

## **APLIKASI MODEL *MEAN REVERSION* DENGAN MUSIMAN DALAM MENENTUKAN NILAI KONTRAK OPSI TIPE EROPA PADA HARGA KOMODITAS KAKAO**

Ida Ayu Putu Candra Dewi<sup>1§</sup>, Komang Dharmawan<sup>2</sup>, Ni Made Asih<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: candradayu4@gmail.com ]

<sup>2</sup>Jurusan Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: dharmawan.komang@gmail.com ]

<sup>3</sup>Jurusan Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: asihmath77@gmail.com]

<sup>§</sup>Corresponding Author

### **ABSTRACT**

*Many literatures explain that commodity prices tend to follow the pattern of Mean Reversion models, commodity prices are controlled by seasonal supplies resulting in price fluctuations. To overcome the risk of fluctuations in the price, an investor can hedge with option contracts. The purpose of this research was to know the application of Mean Reversion model with seasonal in determining the value of European option contract from commodity, by estimating the parameters and simulating the model in order to get the value of European option contract. Thus, the values of the options obtained with the model was compared with the value of the options calculated by the Black-Scholes model. The results of this study indicated that the value of contract option of Mean Reversion model with seasonal value was lower than the Black-Scholes model.*

*Keyword: Mean Reversion, Seasonal, European Type Option Contract, Black-Scholes*

### **1. PENDAHULUAN**

Derivatif merupakan suatu kontrak keuangan antar dua pihak untuk mentransaksikan suatu aset dengan berbagai hal yang telah disepakati bersama saat ini, tetapi akan direalisasikan nanti pada tanggal (dalam kurun waktu) tertentu di masa yang akan datang (Siahaan, 2008). Pasar keuangan derivatif dapat dikelompokkan berdasarkan kontrak, salah satunya adalah kontrak opsi. Kontrak opsi (*option contract*) merupakan suatu kontrak yang memberikan hak kepada pemegangnya, namun bukan kewajiban untuk membeli (atau menjual) suatu aset pada harga yang telah ditentukan sebelumnya dalam jangka waktu tertentu (Brigham dan Houston, 2011).

Induk instrumen dalam derivatif tidak terbatas pada aktiva finansial saja, seperti saham, *warrants*, dan obligasi, tetapi juga pada komoditas. Popularitas komoditas pertanian di kalangan investor di pasar saham telah berkembang sejak tahun 2000. Hal ini

disebabkan oleh tuntutan diversifikasi portofolio dan meningkatnya permintaan untuk kebutuhan komoditas pertanian, seperti minyak kelapa sawit, kakao, kopi, dan lain-lain (Dharmawan, 2016). Harga komoditas pertanian ataupun perkebunan (kedelai, gandum, kopi, kakao) digerakkan oleh pasokan musiman, umumnya harga akan lebih tinggi sebelum musim panen (Barakova & Geman, 2006), karena komoditas perkebunan diproduksi secara musiman, tetapi dikonsumsi sepanjang tahun. Hal ini berpengaruh terhadap ketidakseimbangan antara persediaan dan permintaan yang akan menyebabkan harga komoditas berfluktuatif. Oleh karena itu, seorang investor diharapkan memiliki suatu perencanaan dalam menghadapi risiko fluktuasi harga dengan melakukan lindung nilai (*hedging*) menggunakan kontrak opsi.

Opsi dapat digunakan untuk meminimalkan risiko dan memaksimalkan keuntungan dengan daya ungkit (*leverage*) yang lebih besar (Siahaan, 2008). Model yang dapat digunakan

dalam penentuan kontrak opsi salah satunya adalah model *Mean Reversion*. Model ini menyatakan bahwa harga akan cenderung kembali ke tingkat nilai rata-rata.

Berdasarkan uraian pada bagian terdahulu, peneliti tertarik mengaplikasikan model *Mean Reversion* dengan musiman dalam penentuan nilai kontrak opsi Eropa pada harga komoditas kakao. Untuk mengetahui kinerja model *Mean Reversion* musiman, maka nilai opsi Eropa yang diperoleh dibandingkan dengan nilai opsi dari model *Black-Scholes*. *Black-Scholes* merupakan model perhitungan kontrak opsi Eropa standar yang umumnya banyak digunakan oleh masyarakat keuangan untuk menilai apakah harga opsi yang terjadi di pasar sudah merupakan harga yang dianggap *fair* bagi opsi tersebut (Tandelilin, 2010).

## 2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data harian historis harga komoditas kakao selama empat tahun terakhir, yaitu dari 3 Januari 2011 sampai dengan 31 Mei 2017. Dalam penelitian ini penulis mengambil data komoditas kakao dari situs <https://www.investing.com>.

