

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN JUDUL.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT.....	Error! Bookmark not defined.
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	Error! Bookmark not defined.
2.1 Saham	Error! Bookmark not defined.
2.2 Opsi	Error! Bookmark not defined.

2.3.1 Pengertian Opsi.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Jenis-jenis Opsi.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Keuntungan Opsi	Error! Bookmark not defined.
2.3.4 Faktor-faktor Penentu Harga Opsi	Error! Bookmark not defined.
2.3 Model Trinomial.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Maximum Likelihood Estimation	Error! Bookmark not defined.
2.5.1 Pengertian MLE.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.2 Volatilitas dengan Metode MLE	Error! Bookmark not defined.
2.5 Teori Probabilitas Risiko-Netral.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III PEMBAHASAN	34
3.1 Data Harga Saham.....	34
3.2 Pengolahan Data.....	41
3.2.1 Uji Normalitas.....	41
3.2.2 <i>Return</i> Harga Saham.....	41
3.2.3 Variansi <i>Return</i>	41
3.3 Menghitung Volatilitas Return Harga Saham	43
3.4 Parameter yang Digunakan	44
3.5 Menghitung Nilai Opsi.....	47
3.6 Pembahasan	57
BAB IV KESIMPULAN.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Investasi dalam dunia ekonomi merujuk pada aktivitas penempatan dana dengan harapan memperoleh keuntungan yang optimal dengan pengeluaran yang efisien. Dalam proses pengambilan keputusan investasi, para investor menyadari bahwa risiko dan imbal hasil memiliki hubungan yang sebanding. Risiko memang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, tetapi dapat dikurangi dan dikelola dengan strategi manajemen risiko yang tepat. Untuk mengoptimalkan keuntungan dan memitigasi risiko, investor memiliki berbagai alternatif produk derivatif. Derivatif merupakan instrumen keuangan yang nilainya tergantung pada kinerja aset dasarnya, seperti saham, obligasi, mata uang, komoditas, maupun indeks. Salah satu jenis derivatif yang banyak digunakan adalah opsi. Opsi tidak memberikan kewajiban, melainkan hak kepada para pemegang agar dapat menjual atau membeli aset dasar pada suatu harga tertentu sebelum atau saat jatuh tempo. Keunggulannya adalah kerugian maksimal bagi pembeli opsi hanyalah sebesar premi yang dibayarkan, sementara potensi keunggulannya dapat sangat besar [1].

Tantangan utama dalam transaksi menggunakan opsi salah satunya adalah memperkirakan harga realistis yang harus ditanggung pembeli ke penjual. Harga saham sebagai aset dasar opsi memiliki sifat yang dinamis, bisa naik, turun, atau tetap [2]. Oleh karena itu, diperlukan model penilaian opsi yang mampu memprediksi dinamisnya pergerakan harga saham tersebut dengan lebih baik. Salah satu model yang digunakan adalah model Trinomial. Model ini dikembangkan sebagai perluasan dari model binomial dan menawarkan tiga kemungkinan arah pergerakan harga dalam satu periode, yaitu naik, turun, atau tetap, sehingga menghasilkan perhitungan yang lebih fleksibel dan akurat. Investor perlu memperhatikan volatilitas harga saham untuk mendukung akurasi penentuan harga opsi. Volatilitas menggambarkan tingkat risiko atau ketidakpastian yang memiliki

keterkaitan dengan perubahan dari harga aset dasar [3]. Volatilitas yang tinggi menunjukkan ketidakpastian yang besar terhadap return yang akan diperoleh dan menunjukkan adanya ketidakwajaran dalam pola permintaan dan penawaran. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung estimasi volatilitas adalah metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). MLE adalah metode statistik yang efisien dalam mengestimasi parameter model dengan cara memaksimalkan kemungkinan bahwa model sesuai dengan data yang diamati. Dengan menggunakan data historis harga saham, metode ini menghasilkan estimasi yang mendekati harga sebenarnya seiring dengan bertambahnya jumlah data.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji model Trinomial harga saham untuk penentuan harga opsi tipe Eropa yang didasarkan pada studi-studi terdahulu yang digunakan sebagai bahan perbandingan serta landasan dalam tinjauan pustaka. Studi-studi tersebut memiliki keterkaitan erat dengan topik yang dibahas. Pada Tahun 2017 Mooy mengulas penentuan harga opsi pada saham Honda Motor Company, Ltd. dengan menggunakan model matematika Black-Scholes [4]. Selain itu, pada Tahun 2007 Isnanto mengkaji penggunaan model binomial dalam perhitungan harga opsi serta membahas strategi untuk memperoleh keuntungan maksimal dari transaksi opsi [5]. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan metode alternatif yang akurat serta referensi aplikatif bagi investor atau pembeli opsi dalam menentukan harga opsi secara tepat.

1.2 Permasalahan

Adapun permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model Trinomial harga saham dapat menghitung harga opsi tipe Eropa?
2. Bagaimana pengaruh volatilitas yang diestimasi menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) pada perhitungan harga opsi tipe Eropa?

1.3 Batasan Masalah

Dalam rangka menjaga fokus penelitian pada inti permasalahan yang dibahas, maka ditetapkan batasan-batasan:

1. Data yang digunakan hanya data harga penutupan harian Sony Group Corporation (SONY) pada kurun waktu 1 tahun.
2. Suku bunga yang digunakan dalam perhitungan dianggap sebagai suku bunga bebas risiko dan konstan selama periode opsi.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan utama dari penelitian ini terdiri atas dua hal, yaitu:

1. Mengkaji model Trinomial harga saham dalam menghitung harga opsi tipe Eropa.
2. Mengetahui pengaruh volatilitas yang diestimasi menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) pada perhitungan harga opsi tipe Eropa.

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini mencakup aspek teoritis dan praktis, sebagai berikut:

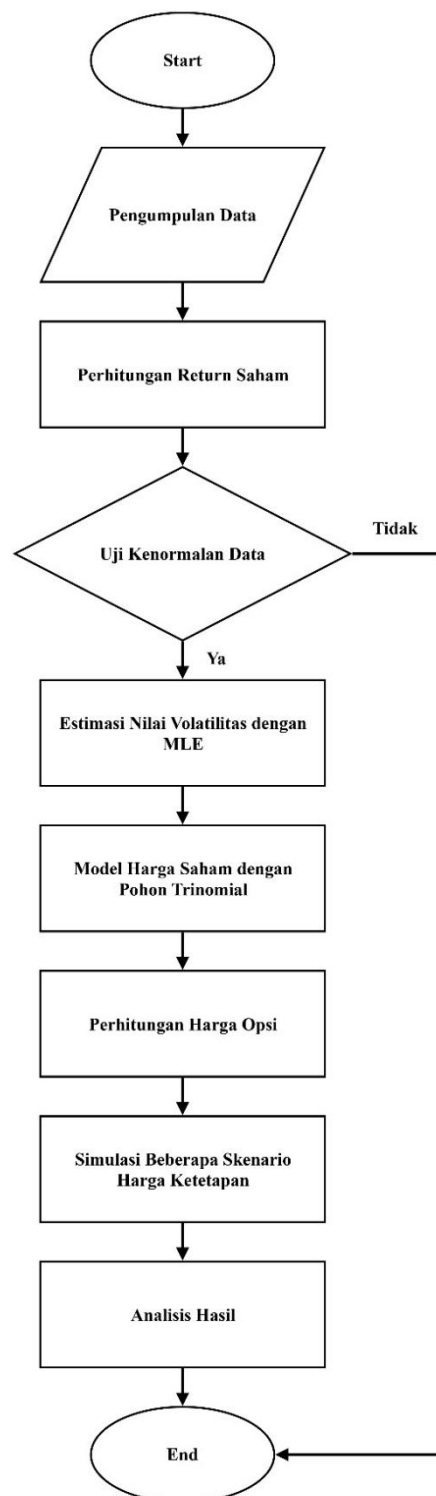
1. Menyediakan alternatif perhitungan harga opsi tipe Eropa dengan metode yang akurat.
2. Membantu para praktisi keuangan maupun investor dalam memahami serta mengevaluasi harga opsi dengan pendekatan yang lebih tepat, guna mendukung pengambilan keputusan investasi yang lebih optimal.
3. Memberikan kontribusi keilmuan dan referensi tambahan bagi akademisi dan peneliti dalam bidang matematika keuangan, terutama mengenai konteks studi penetapan harga opsi.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah kerja, yaitu:

