

Penentuan Nilai Opsi Vanilla Tipe Eropa Multi Aset Menggunakan Metode Lattice Multinomial

Annisa Resnianty¹ Deni Saepudin² Rian Febrin Umbara³

^{1,2,3}Prodi Ilmu Komputasi Telkom University, Bandung

nisaresnianty@gmail.com denisaepudin@telkomuniversitv.ac.id rianum@telkomuniversitv.ac.id

Abstrak

Tugas akhir ini menentukan nilai opsi beli Vanilla tipe Eropa yang bergantung pada multi aset (dua aset). Nilai opsi dihitung dengan menggunakan metode *Lattice* Multinomial (Trinomial), modifikasi dari metode binomial karena terdapat tiga kemungkinan pergerakan harga saham yaitu pergerakan harga saham naik, harga saham turun dan harga saham tetap (nilainya tidak berubah).

Hasil yang diperoleh berupa nilai opsi beli tipe Eropa dalam suatu waktu jatuh tempo dan analisis pada sensitivitas terhadap variabel-variabel yang mempengaruhi harga opsi saham, contohnya harga kesepakatan dan suku bunga. Dari hasil yang didapatkan, nilai opsi pada waktu jatuh tempo enam hari adalah 11, 04514 dan semakin besar harga kesepakatannya maka nilai opsi semakin kecil dan semakin besar nilai suku bunga, maka nilai opsi akan semakin kecil.

Kata kunci : Opsi Vanilla Tipe Eropa, Opsi Beli, Multi Aset, Metode *Lattice*, *Lattice* Multinomial

Abstract

In this research, we discuss how to determine European option value depend on of multi-asset (two assets). The option value is calculated using Multinomial (Trinomial) Lattice methods, because there are three possible stock price movements. This improves upon binomial model by allowing stock price to move up, down or stay the same.

The result is an European style option value which is obtained with maturity time and analysis how sensitive an option value with the change of strike price and interest rate. The option value with maturity time 6 days is 11,04514 and the larger the value of strike price and interest rate, option value became smaller.

Keywords: *Vanilla Option, European Type, Call option, Multi assets, Lattice Method, Lattice Multinomial.*

1. Pendahuluan

Opsi adalah sebuah kontrak atau perjanjian antar dua pihak, salah satu pihak sebagai pembeli opsi dan lainnya sebagai pembuat opsi yang memberikan hak bagi pembeli opsi untuk membeli (opsi beli) atau menjual (opsi jual) suatu ataupun beberapa saham dengan waktu dan harga yang telah ditentukan. Opsi Vanilla yaitu opsi tipe Eropa dan Amerika, adalah salah satu opsi yang sering digunakan karena perhitungan opsi-nya lebih sederhana dibandingkan opsi Eksotik, contohnya opsi tipe Asia atau opsi Barrier. Perbedaan dari opsi tipe Eropa dan Amerika adalah pada tipe opsi Amerika pemilik opsi dibebaskan untuk memilih kapan mengeksekusi kontrak opsinya setiap waktu hingga waktu jatuh tempo (*maturity time*), sedangkan pada opsi tipe Eropa pemilik opsi di batasi hanya dapat menggunakan haknya pada waktu jatuh tempo. Jika melewati batas waktu jatuh tempo, maka opsi tidak dapat dieksekusi lagi.

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung opsi adalah metode *Lattice* karena dianggap mudah dan fleksibel. Metode *Lattice* memodelkan nilai pergerakan nilai saham hingga waktu jatuh tempo lalu menghitung estimasi nilai opsinya di $t = 0$. Metode ini semakin populer semenjak Cox, Ross, dan Rubenstein pada tahun 1979 memperkenalkan pohon Binomial dan pada tahun 2002, Hull memodifikasi dan mengenalkan metode

Trinomial standar. Perbedaan dari kedua metode tersebut adalah jumlah pergerakan nilai sahamnya. Jika pada Binomial hanya terdapat dua pergerakan yaitu nilai saham pada saat naik, dan turun, maka pada Trinomial terdapat tiga pergerakan yaitu nilai saham pada saat naik, tetap dan turun. Pada penelitian tugas akhir ini, metode yang digunakan adalah metode *Lattice* Multinomial yaitu *Lattice* Trinomial yang bergantung pada dua saham hingga menghasilkan pergerakan nilai saham berjumlah sembilan. Sudah banyak penelitian yang membahas tentang penggunaan metode Trinomial pada satu saham, maka pada permasalahan kali ini akan membahas penggunaan metode *Lattice* Multinomial dua saham.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Opsi

Opsi dalam saham adalah sebuah kontrak atau perjanjian antara dua pihak yang memberikan hak bukan kewajiban untuk membeli atau menjual suatu ataupun beberapa saham dengan waktu dan harga yang telah ditentukan. Opsi terdiri dua tipe yaitu opsi jual (*put option*) dan opsi beli (*call option*). Opsi jual memberikan hak kepada pemilik opsi untuk menjual suatu saham, sedangkan opsi beli adalah pemilik opsi (*holder*) mempunyai hak untuk membeli suatu saham dari pembuat opsi (*writer*) pada harga dan waktu yang disepakati.