Berikut merupakan langkah-langkah dalam menentukan nilai kontrak opsi *call* tipe Eropa komoditas kakao menggunakan *Mean Reversion* dengan musiman :

1. Mengumpulkan data historis dari harga komoditas kakao.
2. Menghitung tingkat pengembalian (*return*) dari data historis harga komoditas kakao dengan persamaan

$$R_t = \ln \left( \frac{S_t}{S_{t-1}} \right) \quad (1)$$

3. Menghitung nilai masukan deskriptif statistik rata-rata data (*mean*), ragam data (*variance*), simpangan baku (*standar deviation*), kemiringan data (*skewness*), dan kurtosis dari data *return* komoditas kakao.
4. Mengestimasi nilai parameter dari *Mean Reversion* dengan persamaan berikut menggunakan *Least Square Method*, sehingga diperoleh  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\sigma}$ , dan  $\hat{\kappa}$ .

$$dX_t = \kappa(\mu - X_t) dt + \sigma dW_t \quad (2)$$

5. Mengestimasi nilai parameter deterministik  $f(t)$  dengan *least square method*

6. Setelah diperoleh parameter *Mean Reversion* dan musiman, maka akan dibentuk harga komoditas kakao dari model *Mean Reversion* dengan musiman

7. Setelah model umum diperoleh, maka akan dihitung harga komoditas kakao dari model *Mean Reversion* dengan musiman

8. Menghitung nilai kontrak Opsi *Call* Tipe Eropa komoditas kakao dari *Mean Reversion* dengan musiman dengan persamaan

$$C = e^{-rT} \text{maks}(S_T - K, 0) \quad (3)$$

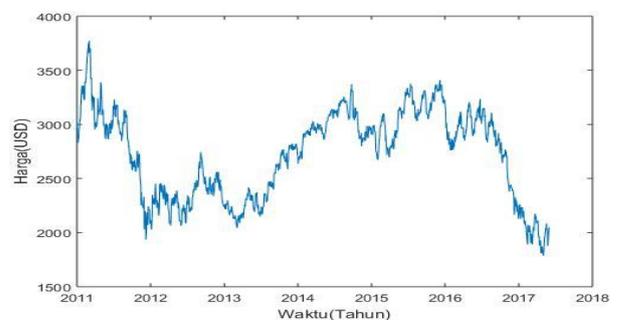
9. Menghitung nilai kontrak Opsi *Call* Tipe Eropa menggunakan model *Black-Scholes* dengan persamaan

$$C = S_0 N(d_1) - K e^{-rt} N(d_2) \quad (4)$$

10. Membandingkan nilai kontrak Opsi *Call* tipe Eropa model *Blackscholes* dan *Mean Reversion* dengan musiman.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data historis dari komoditas kakao periode 3 Januari 2011 sampai 31 Mei 2017. Gambar 1 menunjukkan bahwa terjadi fluktuasi harga pada komoditas kakao yang dapat ditunjukkan dalam bentuk Grafik.



Gambar 1. Grafik harga komoditas kakao periode 3 Januari 2011 sampai 31 Mei 2017

### 3.1 Menghitung Tingkat Pengembalian (Return)

Menentukan nilai  $R_t$  (Return kakao pada waktu ke- $t$ ) diperoleh dengan menggunakan persamaan (1). Sebagai contoh,  $t=1$  diperoleh dengan sebagai berikut:

$$R_1 = \ln\left(\frac{2932}{3021}\right) = -0,0299$$

dengan cara yang sama, dapat dihitung nilai  $R_t$  dengan  $1 \leq t \leq 1623$  menggunakan persamaan (1).

### 3.2 Karakteristik Data

Karakteristik data diketahui dengan melihat nilai statistik deskriptif dari data tingkat pengembalian (return) harga komoditas kakao. Dalam proses ini nilai statistik deskriptif diperoleh dengan mengitung nilai *mean*, *variance*, *standar deviation*, *skewness*, dan *kurtosis*. Sehingga diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Statistik Deskriptif Data Masukan

Variabel Deskriptif	Nilai
Mean	-0,0002
Variance	0,07045
Standar deviation	0,2654
Skewness	-0,0909
Kurtosis	3,3658

Tabel 1 menunjukkan bahwa data *return* komoditas kakao memiliki bentuk yang tidak simetris yang dapat ditunjukkan dengan karakteristik data yang memiliki nilai *skewness* negatif yang mengakibatkan data menceng (*skew*) ke kiri dan memiliki ekor gemuk (*fat tail*) dilihat dari nilai *kurtosis* yaitu  $3,3658 > 3$ , hal ini menunjukkan sebaran data tidak normal dikarenakan pada waktu tertentu harga komoditas kakao dapat melonjak naik ataupun turun.

