PERBANDINGAN METODE JARROW-RUDD *TREE* DAN COX ROSS-RUBINSTEIN *TREE* DALAM PENENTUAN NILAI OPSI *VANILLA* TIPE EROPA

SKRIPSI

OLEH
RUTBAH
NIM. 16610075

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERBANDINGAN METODE JARROW-RUDD *TREE* DAN COX ROSS-RUBINSTEIN *TREE* DALAM PENENTUAN NILAI OPSI *VANILLA* TIPE EROPA

SKRIPSI

Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Oleh
RUTBAH
NIM. 16610075

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2020

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERBANDINGAN METODE JARROW-RUDD *TREE* DAN COX ROSS-RUBINSTEIN *TREE* DALAM PENENTUAN NILAI OPSI *VANILLA* TIPE EROPA

SKRIPSI

Oleh
RUTBAH
NIM. 16610075

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 18 Desember 2020

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Abdul Aziz, M.Si	Evawati Alisah, M.Pd
NIP. 19760318 200604 1 002	NIP. 19720604 199903 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERBANDINGAN METODE JARROW-RUDD *TREE* DAN COX ROSS-RUBINSTEIN *TREE* DALAM PENENTUAN NILAI OPSI *VANILLA* TIPE EROPA

SKRIPSI

Oleh
RUTBAH
NIM. 16610075

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal 30 Desember 2020

Penguji Utama	: Prof. Dr. H. Turmudzi, M.Si, Ph.D NIP. 19571005 198203 1 006	.....
Ketua Penguji	: Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si NIDT. 19900709 20180201 2 228	.....
Sekretaris Penguji	: Abdul Aziz, M.Si NIP. 19760318 200604 1 002	.....
Anggota Penguji	: Evawati Alisah, M.Pd NIP. 19720604 199903 2 001	.....

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rutbah

NIM : 16610075

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Perbandingan Metode Jarrow-Rudd *Tree* dan Cox Ross-Rubinstein *Tree* dalam Penentuan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, dan bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 30 Desember 2020
Yang membuat pernyataan,

Rutbah
NIM. 16610075

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MOTTO

“Keyakinan tidak bisa dihilangkan dengan keraguan”

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Abah Nursin dan Ummi Maimunah, serta saudara-saudaraku tercinta yang selalu berdoa untuk kesuksesan penulis dan memberikan bimbingan serta dukungan, baik moril maupun materiil.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Swt. atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak dalam proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan terutama kepada:

1. Prof. Dr. Abd. Haris, M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Usman Pagalay, M.Si, selaku ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Abdul Aziz, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, nasihat, motivasi, dan berbagai pengalaman yang berharga bagi penulis.
5. Evawati Alisah, M.Pd, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan, motivasi, nasihat, dan berbagi ilmunya kepada penulis.
6. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

terutama seluruh dosen, terimakasih atas segala ilmu dan bimbinganya.

7. Abah Nursin dan Ummi Maimunah yang selalu memberikan doa, nasihat, semangat, serta motivasi kepada penulis sampai saat ini.
8. Adikku Muhammad Kholilullah dan Hasan Nasrullah yang selalu memberikan doa dan motivasi kepada penulis sampai saat ini.
9. Seluruh teman-teman mahasiswa di Jurusan Matematika angkatan 2016, terutama teman-teman anggota "Ngiler" dan "Bimbingan Option 2016" yang berjuang bersama-sama untuk meraih mimpi, terimakasih atas kenang-kenangan indah yang dirajut bersama dalam menggapai impian.
10. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik moril maupun materiil.

Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 7 November 2020

Penulis

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGAJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

HALAMAN MOTTO

HALAMAN PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR SIMBOL xv

ABSTRAK xvii

ABSTRACT xviii

الملخص xix

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan 6
1.4 Manfaat 6
1.5 Batasan Masalah 7
1.6 Metode Penelitian 7
1.7 Sistematika Penulisan 8

BAB II KAJIAN PUSTAKA 10

2.1 Distribusi Normal 10
2.2 Distribusi Binomial 12
2.3 Distribusi Lognormal untuk Harga Saham 13
2.4 Proses Stokastik untuk Harga Saham 14
2.5 Saham dan Opsi 15
2.6 Model *Black-Scholes* 19
2.7 Volatilitas dan *Return* Harga Saham 20
2.8 Metode Cox Ross-Rubinstein *Tree* untuk Harga Saham 22
2.9 Metode Jarrow-Rudd *Tree* untuk Harga Saham 26

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.10 Nilai Galat (*Error*) dan Kekonvergenan 27
2.11 Integrasi Al-Quran..... 28
2.11.1 Investasi dalam Perspektif Islam.....28
2.11.2 Dasar Hukum Investasi dalam Islam.....29
2.11.3 Akad dalam Investasi 31

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN 33
3.1 Aproksimasi Analitik Metode JR *Tree*..... 33
3.2 Simulasi Numerik Metode JR *Tree* dan CRR *Tree* pada Penentuan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa..... 39
3.2.1 Penentuan Nilai Parameter menggunakan Data Historis Saham 39
3.2.2 Penentuan Harga Saham Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*.....42
3.2.3 Perhitungan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*.....47
3.2.4 Perhitungan Nilai Opsi *Vanilla* tipe Eropa dan *Error*-nya Metode JR *Tree* dan CRR *Tree* dengan Banyak Partisi 56
3.3 Perbandingan Hasil Metode JR *Tree* dan CRR *Tree* pada Penentuan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa..... 62
3.3.1 Perbandingan Nilai Opsi *Call* Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*.....62
3.3.2 Perbandingan Nilai Opsi *Put* Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*.....66

BAB IV PENUTUP 71
4.1 Kesimpulan..... 71
4.2 Saran..... 72

DAFTAR PUSTAKA 73

LAMPIRAN.....76

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai-Nilai Kemungkinan Harga Saham Metode CRR *Tree* 44

Tabel 3.2 Nilai-Nilai Kemungkinan Harga Saham Metode JR *Tree* 45

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Nilai Opsi *Call* dan *Payoff* Metode JR *Tree*..... 48

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Nilai Opsi *Call* dan *Payoff* Metode CRR *Tree* ... 50

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Nilai Opsi *Put* dan *Payoff* Metode JR *Tree*..... 52

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Nilai Opsi *Put* dan *Payoff* Metode CRR *Tree* 54

Tabel 3.7 Perbandingan Opsi *Call* JR *Tree* dan CRR *Tree* Terhadap *Black-Scholes* 63

Tabel 3.8 Perbandingan Opsi *Put* JR *Tree* dan CRR *Tree* Terhadap *Black-Scholes* 66

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Perubahan Harga Saham dan Nilai Opsi (Aziz, 2009) 22

Gambar 2.2 Prinsip Metode Binomial (Aziz, 2009) 23

Gambar 2.3 Skema Fluktuasi Harga Saham secara CRR *Tree* (Aziz, 2009).25

Gambar 3.1 Proses Percabangan Binomial 33

Gambar 3.2 Perubahan Harga Saham Terdistribusi Normal.....34

Gambar 3.3 Grafik Pergerakan Harga Saham Merck & Co., Inc. 39

Gambar 3.4 Model Perubahan Harga Saham Metode CRR *Tree* dan JRR *Tree* 43

Gambar 3.5 Perubahan Harga Saham Metode CRR *Tree*.....45

Gambar 3.6 Perubahan Harga Saham Metode JR *Tree*.....46

Gambar 3.7 Model Perhitungan Nilai Opsi 47

Gambar 3.8 Nilai Opsi *Call* dan *Payoff* Metode JR *Tree* 49

Gambar 3.9 Nilai Opsi *Call* dan *Payoff* Metode CRR *Tree*.....51

Gambar 3.10 Nilai Opsi *Put* dan *Payoff* Metode JR *Tree*.....53

Gambar 3.11 Nilai Opsi *Put* dan *Payoff* Metode CRR *Tree* 54

Gambar 3.12 Grafik Opsi *Call* JR *Tree* dan *Black-Scholes* 56

Gambar 3.13 Grafik Opsi *Call* CRR *Tree* dan *Black-Scholes* 57

Gambar 3.14 Grafik Nilai *Error* Opsi *Call* JR *Tree* 58

Gambar 3.15 Grafik Nilai *Error* Opsi *Call* CRR *Tree*.....58

Gambar 3.16 Grafik Opsi *Put* JR *Tree* dan *Black-Scholes* 59

Gambar 3.17 Grafik Opsi *Put* CRR *Tree* dan *Black-Scholes*.....60

Gambar 3.18 Grafik Nilai *Error* Opsi *Put* JR *Tree*.....61

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Gambar 3.19 Grafik Nilai *Error* Opsi *Put* CRR *Tree* 61

Gambar 3.20 Perbandingan Konvergensi Nilai Opsi *Call* JR *Tree* dan CRR *Tree* Terhadap *Black-Scholes* 64

Gambar 3.21 Perbandingan Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Call* JR *Tree* dan CRR *Tree* 65

Gambar 3.22 Perbandingan Konvergensi Nilai Opsi *Put* JR *Tree* dan CRR *Tree* Terhadap *Black-Scholes* 67

Gambar 3.23 Perbandingan Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Put* JR *Tree* dan CRR *Tree* 69

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR SIMBOL

Adapun simbol-simbol yang digunakan dalam penelitian ini memiliki makna sebagai berikut:

S : Harga saham

S_T : Harga saham saat jatuh tempo

S_0 : Harga saham awal

S_u : Harga saham ketika naik

S_d : Harga saham ketika turun

S_i : Harga saham pada interval ke-i

u : Faktor naik

d : Faktor turun

p : Peluang harga saham naik

q : Peluang harga saham turun

u_1 : Faktor naik CRR *Tree*

d_1 : Faktor turun CRR *Tree*

p_1 : Peluang harga saham naik CRR *Tree*

u_2 : Faktor naik JR *Tree*

d_2 : Faktor turun JR *Tree*

p_2 : Peluang harga saham naik JR *Tree*

i : Indeks waktu

t : Periode atau waktu

t_i : Periode pada interval ke-i

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

t_0 : Periode awal

t_1 : Periode pertama atau ke-1

σ : Volatilitas harga saham

e : Bilangan eksponensial

r : Tingkat suku bunga bebas risiko

C : *Payoff* opsi *call*

P : *Payoff* opsi *put*

T : Waktu jatuh tempo

K : Harga kesepakatan atau s*trike price*

K_{call} : Harga kesepakatan opsi *call*

K_{put} : Harga kesepakatan opsi *put*

V : Nilai opsi

V_0 : Nilai opsi awal

V_c : Nilai opsi *call*

V_p : Nilai opsi *put*

V_{BC} : Nilai *Black-Scholes* untuk opsi *call*

V_{BP} : Nilai *Black-Scholes* untuk opsi *put*

M : Banyak iterasi atau partisi

Δt : Jarak setiap partisi waktu

W : Gerak brown

Φ : Fungsi kumulatif pada distribusi normal

ε_a : Galat yang dinormalisasi pada nilai aproksimasi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRAK

Rutbah. 2020. **Perbandingan Metode Jarrow-Rudd *Tree* dan Cox Ross-Rubinstein *Tree* alam Penentuan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa.** Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Abdul Aziz, M. Si. (II) Evawati Alisah, M. Pd.

Kata kunci: *Black-Scholes*, Cox Ross-Rubinstein *Tree*, Jarrow-Rudd *Tree*, Opsi Eropa, Opsi *Vanilla*

Saham merupakan investasi yang beresiko tinggi, sehingga dibutuhkan opsi untuk mengurangi resiko dalam saham. Penentuan nilai opsi secara analitik menggunakan model *Black-Scholes* dan beberapa pendekatan metode secara numerik salah satunya adalah metode Cox Ross-Rubinstein (CRR) *Tree*. Metode Jarrow-Rudd (JR) *Tree* merupakan modifikasi dari metode CRR *Tree* untuk menghitung nilai opsi secara numerik.

Penelitian ini menggunakan metode JR *Tree* dan CRR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* (*call* dan *put*) tipe Eropa. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan dari kedua metode tersebut terhadap solusi analitik *Black-Scholes* setelah dilakukan proses aproksimasi analitik dan simulasi numerik. Partisi yang digunakan dalam simulasi numerik sebanyak 200 untuk melihat konvergensi nilai opsi *call* dan *put* dari kedua metode, yakni JR *Tree* dan CRR *Tree*.

Hasil simulasi numerik pada metode JR *Tree* tidak berbeda jauh dengan hasil perhitungan menggunakan model *Black-Scholes.* Semakin banyak partisi yang dilakukan, semakin nilai opsi mendekati nilai analitik (*Black-Scholes*). Dengan demikian, metode Jarrow-Rudd *Tree* dalam penentuan nilai opsi *call* dan *put* lebih cepat konvergen pada nilai *Black-Scholes.* Hal ini juga dibuktikan dengan nilai *error* dari kedua metode yang menunjukkan bahwa nilai *error* Jarrow-Rudd *Tree* lebih cepat konvergen menuju angka nol.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRACT

Rutbah. 2020. **Comparison of Jarrow-Rudd Tree Method and Cox Ross-Rubinstein Tree Method in Determining the Value of European Vanilla Option Pricing.** Theses. Mathematics Department Science and Technology Faculty, State of Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Abdul Aziz, M. Si. (II) Evawati Alisah, M. Pd.

Keywords: Black-Scholes, Cox Ross-Rubinstein Tree, European Option, Jarrow-Rudd Tree, Vanilla Option

Stock is a high-risk investment, so an option is needed to reduce the risk in stocks. Analytical determination of option value uses the Black-Scholes model and several numerical method approaches, one of which is the Cox Ross-Rubinstein (CRR) Tree method. The Jarrow-Rudd (JR) Tree method is a modification of the CRR Tree method to calculate the option value numerically.

This study uses the JR Tree and CRR Tree methods in determining the value of the European vanilla option (call and put). The purpose of this study was to determine the comparison of the two methods to the Black-Scholes analytical solution after analyzing approximation processes and numerical simulations. The 200 partitions were used in the numerical simulation to see the convergence of the call and put option values of the two methods, the JR Tree and CRR Tree.

The numerical simulation results on the JR Tree method are not much different from the results of calculations using the Black-Scholes model. The more partitions performed, the more the option value approached the analytical value (Black-Scholes). Thus, the Jarrow-Rudd Tree method in determining the value of call and put options converge faster on the Black-Scholes value. This is also evidenced by the error value of the two methods which show that the Jarrow-Rudd Tree error value converges faster to zero.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

الملخص

رتبة، **مقارنة طريقة شجرة جارو رود وشجرة شوكس روس روبينستين في تعيين القيمة من خيار فانيلا بشكل أوروبا**. البحث العلمي. قسم الرياضيات كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. تحت إشراف: (1) عبد العزيز الماجستير و(2) إيفاواتي أليساه الماجستير.

الكلمات المفتاحية: أسود سكولز، شجرة شوكس روس روبينستين، شجرة جارو رود، خيار أوروبا، خيار فانيلا

السهم هو الاستثمار الذي يمتلك المخاطرة العالية فإنه في الحاجة إلى الخيار لتقليل المخاطرة. ويستخدم تعيين قيمة الخيار تحليليا نموذج أسود سكولز وبعض مداخل الطرق بشكل عددي، منها طريقة شجرة شوكس روبينستين. إن طريقة شجرة جارو رود هي التغيير من طريقة شجرة شوكس روبينستين التي تُستخدَم لحساب قيمة الخيار بشكل عددي.

يستخدم هذا البحث طريقة شجرة جارو رود وطريقة شجرة شوكس روبينستين لتعيين القيمة من خيار فانيلا (الدعوة والوضع) بشكل أوروبا. يهدف هذا البحث إلى معرفة المقارنة بين هتين الطريقتين على الحل التحليلي لأسود سكولز بعد قيام عملية التقارب التحليلي والتظاهر العددي. وعدد الأجزاء المستخدمة في التظاهر العددي هي 200، لنظر تقارب القيمة من خيار الدعوة والوضع من هتين الطريقتين، طريقة شجرة جارو رود وطريقة شجرة شوكس روبينستين.

لا تخالف كثيرا نتيجة التظاهر العددي في طريقة شجرة جارو رود عن نتيجة الحساب باستخدام نموذج أسود سكولز. كلما زاد الجزء الذي يقام، تقربت قيمة الخيار بالقيمة التحليلية (أسود سكولز). لذلك يمكن القول أن طريقة شجرة جارو رود في تعيين قيمة خيار الدعوة والوضع أسرع في التقارب لقيمة أسود سكولز. ويمكن برهانها من خلال القيمة الخاطئة من هتين الطريقتين التي تدل على أن القيمة الخاطئة من شجرة جارو رود أسرع في التقارب إلى رقم الصفر.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aplikasi matematika telah memperlebar cakupan pemahamannya pada berbagai bidang yang luas seperti: bidang ekonomi yang dikenal dengan matematika ekonomi atau matematika bisnis; dalam bidang keuangan dikenal dengan matematika keuangan; dan juga kombinasi dari ilmu matematika, statistika, dan ekonomi yang disebut dengan ekonometrik (Herispon, 2007). Ilmu statistika merupakan metode ilmiah atau kajian ilmu tentang data yang mempelajari tentang pengumpulan, pengaturan, perhitungan, penggambaran, penganalisisan, hingga penarikan kesimpulan dan pembuatan keputusan yang rasional. Salah satu alat untuk membuat kesimpulan yang rasional tersebut adalah teori probabilitas (Maulana, 2016).

Suatu distribusi probabilitas peubah acak yang bersifat diskrit disebut distribusi binomial. Suatu percobaan dikatakan binomial apabila memiliki dua macam kemungkinan kejadian yang saling bebas. Hasilnya dapat dibedakan menjadi dua macam kejadian: berhasil atau gagal (ya atau tidak) dan masing-masing percobaannya tidak mempengaruhi peristiwa yang satu dengan yang lain, dengan kata lain, percobaan tersebut bersifat bebas. Probabilitas tersebut hanya mempunyai nilai antara 0 sampai 1, dimana kejadian berhasil dinyatakan dengan huruf p atau berarti 1 dan kejadian gagal dinyatakan dengan huruf q atau berarti 0 (Sudaryono, 2012).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Matematika dalam bidang keuangan dapat menerapkan percobaan binomial, sebagai contoh penerapannya ialah pergerakan harga saham. Saham merupakan salah satu produk investasi yang sangat populer. Investasi merupakan suatu aktivitas yang memanfaatkan modal atau aset di masa sekarang yang dimiliki agar menghasilkan keuntungan di masa yang akan datang. Investasi juga sering kali disebut penanaman modal yang diharapkan dapat diambil manfaatnya di masa depan (Abi, 2016). Pentingnya berinvestasi guna menyiapkan manfaat bagi diri sendiri maupun generasi yang akan datang telah disebutkan dalam al-Quran surat al-Baqarah/2: 261, yang berbunyi:

مَّثَلُ ٱلَّذِيْنَ يُنْفِقُوْنَ أَمْوَٰلَهُمْ فِى سَبِيْلِ ٱللَّهِ كَمَثَلِ حَبَّةٍ أَنْبَتَتْ سَبْعَ سَنَابِلَ فِى كُلِّ سُنْۢبُلَةٍ مِّاْئَةُ حَبَّةٍ ۗ وَٱللَّهُ يُضَٰعِفُ لِمَنْ يَشَآءُ ۗ وَٱللَّهُ وَٰسِعٌ عَلِيْمٌ (٢٦١)

Artinya: "Perumpamaan (nafkah yang dikeluarkan oleh) orang-orang yang menafkahkan hartanya di jalan Allah adalah serupa dengan sebutir benih yang menumbuhkan tujuh bulir, pada tiap-tiap bulir seratus biji. Allah melipatgandakan (ganjaran) bagi siapa yang Dia kehendaki. Dan Allah Maha Luas (karunia-Nya) lagi Maha Mengetahui" (QS. al-Baqarah/2: 261).

Ayat di atas dalam terjemah tafsir Ibnu Katsir dapat disebutkan sebagai contoh kongkrit dari cara berinvestasi. Ayat ini juga merupakan perumpamaan yang diberikan Allah Swt. yang dimulai dengan *habbatin waahidatin* (sebutir benih) menjadi tujuh bulir hingga akhirnya menjadi tujuh ratus biji. Al-Quran memberikan panduan investasi meskipun dalam hal ini yang dimaksud adalah infaq dengan dimensi *ukhrowiyah.* Akan tetapi, jika banyak orang yang melakukan infaq maka hal tersebut dapat menolong ratusan bahkan ribuan orang yang miskin untuk dapat berproduktifitas ke arah yang lebih baik, sehingga efek yang ditimbulkan juga mempengaruhi dimensi *duniawiyah* (Abdullah, 1994).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Adanya berbagai macam alternatif instrumen investasi menunjukkan bahwa investasi sudah berkembang. Jenis investasi terbagi atas dua, yaitu investasi dalam bentuk *financial asset* dan *real asset*. Salah satu contoh dari *financial asset* adalah produk *derivative* seperti opsi. Saham termasuk investasi yang beresiko tinggi dan dibutuhkan opsi untuk dapat mengatasi kekhawatiran para investor (Abi, 2016).

Opsi adalah hak seseorang atau suatu lembaga untuk membeli atau menjual suatu aset pada harga kesepakatan dan dalam periode tertentu yang terjalin dalam suatu tipe kontrak (bukan kewajiban) antara dua pihak. Kontrak dalam opsi memungkinkan seseorang untuk mengendalikan resiko dan dapat berpotensi menghilangkannya. Opsi dibagi menjadi dua berdasarkan pelaksanaannya, yaitu opsi Eropa dan opsi Amerika. Opsi Eropa adalah opsi yang dapat dieksekusi pada akhir periode atau waktu jatuh tempo, sedangkan opsi Amerika adalah opsi yang dapat dieksekusi setiap saat sampai akhir periode atau waktu jatuh tempo (Judokusumo, 2008).

Penentuan nilai opsi dibedakan menjadi dua, yaitu metode secara analitik dan numerik. Terdapat cara untuk menentukan nilai opsi secara analitik yakni dengan menyelesaikan Persamaan Diferensial Parsial (PDP) *Black-Scholes*. Pergerakan harga saham hanya memodelkan metode *Black-Scholes* sebagai suatu proses stokastik, namun persamaan tersebut tidak semuanya dapat diturunkan dengan mudah. Beberapa pendekatan metode secara numerik yang dapat digunakan untuk mengaproksimasi solusi analitik salah satunya adalah metode *Tree* yang menggunakan model binomial standart. Metode tersebut lebih dikenal dengan sebutan metode Cox Ross-Rubinstein (CRR) *Tree* dan mempunyai dua

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

nilai yang memperlihatkan naik atau turunnya harga saham pada setiap periode atau partisi (Hull, 2012). Salah satu pengembangan dari metode CRR *Tree* ialah metode Jarrow-Rudd (JR) *Tree.* Metode tersebut diperkenalkan oleh Robert Jarrow dan Andrew Rudd yang mana keduanya memperbaiki model binomial pada penentuan penaksiran. Metode CRR *Tree* pada umumnya digunakan dalam menentukan nilai opsi yang tidak dapat diturunkan secara analitik dan harga saham pada setiap partisi hanya dapat bergerak naik atau turun (London, 2005).

Penelitian terkait opsi Eropa diteliti oleh Lessy (2013) yang menjelaskan bahwa metode Binomial digunakan karena metode tersebut dianggap metode yang paling sederhana. Harga opsi Eropa yang ditentukan oleh peneliti menggunakan dua model binomial yaitu model Binomial dan model Binomial Kombinatorik. Hasil dari simulasi penelitian tersebut menunjukkan bahwa harga opsi Eropa dengan model Binomial lebih konvergen ke harga opsi dengan rumus *Black-Scholes* daripada dengan model Binomial Kombinatorik (Lessy, 2013).

Penelitian Appolloni (2014) membahas terkait keefisienan penaksiran harga opsi dari opsi tipe Eropa dan Amerika. Pada penelitian tersebut, Appolloni membandingkan dua pendekatan berbeda untuk penentuan nilai opsi dengan *single barrier*. Pendekatan pertama menggunakan metode Binomial CRR sedangkan yang lainnya menggunakan metode Binomial *Interpolated Lattice.* Penelitian tersebut menghasilkan bahwa metode Binomial CRR kurang efisien, sedangkan metode Binomial *Interpolated Lattice* lebih efisien (Appolloni & Ligori, 2014). Penelitian terkait juga diteliti oleh Leisen dan Reimer (1996) dalam menetapkan nilai opsi Amerika dengan membandingkan metode CRR *Tree*, Tian *Tree*, dan JR *Tree*. Hasil dari penelitian tersebut ialah bahwa pendekatan nilai opsi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

konvergen terhadap *Black-Scholes.* Namun proses kekonvergenan tersebut masih kurang handal karena membutuhkan banyak perhitungan komputasi agar mendapatkan hasil yang akurat (Leisen & Reimer, 1996).

Berdasarkan dari hasil beberapa penelitian di atas, terutama penelitian Leisen dan Reimer (1996), peneliti tertarik untuk membandingkan metode CRR *Tree* dengan metode JR *Tree*. Namun dalam hal ini, peneliti menetapkan opsi *vanilla* tipe Eropa, sedangkan pada penelitian Leisen dan Reimer (1996) membahas opsi tipe Amerika. Peneliti ingin menggunakan metode JR *Tree* dan CRR *Tree* dalam menetapkan opsi *vanilla* tipe Eropa dan hasil dari kedua metode tersebut dibandingkan. Peneliti juga ingin menjelaskan dengan menggunakan aproksimasi analitik dan simulasi numerik yang digunakan dalam menentukan opsi *vanilla* tipe Eropa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana aproksimasi analitik metode JR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa?
2. Bagaimana simulasi numerik metode JR *Tree* dan CRR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa?
3. Bagaimana perbandingan metode JR *Tree* dengan CRR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa terhadap solusi analitik *Black-Scholes*?

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan di atas, maka tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Menjelaskan proses aproksimasi analitik metode JR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa.
2. Mengetahui proses simulasi numerik metode JR *Tree* dan CRR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa.
3. Mengetahui perbandingan metode JR *Tree* dengan CRR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa terhadap solusi analitik *Black-Scholes*.

