

Estimasi Harga Opsi Saham melalui Simulasi Monte Carlo Menggunakan Model Volatilitas Stokastik Heston

Fahrudin Muhtarulloh^{1*}, Andini Fadillah Sari², Arief Fatchul Huda³

^{1,2,3}UIN Sunan Gunung Djati, Jl. A.H. Nasution No 105, Cibiru, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

E-mail: ¹fahrudin.math@uinsgd.ac.id, ²andinfdlhsr16@gmail.com, ³afhuda@uinsgd.ac.id

*Corresponding Author

ABSTRACT

Stock option contracts (SOCs) in the capital market require accurate prediction and calculation methods, especially for stocks with high volatility. A commonly used model for estimating stock option prices for unstable data is the Heston Stochastic Volatility Model. This model is an extension of the Black-Scholes model, combining two types of Brownian Motion: Geometric Brownian Motion and the Cox-Ingersoll-Ross model. This study aims to calculate the option price for Tesla, Inc. (TSLA) stocks using various volatility levels, including three months, four months, six months, and one year prior to the last trade. The results show that higher volatility correlates with increased option values. Further analysis indicates that one-year volatility before the last trade provides the highest result and aligns most closely with actual market option prices. Therefore, this one-year volatility level was selected to determine the theoretical prices at various strike prices. Based on these findings, option contracts with strike prices of 15 USD, 25 USD, and 80 USD are considered suitable for purchase, while contracts with strike prices of 30 USD and 40 USD require further consideration before buying.

Keywords: Cox Ingersoll Ross, Geometric Brownian Motion, Monte Carlo Simulation Method, Stochastic Volatility Model Heston

ABSTRAK

Kontrak opsi saham (KOS) di pasar modal membutuhkan metode prediksi dan perhitungan yang akurat, terutama bagi saham yang menunjukkan fluktuasi tinggi. Salah satu model yang sering digunakan untuk memperkirakan harga opsi saham pada data yang tidak stabil adalah Model Volatilitas Stokastik Heston. Model ini merupakan perkembangan dari model Black-Scholes, dengan mengkombinasikan dua jenis Gerak Brown, yaitu Gerak Brown Geometrik dan Model Cox-Ingersoll-Ross. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung harga opsi saham Tesla, Inc. (TSLA) menggunakan berbagai tingkat volatilitas, meliputi tiga bulan, empat bulan, enam bulan, dan satu tahun sebelum transaksi terakhir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi volatilitas, semakin besar nilai opsi yang dihasilkan. Setelah dilakukan analisis lebih lanjut, volatilitas pada periode satu tahun sebelum transaksi terakhir memberikan hasil yang paling besar dan paling mendekati harga opsi aktual di pasar. Oleh karena itu, volatilitas satu tahun ini dipilih untuk menentukan harga teoritis dari berbagai *strike price*. Berdasarkan hasil tersebut, kontrak opsi dengan *strike price* 15 USD, 25 USD, dan 80 USD dianggap layak untuk dibeli, sedangkan kontrak dengan *strike price* 30 USD dan 40 USD perlu ditinjau ulang sebelum diputuskan untuk dibeli.

Kata kunci: Cox Ingersoll Ross, Geometric Brownian Motion, Metode Simulasi Monte Carlo, Model Volatilitas Stokastik Heston

Dikirim: November 2024; Diterima: Januari 2025; Dipublikasikan: Maret 2025

Cara sitasi: Muhtarulloh, F., Sari, A. F., & Huda, A. F. (2025). Estimasi Harga Opsi Saham melalui Simulasi Monte Carlo Menggunakan Model Volatilitas Stokastik Heston. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 10(01), 1-8. DOI: <https://dx.doi.org/10.25157/teorema.v10i1.16716>.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



PENDAHULUAN

Salah satu jenis investasi yang kini tengah banyak diminati masyarakat adalah investasi di pasar saham (Kurniawan, 2016). Dengan membeli saham, individu menjadi pemilik sebagian kecil dari perusahaan dan memiliki potensi untuk meraih keuntungan dari kenaikan nilai saham. Investasi ini menawarkan imbal hasil yang cukup menarik, biasanya dalam bentuk dividen yang dibayarkan oleh emiten. Bagi emiten itu sendiri, penerbitan saham menjadi cara penting untuk mengumpulkan modal awal yang diperlukan untuk menjalankan usaha, sehingga sangat strategis dalam upaya penggalangan dana.