1. Data harga saham dikumpulkan dari sumber data sekunder melalui situs *finance.yahoo*, pada perusahaan Sony Group Corporation (SONY). Data yang diperlukan mencakup harga penutupan saham harian SONY selama periode 22 Juni 2023 hingga 22 Juni 2024. Informasi yang dikumpulkan meliputi harga saham, harga ketetapan, periode jatuh tempo, serta tingkat suku bunga.
2. Return harian saham dihitung dari data harga penutupan.
3. Uji kenormalan pada data return harga saham.
4. Nilai volatilitas diestimasi melalui Metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE).
5. Model harga saham dengan pohon Trinomial dibangun berdasarkan tiga kemungkinan pergerakan harga: naik, turun, dan tetap.
6. Nilai harga opsi dihitung dengan mendiskontokan *payoff* dari akhir ke awal periode menggunakan probabilitas yang telah ditentukan.
7. Setelah seluruh perhitungan selesai, hasil nilai opsi yang telah diperoleh dilakukan analisis.

Sistematika kerja dapat digambarkan dengan diagram alir (*flowchart*) sebagai berikut:



1.6 Sistematika Penulisan

Struktur penulisan dalam laporan penelitian ini disusun sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan: Menyajikan latar belakang, permasalahan, pembatasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.
2. BAB II Landasan Teori: Menyajikan teori-teori dasar dan penelitian sebelumnya yang relevan.
3. BAB III Pembahasan: Terdiri dari data harga saham serta pengolahannya, perhitungan volatilitas menggunakan metode MLE, parameter yang digunakan, perhitungan harga opsi, dan pembahasan hasil yang diperoleh.

BAB IV Kesimpulan : Bab terakhir yang terdiri dari kesimpulan hasil pembahasan.

BAB III

PEMBAHASAN

3.1 Data Harga Saham

Sebanyak 249 data harga penutupan saham harian digunakan dalam penelitian ini, yang berasal dari perusahaan SONY dan diperoleh dari situs Yahoo Finance. Data tersebut mencakup periode perdagangan antara 22 Juni 2023 hingga 22 Juni 2024. Rincian lebih detail mengenai data yang digunakan telah disajikan pada Lampiran 1 [23].

Prinsip bebas arbitrase (*arbitrage-free principle*) menyatakan bahwa pada kondisi pasar yang efisien, tidak ada peluang untuk meraih keuntungan tanpa risiko dengan modal awal nol. Dengan kata lain, harga suatu aset harus merefleksikan seluruh informasi yang tersedia agar peluang arbitrase dapat dihindari.

Dalam pasar keuangan, terdapat dua jenis aset: aset bebas risiko (B , seperti obligasi) dan aset berisiko (S_i , seperti saham atau opsi, dengan $i = 1, \dots, n$). Harga masing-masing aset merupakan fungsi dari waktu t , yang dinyatakan sebagai B_t untuk aset bebas risiko dan $S_{it}, (i = 1, \dots, n)$ untuk aset berisiko. Selama periode waktu $[t_0, t_1]$, keuntungan atau *payoff* dari aset bebas risiko adalah $B_{t_1} - B_{t_0}$, sedangkan untuk aset berisiko adalah $S_{it_1} - S_{it_0}$.

Return aset tersebut dihitung sebagai berikut:

- Aset bebas risiko:

$$r_f = \frac{B_{t_1} - B_{t_0}}{B_{t_0}},$$

dengan tingkat pengembalian yang pasti.

- Aset berisiko:

$$r_i = \frac{S_{it_1} - S_{it_0}}{S_{it_0}}, \quad (i = 1, \dots, n)$$

dengan tingkat pengembalian yang tidak pasti.

Perbedaan utama antara kedua jenis aset ini terletak pada prediktabilitas *return*-nya. *Return* aset bebas risiko pada waktu mendatang ($t = t_1$) dapat dipastikan, karena nilainya tetap atau sudah ditentukan sebelumnya. Sebaliknya, *return* aset berisiko bergantung pada faktor pasar yang tidak pasti, sehingga dianggap sebagai variabel acak [8].

Penjelasan ini sesuai dengan teori keuangan yang menyoroti karakteristik unik dari masing-masing jenis aset, di mana aset bebas risiko memberikan kepastian, sementara aset berisiko menawarkan kesempatan profit yang lebih besar namun juga disertai dengan ketidakpastian yang lebih tinggi.

Strategi investasi direpresentasikan melalui portofolio, yang diberi simbol Φ . Definisi dari portofolio sendiri adalah kombinasi dari berbagai aset keuangan seperti saham, obligasi, derivatif (opsi), atau instrumen keuangan lainnya yang dimiliki oleh seorang investor. Tujuan portofolio yaitu untuk mengelola risiko dan imbal hasil melalui diversifikasi aset, dimana alokasi investasi disesuaikan dengan preferensi risiko dan tujuan finansial investor. Secara matematis, portofolio (Φ) sering dirumuskan sebagai kombinasi linear dari aset bebas risiko (B) dan aset berisiko (S_i) sebagai berikut:

$$\Phi = \alpha B + \sum_{i=1}^n \phi_i S_i$$

dimana $\{\alpha, \phi_1, \dots, \phi_n\} \in \mathbb{R}^{n+1}$. $\alpha, \phi_i (i = 1, \dots, n)$ merupakan porsi yang diinvestasikan dalam aset yang sesuai.

Secara umum, $\alpha, \phi_i (i = 1, \dots, n)$ merupakan fungsi yang bergantung pada waktu t , sehingga investor dapat merancang strategi investasinya seiring berjalannya waktu. Namun, nilai $\alpha, \phi_i (i = 1, \dots, n)$ harus tetap konsisten antara dua hari transaksi yang berdekatan $t = t_m, t = t_{m+1}$.