1.4 Manfaat

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Peneliti

   Penelitian ini dapat menambah pengetahuan dan wawasan tentang nilai opsi *vanilla* tipe Eropa, metode JR *Tree*, dan metode CRR *Tree*.
2. Bagi Pembaca
   a. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan rujukan pada bidang mata kuliah matematika keuangan, khususnya pada metode perhitungan binomial.
   b. Penelitian ini dapat memberikan metode alternatif untuk praktisi dalam penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa.
3. Bagi Lembaga
   a. Penelitian ini dapat meningkatkan pengembangan kurikulum dan silabus pada bidang mata kuliah matematika keuangan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

b. Penelitian ini dapat dijadikan rujukan untuk memperoleh perhitungan nilai opsi yang lebih baik dalam pasar saham.

1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi pengembangan atau perluasan masalah dalam penelitian ini, maka diperlukan adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Tingkat suku bunga konstan dan volatilitas konstan
2. Tidak ada pembagian dividen serta biaya-biaya lainnya.
3. Penelitian ini hanya membandingkan kekonvergenan nilai opsi dan *error*.
4. Aproksimasi analitik berfokus pada pendekatan analitik, sedangkan simulasi numerik berfokus pada proses dan hasil numerik.
5. Data yang digunakan adalah data harga saham Merck & Co., Inc. mulai dari tanggal 2 Maret 2015 hingga 24 Februari 2020 berjumlah 261 data mingguan, yang diakses dari sumber website www.finance.yahoo.com pada tanggal 18 Maret 2020 pada pukul 21:58 WIB.

1.6 Metode Penelitian

Adapun langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Aproksimasi analitik nilai opsi *vanilla* (*put* dan *call*) tipe Eropa dengan metode JR *Tree,* yaitu menetukan parameter peluang harga saham naik, faktor naik harga saham, dan faktor turun harga saham untuk metode JR *Tree.*
2. Simulasi numerik nilai opsi *vanilla* (*put* dan *call*) tipe Eropa dengan metode JR *Tree* dan CRR *Tree,* yaitu:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

a. Menentukan parameter-parameter yang diperlukan dalam penentuan opsi antara lain: harga saham awal, waktu jatuh tempo, harga kesepakatan, banyak iterasi, volatilitas saham, dan tingkat suku bunga bebas resiko.
b. Menghitung harga saham mulai dari periode awal sampai periode jatuh tempo metode JR *Tree* dan CRR *Tree*.
c. Menghitung nilai *payoff call* dan *put* pada waktu jatuh tempo.
d. Menghitung nilai opsi *vanilla* tipe Eropa metode JR *Tree* dan CRR *Tree*.
e. Menghitung *error* tiap iterasi nilai opsi *vanilla* tipe Eropa dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree*.
f. Mengulang langkah (e) sebanyak iterasi.

3. Membandingkan perhitungan nilai opsi *vanilla* (*put* dan *call*) tipe Eropa metode JR *Tree* dengan CRR *Tree*, yaitu:
   a. Membandingkan hasil akhir nilai opsi *vanilla* tipe Eropa metode JR *Tree* dan CRR *Tree* terhadap *Black-Scholes*.
   b. Menggambar dan membandingkan kekonvergenan *error* serta pergerakan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree*.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini akan diuraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Bab II Kajian Pustaka

Pada bab ini akan dijelaskan teori-teori yang mendasari pembahasan, diantaranya; distribusi normal, distribusi binomial, distribusi lognormal untuk harga saham, proses stokastik untuk harga saham, saham dan opsi, model *Black-Scholes*, volatilitas dan *return*, metode CRR *Tree* untuk harga saham, metode JR *Tree* untuk harga saham, penjelasan galat (*error*) dan kekonvergenan, serta integrasi al-Quran.

Bab III Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan dijelaskan tentang aproksimasi analitik dalam penentuan parameter metode JR *Tree*, simulasi numerik dengan menentukan nilai-nilai parameter terlebih dahulu, perhitungan harga saham dan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa, serta perbandingan hasil perhitungan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa dari harga saham menggunakan metode JR *Tree* dan CRR *Tree*.

Bab IV Penutup

Pada bab ini akan disajikan tentang kesimpulan dari hasil pembahasan serta dilengkapi dengan saran-saran yang berkaitan dengan penelitian.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Distribusi Normal

Distribusi peluang yang paling penting, baik dalam teori maupun aplikasi statistik ialah distribusi normal. Distribusi normal banyak digunakan di berbagai bidang sebagai model bagi data riil, seperti halnya kesalahan pengukuran dalam eksperimen ilmiah, karakteristik fisik makhluk hidup (tinggi, berat badan manusia, hewan, dll), nilai skor berbagai pengujian, dan berbagai ukuran dan indikator ekonomi (Harinaldi, 2005).

Terdapat empat alasan distribusi normal menjadi distribusi yang paling penting (Harinaldi, 2005):

1. Distribusi normal terjadi secara alamiah. Alasannya adalah banyak peristiwa di dunia nyata yang terdistribusi secara normal.
2. Beberapa variabel acak yang tidak terdistribusi secara normal dapat dengan mudah ditransformasi menjadi suatu distribusi variabel acak yang normal.
3. Banyak hasil dan teknik analisis yang berguna dalam pekerjaan statistik hanya bisa berfungsi dengan benar jika model distribusinya merupakan distribusi normal.
4. Ada beberapa variabel acak yang tidak menunjukkan distribusi normal pada populasinya, namun distribusi dari rata-rata sampel yang diambil secara acak dari populasi tersebut ternyata menunjukkan distribusi normal.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Distribusi normal merupakan salah satu tipe dari variabel acak. Misalkan X adalah variabel acak kontinu dengan fungsi kepadatan peluang yang mengambil nilai mulai dari $-\infty$ sampai dengan ∞ (Higham, 2004):

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{x^2}{2}},-\infty<x<\infty \tag{2.1}$$

Artinya X berdistribusi normal standart dan dapat ditulis $X \sim \mathrm{N}(0,1)$, dimana N singkatan untuk normal, 0 adalah rata-rata, dan 1 adalah variansi. Jadi, untuk X terdapat $E(X)=0$ dan $var(X)=1$. Secara umum, apabila X adalah sebuah variabel acak normal dengan rata-rata μ dan variansi σ^2 yang dinotasikan sebagai $X \sim \mathrm{N}(\mu,\sigma^2)$ maka persamaan kurva normalnya adalah sebagai berikut (Higham, 2004):

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},-\infty<x<\infty \tag{2.2}$$

sedangkan dalam hal ini $\pi = 3.14159...$ dan $e = 2.71828...$ (Higham, 2004).

Probabilitas variabel acak normal X yang bernilai kurang dari atau sama dengan suatu nilai x tertentu didefinisikan sebagai distribusi normal kumulatif. Fungsi distribusi kumulatif atau biasa disebut *Cumulative Density Function* (CDF) dari distribusi normal dapat dinyatakan sebagai berikut (Harinaldi, 2005):

$$F(x;\mu,\sigma)=P(X\le x)=\int_{-\infty}^{x} f(t;\mu,\sigma)dt=\int_{-\infty}^{x}\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}dt \tag{2.3}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.2 Distribusi Binomial

Distribusi binomial juga disebut dengan proses Bernoulli adalah suatu distribusi probabilitas peubah acak yang bersifat diskrit. Percobaan pada distribusi binomial bersifat bebas dan peluang keberhasilan setiap ulangan tetap sama. Misalnya, dalam pelemparan sebuah koin sebanyak 10 kali, hasil dari tiap lemparan kemungkinan muncul gambar atau bisa jadi muncul angka. Apabila yang muncul adalah sisi gambar maka dapat diberi label "gagal" atau "berhasil" apabila yang muncul adalah sisi angka (Sudaryono, 2012).

Suatu percobaan dikatakan percobaan binomial jika mempunyai syarat-syarat berikut (Sudaryono, 2012):

1. Percobaan yang dilakukan sebanyak n kali.
2. Setiap percobaannya dibedakan menjadi dua macam kemungkinan kejadian yang sifatnya saling meniadakan. Hasil yang diperoleh dibedakan menjadi peluang berhasil atau peluang gagal.
3. Probabilitas kejadian berhasil dinyatakan dengan huruf p dan probabilitas kejadian gagal dinyatakan dengan huruf q, dimana $p + q = 1$ atau $q = 1 - p$.
4. Masing-masing percobaannya merupakan peristiwa yang bersifat bebas atau independen, yaitu peristiwa yang satu tidak mempengaruhi yang lain.

Peubah acak X dikatakan berdistribusi Binomial, jika p adalah probabilitas kejadian berhasil dan q adalah probabilitas kejadian gagal, maka dirumuskan sebagai berikut (Spiegel, 2000):

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x} \tag{2.4}$$

dengan $x = 0,1,2,\dots,n;\ n! = n(n-1)(n-2)\dots 1;\ 0! = 1$, dan n adalah jumlah ulangan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3 Distribusi Lognormal untuk Harga Saham

Distribusi lognormal merupakan distribusi yang diperoleh dari transformasi peubah acak pada fungsi densitas distribusi normal. Distribusi lognormal biasa digunakan untuk variasi aplikasi yang luas. Variabel X terdistribusi lognormal apabila variabel Y terdistribusi normal dengan menggunakan persamaan transformasi dari logaritma natural (ln) dapat ditulis sebagai berikut (Kusuma & Debrina, 2016):

$$Y = \ln X \tag{2.5}$$

Sehingga, variabel Y akan mengikuti distribusi probabilitas normal. Koefisien kemiringan distribusi lognormal bernilai positif dan memiliki mean $E(X) = \exp\left(\mu + \frac{1}{2}\sigma^2\right)$ serta variansi $E(X^2) = \exp(2\mu + 2\sigma^2)$ (Kusuma & Debrina, 2016).

Apabila perubahan harga saham yang akan datang diantara $t = 0$ dan waktu yang akan datang (T) terdistribusi normal dengan mean $\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T$ dan variansi $\sigma^2 T$ maka dapat ditulis sebagai berikut (Hull, 2012):

$$\ln S_T : \ \phi\left[\ln S_0 + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T, \sigma^2 T\right] \tag{2.6}$$

dimana S_T adalah harga saham yang akan datang, S_0 adalah harga saham pada waktu $t = 0$, dan $\phi(m,v)$ menotasikan distribusi normal dengan m adalah rata-rata dan v adalah variansi. Persamaan (2.6) menunjukkan bahwa $\ln S_T$ berdistribusi normal sehingga S_T merupakan distribusi lognormal dengan rata-rata $\ln S_0 + (r - \sigma^2/2)T$ dan variansinya $\sigma^2 T$ (Hull, 2012).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.4 Proses Stokastik untuk Harga Saham

Proses stokastik adalah himpunan variabel acak $\{X(t), t \in T\}$, yang mana t adalah waktu dan $X(t)$ adalah proses pada waktu t. Himpunan indeks dari suatu proses stokastik disimbolkan oleh himpunan T. Proses stokastik disebut sebagai proses stokastik waktu kontinu apabila himpunan T merupakan suatu interval waktu $t \in [0, \infty)$ dan dinyatakan dalam bentuk $\{X(t), t \geq 0\}$ (Taylor & S, 1998).

Proses stokastik merupakan nilai dari setiap variabel yang dapat berubah dari waktu ke waktu secara tidak pasti. Proses stokastik diklasifikasikan menjadi dua yaitu: proses stokastik diskrit dan proses stokastik kontinu. Proses stokastik diskrit adalah proses dimana nilai variabelnya dapat berubah hanya pada titik tertentu, sedangkan proses stokastik kontinu adalah proses dimana nilai variabelnya dapat berubah kapan saja. Saham dikategorikan proses stokastik kontinu karena harga saham dapat berubah secara kontinu setiap detik. Harga saham untuk proses stokastik didefinisikan sebagai berikut (Hull, 2012):

$$dS = rSdt + \sigma SdW \tag{2.7}$$

dimana:

S = harga saham

r = suku bunga bebas resiko

σ = volatilitas

W = gerak Brown

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.5 Saham dan Opsi

Keterlibatan seseorang pada sebuah perusahaan dapat dibuktikan dengan saham. Saham merupakan surat berharga yang menunjukkan bagian kepemilikan dari sebuah perusahaan. Apabila seseorang membeli saham perusahaan, dapat dikatakan bahwa orang tersebut menginvestasikan dana atau modal yang nantinya akan digunakan oleh pihak perusahaan untuk kegiatan operasional perusahaan. Apabila di akhir tahun perusahaan memperoleh keuntungan bersih, maka seseorang tersebut akan mendapatkan pembagian keuntungan berupa diviiden. Namun seperti yang diketahui, saham termasuk investasi yang beresiko tinggi dan untuk dapat mengatasi kekhawatiran para investor diperlukan adanya opsi (Tambunan, 2008).

Opsi adalah hak seseorang atau suatu lembaga untuk membeli atau menjual suatu aset pada harga kesepakatan dan dalam periode tertentu yang terjalin dalam suatu tipe kontrak (bukan kewajiban) antara dua pihak. (Judokusumo, 2008). Perjanjian antara dua pihak yang dimaksud, yaitu *holder* sebagai pemegang opsi yang membeli opsi dengan harga pasar yang telah disepakati dan *writer* sebagai penyusun kontrak opsi yang menjual opsi. *Writer* seringkali berasal dari bank sedangkan *holder* inilah yang memiliki hak untuk membeli atau menjual asetnya, tentu harus sesuai pada tipe kontraknya. Sebagai pemegang opsi, hak *holder* dikatakan kadaluwarsa (*expiry*) apabila pada waktu jatuh tempo dan opsi tidak ada harganya untuk waktu mendatang. Oleh sebab itu, opsi memiliki *life time* yang terbatas (Seydel, 2002).

Jenis opsi terbagi menjadi dua, yaitu opsi *call* dan opsi *put.* Opsi *call* yang merupakan hak (bukan kewajiban) bagi *holder* untuk membeli aset sesuai dengan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

harga yang telah ditentukan dan pada waktu tertentu, sedangkan opsi *put* merupakan hak bagi *holder* untuk menjual aset sesuai dengan harga yang telah ditentukan dan pada waktu tertentu (Sinclair, 2010). Opsi *call* memberi *holder* hak untuk membeli aset yang mendasarinya untuk harga kesepakatan (K) yang disepakati pada waktu jatuh tempo (T). Sebaliknya, opsi *put* memberikan *holder* hak untuk menjual aset yang mendasarinya untuk harga kesepakatan (K) pada waktu jatuh tempo (T). *Strike price* atau *exercise price* adalah harga yang sebelumnya disepakati dari kontrak. Selanjutnya, opsi dibagi menjadi dua berdasarkan waktu eksekusinya yaitu opsi Eropa dan opsi Amerika. Opsi Eropa adalah opsi yang hanya dapat dieksekusi (*exercise*) pada waktu jatuh tempo (T) dan opsi Amerika adalah opsi yang dapat dieksekusi kapan saja sampai waktu jatuh tempo (Seydel, 2002).

Terdapat 6 variabel yang mempengaruhi dalam penentuan harga opsi, yaitu (Rahman, 2010):

1. Harga Saham (S)

   Harga saham memiliki hubungan yang searah dengan nilai opsi *call*. Nilai opsi *call* akan meningkat jika harga saham naik, sedangkan opsi *put* merupakan kebalikannya. Nilai opsi *put* akan turun jika harga saham naik karena nilai intrinsik dari opsi *put* menurun (Rahman, 2010).

2. Harga Kesepakatan atau *Strike Price* (K)

   Strike price adalah harga kesepakatan dimana *holder* dapat menjual atau membeli saham. *Strike price* dibagi menjadi dua, yakni (Karnadjaja, Ong, & Wijaya, 2007):

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

a. *Strike price call option* adalah harga kesepakatan dimana pihak *call option buyer* berhak membeli dan pihak *call option seller* berkewajiban menjual. Semakin rendah *strike price* dari harga saham, maka harga opsi *call* semakin tinggi.

b. *Strike price put option* adalah harga kesepakatan dimana pihak *put option buyer* berhak menjual dan pihak *put option seller* berkewajiban membeli. Semakin tinggi *strike price* dari harga saham, maka harga opsi *put* semakin tinggi.

3. Waktu Jatuh Tempo (T)

Waktu jatuh tempo adalah hari terakhir dimana sebuah opsi dapat dieksekusi. Apabila pada saat jatuh tempo *strike price* lebih rendah dari harga saham, maka harga opsi *call* semakin tinggi. Apabila pada saat jatuh tempo, *strike price* lebih tinggi dari harga saham, maka harga opsi *put* semakin tinggi. Sebuah opsi tidak memiliki nilai apa-apa setelah waktu jatuh tempo (Karnadjaja, Ong, & Wijaya, 2007).

4. Volatilitas Harga Saham (σ)

Volatilitas kerap digunakan untuk melihat naik turunnya harga saham. Volatilitas adalah sebuah variabel penting ketika menentukan nilai opsi, dikarenakan volatilitas memiliki hubungan yang positif dengan nilai opsi. Harga opsi akan turut mengalami kenaikan apabila volatilitas mengalami kenaikan (Manurung, 2011).

5. Tingkat Suku Bunga Bebas Resiko (r)

Tingkat suku bunga yang bebas resiko sama sekali disebut tingkat suku bunga bebas resiko. *Holder* akan semakin tertarik untuk membeli opsi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

call dari pada membeli saham apabila tingkat suku bunga bebas beresiko jangka pendek. Hal ini akan menyebabkan harga opsi *put* turun sedangkan harga opsi *call* naik (Rahman, 2010).

6. Dividen

Distribusi laba kepada para pemegang saham dalam berbagai bentuk disebut dividen. Dividen saham (*stock dividend*) merupakan salah satu dari jenis dividen. Dividen saham adalah distribusi laba kepada para pemegang saham berupa saham (*stock*) dan bukan berupa aktiva. Transaksi tersebut disebut juga sebagai *nonreciprocal transaction* (Wibowo & Arif, 2009).

Payoff adalah keuntungan kotor yang didapatkan *holder* yang melakukan *excercise*. *Holder* dari pemegang opsi tipe Eropa akan menghitung ketika $S = S_T$ dari harga saham pada saat $t = T$. Pada saat $S_T > K$, *holder* akan mengeksekusi opsi *call* dengan membeli harga saham untuk *strike price*. *Holder* memiliki hak untuk menjual saham seharga S_T sehingga ia akan mendapat keuntungan dari $S_T - K$. Namun *holder* tidak akan mengeksekusi saat $S_T \leq K$, dikarenakan harga saham dapat dibeli lebih rendah dari S_T di pasar saham dan *payoff* opsi *call* tidak bernilai, $C = 0$. Oleh karena itu, pada saat waktu jatuh tempo (T) nilai *payoff* opsi *call* adalah (Seydel, 2002):

$$C(S_T, T) = \begin{cases} 0 & \text{pada saat } S_T \leq K \text{ (opsi tidak dieksekusi)} \\ S_T - K \text{ pada saat } S_T > K & \text{(opsi dieksekusi)} \end{cases}$$

atau,

$$C(S_T, T) = \max\{S_T - K, 0\} \tag{2.8}$$

sedangkan opsi *put* Eropa dieksekusi pada saat $S_T < K$. Pada saat waktu jatuh

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

tempo T nilai *payoff* opsi *put* adalah (Seydel, 2002):

$$P(S_T,T)=\begin{cases}K-S_T \text{ pada saat } S_T<K & \text{(opsi dieksekusi)}\\ 0 \quad \text{pada saat } S_T\geq K & \text{(opsi tidak dieksekusi)}\end{cases}$$

atau,

$$P(S_T,T)=\max\{K-S_T,0\} \tag{2.9}$$

2.6 Model *Black-Scholes*

Metode yang terkenal baik dalam menetukan sebuah nilai opsi adalah metode *Black-Scholes*. Metode ini dikenalkan oleh Fisher Black dan Myron Scholes pada tahun 1970-an. Model *Black-Scholes* sangat mempengaruhi dalam menghitung nilai opsi harga saham baik opsi *call* maupun opsi *put*, bagaimana fluktuasi bisa diperkirakan baik dari harga-harga opsi yang ada maupun dari data historis (Judokusumo, 2008).

Dinamika harga saham dalam model *Black-Scholes* dapat dideskripsikan seperti berikut (Nurkanovic, 2017):

$$S(t)=S_0e^{\left(\mu-\frac{1}{2}\sigma^2\right)t+\sigma W(t)} \tag{2.10}$$

dimana:

μ = ekspektasi *return* saham pertahun

σ = volatilitas harga saham pertahun

$W(t)$ = gerak Brown pada saat t

Misalkan waktu jatuh tempo $T>0, t\in[0,T]$ dan model pasar terdiri dari satu saham dan obligasi dengan koefisien pasar konstan. Kemudian, nilai *Black-Scholes* dari opsi *call* dengan *strike price* $K>0$ diberikan seperti berikut

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

(Nurkanovic, 2017):

$$V_{BC}(t) = S(t)\Phi(\partial_1(t)) - Ke^{-r(T-t)}\Phi(\partial_2(t)) \tag{2.11}$$

Nilai *Black-Scholes* dari opsi *put* diberikan seperti berikut (Nurkanovic, 2017):

$$V_{BP}(t) = Ke^{-r(T-t)}\Phi(-\partial_2(t)) - S(t)\Phi(-\partial_1(t)) \tag{2.12}$$

dimana:

$$\partial_1(t) = \frac{\ln\left(\frac{S(t)}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \tag{2.13}$$

dan

$$\partial_2(t) = \frac{\ln\left(\frac{S(t)}{K}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = \partial_1(t) - \sigma\sqrt{T-t} \tag{2.14}$$

yang mana Φ merupakan fungsi kumulatif pada distribusi normal (Nurkanovic, 2017).

Model *Black-Scholes* dalam pengembangannya menjadi tonggak sejarah penting karena secara langsung maupun tidak, model tersebut membawa pengaruh bagi *holder*. Model *Black-Scholes* juga menjadi dasar penelitian empiris secara ektensif dalam menentukan nilai opsi. Opsi yang hanya dapat digunakan oleh model *Black-Scholes* adalah opsi *vanilla* tipe Eropa. Hal ini dikarenakan hasil yang diperoleh model *Black-Scholes* secara analitik hanya berupa satu nilai, yakni pada akhir periode (Siahaan, 2008).

2.7 Volatilitas dan *Return* Harga Saham

Keuntungan atau kerugian yang diperoleh dalam kurun waktu tertentu merupakan pengertian *return* (R). Sebelum menghitung nilai *return* harga saham tahunan, terlebih dahulu menghitung *return* harga saham mingguan. Perhitungan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

return dilakukan sebagai berikut (Hull, 2012):

$$R = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right), i = 1,2,3,\ldots,n \tag{2.15}$$

Sehingga rata-rata *return* harga sahamnya adalah (Hull, 2012):

$$\bar{R} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right) \tag{2.16}$$

Volatilitas harga saham dapat diestimasi dari nilai *return*. Pengestimasian volatilitas secara empiris dapat membutuhkan interval waktu yang tetap. Nilai volatilitas tersebut dapat dihitung sebagai berikut (Hull, 2012):

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{\tau}} \tag{2.17}$$

dengan

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(R - \bar{R}\right)^2} \tag{2.18}$$

Sehingga untuk volatilitas pertahun dapat dihitung dengan:

$$\sigma = \sqrt{\tau\left(\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(R - \bar{R}\right)^2\right)} \tag{2.19}$$

dimana:

τ = panjang interval waktu dalam satu tahun

i = urutan interval, $i = 0,1, \ldots, n$

S_i = harga saham pada akhir dari interval i dengan $i = 0,1,2, \ldots, n$

Ekspektasi *return* pertahun (μ) dapat dihitung dengan cara (Ross, 1999):

$$\mu = \frac{S_T}{S_0} - 1 = \frac{S_T - S_0}{S_0} \tag{2.20}$$

dikarenakan harus berdistribusi normal, maka perlu menggunakan fungsi

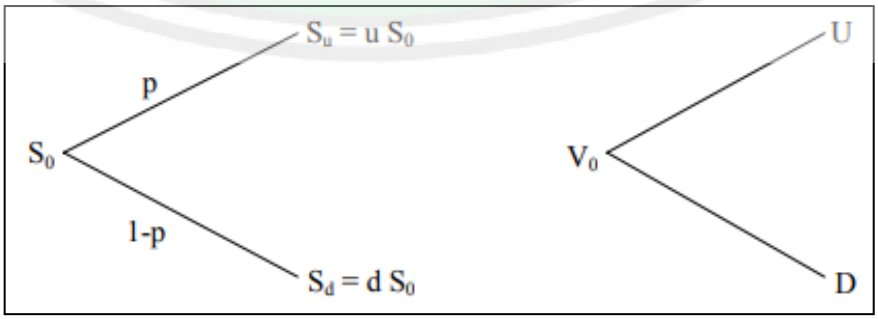
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

logaritmanya sebagai berikut:

$$\ln \mu = \ln\left(\frac{S_T - S_0}{S_0}\right) \tag{2.21}$$

2.8 Metode Cox Ross-Rubinstein *Tree* untuk Harga Saham

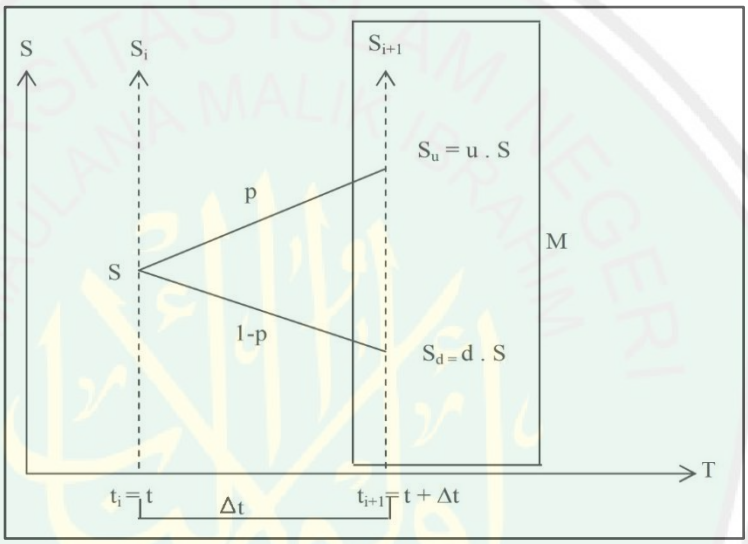
Pada pasar bebas, harga saham akan selalu berubah turun atau naik seiring dengan perubahan waktu. Distribusi binomial adalah suatu distribusi probabilitas peubah acak yang bersifat diskrit. Suatu percobaan dikatakan binomial apabila memiliki dua macam kemungkinan kejadian yang saling bebas. Penentuan nilai opsi dengan metode binomial dapat digunakan berdasarkan pergerakan saham di masa mendatang yang mengalami dua kemungkinan yaitu, harga saham naik atau harga saham turun. Kemungkinan dua arah perubahan inilah yang mendasari penggunaan model binomial. Misalkan S_0 adalah harga saham awal pada saat $t = 0$. Harga saham pada saat $t = T$ akan naik dengan peluang p menjadi S_u atau akan turun dengan peluang $1 - p$ menjadi S_d, sehingga nilai opsi awalnya adalah V_0 pada saat $t = 0$ akan naik menjadi U atau akan turun menjadi D. Grafik perubahan harga saham dan nilai opsi dapat dilihat pada gambar (2.1) sebagai berikut (Aziz, 2009):