Fenomena menarik lainnya dalam dunia investasi adalah pertumbuhan pesat transaksi kontrak opsi saham (KOS) di pasar saham Amerika Serikat. Pada tahun 2022, transaksi ini mencatat lonjakan yang luar biasa, dengan volume perdagangan mencapai 10 miliar kontrak. Data tersebut diambil dari Bloomberg News, sebuah media internasional yang berbasis di New York. Banyak investor yang kini beralih dari investasi saham tradisional ke kontrak opsi saham, mengingat biaya awal untuk berinvestasi dalam opsi ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan saham biasa.

Dalam konteks ekonomi keuangan, opsi (*option*) merujuk pada kontrak derivatif yang memberikan hak kepada pemegangnya, tanpa adanya kewajiban, untuk membeli atau menjual aset yang mendasarinya pada harga tertentu (*strike price*) dalam periode waktu yang telah ditentukan (Seto *et al.*, 2023). Di pasar saham, opsi berfungsi sebagai instrumen keuangan yang memberikan pemegangnya hak untuk melakukan transaksi beli atau jual saham pada harga tertentu dalam jangka waktu yang ditetapkan. Sebagai pemegang kontrak opsi saham, individu harus mampu memprediksi potensi keuntungan maupun kerugian yang mungkin timbul jika memilih untuk menggunakan kontrak tersebut.

Ketertarikan peneliti muncul untuk membahas lebih dalam mengenai Kontrak Opsi Saham (KOS) dan bagaimana cara memprediksi pergerakan kontrak opsi saham di pasar. Harga saham yang tinggi membuat nilai perusahaan juga tinggi dan dari nilai perusahaan yang tinggi dapat diketahui bahwa perusahaan tersebut memiliki kinerja keuangan yang baik (Brealey *et al.* dalam Robbani *et al.*, 2023). Salah satu metode yang dianggap dapat diandalkan untuk memprediksi kontrak opsi saham adalah metode simulasi Monte Carlo (Zhang, 2009). Metode ini adalah teknik komputasi yang digunakan untuk menghasilkan hasil statistik dengan cara menciptakan banyak jalur acak (simulasi) dan menghitung rata-rata dari hasil tersebut (Hutahaeen, 2018). Dalam konteks ini, metode simulasi Monte Carlo berfungsi untuk memperkirakan harga opsi dengan mensimulasikan fluktuasi harga aset dan volatilitasnya sesuai dengan model yang digunakan.

Untuk meningkatkan akurasi prediksi dalam metode simulasi Monte Carlo, diperlukan model pendukung, salah satunya adalah Model Volatilitas Stokastik Heston. Model ini diperkenalkan oleh Steven Heston pada tahun 1993 dan kemudian dikaji ulang oleh peneliti asal Thailand, Woraphon Wattanorn dan Kedwadee Sombultawee. Mereka menerapkan model ini untuk memprediksi harga saham yang memiliki fluktuasi tinggi, khususnya pada saham konvensional dari negara berkembang. Menurut penelitian mereka, model ini menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan model Black-Scholes, karena menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih rendah (Wattanatorn & Sombultawee, 2021).

METODE PENELITIAN

Metode yang dipilih oleh penulis adalah metode simulasi Monte Carlo dengan penerapan model volatilitas stokastik Heston. Model ini menggabungkan dua jenis pergerakan Brown, yaitu *Geometric Brownian Motion* (GBM) dan *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR).

1. *Geometric Brownian Motion* (GBM)

Geometric Brownian Motion (GBM) pertama kali diperkenalkan oleh ahli matematika Prancis bernama Louis Bachelier pada tahun 1900 dalam penelitiannya yang berjudul "*Theorie de la Speculation*" (Teori Spekulasi). Penelitiannya membahas tentang model matematika untuk menganalisis pergerakan harga opsi (Ningrum & Seru, 2022). Kata "*Geometric*" ini merujuk pada

distribusi atau model yang digunakan untuk menggambarkan data yang memiliki hubungan geometris tertentu. *Geometric* ini menggambarkan representasi visual/grafik harga saham yang bersifat eksponensial.