Jenis opsi yang terkenal di pasar keuangan adalah opsi Vanilla dan opsi Eksotik. Opsi Vanilla, yaitu opsi tipe Eropa dan Amerika, perhitungan opsi-nya lebih sederhana dibandingkan dengan opsi Eksotik, seperti opsi Asia, ataupun Barrier.

Dalam menentukan harga opsi terdapat beberapa variabel yang berpengaruh, yaitu harga saham (S), harga kesepakatan (K), volatilitas (σ), suku bunga (r), dan waktu jatuh tempo (T).

2.2 Opsi tipe Eropa

Opsi tipe Eropa adalah opsi Vanilla yang paling banyak digunakan di pasar keuangan. Ciri khusus dari opsi tipe Eropa adalah waktu eksekusi yang dapat dilakukan oleh pemilik opsi hanya terbatas pada waktu jatuh tempo. Berbeda dengan opsi tipe Amerika yang dapat di eksekusi kapanpun selama dalam masa waktu kontrak hingga waktu jatuh tempo.

Dikarenakan terbatas hanya dapat di eksekusi pada waktu jatuh tempo, membuat perhitungan dan penaksiran nilai opsi Eropa menjadi paling mudah dibandingkan dengan tipe opsi lainnya.

Secara matematis, harga opsi beli dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$C = S - Ke^{-rt} - P \quad (1)$$

Dengan,

S : Harga saham pada waktu T

K : Harga kesepakatan

Dari persamaan tersebut, dapat disimpulkan jika pemilik opsi beli tidak memperoleh keuntungan jika nilai kesepakatnya lebih besar dibandingkan

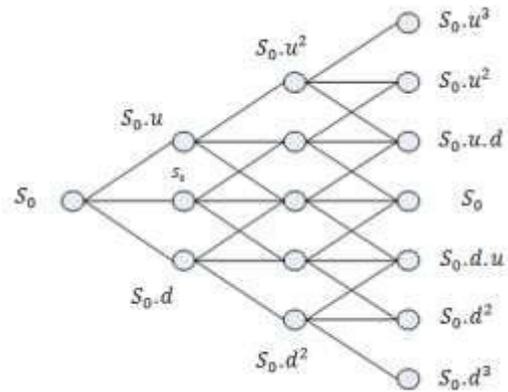
harga saham pada waktu T.

2.3 Metode Lattice

Metode *Lattice* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menentukan harga opsi. Metode ini dipopulerkan oleh Cox, Ross, dan Rubenstein yang memperkenalkan pohon Binomial pada tahun 1979. Lalu, pada tahun 2002 Hull memodifikasi dan memperkenalkan model Trinomial standar.

Metode *Lattice* terbagi menjadi metode Binomial, dimana hanya terdapat dua kemungkinan yaitu pergerakan saham naik dan turun dan metode Trinomial, dimana terdapat tiga kemungkinan yaitu pergerakan nilai saham naik yang dinotasikan dengan \uparrow pergerakan nilai saham tetap \rightarrow atau tidak mengalami perubahan nilai (netral), dan pergerakan

nilai saham turun \downarrow



Gambar 2.1. contoh Trinomial tree single asset

Kemungkinan nilai saham pada metode Trinomial pada saat waktu jatuh tempo akan lebih banyak nilainya dibandingkan dengan metode Binomial meskipun banyak langkah hingga waktu jatuh tempo sama.

2.4 Opsi Eropa Dua Aset dengan Metode Lattice

2.4.1 Return Saham

Return saham merupakan hasil yang diperoleh dari suatu investasi saham, berupa keuntungan yang ditandai dengan nilai return saham positif (*Capital Gain*) atau kerugian yang ditandai dengan nilai return saham negatif (*Capital Lost*).