Gambar 2.1 Grafik Perubahan Harga Saham dan Nilai Opsi (Aziz, 2009)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pemodelan matematika diharapkan dapat membantu memahami perubahan harga saham serta memprediksi waktu yang akan datang. Model binomial dimulai dengan diskritisasi, yakni dengan mengubah waktu kontinu t menjadi diskrit dan menggantikan t oleh waktu yang sama lamanya dengan t_i. Gambar (2.2) merupakan prinsip metode binomial pada perubahan harga saham yang dapat dilihat berikut (Aziz, 2009):



Gambar 2.2 Prinsip Metode Binomial (Aziz, 2009)

dengan:

S_0 = harga saham awal

i = indeks waktu

M = banyaknya partisi atau iterasi

Δt = jarak setiap partisi waktu, yakni $\frac{T}{M}$

t_i = $i \times \Delta t$ adalah waktu ke-i dimana $i = 0,1, \dots, M$

S_i = harga saham pada waktu ke-i dimana $i = 0,1, \dots, M$

S_u = harga saham ketika naik

S_d = harga saham ketika turun

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pada gambar (2.2) dapat dilihat bahwa skema untuk fluktuasi harga saham secara diskrit dapat dibangun dengan menggunakan model CRR *Tree*. Berdasarkan gambar tersebut, dimisalkan harga saham pada saat $t = t_0$ adalah S_0, dan harga saham pada saat $t = t_1$ adalah S_d dan S_u. Secara umum, harga saham pada saat $t = t_i$ terdapat $i + 1$, ditulis dengan rumus umum seperti di bawah ini (Aziz, 2009):

$$S_{ji} = S_0 u^j d^{i-j}, i = 0,1,...,M \text{ dan } j = 0,1,...,\text{i} \tag{2.22}$$

Persamaan umum (2.22) untuk harga saham tersebut tidak rekursif, artinya perhitungan tersebut membutuhkan waktu yang relatif lama. Sehingga, dibutuhkan persamaan umum yang rekursif yang dapat diperoleh dengan bantuan persamaan sebagai berikut (Aziz, 2009):

$$E\left(S_{i+1}\right) = S_i e^{r\Delta t} \tag{2.23}$$

maka diperoleh bentuk

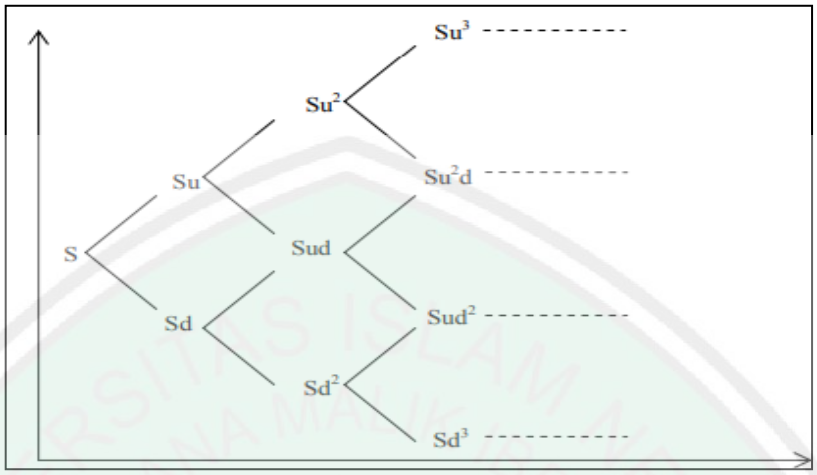
$$\begin{aligned} S_{ji} e^{r\Delta t} &= E\left(S_{j,\text{i}+1}\right) \\ &= pS_{ji}u + (1-p)S_{ji}d \\ &= pS_{j+1,i+1} + (1-p)S_{j,i+1} \end{aligned} \tag{2.24}$$

sehingga bentuk rekursif untuk nilai opsi (V),

$$\begin{aligned} V_{ji} &= e^{-r\Delta t} E\left(V_{j,i+1}\right) \\ &= e^{-r\Delta t}\left(V_{ji} e^{r\Delta t}\right) \\ &= e^{-r\Delta t}\left(pV_{j+1,i+1} + (1-p)V_{j,i+1}\right) \end{aligned} \tag{2.25}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Skema fluktuasi harga saham model CRR *Tree* dapat dilihat pada gambar (2.3) sebagai berikut (Aziz, 2009):



Gambar 2.3 Skema Fluktuasi Harga Saham secara CRR *Tree* (Aziz, 2009)

Pada gambar (2.3), dijelaskan bahwa harga saham S akan berubah menjadi S_u setiap naik dan berubah menjadi S_d setiap turun. Selanjutnya, dari gambar di atas tersebut akan diperoleh nilai-nilai opsi pada saat $t = T$, untuk opsi *put* Eropa adalah (Aziz, 2009):

$$P = \max\left\{K - S_{jM}, 0\right\} \tag{2.26}$$

dan

$$V_P = e^{-r\Delta t}\left(pV_{j+1,i+1} + (1-p)V_{j,i+1}\right) \tag{2.27}$$

sedangkan untuk opsi *call* Eropa adalah:

$$C = \max\left\{S_{jM} - K, 0\right\} \tag{2.28}$$

dan

$$V_C = e^{-r\Delta t}\left(pV_{j+1,i+1} + (1-p)V_{j,i+1}\right) \tag{2.29}$$

Selain itu, didapatkan empat bentuk solusi nilai-nilai untuk parameter u, d dan p dalam model binomial, yaitu (Aziz, 2009):

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$u=\beta+\sqrt{\beta^2-1},\ d=\frac{1}{u},\ p=\frac{e^{r\Delta t}-d}{u-d} \text{ dengan } \beta=\frac{1}{2}\left(e^{-r\Delta t}+e^{\left(r+\sigma^2\right)\Delta t}\right) \quad (2.30)$$

$$u=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}},\ d=e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}, \text{dan } p=\frac{e^{r\Delta t}-d}{u-d} \quad (2.31)$$

$$u=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}},\ d=e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}, \text{dan } p=\frac{1}{2}\left(\frac{r}{\sigma}\sqrt{\Delta t}+1\right) \quad (2.32)$$

$$u=e^{r\Delta t}\left(1+\sqrt{e^{\sigma^2\Delta t}-1}\right)\ d=e^{r\Delta t}\left(1-\sqrt{e^{\sigma^2\Delta t}-1}\right)\ p=\frac{1}{2} \quad (2.33)$$

2.9 Metode Jarrow-Rudd *Tree* untuk Harga Saham

Metode Jarrow-Rudd (JR) *Tree* diperkenalkan oleh Robert Jarrow dan Andrew Rudd. Jarrow dan Rudd memperbaiki model binomial pada penentuan penaksiran. Pada umumnya, metode CRR *Tree* digunakan dalam menentukan nilai opsi yang tidak dapat diturunkan secara analitik dan harga saham pada setiap partisi hanya dapat bergerak naik atau turun. Metode JR *Tree* merupakan hasil modifikasi dari metode CRR *Tree*. Jarrow dan Rudd memilih probabilitas yang sama untuk pergerakan harga saham naik dan turun, yaitu $p=1-p$ dimana $p+q=1$. Bentuk solusi nilai-nilai parameter dalam model binomial tersebut kemudian diturunkan. Sehingga, parameter-parameter JR *Tree* didapatkan dengan melakukan pendekatan terhadap parameter-parameter CRR *Tree* sebagai berikut (London, 2005):

$$u=e^{\left(r-\frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t+\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (2.34)$$

$$d=e^{\left(r-\frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (2.35)$$

dan

$$p=1/2 \quad (2.36)$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.10 Nilai Galat (*Error*) dan Kekonvergenan

Terdapat masalah dalam mengetahui nilai sebenarnya. Pada metode numerik, nilai sebenarnya akan diketahui ketika berurusan dengan fungsi yang mana fungsi tersebut dapat diselesaikan secara analitik. Namun, jawaban yang sesungguhnya tidak akan diketahui dengan jelas pada pengaplikasian umumnya. Oleh karena itu, solusi pada masalah ini ialah dengan menggunakan estimasi terbaik pada nilai sebenarnya dalam menormalkan galat. Galat sering diestimasikan sebagai selisih antara aproksimasi sebelumnya dengan aproksimasi sekarang untuk kasus seperti ini. Galat relatif ditentukan seperti di bawah ini (Chapra & Canale, 2010):

$$\varepsilon_a = \frac{\text{aproksimasi sekarang} - \text{aproksimasi sebelumnya}}{\text{aproksimasi sekarang}} \tag{2.37}$$

Tidak adanya nilai yang sebenarnya adalah salah satu tantangan dari metode numerik dalam menentukan estimasi galat. Salah satu contohnya, pada metode numerik tertentu dalam menghitung solusi digunakan aproksimasi dengan perulangan. Aproksimasi tersebut dibuat berdasarkan aproksimasi sebelumnya. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang dengan tujuan memperoleh keberhasilan dalam perhitungan aproksimasi yang lebih baik. Pada kasus seperti ini, komputasi diulang hingga (Chapra & Canale, 2010):

$$|\varepsilon_a| < \varepsilon_s \tag{2.38}$$

Apabila kriteria ini terpenuhi, maka hasil tersebut diasumsikan benar untuk sekurang-kurangnya n-bilangan penting dengan ε_s seperti dibawah ini (Chapra & Canale, 2010):

$$\varepsilon_a = 0{,}5 \times 10^{2-n} \tag{2.39}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.11 Integrasi Al-Quran

2.11.1 Investasi dalam Perspektif Islam

Investasi merupakan suatu aktivitas yang memanfaatkan modal atau aset di masa sekarang yang dimiliki agar menghasilkan keuntungan di masa yang akan datang. Investasi juga sering kali disebut penanaman modal yang diharapkan dapat diambil manfaatnya di masa depan (Abi, 2016). Islam secara prinsip memberikan panduan dan batasan yang jelas mengenai sektor mana saja yang boleh dan tidak boleh dimasuki investasi meskipun investasi memiliki manfaat dan dampak yang luas bagi perekonomian. Investasi harus memperhatikan berbagai aspek agar tidak bertentangan dan sesuai dengan prinsip syariah karena investasi yang diakui hukum positif tidak semuanya diakui oleh syariat Islam (Pardiansyah, 2017). Aspek yang harus dimiliki dalam berinvestasi menurut perspektif Islam ialah berikut ini (Chair, 2015):

1. Aspek finansial atau material, artinya manfaat finansial yang dihasilkan suatu bentuk investasi hendaknya yang kompetitif dibandingkan dengan bentuk investasi lainnya.
2. Aspek kehalalan, artinya suatu bentuk investasi harus menghindari bidang dan prosedur yang syubhat atau haram, karena hal tersebut akan membawa pelaku investasi pada kesesatan serta sikap dan perilaku destruktif secara individu maupun sosial apabila bentuk investasi tersebut tidak halal.
3. Aspek sosial dan lingkungan, artinya konstribusi positif harus diberikan oleh suatu bentuk investasi untuk masyarakat dan lingkungan sekitar, baik untuk generasi saat ini ataupun yang akan datang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4. Aspek pengharapan ridha Allah Swt, artinya bentuk investasi yang dipilih hendaknya yang menggapai ridha Allah Swt.

Islam mengajarkan bahwa harta yang ada tidak dianjurkan untuk disimpan tetapi harus diproduktifkan agar dapat memberikan manfaat kepada sesama umat. Islam adalah agama yang pro-investasi (Hidayat, 2011). Hal ini berdasarkan firman Allah Swt. di dalam surat al-Hasyr/59: 7, yaitu:

...كَيْ لَا يَكُوْنَ دُوْلَةً بيْنَ ٱلْأَغْنِيَاءِ مِنْكُمْ...(٧)

Artinya: "agar supaya harta itu tidak beredar di antara orang-orang kaya saja di antara kalian" (QS. al-Hasyr/59: 7).

2.11.2 Dasar Hukum Investasi dalam Islam

Dasar hukum dari kegiatan investasi adalah al-Quran dan hadits Nabi Saw. Firman Allah Swt. yang berhubungan dengan investasi ialah sebagaimana dalam surat al-Baqarah/2: 261, yaitu:

مَّثَلُ ٱلَّذِيْنَ يُنفِقُونَ أَمْوَٰلَهُمْ فِى سَبِيْلِ ٱللَّهِ كَمَثَلِ حَبَّةٍ أَنۢبَتَتْ سَبْعَ سَنَابِلَ فِى كُلِّ سُنۢبُلَةٍ مِّاْئَةُ حَبَّةٍ ۗ وَٱللَّهُ يُضَٰعِفُ لِمَن يَشَآءُ ۗ وَٱللَّهُ وَٰسِعٌ عَلِيْمٌ (٢٦١)

Artinya: "Perumpamaan (nafkah yang dikeluarkan oleh) orang-orang yang menafkahkan hartanya di jalan Allah adalah serupa dengan sebutir benih yang menumbuhkan tujuh bulir, pada tiap-tiap bulir seratus biji. Allah melipatgandakan (ganjaran) bagi siapa yang Dia kehendaki. Dan Allah Maha Luas (karunia-Nya) lagi Maha Mengetahui" (QS. al-Baqarah/2: 261).

Berdasarkan terjemah Tafsir Ibnu Katsir jilid 1, ayat di atas dapat merupakan contoh kongkrit dari cara berinvestasi. Perumpamaan yang diberikan Allah Swt. tentang investasi ialah dimulai dengan *habbatin waahidatin* (sebutir benih) menjadi tujuh bulir, dan tiap-tiap bulirnya menumbuhkan seratus biji sehingga jumlahnya menjadi tujuh ratus biji

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

(Abdullah, 1994). Secara implisit, ayat di atas memberikan panduan investasi dan memberitahukan bahwa beruntungnya orang-orang yang menafkahkan hartanya di jalan Allah Swt. meskipun dalam hal ini yang dimaksud adalah infaq. Orang yang kaya secara finansial yang melakukan infaq untuk pemberdayaan masyarakat yang kurang mampu, maka sama halnya ia menolong ratusan bahkan ribuan orang yang miskin untuk dapat berproduktifitas ke arah yang lebih baik. Efek yang ditimbulkan tidak hanya dimensi *ukhrowiyah*, namun juga mempengaruhi dimensi *duniawiyah* (Yuliana, 2010).

Selain al-Quran, juga terdapat hadits yang menjadi dasar hukum investasi. Berikut adalah salah satu hadits termasyhur tentang investasi:

عَنْ أَبِي هُرَيرَةَ رضي الله عنه قَالَ: قَالَ رَسُولُ اَللَّهِ صلى الله عليه وسلم (قَالَ اللَّهُ: أَنَا ثَالِثُ اَلشَّرِيكَيْنِ مَا لَمْ يَخُنْ أَحَدُهُمَا صَاحِبَهُ، فَإِذَا خَانَ خَرَجْتُ مِنْ بَيْنِهِمَا) (رَوَاهُ أَبُو دَاوُدَ، وَصَحَّحَهُ اَلْحَاكِمُ)

Artinya: "Dari Abu Hurairah Ra. bahwa Rasulullah Saw. bersabda: Allah berfirman: Aku menjadi orang ketiga dari dua orang yang bersekutu selama salah satu dari mereka tidak berkhianat kepada temannya. Jika ada yang berkhianat, aku keluar dari (persekutuan) mereka" (HR. Abu Dawud dan dinilai shahih oleh Al-Hakim).

Hadits di atas menunjukkan bahwa praktik investasi sudah ada sejak zaman nabi Muhammad Saw. Beliau terjun langsung dalam praktik bisnis dan investasi, serta memberikan contoh bagaimana cara mengelolanya hingga menghasilkan keuntungan yang banyak, dan mempraktikkannya dengan sangat profesional, tekun, ulet dan jujur serta tidak pernah ingkar janji kepada pemilik modalnya (investor) (Hidayat, 2011).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Berdasarkan uraian di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa Islam memandang investasi sebagai hal yang sangat penting sebagai langkah antisipatif terhadap kejadian di masa depan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa segala sesuatunya harus dipersiapkan dengan penuh perhitungan dan kecermatan. Sehingga tidak perlu mengkhawatirkan kejadian di masa yang akan datang.

2.11.3 Akad dalam Investasi

Akad dalam istilah fiqih klasik secara khusus adalah keterkaitan antara ijab dan qabul yang dibenarkan oleh syariat dan memiliki konsekuensi hukum terhadap objeknya (Al-Zuhaily, 1085). Investasi merupakan bagian dari aktivitas ekonomi (*mu'amalah 'amaliyah*). Saham termasuk dalam salah satu investasi yang memiliki resiko tinggi. Adanya opsi berguna untuk meminimalisir resiko tersebut dan menjamin harga saham. Sistem yang berlaku dalam opsi merupakan salah satu bentuk bermuamalah tidak secara tunai namun dalam waktu yang telah ditentukan.

Jual beli opsi antara kedua pihak (*holder* dan *writer*) harus membuat kesepakatan dan perjanjian terkait dengan opsi tersebut. Hal-hal tersebut meliputi *exercise price* (harga kesepakatan), waktu jatuh tempo, serta sejumlah aset tertentu yang harus disepakati terlebih dahulu oleh kedua pihak. Jual beli ini dilakukan secara tidak langsung, sehingga jual beli tersebut hendaknya diadakan perjanjian atau dilakukan secara tertulis untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan. Tujuannya adalah sebagai bukti bahwa kesepatan tersebut telah disetujui oleh kedua belah pihak agar tidak terjadi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

kesalahpahaman di kemudian hari. Adapun akad yang digunakan dalam pasar modal salah satunya ialah *musyarakah*. *Musyarakah* adalah perjanjian (akad) kerjasama antara dua pihak atau lebih dengan cara menyertakan modal baik dalam bentuk uang atau aset lainnya untuk melakukan suatu usaha (Mas'adi, 2002).

Firman Allah Swt. tentang diperbolehkannya *musyarakah* terdapat dalam surat al-Shad/38: 24, ialah sebagai berikut:

قَالَ لَقَدْ ظَلَمَكَ بِسُؤَالِ نَعْجَتِكَ إِلَىٰ نِعَاجِهِۦ ۖ وَإِنَّ كَثِيرًا مِّنَ ٱلْخُلَطَآءِ لَيَبْغِى بَعْضُهُمْ عَلَىٰ بَعْضٍ إِلَّا ٱلَّذِينَ ءَامَنُوا۟ وَعَمِلُوا۟ ٱلصَّٰلِحَٰتِ وَقَلِيلٌ مَّا هُمْ ۗ وَظَنَّ دَاوُۥدُ أَنَّمَا فَتَنَّٰهُ فَٱسْتَغْفَرَ رَبَّهُۥ وَخَرَّ رَاكِعًا وَأَنَابَ ۩ (٢٤)

Artinya: "Daud berkata: "Sesungguhnya dia telah berbuat zalim kepadamu dengan meminta kambingmu itu untuk ditambahkan kepada kambingnya. Dan sesungguhnya kebanyakan dari orang-orang yang berserikat itu sebagian mereka berbuat zalim kepada sebahagian yang lain, kecuali orang orang yang beriman dan mengerjakan amal yang saleh; dan amat sedikitlah mereka ini". Dan Daud mengetahui bahwa Kami mengujinya; maka ia meminta ampun kepada Tuhannya lalu menyungkur sujud dan bertaubat" (QS. al-Shad/38: 24).

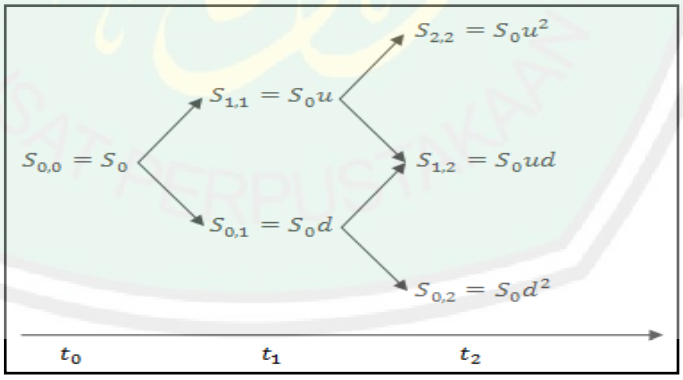
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Aproksimasi Analitik Metode JR *Tree*

Metode JR *Tree* merupakan pendekatan dari metode CRR *Tree*. Pergerakan harga saham JR *Tree* juga mengalami dua kemungkinan seperti halnya CRR *Tree*, yakni kemungkinan naik atau turun. Pada waktu awal (t_0) sampai dengan waktu jatuh tempo (T) dari pergerakan harga saham dibagi menjadi banyak partisi (M) dengan jarak setiap partisi waktu $\Delta t = \frac{T}{M}$. Pergerakan harga saham diasumsikan mengikuti proses binomial, yakni harga saham (S) setiap periode waktu Δt hanya dapat berubah dalam dua kemungkinan yaitu naik dengan faktor naik (u) menjadi S_u atau turun dengan faktor turun (d) menjadi S_d. Berikut merupakan ilustrasi dari pergerakan harga saham dengan proses percabangan binomial:



Gambar 3.1 Proses Percabangan Binomial

Pada gambar (3.1) diberikan indeks (j, i) yang mana j merupakan jumlah gerakan naik dari node $(0,0)$ dan i menunjukkan periode waktu dari t_0. Selanjutnya dimisalkan harga saham pada saat $t = t_0$ adalah $S = S_{00} = S_0$,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dan harga saham pada saat $t = t_1$ adalah $S_{01} = S_0 d$, dan $S_{11} = S_0 u$. Secara umum, harga saham dengan node (j, i) dapat ditulis seperti pada persamaan (2.22):

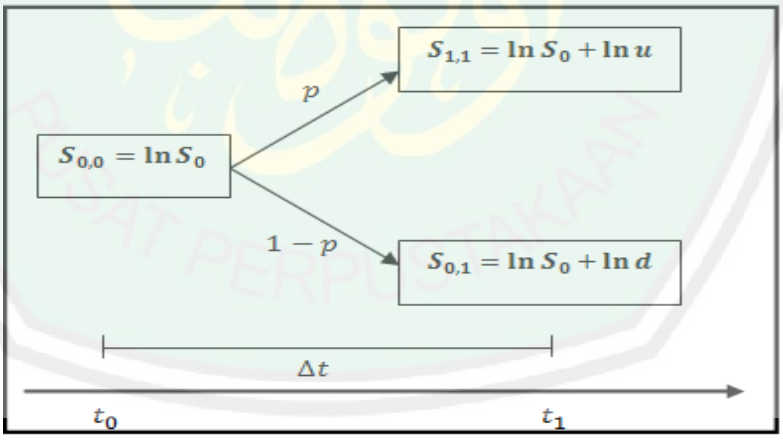
$$S_{(j,i)} = S_0 u^j d^{i-j} \tag{3.1}$$

dimana S_0 adalah harga saham awal pada waktu t_0 dan $0 \leq j \leq i$.