Model ini digunakan untuk mensimulasikan pergerakan harga saham berdasarkan return saham. harga aset dianggap sebagai proses stokastik yang mengikuti distribusi log-normal, artinya keuntungan yang diperoleh dapat bernilai positif atau negatif. GBM dapat didefinisikan $S_0 > 0$ dimana harga opsi lebih besar dari nol. Persamaan umum dari Geometric Brownian Motion dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$S_t = S_0 e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t} \tag{1}$$

Keterangan:

S_t = Harga saham

S_0 = Harga saham Awal

r = Suku bunga bebas risiko

σ^2 = Varians

t = Waktu

σZ_t = Peubah acak volatilitas harga saham

Pada persamaan di atas, faktor $e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t}$ mempengaruhi harga aset dengan mempertimbangkan fluktuasi acak sepanjang waktu dari tingkat pertumbuhan rata-rata dan volatilitas aset. Dari persamaan 3.1 dilakukan penurunan rumus menggunakan aturan rantai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dS_t}{dt} &= \frac{d}{dt} \left(S_0 e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t} \right) \\ \frac{dS_t}{dt} &= S_0 e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t} \cdot \frac{d}{dt} \left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma Z_t \\ \frac{dS_t}{dt} &= S_0 e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t} \cdot (r + 0) \\ dS_t &= S_0 e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t} \cdot d\left(\left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma Z_t \cdot (r + 0) \right) \end{aligned} \tag{2}$$

Dengan menggunakan hubungan antara volatilitas dan varians stokastik, hal ini akan akan mengekspresikan persamaan 3.2 dalam bentuk volatilitas $\sqrt{v_t}$. Hubungan ini adalah $v_t = \sigma^2 t$. Lalu substitusi kan σ dengan $\sqrt{v_t}$.

$$dS_t = S_0 e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t} + \sqrt{v_t} Z_t \cdot r \tag{3}$$

Sehingga didapatkan persamaan diferensial stokastik sebagai berikut:

$$dS_t = r S_t dt + \sqrt{v_t} S_t dZ_t \tag{4}$$

Dimana $v_t = \sigma^2 t$, sehingga $\sqrt{v_t} = \sigma \sqrt{t}$.

2. Cox Ingersoll Ross (CIR)

Model matriks yang umum digunakan untuk menganalisis suku bunga adalah model *Cox-Ingersoll-Ross*, yang dikembangkan pada tahun 1985. Model ini berakar dari model Vasicek, yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1977. Model Vasicek memungkinkan tingkat bunga untuk bernilai negatif dan berfluktuasi dengan volatilitas konstan. Namun, dalam praktiknya, tingkat bunga cenderung bernilai positif dan volatilitasnya meningkat seiring dengan tingginya suku bunga. Untuk mengatasi masalah ini, Cox, Ingersoll, dan Ross mengembangkan model suku bunga *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR). Model CIR mengasumsikan bahwa perubahan tingkat bunga per satuan waktu dapat dijelaskan melalui persamaan deterministik yang dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\frac{dv_t}{dt} = \kappa(\theta - v_t) \tag{5}$$

Keterangan:

- θ = Tingkat volatilitas konstan dalam jangka panjang
- κ = kecepatan proses kembalinya volatilitas menuju θ
- v_t = Volatilitas Stokastik

Dengan $\kappa > 0$, volatilitas ini biasanya terjadi akibat dari faktor luar pada tingkat bunga. Faktor luar yang dimaksud adalah gangguan acak, sehingga perubahan v_t terhadap perubahan waktu dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{dv_t}{dt} = \kappa(\theta - v_t) + \frac{dZ_t}{dt} \tag{6}$$

atau

$$dv_t = \kappa(\theta - v_t)dt + \sigma dZ_t \tag{7}$$

Pada model CIR, variansi perubahan volatilitas per satuan waktu diasumsikan bergantung pada tingkat bunga, yaitu $\sigma^2 v_t$, sehingga model CIR dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$dv_t = \kappa(\theta - v_t)dt + \sigma\sqrt{v_t}dZ_t \tag{8}$$

Dengan Z_t menyatakan gerak brown untuk $t > 0$, k, θ, σ dan v_0 adalah konstanta positif.

