.

Pada tahap uji signifikansi parameter, terdapat satu model yang tidak diikutsertakan yaitu ARIMA(0,1,0). Penyebabnya, model tersebut termasuk dalam *random walk* atau belum bersifat stasioner. Model – model yang lolos uji signifikansi parameter akan diuji kembali pada tahap uji diagnostik. Tahap ini akan menguji residu yang dihasilkan dengan indikator *p-value* yang wajib berada di atas atau minimal sama dengan 0,05. Hal ini untuk melihat indikasi bahwa residu telah berada dalam kondisi *white noise* atau independen antara data satu dengan data yang lain. Hasil uji

diagnostik tersaji dalam tabel 5.

Pada proses uji diagnostik, semua model memenuhi syarat. Seluruh model memiliki nilai probabilitas di atas 0,05. Dengan begitu, untuk memilih model yang terbaik, akan dilihat dari nilai *Akaike Information Criterion* atau AIC yang dihasilkan. Model yang dipilih adalah model dengan nilai AIC yang paling minim. Hal ini karena AIC mengindikasikan seberapa banyak informasi yang hilang apabila model tersebut digunakan untuk melakukan peramalan. Nilai AIC dari model – model tersebut tersaji pada tabel 6.

Berdasarkan tabel 6 di atas, model ARIMA(0,2,1) merupakan model terbaik karena memiliki nilai AIC paling minim yaitu 890,15. Model tersebut akan dibandingkan kembali dengan model terbaik ARIMAX untuk memilih model yang akan digunakan untuk melakukan peramalan.

D. Pemodelan ARIMAX

Tahap – tahap dalam pemodelan ARIMAX kurang lebih sama dengan pemodelan ARIMA. Pada tahap estimasi parameter, model – model alternatif yang digunakan tetaplah sama. Pada tahap uji signifikansi parameterlah yang sedikit mengalami perbedaan karena telah melibatkan variabel eksogen di dalamnya. Variabel eksogen tersebut berupa volume produksi dan volume ekspor dari minyak sawit. Hasil uji signifikansi parameter model alternatif ARIMAX tersaji di dalam tabel 7.

Model – model yang telah lolos pada tahap pengujian signifikansi parameter, sebagaimana pemodelan ARIMA, akan melalui uji diagnostik untuk menilai residu yang dihasilkan dari model - model yang lolos tersebut. Hasil uji diagnostik pemodelan ARIMAX tersaji dalam tabel 8.

Pada pengujian tersebut, masih terdapat lebih dari satu model yang lolos. Dengan begitu, pemilihan model terbaik ARIMAX juga akan melalui penilaian terhadap AIC yang dihasilkan. Nilai AIC dari alternatif model ARIMAX tersaji di dalam tabel 9.

Berdasarkan nilai AIC yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa ARIMAX(0,2,1) merupakan model terbaik dari pemodelan ARIMAX. Model terbaik ARIMAX ini akan dibandingkan dengan model terbaik ARIMA untuk memilih model yang terbaik untuk digunakan dalam peramalan.

E. Peramalan

Sebelum melanjutkan ke proses peramalan harga minyak sawit, akan dipilih terlebih dahulu model yang paling baik dari ARIMA(0,2,1) dan ARIMAX(0,2,1). Metode yang digunakan adalah dengan melihat nilai MAPE dari kedua model tersebut yang merupakan selisih dari data aktual dengan data hasil prediksi model dengan menggunakan data *testing*. Grafik perbandingan data aktual dengan data prediksi tersaji pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Dari kedua grafik tersebut, dihasilkan nilai MAPE sebesar 6,50% untuk ARIMA(0,2,1) dan 635% untuk ARIMAX(0,2,1). Model yang dipilih atau model terbaik adalah model dengan nilai *error* yang paling minim. Dengan begitu, model ARIMAX(0,2,1) akan digunakan untuk melakukan peramalan. Hasil peramalan tersaji pada tabel 10. Hasil peramalan juga akan dibandingkan dengan data aktual dari harga minyak sawit sepanjang tahun 2020.

F. Penjelasan Hasil.

Pada hasil peramalan yang tersaji di dalam tabel 10, dapat terlihat bahwa harga minyak sawit sepanjang tahun 2020 mengalami pola *trend* yang meningkat. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya harga minyak sawit di setiap periode berdasarkan hasil peramalan. Apabila dibandingkan dengan data aktual, hasil peramalan dapat dikatakan cukup akurat. Hal ini karena harga pada data aktual memang menurun pada periode ke-1 hingga ke-4, namun memiliki pola *trend* yang meningkat mulai dari periode ke-5 hingga ke-12 di mana dari periode satu ke periode lain terus mengalami peningkatan.