Perubahan harga saham dari waktu $t = 0$ ke waktu $t = 1$ yang terdistribusi normal seperti pada persamaan (2.6) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\ln S_1 : \ \phi\left[\ln S_0 + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t, \sigma^2 \Delta t\right] \tag{3.2}$$

dimana S_1 adalah harga saham yang akan datang dari S_0 menjadi S_1 dengan jarak waktu Δt, S_0 adalah harga saham pada waktu $t = 0$. Skema perubahan harga saham yang berdistribusi normal dapat digambarkan sebagaimana berikut:



Gambar 3.2 Perubahan Harga Saham Terdistribusi Normal

Langkah selanjutnya adalah menentukan tiga parameter yang belum diketahui (u, d, p) dengan terlebih dahulu menyamakan ekspektasi harga saham model diskrit dengan model kontinu. Ekspektasi harga saham secara acak kontinu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dengan tingkat suku bunga bebas resiko (r), dari harga saham ke-1 (S_1) pada waktu ke-1 (t_1) dapat ditulis sebagai berikut:

$$E\left(\ln S_1\right) = \ln S_0 + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t \tag{3.3}$$

Berdasarkan banyaknya kemungkinan nilai harga saham yang terjadi, maka dapat dicari nilai ekspektasi dan rata-rata harga saham. Persamaan (3.1) merupakan persamaan yang digunakan untuk mengetahui harga saham pada saat jatuh tempo. Asumsikan peluang perubahan naik adalah p dan peluang perubahan turun adalah $1-p$ sehingga diperoleh ekspektasi model diskrit yaitu:

$$\begin{aligned} E\left(\ln S_1\right) &= p\left(\ln S_{(j,i)}\right) + (1-p)\left(\ln S_{(j,i)}\right) \\ &= p\left(\ln S_{(j+1,i+1)}\right) + (1-p)\left(\ln S_{(j,i+1)}\right) \\ &= p\left(\ln S_{(1,1)}\right) + (1-p)\left(\ln S_{(0,1)}\right) \\ &= p\left(\ln S_0 + \ln u\right) + (1-p)\left(\ln S_0 + \ln d\right) \end{aligned} \tag{3.4}$$

Persamaan (3.4) adalah ekspektasi harga saham model diskrit pada waktu $t = 1$. Jarrow dan Rudd memilih probabilitas $p = 1-p$ dimana $p+q=1$, dengan demikian nilai parameter p untuk metode JR *Tree* adalah:

$$p = \frac{1}{2} \tag{3.5}$$

Langkah selanjutnya ialah menyamakan ekspektasi harga saham model kontinu dengan model diskrit dari persamaan (3.3) dan (3.4) menjadi:

$$E\left(\ln S_1\right) = \ln S_0 + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t = p\left(\ln S_0 + \ln u\right) + (1-p)\left(\ln S_0 + \ln d\right)$$

$$\ln S_0 + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t = p\ln S_0 + p\ln u + (1-p)\ln S_0 + (1-p)\ln d$$

$$= \ln S_0\left(p + (1-p)\right) + p\ln u + (1-p)\ln d$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t=\ln S_0\left(p+(1-p)\right)+p\ln u+(1-p)\ln d-\ln S_0$$

$$\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t=\ln S_0\left(p+(1-p)-1\right)+p\ln u+(1-p)\ln d \quad (3.6)$$

Subtitusikan $p=1/2$ pada persamaan (3.6) menjadi:

$$\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t=\ln S_0\left(\frac{1}{2}+\left(1-\frac{1}{2}\right)-1\right)+\frac{1}{2}\ln u+\left(1-\frac{1}{2}\right)\ln d$$

$$=\frac{1}{2}\left(\ln u+\ln d\right)$$

$$2\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t=\ln u+\ln d$$

$$\ln u=2\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t-\ln d \quad (3.7)$$

dari persamaan (3.7) dimisalkan:

$$\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t=\mu \quad (3.8)$$

dan

$$\ln d=D \quad (3.9)$$

maka persamaan (3.7) dapat ditulis:

$$\ln u=2\mu-D \quad (3.10)$$

Langkah selanjutnya dilakukan dengan cara pendekatan variansi dari model kontinu dan model diskrit. Variansi model kontinu seperti pada persamaan (2.6) dengan jarak waktu Δt diterapkan persamaan sebagai berikut:

$$Var\left(\ln S_1\right)=\sigma^2\Delta t \quad (3.11)$$

Sedangkan pada model diskrit diterapkan persamaan (3.4) dengan menerapkan persamaan (3.8)-(3.10), serta mensubstitusikan $p=1/2$ didapatkan variansi untuk model diskrit sebagai berikut:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$Var\left(\ln S_1\right) = p\left(\ln S_0 + \ln u\right)^2 + \left(1-p\right)\left(\ln S_0 + \ln d\right)^2 - \left(\ln S_0 + \mu\right)^2$$

$$= \frac{1}{2}\left(\ln S_0 + 2\mu - D\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\ln S_0 + D\right)^2 - \left(\ln S_0 + \mu\right)^2 \qquad (3.12)$$

dengan menyamakan variansi model kontinu dan diskrit dari persamaan (3.11) dan (3.12) menghasilkan:

$$Var\left(\ln S_1\right) = \frac{1}{2}\left(\ln S_0 + 2\mu - D\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\ln S_0 + D\right)^2 - \left(\ln S_0 + \mu\right)^2 = \sigma^2\Delta t$$

$$\underbrace{\left(\ln S_0 + 2\mu - D\right)^2}_{a} + \underbrace{\left(\ln S_0 + D\right)^2}_{b} - \underbrace{2\left(\ln S_0 + \mu\right)^2}_{c} = 2\sigma^2\Delta t \qquad (3.13)$$

Sehingga dalam menjabarkan persamaan (3.13) dapat dihitung satu persatu untuk memudahkan penjelasan sebagaimana berikut:

a. $\left(\ln S_0 + 2\mu - D\right)^2 = \left(\ln S_0\right)^2 + 2\ln S_0\left(2\mu - D\right) + \left(2\mu - D\right)^2$

$= \left(\ln S_0\right)^2 + 2\ln S_0\left(2\mu - D\right) + 4\mu^2 - 4\mu D + D^2$

$= \left(\ln S_0\right)^2 + 4\ln S_0\mu - 2\ln S_0 D + 4\mu^2 - 4\mu D + D^2$

b. $\left(\ln S_0 + D\right)^2 = \left(\ln S_0\right)^2 + 2\ln S_0 D + D^2$

c. $2\left(\ln S_0 + \mu\right)^2 = 2\left(\ln S_0\right)^2 + 4\ln S_0\mu + 2\mu^2$

dari penjabaran di atas (a, b, c) yang telah dihitung satu persatu, sehingga persamaan (3.13) dapat disederhanakan menjadi:

$$4\ln S_0\mu - 2\ln S_0 D + 4\mu^2 - 4\mu D + D^2 + 2\ln S_0 D + D^2 - 4\ln S_0\mu - 2\mu^2 = 2\sigma^2\Delta t$$

$$4\mu^2 - 4\mu D + D^2 + D^2 - 2\mu^2 = 2\sigma^2\Delta t$$

$$2\mu^2 - 4\mu D + 2D^2 = 2\sigma^2\Delta t$$

$$2\left(D^2 - 2\mu D + \mu^2\right) = 2\sigma^2\Delta t$$

$$D^2 - 2\mu D + \mu^2 = \sigma^2\Delta t \qquad (3.14)$$

Persamaan (3.14) selanjutnya akan menentukan parameter u dan d untuk metode JR *Tree* sebagaimana berikut:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$D^2 - 2\mu D + \left(\mu^2 - \sigma^2 \Delta t\right) = 0$$

$$D = \frac{2\mu \pm \sqrt{4\mu^2 - 4\left(\mu^2 - \sigma^2 \Delta t\right)}}{2}$$

$$= \frac{2\mu \pm \sqrt{4\mu^2 - 4\mu^2 + 4\sigma^2 \Delta t}}{2}$$

$$= \frac{2\mu \pm \sqrt{4\sigma^2 \Delta t}}{2}$$

$$= \frac{2\mu \pm 2\sigma\sqrt{\Delta t}}{2}$$

$$= \mu \pm \sigma\sqrt{\Delta t} \qquad (3.15)$$

Substitusikan persamaan (3.9) pada persamaan (3.15) menghasilkan:

$$\ln d = \mu \pm \sigma\sqrt{\Delta t} \qquad (3.16)$$

persamaan (3.10) juga disubstitusikan pada persamaan (3.15) diperoleh:

$$\ln u = 2\mu - \left(\mu \pm \sigma\sqrt{\Delta t}\right)$$

$$= \mu \,\mathrm{m}\, \sigma\sqrt{\Delta t} \qquad (3.17)$$

karena $u > d$ maka untuk persamaan (3.16) dan (3.17) menghasilkan parameter u dan d metode JR *Tree* yaitu:

$$u = e^{\mu + \sigma\sqrt{\Delta t}} \qquad (3.18)$$

$$d = e^{-\mu + \sigma\sqrt{\Delta t}} \qquad (3.19)$$

dimana

$$\mu = r - \frac{1}{2}\sigma^2 \qquad (3.20)$$

Jadi, persamaan (3.5), (3.18), dan (3.19) merupakan solusi aproksimasi analitik metode CRR *Tree* yang diturunkan, dan model binomial yang dihasilkan adalah versi modifikasi dari model CRR asli yang dikenal dengan JR *Tree*.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.2 Simulasi Numerik Metode JR *Tree* dan CRR *Tree* pada Penentuan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa

3.2.1 Penentuan Nilai Parameter menggunakan Data Historis Saham

Hal-hal yang harus dilakukan sebelum menghitung harga saham adalah menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan seperti harga saham awal (S_0), harga kesepakatan (K), tingkat suku bunga bebas risiko (r), volatilitas (σ), periode waktu (T), dan banyak iterasi (M). Penelitian ini menggunakan data riil dan bukan data simulasi, sehingga langkah awal yang sangat penting dan harus dilakukan sebelum melanjutkan ke tahap analisis lebih lanjut adalah pemeriksaan data. Tujuan dari memeriksa data yakni untuk mengetahui karakteristik data dan adanya data yang *outlier* atau tidak. Berikut merupakan grafik pergerakan harga saham dari data riil:

Gambar 3.3 Grafik Pergerakan Harga Saham Merck & Co., Inc.

Gambar (3.3) merupakan grafik pergerakan harga saham yang digunakan sebagai sampel untuk membangkitkan harga saham. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersifat kuantitatif berupa data harga saham Merck & Co., Inc. mulai tanggal 2 Maret 2015

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sampai dengan 24 Februari 2020 yang diakses dari situs www.finance.yahoo.com (dapat dilihat pada lampiran 1). Sebelumnya, data harga saham tersebut telah diperiksa menggunakan perhitungan nilai Z dan hasil yang didapat menunjukkan bahwa tidak lebih dari 2,5 dan tidak kurang dari -2,5 yang berarti data harga saham tersebut tidak ada data yang *outlier* (dapat dilihat pada lampiran 2). Gambar (3.3) menunjukkan bahwa pergerakan grafik harga sahamnya *uptrending* yang berarti harga saham cenderung bergerak naik. Pergerakan harga saham pada gambar (3.3) juga normal karena jangkauan antara harga saham sekarang dengan harga saham selanjutnya tidak terlalu jauh.

Langkah selanjutnya adalah penentuan nilai-nilai parameter. Gambar (3.3) juga menunjukkan bahwa data ke-1 adalah harga saham pada periode pertama (t_1) dan menghubungkan pada data ke-2 yang mana adalah harga saham pada periode kedua (t_2) begitu seterusnya hingga sampai ke-n. Banyak n pada data ini sebanyak 261. Asumsikan data harga saham terakhir pada tanggal 24 Februari 2020 sebagai harga saham awal (S_0) yaitu sebesar $76,56. *Return* harga saham mingguan terlebih dahulu dihitung untuk mencari nilai *return* harga saham tahunan. *Return* harga saham dapat ditentukan menggunakan persamaan (2.15). Hasil dari perhitungan *return* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

Selanjutnya diperoleh rata-rata *return* harga saham $\left(\bar{R}\right)$ dari *return* harga saham dengan menggunakan persamaan (2.16) diperoleh sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$= \frac{\sum_{i=1}^{261} R}{261} = 0,001145517$$

Bunga bebas resiko sama dengan rata-rata *return* tahunan, yaitu:

$$r = \mu = \bar{R} \times 52$$

$$= 0,00114517 \times 52 = 0,06$$

Selanjutnya, volatilitas pertahun dapat ditentukan menggunakan persamaan (2.19), yaitu:

$$\sigma = \sqrt{\tau\left(\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(R-\bar{R}\right)^2\right)}$$
$$= \sqrt{52\left(0,00067\right)}$$
$$= 0,19$$

Jadi, diketahui nilai-nilai parameter untuk harga saham awal $S_0 = \$76,56$ dengan harga kesepakatan (K) untuk opsi *call* sebesar $K_{call} = \$69,95$ dan harga kesepakatan untuk opsi *put* sebesar $K_{put} = \$82,43$ sedangkan tingkat suku bunga bebas resiko r sebesar $0,06$ atau 6%, volatilitas σ sebesar $0,19$ atau 19%, waktu jatuh tempo $T = 1$ tahun dengan banyak iterasi $M = 5$.

Setelah diketahui nilai-nilai parameter tersebut, selanjutnya menentukan nilai-nilai parameter u, d, p untuk CRR *Tree* dan JR *Tree*. Pada parameter metode CRR *Tree* digunakan simbol u_1, d_1, p_1, sedangkan untuk parameter metode JR *Tree* digunakan simbol u_2, d_2, p_2. Hal ini bertujuan untuk membedakan penggunaan parameter antara kedua metode tersebut. Pada persamaan (2.30)-(2.33) merupakan parameter-parameter dari metode CRR *Tree*. Namun, dari keempat persamaan tersebut tidak serta merta digunakan begitu saja. Parameter CRR *Tree* yang digunakan adalah persamaan (2.31),

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

karena parameter ini mengasumsikan $ud = 1$. Berikut ini merupakan hasil perhitungan nilai parameter-parameter dari CRR *Tree*:

$$u_1 = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{\left(0{,}19\times\sqrt{0{,}2}\right)} = 1{,}088685041$$

$$d_1 = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{-\left(0{,}19\times\sqrt{0{,}2}\right)} = 0{,}918539305$$

$$p_1 = \frac{e^{r\Delta t} - d_1}{u_1 - d_1} = \frac{e^{(0{,}06\times 0{,}2)} - 0{,}918539305}{1{,}088685041 - 0{,}918539305} = 0{,}549722764$$

Sedangkan hasil perhitungan nilai parameter-parameter JR *Tree* dari persamaan (2.34)-(2.36) adalah sebagai berikut:

$$u_2 = e^{\left(r-\frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t+\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{\left(0{,}06-\left(\frac{1}{2}\times 0{,}19^2\right)\right)0{,}2+0{,}19\sqrt{0{,}2}} = 1{,}097857533$$

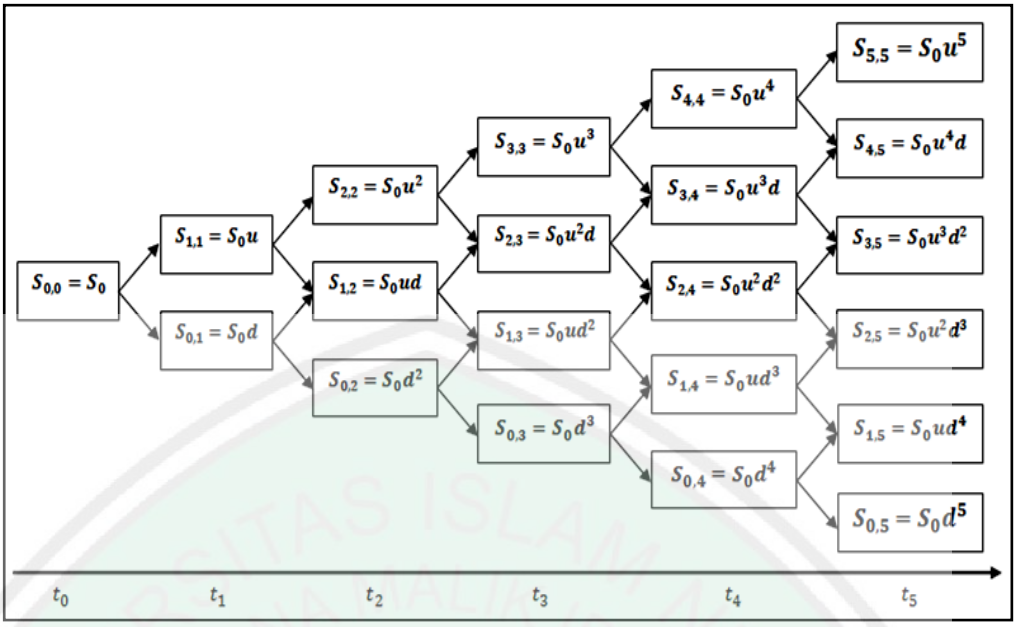
$$d_2 = e^{\left(r-\frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t-\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{\left(0{,}06-\left(\frac{1}{2}\times 0{,}19^2\right)\right)0{,}2-0{,}19\sqrt{0{,}2}} = 0{,}926278269$$

$$p_2 = \frac{1}{2} = 0{,}5$$

3.2.2 Penentuan Harga Saham Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*

Setelah menentukan nilai-nilai parameter dari kedua metode di atas, langkah selanjutnya adalah menghitung harga saham pada setiap periode. Penentuan harga saham pada masing-masing metode sesuai dengan nilai parameter u, d, p yang didapat pada pembahasan di atas. Peneliti dalam hal ini menggunakan $M = 5$. Berikut merupakan model perhitungan semua kemungkinan perubahan harga saham metode JR *Tree* dan CRR *Tree* dengan parameter-parameternya:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.4 Model Perubahan Harga Saham Metode CRR *Tree* dan JRR *Tree*

Gambar (3.4) menunjukkan bahwa perhitungan harga saham dimulai dari periode awal (t_0) sampai dengan waktu jatuh tempo (T) baik untuk metode JR *Tree* maupun CRR *Tree*. Perbedaan diantara kedua metode tersebut hanya terletak pada perhitungan harga saham dengan faktor naik dan turun pada masing-masing metode. Harga saham dengan peluang naik periode pertama (t_1) untuk metode CRR *Tree* dengan perhitungan manual dihasilkan sebagai berikut:

$$S_u = S_0 u_1$$
$$= 76,56 \times 1,088685041$$
$$= \$\ 83,350$$

Sedangkan harga saham dengan peluang turun menghasilkan:

$$S_d = S_0 d_1$$
$$= 76,56 \times 0,918539305$$
$$= \$\ 70,323$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Harga saham dengan peluang naik periode pertama (t_1) untuk metode JR *Tree* yaitu:

$$S_u = S_0 u_2$$
$$= 76,56 \times 1,151839907$$
$$= \$\ 84,052$$

Sedangkan harga saham dengan peluang turun menghasilkan:

$$S_d = S_0 d_2$$
$$= 76,56 \times 0,971823978$$
$$= \$\ 70,916$$

Uraian perhitungan harga saham dengan peluang naik dan peluang turun di atas merupakan hasil perhitungan harga saham secara manual pada periode pertama (t_1) dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree*. Perhitungan harga saham pada periode kedua (t_2) sampai dengan periode jatuh tempo juga dapat dihitung secara manual sesuai pada model perubahan harga saham yang ditunjukkan gambar (3.4). Hasil perhitungan kemungkinan nilai-nilai harga saham pada setiap periode sampai waktu jatuh tempo selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Nilai-Nilai Kemungkinan Harga Saham Metode CRR *Tree*

HARGA SAHAM CRR *TREE*					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
$ 76,560	$ 83,350	$ 90,742	$ 98,789	$ 107,550	$ 117,088
	$ 70,323	$ 76,560	$ 83,350	$ 90,742	$ 98,789
		$ 64,595	$ 70,323	$ 76,560	$ 83,350
			$ 59,333	$ 64,595	$ 70,323
				$ 54,500	$ 59,333
					$ 50,060

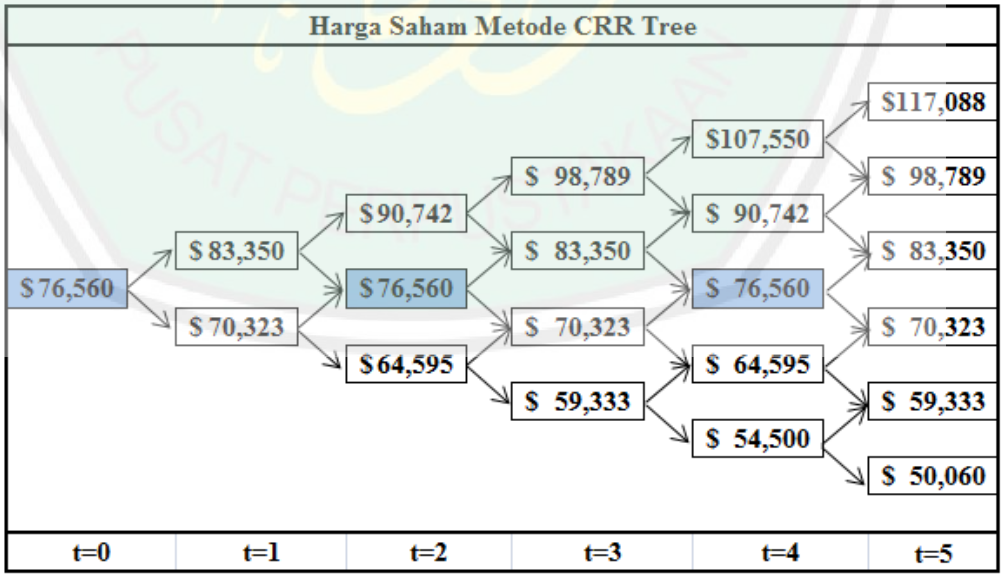
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Hasil perhitungan kemungkinan nilai-nilai harga saham pada setiap periode sampai waktu jatuh tempo untuk metode JR *Tree* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Nilai-Nilai Kemungkinan Harga Saham Metode JR *Tree*

HARGA SAHAM JR *TREE*					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
$ 76,560	$ 84,052	$ 92,277	$ 101,307	$ 111,221	$ 122,105
	$ 70,916	$ 77,856	$ 85,474	$ 93,839	$ 103,021
		$ 65,688	$ 72,116	$ 79,173	$ 86,921
			$ 60,845	$ 66,799	$ 73,336
				$ 56,360	$ 61,875
					$ 52,205

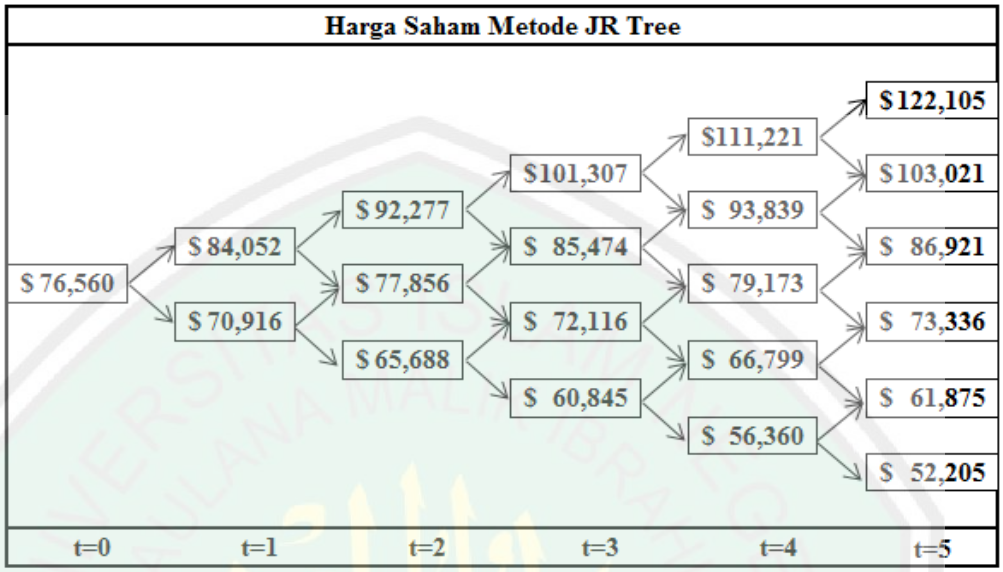
Tabel (3.1) dan (3.2) merupakan nilai kemungkinan dari harga saham pada saat $t = 0$ sampai dengan waktu jatuh tempo (T) yakni $t = 5$. Gambaran perubahan harga saham metode CRR *Tree* dari tabel (3.1) dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.5 Perubahan Harga Saham Metode CRR *Tree*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Sedangkan untuk perubahan harga saham metode JR *Tree* dari tabel (3.2) dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.6 Perubahan Harga Saham Metode JR *Tree*

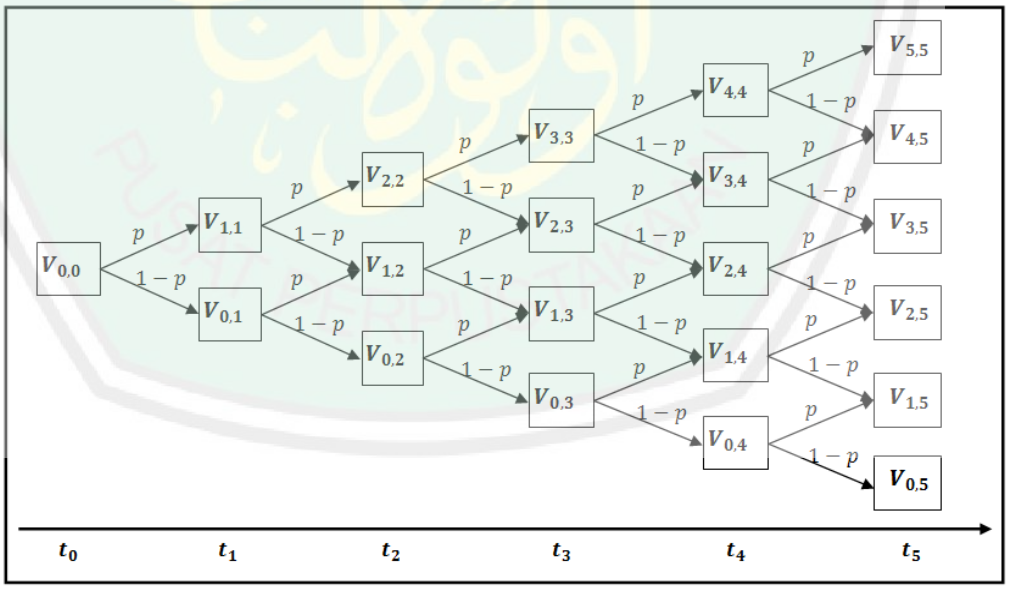
Pada gambar (3.5) dan gambar (3.6), tidak terlihat adanya selisih yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil perubahan harga saham antar partisi. Hasil percabangan dari metode JR *Tree* tidak simetris, dikarenakan $u_2 d_2 = 1{,}016921575$. Sedangkan hasil percabangan pada metode CRR *Tree* simetris, dikarenakan $u_1 d_1 = 1$. Hal ini dapat dilihat pada gambar (3.5) untuk metode CRR *Tree* terdapat harga saham yang tetap dengan ditandai kolom berwarna biru. Harga saham ketika bergerak naik menjadi lebih besar dari harga saham sebelumnya dan ketika bergerak turun menjadi lebih kecil dari harga saham sebelumnya. Hasil perhitungan harga saham pada saat jatuh tempo selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai opsi.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.2.3 Perhitungan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*

Perhitungan nilai opsi dilakukan setelah menentukan harga saham. Diketahui bahwa ekspektasi diskon dari *payoff* merupakan nilai opsi berdasarkan ukuran martingale. Apabila harga saham yang mengikuti proses waktu diskrit konvergen dengan waktu kontinu, maka ekspektasi dari proses waktu diskrit juga akan konvergen ke waktu kontinu. Jadi kekonvergenan nilai opsi didapatkan dari model waktu diskrit ke model waktu kontinu.