Misal $V_t(\Phi)$ (atau Φ_t) sebagai nilai kekayaan pada portofolio Φ pada waktu t :

$$\Phi_t = V_t(\Phi) = \alpha_t B_t + \sum_{i=1}^n \phi_{it} S_{it}$$

keuntungan dari portofolio Φ selama periode waktu $[t_m, t_{m+1}]$ dibawah strategi investasi $\{\alpha_{t_m}, \phi_{t_m}, \dots, \phi_{t_{m+1}}\}$:

$$V_{t_{m+1}}(\Phi) - V_{t_m}(\Phi) = \alpha_{t_m} [B_{t_{m+1}} - B_{t_m}] + \sum_{i=1}^n \phi_{it_m} [S_{it_{m+1}} - S_{it_m}].$$

Jika selama periode $[0, T]$ dalam proses transaksi investor tidak melakukan penambahan atau penarikan dana, maka seluruh transaksi tersebut disebut *self-financing*, atau strategi investasinya dapat dianggap sebagai pembiayaan mandiri.

Definisi 3.1 [8] *Strategi investasi self-financing Φ dikatakan memiliki peluang arbitrase di $[0, T]$, jika ada $T^* \in [0, T)$ yang memenuhi*

$$V_{T^*}(\Phi) = 0$$

dan

$$V_T(\Phi) \geq 0$$

dan

$$\text{Prob}\{V_T(\Phi) > 0\} > 0$$

dimana $\text{Prob}\{\omega\}$ menunjukan probabilitas kejadian ω .

Definisi 3.2 [8] *Jika tidak ada peluang arbitrase untuk strategi investasi self-financing Φ di $[0, T]$, maka pasar dikatakan bebas arbitrase dalam periode waktu $[0, T]$.*

Teorema 3.1 [8] *Jika pasar bebas arbitrase dalam periode waktu $[0, T]$, dan terdapat dua portofolio Φ_1 dan Φ_2 yang memenuhi:*

$$V_T(\Phi_1) \geq V_T(\Phi_2) \quad (3.1.1)$$

dan

$$\text{Prob}\{V_T(\Phi_1) \geq V_T(\Phi_2)\} > 0 \quad (3.1.2)$$

Maka untuk semua $t \in [0, T)$ (setiap waktu dalam rentang tersebut), nilai portofolio harus memenuhi:

$$V_t(\Phi_1) > V_t(\Phi_2) \quad (3.1.3)$$

Bukti:

Misalkan kesimpulannya salah, yaitu ada $t^* \in [0, T)$, sedemikian sehingga

$$V_{t^*}(\Phi_1) > V_{t^*}(\Phi_2)$$

menunjukkan

$$E = V_{t^*}(\Phi_1) - V_{t^*}(\Phi_2) > 0$$

dan disusun portofolio Φ_c pada $t = t^*$

$$\Phi_c = \Phi_1 - \Phi_2 + \frac{E}{B_{t^*}} B$$

dimana B adalah obligasi bebas risiko, dan $B_{t^*} = V_{t^*}(B)$. Maka dapat ditunjukkan

$$V_{t^*}(\Phi_c) = V_{t^*}(\Phi_1) - V_{t^*}(\Phi_2) + \frac{E}{B_{t^*}} V_{t^*}(B) = 0 \quad (3.1.4)$$

dan pada waktu $t = T$,

$$V_T(\Phi_c) = V_T(\Phi_1) - V_T(\Phi_2) + \frac{E}{B_{t^*}} V_T(B)$$

Jika diberikan suku bunga bebas risiko (r), dan mengabaikan bunga majemuk, maka

$$V_T(B) = V_{t^*}(B) [1 + r(T - t^*)] = B_{t^*} [1 + r(T - t^*)]$$

menggunakan asumsi (3.1.1) dan (3.1.2), didapatkan

$$V_T(\Phi_c) \geq E[1 + r(T - t^*)] \geq 0 \quad (3.1.5)$$

dan

$$\text{Prob}\{V_T(\Phi_c) > 0\} \geq \text{Prob}\{V_T(\Phi_1) - V_T(\Phi_2) > 0\} > 0 \quad (3.1.6)$$

dengan (3.1.4) – (3.1.6), dan berdasarkan Definisi 3.1, portofolio Φ_c mempunyai peluang arbitrase di $[t^*, T]$, ini kontradiksi dengan asumsi bahwa pasar bebas dari arbitrase. ■

Akibat 3.1 [8] *Jika pada pasar bebas arbitrase terdapat dua portofolio Φ_1 dan Φ_2 pada periode waktu $[0, T]$ yang memenuhi*

$$V_T(\Phi_1) = V_T(\Phi_2)$$

maka nilai kedua portofolio tersebut juga harus sama pada setiap waktu $t \in [0, T]$ yaitu

$$V_t(\Phi_1) = V_t(\Phi_2). \quad (3.1.7)$$

Bukti:

Diasumsikan $\Phi_c = \Phi_1 - \Phi_2 + \varepsilon B$ ($\varepsilon > 0$) ini sesuai dengan asumsi konsekuensi bahwa

$$V_T(\Phi_c) = \varepsilon V_T(B) > 0$$

sehingga berdasarkan teorema 3.1, untuk semua $t \in [0, T]$, menjadi

$$V_t(\Phi_c) = V_t(\Phi_1) - V_t(\Phi_2) + \varepsilon V_t(B) > 0$$

$$V_t(\Phi_1) > V_t(\Phi_2) - \varepsilon V_t(B)$$

Diasumsikan $\varepsilon \rightarrow 0$, maka

$$V_t(\Phi_1) \geq V_t(\Phi_2)$$

dengan argumen yang sama, dapat dilihat untuk semua $t \in [0, T]$ bahwa

$$V_t(\Phi_1) \leq V_t(\Phi_2)$$

oleh karena itu, untuk arbitrase $t \in [0, T]$,

$$V_t(\Phi_1) = V_t(\Phi_2) \blacksquare$$

Teorema 3.1 adalah landasan untuk seluruh teori harga opsi modern, termasuk model Trinomial, karena memastikan hasil yang konsisten, logis, dan stabil dalam berbagai kondisi pasar. Teorema 3.1 memastikan bahwa harga opsi yang dihitung menggunakan model Trinomial sesuai dengan harga pasar, dengan asumsi bahwa pasar tidak memungkinkan adanya arbitrase.

Tabel 3.1 Data Harga Penutupan Harian Saham SONY Dalam 5 Hari Terakhir

Hari	Waktu (t)	Harga Penutupan (\$) / S_t
245	1	82,22
246	2	81,12
247	3	79,63
248	4	80,83
249	5	80,53

Sumber: Data Harga Penutupan Harian Saham SONY (Lampiran 1) [23]

Akan dibuktikan apakah terdapat peluang arbitrase dalam portofolio pada saham ini. Portofolio hanya terdiri dari saham SONY, tanpa obligasi. Menurut definisi 3.1, suatu strategi investasi (Φ) dikatakan memiliki peluang arbitrase jika memenuhi:

1. $V_{T^*}(\Phi) = 0$ untuk suatu waktu $T^* \in [0, T]$,
2. $V_T(\Phi) \geq 0$,
3. Probabilitas $V_T(\Phi) > 0$ adalah lebih besar dari 0 (yaitu, peluang keuntungan positif tanpa risiko).

