



Perbandingan Harga Opsi Saham Tipe Eropa Menggunakan Model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional

Rahmanita Febrianti Rusmaningtyas*, Neva Satyahadewi, dan Setyo Wira Rizki

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura, Indonesia

*Correspondence: E-mail: rahmanitafebri@student.ac.id

ABSTRAK

Salah satu instrumen dalam berinvestasi adalah saham. Saham memiliki instrumen derivatif berupa opsi saham. Opsi saham adalah suatu pemberian kontrak antara dua pihak berupa hak untuk menjual dan membeli suatu saham dengan harga dan waktu tertentu. Harga opsi tipe Eropa dapat ditentukan dengan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional dengan waktu jatuh tempo yang difraksional menggunakan parameter Hurst. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan harga opsi beli dan opsi jual dengan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional. Data yang digunakan adalah harga penutupan saham Apple Inc periode 1 Oktober 2020 sampai 30 September 2021. Jika harga opsi pasar lebih besar daripada harga opsi teoritis menggunakan model Black Scholes atau Black Scholes Fraksional maka opsi direkomendasikan untuk dijual dan jika harga opsi pasar lebih kecil maka opsi direkomendasikan untuk dibeli. Berdasarkan nilai MAPE terkecil model terbaik untuk opsi beli saham adalah Black Scholes Fraksional dengan Parameter Hurst 0,4 dengan MAPE sebesar 0,383% yang dan untuk opsi jual saham adalah Model Black Scholes Fraksional dengan parameter Hurst 0,9 dengan MAPE sebesar 16,055%.

© 2021 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

ABSTRACT

One of the investment is stocks. Stocks have derivative instrument in the form of stock options. Stocks option is a contract between two parties in the form of the right to sell and buy a stocks at a certain price and time. The method used in this study is the fractional Black Scholes and Black Scholes method with time of maturity fractioned by the Hurst parameter. The purpose od this study is to compare the prices of call and put options using the Black Scholes and Fractional Black Scholes. The data using close price of Apple Inc shares within period between October 1st 2020 until September 30th 2021. If the market option price is greater than the theoretical price using the Black Scholes or Fractional Black Scholes model, then the option is recommended to be sold and if the market option price is lower, the option is recommended to be purchased. Based on the smallest MAPE, the best model for call options is Fractional Black Scholes with Hurst Parameter 0,4 with 0,383% which means it is very accurate and the best model for put options is the Fractional Black Scholes Model with Hurst parameter 0,9 with 16,055% which means accurate.

© 2021 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima 9 Agustus 2021

Direvisi 1 September 2021

Disetujui 13 Oktober 2021

Tersedia online 1 November 2021

Dipublikasikan 1 Desember 2021

Kata Kunci:

Black Scholes Fraksional,

Opsi Saham,

Parameter Hurst.

Keywords:

Black Scholes Fractional,

Stock Option,

Hurst Parameter.

1. PENDAHULUAN

Investasi adalah penempatan sejumlah dana pada saat ini dengan tujuan akan memperoleh keuntungan di masa yang akan datang. Salah satu alternatif instrumen dalam berinvestasi adalah saham. Kegiatan jual beli saham dilakukan untuk mendapatkan keuntungan dan risiko. Untuk meminimalkan resiko, investor dapat melakukan transaksi jual beli instrumen derivatif yaitu opsi saham (Utomo, 2000).

Opsi saham merupakan kontrak berupa hak untuk menjual dan membeli saham dengan harga dan waktu tertentu. Berdasarkan hak yang diberikan opsi dibedakan menjadi dua, yakni opsi beli dan opsi jual. Berdasarkan waktu pelaksanaannya, opsi dibedakan menjadi empat, yakni opsi tipe Eropa, tipe Amerika, tipe Bermuda dan tipe Bersyarat (Gultom et al, 2015). Harga opsi saham tipe Eropa dapat ditentukan dengan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional menggunakan parameter *Hurst*.