3. Model Volatilitas Stokastik Heston

Model matriks yang umum digunakan untuk menganalisis suku bunga adalah model *Cox-Ingersoll-Ross*, yang dikembangkan pada tahun 1985. Model ini berakar dari model Vasicek, yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1977. Model Vasicek memungkinkan tingkat bunga untuk bernilai negatif dan berfluktuasi dengan volatilitas konstan. Namun, dalam praktiknya, tingkat bunga cenderung bernilai positif dan volatilitasnya meningkat seiring dengan tingginya suku bunga. Untuk mengatasi masalah ini, Cox, Ingersoll, dan Ross mengembangkan model suku bunga *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR). Model CIR mengasumsikan bahwa perubahan tingkat bunga per satuan waktu dapat dijelaskan melalui persamaan deterministik yang dapat dinyatakan dalam bentuk:

Model ini dikhususkan untuk menentukan harga opsi tipe Eropa. Hal ini disebabkan karena Model Heston mengabaikan keputusan *optimal exercise* yang merupakan karakteristik utama dari opsi tipe Amerika. Sehingga model ini tidak cocok digunakan oleh opsi tipe Amerika. Keunggulan utama dari Model Heston adalah bahwa ia memberikan solusi analitis tertutup untuk harga opsi. Pada dasarnya formula Heston lebih rumit dan kompleks. Namun, solusi analitis yang ditemukan oleh Heston hanya berlaku untuk opsi tipe Eropa dengan menggunakan metode transformasi Laplace (El Euch & Rosenbaum, 2019).

Model Volatilitas Stokastik Heston dikatakan unik, karena ia menyatukan dua persamaan *brownian motion* yang saling berkorelasi. *Brown motion* yang berkorelasi tersebut diantaranya *Geometric Brownian Motion* (GBM) sebagai evolusi harga saham dan *Cox Ingersoll Ross* (CIR) sebagai evolusi dari Volatilitas. Maka model volatilitas stokastik

$$dS_t = rS_t dt + \sqrt{v_t}S_t dZ_{1,t} \tag{9}$$

$$dv_t = \kappa(\theta - v_t)dt + \sigma\sqrt{v_t}dZ_{2,t} \tag{10}$$

$$dZ_{1,t}, dZ_{2,t} = \rho dt \tag{11}$$

Dimana $dZ_{1,t}$ dan $dZ_{2,t}$ adalah dZ_t yang menunjukkan brown motion dan ρ merupakan korelasi antara $dZ_{1,t}$ dan $dZ_{2,t}$. Model Heston dapat digunakan untuk mengestimasi harga opsi dengan memperhitungkan fluktuasi volatilitas. Metode numerik seperti Simulasi Monte Carlo sering digunakan untuk mengimplementasikan Model Heston.

4. Implementasi Model Heston menggunakan Simulasi Monte Carlo

Metode Simulasi Monte Carlo merupakan metode komputasi statistik yang menggunakan pengulangan dan pemodelan acak untuk memperoleh perkiraan numerik dari fenomena yang kompleks. Metode ini memungkinkan pembentukan logika dan operasi matematika dalam suatu model, dan juga dapat mengimplementasikan dalam komputer untuk menjalankan simulasi. Simulasi ini cocok untuk memodelkan fenomena yang muncul secara acak salah satunya pergerakan harga saham (Harrison, 2010).

Secara matematik, simulasi ini berawal dari sekumpulan bilangan acak $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ yang berdistribusi normal dan saling bebas yang didefinisikan sebagai penjumlahan parsial. Distribusi yang saling bebas adalah pendekatan dari asumsi yang diambil berdasarkan hukum bilangan besar dan teorema limit pusat. Kemudian dicari nilai harapan dari bilangan acak S dan dirata-ratakan sesuai dengan jumlah simulasi yang diinginkan. Nilai dari rata-rata tersebut merupakan nilai harapan dan varians yang mengikutinya, sehingga diperoleh persamaan (Harrison, 2010):

$$E[S] = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M E[S_i] \quad (12)$$

Misalkan penaksir Bilangan acak yang dihasilkan pada pemrograman komputer diasumsikan memiliki nilai yang berbeda setiap waktu. Penggunaan bilangan acak yang dihasilkan tersebut memungkinkan untuk merepresentasikan varians dan ketidakpastian dalam pergerakan harga saham. Salah satu implementasi dari keterkaitan metode dengan model tersebut adalah penggunaan Metode Simulasi Monte Carlo dengan model penetapan volatilitas stokastik Heston. Metode Simulasi Monte Carlo digunakan untuk menghasilkan jalur simulasi stokastik yang menggambarkan pergerakan harga aset dan volatilitas sesuai dengan persamaan diferensial stokastik dalam Model Heston ($dZ_{1,t}, dZ_{2,t}$). Dengan menggunakan Simulasi Monte Carlo, kita dapat mengestimasi harga saham dan volatilitas secara acak dengan berbagai jalur simulasi. Sehingga pendekatan numerik yang dihasilkan oleh Simulasi Monte Carlo mendekati solusi eksak untuk masalah yang kompleks.