Adapun persamaan untuk mencari nilai *return* saham adalah.

$$R = \frac{S_{t+\Delta t} - S_t}{S_t} \quad (2)$$

Dengan,

S_t = harga saham pada waktu t

$S_{t+\Delta t}$ = harga saham waktu t+1

2.4.2 Variansi

Variansi adalah suatu ukuran penyebaran data, yang digunakan untuk mengetahui seberapa jauh penyebaran data dari nilai ekspektasinya. Jika nilai variansi kecil, maka penyebaran data *return* saham mendekati nilai ekspektasi *return*. Sebaliknya, jika nilai variansi besar, maka penyebaran data *return* sahamnya menjauhi nilai ekspektasi.

Adapun persamaan untuk mencari nilai variansi adalah.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n-1} \quad (3)$$

Dengan,

R_i = *return* saham

\bar{R} = rata-rata *return* saham

n = jumlah data saham

2.4.3 Volatilitas

Volatilitas adalah tingkat ketidakpastian yang terjadi dalam bursa saham yang akan mempengaruhi

harga opsi.

Adapun persamaan untuk mencari nilai volatilitas adalah.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (4)$$

Dengan, σ^2 = variansi data return saham

2.4.4 Model Perubahan Harga Saham

Adapun persamaan stokastik diferensial pada penelitian tugas akhir ini adalah.

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t \quad (5)$$

Pada persamaan diatas, k adalah jumlah saham (nomor saham), harga saham dinotasikan dengan S dan waktu adalah t. perubahan harga saham

dinyatakan dengan μ . Sementara variabel W_t

adalah ekpektasi return yang bernilai konstan, variabel σ adalah volatilitas yang juga bernilai konstan dan dW_t adalah proses Wiener untuk saham S. Jika rasio hasil *dividen* nya kontinu,

dinotasikan dengan q, maka variabel W_t pada

persamaan stokastik diferensial diatas menjadi $dW_t -$

$q dt$

Untuk penelitian tugas akhir ini, nilai S_0

adalah variabel yang mewakili nilai saham yang

akan mengalami pergerakan nilai dengan metode

Lattice. Nilai S_0 diperoleh dengan menggunakan

2.4.5 Metode Lattice Trinomial untuk Dua Aset

Jika untuk kasus satu saham, pergerakan nilai sahamnya adalah naik, turun dan tetap maka untuk kasus dua saham pergerakan nilai sahamnya menjadi naik-naik, naik-tetap, naik-turun, tetap-naik, tetap-tetap, tetap-turun, turun-naik, turun-tetap, turun-turun. Berikut ini akan dijelaskan perhitungan opsi dua saham tipe Eropa menggunakan metode *Lattice Trinomial* dengan pergerakan saham berjumlah sembilan.

Kedua variabel yang mewakili nilai saham (S_1, S_2) di $(t, \Delta t)$. Sementara dinotasikan $S = (S_1, S_2)$

variabel $h = 1, 2$ adalah penambahan pergerakan masing-masing nilai X. Pada $S = (S_1, S_2)$,

(S_1, S_2) mempunyai 9 pergerakan nilai X, $S = (S_1, S_2)$

yaitu: (S_1, S_2)

- $(S_1 + h_1, S_2 + h_2)$

- $(S_1^{(1)} + h, S_2^{(2)})$

$1, 2, 2$

$(S_1 + h, S_2 - h)$

- $(S_1, S_2 - 1, 2, 2)$

$(S_1, S_2 + h)$

- $(S_1, S_2 - 2, 2)$

- (S_1, S_2)

$1, 2, 2$

$(S_1, S_2 - h)$

- $(S_1, S_2 - 2, 2)$

- $(S_1 - h_1, S_2 + h_2)$

$(S_1 - h, S_2^{(2)})$

- $(S_1, S_2 - 1, 2, 2)$

variabel nilai saham pada waktu t , suku bunga bebas risiko (r), dan volatilitas σ

Adapun persamaan untuk mencari nilai $S(t)$ adalah.

$$S(t) \equiv \ln(S(0)) - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) t \quad (6)$$

Jika $t = 0$ maka persamaan (6) dapat ditulis kembali menjadi.

$$S(0) = \ln(S(0)) \quad (7)$$

Dengan mengaplikasikan model Lemma Ito [1], persamaan (6) dituliskan menjadi.

$$dS = S(r - \frac{1}{2}\sigma^2)dt + \sigma S dz \quad (8)$$

Apabila nilai sahamnya $S(t)$, adapun perhitungannya diperoleh dari persamaan (6)

$$S(t) = S(0) e^{\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) t + \sigma z}$$

Lalu, dari persamaan (8), diperoleh.