Nilai opsi didapatkan dari nilai-nilai pergerakan saham saat jatuh tempo. Sebelum menghitung nilai opsi, hal yang dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung nilai *payoff* dari masing-masing harga saham saat periode terakhir tersebut. Perhitungan nilai opsi dilakukan secara *backward* dari nilai *payoff*. Berikut merupakan skema perhitungan nilai opsi:



Gambar 3.7 Model Perhitungan Nilai Opsi

Gambar (3.7) menunjukkan bahwa nilai opsi pada saat $t = 5$ merupakan nilai *payoff*. Nilai *payoff* untuk opsi *call* dapat dihitung secara manual dengan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menggunakan persamaan (2.28). Berikut ini adalah perhitungan nilai *payoff* untuk metode JR *Tree* dari harga saham saat waktu jatuh tempo:

$$V_{(5,5)} = \max\left\{S_{(5,5)} - K_{call}, 0\right\}$$
$$= \max\left\{\$\,122{,}105 - \$\,69{,}95; 0\right\} = \$\,52{,}155$$

Sedangkan nilai *payoff* yang lainnya adalah $V_{(4,5)} = \$\,33{,}071$; $V_{(3,5)} = \$\,16{,}971$; $V_{(2,5)} = \$\,3{,}386$ dan untuk $V_{(1,5)}$, serta $V_{(0,5)}$ nilai *payoff* \$0. Berikutnya menghitung nilai opsi secara *backward* menggunakan persamaan (2.29) sebagai berikut:

$$V_{(4,4)} = e^{-r\Delta t}\left(p_2 \times V_{(5,5)}\right) + \left((1-p_2)\times V_{(4,5)}\right)$$
$$= e^{-(0{,}06\times 0{,}2)}\left(0{,}5\times \$\,52{,}155\right) + \left((1-0{,}5)\times \$\,33{,}071\right) = \$\,42{,}105$$

Hasil perhitungan nilai opsi *call* dan *payoff* untuk metode JR *Tree* selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

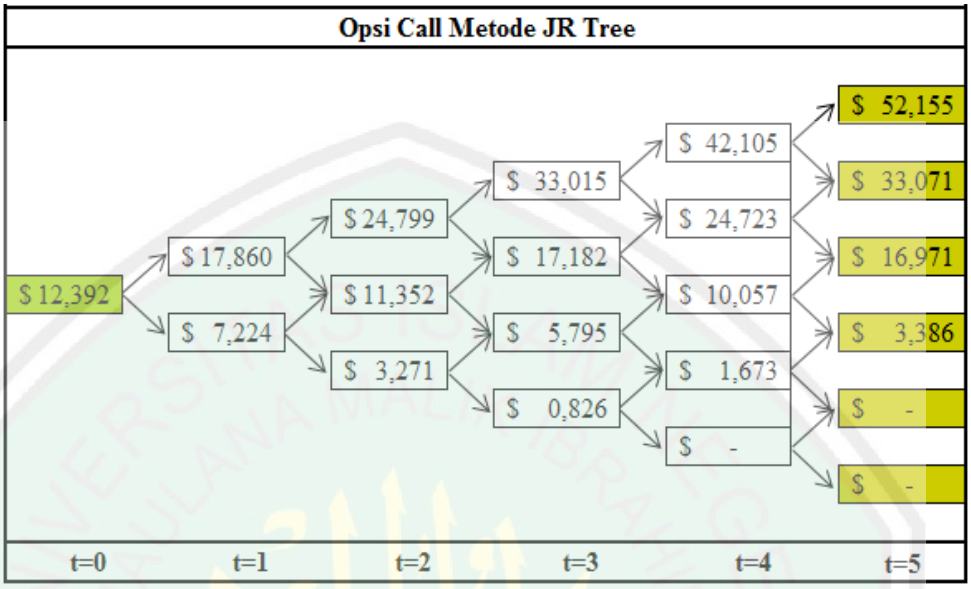
Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Nilai Opsi *Call* dan *Payoff* Metode JR *Tree*

OPSI *CALL* JR *TREE*					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
\$ 12,392	\$ 17,860	\$ 24,799	\$ 33,015	\$ 42,105	\$ 52,155
	\$ 7,224	\$ 11,352	\$ 17,182	\$ 24,723	\$ 33,071
		\$ 3,271	\$ 5,795	\$ 10,057	\$ 16,971
			\$ 0,826	\$ 1,673	\$ 3,386
				\$ -	\$ -
					\$ -

Pada tabel (3.3) dapat diketahui bahwa nilai opsi *call* pada saat $t = 5$ merupakan nilai-nilai *payoff*. Sedangkan nilai opsi *call* pada saat $t = 4$ sampai $t = 0$ diperoleh dari perhitungan secara *backward* dengan dikalikan faktor

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

diskonnya. Nilai opsi *call* yang didapatkan metode JR *Tree* adalah $12,392. Perhitungan nilai opsi *call* selengkapnya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.8 Nilai Opsi *Call* dan *Payoff* Metode JR *Tree*

Gambar (3.8) menunjukkan bahwa nilai *payoff* dari opsi *call* metode JR *Tree* ditandai dengan warna kuning yakni sebesar $52,155; $33,071; $16,971; $3,386; $0; $0. Sedangkan untuk nilai opsi *call* metode JR *Tree* ditandai dengan warna hijau yakni sebesar $12,392.

Nilai *payoff* untuk opsi *call* metode CRR *Tree* dari harga saham saat waktu jatuh tempo dengan perhitungan manual dari persamaan (2.28) diperoleh:

$$V_{(5,5)} = \max\left\{S_{(5,5)} - K_{call}, 0\right\}$$
$$= \max\left\{\$\,117,088 - \$\,69,95; 0\right\} = \$\,47,138$$

Sedangkan nilai *payoff* yang lainnya dari metode CRR adalah $V_{(4,5)} = \$\,28,839$; $V_{(3,5)} = \$13,400$; $V_{(2,5)} = \$0,373$. Pada saat $V_{(1,5)}$ dan $V_{(0,5)}$ nilai *payoff* $0.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Berikutnya menghitung nilai opsi secara *backward* menggunakan persamaan (2.29) sebagai berikut:

$$V_{(4,4)} = e^{-r\Delta t}\left(p_1 \times V_{(5,5)}\right) + \left(\left(1-p_1\right)\times V_{(4,5)}\right)$$
$$= e^{-(0,06\times 0,2)}\left(0,549722764 \times \$\ 47,138\right) + \left(\left(1-0,549722764\right)\times \$\ 28,839\right)$$
$$= \$\ 38,435$$

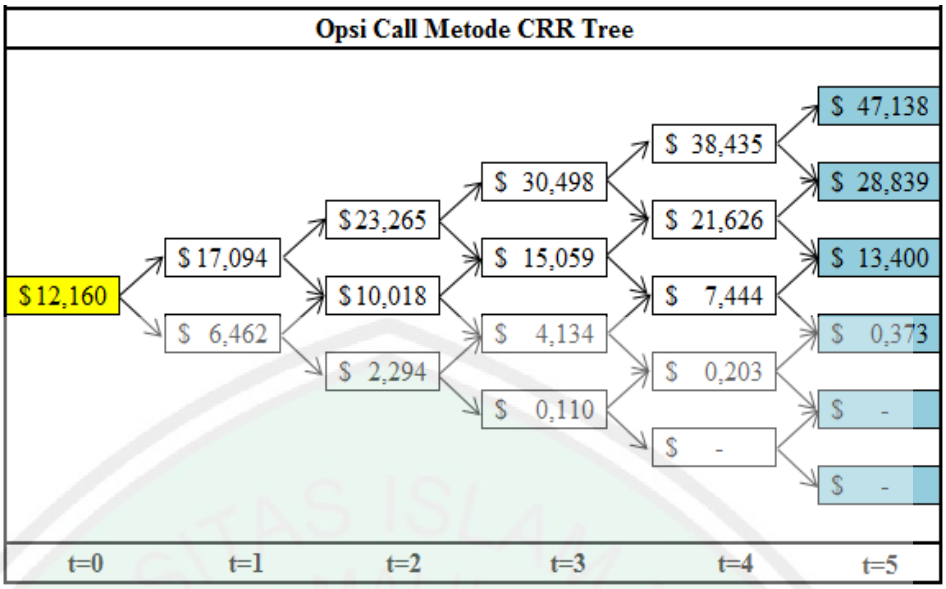
Hasil perhitungan nilai opsi *call* dan *payoff* untuk metode CRR *Tree* selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Nilai Opsi *Call* dan *Payoff* Metode CRR *Tree*

OPSI *CALL* CRR *TREE*					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
$ 12,160	$ 17,094	$ 23,265	$ 30,498	$ 38,435	$ 47,138
	$ 6,462	$ 10,018	$ 14,059	$ 21,626	$ 28,839
		$ 2,294	$ 4,134	$ 7,444	$ 13,400
			$ 0,110	$ 0,203	$ 0,373
				$ -	$ -
					$ -

Pada tabel (3.4) dapat diketahui bahwa nilai opsi *call* pada saat $t = 5$ merupakan nilai-nilai *payoff*. Sedangkan nilai opsi *call* pada saat $t = 4$ sampai $t = 0$ diperoleh dari perhitungan secara *backward* dengan dikalikan faktor diskonnya. Nilai opsi *call* yang didapatkan metode CRR *Tree* adalah $12,160. Perhitungan nilai opsi *call* selengkapnya dapat digambarkan sebagai berikut:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.9 Nilai Opsi *Call* dan *Payoff* Metode CRR *Tree*

Gambar (3.9) menunjukkan bahwa nilai *payoff* dari opsi *call* metode CRR *Tree* ditandai dengan warna biru yakni sebesar $47,138; $28,839; $13,400; $0,373; $0; $0. Sedangkan untuk nilai opsi *call* metode CRR *Tree* ditandai dengan warna kuning yakni sebesar $12,160.

Sama halnya dengan opsi *call*, perhitungan opsi *put* juga terlebih dahulu mencari nilai *payoff*. Nilai *payoff* opsi *put* juga terletak pada saat $t = 5$ seperti yang ditunjukkan pada gambar (3.7). Nilai *payoff* untuk opsi *put* dapat dihitung secara manual dengan menggunakan persamaan (2.26). Berikut ini adalah perhitungan nilai *payoff* untuk metode JR *Tree* dari harga saham saat waktu jatuh tempo:

$$V_{(5,5)} = \max\left\{K_{put} - S_{(5,5)}, 0\right\}$$

$$= \max\left\{\$\,82,43 - \$\,122,105; 0\right\} = \$\,0$$

Sedangkan nilai *payoff* yang lainnya adalah $V_{(4,5)}$, $V_{(3,5)}$ senilai $0, dan untuk $V_{(2,5)} = \$\,9,094$; $V_{(1,5)} = \$\,20,555$; $V_{(0,5)} = \$\,30,225$. Berikutnya menghitung

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

nilai opsi secara *backward* menggunakan persamaan (2.27) sebagaimana berikut:

$$V_{(4,4)} = e^{-r\Delta t}\left(p_2 \times V_{(5,5)}\right) + \left(\left(1-p_2\right)\times V_{(4,5)}\right)$$

$$= e^{-(0{,}06\times 0{,}2)}\left(0{,}5\times \$\ 0\right) + \left(\left(1-0{,}5\right)\times \$\ 0\right) = \$\ 0$$

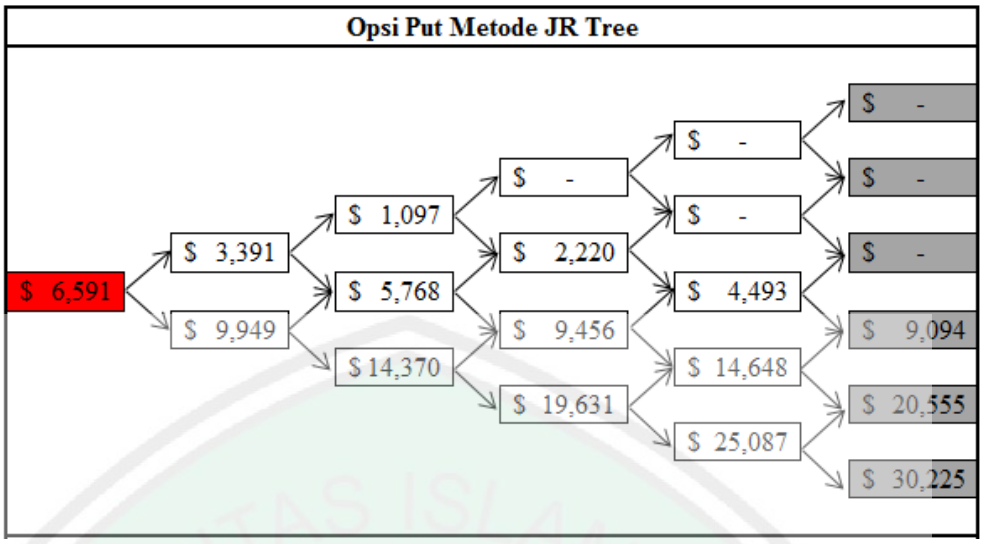
Hasil perhitungan nilai opsi *put* dan *payoff* untuk metode JR *Tree* selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Nilai Opsi *Put* dan *Payoff* Metode JR *Tree*

OPSI *PUT* JR *TREE*					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
$ 6,591	$ 3,391	$ 1,097	$ -	$ -	$ -
	$ 9,949	$ 5,768	$ 2,220	$ -	$ -
		$ 14,370	$ 9,456	$ 4,493	$ -
			$ 19,631	$ 14,648	$ 9,094
				$ 25,087	$ 20,555
					$ 30,225

Pada tabel (3.5) dapat diketahui bahwa nilai opsi *put* pada saat $t = 5$ merupakan nilai-nilai *payoff*. Sedangkan nilai opsi *put* pada saat $t = 4$ sampai $t = 0$ diperoleh dari perhitungan secara *backward* dengan dikalikan faktor diskonnya. Nilai opsi *put* yang didapatkan metode JR *Tree* adalah $6,591. Perhitungan nilai opsi *put* selengkapnya dapat digambarkan sebagai berikut:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.10 Nilai Opsi *Put* dan *Payoff* Metode JR *Tree*

Gambar (3.10) menunjukkan bahwa nilai *payoff* dari opsi *put* metode JR *Tree* ditandai dengan warna abu-abu yakni sebesar \$0; \$0; \$0; \$9,094; \$20,555; \$30,225. Sedangkan untuk nilai opsi *put* metode JR *Tree* ditandai dengan warna merah yakni sebesar \$6,591.

Nilai *payoff* untuk opsi *put* metode CRR *Tree* dari harga saham saat waktu jatuh tempo dengan perhitungan manual dari persamaan (2.26) diperoleh:

$$V_{(5,5)} = \max\left\{K_{put} - S_{(5,5)}, 0\right\}$$
$$= \max\left\{\$\,82,43 - \$\,117,088; 0\right\} = \$\,0$$

Sedangkan nilai *payoff* yang lainnya adalah $V_{(4,5)}$ dan $V_{(3,5)}$ senilai \$ 0, dan untuk $V_{(2,5)} = \$\,12,107$; $V_{(1,5)} = \$\,23,097$; $V_{(0,5)} = \$\,32,370$. Berikutnya menghitung nilai opsi secara *backward* menggunakan persamaan (2.27) sebagai berikut:

$$V_{(4,4)} = e^{-r\Delta t}\left(p_1 \times V_{(5,5)}\right) + \left(\left(1 - p_1\right) \times V_{(4,5)}\right)$$
$$= e^{-(0,06\times 0,2)}\left(0,549722764 \times \$\,0\right) + \left(\left(1 - 0,549722764\right) \times \$\,0\right) = \$\,0$$

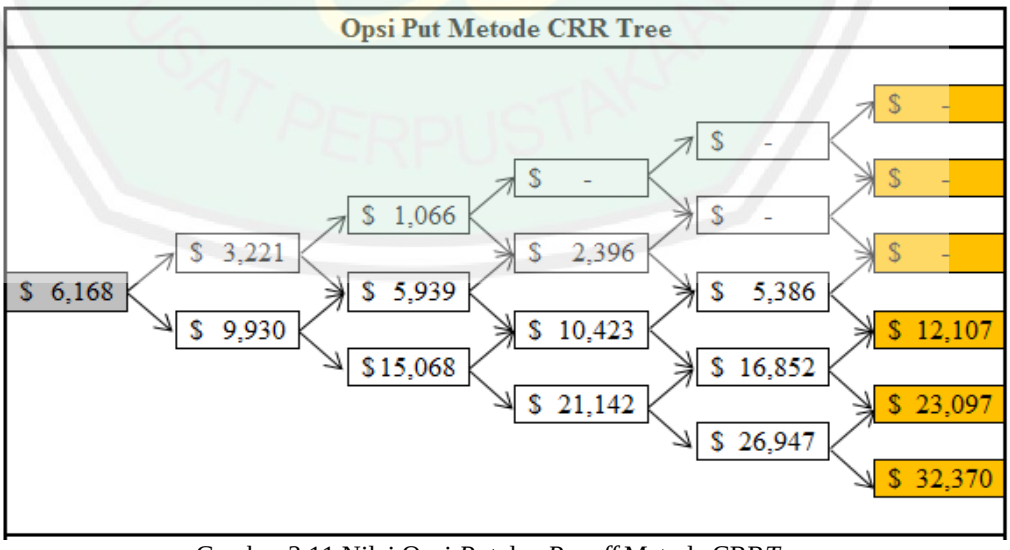
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Hasil perhitungan nilai opsi *put* dan *payoff* untuk metode CRR *Tree* selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Nilai Opsi *Put* dan *Payoff* Metode CRR *Tree*

OPSI *PUT* CRR *TREE*					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
$ 6,168	$ 3,221	$ 1,066	$ -	$ -	$ -
	$ 9,930	$ 5,939	$ 2,396	$ -	$ -
		$ 15,068	$ 10,423	$ 5,386	$ -
			$ 21,142	$ 16,852	$ 12,107
				$ 26,947	$ 23,097
					$ 32,370

Pada tabel (3.6) dapat diketahui bahwa nilai opsi *put* pada saat $t = 5$ merupakan nilai-nilai *payoff*. Sedangkan nilai opsi *put* pada saat $t = 4$ sampai $t = 0$ diperoleh dari perhitungan secara *backward* dengan dikalikan faktor diskonnya. Nilai opsi *put* yang didapatkan metode CRR *Tree* adalah $6,168. Perhitungan nilai opsi *put* selengkapnya dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.11 Nilai Opsi *Put* dan *Payoff* Metode CRR*Tree*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Gambar (3.11) menujukkan bahwa nilai *payoff* dari opsi *put* metode CRR *Tree* ditandai dengan warna orange yakni sebesar $0; $0; $0; $12,107; $23,097; $32,370. Sedangkan untuk nilai opsi *put* metode CRR *Tree* ditandai dengan warna abu-abu yakni sebesar $6,168.

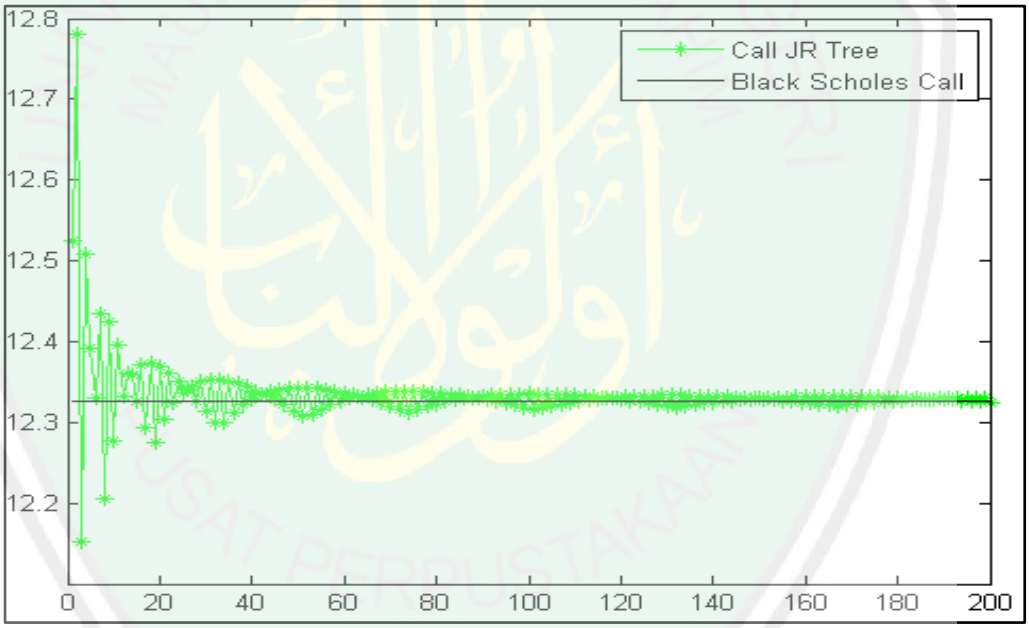
Masing-masing nilai opsi *call* dan *put* dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree* dapat diketahui dengan simulasi menggunakan 5 partisi yang telah dilakukan sebelumnya. Selanjutnya, nilai opsi tersebut akan dibandingkan dengan nilai analitiknya. Nilai opsi yang paling mendekati nilai analitik (*Black-Scholes*) dari kedua metode tersebut menandakan bahwa metode tersebut lebih baik. Diketahui nilai opsi *call* dari metode JR *Tree* sebesar $12,392 dan metode CRR *Tree* sebesar $12,160, sedangkan nilai *Black-Scholes call* sebesar $12,327. Nilai opsi *call* yang paling mendekati nilai *Black-Scholes* adalah nilai opsi *call* JR *Tree*. Terlihat jelas karena selisih nilai opsi *call* dari JR *Tree* sangat sedikit dengan nilai *Black-Scholes*. Hal ini menandakan bahwa metode JR *Tree* lebih baik daripada CRR *Tree*.

Selanjutnya untuk nilai opsi *put* dari metode JR *Tree* sebesar $6,591, sedangkan nilai opsi *put* dari CRR *Tree* sebesar $6,168. Nilai *Black-Scholes put* yang didapat sebesar $6,385. Kemudian, dapat diketahui bahwa nilai opsi *put* JR *Tree* yang paling mendekati nilai *Black-Scholes*. Sehingga, hal tersebut menandakan bahwa metode JR *Tree* lebih baik daripada CRR *Tree*. Walaupun selisih nilai opsi kedua metode sangat berbeda tipis, namun tetap nilai opsi JR *Tree* yang paling unggul.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.2.4 Perhitungan Nilai Opsi *Vanilla* tipe Eropa dan *Error*-nya Metode JR *Tree* dan CRR *Tree* dengan Banyak Partisi

Perhitungan nilai opsi dengan banyak partisi bertujuan untuk memperoleh kekonvergenan suatu metode. Nilai parameter-parameter yang digunakan sama halnya seperti yang diperoleh dalam subbab 3.2.1. Data yang digunakan juga sama yakni menggunakan data riil. Perbedaannya ialah iterasi (M) yang digunakan lebih banyak. Hasil perhitungan nilai opsi *call* menggunakan metode JR *Tree* dengan perulangan banyak partisi sampai dengan $M = 200$ dapat digambarkan seperti berikut ini:



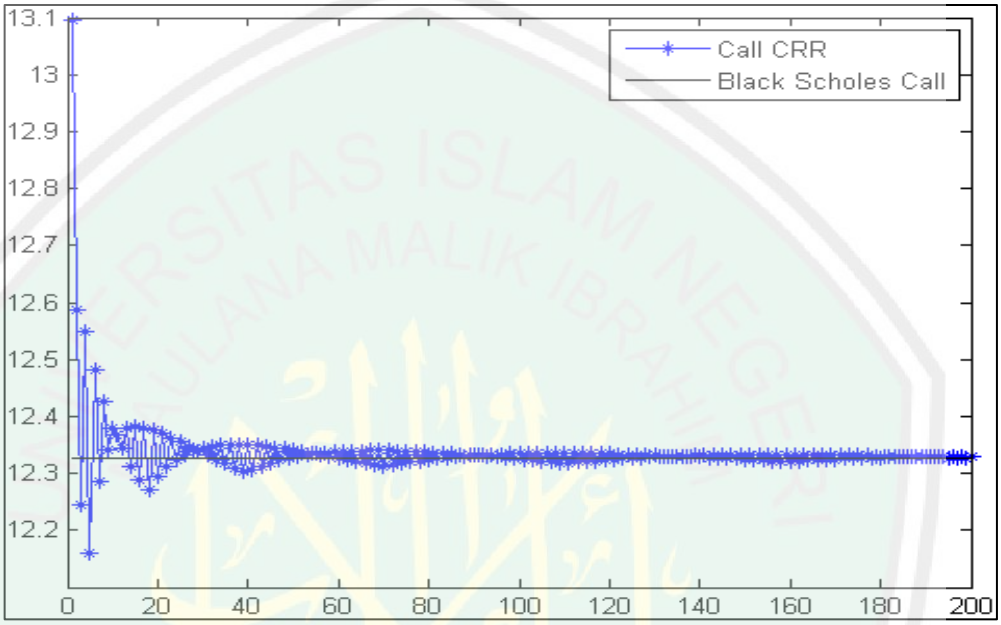
Gambar 3.12 Grafik Opsi *Call* JR *Tree* dan *Black-Scholes*

Gambar (3.12) menunjukkan bahwa grafik hasil simulasi nilai opsi *call* metode JR *Tree* dengan 200 iterasi ditandai dengan warna hijau, sedangkan nilai opsi *call* model *Black Scholes* ditandai dengan garis berwarna hitam. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai opsi *call* JR *Tree* konvergen terhadap nilai *Black Scholes*, dikarenakan nilai opsi JR *Tree* menuju nilai *Black Scholes* yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sebesar $12,3270.

Perulangan dengan banyak partisi juga dilakukan pada metode CRR *Tree*. Perulangan sebanyak 200 iterasi tersebut dapat dilihat grafiknya untuk hasil perhitungan opsi *call* CRR *Tree* sebagai berikut:



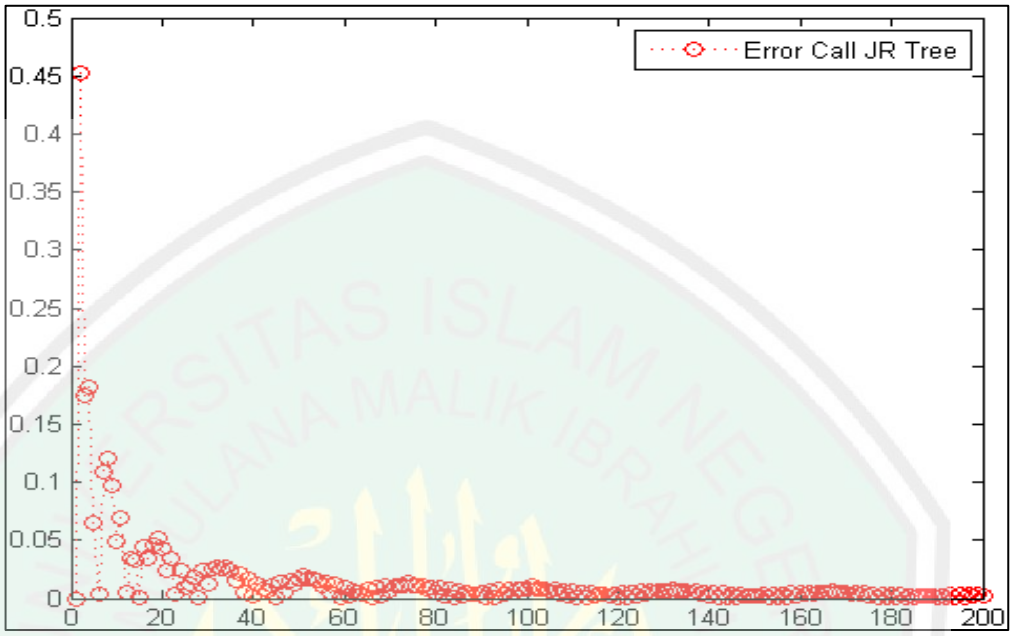
Gambar 3.13 Grafik Opsi *Call* CRR *Tree* dan *Black-Scholes*

Gambar (3.13) menunjukkan bahwa grafik hasil simulasi nilai opsi *call* metode CRR *Tree* dengan 200 iterasi ditandai dengan warna bir, sedangkan nilai opsi *call* model *Black Scholes* ditandai dengan garis berwarna hitam. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa nilai opsi *call* CRR *Tree* konvergen terhadap nilai *Black Scholes* sebesar $12,3270.