Pengaplikasian model volatilitas Heston untuk menentukan harga opsi saham dengan Metode Simulasi Monte Carlo memiliki perhitungan yang kompleks dan tidak mudah untuk dilakukan secara manual. Maka dari itu, diperlukan software pendukung untuk memprediksi harga opsi tersebut.

Hasil dan Pembahasan

1. Data Harga Saham

Pada Penelitian ini akan digunakan saham luar negeri yang berasal pasar global NASDAQ. Pasar global NASDAQ merupakan bursa efek terbesar di dunia yang berfokus pada perdagangan saham perusahaan teknologi yang berbasis internet. Saham tersebut ialah saham yang berasal dari Perusahaan Tesla, Inc. dengan simbol perdagangan TSLA dengan Nomor Berkas Komisi 001-34756 yang berasal dari Amerika Serikat Washington DC. Data yang digunakan adalah data harga saham harian yang diperoleh dari web <http://finance.yahoo.com>.

2. Hasil dan Analisis Percobaan dengan Berbagai Volatilitas

Dilakukan percobaan dengan berbagai volatilitas yang akan digunakan untuk membuktikan bahwa semakin besar volatilitas harga saham, maka semakin besar pula harga opsi. Dari hasil tersebut dipilih volatilitas yang cocok digunakan untuk menghitung harga teoritis dari kontrak opsi saham TSLA yang ada di pasar modal. Volatilitas yang digunakan terdiri dari besar volatilitas pada tiga bulan pertama sebelum last trade, empat bulan sebelum last trade, enam bulan pertama sebelum

last trade dan terakhir satu tahun pertama sebelum last trade. Last trade yang diambil adalah tanggal 16 Agustus 2023 dengan jatuh tempo pada tanggal 18 Agustus 2023. Tipe opsi untuk dilakukannya percobaan ini adalah tipe call option.

a. Tiga Bulan Pertama Sebelum *Last Trade*

Pada tiga bulan pertama sebelum *last trade*, dilakukan pada tanggal 16 Juni 2023 sampai 15 Agustus 2023. Jumlah data yang diambil sebanyak 63 data. Data harga saham yang diambil merupakan data penutupan harga saham pada hari tersebut (*Close*). Data yang diambil sebanyak 63 data. Dilakukan perhitungan volatilitas harga saham dan parameter lainnya dengan menggunakan software python, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter model heston pada tiga bulan sebelum *last trade*

Tipe Kontrak	S0	K	κ	ρ	θ	σ	V0	T	M	N
Call option	225.6	50	1	0	0.37	0.47	0.0008	63/252	1000	2

Tabel 1 menunjukkan parameter Model Heston yang didapatkan dari tiga bulan pertama sebelum last trade. Dari parameter-parameter tersebut maka didapatkan hasil call option sebesar 175.39 USD.

b. Empat Bulan Pertama Sebelum *Last Trade*

Percobaan kali ini diambil data pada tanggal 17 April 2023 sampai pada tanggal 15 Agustus 2023. Terdapat 83 data dari harga penutupan saham (*Close*) selama empat bulan pertama sebelum *last trade* opsi saham pada tanggal 16 Agustus 2023. Data tersebut memperlihatkan data terendah sebesar 153.75 USD pada tanggal 26 April 2023. Selanjutnya perhitungan volatilitas harga saham dan parameter lainnya yang dihitung menggunakan software python dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter model heston pada empat bulan sebelum *last trade*

Tipe Kontrak	S0	K	κ	ρ	θ	σ	V0	T	M	N
Call option	225.6	50	1	0	0.35	0.48	0.0009	84/252	1000	2

Tabel 2 menunjukkan parameter Model Heston yang didapatkan dari empat bulan pertama sebelum *Last Trade*. Dari parameter-parameter tersebut, maka didapatkan hasil *call option* sebesar 176.11 USD. Hasil ini tidak menunjukkan perubahan yang begitu signifikan dari hasil sebelumnya pada tiga bulan pertama. Namun nilai ini lebih besar dibandingkan hasil sebelumnya karena volatilitas yang didapatkan lebih besar.

