

Peramalan Menggunakan Metode *MS-AR*, *MS-Regression* dan *MS-VAR* pada Model Perubahan Struktur

Annisa Martina,^{1, a)} Marsa Aufa Jajuli,^{2, b)} Rini Cahyandari,^{3, c)}

¹Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

^{a)} email: annisamartina@uinsgd.ac.id

^{b)} email: marsaaufaaa@gmail.com

^{c)} email: rcahyandari@yahoo.com

Abstrak

Aktivitas ekspor dan impor memiliki peranan penting pada perdagangan internasional yang dapat meningkatkan pembangunan ekonomi di dalam negeri. Ekspor di Indonesia terdiri dari dua sektor yaitu migas dan non migas. Adanya perubahan *regime* dalam data migas menyebabkan volume ekspor cenderung fluktuatif dan memiliki perubahan struktur. Model perubahan struktur dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *Markov Switching (MS)* yang terdiri dari *MS Autoregressive*, *MS Regression* dan *MS Vector Autoregressive*. Pada penelitian ini menggunakan data bulanan volume ekspor migas Indonesia selama 5 tahun (2018 sd 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan struktur pada waktu ke-12 (Desember 2018) dengan 2 *regime*. Setelah dilakukan pemodelan dan uji diagnostik, didapatkan model terbaik untuk volume ekspor migas Indonesia adalah *MS(2)* menggunakan metode *MS Regression* dengan nilai MAPE 12.49% dan nilai peluang perpindahan *regime* 94%, yang menyatakan bahwa ekspor migas yang dilakukan oleh negara Indonesia memberikan dampak yang cukup baik untuk perekonomian Indonesia, terutama dalam hal perdagangan internasional.

Kata kunci: *MS Autoregressive*, *MS Regression*, *MS Vector Autoregressive*, *Regime*, Peramalan.

Abstract

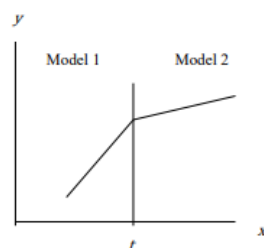
Export and import activities have an important role in international trade which can increase domestic economic development. Exports in Indonesia consist of two sectors, namely oil and gas and non-oil and gas. The change in regime in oil and gas data causes export volumes to tend to fluctuate and have structural changes. The structural change model can be completed using the *Markov Switching (MS)* method which consists of *MS Autoregressive*, *MS Regression* and *MS Vector Autoregressive*. This research uses monthly data on the volume of Indonesian oil and gas exports for 5 years (2018 to 2022). The research results show that there was a structural change at the 12th time (December 2018) with 2 regimes. After modeling and diagnostic testing, the best model for the volume of Indonesian oil and gas exports was *MS(2)* using the *MS Regression* method with a MAPE value of 12.49% and a regime shift opportunity value of 94%, which states that oil and gas exports carried out by the Indonesian state have a significant impact. quite good for the Indonesian economy, especially in terms of international trade.

Keywords: *MS Autoregressive*, *MS Regression*, *MS Vector Autoregressive*, *Regime*, Forecasting.

Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang kepulauan terbesar di dunia yang mengalami permasalahan dalam memelihara kestabilan ekonomi serta masalah pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi menjadi tolak ukur keberhasilan suatu pembangunan ekonomi daerah. Cara untuk meningkatkan produksinya yaitu dengan melakukan perdagangan internasional[1].Perdagangan internasional dapat menjadi salah satu faktor pendorong pertumbuhan ekonomi suatu negara. Aktivitas ekspor dan impor memiliki peranan penting dalam melakukan kegiatan perdagangan internasional di mana negara Indonesia tidak lepas dari aktivitas ekspor dan impor untuk memenuhi kebutuhannya. Ekspor di Indonesia terdiri dari dua sektor utama, yaitu sektor migas dan non migas di mana sektor migas meliputi minyak mentah dan gas alam sedangkan sektor non migas meliputi berbagai jenis barang dan jasa. Kegiatan ekspor cenderung bersifat fluktuasi dari tahun ke tahun yang menyebabkan pendapatan ekspor minyak terus berkurang, oleh karena itu sangat penting untuk memperkirakan volume ekspor migas di masa mendatang.

Peramalan (*forecasting*) adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk memprediksi apa yang terjadi di masa depan berdasarkan informasi atau data yang tersedia dari masa lalu. Dalam penggunaannya, metode peramalan terbagi menjadi dua metode yaitu kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif digunakan ketika tidak terdapat data di masa lalu yang mengakibatkan tidak bisa dilakukan peramalan, sedangkan metode kuantitatif dilakukan ketika terdapat data di masa lalu. Selain itu, metode kuantitatif terbagi menjadi dua yaitu metode *time series* dan metode kausal[2]. Metode *time series* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan peramalan berdasarkan fungsi dari masa lalu. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam melakukan penyelesaian data *time series* menggunakan model klasik seperti *Autoregressive (AR)*, *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*, *ARCH*, dan *GARCH*. Proses ARIMA sering dinyatakan sebagai proses jangka pendek (*short memory*) [3]. Tetapi model tersebut tidak dapat memperhitungkan adanya perubahan struktur atau bentuk. Contoh perubahan struktur atau bentuk dapat terjadi sebagai berikut (gambar 1), di mana dalam sebuah keadaan memiliki perubahan struktur pada saat t .