### 3.3 Variabel-variabel Penentuan Nilai Kontrak Opsi

Dalam menentukan nilai kontrak opsi *call* tipe Eropa terdapat beberapa variabel-variabel yang digunakan yaitu  $S_0$  (harga saham awal),  $S_T$  (harga komoditas saat jatuh tempo),  $K$  (harga tebus),  $r$  (suku bunga bebas risiko yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia), dan  $T$  (Waktu jatuh tempo opsi). Nilai  $S_0$  dapat dilihat pada data historis komoditas kakao 31 Mei 2017 yaitu sebesar USD 2,048. Waktu jatuh tempo opsi ditentukan selama tiga bulan, sedangkan untuk suku bunga bebas risikonya sebesar 6.5% yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia. Harga pelaksanaan disepakati antara penjual dan pembeli opsi yang ditentukan sebesar USD 2,100, USD 2,125 dan USD 2,150 USD.

### 3.4 Mengestimasi Nilai Parameter dari Mean Reversion

*Mean Reversion* merupakan suatu model yang telah berperan dalam bidang ekonomi dan finansial, khususnya digunakan dalam menentukan gerak harga komoditas yang terkenal adalah *Ornstein-Uhlenbeck Process* atau yang sering dikenal dengan *Vasicek Process*. Proses simulasi model *Mean Reversion* yang terdapat pada persamaan (2), menurut (Smith, 2010) jika menggunakan data waktu diskrit maka dapat dimodelkan sebagai

$$X_t = \kappa\mu\Delta t + (1 - \kappa\Delta t)X_{t-1} + \sigma\Delta W_t \quad (5)$$

Pada penelitian ini, parameter-parameter *Mean Reversion* diestimasi dengan metode *Least Square*, sehingga diperoleh parameter  $\hat{\kappa}$ ,  $\hat{\mu}$ , dan  $\hat{\sigma}$  seperti pada Tabel 2

Tabel 2 Parameter-Parameter Mean Reversion

Parameter	Nilai
$\hat{\kappa}$	0,000462
$\hat{\mu}$	2,596
$\hat{\sigma}$	0,2635

### 3.5 Nilai Parameter Deterministik $f(t)$

Nilai Parameter Musiman deterministik  $f(t)$  diestimasi menggunakan metode *least square*. Model musiman komoditas kakao pada penelitian ini, diperoleh dengan menyesuaikan periode-periode yang sesuai dengan pergerakan dari harga komoditas kakao. Model yang pernah diusulkan oleh (Seifert & Homburg, 2007) digunakan sebagai acuan untuk membentuk sebuah model pergerakan harga musiman dari komoditas kakao sehingga pada penelitian ini diperoleh model pergerakan harga musiman dari komoditas kakao pada persamaan berikut :

$$f(t) = s_1 \sin(0,75\pi t) + s_2 \cos(0,9\pi t) + s_3 \sin(0,65\pi t) + s_4 \cos(0,75\pi t) + s_5 \quad (6)$$

Model pada persamaan (6), digunakan untuk mengestimasi parameter musiman yaitu  $\hat{s}_1, \hat{s}_2, \hat{s}_3, \hat{s}_4,$  dan  $\hat{s}_5$  dengan menggunakan metode *least square* sehingga diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Dengan diperolehnya model dan parameter dari musiman, maka diperoleh plot harga musiman komoditas kakao yang ditampilkan pada Gambar 2.

### 3.6 Model *Mean Reversion* dengan Musiman

Harga komoditas kakao pada penelitian ini diperoleh dengan menggabungkan model *Mean Reversion* dan model musiman yang telah diperoleh. Jika  $S_t$  merupakan harga komoditas kakao model *Mean Reversion* dengan musiman pada waktu  $t$ , maka harga komoditas kakao dapat dimodelkan sebagai