Penentuan harga opsi saham menggunakan model Black Scholes dengan asumsi return saham berdistribusi normal. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan model Black Scholes adalah harga saham mula-mula, harga kesepakatan, tingkat suku bunga bebas risiko, waktu jatuh tempo dan volatilitas harga saham. Model Black Scholes dapat dikembangkan menjadi model Black Scholes Fraksional dengan menggunakan parameter *Hurst* (Sabrina et al., 2020). Penurunan model Black Scholes Fraksional dengan waktu jatuh tempo yang difraksionalkan menggunakan parameter *Hurst* mengikuti Gerak Brown Fraksional (Guo et al., 2021). Parameter *Hurst* digunakan karena parameter tersebut dapat digunakan pada data yang memiliki ketergantungan jangka panjang sehingga cocok digunakan dalam interpretasi data keuangan (Flint & Maré, 2017).

Penelitian mengenai penerapan opsi saham tipe Eropa dengan model Black Scholes pernah dilakukan oleh Mooy et al. (2017) yang menyimpulkan bahwa kontrak opsi *call* merupakan opsi yang direkomendasikan untuk dibeli karena memiliki harga opsi yang lebih kecil daripada harga teoritisnya. Sabrina et al. (2020) melakukan penelitian tentang penentuan harga opsi tipe Eropa dengan model Fraksional Black Scholes. Berdasarkan hasil penelitian dengan parameter *H* yang berbeda-beda didapatkan semakin tinggi harga pelaksanaan maka semakin rendah opsi *call*, begitu juga sebaliknya. Penelitian ini menggunakan data harga saham penutupan Apple Inc periode 1 Oktober 2020 hingga 30 September 2021, yang tersedia di web <http://finance.yahoo.com/>. Penentuan harga opsi saham dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu menghitung nilai *return* saham, menghitung volatilitas, menentukan parameter-parameter yang digunakan, menghitung nilai opsi jual dan opsi beli pada masing-masing model, menghitung nilai *MAPE*, dan melakukan perbandingan antara kedua model tersebut.

2. METODE

2.1 Opsi Saham

Opsi adalah suatu hak dan perjanjian antara kedua belah pihak untuk membeli atau menjual saham pada harga dan waktu yang telah ditetapkan. Berdasarkan haknya opsi dapat dikelompokkan menjadi opsi beli dan opsi jual. Opsi beli adalah opsi yang memberikan hak untuk membeli saham kepada pemegangnya dalam jumlah dan waktu yang sudah ditentukan. Apabila harga saham naik, investor yang membeli opsi beli akan meraih keuntungan karena investor akan melakukan perkiraan terhadap kenaikan saham tanpa harus mempunyai saham tersebut. Tandellin dalam Nurlaeli & Artati (2020) menyatakan bahwa nilai opsi beli saham dapat dinyatakan dengan Persamaan (1).

$$C = \max (S(T) - K, 0) \quad (1)$$

dengan $S(T)$ adalah harga saham pada waktu jatuh tempo, K adalah harga kesepakatan dan C adalah harga opsi beli saham tipe Eropa. Opsi Jual adalah opsi yang memberikan hak untuk menjual saham kepada pemegangnya dalam jumlah dan waktu yang telah ditentukan. Pemegang opsi jual akan berharap harga pasar saham ketika jatuh tempo berada di bawah harga yang telah disepakati agar pemilik opsi jual dapat menjual saham kepada penjual opsi jual dengan harga yang lebih tinggi. Nilai opsi jual saham dapat dinyatakan dengan Persamaan (2).

$$P = \max (K - S(T), 0). \quad (2)$$

2.2 Gerak Brown Fraksional

Gerak Brown Fraksional merupakan salah satu pengembangan model dari gerak Brown dengan menggunakan parameter *Hurst* yang cocok digunakan untuk data keuangan, dalam hal ini adalah saham, sebab data keuangan merupakan data deret waktu. Gerak Brown Fraksional diperkenalkan oleh Mandelbrot dan Vannes dengan nama gerak Brown Fraksional. Gerak Brown Fraksional dengan parameter *Hurst* $H \in (0,1)$ adalah suatu proses gaussian yang memenuhi (Murwaningtyas et al., 2018): $B^{(H)}(0) = 0$, $E[B^{(H)}(t)] = 0$ untuk semua $t \geq 0$, $var[B^{(H)}(t)] = t^{2H}$, jika $H = \frac{1}{2}$, maka $B^{(H)}(t)$ ekuivalen dengan gerak brown.