Gambar 1. Contoh Perubahan Struktur

Gambar 1 menunjukkan terdapat *break* dari model tersebut yang menyatakan bahwa dua model tersebut terpisah, sehingga akan terbentuk model regresi dengan satu kali perubahan struktur. Model *Markov Switching* adalah salah satu metode yang digunakan untuk memodelkan data *time series* yang memiliki perubahan struktur[4]. Model *Markov Switching* yang digunakan kali ini terdiri dari *Markov Switching Autoregressive (MS-AR)*, *Markov Switching Regression* dan *Markov Switching Vector Autoregressive (MS-VAR)*.

Tujuan penelitian pada penelitian ini yaitu mengetahui perbandingan antara metode *MS-AR*, *MS-Regression* dan *MS-VAR* dalam analisis *time series* dengan menggunakan metode yang diperoleh dari hasil perbandingan.

Metode

1. *Markov Switching*

Model *Markov Switching* yang dikenal sebagai *Regime Switching Model*, merupakan salah satu model deret waktu non linier yang diperkenalkan oleh Hamilton pada tahun 1989. Model ini merupakan sebuah model yang digunakan untuk mengetahui perubahan struktur pada data yang mengalami *shifting*. Definisi dari *shifting* adalah perubahan, dapat berupa model maupun proses. Model *Markov Switching* dapat digunakan untuk memodelkan data *time series* yang mengalami perubahan struktur, di mana ketika suatu struktur mengalami perubahan pada sebuah periode waktu tertentu maka dapat dilakukan proses *switching* (penggantian). Penggantian antar *regime* diatur oleh hukum probabilitas dengan mekanisme pengantiannya dikendalikan oleh sebuah *state* variabel yang tidak bisa diamati yang mengikuti orde pertama dari rantai Markov dengan peluang transisi yang dapat dituliskan sebagai berikut :[5]

$$P[X_n = j | X_{n-1} = i, X_{n-1} = k, \dots] = P[X_n = j | X_{n-1} = i] = P_{ij} \quad (1)$$

Dikarenakan nilai *state* variabel dependen saat ini bergantung pada nilai *state* sebelumnya, maka pada periode waktu yang tidak ditentukan sebuah struktur akan digantikan dengan struktur lain pada saat proses *switching* berlangsung. Waktu terjadinya perubahan kondisi (waktu *break*) tidak selalu diketahui, dikarenakan perubahan tersebut dapat terjadi pada rata-rata maupun rata-rata dan variansi. Model yang terjadi pada rata-rata dan variansi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$y_t = \mu_{st} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Dengan

y_t : data pengamatan

μ_{st} : rata-rata yang dipengaruhi oleh *state* atau *regime* dengan $S_t \in \{0, 1, \dots, M\}$

ε_t : residu (*error*) pada saat t .

2. *Markov Switching Autoregressive (MS-AR)*

Model *Markov Switching Autoregressive* adalah salah satu model runtun waktu yang merupakan perluasan dari model *Autoregressive (AR)* dan model *Moving Average (MA)*, di mana model ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan dari kedua model yang dapat menangkap perubahan struktur pada sebuah pola data. Model *Markov Switching(m) – AR(p)* mengasumsikan bahwa nilai data y_t dipengaruhi oleh keadaan markov S_t . Keadaan markov S_t memiliki m keadaan yang berbeda, dilambangkan dengan $1, 2, \dots, m$. Maka model $Ms(m) – AR(p)$ dituliskan sebagai berikut :[6]

$$(y_t - \mu_{st}) = \sum_{i=1}^p \phi_i (y_{t-i} - \mu_{st-i}) + \varepsilon_t \quad (3)$$

dengan :

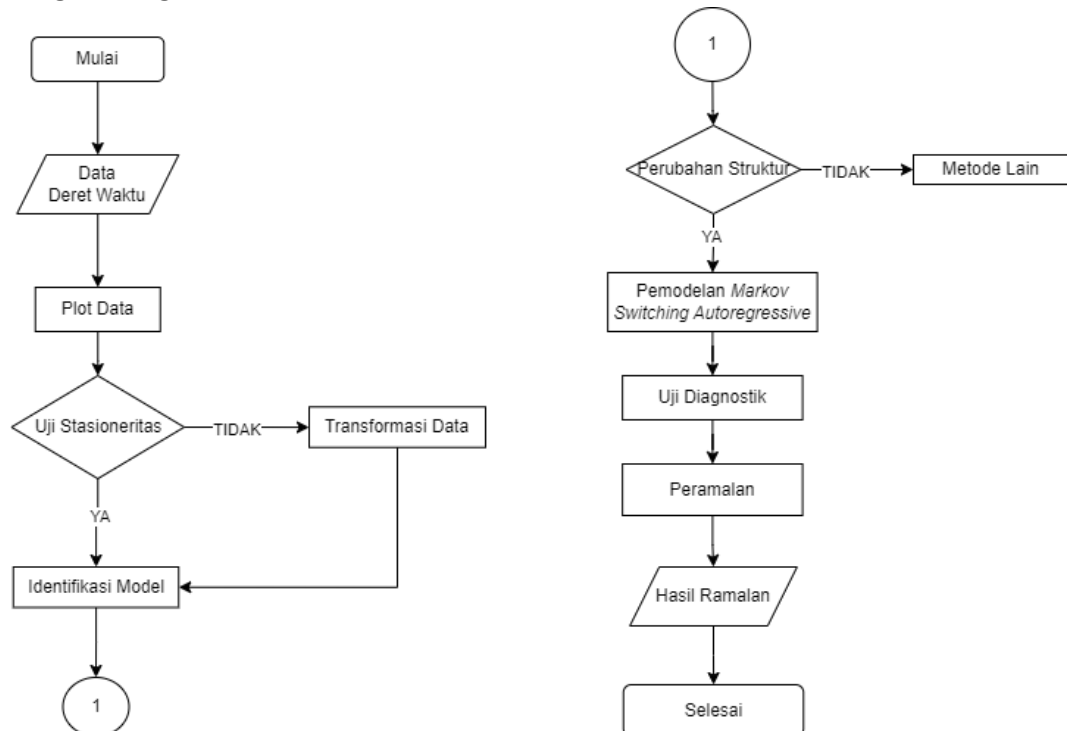
$y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}$: data pengamatan