c. Enam Bulan Pertama Sebelum *Last Trade*

Selanjutnya pada enam bulan pertama sebelum penerbitan harga opsi diambil data sebanyak 146 data dari tanggal 17 Januari 2023 sampai dengan tanggal 15 Agustus 2023. Selanjutnya perhitungan volatilitas harga saham dan parameter lainnya yang dihitung menggunakan software python dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Parameter model heston pada enam bulan sebelum *last trade*

Tipe Kontrak	S0	K	κ	ρ	θ	σ	V0	T	M	N
Call option	225.6	50	1	0	0.32	0.54	0.0011	146/365	1000	2

Tabel 3 menunjukan parameter Model Heston yang didapatkan selama enam bulan pertama sebelum *last trade*. Dari parameter-parameter tersebut, maka didapatkan hasil *call option* sebesar 180.46 USD. Hasil ini menunjukkan nilai yang lebih besar dari tiga dan empat bulan pertama karena volatilitas yang lebih besar.

d. Satu Tahun Sebelum *Last Trade*

Percobaan selanjutnya diambil hasil volatilitas dari satu tahun sebelum last trade. Data tersebut diambil sejak tanggal 16 Agustus 2022 sampai dengan 15 Agustus 2023. Jumlah data tersebut sebanyak 252 data atau setara satu tahun untuk tanggal jatuh temponya. Selanjutnya perhitungan volatilitas harga saham dan parameter lainnya yang dihitung menggunakan software python dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Parameter model heston pada satu tahun sebelum *last trade*

Tipe Kontrak	S0	K	κ	ρ	θ	σ	V0	T	M	N
Call option	225.6	50	1	0	0.26	0.6	0.0014	1	1000	2

Tabel 4 menunjukkan parameter Model Heston yang didapatkan Satu Tahun pertama sebelum *last trade*. Dari parameter-parameter tersebut, maka didapatkan hasil *call option* sebesar 181.66 USD. Hasil ini menunjukkan hasil yang hampir mendekati harga opsi yang dicantumkan.

Hasil dari keempat percobaan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar volatilitas yang diperoleh, maka semakin besar harga opsi saham yang diperoleh. Dapat dilihat dari hasil diperoleh untuk periode tiga bulan pertama memiliki hasil yang lebih kecil karena volatilitasnya yang lebih kecil. Begitupun sebaliknya untuk volatilitas pada satu tahun lamanya, hasil tersebut menjadi hasil terbesar dan paling mendekati harga pasar karena volatilitasnya yang lebih besar.

Pertimbangan yang dapat dilakukan dari hasil percobaan diatas ialah perlu pertimbangan ulang untuk membeli kontrak tersebut. Hal ini disebabkan karena hasil harga opsi yang dihitung menggunakan Model Volatilitas Stokastik Heston secara teoritis lebih kecil dari harga di pasar. Harga yang dilabeli pasar modal untuk kontrak tersebut sebesar 182.10 USD. Harga ini digambarkan cukup mahal menurut perhitungan Model Heston.

Pada kasus percobaan di atas, dapat dianalisis bahwa perhitungan volatilitas yang lebih cocok digunakan pada saham TSLA untuk Model Volatilitas Stokastik Heston adalah perhitungan volatilitas selama satu tahun sebelum penerbitan. Hal ini disebabkan karena hasilnya yang lebih mendekati harga yang ada di pasar modal.

3. Analisis Strategi Penjualan Kontrak *Call Option*

Pada percobaan sebelumnya telah dibuktikan bahwa untuk pengambilan volatilitas yang cocok untuk model volatilitas stokastik Heston adalah periode satu tahun sebelum tanggal penerbitan. Volatilitas tersebut menjadi gambaran untuk menganalisis harga kontrak *call option* tersebut saat jatuh tempo.