2.3 Return

Return merupakan tingkat pengembalian atas investasi yang dilakukan (Setiyono & Amanah, 2016). Return juga merupakan salah satu faktor yang memotivasi investor untuk berinvestasi. Return dapat bernilai positif maupun negatif. Ruppert dalam bukunya *Statistics and Data Analysis for Financial Engineering* tahun 2011 menyatakan bahwa return saham dapat dihitung berdasarkan Persamaan (3), yaitu:

$$R_t = \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right) \quad (3)$$

dengan R_t adalah *return* saham pada waktu ke t , S_t adalah harga saham ke- t dan S_{t-1} adalah harga saham ke $t-1$.

2.4 Volatilitas

Volatilitas merupakan besar perubahan harga dari sebuah saham. Hull dalam bukunya yang berjudul *Options, Futures, and Other Derivatives* tahun 2001 menyatakan bahwa volatilitas tahunan harga saham dapat dihitung dengan Persamaan (4) berikut:

$$\sigma = \sqrt{\text{jumlah hari perdagangan} \times \left(\frac{\sum_{t=1}^n (R_t - \bar{R}_t)^2}{n-1} \right)} \quad (4)$$

2.5 Black Scholes

Model penetapan harga opsi tipe Eropa yang dirumuskan oleh Fischer Black dan Myron Scholes tahun 1973 mengikuti beberapa asumsi, yaitu harga saham yang mengikuti sifat distribusi normal, tidak ada pembayaran dividen selama opsi berlaku, tidak ada biaya transaksi, suku bunga bebas risiko, serta harga saham mengikuti pola acak. Model Black Scholes untuk opsi beli dan opsi jual tipe Eropa dapat dinyatakan dalam Persamaan (5)-(6) (Widyawati & Sulistianingsih, 2013).

$$C_{BS} = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2) \quad (5)$$

$$P_{BS} = Ke^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1), \quad (6)$$

dengan C_{BS} adalah opsi beli model Black Scholes dan P_{BS} adalah opsi jual model Black Scholes. S_0 adalah harga saham awal, K adalah harga kesepakatan, r adalah suku bunga bebas risiko, T adalah waktu jatuh tempo, $N(d_1)$ adalah fungsi kumulatif normal dari d_1 , $N(d_2)$ adalah fungsi kumulatif normal dari d_2 , $N(-d_1)$ fungsi distribusi kumulatif normal dari $-d_1$ dan $N(-d_2)$ fungsi distribusi kumulatif normal dari $-d_2$ dengan:

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

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

dimana σ menyatakan volatilitas harga saham tahunan.

2.6 Black Scholes Fraksional

Model Black Scholes dengan menggunakan parameter *Hurst* dan mengikuti gerak Brown Fraksional dinamakan model Black Scholes Fraksional. Parameter *Hurst* digunakan untuk model yang memiliki memori jangka panjang terutama dalam interpretasi data keuangan. Model Black Scholes Fraksional untuk opsi beli dan opsi jual tipe Eropa dinyatakan pada Persamaan (7)-(8) (Sabrina et al., 2001):

$$C_F = S_0N(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2) \quad (7)$$

$$P_F = Ke^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1) \quad (8)$$

dengan C_F adalah opsi beli model black scholes fraksional dan P_F adalah opsi jual model black scholes fraksional. Notasi S_0 adalah harga saham awal, K adalah harga kesepakatan, r adalah suku bunga bebas risiko, T adalah waktu jatuh tempo, $N(d_1)$ adalah fungsi kumulatif normal dari d_1 , $N(d_2)$ adalah fungsi kumulatif normal dari d_2 , $N(-d_1)$ fungsi distribusi kumulatif normal dari $-d_1$ dan $N(-d_2)$ fungsi distribusi kumulatif normal dari $-d_2$, dengan (Sabrina, 2001):