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$: koefisien *autoregressive*

$\mu_{st}, \mu_{st-1}, \dots, \mu_{st-p}$: rata-rata yang dipengaruhi oleh *regime*

ε_t : residu pada saat t

S_t : *regime* pada saat t

Langkah-langkah metode MS-AR**Gambar 2.** Langkah-langkah Metode MS-AR

Berdasarkan Gambar 2, terdapat langkah-langkah dalam melakukan peramalan dengan menggunakan metode MS-AR adalah:

1. Pengumpulan dan proses *input* data
2. Melakukan plot data
3. Melakukan uji stasioneritas
4. Identifikasi model
5. Melakukan uji perubahan struktur
6. Melakukan pemodelan *Markov Switching Autoregressive*
7. Melakukan uji diagnostik
8. Melakukan peramalan dan diperoleh hasil ramalan.

3. Markov Switching Regression

Model *Markov Switching Regression* merupakan salah satu model yang dalam penggunaannya ingin melihat apakah terdapat pengaruh dari masing-masing variabel[7]. Model ini digunakan untuk deret waktu yang bertransisi melalui serangkaian keadaan, di mana *state* tidak teramati secara baik. Dalam penggunaannya, transisi yang digunakan di model *Markov Switching Regression* pada dasarnya mengikuti proses Markov. Model umum dari *Markov Switching Regression* dinyatakan dalam persamaan (4) sebagai berikut :

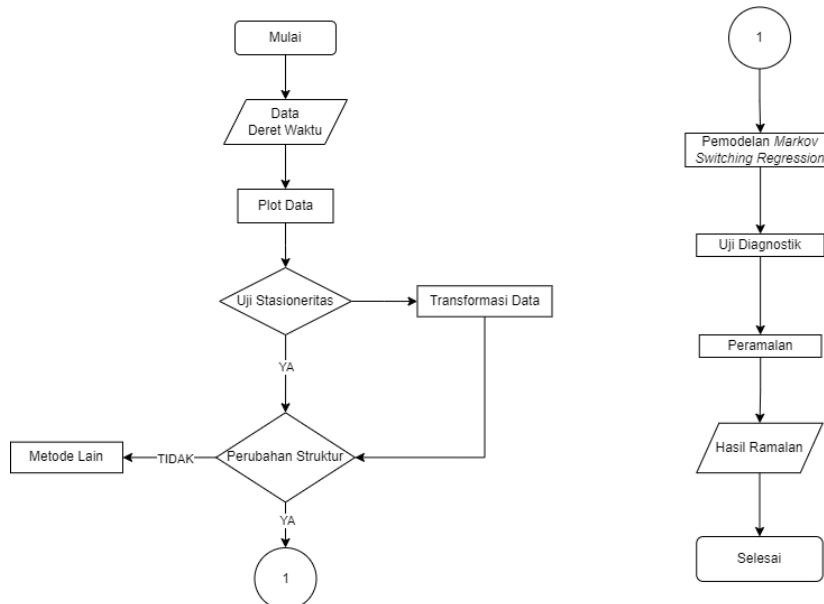
$$y_t = \mu_s + Z_t \beta_s + \varepsilon_t \quad (4)$$

dengan,

y_t : variabel dependen disebut juga sebagai data pengamatan

- μ_s : *state dependent*
 Z_t : *state dependent* yang dipengaruhi oleh β_s
 β_s : parameter yang mempengaruhi
 ε_t : residu pada t

Langkah-langkah Metode *MS-Regression*



Gambar 3. Langkah-langkah Metode *MS-Regression*

Berdasarkan Gambar 3 terdapat langkah-langkah dalam melakukan peramalan dengan menggunakan metode *MS-Regression* adalah:

1. Pengumpulan dan proses *input* data
2. Melakukan plot data
3. Melakukan uji stasioneritas
4. Melakukan uji perubahan struktur
5. Melakukan pemodelan *Markov Switching Regression*
6. Melakukan uji diagnostik
7. Melakukan peramalan dan diperoleh hasil ramalan.