Pergerakan nilai opsi *call* JR *Tree* pada gambar (3.12) dan nilai opsi *call* CRR *Tree* pada gambar (3.13) terlihat tidak teratur pada partisi awal. Hal ini disebabkan karena nilai opsi dari kedua metode tidak sama hasilnya dengan nilai opsi *call* model *Black-Scholes*. Oleh sebab itu, terdapat adanya selisih antara nilai opsi *call* dengan model *Black-Scholes*. Selisih nilai opsi dengan

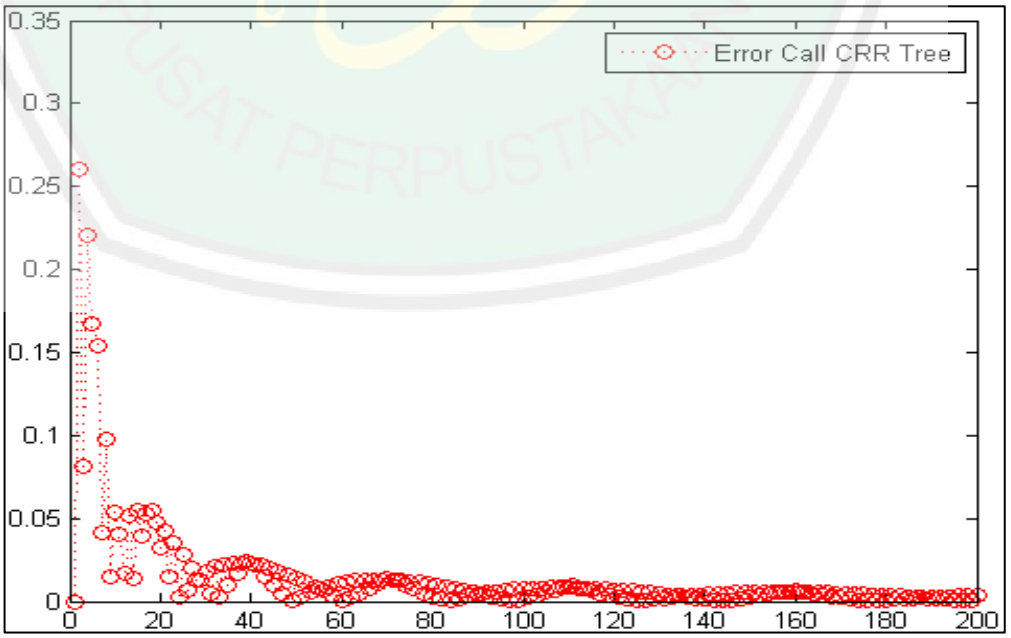
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

nilai *Black-Scholes* disebut dengan *error*. Berikut akan disajikan grafik nilai *error* opsi *call* dari metode JR *Tree* pada gambar (3.14):



Gambar 3.14 Grafik Nilai *Error* Opsi *Call* JR *Tree*

Sedangkan grafik nilai *error* opsi *call* dari metode CRR *Tree* pada gambar (3.15) sebagai berikut:

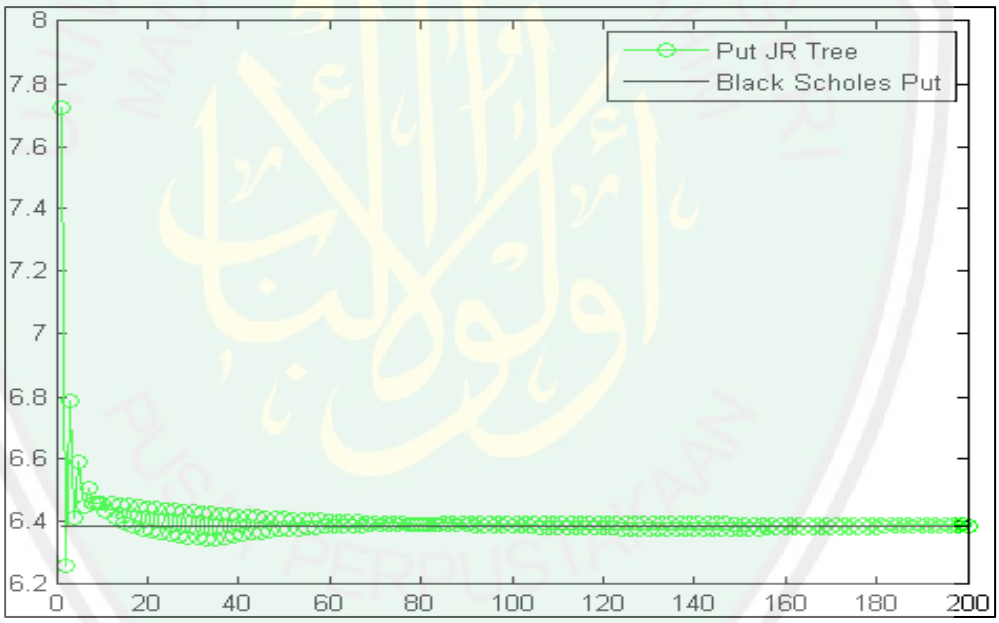


Gambar 3.15 Grafik Nilai *Error* Opsi *Call* CRR *Tree*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Gambar (3.14) dan (3.15) menunjukkan bahwa hasil perhitungan nilai *error* dari kedua metode ditandai dengan lingkaran berwarna merah. Selisih nilai *error* pada metode JR *Tree* lebih besar daripada metode CRR *Tree*. Namun dengan banyaknya simulasi yang dilakukan, menyebabkan nilai *error* pada JR *Tree* lebih cepat mendekati 0 daripada CRR *Tree*. Nilai-nilai opsi *call* dan *error* dari kedua metode selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

Perlakuan yang sama juga dilakukan pada opsi *put*. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai opsi *put* metode JR *Tree* dengan perulangan sebanyak 200 iterasi:



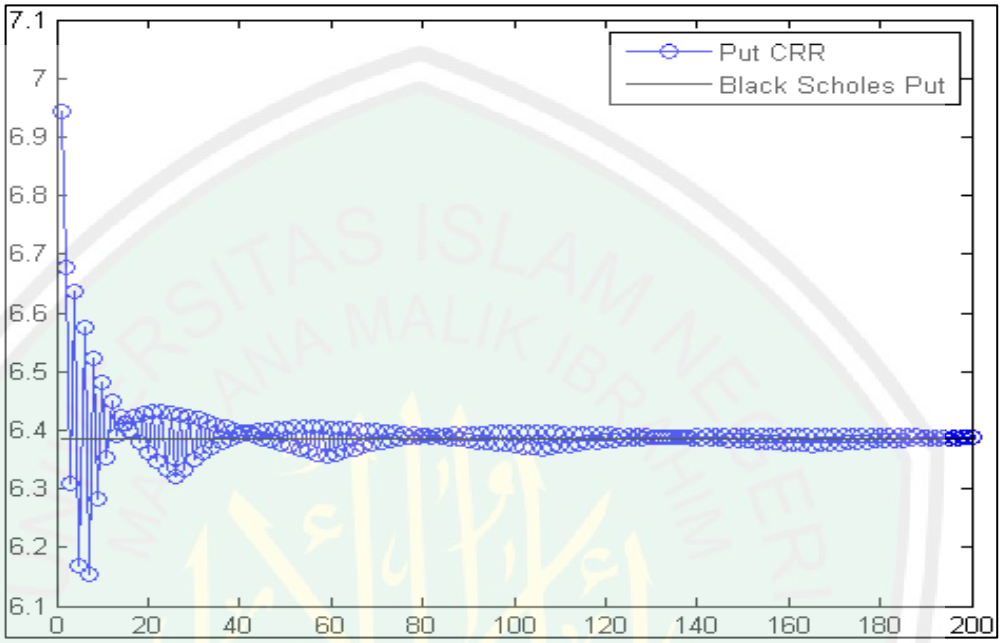
Gambar 3.16 Grafik Opsi *Put* JR *Tree* dan *Black-Scholes*

Gambar (3.16) menunjukkan bahwa grafik hasil simulasi nilai opsi *put* metode JR *Tree* dengan 200 iterasi ditandai dengan lingkaran berwarna hijau, sedangkan nilai opsi *put* model *Black Scholes* ditandai dengan garis berwarna hitam. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai opsi *put* JR *Tree* konvergen terhadap nilai *Black Scholes*, dikarenakan nilai opsi JR *Tree* menuju nilai *Black*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Scholes yang sebesar $6,3853.

Perhitungan untuk opsi *put* CRR *Tree* dengan partisi banyak dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



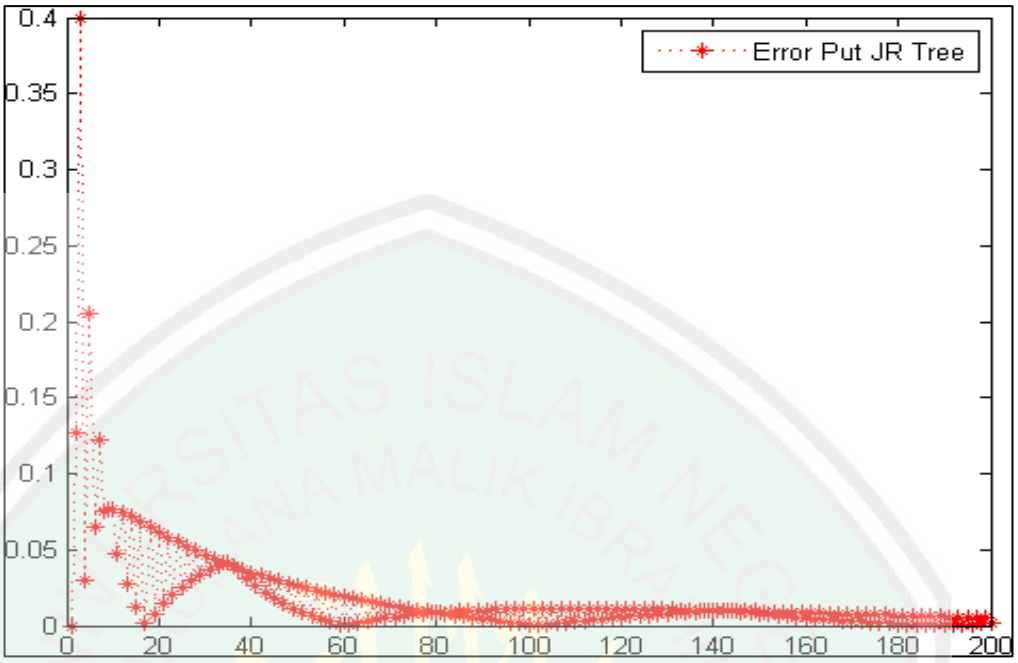
Gambar 3.17 Grafik Opsi *Put* CRR *Tree* dan *Black-Scholes*

Gambar (3.17) menunjukkan bahwa grafik hasil simulasi nilai opsi *put* metode CRR *Tree* dengan 200 iterasi ditandai dengan lingkaran berwarna biru, sedangkan nilai opsi *put* model *Black Scholes* ditandai dengan garis berwarna hitam. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai opsi *put* CRR *Tree* juga konvergen terhadap nilai *Black Scholes*, dikarenakan nilai opsi CRR menuju nilai *Black Scholes* yang sebesar $6,3853.

Pergerakan nilai opsi *put* JR *Tree* pada gambar (3.16) dan nilai opsi *put* CRR *Tree* pada gambar (3.17) terlihat tidak teratur pada partisi awal. Hal ini juga disebabkan karena nilai opsi dari kedua metode tidak sama hasilnya dengan nilai opsi *put* model *Black-Scholes*. Berikut akan disajikan grafik nilai

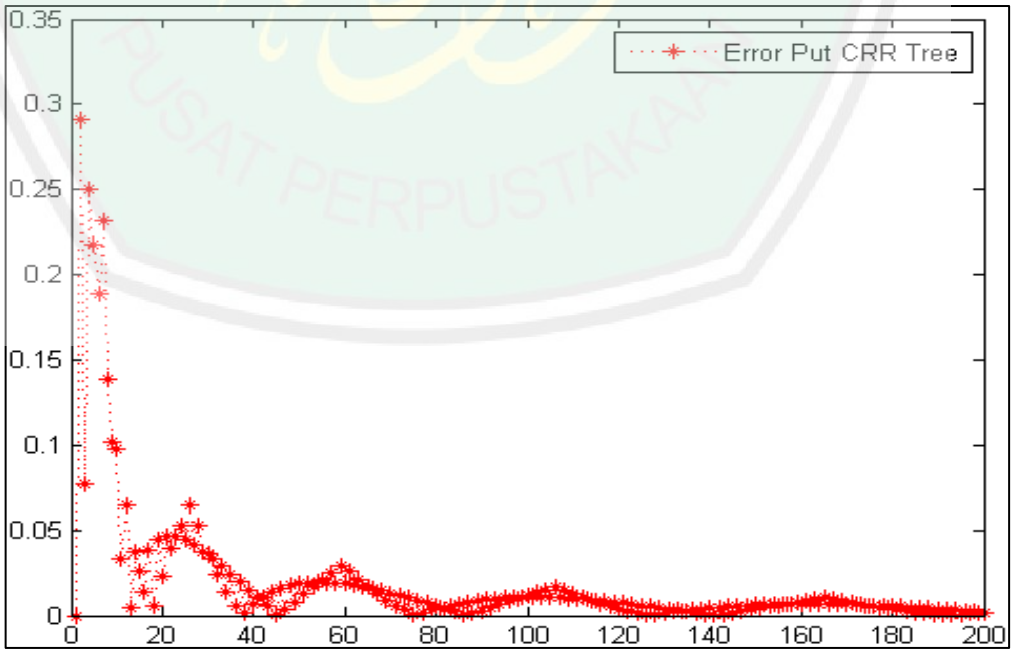
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

error opsi *put* dari metode JR *Tree* pada gambar (3.18):



Gambar 3.18 Grafik Nilai *Error* Opsi *Put* JR *Tree*

Sedangkan grafik nilai *error* opsi *call* dari metode CRR *Tree* pada gambar (3.19) sebagai berikut:



Gambar 3.19 Grafik Nilai *Error* Opsi *Put* CRR *Tree*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Gambar (3.18) dan (3.19) menunjukkan bahwa hasil perhitungan nilai *error* ditandai dengan bintang berwarna merah. Terlihat dari kedua gambar bahwa pada partisi awal grafik tidak teratur dan selisih nilai *error* pada metode JR *Tree* lebih besar daripada metode CRR *Tree*. Namun semakin banyak perulangan yang dilakukan, menyebabkan nilai *error* pada JR *Tree* lebih cepat mendekati 0 daripada CRR *Tree*. Nilai-nilai opsi *put* dan *error* dari kedua metode selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4. Berdasarkan dari beberapa penjelasan beserta gambar yang disajikan dari gambar (3.12)-(3.19) menunjukkan bahwa semakin banyak perulangan yang dilakukan, maka nilai opsi yang didapatkan akan semakin konvergen terhadap nilai *Black-Scholes*. Sedangkan untuk nilai *error* nya juga konvergen menuju 0.

3.3 Perbandingan Hasil Metode JR *Tree* dan CRR *Tree* pada Penentuan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa

3.3.1 Perbandingan Nilai Opsi *Call* Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*

Perbandingan nilai opsi dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree* dilakukan dengan cara membandingkan hasil simulasi dari kedua metode tersebut. Hasil simulasi dari masing-masing metode akan dibandingkan dengan nilai opsi model *Black-Scholes*. Nilai opsi dikatakan konvergen apabila mendekati nilai *Black-Scholes*. Pembahasan pada subbab ini akan fokus membandingkan nilai opsi dengan banyak partisi yang dilakukan seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan di atas. Perbandingan nilai opsi *call* dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree* selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.7 Perbandingan Opsi *Call* JR *Tree* dan CRR *Tree* Terhadap *Black-Scholes*

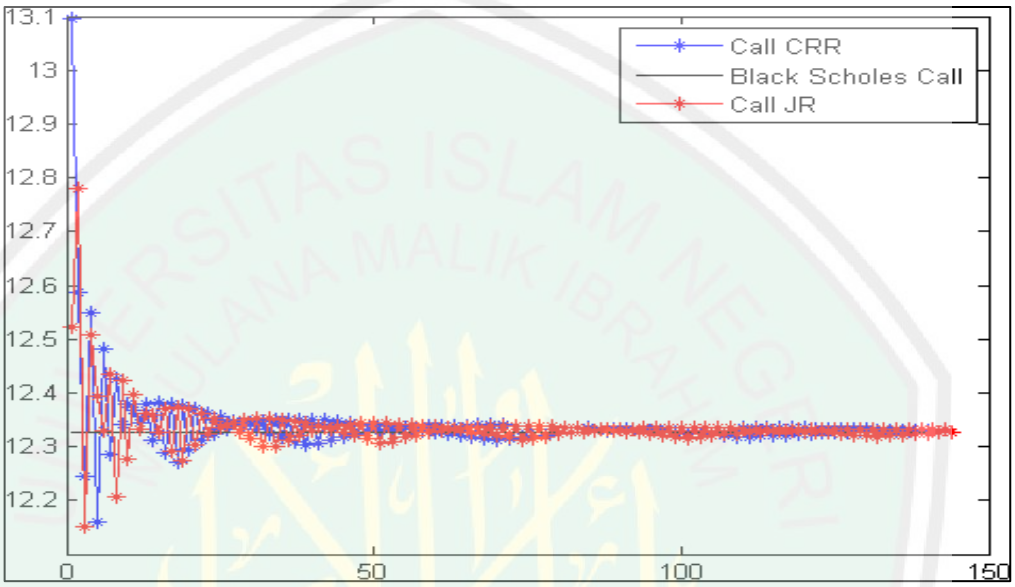
M	Nilai Opsi		Nilai *Error*		*Black-Scholes*
	JR	CRR	JR	CRR	
12	12,3321	12,3437	0,0051	0,0167	12,327
24	12,3517	12,3247	0,0247	-0,0023	
36	12,3124	12,3503	-0,0146	0,0233	
48	12,3429	12,3432	0,0159	0,0162	
60	12,3369	12,3278	0,0099	0,0008	
72	12,3167	12,314	-0,0103	-0,013	
84	12,3276	12,3276	0,0006	0,0006	
96	12,335	12,3337	0,008	0,0067	
108	12,3341	12,3353	0,0071	0,0083	
120	12,328	12,334	0,001	0,007	
132	12,3187	12,331	-0,0083	0,004	
144	12,327	12,3268	0	-0,0002	

Tabel (3.7) menampilkan nilai opsi *call* dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree*. Masing-masing nilai opsi *call* dari kedua metode tersebut dibandingkan dengan nilai *Black-Scholes*. Semakin nilai opsi tersebut mendekati nilai *Black-Scholes* maka dapat dikatakan bahwa nilai opsi tersebut konvergen. Sebanyak 144 partisi yang dilakukan, namun hanya beberapa partisi yang dirangkum dalam tabel yakni kelipatan 12. Nilai opsi yang konvergen dengan nilai *Black-Scholes* yakni sebesar 12,327 ditandai dengan warna kuning. Tabel (3.7) menunjukkan bahwa pada partisi ke-144, nilai opsi *call* JR *Tree* lebih cepat konvergen dengan nilai *Black-Scholes*. Hal ini juga didukung dengan mengamati nilai *error* dari masing-masing metode. Nilai *error* yang paling mendekati 0 menunjukkan bahwa nilai opsi *call* tersebut konvergen terhadap nilai *Black-Scholes*. Pada tabel (3.7) nilai *error* yang mendekati 0 diberi tanda warna merah. Berdasarkan tabel (3.7), pada partisi ke-144 nilai *error* yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menunjukkan 0 adalah dari JR *Tree*. Hasil perbandingan selanjutnya akan disajikan dalam bentuk grafik.

Gambar (3.28) berikut ini menunjukkan grafik perbandingan konvergensi nilai opsi *call* dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree*:



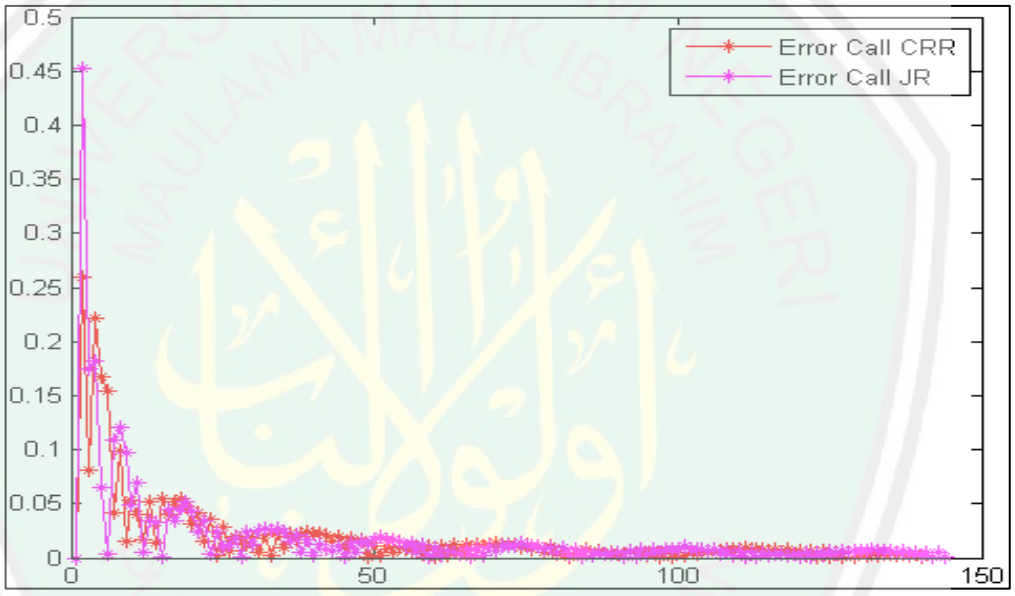
Gambar 3.20 Perbandingan Konvergensi Nilai Opsi *Call* JR *Tree* dan CRR *Tree* Terhadap *Black-Scholes*

Pada gambar (3.20), dapat dilihat bahwa grafik nilai opsi *call* JR *Tree* ditandai dengan warna merah, sedangkan CRR *Tree* ditandai dengan warna biru. Selain itu, terdapat garis warna hitam yang tertutupi oleh kedua nilai opsi *call* yang mana garis tersebut menunjukkan nilai *Black-Scholes*. Banyak iterasi yang dilakukan sebanyak 144. Sekilas pergerakan grafik dari kedua metode, yakni JR *Tree* dan CRR *Tree* hampir sama. Berdasarkan pergerakan grafiknya, pada awal partisi kedua nilai opsi tidak mendekati nilai *Black-Scholes*. Kedua grafik dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree* tidak monoton. Namun dengan banyaknya perulangan yang dilakukan, kedua nilai opsi *call* dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree* semakin mendekati nilai *Black-Scholes*. Pada partisi ke 144 nilai opsi *call*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

JR *Tree* konvergen dengan nilai *Black-Scholes*. Hal ini menunjukkan bahwa kedua grafik nilai opsi *call* tersebut konvergen terhadap nilai *Black-Scholes*, namun nilai opsi yang lebih cepat konvergen adalah JR *Tree*. Bukti lain dapat dilihat pada hasil pergerakan grafik konvergensi nilai *error* untuk memperkuat pernyataan tersebut.

Berikut merupakan hasil grafik perbandingan konvergensi nilai *error* opsi *call* dari kedua metode:



Gambar 3.21 Perbandingan Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Call* JR *Tree* dan CRR *Tree*

Gambar (3.21) menampilkan grafik perbandingan nilai *error* opsi *call* antara metode JR *Tree* dan CRR *Tree*. Grafik nilai *error* untuk metode JR *Tree* ditandai dengan warna ungu, sedangkan metode CRR *Tree* ditandai dengan warna merah. Pergerakan grafik dari gambar (3.21) menunjukkan bahwa keduanya cenderung sama dan mendekati nilai 0. Grafik nilai *error* pada JR *Tree* pada awal partisi sangat jauh dari 0 dibandingkan grafik CRR *Tree*. Hal ini menunjukan selisih nilai opsi JR *Tree* dengan nilai *Black-Scholes* sangat

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

besar. Jika diamati lebih lanjut nilai *error* opsi *call* metode JR *Tree* konvergen dengan nilai 0 pada partisi ke 144.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai opsi *call* metode JR *Tree* lebih cepat konvergen daripada metode CRR *Tree*. Hal ini dibuktikan dengan melihat hasil pada tabel (3.7). Pada tabel (3.7) nilai opsi *call* JR *Tree* lebih cepat konvergen dengan nilai *Black-Scholes* daripada CRR *Tree*, meskipun selisih dari keduanya berbeda tipis. Pernyataan ini juga didukung dengan melihat pada hasil nilai *error* dari kedua metode bahwa nilai *error* opsi *call* JR *Tree* lebih cenderung mendekati 0.