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S_0}{K} + r(T^{2H}) + \frac{\sigma^2}{2}T^{2H}}{\sigma\sqrt{T^{2H}}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\frac{S_0}{K} + r(T^{2H}) - \frac{\sigma^2}{2}T^{2H}}{\sigma\sqrt{T^{2H}}}$$

dengan H menyatakan parameter *Hurst* yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan adalah data sekunder yaitu harga penutupan saham harian Apple Inc yang diperoleh melalui website www.yahoofinance.com dan diakses pada tanggal 5 Oktober 2021. Data yang digunakan sebanyak 252 data dengan periode 1 Oktober 2020 hingga 30 September 2021. Perhitungan *return* saham harian Apple Inc adalah sebagai berikut:

$$R_1 = \frac{\ln(S_2)}{\ln(S_1)} = \frac{\ln(113,02)}{\ln(116,79)} = -0,034.$$

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan *return* data saham ke-1 adalah -0,034 hingga *return* 252 adalah -0,010. Sehingga total *return* berjumlah 251. Selanjutnya dilakukan uji normalitas pada data *return* menggunakan uji kolmogorov-smirnov dengan kriteria H_0 ditolak jika $Asym.sig < \alpha$ dengan α sebesar 5%.

Tabel 1. Return Saham

No	Return Saham
1	-0,034
2	0,030
..	..
251	-0.010

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa data *return* sebanyak 251 data dengan nilai *Asymp.Sig* sebesar 0,358 > 0,05 sehingga data *return* saham berdistribusi normal. Selanjutnya penentuan parameter untuk menghitung nilai opsi, yaitu harga saham awal (S_0) adalah \$116,79. Kemudian harga kesepakatan (K) sebesar \$125, \$135, \$145, \$155, \$165 dan \$175, waktu jatuh tempo (T) dari tanggal 2 Oktober 2021 hingga 5 November 2021 (35 hari), menentukan tingkat suku bunga bebas risiko (r) sebesar 0,25% dan parameter *hurst* (H) adalah $\frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{3}{10}, \frac{4}{10}, \frac{6}{10}, \frac{7}{10}, \frac{8}{10}, \frac{9}{10}$. Faktor yang mempengaruhi dalam perhitungan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional adalah volatilitas. Volatilitas dihitung dengan Persamaan (7). Didapatkan nilai volatilitas *return* saham tahunan selama periode 1 Oktober 2020 sampai 30 September 2021 sebesar 0,2795.

Tabel 2. Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov

Karakteristik	Nilai
N	251
Asymp.Sig	0,358

Nilai volatilitas tahunan saham Apple Inc adalah 0,2975. Selanjutnya dilakukan perhitungan harga opsi beli menggunakan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional. Apabila kontrak opsi pasar lebih besar daripada harga teoritis menggunakan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional maka opsi direkomendasikan untuk dijual. Apabila kontrak opsi lebih kecil daripada harga teoritis menggunakan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional maka opsi direkomendasikan untuk dibeli. Nilai Opsi beli saham dengan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional menggunakan parameter *hurst* 0,1 dan 0,9 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Opsi Beli Saham

K	Opsi Pasar	Opsi Beli BS	Keputusan	Opsi Beli BSF $\frac{1}{10}$	Keputusan	Opsi Beli BSF $\frac{9}{10}$	Keputusan
125	24,3	1,298	Jual	7,044	Jual	0,705	Jual
135	13,78	0,213	Jual	4,268	Jual	0,054	Jual
145	5	0,023	Jual	2,492	Jual	0,002	Jual
155	0,74	0,002	Jual	1,410	Beli	0	Jual
165	0,10	0,000	Jual	0,777	Beli	0	Jual
175	0,03	0,000	Jual	0,418	Beli	0	Jual