4. *Markov Switching Vector Autoregressive (MS-VAR)*

Model *Markov Switching Vector Autoregressive* merupakan model non linear yang menggabungkan model VAR linear dengan model rantai Markov. Model VAR merupakan model deret waktu yang dapat digunakan untuk menganalisis data deret waktu stasioner [8]. Model *MS-VAR* pertama kali diperkenalkan oleh Krolzig pada 1997 yang merupakan generalisasi model univariat Hamilton 1989 dengan menggunakan peubah multivariat [9]. Maka, model umum dari *Markov Switching Vector Autoregressive* dinyatakan pada persamaan (5) sebagai berikut :[10]

$$y_t = \mu_{st} + A_{1s_t}(y_{t-1} - \mu_{st-1}) + \dots + A_{ps_t}(y_{t-p} - \mu_{st-p}) + \varepsilon_t$$

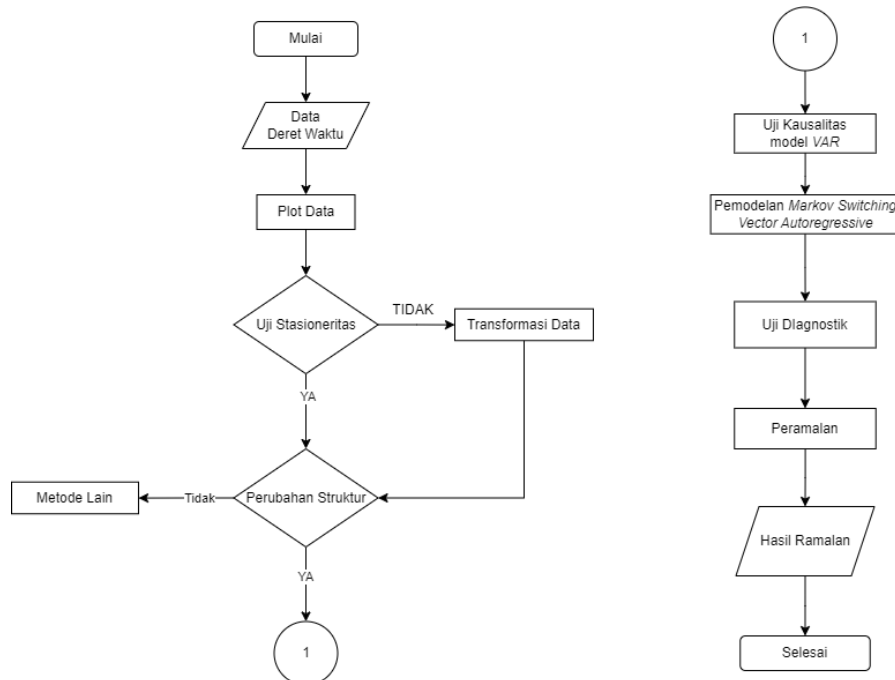
$$y_t - \mu_{st} = \sum_{i=1}^p A_{is_t}(y_{t-p} - \mu_{st-p}) + \varepsilon_t \quad (5)$$

dengan :

$y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-p}$: data pengamatan

- A_1, A_2, \dots, A_i : koefisien *vector autoregressive*
 $\mu_{st}, \mu_{st-1}, \dots, \mu_{st-p}$: rata-rata yang dipengaruhi oleh *regime*
 ε_t : residu pada t .

Langkah-langkah Metode *MS-VAR*



Gambar 4. Langkah-langkah Metode *MS-VAR*

Berdasarkan Gambar 4 terdapat langkah-langkah dalam melakukan peramalan dengan menggunakan metode *MS-Regression* adalah:

1. Pengumpulan dan proses *input* data.
2. Melakukan plot data
3. Melakukan uji stasioneritas
4. Melakukan uji perubahan struktur
5. Melakukan uji kausalitas model *VAR*.
6. Melakukan pemodelan *Markov Switching Vector Autoregressive*
7. Melakukan uji diagnostik
8. Melakukan peramalan dan diperoleh hasil ramalan.

5. Uji Perubahan Struktur

Uji perubahan struktur dilakukan untuk mengetahui titik *break*. Uji *Chow Breakpoint* adalah uji statistik yang digunakan untuk menentukan apakah terdapat perubahan struktur dalam sebuah model terutama pada data *time series* yang didasarkan pada uji statistik F. Hipotesis yang digunakan untuk menguji apakah terdapat perubahan struktur pada data adalah sebagai berikut:

- H_0 : tidak terdapat perubahan struktur
 H_1 : terdapat perubahan struktur

Terdapat langkah-langkah dalam melakukan uji *Chow Breakpoint* yaitu:

1. Menjumlahkan kuadrat residu model

$$RSS_c = \sum_{n=1}^T \varepsilon_i$$

2. Menjumlahkan kuadrat residu sebelum dan setelah terjadinya *break*

$$RSS_1 = \sum_{n=1}^b \varepsilon_i \qquad RSS_2 = \sum_{n=b+1}^T \varepsilon_i$$

3. Menghitung statistik uji F *Chow* menggunakan persamaan (6) berikut

$$F = \frac{(RSS_c - (RSS_1 + RSS_2)) - (T - 2s)}{s(RSS_1 + RSS_2)} \quad (6)$$

dengan,

RSS_c : jumlah kuadrat residu model

RSS_1 : jumlah kuadrat residu sebelum terjadi *break*

RSS_2 : jumlah kuadrat residu setelah terjadi *break*

s : banyaknya parameter yang diestimasi

T : banyaknya data pengamatan

4. Membandingkan nilai uji F dengan nilai kritis

Tolak H_0 atau data dikatakan memiliki perubahan struktur ketika nilai $F \geq F_{(s, T-2s)}$ atau $p_{value} \leq \alpha = 0.05$.