Berikut akan diambil data harga kontrak opsi saham Perusahaan Tesla, Inc. (TSLA) untuk menentukan harga teoritisnya menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo menggunakan Model Volatilitas Stokastik Heston:

Tabel 5. Harga teoritis call option saham perusahaan Tesla, Inc. (TSLA)

Contra Name	Last Trade	Strike	Last Price	Theoretical Price	Decision
TSLA230818C00015000	15/8/2023	15	217.15	217.61	Beli
TSLA230818C00025000	21/7/2023	25	235	236.21	Beli
TSLA230818C00030000	4/8/2023	30	223.61	222.07	Pertimbangkan
TSLA230818C00040000	9/6/2023	40	203.8	203.14	Pertimbangkan
TSLA230818C00080000	11/8/2023	80	163.55	164.46	Beli

Pada tabel 5 menunjukkan lima kontrak yang memiliki jatuh tempo pada tanggal 18 Agustus 2023 dengan berbagai *strike price*. Adapun opsi yang direkomendasikan yaitu opsi dengan strike price 15 USD, 25 USD dan 80 USD. Hal ini disebabkan karena harga opsi (*last price*) lebih kecil dibandingkan dengan harga teoritisnya. Sebaliknya untuk harga opsi dengan *strike price* 30 USD dan 40 USD lebih baik dipertimbangkan lebih dahulu sebelum memutuskan untuk membeli.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dari beberapa percobaan mengenai volatilitas yang dilakukan selama tiga bulan, empat bulan, enam bulan, dan satu tahun sebelum transaksi terakhir saham TSLA tipe *call option*, ditemukan bahwa semakin tinggi volatilitas, semakin tinggi pula harga opsi saham. Percobaan yang menggunakan data satu tahun sebelum transaksi terakhir menunjukkan harga yang lebih tinggi dan lebih mendekati harga opsi yang berlaku di pasar. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan untuk menentukan harga teoritis berdasarkan volatilitas yang telah dianalisis. Hasilnya, saham dengan *strike price* 15 USD, 25 USD, dan 80 USD dianggap layak untuk dibeli, karena harga opsi (*last price*) di pasar saham lebih rendah dibandingkan dengan harga teoritisnya. Sebaliknya, untuk saham dengan *strike price* 30 USD dan 40 USD, harga opsi di pasar lebih tinggi daripada harga teoritis, yang menunjukkan bahwa opsi tersebut tidak layak untuk dibeli.

REKOMENDASI

Saham dengan *strike price* 15 USD, 25 USD, dan 80 USD direkomendasikan untuk dibeli, karena harga opsi (*last price*) di pasar saham lebih rendah dibandingkan dengan harga teoritisnya. Sebaliknya, untuk saham dengan *strike price* 30 USD dan 40 USD, harga opsi di pasar lebih tinggi daripada harga teoritis, sehingga tidak direkomendasikan untuk dibeli.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang mana telah membantu dalam kegiatan penelitian yang penulis lakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- El Euch, O., & Rosenbaum, M. (2019). The characteristic function of rough Heston models. *Mathematical Finance*, 29(1), 3–38.
- Harrison, R. L. (2010). Introduction to monte carlo simulation. *AIP Conference Proceedings*, 1204(1), 17–21.
- Hutahaean, H. D. (2018). Analisa simulasi monte carlo untuk memprediksi tingkat kehadiran mahasiswa dalam perkuliahan (studi kasus: STMIK pelita nusantara). *Journal Of Informatic Pelita Nusantara*, 3(1), 41–45.
- Kurniawan, C. (2016). Pengaruh Investasi Terhadap Perekonomian Indonesia. *Jurnal Media Wahana Ekonomika*, 12(4).
- Ningrum, A. R., & Seru, F. (2022). Penerapan Gerak Brown Geometrik Untuk Memprediksi Harga Saham PT. Astra International Tbk. Pada Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 6(2), 93–104.
- Robbani, A. L., Hasbullah, E. S., & Subartini, B. (2023). Analisis pengaruh kinerja keuangan terhadap nilai perusahaan sektor industri barang konsumsi yang terdaftar di bursa efek Indonesia. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 8(1), 71-80. <http://dx.doi.org/10.25157/teorema.v8i1.8121>
- Seto, A. A., Fauzan, R., Santoso, A., Dewi, I. D. P., Rahmah, W., Yahya, D. R., Dewi, C. K., Dasman, S., Jumiati, E., & Haryadi, R. M. (2023). *Teori Portofolio & Analisis Investasi*. Global Eksekutif Teknologi.
- WATTANATORN, W., & SOMBULTAWEE, K. (2021). The stochastic volatility option pricing model: Evidence from a highly volatile market. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(2), 685–695.
- Zhang, H. (2009). *Pricing Asian Options using Monte Carlo Methods*.