Berdasarkan Tabel 3, dengan menggunakan parameter $hurst \frac{1}{10}$ dan $\frac{9}{10}$ sebagai salah satu contoh parameter yang digunakan untuk nilai opsi beli, kontrak opsi dengan harga opsi pasar yaitu \$24,3, \$13,78, \$5, \$0,74, \$0,1, \$0,03 memiliki harga opsi pasar yang lebih besar daripada harga teoritis dengan menggunakan model Black Scholes, sehingga investor direkomendasikan untuk menjual opsi saham. Pada model Black Scholes Fraksional dengan parameter $Hurst$ sebesar $\frac{1}{10}$, kontrak opsi beli dengan opsi pasar adalah \$24,3, \$13,78 dan \$5. Investor direkomendasikan untuk menjual opsi saham karena memiliki harga opsi yang lebih besar daripada harga teoritis dengan menggunakan model Black Scholes Fraksional. Sedangkan untuk kontrak opsi beli dengan opsi pasar \$0,74, \$0,1, \$0,03, investor direkomendasikan untuk membeli opsi saham. Kemudian pada model Black Scholes Fraksional dengan parameter $Hurst$ sebesar $\frac{9}{10}$, kontrak opsi beli dengan opsi pasar adalah \$24,3, \$13,78, \$5, \$0,74; \$0,1 dan \$0,03. Investor direkomendasikan untuk menjual opsi saham karena memiliki harga opsi yang lebih besar daripada harga teoritis. Apabila dilihat dari harga kesepakatan, semakin besar harga kesepakatan maka harga opsi beli semakin kecil. Untuk parameter $hurst$ yang digunakan semakin besar nilai parameter $hurst$ maka harga opsi beli semakin kecil.

Selanjutnya dilakukan perhitungan harga opsi jual menggunakan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional. Nilai Opsi jual saham dengan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional menggunakan parameter $hurst \frac{1}{10}$ dan $\frac{9}{10}$ dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Opsi Jual Saham

K	Opsi Pasar	Opsi Beli BS	Kepu-tusan	Opsi Beli BSF $\frac{1}{10}$	Kepu-tusan	Opsi Beli BSF $\frac{9}{10}$	Kepu-tusan
125	0,06	9,478	Beli	15,224	Beli	8,215	Beli
135	0,22	18,391	Beli	22,446	Beli	18,179	Beli
145	1,52	28,198	Beli	30,667	Beli	28,175	Beli
155	7,35	38,174	Beli	39,583	Beli	38,173	Beli
165	16,94	48,170	Beli	48,943	Beli	48,170	Beli
175	34,7	58,168	Beli	58,586	Beli	58,168	Beli

Berdasarkan Tabel 4, untuk nilai opsi jual, kontrak opsi beli dengan opsi pasar adalah \$24,3, \$13,78, \$5, \$0,74, \$0,1 dan \$0,03 memiliki harga opsi pasar yang lebih kecil daripada harga teoritis dengan menggunakan model Black Scholes sehingga investor direkomendasikan untuk membeli opsi saham. Pada model Black Scholes Fraksional dengan parameter $Hurst$ sebesar $\frac{1}{10}$ dan $\frac{9}{10}$, kontrak opsi jual dengan opsi pasar yaitu \$24,3, \$13,78, \$5, \$0,74; \$0,1 dan \$0,03. Investor disarankan untuk membeli opsi saham. Apabila dilihat dari harga kesepakatan, semakin besar harga kesepakatan maka harga opsi jual semakin besar. Untuk parameter $hurst$ yang digunakan semakin besar nilai parameter $hurst$ maka harga opsi jual semakin kecil.

Pemilihan model terbaik antara model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional untuk harga Opsi Beli dilakukan dengan pemilihan *error* terkecil menggunakan nilai *MAPE*. Berikut adalah nilai *MAPE* opsi beli pada model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional dengan nilai parameter $Hurst$, $H = \frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{3}{10}, \frac{4}{10}, \frac{6}{10}, \frac{7}{10}, \frac{8}{10}, \frac{9}{10}$ yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai *MAPE* Opsi Beli

Model	BS	BSF (0,1)	BSF (0,2)	BSF (0,3)	BSF (0,4)	BSF (0,6)	BSF (0,7)	BSF (0,8)	BSF (0,9)
MAPE (%)	0,393	1,495	0,386	2,221	0,383	0,396	0,397	0,398	0,398