Dalam melakukan uji perubahan struktur, terdapat estimasi yang digunakan untuk melengkapi perhitungan yang akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Estimasi Jumlah *Breaks* pada perubahan Struktur

Menurut Zeileis BIC (*Bayesian Information Criterion*) merupakan salah satu kriteria yang digunakan untuk menentukan jumlah perubahan *breaks* dalam model *Markov Switching*. Model dengan BIC minimum adalah model yang paling baik[11]. Estimasi jumlah *break* adalah \hat{b} , yang mana rumusnya dapat seperti pada persamaan (7), yaitu:

$$\hat{b} = \operatorname{argmin}(BIC^1, BIC^2, \dots, BIC^b) \quad (7)$$

Rumus dari BIC dapat dituliskan seperti persamaan (8) sebagai berikut :

$$BIC = -2\log(\hat{\sigma}_m^2) + [s + b(s + 1)] \frac{\log(T)}{T} \quad (8)$$

dengan T adalah banyaknya data pengamatan dan s merupakan jumlah parameter yang diestimasi saat mengalami perubahan.

2. Estimasi Waktu *Break* pada Perubahan Struktur

Pendeteksian waktu *break* diperkenalkan oleh Bai dan Perron dengan menggunakan prinsip program dinamis[12]. Jika data di partisi sebanyak b sesuai yang tertulis pada Persamaan (8) maka akan terbentuk (T_1, \dots, T_b) yang merupakan waktu dimana perubahan struktur terjadi. Jumlah kuadrat residu dapat dituliskan pada persamaan (9) sebagai berikut :

$$RSS(T_1, \dots, T_b) = \sum_{j=1}^{b+1} r_{ss}(T_{j-1} + 1T_j) \quad (9)$$

Diperoleh rumus untuk mencari waktu *break* pada perubahan struktur adalah seperti persamaan (10) berikut :

$$(\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_b) = \operatorname{argmin}_{(T_1, \dots, T_b)} RSS(T_1, \dots, T_b) \quad (10)$$

dengan,

$RSS(T_1, \dots, T_b)$: jumlah kuadrat residu dalam segmen ke- j

$\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_b$: waktu *break* pada perubahan struktur

6. Uji Kausalitas

Uji kausalitas digunakan untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antar variabel dalam model *VAR*, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Uji kausalitas yang umum digunakan adalah uji kausalitas *Granger* yang digunakan untuk mengidentifikasi apakah terdapat variabel yang berpengaruh terhadap variabel lain. Terdapat hipotesis dalam uji kausalitas, sebagai berikut :

H_0 : variabel dependen tidak dipengaruhi oleh variabel independen

H_1 : variabel dependen dipengaruhi oleh variabel independen

Kriteria penolakan :

Tolak H_0 jika $p_{value} < \alpha = 0.05$.

7. Akurasi Peramalan

Keakuratan metode peramalan tidak dapat lepas dari metode-metode dalam pengukuran akurasi peramalan. Ketepatan model peramalan pada umumnya dapat dihitung dengan menggunakan kriteria *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*). *MAPE* adalah suatu ukuran yang digunakan untuk melihat perbedaan dari nilai prediksi dengan nilai aktual atau pengamatannya. Untuk mendapatkan nilai *MAPE* dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus seperti persamaan (11) sebagai berikut :[2]

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |PE_t|}{n} \quad (11)$$

dengan :

$$PE(\text{Percentage Error}) = \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \times 100\%$$

X_t : nilai realisasi pada periode waktu t

\hat{X}_t : nilai ramalan untuk periode waktu t

Terdapat kategori nilai *MAPE* yang akan dituangkan ke dalam tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Kategori *MAPE*

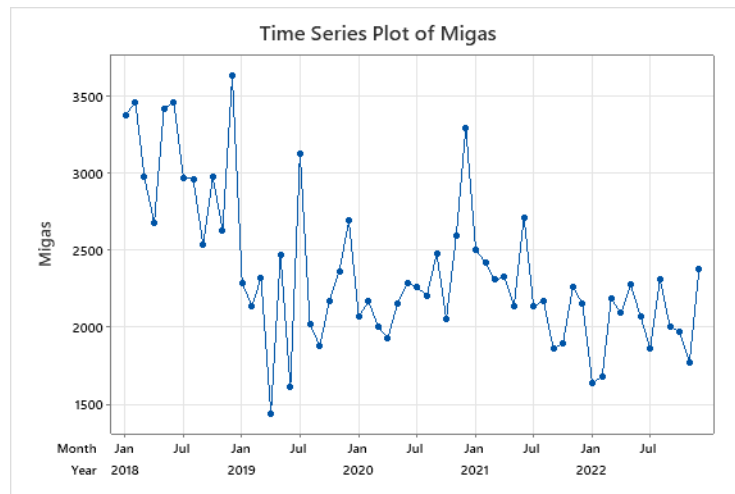
Nilai <i>MAPE</i>	Keterangan
< 10%	Model peramalan sangat baik
10% – 20%	Model peramalan baik
20% – 50%	Model peramalan layak
> 50%	Model peramalan tidak layak

Dari tabel 1 dapat dipahami bahwa rentang nilai yang menunjukkan arti dari nilai persentase error pada *MAPE*. Ketika *MAPE* memiliki nilai yang lebih kecil menunjukkan bahwa nilai peramalan mendekati nilai aktual dalam persentase yang lebih tinggi. Dengan kata lain, semakin rendah *MAPE*, semakin akurat model peramalan dalam memprediksi nilai di masa yang akan datang.