Misalkan strategi investasi Φ adalah membeli atau menjual saham SONY di awal periode ($t=1$) dan menjualnya kembali di akhir periode ($t=5$) tanpa modal tambahan. Nilai portofolio dihitung sebagai berikut:

$$V_T(\Phi) = \phi S_T - \phi S_{T^*},$$

dengan ϕ adalah jumlah saham yang dimiliki.

Pada awal periode ($t=1$):

$$V_1(\Phi) = \phi S_1 = 0$$

karena asumsi awal $T^* = 0$ atau tidak ada modal awal.

Pada akhir periode ($t=5$):

$$V_T(\Phi) = \phi(S_T - S_1) = \phi(80,53 - 82,22)$$

Jika $\phi > 0$, maka $V_T(\Phi) < 0$.

Peluang $V_T(\Phi) > 0$ terjadi jika harga saham $S_T > S_1$. Dalam data ini, $S_5 = 80,53 < S_1 = 82,22$ sehingga tidak terdapat probabilitas keuntungan positif. Hal ini kontradiksi dengan definisi 3.1 sehingga dapat dikatakan bahwa data harga saham penutupan harian SONY tidak terdapat peluang arbitrase. Maka dapat disimpulkan juga berdasarkan definisi 3.2, terbukti bahwa data harga saham SONY dapat dikatakan bebas arbitrase. ■

3.2 Pengolahan Data

3.2.1 Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti distribusi normal. Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan dua metode, yaitu Kolmogorov-Sminov dan Shapiro-Wilk, dengan tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Hasil uji normalitas disajikan pada Gambar 3.1 berikut:

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Data	.041	250	.200*	.975	250	.000

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 3.1 Uji Normalitas dengan SSPS

Berdasarkan hasil uji Kolmogorov-Smirnov, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,200, yang lebih besar dari taraf signifikansi 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Namun, hasil uji Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000, yang lebih kecil dari 0,05, sehingga menunjukkan bahwa data tidak normal. Mengingat jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 249, maka uji Kolmogorov-Smirnov lebih relevan digunakan untuk sampel besar ($n > 50$) [12]. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal.

3.2.2 Return Harga Saham

Misalkan t adalah interval waktu pengamatan, dan S_t menyatakan harga saham pada waktu t . Jika x_t adalah return harga pada saham pada waktu t , maka nilai x_t dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1). Hasil perhitungan disajikan dalam tabel 3.2.

3.2.3 Variansi Return

Jika x_t merupakan return saham saat waktu t dan Var adalah variansi dari x_t , maka variansi ini dapat diperoleh melalui perhitungan menggunakan persamaan (2.2).

Berikut disajikan tabel hasil perhitungan return standar deviasi untuk masing-masing harga saham, sebagai berikut:

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Standar Deviasi *Return* Harga Saham

Waktu (t)	Harga Penutupan (\$) $S(t)$	<i>Return</i> (x_t)	$(x_t - (E(x_t)))^2$
0	93,82	0	0
1	91,14	-0,028565349	0,000787068
2	90,37	-0,008448497	6,301E-05
3	90,07	-0,003319719	7,89107E-06
4	91,29	0,013545032	0,000197561
5	89,96	-0,014568978	0,000197638
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
248	80,83	0,015069761	0,000242748
249	80,53	-0,00371153	1,02459E-05

Merujuk pada Tabel 3.2, diketahui jumlah data pengamatan (n) sebanyak 249. Oleh karena itu, digunakan interval waktu 0 sampai 249 untuk menghitung *variasi return* saham saat waktu t , yang dapat di hitung sebagai berikut:

$$Var(X) = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - (E(X_t)))^2}{n-1}$$

$$\begin{aligned}
 Var(X) &= \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - (E(X_t)))^2}{249-1} \\
 &= \frac{0,051152}{248} \\
 &= 0,000206
 \end{aligned}$$

Jadi, variansi returnnya adalah 0,000206 .

3.3 Menghitung Volatilitas Return Harga Saham

Jika σ merepresentasikan volatilitas return harga saham, maka dalam penelitian ini nilai σ dihitung menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Di mana x_t merupakan return harga saham harian, dan μ adalah rata-rata *return* harga saham yang dalam konteks penelitian ini dianggap sebagai nilai ekspektasi return. Oleh karena itu, perhitungan volatilitas (standar deviasi) harga saham dilakukan menggunakan persamaan (2.21) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (X_t - \mu)^2} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{249-1} \sum_{t=1}^{249} [((-0,028565349) + \dots + (-0,00371153)) - (-0,00051061)]^2} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{248} (0,016035715)}
 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan

$$\sigma = 0,00802499$$

Dengan demikian, nilai volatilitas (standar deviasi) dari *return* harga saham adalah sebesar 0,00802499.

3.4 Parameter yang Digunakan

Parameter yang digunakan untuk perhitungan opsi *put* dan *call* tipe Eropa, sebagai berikut [8]:

- Harga saham awal (S_0)

Langkah awal sebelum melakukan perhitungan harga saham adalah menetapkan harga awal saham yang akan dijadikan sebagai acuan. Pada perhitungan ini, harga acuan yang digunakan merupakan harga penutupan terbaru yang diambil dari situs Yahoo Finance, dengan nilai $S_t = (S_0) = \$80,53$.

- Suku bunga bebas risiko (r)

Penelitian ini menggunakan tingkat suku bunga bebas risiko yang bersifat konstan, yaitu sebesar 4,75%, sesuai dengan suku bunga yang ditetapkan oleh Bank Amerika. Data ini diperoleh dari situs Investopedia. [24].

- Harga Ketetapan (K)

Nilai suatu opsi juga ditentukan oleh besarnya harga ketetapan (*strike price*), dengan hubungan penting di antara keduanya yang didasarkan pada prinsip bebas arbitrase dan asumsi tidak membayar dividen selama masa opsi. Terdapat teorema 3.2 yang dimana memiliki makna finansial yang jelas, yaitu untuk dua opsi *call* tipe Eropa dengan tanggal jatuh tempo yang sama jika opsi dengan harga ketetapan (*strike price*) yang lebih tinggi memberikan ruang keuntungan yang lebih kecil bagi pemegangnya dan oleh karena itu dihargai lebih rendah. Namun, perbedaan harga antara kedua opsi tersebut tidak boleh melebihi selisih antara harga ketetapan (*strike price*) mereka.