G. Pembuatan Sistem Sederhana

Model peramalan terbaik yang telah terpilih dari proses – proses sebelumnya akan dikonversi menjadi sebuah sistem sederhana. Pembangunan sistem ini bertujuan agar model lebih mudah digunakan untuk melakukan peramalan dengan mengatur parameter di dalamnya sesuai dengan kebutuhan. Namun, yang perlu diperhatikan pada tahap ini adalah kata ‘sistem’ itu sendiri. Sistem yang dimaksud merupakan sebuah sistem sederhana yang dibangun dengan menggunakan *library* yang disediakan oleh *python*. *Library* tersebut bernama *pickle*. Tabel 11 di bawah ini akan menunjukkan bagaimana sistem tersebut dapat diimplementasikan dengan melakukan kombinasi fungsi – fungsi yang terkait dengan peramalan, di mana model terbaik akan disimpan dalam suatu variabel dan untuk melakukan peramalan cukup dengan melakukan perubahan nilai pada parameter di dalamnya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari proses yang telah dilakukan ini adalah sebagai berikut. (1) Proses peramalan untuk harga minyak sawit telah menghasilkan model peramalan dengan tingkat akurasi yang tepat serta didukung dengan hasil peramalan yang baik, sehingga tujuan dari proses yang telah dilakukan telah tercapai. (2) Model peramalan ARIMA dengan menggunakan variabel eksogen terbukti memiliki performa yang lebih baik dari model yang tanpa menggunakan variabel eksogen. Hal itu dibuktikan dengan model ARIMAX(0,2,1) yang memiliki nilai MAPE lebih kecil (*testing* sebesar 6,50%) jika dibandingkan dengan model ARIMA(0,2,1) (*testing* 6,35%); (3) Hasil peramalan menunjukkan bahwa harga minyak sawit sepanjang tahun 2020 memiliki pola *trend* yang meningkat atau naik. Hal itu

dilihat dari hasil peramalan di mana harga minyak sawit dari periode 1 hingga 12 terus mengalami kenaikan secara berkelanjutan pada setiap periodenya.

Apabila melihat dari hasil, dapat dikatakan semua hasil yang didapatkan telah memenuhi indikator – indikator yang telah ditentukan. Misalnya, model peramalan yang didapat merupakan model terbaik di antara alternatif model yang lain yaitu ARIMAX(0,2,1) dengan nilai AIC yang paling minim. Lalu, performa dari model tersebut dapat dikatakan sangat baik dengan nilai MAPE sebesar 6,35% (berada di bawah 10%). Selanjutnya, hasil peramalan yang didapatkan juga cukup tepat, bahwa harga minyak sawit sepanjang tahun 2020 cenderung mengalami kenaikan saat dibandingkan dengan data aktual. Dengan begitu, dalam pengerjaan kegiatan ini dapat dikatakan belum ditemukan kekurangan dalam hasil yang didapat. Namun, peningkatan dapat dilakukan pada sistem. Pada kegiatan ini sistem masih sangat sederhana, sehingga mungkin dapat ditingkatkan. Misalnya, terdapat tampilan atau UI yang dapat membuat penggunaan lebih interaktif. Selain hal tersebut, penulis juga sangat terbuka untuk kritik dan saran apabila dari pihak – pihak yang membaca menemukan kekurangan yang perlu diperbaiki.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah mendukung secara finansial melalui bantuan atau Beasiswa Bidik Misi tahun 2017-2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Statistik, *Indikator Ekonomi Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, diolah Kementerian Perdagangan, 2022.
- [2] B. P. Statistik Indonesia, *Produk Domestik Bruto (Lapangan Usaha)*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia, 2020.
- [3] B. P. S. Indonesia, *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2019*. Jakarta: Badan Pusta Statistik Indonesia, 2019.
- [4] W. Suwarno, “Kebijakan sawit uni eropa dan tantangan bagi diplomasi ekonomi indonesia,” *J. Hub. Int.*, vol. 8, no. 1, 2019, doi: 10.18196/hi.81140.
- [5] S. C. Bhatia, *Advanced Renewable Energy Systems*. New Delhi: Woodhead Publishing India PVT Ltd, 2014.
- [6] T. Helbling, V. Mercer-Blackman, and K. Cheng, “Riding a wave,” *Financ. Dev.*, vol. 45, no. 1, pp. 10–15, 2008, doi: 10.4324/9781003165231-9.
- [7] B. P. S. Indonesia, *Laporan Perekonomian Indonesia 2010*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia, 2010.