$$dS = S \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) dt + \sigma S dz$$

Sehingga mendapatkan persamaan untuk menghitung nilai saham $S(t)$, yaitu

$$S(t) = S(0) e^{\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) t + \sigma z}$$

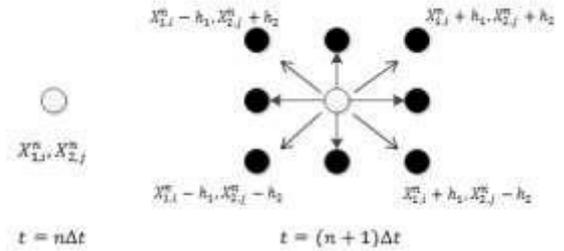
$$S(t) = S(0) e^{\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) t + \sigma z}$$

$$\bullet \left(S_1 - h_1, S_2 - h_2 \right)$$

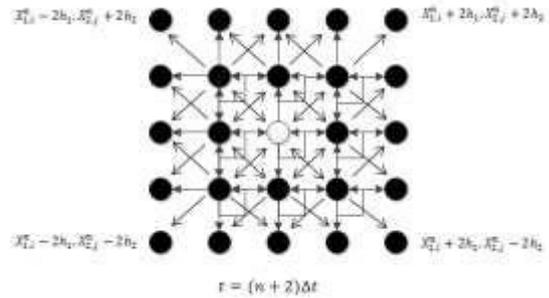
$$1, 1, 2, 2$$

Berikut adalah contoh pergerakan Trinomial nilai variabel S_1, S_2 pada $t =$

$$t, (t+1)\Delta t \text{ dan } t = (t+2)\Delta t$$



Gambar 2.2 Pergerakan Trinomial dua saham untuk $t = \Delta t$ dan $t = (n + 1)\Delta t$



Gambar 2.3 Pergerakan Trinomial dua saham untuk $t = (n + 2)\Delta t$

2.4.6 Peluang untuk Pergerakan Nilai Aset

Pada pergerakan trinomial (3 arah) pada waktu t dan $t+\Delta t$ terdapat sembilan keadaan; Pdu, Pdm, Pdd adalah peluang harga saham naik-naik, naik-tetap, naik-turun, tetap-turun, tetap-tetap, tetap-turun, turun-naik, turun-tetap, turun-turun seperti dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 (X_{1,t}^{n+1}, X_{2,t}^{n+1}) = & \begin{cases} (X_{1,t}^{(n)} + h_1, X_{2,t}^{(n)} + h_2), & \text{up, up dengan peluang } P_{uu} \\ (X_{1,t}^{(n)} + h_1, X_{2,t}^{(n)}), & \text{up, middle dengan peluang } P_{um} \\ (X_{1,t}^{(n)} + h_1, X_{2,t}^{(n)} - h_2), & \text{up, down dengan peluang } P_{ud} \\ (X_{1,t}^{(n)}, X_{2,t}^{(n)} + h_2), & \text{middle, up dengan peluang } P_{mu} \\ (X_{1,t}^{(n)}, X_{2,t}^{(n)}), & \text{middle, middle dengan peluang } P_{mm} \\ (X_{1,t}^{(n)}, X_{2,t}^{(n)} - h_2), & \text{middle, down dengan peluang } P_{md} \\ (X_{1,t}^{(n)} - h_1, X_{2,t}^{(n)} + h_2), & \text{down, up dengan peluang } P_{du} \\ (X_{1,t}^{(n)} - h_1, X_{2,t}^{(n)}), & \text{down, middle dengan peluang } P_{dm} \\ (X_{1,t}^{(n)} - h_1, X_{2,t}^{(n)} - h_2), & \text{down, down dengan peluang } P_{dd} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan nilai sembilan peluang dan pergerakan pada h_1, h_2 harus mempunyai mean 0,

variansi Δt dengan kovarian Δt dari proses kontinu W_1, W_2 dalam persamaan (9) dan penjumlahan semua nilai peluang harus sama dengan 1.

$$h_1 = \sigma_1 \sqrt{\Delta t} \quad h_2 = \sigma_2 \sqrt{\Delta t} \quad (9)$$

$$P_{uu} + P_{um} + P_{ud} + P_{mu} + P_{mm} + P_{md} + P_{du} + P_{dm} + P_{dd} = 1 \quad (10)$$

2.4.7 Payoff Nilai Opsi Tipe Eropa Dua Aset

Dalam menentukan nilai opsi yang nilainya bergantung pada dua saham, fungsi *payoff*

dinotasikan dengan $V = \Lambda(S_1, S_2)$ pada $t = T = 0$ sehingga fungsi *payoff* opsi *call* tipe Eropa untuk $k=2$, nilai kesepakatan (K), dan nilai $K_1, K_2 = -N+1, -N+2, \dots, N-2, N-1, N$ adalah sebagai berikut.