Teorema 3.2 [8] *Misalkan $c(K)$ adalah harga opsi call tipe Eropa dengan harga ketetapan K . Untuk dua opsi call $c(K_1)$ dan $c(K_2)$ dengan tanggal jatuh tempo yang sama, jika $K_1 > K_2$, maka berlaku:*

$$0 \leq c(K_2) - c(K_1) \leq K_1 - K_2 \quad (3.2.1)$$

Bukti:

Bangun dua portofolio pada waktu t :

$$\Phi_1 = c(K_1) + K_1$$

$$\Phi_2 = c(K_2) + K_2$$

Pada tanggal jatuh tempo $t = T$,

$$V_T(\Phi_1) = c_T(K_1) + K_1 e^{r(T-t)} = (S_T - K_1)^+ + K_1 e^{r(T-t)}$$

$$V_T(\Phi_2) = (S_T - K_2)^+ + K_2 e^{r(T-t)}$$

Pertimbangkan tiga kasus nilai S_T terhadap $K_1 > K_2$:

a. $S_T > K_1$:

$$\begin{aligned} V_T(\Phi_1) &= S_T + K_1(e^{r(T-t)} - 1) \\ &> S_T + K_2(e^{r(T-t)} - 1) \\ &= V_T(\Phi_2); \end{aligned}$$

b. $K_2 < S_T < K_1$:

$$\begin{aligned} V_T(\Phi_1) &= K_1(e^{r(T-t)} - 1), \\ V_T(\Phi_2) &= S_T + K_2(e^{r(T-t)} - 1), \end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned} V_T(\Phi_1) - V_T(\Phi_2) &= (K_1 - K_2)e^{r(T-t)} + (K_2 - S_T) \\ &> (K_1 - K_2)(e^{r(T-t)} - 1) > 0; \end{aligned}$$

c. $S_T < K_2$:

$$V_T(\Phi_1) = K_1 e^{r(T-t)} > K_2 e^{r(T-t)} = V_T(\Phi_2).$$

Maka pada $t = T$ berlaku

$$V_T(\Phi_1) \geq V_T(\Phi_2),$$

dan

$$\text{Prob}\{V_T(\Phi_1) \geq V_T(\Phi_2)\} = 1.$$

Kemudian dengan berdasarkan teorema 3.1, untuk semua $t < T$ menjadi

$$V_t(\Phi_1) > V_t(\Phi_2)$$

karenanya pertidaksamaan (3.2.1) adalah benar. ■

Teorema 3.2 menunjukkan bahwa untuk dua opsi *call* tipe Eropa dengan waktu jatuh tempo yang sama, opsi dengan *strike price* yang lebih tinggi memiliki harga lebih rendah karena memberikan peluang keuntungan yang lebih kecil bagi pemegangnya, dan selisih harga antara dua opsi tersebut tidak akan melebihi selisih antara *strike price*-nya. Hal ini memastikan hubungan harga opsi tetap konsisten dengan logika keuangan dan mencegah adanya arbitrase, sehingga mendukung efisiensi pasar derivatif.

Terdapat nilai K yang mungkin yaitu $K < S_t$, $K = S_t$, dan yaitu $K > S_t$, maka K dengan nilai \$79,38, \$80,53, dan \$81,89 telah ditentukan sebagai asumsi harga ketetapan untuk perhitungan harga saham.

- Menentukan nilai Δt

Jika T menyatakan lama waktu perdagangan, yaitu 1 tahun, dan N adalah jumlah langkah atau subperiode, maka dalam penelitian ini penulis menggunakan $N = 6$ subperiode. Dengan demikian, nilai t dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\Delta t = \frac{T}{N} = \frac{1}{6} = 0,166666667.$$

3.5 Menghitung Nilai Opsi

Parameter yang digunakan untuk menghitung nilai kenaikan saham (u) dan penurunan saham (d) ditentukan berdasarkan untuk interval waktu $\Delta t = \frac{1}{6}$. Untuk menentukan nilai kenaikan saham, digunakan persamaan (2.17) sebagai berikut:

$$u = e^{\sigma\sqrt{3\Delta t}} = e^{0,00802499\sqrt{3 \times \frac{1}{6}}} = 1,005690655.$$

Sementara itu, untuk menghitung nilai penurunan saham, digunakan persamaan (2.18) sebagai berikut:

$$d = e^{-\sigma\sqrt{3\Delta t}} = e^{-0,00802499\sqrt{3 \times \frac{1}{6}}} = 0,994341545.$$

Probabilitas pergerakan harga saham (p) pada interval waktu $\Delta t = \frac{1}{6}$ adalah

$$1) \quad p_u = \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) \sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}} + \frac{1}{6}$$

$$p_u = \left(0,0475 - \frac{1}{2}(0,00802499)^2 \right) \sqrt{\frac{\frac{1}{6}}{12(0,00802499)^2}} + \frac{1}{6}$$

$$p_u = (0,04749997) + \frac{1}{6}$$

$$p_u = 0,214166636;$$

$$2) \quad p_m = \frac{2}{3} = 0,666666667;$$

$$3) \quad p_d = \frac{1}{6} - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) \sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}}$$

$$p_d = \frac{1}{6} - \left(0,0475 - \frac{1}{2}(0,00802499)^2 \right) \sqrt{\frac{\frac{1}{6}}{12(0,00802499)^2}}$$

$$p_d = \frac{1}{6} - \left(0,0475 - \frac{1}{2}(0,00802499)^2 \right) (0,000945754)$$

$$p_d = \frac{1}{6} - 0,04749997$$

$$p_d = 0,119166697.$$

Dimana untuk masing-masing p_u , p_m , dan p_d berturut-turut didefinisikan sebagai probabilitas pergerakan harga saham naik, tetap, dan turun.

Perhitungan harga saham di setiap titik waktu dilakukan menggunakan rumus yang menggambarkan arah pergerakan harga saham. Dalam menghitung premi opsi, diperlukan nilai payoff. Nilai tersebut diperoleh dengan cara terlebih dahulu harus diketahui seluruh kemungkinan harga saham di setiap periode. Oleh karena itu, akan dibentuk struktur pohon harga saham dari periode ke-0 hingga periode ke-6. Setiap simpul di pohon merepresentasikan kondisi harga saham yang dapat mengalami kenaikan (u), penurunan (d), atau tetap (m).

Periode 0 (titik awal)

Diketahui harga saham awal:

$$S_0 = 80,53$$

Dengan paramater:

$$u = 1,005690655, m = 1, \text{ dan } d = 0,994341545$$

Periode 1

Pada periode pertama, terdapat tiga kemungkinan harga saham:

$$S_1^{naik} = S_0 \times u = 80,53 \times 1,005690655 = 80,99$$

$$S_1^{tetap} = S_0 \times m = 80,53 \times 1 = 80,53$$

$$S_1^{turun} = S_0 \times d = 80,53 \times 0,994341545 = 80,07$$

sehingga diperoleh nilai harga saham pada periode 1 sebagai berikut:

$$S_1^{naik} = 80,99$$

$$S_1^{tetap} = 80,53$$

$$S_1^{turun} = 80,07$$

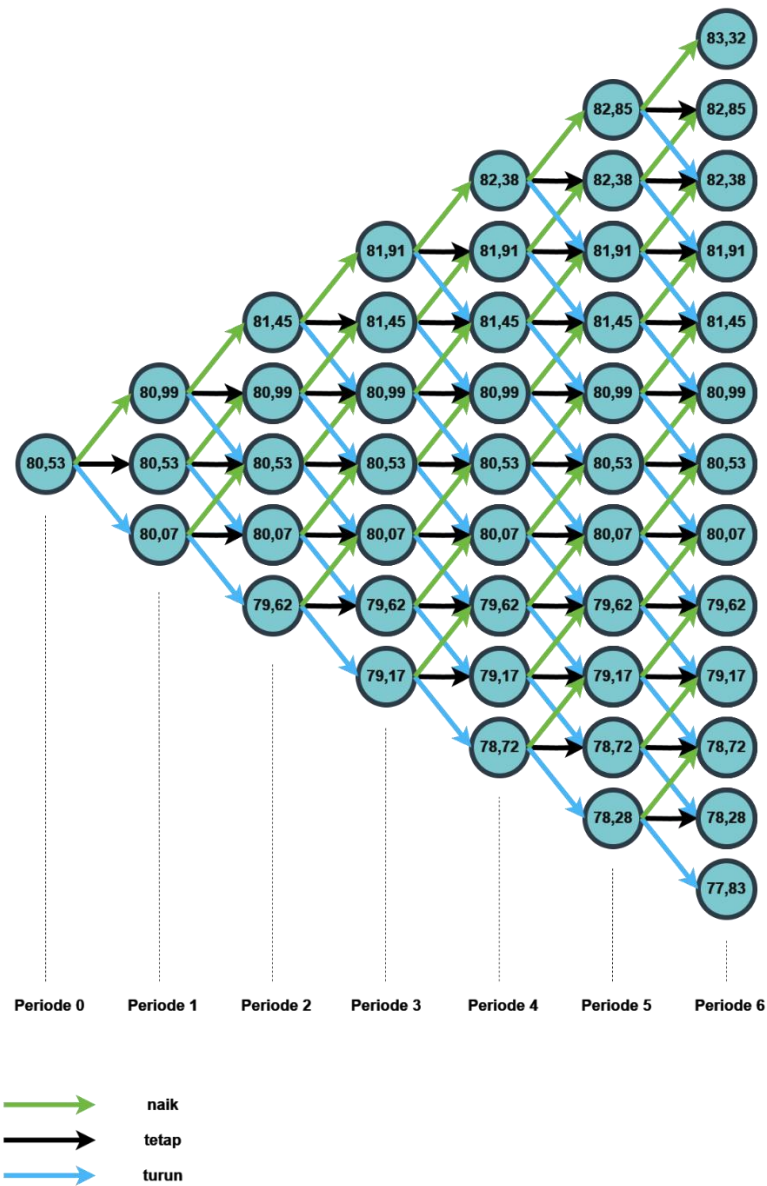
dengan metode yang sama, perhitungan untuk periode 2 sampai 6 maka menghasilkan nilai kemungkinan harga saham. Hasil dari perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Perhitungan Kemungkinan Harga Saham pada Periode 1-6

Periode	Simpul Awal	Naik	Tetap	Turun
1	80,53	80,99	80,53	80,07
2	80,99	81,45	80,99	80,53
	80,53	80,99	80,53	80,07
	80,07	80,53	80,07	79,62
3	81,45	81,91	81,45	80,99
	80,99	81,45	80,99	80,53
	80,53	80,99	80,53	80,07
	80,07	80,53	80,07	79,62
	79,62	80,07	79,62	79,17
4	81,91	82,38	81,91	81,45
	81,45	81,91	81,45	80,99
	80,99	81,45	80,99	80,53
	80,53	80,99	80,53	80,07
	80,07	80,53	80,07	79,62
	79,62	80,07	79,62	79,17
	79,17	79,62	79,17	78,72
5	82,38	82,85	82,38	81,91
	81,91	82,38	81,91	81,45
	81,45	81,91	81,45	80,99
	80,99	81,45	80,99	80,53
	80,53	80,99	80,53	80,07
	80,07	80,53	80,07	79,62
	79,62	80,07	79,62	79,17
	79,17	79,62	79,17	78,72
	78,72	79,17	78,72	78,28

6	82,85	83,32	82,85	82,38
	82,38	82,85	82,38	81,91
	81,91	82,38	81,91	81,45
	81,45	81,91	81,45	80,99
	80,99	81,45	80,99	80,53
	80,53	80,99	80,53	80,07
	80,07	80,53	80,07	79,62
	79,62	80,07	79,62	79,17
	79,17	79,62	79,17	78,72
	78,72	79,17	78,72	78,28
	78,28	78,72	78,28	77,83

Data dalam Tabel 3.3 tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk skema pohon trinomial. Pada dasarnya, pohon trinomial ini merupakan pengembangan dari struktur pohon binomial. Ilustrasi perhitungan harga saham dengan menggunakan 6 periode ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3.2 Pohon Trinomial untuk Harga Saham

Gambar 3.2 merupakan pohon trinomial pergerakan harga saham untuk 6 periode mulai dari harga saham awal (S_0) sampai harga saham di akhir periode yang dimana berjumlah 13 simpul.

Nilai *payoff* dari opsi di setiap simpul pada periode terakhir (periode ke-6) untuk *strike price* (K) yang berbeda. Perhitungan dari nilai *payoff* menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Payoff put} = \max[(K - S_t), 0]$$

$$\text{Payoff call} = \max[(S_t - K), 0]$$

a. Untuk $K = 79,38$

Payoff put:

$$\max[(79,38 - 83,32), 0] = 0$$

$$\max[(79,38 - 82,85), 0] = 0$$

$$\max[(79,38 - 82,38), 0] = 0$$

.

.

.

$$\max[(79,38 - 78,28), 0] = 1,10$$

$$\max[(79,38 - 77,83), 0] = 1,55$$

Payoff call:

$$\max[(83,32 - 79,38), 0] = 3,94$$

$$\max[(82,85 - 79,38), 0] = 3,47$$

$$\max[(82,38 - 79,38), 0] = 3,00$$

.

.

.

$$\max[(78,28 - 79,38), 0] = 0$$

$$\max[(77,83 - 79,38), 0] = 0$$

Dilakukan perhitungan serupa untuk $K = 80,53$ dan $K = 81,89$, hasil perhitungan nilai *payoff* untuk opsi *put* dan *call* pada setiap tingkat harga kesepakatan (K) ditunjukkan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai *Payoff Put* dan *Call* untuk Setiap Harga Ketetapan (K)

S_i	<i>Payoff Put</i>			<i>Payoff Call</i>		
	$K = 79,38$	$K = 80,53$	$K = 81,89$	$K = 79,38$	$K = 80,53$	$K = 81,89$
83,32	0,00	0,00	0,00	3,94	2,79	1,43
82,85	0,00	0,00	0,00	3,47	2,32	0,96
82,38	0,00	0,00	0,00	3,00	1,85	0,49
81,91	0,00	0,00	0,00	2,53	1,38	0,02
81,45	0,00	0,00	0,44	2,07	0,92	0,00
80,99	0,00	0,00	0,90	1,61	0,46	0,00
80,53	0,00	0,00	1,36	1,15	0,00	0,00
80,07	0,00	0,46	1,82	0,69	0,00	0,00
79,62	0,00	0,91	2,27	0,24	0,00	0,00
79,17	0,21	1,36	2,72	0,00	0,00	0,00
78,72	0,66	1,81	3,17	0,00	0,00	0,00
78,28	1,10	2,25	3,61	0,00	0,00	0,00
77,83	1,55	2,70	4,06	0,00	0,00	0,00