Hasil dan Diskusi

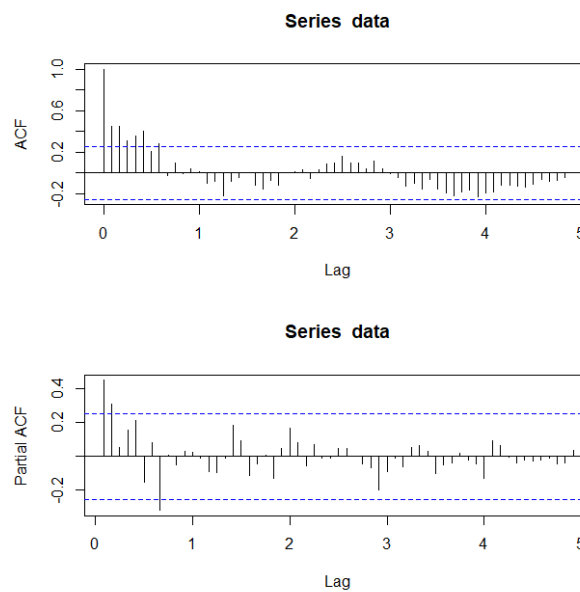
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang merupakan data *time series* yaitu data volume ekspor migas Indonesia yang diambil dari Badan Pusat Statistik. Data

merupakan data bulanan yang berjumlah 60 data, terhitung dari mulai 1 Januari 2018 sampai 31 Desember 2022. Berikut hasil plot data :



Gambar 5. Plot *Time Series* dari Data

Berdasarkan Gambar 5 dalam peramalan *time series* dapat dilakukan identifikasi model dengan cara menentukan orde $AR(p)$ dan $MA(q)$ berdasarkan plot ACF dan PACF, diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 6. Plot ACF dan PACF

Berdasarkan Gambar 6 hasil plot ACF menunjukkan plot menurun membentuk gelombang sinus yang menyatakan bahwa terbentuk model $AR(p)$. Sedangkan plot PACF menunjukkan bahwa terjadi *cut off* pada *lag* pertama dan kedua yang menunjukkan bahwa terbentuk model $AR(p)$ dengan $p = 1,2$. Sehingga, model yang diperoleh yaitu model $AR(1)$ dan $AR(2)$.

1. Uji Perubahan Struktur

Dengan menggunakan uji statistik F *Chow* berdasarkan persamaan (6) yang diolah menggunakan *software* R diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Uji Perubahan Struktur

F_{hitung}	P_{value}
63.45	$1e - 13$

Berdasarkan perhitungan yang disajikan dalam Tabel 2, diperoleh nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai $F_{0,05,11,47} = 2.01$ dan P_{value} kurang dari tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$, artinya terdapat perubahan struktur pada data Volume Ekspor Migas Indonesia.

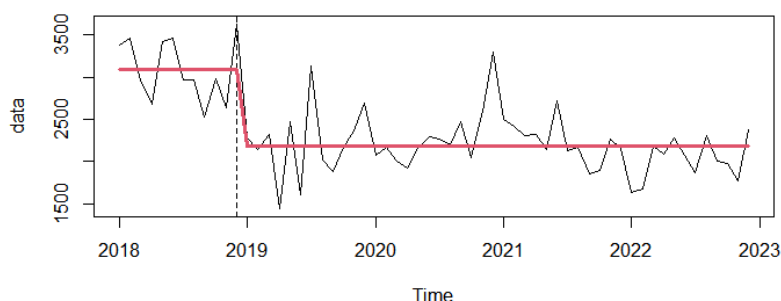
1. Identifikasi *Breaks* pada Perubahan Struktur

Dengan menggunakan kriteria BIC minimum, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Identifikasi Jumlah dan Waktu *Breaks*

b	Breakpoints at observation number	Corresponding to breakdates	BIC
0	-	-	923.4
1	12	2018(12)	887.2
2	12,42	2018(12),2021(6)	889.6
3	12,32,42	2018(12),2020(8),2021(6)	891.6
4	12,32,42,51	2018(12),2020(8),2021(6),2022(3)	899.7
5	12,22,32,42,51	2018(12),2019(10),2020(8),2021(6),2022(3)	907.7

Berdasarkan perhitungan menggunakan *software R* yang terlihat pada Tabel 3, diperoleh nilai BIC minimum sebesar 887.2 yang menunjukkan bahwa banyaknya terjadi *break* adalah satu yakni terjadi pada waktu ke-12 atau pada bulan Desember 2018. Sehingga, banyaknya *regime* adalah dua *regime* dengan n_1 sebanyak 12 observasi dan n_2 48 observasi seperti diperlihatkan pada Gambar 7 berikut:

**Gambar 7.** Plot Data dengan Perubahan Struktur

2. Pemodelan *Markov Switching Autoregressive*

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan *software R*, hasil uji signifikansi parameter yang ditunjukkan pada Tabel 4 diperoleh satu model yang kemungkinan layak dilakukan pemodelan, yaitu model MS(2)-AR(1). Dalam model tersebut tertulis bahwa $\mu_1 = 1572.8$ yang menyatakan rata-rata *regime* 1, $\mu_2 = 1976.6$ yang menyatakan rata-rata *regime* 2 dan $\phi_1 = 0.2616$ yang menyatakan sebagai parameter *autoregressive*. Model MS(2)-AR(1) akan dituliskan ke dalam persamaan (1), (2), dan (3) sebagai berikut :

$$(y_t - \mu_{s_t}) = \sum_{i=1}^p \phi_1 (y_{t-i} - \mu_{s_{t-i}}) \quad (1)$$

atau

Regime 1

$$(y_t - 1572.8) = 0.2616(y_{t-1} - 1572.8) \quad (2)$$

Regime 2

$$(y_t - 1976.6) = 0.2616(y_{t-1} - 1976.6) \quad (3)$$

Diperoleh matriks peluang transisi sebagai berikut :