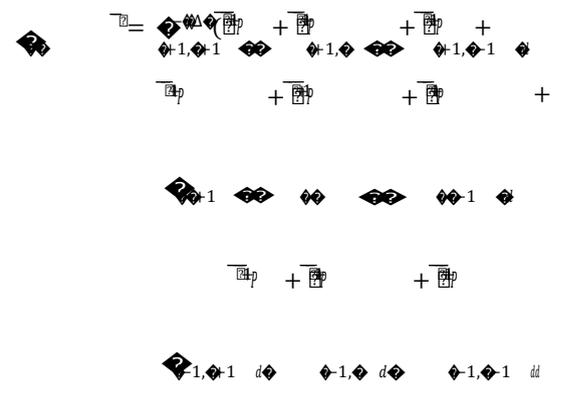
$$\Lambda(S_1, S_2) = \max \{ S_1 + S_2 - (K_1 + K_2), 0 \}$$

2.4.8 Diskonto Ekspektasi Payoff

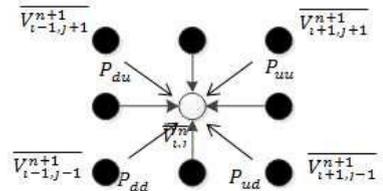
Nilai ekspektasi *payoff* atau nilai harapan keuntungan adalah nilai yang akan diperoleh untuk mengetahui keuntungan dalam mengeksekusi opsi setelah mengalikannya dengan peluang kenaikan nilai asetnya. Nilai opsi diperoleh dengan mencari nilai di $t=0$ pada ekspektasi *payoff* setelah menghitung nilai

Nilai ekspektasi *payoff* diperoleh setelah mendapatkan nilai *payoff* di waktu jatuh tempo, lalu

dihitung berdasarkan peluang pergerakannya masing-masing. Setelah diperoleh semua nilai peluang disetiap node, maka dilakukan perhitungan ekspektasi *payoff* untuk $n = N-1 \dots 0$ dan dilakukan perhitungan diskontonya, yaitu nilai ekspektasi *payoff* dikalikan dengan faktor diskon, dikarenakan opsi saham juga dapat berfungsi sebagai diskon. Investor dapat menawar harga saham yang akan dibeli agar harganya lebih murah sehingga investor mendapat premi dalam jumlah tertentu. Persamaan diskon ekspektasi *payoff* untuk menentukan nilai opsi adalah sebagai berikut.



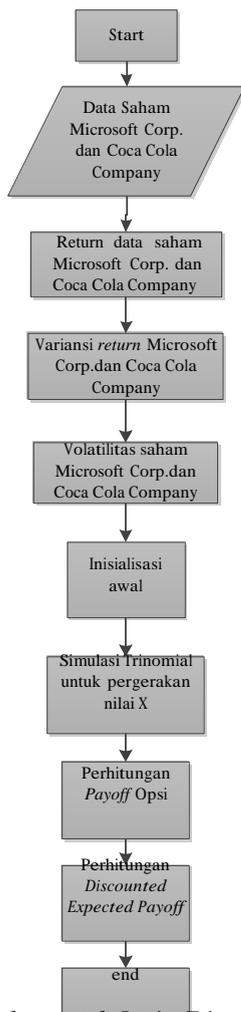
Berikut adalah contoh pergerakan nilai diskonto ekpektasi *payoff* untuk memperoleh estimasi nilai opsi di t .



Gambar 2.4 Pergerakan nilai diskonto ekspektasi *payoff*

3. Perancangan Sistem
3.1 Flowchart Perhitungan Nilai Opsi Call Eropa Multiaset

ekspektasi *payoff* pada waktu jatuh tempo. Nilai ekspektasi *payoff* pada waktu jatuh tempo adalah nilai *payoff* itu sendiri. Untuk menghitung *payoff* diperlukan nilai pergerakan saham (σ_1, σ_2), suku bunga (r), volatilitas untuk masing-masing aset (σ_1, σ_2), dan harga kesepakatan (K) pada waktu jatuh tempo.