Dalam menghitung harga opsi, digunakan proses diskon mundur (backward induction) dari nilai opsi pada periode akhir hingga mencapai periode awal.. Proses ini sangat penting karena bertujuan untuk mengetahui harga opsi saat ini (di simpul awal, yaitu periode ke-0), berdasarkan *payoff* opsi di periode jatuh tempo (simpul akhir) pada Tabel 3.3. Nilai opsi di simpul sekarang (P atau C) di hitung sebagai nilai ekspektasi diskonto dari opsi di tiga simpul berikutnya (naik, tetap, turun) menggunakan persamaan (2.22) atau (2.23) sebagai berikut:

$$P = e^{-r\Delta t} (P_u p_u + P_m p_m + P_d p_d)$$

$$C = e^{-r\Delta t} (C_u p_u + C_m p_m + C_d p_d)$$

Hal ini dilakukan dengan cara diskon balik dari simpul-simpul di periode ke-6 (akhir) ke simpul-simpul di periode ke-5, lalu dari periode ke-5 ke periode ke-4, dan seterusnya hingga sampai ke simpul awal (periode ke-0). Setelah mendiskon balik ke simpul awal, nilai opsi di simpul ini adalah harga opsi saat ini. Nilai inilah yang mencerminkan harga opsi berdasarkan ekspektasi pergerakan harga saham di masa depan dan suku bunga bebas risiko. Misalkan pada periode ke-5, diketahui nilai opsi *call* di periode ke-6 sebagai berikut:

$$C_u = 3,94,$$

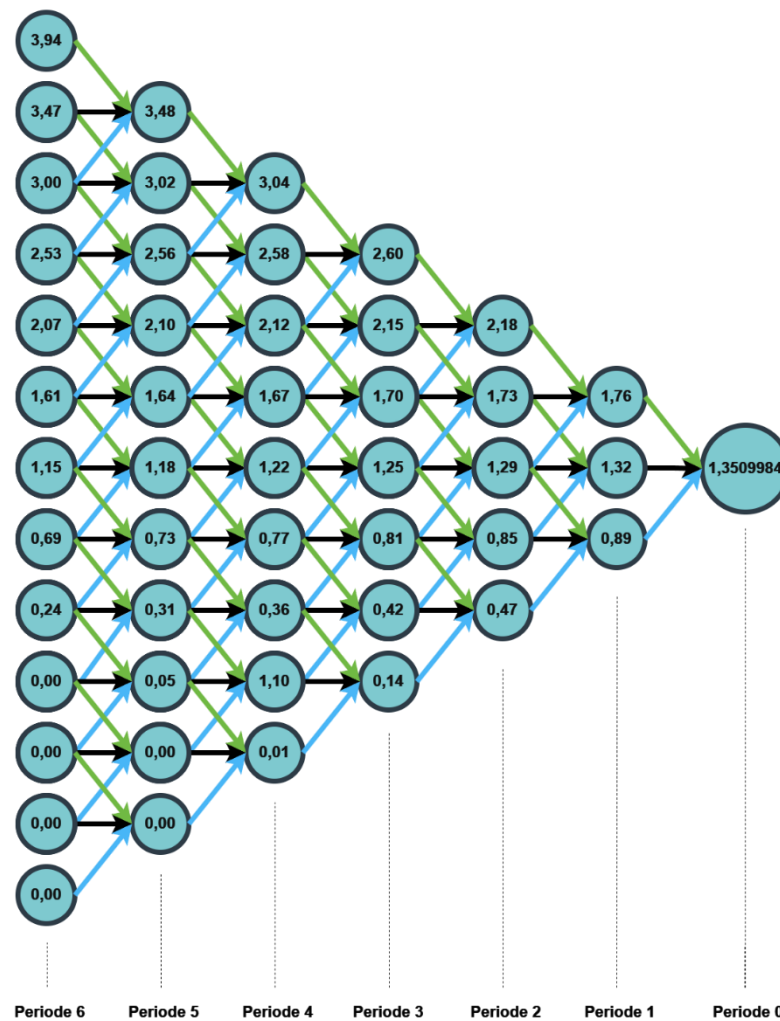
$$C_m = 3,47,$$

$$C_d = 3,00.$$

Dihitung nilai opsi *call* di periode ke-5:

$$C = e^{-r\Delta t} (3,94 p_u + 3,47 p_m + 3,00 p_d)$$

dengan diketahui juga suku bunga bebas risikonya $r = 4,75\%$, interval waktu $\Delta t = \frac{1}{6}$, serta probabilitas risiko-netral $p_u = 0,214166636$, $p_m = 0,666666667$, dan $p_d = 0,119166697$, maka dihasilkan nilai opsi call di periode ke-5 yaitu $C = 3,48$. Hasil perhitungan diskon balik dari periode ke-6 sampai simpul awal (periode ke-0) pada opsi *put* dengan $K = 79,38$ ditampilkan dalam skema sebagai berikut:



Gambar 3.4 Skema Hasil Perhitungan Diskon Balik pada Opsi Call dengan $K = 79,38$

Berdasarkan hasil perhitungan pada gambar 3.4 didapatkan nilai opsi di simpul awal (periode ke-0) adalah 1,3509984 untuk opsi *call*. Nilai tersebut adalah harga opsi saat ini yang didapatkan dengan cara diskon balik secara rekursif dari periode akhir ke awal dengan menggunakan probabilitas risiko-netral dan suku bunga bebas risiko yang juga berdasarkan payoff di masa depan serta memperhitungkan semua kemungkinan pergerakan harga saham. Hal ini juga diterapkan untuk harga ketetapan yang lain (K).

3.6 Pembahasan

Penelitian ini memanfaatkan 249 data harga penutupan harian saham SONY. Situs yang dikenal dengan nama *Yahoo Finance* menyebutkan bahwa berdasarkan data tersebut, harga saham awal (S_0) tercatat sebesar \$80,53. Tingkat suku bunga yang berlaku di Bank of America tercatat mencapai 4,75%. Informasi mengenai return dari harga saham disajikan dalam Tabel 3.2, yang bertujuan untuk mengukur tingkat pengembalian saham pada setiap periode perdagangan serta memperkirakan potensi keuntungan di masa mendatang. Setelah memperoleh nilai ekspektasi return, volatilitas return dihitung dengan mengaplikasikan metode atau pendekatan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), dimana didapatkan hasil senilai 0,00802499.

Setelah seluruh nilai yang dibahas sebelumnya diperoleh, maka langkah yang diambil selanjutnya adalah melakukan simulasi dari harga saham dan waktu jatuh tempo (*expiry date*) selama 1 tahun menggunakan model Trinomial. Model ini membagi periode waktu menjadi beberapa interval diskrit untuk membentuk pohon harga saham, dengan mempertimbangkan tiga kemungkinan pergerakan harga di setiap interval, yaitu naik, turun, atau tetap. Dalam membangun simulasi pergerakan harga diatas menggunakan parameter yang mencakup nilai kenaikan (u), penurunan (d), dan kondisi tetap (m). Sedangkan mengenai interval atau jeda waktu yang diaplikasikan yaitu $\Delta t = \frac{1}{6}$, dimana menghasilkan nilai $u = 1,005690655$ dan $d = 0,994341545$ dengan $m = 1$. Melalui Gambar 3.2 dapat dilihat simulasi harga dari saham yang bergerak selama jangka waktu 6 periode.