Tabel 4. Matriks Peluang Transisi

	Regime 1, t	Regime 2, t
Regime 1, t + 1	0.9302	0.0688
Regime 2, t + 1	0.0697	0.9311

3. Pemodelan *Markov Switching Regression*

Berdasarkan hasil perhitungan dari *software Eviews*, hasil uji signifikansi parameter *MS-Regression* tertulis bahwa terdapat parameter $\beta_1 = 3585.5$, dan $\beta_2 = 2149.7$ dengan parameter *state* dependen $\mu_s = 5.70$. Dari hasil perhitungan terdapat satu parameter yaitu β_2 yang memiliki nilai standar eror terkecil. Secara lengkap model dari *MS(2)* dapat dituliskan ke dalam bentuk :

$$y_t = 5.70 + 2149.7Z_t + \varepsilon_t$$

Diperoleh matriks peluang transisi seperti pada tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5. Matriks Peluang Transisi

	Regime 1, t	Regime 2, t
Regime 1, t + 1	0.8574	0.1425
Regime 2, t + 1	0.0526	0.9473

4. Pemodelan *Markov Switching Vector Autoregressive*

Dalam metode *MS-VAR* terdapat uji kausalitas yang dilakukan untuk menentukan hubungan sebab akibat antara variabel. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai $p_{value} = 0.000 < \alpha = 0.05$ yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan atau kausalitas antar variabel. Dalam model *MS-VAR(2)* tertulis bahwa $\mu = 949.5$ dengan koefisien *vector autoregressive* $A_1 = 0.2287$ dan $A_2 = 0.3555$. Secara lengkap model ini dapat dituliskan ke dalam bentuk :

$$y_t - 949.5 = 0.2287y_{t-1} + 0.3555y_{t-2}$$

Diperoleh matriks peluang transisi seperti pada tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Matriks Peluang Transisi

	Regime 1, t	Regime 2, t
Regime 1, t + 1	0.455	0.545
Regime 2, t + 1	0.576	0.424

5. Uji Diagnostik

Tabel 7. Hasil Uji Diagnostik

Metode	Model	p-value	Keterangan
MS-AR	MS(2) – AR(1)	0.3647	H_0 diterima
MS-Regression	MS(2)	0.1596	H_0 diterima
MS-VAR	MS(2) -VAR(2)	0.000	H_0 ditolak

Berdasarkan kriteria dari uji diagnostik seperti pada tabel 7, diperoleh model yang layak untuk dilakukan peramalan adalah model *MS-AR* dan *MS-Regression*.

6. Ukuran Ketepatan Model (Pemilihan Model Terbaik)

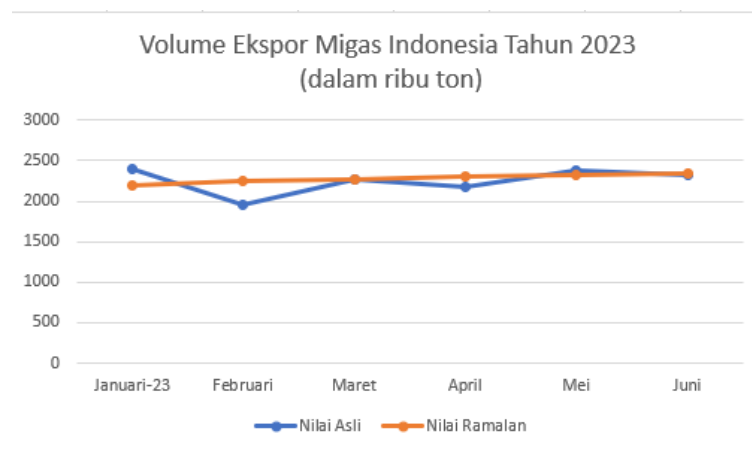
Tabel 8. Hasil Perhitungan MAPE

Metode	MAPE
<i>Markov Switching Autoregressive</i>	18.42%
<i>Markov Switching Regression</i>	12.49%

Dengan melihat tabel 8, nilai MAPE paling terkecil maka metode yang digunakan untuk melakukan peramalan adalah dengan menggunakan metode *Markov Switching Regression*.

7. Peramalan

Diperoleh hasil peramalan menggunakan *software Oxmetrics* untuk bulan Januari hingga Juni 2023 adalah sebagai berikut yang akan dituangkan ke dalam Gambar 8.