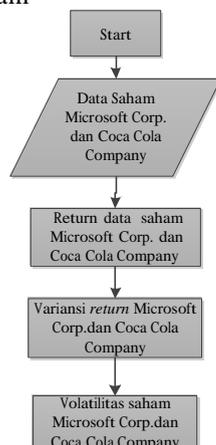


Gambar 3.1 Flowchart metode Lattice Trinomial dua aset

1. Penentuan data

Data yang digunakan berasal dari <http://finance.yahoo.com> yaitu data saham Microsoft Corporation [8] dan Coca Cola Company [9] dari tanggal 7 Agustus 2013 hingga tanggal 7 Agustus 2015.

2. Penentuan nilai return, variansi dan volatilitas pada data saham



Gambar 3.2 Alur menentukan nilai Return, Variansi, Volatilitas untuk dua Saham

Perhitungan Return, Variansi, dan Volatilitas pada dua data saham dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2),(3), dan (4).

3. Inisialisasi awal

Pada tahap ini dilakukan pendefinisian variabel-variabel yang berpengaruh terhadap penentuan nilai opsi call Eropa. Variabel-variabel tersebut adalah harga awal saham acuan (S_0), harga kesepakatan (K), waktu jatuh tempo (T).

4. Simulasi Trinomial untuk nilai $(X(1,2))$

Pada tahap ini dilakukan simulasi Trinomial untuk menemukan semua kemungkinan nilai S_n pada $t = 1, 2, \dots, N$. Simulasi multinomial menunjukkan semua kemungkinan nilai pada pergerakan nilai naik, tetap dan turun.

5. Penentuan nilai opsi dua saham



Gambar 3.3. Alur untuk menentukan estimasi harga opsi

Langkah-langkah dalam penentuan nilai opsi dua saham adalah sebagai berikut :

1. Hitung *payoff* nilai opsi S_n pada $t = N$ atau waktu jatuh tempo menggunakan persamaan (11) dengan $S_N = -N + 1, -N + 2, \dots, N - 2, N - 1, N$
2. Hitung diskonto ekspektasi *payoff* dengan menerapkan *backward* phase dengan menggunakan persamaan (12). Perhitungan diskonto ekspektasi *payoff* untuk $n = N - 1 \dots 0$ yaitu dimulai dari akhir node (N) hingga memperoleh nilai di $n = 0$ atau di waktu jatuh tempo (T) hingga memperoleh nilai di $t=0$.
3. S_0 pada waktu $t=0$ adalah estimasi nilai opsi.

4. Hasil Analisis

4.1. Perhitungan Nilai Opsi Beli (Call) untuk Dua Saham

Pada bab ini akan dilakukan perhitungan nilai opsi tipe Eropa atas dua saham yaitu data saham Microsoft Corporation (MSFT) dan Coca Cola Company (KO) dengan waktu jatuh tempo 6 hari. Data saham di peroleh melalui situs resmi yahoo finance yang di ambil dari tanggal 7 Agustus 2013 sampai 7 Agustus 2015.

Harga saham yang akan di jadikan acuan dalam perhitungan ini adalah harga transaksi terakhir (*Close*) masing-masing perusahaan pada tanggal 7 Agustus 2015 yaitu harga saham MSFT dengan nilai

S_0 pada 46.74 dan harga saham KO dengan nilai S_0 41.77.

Dari kedua data saham yang telah dijadikan acuan dapat dihitung nilai *return* dari masing-masing data saham tersebut. Keuntungan (*capital gain*) diperoleh jika *return* saham bernilai positif dan sebaliknya mengalami kerugian (*capital lost*) apabila *return* saham bernilai negatif.

Setelah menghitung nilai *return*, maka dapat diperoleh nilai variansi dan nilai volatilitas dengan persamaan (3) dan (4) untuk Microsoft Corporation (MSFT) dan Coca Cola Company (KO).

- Variansi MSFT (σ^2) = 0.00020664
- Volatilitas MSFT (σ) = 0.014275
- Variansi KO (σ^2) = 0.000078
- Volatilitas KO (σ) = 0.008832

Dengan menggunakan persamaan (7), di peroleh nilai σ untuk MSFT yaitu 3,8446,

sementara nilai σ untuk KO adalah 3,732178.