Nilai *payoff* dapat ditemukan dengan cara menghitung selisih antara harga dari saham yang diambil saat jatuh tempo dan harga ketetapan (K). Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah mengetahui nilai *payoff* pada saat akhir periode adalah melakukan me-diskon balik dari nilai opsi di periode akhir hingga periode awal untuk menentukan harga opsi saat ini. Untuk menemukan solusi akhir nilai opsi tersebut perlu diketahui nilai probabilitas risiko-netral untuk naik (p_u), tetap (p_m), dan turun (p_d).

p_m), dan turun (p_d) dimana nilai $p_u = 0,214166636$, $p_d = 0,119166697$, dan $p_m = 0,666666667$. Ditetapkan juga nilai harga ketetapan (K) yang memiliki kemungkinan yaitu $K < S_t$, $K = S_t$, serta $K > S_t$, dengan nilai sebesar \$79,38, \$80,53, dan \$81,89 sehingga berdasarkan setiap nilai K maka diperoleh harga opsi *put* dan *call* sebagaimana tabel dibawah ini:

Tabel 3.5 Hasil Hitung Harga Opsi *Put* dan *Call* (\$)

Harga Ketetapan (K)	Harga Opsi <i>Put</i>	Harga Opsi <i>Call</i>
79,38	0,0031413	1,3509984
80,53	0,1274203	0,3786254
81,89	1,0555352	0,0098300

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan volatilitas yang diperoleh melalui estimasi *Maximum Likelihood*, nilai opsi tipe Eropa ditentukan sebagai berikut:

- Jika $K < S_t$, investor pemegang opsi *call* akan cenderung melaksanakan hak belinya (*exercise*) karena harga pasar saham lebih tinggi daripada harga ketetapannya, sehingga memberikan keuntungan. Harga opsi pada kondisi ini adalah sebesar \$0,0031413 (*put*) / \$1,3509984 (*call*).
- Jika $K > S_t$, investor yang memiliki opsi *put* akan memperoleh keuntungan terbesar karena dapat menjual saham lebih tinggi dari harga pasar. Nilai opsi dalam kondisi ini adalah sebesar \$1,0555352 (*put*) / \$0,0098300 (*call*).
- Jika $K = S_t$, broker atau penjual opsi memiliki kondisi yang paling menguntungkan. Dalam kondisi ini, harga opsi hanya sebesar \$0,1274203 (*put*) / \$0,3786254 (*call*), yang menunjukkan bahwa probabilitas eksekusi opsi relatif rendah sehingga broker hanya menerima premi tanpa perlu menyerahkan aset dasar.

Dengan demikian, hubungan antara harga ketetapan dan harga saham pasar memengaruhi keuntungan relatif bagi investor maupun broker tergantung pada jenis opsi yang dimiliki. Selain harga saham dan harga ketetapan (*strike price*), nilai opsi Eropa juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti tingkat volatilitas, dan jumlah periode waktu yang digunakan dalam perhitungan, yang semuanya dapat menghasilkan nilai yang bervariasi.

Dengan hasil yang telah diperoleh, didapatkan perbandingan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan berdasarkan pendekatan, metode perhitungan, dan hasil akhir dalam memastikan nilai opsi. Pendekatan trinomial yang menggunakan volatilitas hasil estimasi dari metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) menawarkan fleksibilitas lebih tinggi dibandingkan model Black-Scholes maupun binomial. Model Trinomial memungkinkan penanganan lebih detail terhadap fluktuasi harga saham dengan memperhitungkan tiga skenario pada setiap interval waktu, yaitu kenaikan, tidak berubah, dan penurunan harga. Hal ini memberikan hasil yang lebih akurat, terutama untuk opsi dengan karakteristik volatilitas yang tidak konstan. Sebaliknya, hasil penelitian yang dilakukan oleh Marthin Nosry Mooy, 2017 [4] menggunakan model Black-Scholes yang didasarkan pada asumsi bahwa volatilitas konstan dan distribusi log-normal yang terdapat pada harga saham, dimana cenderung lebih sederhana namun kurang fleksibel dalam menangani kondisi pasar yang dinamis.

Dibandingkan juga dengan hasil penelitian oleh Isnanto, 2007 [5] yang menggunakan model binomial dengan pendekatan metode Black-Scholes, juga mengasumsikan volatilitas konstan tetapi memberikan fleksibilitas tambahan dengan menggunakan pendekatan diskrit untuk menghitung harga opsi yaitu pendekatan binomial. Pendekatan ini dapat menghasilkan hasil yang mendekati nilai opsi pasar dibandingkan Black-Scholes dalam beberapa kondisi, namun tetap memiliki keterbatasan dibandingkan model Trinomial, terutama ketika terdapat volatilitas tinggi atau variabilitas signifikan pada pergerakan harga saham.

Dari segi hasil, model Trinomial yang diterapkan dalam penelitian ini cenderung menghasilkan harga opsi yang lebih akurat karena mengakomodasi lebih

banyak kemungkinan pergerakan harga dan menggunakan pendekatan penghitungan volatilitas berbasis data historis (MLE). Sementara itu, model Black-Scholes, meskipun sederhana dan banyak digunakan dalam praktik keuangan, kurang adaptif terhadap perubahan volatilitas dan asumsi pasar. Di sisi lain, model binomial memberikan pendekatan yang lebih terstruktur dibandingkan Black-Scholes, tetapi masih kurang fleksibel dibandingkan model Trinomial.

Secara keseluruhan, hasil dari skripsi ini menunjukkan keunggulan model Trinomial dengan MLE dalam memberikan hasil yang lebih mendekati nilai opsi sebenarnya di pasar, terutama pada kondisi volatilitas yang bervariasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan metode yang lebih kompleks seperti model trinomial dapat memberikan estimasi yang lebih akurat dan representatif dibandingkan pendekatan tradisional seperti Black-Scholes maupun binomial, meskipun memerlukan proses perhitungan yang lebih rumit.

BAB IV

KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji penerapan model Trinomial dalam menghitung harga opsi tipe Eropa dengan hasil analisis menunjukkan bahwa model Trinomial mampu menghasilkan estimasi harga opsi yang memperhitungkan variasi skenario harga secara lebih rinci dibandingkan pendekatan model Binomial sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih realistis terhadap dinamika harga saham. Simulasi yang dilakukan menunjukkan perbedaan nilai opsi *call* dan *put* berdasarkan hubungan antara harga ketetapan (*strike price*) dan harga saham awal, di mana opsi *call* lebih tinggi ketika harga ketetapan lebih rendah dari harga saham awal, sedangkan opsi *put* lebih tinggi ketika harga ketetapan melebihi harga saham awal.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa volatilitas yang diestimasi menggunakan metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) memberikan pengaruh signifikan terhadap perhitungan harga opsi tipe Eropa. Estimasi volatilitas dengan MLE menghasilkan parameter yang konsisten dan efisien karena mempertimbangkan distribusi probabilitas return saham sehingga dapat digunakan sebagai input utama yang mempengaruhi hasil penilaian opsi. Oleh karena itu, kombinasi model Trinomial dengan estimasi volatilitas MLE dapat dijadikan metode kuantitatif yang relevan untuk menentukan harga opsi tipe Eropa dalam konteks pengambilan keputusan investasi di pasar modal.