3.3.2 Perbandingan Nilai Opsi *Put* Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*

Perlakuan yang sama dalam membandingkan nilai opsi *put* JR *Tree* dan CRR *Tree* tidak jauh berbeda dengan alur yang dilakukan dalam membandingkan nilai opsi *call* dari kedua metode tersebut. Simulasi yang dilakukan menggunakan partisi sebanyak 102. Perbandingan nilai opsi *put* dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree* selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

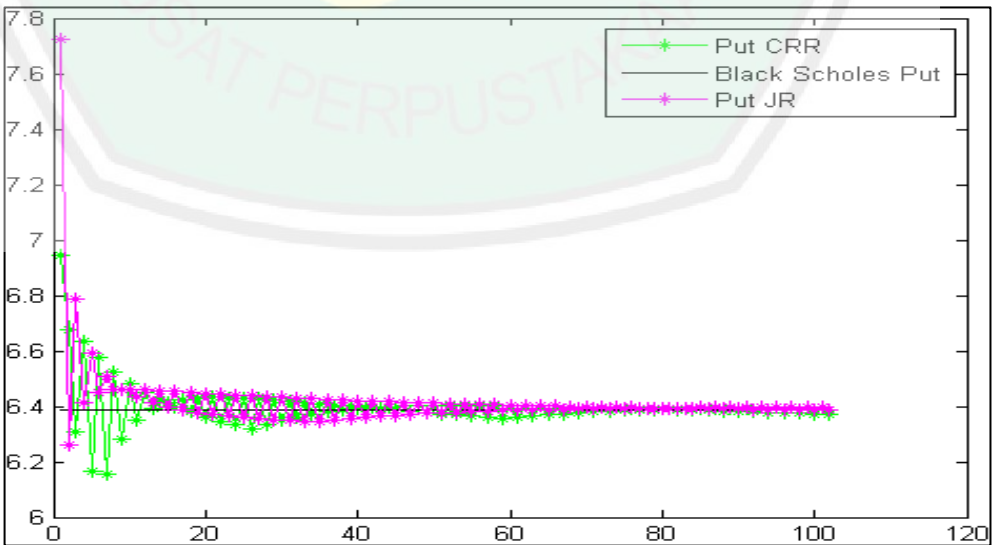
Tabel 3.8 Perbandingan Opsi *Put* JR *Tree* dan CRR *Tree* Terhadap *Black-Scholes*

M	Nilai Opsi		Nilai *Error*		*Black-Scholes*
	JR	CRR	JR	CRR	
17	6,3868	6,4235	0,0015	0,0382	**6,3853**
34	6,4268	6,3718	0,0415	-0,0135	
51	6,3764	6,3728	-0,0089	-0,0125	
68	6,3997	6,3999	0,0144	0,0146	
85	6,3948	6,3924	0,0095	0,0071	
102	6,3853	6,3717	0	-0,0136	

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel (3.8) menampilkan nilai opsi *put* dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree*. Masing-masing nilai opsi *put* dari kedua metode tersebut dibandingkan dengan nilai *Black-Scholes*. Semakin nilai opsi tersebut mendekati nilai *Black-Scholes* maka dapat dikatakan bahwa nilai opsi tersebut konvergen. Sebanyak 102 partisi yang dilakukan, hanya beberapa partisi yang dirangkum dalam tabel yakni kelipatan 17. Nilai opsi yang konvergen dengan nilai *Black-Scholes* yakni sebesar 6,3853 ditandai dengan warna kuning. Tabel (3.8) menunjukkan bahwa pada partisi ke-102, nilai opsi *put* JR *Tree* lebih cepat konvergen dengan nilai *Black-Scholes*. Hal ini juga didukung dengan mengamati nilai *error* dari masing-masing metode. Nilai *error* yang paling mendekati 0 menunjukkan bahwa nilai opsi *put* tersebut konvergen terhadap nilai *Black-Scholes*. Pada tabel (3.8) nilai *error* yang mendekati 0 diberi tanda warna merah. Berdasarkan tabel (3.8), pada partisi ke-102 nilai *error* yang menunjukkan 0 adalah dari JR *Tree*. Hasil perbandingan selanjutnya akan disajikan dalam bentuk grafik.

Gambar (3.22) berikut ini menunjukkan grafik perbandingan konvergensi nilai opsi *put* dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree*:



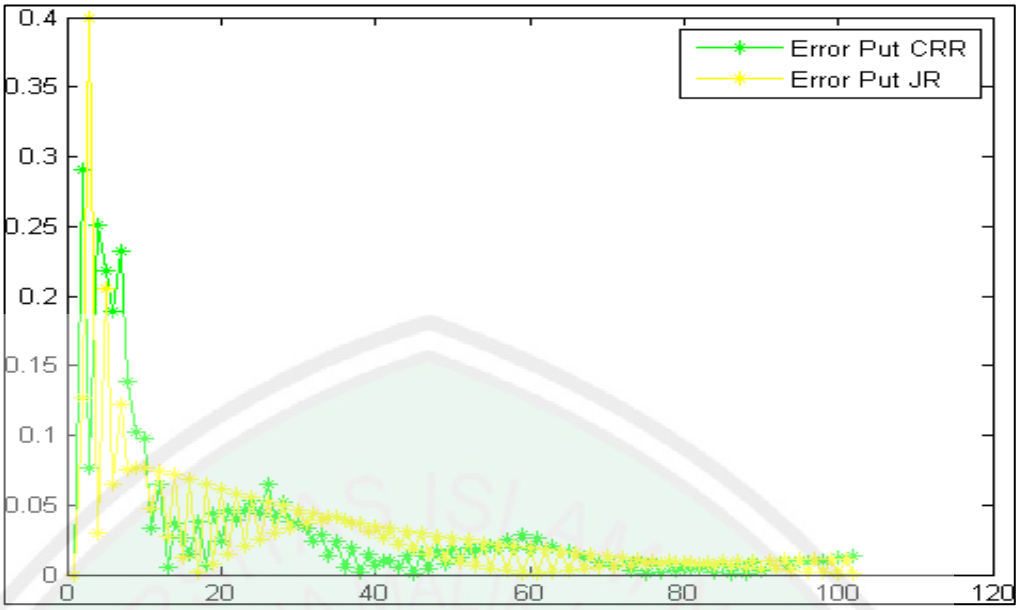
Gambar 3.22 Perbandingan Konvergensi Nilai Opsi *Put* JR *Tree* dan CRR *Tree* Terhadap *Black-Scholes*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pada gambar (3.22), dapat dilihat bahwa grafik nilai opsi *put* JR *Tree* ditandai dengan warna ungu, sedangkan CRR *Tree* ditandai dengan warna hijau. Selain itu, terdapat garis warna hitam yang tertutupi oleh kedua nilai opsi *put* yang mana garis tersebut menunjukkan nilai *Black-Scholes*. Banyak iterasi yang dilakukan sebanyak 102. Sekilas pergerakan grafik dari kedua metode, yakni JR *Tree* dan CRR *Tree* hampir sama. Berdasarkan pergerakan grafiknya, pada awal partisi kedua nilai opsi tidak mendekati nilai *Black-Scholes*. Kedua grafik dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree* tidak monoton. Namun dengan banyaknya perulangan yang dilakukan, kedua nilai opsi *put* dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree* semakin mendekati nilai *Black-Scholes*. Pada partisi ke 102 nilai opsi *put* JR *Tree* konvergen dengan nilai *Black-Scholes*. Hal ini menunjukkan bahwa kedua grafik nilai opsi *put* tersebut konvergen terhadap nilai *Black-Scholes*, namun nilai opsi yang lebih cepat konvergen adalah JR *Tree*. Bukti lain dapat dilihat pada hasil pergerakan grafik konvergensi nilai *error* untuk memperkuat pernyataan tersebut.

Berikut merupakan hasil grafik perbandingan konvergensi nilai *error* opsi *put* dari kedua metode JR *Tree* dan CRR *Tree*:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.23 Perbandingan Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Put* JR *Tree* dan CRR *Tree*

Gambar (3.23) menampilkan grafik perbandingan nilai *error* opsi *put* antara metode JR *Tree* dan CRR *Tree*. Grafik nilai *error* untuk metode JR *Tree* ditandai dengan warna kuning, sedangkan metode CRR *Tree* ditandai dengan warna hijau. Pergerakan grafik dari gambar (3.23) menunjukkan bahwa keduanya cenderung sama dan mendekati nilai 0. Grafik nilai *error* pada JR *Tree* pada awal partisi sangat jauh dari 0 dibandingkan grafik CRR *Tree*. Hal ini menunjukan selisih nilai opsi JR *Tree* dengan nilai *Black-Scholes* sangat besar. Jika diamati lebih lanjut nilai *error* opsi *put* metode JR *Tree* konvergen dengan nilai 0 pada partisi ke 102.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai opsi *put* metode JR *Tree* lebih konvergen daripada metode CRR *Tree*. Hal ini dibuktikan dengan melihat hasil pada tabel (3.8). Pada tabel (3.8) nilai opsi *put* JR *Tree* lebih cepat konvergen dengan nilai *Black-Scholes*. Terlihat bahwa nilai opsi JR *Tree* lebih baik daripada CRR *Tree*, meskipun selisih dari keduanya berbeda tipis. Pernyataan ini juga didukung dengan melihat pada hasil nilai

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

error dari kedua metode bahwa nilai *error* opsi *put* JR *Tree* lebih cenderung mendekati 0.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Hasil pembahasan di atas diperoleh kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Aproksimasi analitik metode JR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa diperoleh parameter-parameter u, d, dan p, yaitu:

$$u = e^{\left(r-\frac{1}{2}\sigma^2\right)+\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = e^{\left(r-\frac{1}{2}\sigma^2\right)-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

dan

$$p = \frac{1}{2}$$

2. Metode JR *Tree* dalam penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa konvergen terhadap model *Black-Scholes*. Oleh karena itu, metode JR *Tree* dapat dikatakan metode yang efektif dilihat dari konvergensi yang diperoleh nilai opsinya terhadap nilai *Black-Scholes*
3. Perbandingan hasil dari metode JR *Tree* dan CRR *Tree* dalam penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa membuktikan bahwa metode JR *Tree* lebih baik daripada metode CRR *Tree*. Hal tersebut berdasarkan perbandingan konvergensi nilai opsi *vanilla* dan nilai *error* dari masing-masing metode. Nilai opsi *vanilla* metode JR *Tree* lebih cepat konvergen terhadap nilai *Black-Scholes, s*edangkan nilai *error* metode JR *Tree* juga lebih cepat konvergen mendekati 0. Semakin banyak iterasi yang dilakukan, maka semakin cepat konvergen nilai opsi tersebut.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.2 Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dalam menentukan nilai opsi *vanilla* tipe Asia dan Amerika dengan menggunakan metode yang sama, yakni JR *Tree*.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah. (1994). *Lubaabut Tafsir Min Ibni Katsiir.* (M. A. Ghoffar, Penerj.) Bogor: Pustaka Imam Syafi'i.

Abi, F. P. (2016). *Semakin Dekat dengan Pasar Modal Indonesia.* Yogyakarta: Deepublish.

Al-Zuhaily, W. (1085). *Al-Fiqh Al-Islamy Wa Adillatuh.* Beirut: Daar Al-Fikr.

Appolloni, E., & Ligori, A. (2014). *Efficient Tree Methods for Pricing Digital Barrier Options.* United States of America: Wilay-Interscience.

Aziz, A. (2009). Empat Model Aproksimasi Binomial Harga Saham Model *Black-Scholes*. *Cauchy: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi , 1*, 15-21.

Chair, W. (2015). Manajemen Investasi di Bank Syariah. *Iqtishadia: Jurnal Ekonomi dan Perbankan Syariah , 2*, 203.

Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2010). *Numerical Methods for Engineers (Sixth Edition).* New York: McGraw-Hill.

Harinaldi. (2005). *Prinsip-Prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains.* Jakarta: Erlangga.

Herispon. (2007). *Matematika Keuangan.* Pekanbaru: UIR Press.

Hidayat, T. (2011). *Buku Pintar Investasi Syariah.* Jakarta: Mediakita.

Higham, D. J. (2004). *An Introduction to Financial Option Valution.* United Kingdom: Cambridge University Press.

Hull, J. C. (2012). *Options, Futures, and Other Derivatives (Eight Edition).* United States of America: Pearson.

Jarrow, R., & Rudd, A. (1983). *Option Pricing.* Homewood: Irwin.

Judokusumo, S. (2008). *Pengantar Derivativ dalam Moneter Internasional.* Jakarta: Grasindo.

Karnadjaja, A., Ong, E., & Wijaya, C. (2007). *Smart Investment for Mega Profit.* Jakarta: PT Elex media Komputindo.

Kusuma, L. T., & Debrina. (2016). *Pengantar Statistik Industri.* Malang: UB Press.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Leisen, D. P., & Reimer, M. (1996). Binomial Models for Option Valuation-Examining and Improving Convergence. *Applied Mathematical Financial , 3*, 319-346.

Lessy, D. (2013). Penentuan Harga Opsi Eropa dengan Model Binomial. *Jurnal Matematika dan Pembelajarannya , 1*, 32-41.

London, J. (2005). *Modeling Derivatives in C++*. New Jersey: John Wilwy & Sons, Inc.

Manurung, A. H. (2011). *Kaya dari Bermain Opsi di Bursa Saham.* Jakarta: PT Kompas Media Nusantara.

Mas'adi, G. A. (2002). *Fiqh Muamalah Kontekstual.* Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Maulana. (2016). *Statistika dalam Penelitian Pendidikan: Konsep Dasar dan Kajian Praktis.* Sumedang: UPI Sumedang Press.

Nurkanovic. (2017). *The Split Tree for Option Pricing.* Kaiserslautern: University Kaiserslautern.

Pardiansyah, E. (2017). Investasi dalam Perspektif Ekonomi Islam: Pendekatan Teoritis dan Empiris. *Economica: Jurnal Ekonomi Islam , 8*, 341-342.

Rahman, A. (2010). *Model Black-Scholes Put Call Parity Harga Opsi Tipe Eropa dengan Pembagian Dividen.* Surakarta: USM.

Seydel, R. (2002). *Tools for Computational Finance (Second Edition).* Germany: Springer.

Siahaan, H. (2008) *Seluk Beluk Perdagangan Instrumen Derivatif.* Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

Sinclair, E. (2010). *Option Trading: Pricing and Volatility Strategies and Techniques.* Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Spiegel, M. R. (2000). *Statistics Schaum's Easy Outline.* (J. Gressando, Penerj.) Jakarta: Erlangga.

Sudaryono. (2012). *Statistika Probabilitas: Teori dan Aplikasi.* Yogyakarta: Andi Offset.

Tambunan, A. P. (2008). *Menilai Harga Wajar Saham (Stock Valuation).* Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

Taylor, H. M., & S, K. (1998). *An Introducing to Stochastic Modeling (Third Edition).* United States of America: Academic Press.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Wibowo, & Arif, A. (2009). *Akuntansi dan Keuangan Dasar 2 Edisi Ketiga.* Jakarta: Cikal Sakti.

Yuliana, I. (2010). *Investasi produk Keuangan Syariah.* Malang: UIN Maliki Press.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penutupan Harga Saham Mingguan Merck & Co., Inc.
Tanggal 01 Maret 2015 sampai 28 Februari 2020

2015											
Maret			**April**			**Mei**			**Juni**		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
1	2	56,84	6	6	57,25	10	4	60,74	14	1	58,99
2	9	56,20	7	13	56,88	11	11	60,23	15	8	57,87
3	16	58,58	8	20	57,60	12	18	59,38	16	15	58,04
4	23	57,75	9	27	59,86	13	25	60,89	17	22	58,49
5	30	57,10							18	29	57,67
Juli			**Agustus**			**September**			**Oktober**		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
19	6	57,95	23	3	57,97	28	7	52,09	32	5	50,95
20	13	58,82	24	10	59,18	29	14	52,13	33	12	51,48
21	20	57,41	25	17	55,77	30	21	49,60	34	19	52,88
22	27	58,96	26	24	55,37	31	28	50,14	35	26	54,66
			27	31	51,59						

November			**Desember**		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
36	2	54,61	41	7	52,15
37	9	53,03	42	14	51,64
38	16	54,10	43	21	52,85
39	23	53,96	44	28	52,82
40	30	53,64			

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2016												
Januari			Februari			Maret			April			
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	
45	4	51,08	49	1	49,38	54	7	53,20	58	4	55,36	
46	11	51,14	50	8	49,03	55	14	52,25	59	11	56,14	
47	18	51,35	51	15	50,12	56	21	53,07	60	18	56,74	
48	25	50,67	52	22	50,64	57	28	53,70	61	25	54,84	
			53	29	52,08							
Mei			Juni			Juli			Agustus			
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	
62	2	53,60	67	6	56,81	71	4	59,35	75	1	63,86	
63	9	53,88	68	13	55,89	72	11	59,63	76	8	63,35	
64	16	55,11	69	20	55,88	73	18	58,82	77	15	63,36	
65	23	56,48	70	27	57,94	74	25	58,66	78	22	62,85	
66	30	56,64							79	29	62,98	
September			Oktober			November			Desember			
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	
80	5	62,49	84	3	62,77	89	7	63,95	93	5	61,23	
81	12	62,28	85	10	62,14	90	14	61,87	94	12	62,44	
82	19	62,96	86	17	61,20	91	21	62,21	95	19	59,56	
83	26	62,41	87	24	58,84	92	28	61,13	96	26	58,87	
			88	31	58,82							

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2017											
Januari			**Februari**			**Maret**			**April**		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
97	2	60,27	102	6	64,15	106	6	65,60	110	3	63,13
98	9	62,34	103	13	65,39	107	13	63,90	111	10	62,61
99	16	62,53	104	20	66,16	108	20	63,18	112	17	61,89
100	23	61,75	105	27	66,58	109	27	63,54	113	24	62,33
101	30	64,29									
Mei			**Juni**			**Juli**			**Agustus**		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
114	1	63,97	119	5	64,39	123	3	63,16	128	7	62,38
115	8	63,57	120	12	62,97	124	10	63,06	129	14	61,49
116	15	63,78	121	19	66,16	125	17	62,63	130	21	62,94
117	22	64,92	122	26	64,09	126	24	64,11	131	28	63,83
118	29	65,47				127	31	63,10			
September			**Oktober**			**November**			**Desember**		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
132	4	64,27	136	2	64,55	141	6	55,48	145	4	55,57
133	11	66,16	137	9	63,39	142	13	55,20	146	11	56,24
134	18	65,13	138	16	63,88	143	20	54,35	147	18	56,36
135	25	64,03	139	23	58,24	144	27	55,87	148	25	56,27
			140	30	56,06						

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2018											
Januari			**Februari**			**Maret**			**April**		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
149	1	56,99	154	5	54,87	158	5	55,14	162	2	53,36
150	8	58,66	155	12	56,29	159	12	55,67	163	9	57,17
151	15	61,28	156	19	54,87	160	19	53,41	164	16	58,83
152	22	62,04	157	26	54,36	161	26	54,47	165	23	59,47
153	29	58,56							166	30	57,75
Mei			**Juni**			**Juli**			**Agustus**		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
167	7	59,69	171	4	62,58	175	2	62,20	180	6	66,07
168	14	59,14	172	11	62,03	176	9	62,89	181	13	69,06
169	21	59,09	173	18	61,47	177	16	62,52	182	20	69,04
170	28	60,56	174	25	60,70	178	23	63,49	183	27	68,59
						179	30	65,93			
September			**Oktober**			**November**			**Desember**		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
184	3	69,67	188	1	71,03	193	5	74,86	197	3	76,72
185	10	69,98	189	8	69,81	194	12	76,06	198	10	76,48
186	17	71,10	190	15	72,35	195	19	74,67	199	17	72,90
187	24	70,94	191	22	70,40	196	26	79,34	200	24	75,37
			192	29	72,27				201	31	76,27

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2019												
Januari			Februari			Maret			April			
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	
202	7	74,90	206	4	77,52	210	4	79,80	214	1	81,15	
203	14	75,87	207	11	79,81	211	11	81,57	215	8	79,43	
204	21	72,95	208	18	80,77	212	18	82,29	216	15	73,19	
205	28	76,45	209	25	81,65	213	25	83,17	217	22	76,63	
									218	29	80,00	
Mei			Juni			Juli			Agustus			
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	
219	6	78,19	223	3	82,46	227	1	85,60	232	5	85,52	
220	13	78,72	224	10	82,78	228	8	79,73	233	12	85,06	
221	20	81,17	225	17	84,57	229	15	81,39	234	19	84,94	
222	27	79,21	226	24	83,85	230	22	81,43	235	26	86,47	
						231	29	84,47				
September			Oktober			November			Desember			
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	No	Tgl	Close	
236	2	86,57	241	7	84,34	245	4	83,59	249	2	88,85	
237	9	82,61	242	14	84,68	246	11	84,90	250	9	89,19	
238	16	85,16	243	21	82,26	247	18	85,45	251	16	91,58	
239	23	82,91	244	28	84,94	248	25	87,18	252	23	91,50	
240	30	85,00							253	30	91,25	

2020					
Januari			Februari		
No	Tgl	Close	No	Tgl	Close
254	6	89,53	258	3	85,08
255	13	90,97	259	10	82,65
256	20	85,98	260	17	82,34
257	27	85,44	261	24	76,56

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 2 Hasil Perhitungan Z dan *Return* Data Penutupan Harga Saham Mingguan Merck & Co., Inc.

Tanggal	Z Hitung	Close ($)	*Return*
02/03/2015	-0,77045	56,84	
09/03/2015	-0,82790	56,20	-0,011323529
16/03/2015	-0,61427	58,58	0,041476601
23/03/2015	-0,68877	57,75	-0,014270026
30/03/2015	-0,74711	57,10	-0,011319268
06/04/2015	-0,73365	57,25	0,002623561
13/04/2015	-0,76686	56,88	-0,006483839
20/04/2015	-0,70224	57,60	0,01257873
27/04/2015	-0,49938	59,86	0,038485986
04/05/2015	-0,42039	60,74	0,014593973
11/05/2015	-0,46617	60,23	-0,008431925
18/05/2015	-0,54246	59,38	-0,014213081
25/05/2015	-0,40693	60,89	0,025111455
01/06/2015	-0,57747	58,99	-0,031700969
08/06/2015	-0,67800	57,87	-0,019168874
15/06/2015	-0,66274	58,04	0,002933347
22/06/2015	-0,62235	58,49	0,007723388
29/06/2015	-0,69595	57,67	-0,014118761
06/07/2015	-0,67082	57,95	0,004843514
13/07/2015	-0,59273	58,82	0,014901346
20/07/2015	-0,71929	57,41	-0,024263429
27/07/2015	-0,58016	58,96	0,026640727
03/08/2015	-0,66902	57,97	-0,016933578
10/08/2015	-0,56042	59,18	0,020657994
17/08/2015	-0,86649	55,77	-0,059347557
24/08/2015	-0,90240	55,37	-0,007198178
31/08/2015	-1,24169	51,59	-0,070710058
07/09/2015	-1,19681	52,09	0,009645137
14/09/2015	-1,19322	52,13	0,000767626
21/09/2015	-1,42031	49,60	-0,049749825
28/09/2015	-1,37184	50,14	0,010828279
05/10/2015	-1,29913	50,95	0,016025707
12/10/2015	-1,25156	51,48	0,010348603
19/10/2015	-1,12590	52,88	0,026831832
26/10/2015	-0,96613	54,66	0,033106966
02/11/2015	-0,97061	54,61	-0,000915146

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

09/11/2015	-1,11243	53,03	-0,029359262
16/11/2015	-1,01639	54,10	0,019976377
23/11/2015	-1,02896	53,96	-0,002591136
30/11/2015	-1,05768	53,64	-0,005947973
07/12/2015	-1,19142	52,15	-0,02817082
14/12/2015	-1,23720	51,64	-0,009827673
21/12/2015	-1,12859	52,85	0,023161128
28/12/2015	-1,13128	52,82	-0,000567768
04/01/2016	-1,28746	51,08	-0,033496837
11/01/2016	-1,28208	51,14	0,00117388
18/01/2016	-1,26323	51,35	0,004097947
25/01/2016	-1,32427	50,67	-0,013330917
01/02/2016	-1,44005	49,38	-0,025788476
08/02/2016	-1,47147	49,03	-0,007113169
15/02/2016	-1,37363	50,12	0,021987775
22/02/2016	-1,32696	50,64	0,010321648
29/02/2016	-1,19770	52,08	0,028039278
07/03/2016	-1,09717	53,20	0,021277379
14/03/2016	-1,18245	52,25	-0,018018524
21/03/2016	-1,10884	53,07	0,015571906
28/03/2016	-1,05230	53,70	0,011801223
04/04/2016	-0,90330	55,36	0,030444309
11/04/2016	-0,83328	56,14	0,013991224
18/04/2016	-0,77943	56,74	0,010630912
25/04/2016	-0,94997	54,84	-0,03405961
02/05/2016	-1,06127	53,60	-0,022870824
09/05/2016	-1,03614	53,88	0,005210339
16/05/2016	-0,92573	55,11	0,022571836
23/05/2016	-0,80277	56,48	0,024555387
30/05/2016	-0,78840	56,64	0,002828839
06/06/2016	-0,77314	56,81	0,002996952
13/06/2016	-0,85572	55,89	-0,016326929
20/06/2016	-0,85662	55,88	-0,000178903
27/06/2016	-0,67172	57,94	0,036201423
04/07/2016	-0,54516	59,35	0,024044112
11/07/2016	-0,52002	59,63	0,004706733
18/07/2016	-0,59273	58,82	-0,013676887
25/07/2016	-0,60709	58,66	-0,00272387
01/08/2016	-0,14034	63,86	0,084935139
08/08/2016	-0,18612	63,35	-0,008018328
15/08/2016	-0,18522	63,36	0,000157888

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

22/08/2016	-0,23100	62,85	-0,00808186
29/08/2016	-0,21933	62,98	0,002066312
05/09/2016	-0,26331	62,49	-0,00781064
12/09/2016	-0,28216	62,28	-0,003366245
19/09/2016	-0,22113	62,96	0,010859257
26/09/2016	-0,27049	62,41	-0,008774069
03/10/2016	-0,23818	62,77	0,005751733
10/10/2016	-0,29473	62,14	-0,010087364
17/10/2016	-0,37910	61,20	-0,015242682
24/10/2016	-0,59093	58,84	-0,03932531
31/10/2016	-0,59273	58,82	-0,000339963
07/11/2016	-0,13227	63,95	0,083619611
14/11/2016	-0,31896	61,87	-0,03306615
21/11/2016	-0,28845	62,21	0,005480349
28/11/2016	-0,38539	61,13	-0,017512982
05/12/2016	-0,37641	61,23	0,001634505
12/12/2016	-0,26780	62,44	0,019568814
19/12/2016	-0,52631	59,56	-0,047221855
26/12/2016	-0,58824	58,87	-0,011652619
02/01/2017	-0,46258	60,27	0,023502861
09/01/2017	-0,27678	62,34	0,033768807
16/01/2017	-0,25972	62,53	0,003043151
23/01/2017	-0,32974	61,75	-0,01255245
30/01/2017	-0,10175	64,29	0,040310138
06/02/2017	-0,11431	64,15	-0,002179991
13/02/2017	-0,00301	65,39	0,019145204
20/02/2017	0,06610	66,16	0,011706785
27/02/2017	0,10380	66,58	0,006328151
06/03/2017	0,01584	65,60	-0,014828597
13/03/2017	-0,13675	63,90	-0,026256273
20/03/2017	-0,20138	63,18	-0,011331597
27/03/2017	-0,16907	63,54	0,005681849
03/04/2017	-0,20587	63,13	-0,006473536
10/04/2017	-0,25254	62,61	-0,008271082
17/04/2017	-0,31717	61,89	-0,011566426
24/04/2017	-0,27767	62,33	0,007084283
01/05/2017	-0,13047	63,97	0,025971356
08/05/2017	-0,16637	63,57	-0,006272578
15/05/2017	-0,14752	63,78	0,003297985
22/05/2017	-0,04520	64,92	0,017716066
29/05/2017	0,00417	65,47	0,008436326