Berdasarkan Tabel 5, perbandingan harga opsi beli dengan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional didapatkan nilai *MAPE* untuk opsi beli terkecil berada pada model Black Scholes Fraksional dengan parameter *hurst* $H = \frac{4}{10}$ dengan nilai *MAPE* sebesar 0,383. Perbandingan harga opsi jual dapat dilihat pada Tabel 6 dengan melihat nilai *MAPE*, berikut adalah nilai *MAPE* untuk harga opsi jual dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai *MAPE* Opsi Jual

Model	BS	BSF (0,1)	BSF (0,2)	BSF (0,3)	BSF (0,4)	BSF (0,6)	BSF (0,7)	BSF (0,8)	BSF (0,9)
MAPE (%)	17,518	25,225	22,316	20,154	18,596	16,813	16,386	16,157	16,055

Berdasarkan Tabel 6, perbandingan harga opsi jual dengan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional didapatkan nilai *MAPE* untuk opsi jual terkecil berada pada model Black Scholes Fraksional dengan parameter *hurst* $H = \frac{9}{10}$ dengan nilai *MAPE* sebesar 16,055.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan perbandingan harga harga opsi saham tipe Eropa dengan model Black Scholes dan Black Scholes Fraksional dapat disimpulkan bahwa pada harga kesepakatan \$125 untuk model Black Scholes didapatkan nilai opsi beli sebesar \$1,298 dan opsi jual sebesar \$1,934. Pada harga kesepakatan \$125 dan $h = 0,1$ untuk model Black Scholes Fraksional didapatkan nilai opsi beli sebesar \$7,044 dan opsi jual sebesar \$15,224.

Pada opsi beli saham diperoleh nilai *MAPE* terkecil adalah pada model Black Scholes Fraksional dengan parameter *Hurst* $\frac{4}{10}$, sehingga model Black Scholes Fraksional dengan parameter *Hurst* $\frac{4}{10}$ adalah model terbaik untuk opsi beli saham tipe eropa. Pada opsi jual saham diperoleh nilai *MAPE* terkecil adalah pada Model Black Scholes Fraksional dengan parameter *Hurst* $\frac{9}{10}$ sehingga model tersebut adalah model terbaik untuk opsi jual saham tipe Eropa.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Flint, E., & Maré, E. (2017). Fractional Black–Scholes option pricing, volatility calibration and implied hurst exponents in South African context. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 20(1), 1-11.
- Gultom, H. M., Palupi, I., & Umbara, R. F. (2015). Penentuan harga opsi Amerika melalui modifikasi model Black-Scholes. *eProceedings of Engineering*, 2(3), 1-9.

- Guo, C., Fang, S., & He, Y. (2021). Derivation of fractional Black-Scholes equations driven by fractional G-Brownian motion and their application in European option pricing. *International Journal of Mathematical and Computational Science*, 15(3), 24-30.
- Mooy, M.N., Rusiyono, A., & Rahmawati, R. (2017). Penentuan harga opsi put dan call tipe Eropa pada saham menggunakan model Black Scholes. *Jurnal Gaussian*, 6(3), 407-417.
- Murwaningtyas, C. E., Kartiko, S. H., & Suryawan, H. P. (2018). European option pricing by using a mixed fractional Brownian motion. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097(1), 012081.
- Nurlaeli, S., & Artati, D. (2020). Analisis kinerja portofolio saham dengan metode Sharpe, Treynor, dan Jensen. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 2(6), 972-990.
- Sabrina, F., Devianto, D., & Yanuar, F. (2020). Penentuan harga opsi tipe Eropa dengan menggunakan model Black Scholes fraksional. *Jurnal Matematika UNAND*, 9(2), 154-161.
- Setiyono, E., & Amanah, L. (2016). Pengaruh kinerja keuangan dan ukuran perusahaan terhadap return saham. *Jurnal Ilmu & Riset Akuntansi*, 5(5), 1-17.
- Utomo, L. L. (2000). Instrumen derivatif: pengenalan dalam strategi manajemen risiko perusahaan. *Jurnal Akuntansi dan Keuangan*, 2(1), 53-68.
- Widyawati, N. S., & Sulistianingsih, E. (2013). Penggunaan model Black-Scholes untuk penentuan harga opsi jual tipe Eropa. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 2(1), 13-20.