$$\ln(S_t) = X_t + f(t)$$

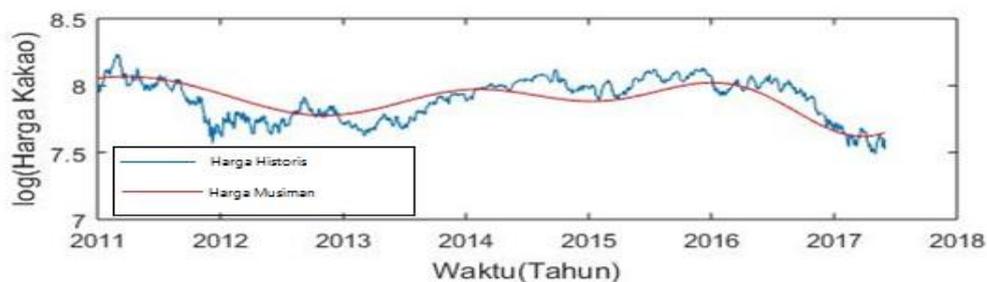
atau, ekuivalen dengan

$$S_t = \exp(X_t + f(t))$$

dengan  $S_t$  merupakan harga kakao saat waktu  $t$  dari model *Mean Reversion* dengan musiman,  $X_t$  merupakan proses *Mean Reversion* pada persamaan (5) dan  $f(t)$  merupakan model musiman komoditas kakao pada persamaan (6) yang diasumsikan deterministik.

Tabel 3. Estimasi Parameter Musiman Komoditas Kakao

Parameter	$\hat{s}_1$	$\hat{s}_2$	$\hat{s}_3$	$\hat{s}_4$	$\hat{s}_5$
Value	-0,1893	-0,1046	0,2783	0,2544	7,9042



Gambar 2. Grafik Logaritma Harga dan Musiman Harga Kakao Periode 03 Januari 2011 Sampai 31 Mei 2017

### 3.7 Penentuan Nilai Kontrak Opsi Menggunakan Simulasi Model Mean Reversion dengan Musiman

Penentuan nilai kontrak opsi *call* Eropa komoditas kakao dari model *Mean Reversion* dengan musiman, diperoleh dengan melakukan proses simulasi untuk memperoleh harga komoditas kakao saat jatuh tempo ( $S_T$ ).

Proses simulasi dilakukan dengan mensubstitusi nilai-nilai parameter model *Mean Reversion* dan musiman  $f(t)$  pada persamaan (5) dan persamaan (6). Proses simulasi *Mean Reversion* dilakukan sebanyak 100.000 kali simulasi sampai Bulan Desember 2017, untuk melihat pergerakan harga komodita hingga akhir tahun 2017. Kemudian model dari musiman  $f(t)$  ditambah setelah simulasi. Dari sini diperoleh plot harga kakao dari simulasi model *Mean Reversion* dengan musiman. pada Gambar 3 dan Gambar 4

menunjukkan bahwa, simulasi yg dilakukan 10 kali selama akhir tahun 2017, menghasilkan pergerakan harga komoditas ( $S_t$ ) yang memiliki tren naik dan harga simulasi sesuai dengan gerak musimannya.

Penentuan nilai kontrak opsi *call* tipe Eropa, diperoleh dengan mensubstitusi harga  $S_T$  yang merupakan harga komoditas saat jatuh tempo kakao selama 3 bulan dengan nilai  $K, r$  dan  $T$  yang sudah ditentukan ke dalam persamaan (3). Selanjutnya, nilai yang diperoleh dirata-ratakan sehingga, nilai opsi *call* dari komoditas kakao Pada Tabel 4 memperlihatkan nilai kontak opsi *call* tipe Eropa dengan jumlah simulasi 10 kali, 100 kali, 1.000 kali, 10.000 hingga 100.000 kali dengan menggunakan bantuan program Matlab.



Gambar 3. Grafik Logaritma Harga dengan Musiman Kakao 03 Januari 2011 sampai 31 Mei 2017 dan Simulasi Logaritma Harga Model Mean Reversion dengan Musiman Kakao



Gambar 4. Grafik Harga dengan Musiman Kakao 03 Januari 2011 sampai 31 Mei 2017 dan Simulasi Harga Model Mean Reversion dengan Musiman Kakao selama 7 Bulan

Tabel 4. Nilai Kontrak Opsi *Call* Tipe Eropa Komoditas Kakao *Mean Reversion* dengan Musiman

Harga Tebus (K) (USD)	Simulasi	Harga <i>call</i> opsi tipe Eropa (USD)
2,100	10	97.6565
	100	98.3385
	1.000	99.4962
	10.000	99.9297
	100.000	99.9084
2,125	10	80.1429
	100	82.8514
	1.000	84.0655
	10.000	84.8605
	100.000	84.8018
2,150	10	69.7337
	100	69.0436
	1.000	70.3656
	10.000	70.4432
	100.000	70.4308