Nilai tersebut akan digunakan untuk acuan simulasi Trinomial yang menunjukkan nilai kemungkinan

σ di $t = 1, 2, \dots$

Pada pergerakan ke $t = 6$, didapatkan nilai kemungkinan pergerakan Trinomial

(σ , σ) masing-masing sebanyak 531441.

t	Jumlah pergerakan X
1	9
2	81
3	729
4	6561
5	59049
6	531441

Tabel 4.3. Jumlah pergerakan X hingga waktu jatuh tempo

Setelah mendapatkan semua kemungkinan nilai σ menggunakan simulasi Trinomial, selanjutnya adalah menghitung nilai *payoff*. Beberapa nilai *payoff* yang diperoleh pada $T = 6$ dengan nilai peluang $P_{uu}, P_{um}, P_{ud}, P_{mu}, P_{mm}, P_{md}, P_{du}, P_{dm}, P_{dd} = 1/9$ adalah sebagai berikut.

15.89515
15.89515
15.89515
15.17378
15.17378
15.17378
14.46264

14.46264
14.46264
15.89515
....
7.882665
7.882665
7.882665
9.12461
9.12461
9.12461
8.499205
8.499205
8.499205
7.882665
7.882665
7.882665

Table 4.4 sampel nilai *payoff* pada $T=6$

Total nilai *payoff* yang diperoleh pada $t = 6$ berjumlah 531.441. Seluruh nilai *payoff* di T digunakan untuk menghitung nilai diskonto

ekspektasi *payoff* pada $t = 5, 4, 3, 2, 1, 0$ dengan menerapkan *backward phase* yaitu menghitung mundur nilai opsi dari node-node paling akhir menuju node pertama. Untuk menghitung nilai diskonto ekspektasi *payoff*, adalah dengan mengalikan nilai peluang kedua saham yaitu $P_{uu}, P_{um}, P_{ud}, P_{mu}, P_{mm}, P_{md}, P_{du}, P_{dm}, P_{dd} = 0,11$ dengan nilai suku bunga tahunan (r) 2.52% yang diperoleh dari situs U.S Department of Treasury [10]. Karena waktu jatuh temponya adalah 6 hari, maka nilai suku bunga yang digunakan adalah suku bunga harian yaitu 0.0069%.

Selanjutnya, setelah menghitung nilai diskonto ekspektasi *payoff* maka dapat diperoleh nilai opsinya di $t = 0$. Hasil nilai opsi *call* tipe Eropa yang bergantung pada dua saham untuk waktu jatuh tempo 6 hari adalah 11,04514.

a. Analisis Sensitivitas Pengaruh Nilai Opsi

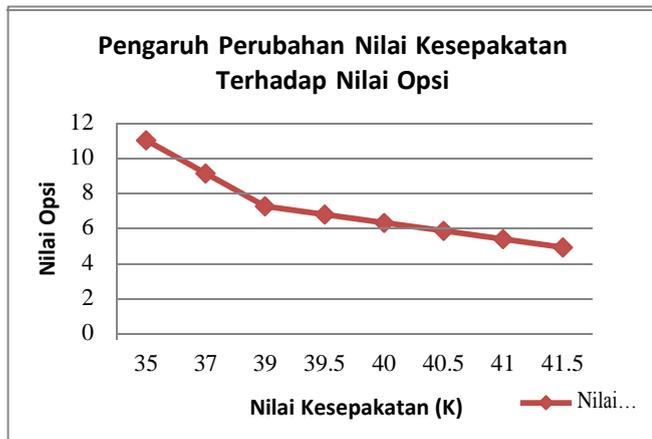
Pengujian terhadap sensitivitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan harga kesepakatan/*strike price* (K) terhadap nilai opsi, dengan $T = 6$ hari, $n = 6$ nilai $r = 0.0069$ dan pengujian terhadap beberapa nilai $K = 35, 37, 39, 39.5, 40, 40.5, 41, 41.5$.

K	Nilai Opsi
---	------------

35	11.04514
37	9.16295706

39	7.28077614
39.5	6.81023091
40	6.33968568
40.5	5.86914046
41	5.39859523
41.5	4.92805

Tabel 4.5. Nilai opsi terhadap perubahan harga kesepakatan (K) pada T=6



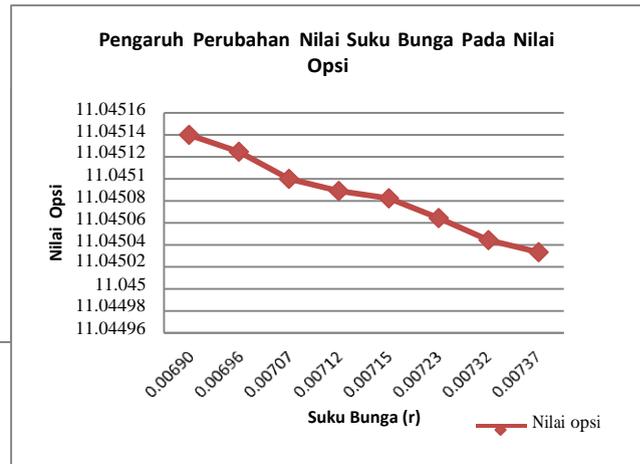
Gambar 4.6. grafik nilai opsi terhadap perubahan harga kesepakatan di T=6

Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa perubahan *strike price* (K) mempengaruhi harga opsi. Semakin besar nilai *strike price*-nya, maka harga opsi akan semakin turun.