Gambar 8. Plot Data Asli dan Ramalan

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, terdapat perubahan struktur pada data volume ekspor migas Indonesia dengan banyaknya *breaks* adalah 1 yakni pada waktu ke-12 atau pada bulan Desember 2018. Sehingga banyaknya *regime* adalah 2. Setelah dilakukan perbandingan diperoleh metode yang paling baik untuk melakukan peramalan yaitu metode *Markov Switching Regression* dengan nilai MAPE sebesar 12,49% yang menunjukkan bahwa model *Markov Switching Regression* akurat dalam melakukan peramalan. Menurut tabel 1 nilai MAPE antara 10%-20% memiliki kategori metode peramalan yang baik, untuk mendapatkan nilai MAPE di bawah 10% (kategori metode peramalan yang sangat baik) mungkin dengan mencoba menggunakan metode MS terbaru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peluang perpindahan *regime* yang terdapat dalam metode *Markov Switching Regression* adalah sebesar 94% yang mengindikasikan bahwa terdapat kemungkinan 94% volume ekspor migas Indonesia akan mengalami perubahan *regime* dalam beberapa bulan kedepan. *Regime* pada penelitian kali ini merupakan kondisi ekonomi, jika *regime* stabil maka volume ekspor migas kemungkinan akan meningkat namun sebaliknya jika *regime* tidak stabil kemungkinan akan mengalami penurunan. Hasil peramalan selama 6 bulan ke depan menunjukkan bahwa volume ekspor migas Indonesia cenderung mengalami penurunan dari bulan Desember menuju Januari 2023. Diperoleh rata-rata nilai volume ekspor migas Indonesia sebesar 2276.9 ton dengan masing-masing nilai volume ekspor adalah untuk bulan Januari sebesar 2202.2 ton, bulan Februari sebesar 2240.8 ton, bulan Maret 2271.8 ton, bulan April sebesar 2296.8 ton, bulan Mei sebesar 2316.9 ton

dan bulan Juni sebesar 2333.1 ton. Selain itu, jika dibandingkan dengan data asli diperoleh nilai eror yang masih dalam kategori wajar dari hasil peramalan selama 6 bulan penurunan ini mengindikasikan adanya dampak dari pandemi Covid-19 pada tahun 2020-2021 yang menyebabkan keterbatasan dalam kegiatan ekspor. Kemudian pada tahun 2022, kegiatan ekspor mulai membaik, tetapi masih beradaptasi untuk kembali melakukan kegiatan ekspor dari Indonesia. Adanya ketidakpastian dan keterbatasan dalam perdagangan internasional menyebabkan penurunan ekspor di banyak negara termasuk Indonesia.

Referensi

- [1] D. Usnawanti, "Analisis Pengaruh Ekspor Non Migas Terhadap Produk Domestik Bruto Indonesia Tahun 1986-2019 Universitas Islam Indonesia," skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2020, p. 3
- [2] Makridakis, "Metode dan Aplikasi Peramalan", Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1999, p. 8
- [3] R. Cahyandari dan R. Erviana, "Peramalan Kurs Jual Uang Kertas Mata Uang Singapore Dollar (SGD) terhadap Rupiah Menggunakan Model ARFIMA (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average)", KUBIK: Jurnal Publikasi Ilmiah Matematika, vol. 1, no. 1, 2015, doi: 10.15575/kubik.v1i1.323.
- [4] F. Anggana, D.Devianto, F. Yanuar, "Pemodelan Markov Switching Autoregressive (MSAR) Pada Inflasi DKI Jakarta," Jurnal Matematika UNAND, vol. 12, no. 1, hal. 35-45, 2023, doi: 10.25077/jmua.12.1.34-45.2022
- [5] A. Khoerunnisa, I. M. Nur, dan P. R. Arum, "Metode markov switching autoregressive (MSAR) untuk peramalan indeks saham syariah indonesia (ISSI) (MSAR)," Prosiding Seminar Nasional UNIMUS, vol. 5, pp. 608–623, 2022, e-ISSN: 2654-3168, p-ISSN: 2654-3257
- [6] T. A. Taqiyyuddin and I. N. Faqih, "Pemodelan Markov Switching Autoregressive (MSAR) Pada Prediksi Curah Hujan: Studi Kasus Curah Hujan Provinsi Riau Tahun 2007-2021," Prosiding Seminar Nasional Statistika Online 2021 (SNSO 2021), 7 November, vol. 10, p. 30, doi: <https://doi.org/10.1234/pns.v10i.99>
- [7] F. Mathlouthi and S. Bahloul, "Co-movement and causal relationships between conventional and Islamic stock market returns under regime-switching framework," Journal of Capital Markets, vol. 6, no. 2, pp. 166–184, 2022, doi: 10.1108/jcms-02-2022-0008.
- [8] A. T. Arianto, dkk, "Peramalan Konsentrasi Particulate Matter 2.5 (PM 2.5) menggunakan Model Vector Autoregressive dengan Metode Maximum Likelihood Estimation," KUBIK: Jurnal Publikasi Ilmiah Matematika, vol. 6 no. 1, pp. 1-12, 2021, doi: 10.15575/kubik.v6i1.8046.
- [9] M. Droumaguet, "Markov-Switching Vector Autoregressive Models : Monte Carlo Experiment , Impulse Response Analysis , and Granger-Causal Analysis," PhD Thesis, European University Institute, Florence, 2012, doi: 10.2870/63610.
- [10] H.-M. Krolzig, "Econometric Modelling of Markov-Switching Vector Autoregressions using MSVAR for Ox," Institute of Economics and Statistics and Nuffield College, Oxford, 1998, p.5, <http://fmwww.bc.edu/ec-p/software/ox/msvardoc.pdf>
- [11] A. Zeileis, C. Kleiber, W. Krämer, and K. Hornik, "Testing and dating of structural changes in practice," Science Direct Computational Statistics and Data Analysis, vol. 44, no. 1–2, pp. 109–123, 2003, doi: 10.1016/S0167-9473(03)00030-6
- [12] J. Bai and P. Perron, "Computation and analysis of multiple structural change models," Journal of Applied Econometrics, vol. 18, no. 1, pp. 1–22, 2003, doi: <https://doi.org/10.1002/jae.659>