### 3.8 Penentuan Nilai Kontrak Opsi *Black-Scholes*

Penentuan harga opsi harga komoditas ( $S_t$ ) yang dihitung menggunakan model *Black-Scholes* diperoleh dengan mensubstitusi nilai  $S_0, K, r, T$  dan  $\sigma$  dari nilai *standar deviation* data historis kakao yang sudah diperoleh pada persamaan (4), yaitu:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + (r + 0,5\sigma^2)(t)}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$= \frac{\ln\left(\frac{2048}{2100}\right) + \left(0,065 + \frac{0,2654^2}{2}\right)0,25}{0,2654\sqrt{0,25}}$$

$$= -0,00014$$

dengan demikian diperoleh nilai  $d_2$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

$$= -0,00014 - 0,2654$$

$$= -0,13284$$

selanjutnya dihitung nilai  $N(d_1)$  dan  $N(d_2)$  yang digunakan untuk menghitung nilai kontrak opsi *call* tipe Eropa, nilai  $N(d_1)$  dan  $N(d_2)$  yang telah didapat disubstitusi kedalam persamaan (4), sehingga diperoleh:

$$C = 2048(0,499943) - 2100e^{(-0,065 \times 0,25)}(0,447159)$$

$$= 99,9857$$

dengan cara yang sama diperoleh nilai kontrak opsi tipe Eropa *Black-Scholes* dari setiap Harga Tebus ( $K$ ) yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai kontak opsi *call* tipe Eropa *Black-Scholes*

Harga Tebus (K) (USD)	Nilai kontak opsi <i>call</i> tipe Eropa <i>Black-Scholes</i> (USD)
2,100	99.9857
2,125	89.4195
2,150	79.7016

### 3.9 Perbandingan Hasil Harga Model *Mean Reversion* dengan Musiman dan Model *Black-Scholes*

Berdasarkan kedua hasil model pada Tabel 6 menunjukkan, nilai kontrak opsi Eropa yang dihitung untuk beberapa harga tebus ( $K$ ) menggunakan model *Mean Reversion* dengan musiman, dapat menghasilkan harga yang lebih rendah dari model *Black-Scholes*. Nilai opsi kedua model tersebut menunjukkan bahwa semakin tingginya harga tebus dari sebuah opsi, maka semakin rendah nilai *call* dari opsi tersebut.

Tabel 6. Perbandingan Nilai kontrak Opsi *Call* Tipe Eropa Menggunakan *Mean Reversion* dengan Musiman dan *Black-Scholes*

Harga Tebus (K) (USD)	Nilai kontak opsi <i>call</i> tipe Eropa <i>Mean Reversion</i> dengan musiman (USD)	Nilai kontak opsi <i>call</i> tipe Eropa <i>Black-Scholes</i> (USD)
2,100	99.9084	99.9857
2,125	84.8018	89.4195
2,150	70.4308	79.7016

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perbandingan nilai, kontrak opsi *call* tipe Eropa komoditas kakao yang dihitung menggunakan model *Mean Reversion* dengan musiman, menghasilkan harga yang lebih rendah dari model *Black-Scholes*, dan model *Mean Reversion* dengan musiman melibatkan lebih banyak parameter dari model *Black-Scholes*.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, adapun saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu, model ditambahkan dengan *jump* dengan volatilitas bersifat stokastik dan suku bunga bebas risiko yang berbeda-beda untuk menyesuaikan dengan keadaan pasar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Barakova, S. & Geman, H., 2006. Seasonal and Stochastic Effects in Commodity Forward Curves. *Review of Derivative Research*, Volume 9, p. 167-18.
- Brigham & Houston, 2011. *Essentials of Financial Management. Edisi 11*. Salemba empat, Jakarta.
- Dharmawan, K., 2016. *Pricing European Options on Agriculture Commodity Prices Using Mean-Reversion Model with Jump Diffusion*. Jawa Barat, Indonesia.
- Dixit & Pindyck, 1994. *Investment under Uncertainty*. s.l.:Princeton University Press, 41 William Street, Princeton, New Jersey 08540.
- Seifert, J. & Homburg, U.-. M., 2007. Modelling Jumps in Electricity Prices: Theory and Empirical Evidence. *Review of Derivatives Redearch* , Volume 10, pp. 59-85.
- Siahaan, H., 2008. *Seluk Beluk Perdagangan Instrumen Derivatif*. Jakarta: PT Elex Media Kumputindo.
- Smith, W., 2010. On the Simulation and Estimation of the Mean-Reverting. *Commodities Market and Modelling*.
- Tandelilin, E., 2010. *Portofolio Dan Investasi Teori Dan Aplikasi*. Kanisius.