Pengujian yang dilakukan selanjutnya adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai *interest rate* (r) terhadap nilai opsi, dengan nilai $r = 0.0069$, $n = 6$, $T = 6$ hari dan beberapa nilai r perhari = 0.00690%, 0.00695%, 0.00706%, 0.00712%, 0.00715%, 0.00723%, 0.00731%, 0.00736%.

K	r (per tahun)	r (per hari)	Nilai Opsi
35	2.52	0.00690411	11.04514
	2.54	0.0069589	11.0451246
	2.58	0.00706849	11.04510008
	2.6	0.00712329	11.04508894
	2.61	0.00715068	11.04508225
	2.64	0.00723288	11.04506442
	2.67	0.00731507	11.04504436
	2.69	0.00736986	11.04503322

Tabel 4.7. Nilai opsi terhadap perubahan nilai suku bunga (r) pada T=6



Gambar 4.8. grafik nilai opsi terhadap perubahan nilai suku bunga (r) di T=6

Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa perubahan *interest rate* (r) mempengaruhi harga opsi. Semakin besar nilai *interest rate*-nya, maka harga opsi akan semakin turun.

Analisis untuk pengujian diatas adalah harga opsi bisa dipengaruhi oleh berbagai macam variabel, contohnya adalah nilai kesepakatan dan suku bunga. Hal ini dapat dilihat pada pengujian pengaruh nilai opsi pada perubahan harga kesepakatan dan perubahan suku bunga.

5. Penutup

a. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan untuk menentukan nilai opsi beli tipe Eropa bergantung pada dua saham menggunakan metode *Lattice Trinomial*, hasil yang diperoleh adalah 11.04514. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap pengaruh perubahan suku bunga dan harga kesepakatan. Analisa dari hasil pengujian tersebut adalah harga opsi bisa dipengaruhi oleh beberapa variabel, contohnya suku bunga dan harga kesepakatan. Hal ini dapat dilihat pada pengujian pengaruh nilai opsi terhadap perubahan harga kesepakatan dan suku bunga. Semakin besar harga kesepakatannya maka hari opsi semakin menurun. Begitu pula suku bunga. Semakin besar suku bunga, harga opsi akan semakin menurun meskipun nilainya tidak berbeda jauh.

b. Saran

1. Kapasitas RAM pada perangkat keras yang digunakan untuk melakukan penelitian Tugas Akhir ini diharapkan tidak kurang dari 4 GB, karena jika tidak menggunakan kapasitas yang besar maka akan memakan waktu yang lama.
2. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan ada perbandingan antara metode yang digunakan yaitu metode *Lattice* Trinomial dengan metode lainnya.
3. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan dimasa mendatang adanya nilai yang diperoleh dari market, yang akan digunakan untuk perbandingan akurasi hasil estimasi opsi.

Daftar Pustaka

- [1] Øksendal, B. 1998. *Differensial Equations, An Introduction with Application*. Fifth Edition, Springer.
- [2] Capinski, M., & Zastawniak, T. *Mathematics for Finance : An Introduction to Financial Engineering*. Springer.
- [3] Clifford, Paul., Wang, Yan., & Zhang, Kevin. 2010. *Pricing Option Using Trinomial Trees*.
- [4] Liu, R. H., & Zhao, J.L. 2013. *A lattice method for option pricing with two underlying assets in regime-switching model*.
- [5] Moon, Kyoung-Sook., Kim, Jung-Won., & Kim, Hoongjoong. 2007. *Adaptive lattice methods for multi-asset models*
- [6] Pradhitya, K. A. S., Susanto, Bambang., & Parhusip, H. A. *Perhitungan Harga Opsi Eropa Menggunakan Metode Gerak Brown Geometri*.
- [7] Seydel, Rüdiger. U. *Tools for Computational Finance*, Fifth Edition, Springer.
- [8] <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=MSFT+Historical+Prices>
- [9] <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=KO+Historical+Prices>
- [10] <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=longtermrateYear&year=2015>