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

05/06/2017	-0,09277	64,39	-0,016633712
12/06/2017	-0,22023	62,97	-0,022299888
19/06/2017	0,06610	66,16	0,049417673
26/06/2017	-0,11970	64,09	-0,031787828
03/07/2017	-0,20318	63,16	-0,014617094
10/07/2017	-0,21215	63,06	-0,001584519
17/07/2017	-0,25075	62,63	-0,006842257
24/07/2017	-0,11790	64,11	0,023355961
31/07/2017	-0,20856	63,10	-0,015879636
07/08/2017	-0,27319	62,38	-0,011476011
14/08/2017	-0,35307	61,49	-0,014370135
21/08/2017	-0,22292	62,94	0,023307283
28/08/2017	-0,14304	63,83	0,014041455
04/09/2017	-0,10354	64,27	0,006869582
11/09/2017	0,06610	66,16	0,028983198
18/09/2017	-0,02635	65,13	-0,015690885
25/09/2017	-0,12508	64,03	-0,017033519
02/10/2017	-0,07841	64,55	0,008088456
09/10/2017	-0,18253	63,39	-0,018134059
16/10/2017	-0,13855	63,88	0,007700234
23/10/2017	-0,64479	58,24	-0,092433901
30/10/2017	-0,84046	56,06	-0,038149875
06/11/2017	-0,89252	55,48	-0,010399968
13/11/2017	-0,91766	55,20	-0,005059624
20/11/2017	-0,99395	54,35	-0,015518395
27/11/2017	-0,85752	55,87	0,027582969
04/12/2017	-0,88445	55,57	-0,005384058
11/12/2017	-0,82431	56,24	0,011984796
18/12/2017	-0,81354	56,36	0,002131422
25/12/2017	-0,82161	56,27	-0,001598171
01/01/2018	-0,75699	56,99	0,012714315
08/01/2018	-0,60709	58,66	0,028882215
15/01/2018	-0,37192	61,28	0,043695446
22/01/2018	-0,30371	62,04	0,012325845
29/01/2018	-0,61607	58,56	-0,057727468
05/02/2018	-0,94728	54,87	-0,065085154
12/02/2018	-0,81982	56,29	0,025550184
19/02/2018	-0,94728	54,87	-0,025550184
26/02/2018	-0,99305	54,36	-0,009338125
05/03/2018	-0,92304	55,14	0,01424678
12/03/2018	-0,87547	55,67	0,009565979

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

19/03/2018	-1,07833	53,41	-0,041443372
26/03/2018	-0,98318	54,47	0,019652115
02/04/2018	-1,08281	53,36	-0,020588689
09/04/2018	-0,74083	57,17	0,06896783
16/04/2018	-0,59183	58,83	0,028622713
23/04/2018	-0,53439	59,47	0,010820038
30/04/2018	-0,68877	57,75	-0,029348651
07/05/2018	-0,51464	59,69	0,033041136
14/05/2018	-0,56401	59,14	-0,009256988
21/05/2018	-0,56849	59,09	-0,000845792
28/05/2018	-0,43655	60,56	0,02457292
04/06/2018	-0,25524	62,58	0,032811145
11/06/2018	-0,30460	62,03	-0,008827647
18/06/2018	-0,35487	61,47	-0,009068856
25/06/2018	-0,42398	60,70	-0,012605553
02/07/2018	-0,28934	62,20	0,024411301
09/07/2018	-0,22741	62,89	0,011032137
16/07/2018	-0,26062	62,52	-0,005900647
23/07/2018	-0,17355	63,49	0,015395939
30/07/2018	0,04546	65,93	0,037711128
06/08/2018	0,05802	66,07	0,002121213
13/08/2018	0,32640	69,06	0,044260877
20/08/2018	0,32461	69,04	-0,000289602
27/08/2018	0,28422	68,59	-0,006539368
03/09/2018	0,38116	69,67	0,015623087
10/09/2018	0,40898	69,98	0,004439749
17/09/2018	0,50951	71,10	0,015877779
24/09/2018	0,49515	70,94	-0,002252831
01/10/2018	0,50323	71,03	0,001267831
08/10/2018	0,39372	69,81	-0,017325072
15/10/2018	0,62171	72,35	0,035738188
22/10/2018	0,44668	70,40	-0,027322134
29/10/2018	0,61453	72,27	0,026215772
05/11/2018	0,84701	74,86	0,035210652
12/11/2018	0,95472	76,06	0,01590276
19/11/2018	0,82995	74,67	-0,018444098
26/11/2018	1,24913	79,34	0,060663986
03/12/2018	1,01396	76,72	-0,033579921
10/12/2018	0,99241	76,48	-0,003133136
17/12/2018	0,67108	72,90	-0,047940642
24/12/2018	0,89278	75,37	0,033320691

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

31/12/2018	0,97356	76,27	0,011870279
07/01/2019	0,85060	74,90	-0,01812572
14/01/2019	0,93766	75,87	0,012867472
21/01/2019	0,67557	72,95	-0,039247155
28/01/2019	0,98972	76,45	0,046862659
04/02/2019	1,08576	77,52	0,013899036
11/02/2019	1,29131	79,81	0,029112856
18/02/2019	1,37748	80,77	0,011956787
25/02/2019	1,45647	81,65	0,010836272
04/03/2019	1,29041	79,80	-0,022918302
11/03/2019	1,44929	81,57	0,021938005
18/03/2019	1,51391	82,29	0,008788058
25/03/2019	1,59290	83,17	0,010637076
01/04/2019	1,41159	81,15	-0,024587363
08/04/2019	1,25720	79,43	-0,021423188
15/04/2019	0,69711	73,19	-0,081817304
22/04/2019	1,00588	76,63	0,045929779
29/04/2019	1,30837	80,00	0,043038029
06/05/2019	1,14590	78,19	-0,022884847
13/05/2019	1,19347	78,72	0,006755478
20/05/2019	1,41338	81,17	0,030648431
27/05/2019	1,23746	79,21	-0,024443155
03/06/2019	1,52917	82,46	0,040210774
10/06/2019	1,55790	82,78	0,003873159
17/06/2019	1,71856	84,57	0,02139312
24/06/2019	1,65394	83,85	-0,008550129
01/07/2019	1,81102	85,60	0,020655795
08/07/2019	1,28413	79,73	-0,071039296
15/07/2019	1,43313	81,39	0,020606439
22/07/2019	1,43672	81,43	0,000491352
29/07/2019	1,70959	84,47	0,036652698
05/08/2019	1,80384	85,52	0,012353778
12/08/2019	1,76255	85,06	-0,005393365
19/08/2019	1,75178	84,94	-0,001411718
26/08/2019	1,88911	86,47	0,017852396
02/09/2019	1,89808	86,57	0,001155791
09/09/2019	1,54264	82,61	-0,046822585
16/09/2019	1,77152	85,16	0,030401136
23/09/2019	1,56957	82,91	-0,026776157
30/09/2019	1,75716	85,00	0,024895526
07/10/2019	1,69792	84,34	-0,007795056

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

14/10/2019	1,72844	84,68	0,004023245
21/10/2019	1,51122	82,26	-0,028994459
28/10/2019	1,75178	84,94	0,032060161
04/11/2019	1,63060	83,59	-0,016021301
11/11/2019	1,74819	84,90	0,015550269
18/11/2019	1,79755	85,45	0,006457258
25/11/2019	1,95284	87,18	0,020043572
02/12/2019	2,10273	88,85	0,018974585
09/12/2019	2,13325	89,19	0,003819416
16/12/2019	2,34778	91,58	0,026443981
23/12/2019	2,34059	91,50	-0,000873957
30/12/2019	2,31816	91,25	-0,00273598
06/01/2020	2,16377	89,53	-0,019029239
13/01/2020	2,29302	90,97	0,015956039
20/01/2020	1,84513	85,98	-0,056415047
27/01/2020	1,79666	85,44	-0,006300347
03/02/2020	1,76434	85,08	-0,004222385
10/02/2020	1,54623	82,65	-0,028977165
17/02/2020	1,51840	82,34	-0,003757881
24/02/2020	0,99960	76,56	-0,072782247

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 3 Nilai-Nilai Opsi *Call* dan *Error* Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*

	Nilai Opsi		Nilai *Error*			Nilai Opsi		Nilai *Error*	
M	**JR**	**CRR**	**JR**	**CRR**	**M**	**JR**	**CRR**	**JR**	**CRR**
1	12,5238	13,0942	0,1968	0,7672	101	12,3162	12,3246	-0,0108	-0,0024
2	12,7802	12,5872	0,4532	0,2602	102	12,3354	12,3349	0,0084	0,0079
3	12,1522	12,246	-0,1748	-0,081	103	12,3185	12,3232	-0,0085	-0,0038
4	12,5093	12,5481	0,1823	0,2211	104	12,3351	12,3351	0,0081	0,0081
5	12,3924	12,16	0,0654	-0,167	105	12,3208	12,3217	-0,0062	-0,0053
6	12,3304	12,4809	0,0034	0,1539	106	12,3347	12,3352	0,0077	0,0082
7	12,4356	12,2856	0,1086	-0,0414	107	12,3229	12,3203	-0,0041	-0,0067
8	12,206	12,4252	-0,121	0,0982	108	12,3341	12,3353	0,0071	0,0083
9	12,4245	12,342	0,0975	0,015	109	12,3248	12,3188	-0,0022	-0,0082
10	12,2778	12,3804	-0,0492	0,0534	110	12,3334	12,3352	0,0064	0,0082
11	12,3957	12,3679	0,0687	0,0409	111	12,3265	12,3178	-0,0005	-0,0092
12	12,3321	12,3437	0,0051	0,0167	112	12,3325	12,3351	0,0055	0,0081
13	12,3616	12,3787	0,0346	0,0517	113	12,3279	12,3194	0,0009	-0,0076
14	12,3597	12,3132	0,0327	-0,0138	114	12,3316	12,3349	0,0046	0,0079
15	12,3267	12,3814	-0,0003	0,0544	115	12,3292	12,3208	0,0022	-0,0062
16	12,3715	12,2873	0,0445	-0,0397	116	12,3305	12,3347	0,0035	0,0077
17	12,2927	12,3796	-0,0343	0,0526	117	12,3302	12,3222	0,0032	-0,0048
18	12,3736	12,272	0,0466	-0,055	118	12,3293	12,3344	0,0023	0,0074
19	12,2746	12,3751	-0,0524	0,0481	119	12,3311	12,3235	0,0041	-0,0035
20	12,3697	12,2952	0,0427	-0,0318	120	12,328	12,334	0,001	0,007
21	12,3032	12,3691	-0,0238	0,0421	121	12,3319	12,3246	0,0049	-0,0024
22	12,362	12,3122	0,035	-0,0148	122	12,3266	12,3336	-0,0004	0,0066
23	12,3231	12,3622	-0,0039	0,0352	123	12,3325	12,3256	0,0055	-0,0014
24	12,3517	12,3247	0,0247	-0,0023	124	12,3252	12,3332	-0,0018	0,0062
25	12,3367	12,3548	0,0097	0,0278	125	12,3329	12,3266	0,0059	-0,0004
26	12,3399	12,3338	0,0129	0,0068	126	12,3237	12,3327	-0,0033	0,0057
27	12,3455	12,3472	0,0185	0,0202	127	12,3332	12,3275	0,0062	0,0005
28	12,3272	12,3403	0,0002	0,0133	128	12,3221	12,3321	-0,0049	0,0051
29	12,3505	12,3396	0,0235	0,0126	129	12,3334	12,3283	0,0064	0,0013
30	12,3139	12,3448	-0,0131	0,0178	130	12,3204	12,3316	-0,0066	0,0046
31	12,3528	12,3321	0,0258	0,0051	131	12,3335	12,329	0,0065	0,002
32	12,3003	12,3478	-0,0267	0,0208	132	12,3187	12,331	-0,0083	0,004
33	12,3528	12,3247	0,0258	-0,0023	133	12,3334	12,3296	0,0064	0,0026
34	12,3003	12,3495	-0,0267	0,0225	134	12,3203	12,3304	-0,0067	0,0034
35	12,3511	12,3174	0,0241	-0,0096	135	12,3333	12,3302	0,0063	0,0032
36	12,3124	12,3503	-0,0146	0,0233	136	12,3219	12,3297	-0,0051	0,0027
37	12,3481	12,3104	0,0211	-0,0166	137	12,333	12,3307	0,006	0,0037
38	12,3218	12,3503	-0,0052	0,0233	138	12,3234	12,329	-0,0036	0,002
39	12,3441	12,3035	0,0171	-0,0235	139	12,3327	12,3311	0,0057	0,0041

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

40	12,3291	12,3497	0,0021	0,0227	140	12,3247	12,3283	-0,0023	0,0013
41	12,3392	12,3051	0,0122	-0,0219	141	12,3322	12,3315	0,0052	0,0045
42	12,3347	12,3486	0,0077	0,0216	142	12,3259	12,3276	-0,0011	0,0006
43	12,3336	12,3118	0,0066	-0,0152	143	12,3317	12,3318	0,0047	0,0048
44	12,3386	12,3471	0,0116	0,0201	144	12,327	12,3268	0	-0,0002
45	12,3276	12,3175	0,0006	-0,0095	145	12,3311	12,3321	0,0041	0,0051
46	12,3413	12,3453	0,0143	0,0183	146	12,3279	12,326	0,0009	-0,001
47	12,3212	12,3223	-0,0058	-0,0047	147	12,3304	12,3323	0,0034	0,0053
48	12,3429	12,3432	0,0159	0,0162	148	12,3288	12,3252	0,0018	-0,0018
49	12,3145	12,3263	-0,0125	-0,0007	149	12,3297	12,3325	0,0027	0,0055
50	12,3435	12,3409	0,0165	0,0139	150	12,3295	12,3244	0,0025	-0,0026
51	12,3076	12,3296	-0,0194	0,0026	151	12,3289	12,3326	0,0019	0,0056
52	12,3434	12,3385	0,0164	0,0115	152	12,3301	12,3236	0,0031	-0,0034
53	12,3105	12,3323	-0,0165	0,0053	153	12,328	12,3327	0,001	0,0057
54	12,3426	12,336	0,0156	0,009	154	12,3307	12,3227	0,0037	-0,0043
55	12,3168	12,3345	-0,0102	0,0075	155	12,3271	12,3327	1E-04	0,0057
56	12,3412	12,3333	0,0142	0,0063	156	12,3311	12,3219	0,0041	-0,0051
57	12,322	12,3362	-0,005	0,0092	157	12,3261	12,3327	-0,0009	0,0057
58	12,3392	12,3306	0,0122	0,0036	158	12,3315	12,321	0,0045	-0,006
59	12,3263	12,3376	-0,0007	0,0106	159	12,3251	12,3327	-0,0019	0,0057
60	12,3369	12,3278	0,0099	0,0008	160	12,3318	12,3207	0,0048	-0,0063
61	12,3299	12,3386	0,0029	0,0116	161	12,324	12,3326	-0,003	0,0056
62	12,3342	12,3249	0,0072	-0,0021	162	12,3319	12,3216	0,0049	-0,0054
63	12,3327	12,3393	0,0057	0,0123	163	12,3229	12,3326	-0,0041	0,0056
64	12,3312	12,3221	0,0042	-0,0049	164	12,3321	12,3225	0,0051	-0,0045
65	12,3349	12,3398	0,0079	0,0128	165	12,3217	12,3324	-0,0053	0,0054
66	12,3279	12,3192	0,0009	-0,0078	166	12,3321	12,3233	0,0051	-0,0037
67	12,3365	12,34	0,0095	0,013	167	12,3205	12,3323	-0,0065	0,0053
68	12,3243	12,3163	-0,0027	-0,0107	168	12,3321	12,3241	0,0051	-0,0029
69	12,3376	12,34	0,0106	0,013	169	12,3215	12,3321	-0,0055	0,0051
70	12,3206	12,3134	-0,0064	-0,0136	170	12,332	12,3248	0,005	-0,0022
71	12,3382	12,3398	0,0112	0,0128	171	12,3227	12,3319	-0,0043	0,0049
72	12,3167	12,314	-0,0103	-0,013	172	12,3318	12,3254	0,0048	-0,0016
73	12,3385	12,3394	0,0115	0,0124	173	12,3237	12,3316	-0,0033	0,0046
74	12,3127	12,317	-0,0143	-0,01	174	12,3316	12,326	0,0046	-0,001
75	12,3384	12,3389	0,0114	0,0119	175	12,3247	12,3314	-0,0023	0,0044
76	12,3156	12,3196	-0,0114	-0,0074	176	12,3313	12,3266	0,0043	-0,0004
77	12,3379	12,3383	0,0109	0,0113	177	12,3256	12,3311	-0,0014	0,0041
78	12,3193	12,322	-0,0077	-0,005	178	12,331	12,3272	0,004	0,0002
79	12,3372	12,3375	0,0102	0,0105	179	12,3264	12,3308	-0,0006	0,0038
80	12,3225	12,3241	-0,0045	-0,0029	180	12,3306	12,3276	0,0036	0,0006
81	12,3362	12,3367	0,0092	0,0097	181	12,3272	12,3305	0,0002	0,0035
82	12,3252	12,326	-0,0018	-0,001	182	12,3302	12,3281	0,0032	0,0011

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

83	12,3349	12,3358	0,0079	0,0088	183	12,3278	12,3301	0,0008	0,0031
84	12,3276	12,3276	0,0006	0,0006	184	12,3297	12,3285	0,0027	0,0015
85	12,3334	12,3347	0,0064	0,0077	185	12,3284	12,3298	0,0014	0,0028
86	12,3296	12,329	0,0026	0,002	186	12,3292	12,3289	0,0022	0,0019
87	12,3318	12,3337	0,0048	0,0067	187	12,329	12,3294	0,002	0,0024
88	12,3313	12,3303	0,0043	0,0033	188	12,3286	12,3292	0,0016	0,0022
89	12,33	12,3325	0,003	0,0055	189	12,3294	12,329	0,0024	0,002
90	12,3326	12,3314	0,0056	0,0044	190	12,328	12,3296	0,001	0,0026
91	12,328	12,3313	0,001	0,0043	191	12,3298	12,3286	0,0028	0,0016
92	12,3337	12,3323	0,0067	0,0053	192	12,3273	12,3298	0,0003	0,0028
93	12,3258	12,33	-0,0012	0,003	193	12,3302	12,3282	0,0032	0,0012
94	12,3345	12,3331	0,0075	0,0061	194	12,3267	12,3301	-0,0003	0,0031
95	12,3236	12,3287	-0,0034	0,0017	195	12,3305	12,3277	0,0035	0,0007
96	12,335	12,3337	0,008	0,0067	196	12,3259	12,3303	-0,0011	0,0033
97	12,3212	12,3274	-0,0058	0,0004	197	12,3307	12,3273	0,0037	0,0003
98	12,3353	12,3342	0,0083	0,0072	198	12,3252	12,3305	-0,0018	0,0035
99	12,3188	12,326	-0,0082	-0,001	199	12,3309	12,3268	0,0039	-0,0002
100	12,3354	12,3346	0,0084	0,0076	200	12,3244	12,3307	-0,0026	0,0037
Nilai *Black-Scholes*				**12,3270**					

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 4 Nilai-Nilai Opsi *Put* dan *Error* Metode JR *Tree* dan CRR *Tree*

M	Nilai Opsi		Nilai *Error*		M	Nilai Opsi		Nilai *Error*	
	JR	CRR	JR	CRR		JR	CRR	JR	CRR
1	7,7251	6,9427	1,3398	0,5574	101	6,3964	6,396	0,0111	0,0107
2	6,2586	6,6765	-0,1267	0,2912	102	6,3853	6,3717	0	-0,0136
3	6,7846	6,3083	0,3993	-0,077	103	6,3965	6,396	0,0112	0,0107
4	6,4153	6,6359	0,03	0,2506	104	6,3846	6,37	-0,0007	-0,0153
5	6,5906	6,1675	0,2053	-0,2178	105	6,3965	6,3958	0,0112	0,0105
6	6,4506	6,5741	0,0653	0,1888	106	6,384	6,3685	-0,0013	-0,0168
7	6,5077	6,153	0,1224	-0,2323	107	6,3965	6,3956	0,0112	0,0103
8	6,4602	6,5235	0,0749	0,1382	108	6,3834	6,3708	-0,0019	-0,0145
9	6,4619	6,2833	0,0766	-0,102	109	6,3966	6,3954	0,0113	0,0101
10	6,4616	6,483	0,0763	0,0977	110	6,3828	6,3729	-0,0025	-0,0124
11	6,4328	6,3518	0,0475	-0,0335	111	6,3966	6,395	0,0113	0,0097
12	6,4599	6,45	0,0746	0,0647	112	6,3822	6,3749	-0,0031	-0,0104
13	6,4127	6,39	0,0274	0,0047	113	6,3965	6,3947	0,0112	0,0094
14	6,457	6,4226	0,0717	0,0373	114	6,3816	6,3766	-0,0037	-0,0087
15	6,398	6,4116	0,0127	0,0263	115	6,3965	6,3942	0,0112	0,0089
16	6,4536	6,3993	0,0683	0,014	116	6,381	6,3783	-0,0043	-0,007
17	6,3868	6,4235	0,0015	0,0382	117	6,3965	6,3937	0,0112	0,0084
18	6,4501	6,3793	0,0648	-0,006	118	6,3805	6,3798	-0,0048	-0,0055
19	6,378	6,4295	-0,0073	0,0442	119	6,3964	6,3932	0,0111	0,0079
20	6,4467	6,3618	0,0614	-0,0235	120	6,3799	6,3812	-0,0054	-0,0041
21	6,3708	6,4317	-0,0145	0,0464	121	6,3963	6,3926	0,011	0,0073
22	6,4434	6,3464	0,0581	-0,0389	122	6,3794	6,3825	-0,0059	-0,0028
23	6,3649	6,4314	-0,0204	0,0461	123	6,3963	6,392	0,011	0,0067
24	6,4402	6,3326	0,0549	-0,0527	124	6,3789	6,3837	-0,0064	-0,0016
25	6,36	6,4296	-0,0253	0,0443	125	6,3962	6,3914	0,0109	0,0061
26	6,4372	6,3203	0,0519	-0,065	126	6,3784	6,3847	-0,0069	-0,0006
27	6,3558	6,4266	-0,0295	0,0413	127	6,3961	6,3907	0,0108	0,0054
28	6,4344	6,3327	0,0491	-0,0526	128	6,3779	6,3857	-0,0074	0,0004
29	6,3521	6,423	-0,0332	0,0377	129	6,396	6,39	0,0107	0,0047
30	6,4317	6,3488	0,0464	-0,0365	130	6,3774	6,3866	-0,0079	0,0013
31	6,349	6,4188	-0,0363	0,0335	131	6,3959	6,3893	0,0106	0,004
32	6,4292	6,3616	0,0439	-0,0237	132	6,3769	6,3874	-0,0084	0,0021
33	6,3462	6,4144	-0,0391	0,0291	133	6,3958	6,3885	0,0105	0,0032
34	6,4268	6,3718	0,0415	-0,0135	134	6,3765	6,3881	-0,0088	0,0028
35	6,3437	6,4098	-0,0416	0,0245	135	6,3957	6,3878	0,0104	0,0025
36	6,4245	6,38	0,0392	-0,0053	136	6,376	6,3888	-0,0093	0,0035
37	6,3484	6,4051	-0,0369	0,0198	137	6,3955	6,387	0,0102	0,0017
38	6,4224	6,3865	0,0371	0,0012	138	6,3755	6,3893	-0,0098	0,004
39	6,3542	6,4003	-0,0311	0,015	139	6,3954	6,3862	0,0101	0,0009

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

40	6,4203	6,3916	0,035	0,0063	140	6,3751	6,3899	-0,0102	0,0046
41	6,3592	6,3956	-0,0261	0,0103	141	6,3953	6,3853	0,01	0
42	6,4184	6,3956	0,0331	0,0103	142	6,3748	6,3903	-0,0105	0,005
43	6,3635	6,3909	-0,0218	0,0056	143	6,3951	6,3845	0,0098	-0,0008
44	6,4165	6,3987	0,0312	0,0134	144	6,3756	6,3907	-0,0097	0,0054
45	6,3674	6,3862	-0,0179	0,0009	145	6,395	6,3836	0,0097	-0,0017
46	6,4148	6,401	0,0295	0,0157	146	6,3762	6,391	-0,0091	0,0057
47	6,3707	6,3817	-0,0146	-0,0036	147	6,3948	6,3828	0,0095	-0,0025
48	6,4131	6,4027	0,0278	0,0174	148	6,3769	6,3913	-0,0084	0,006
49	6,3737	6,3772	-0,0116	-0,0081	149	6,3947	6,3819	0,0094	-0,0034
50	6,4115	6,4038	0,0262	0,0185	150	6,3775	6,3916	-0,0078	0,0063
51	6,3764	6,3728	-0,0089	-0,0125	151	6,3945	6,381	0,0092	-0,0043
52	6,41	6,4045	0,0247	0,0192	152	6,3781	6,3917	-0,0072	0,0064
53	6,3787	6,3685	-0,0066	-0,0168	153	6,3944	6,3801	0,0091	-0,0052
54	6,4085	6,4047	0,0232	0,0194	154	6,3786	6,3919	-0,0067	0,0066
55	6,3808	6,3643	-0,0045	-0,021	155	6,3942	6,3792	0,0089	-0,0061
56	6,4071	6,4047	0,0218	0,0194	156	6,3792	6,392	-0,0061	0,0067
57	6,3826	6,3602	-0,0027	-0,0251	157	6,394	6,3783	0,0087	-0,007
58	6,4057	6,4044	0,0204	0,0191	158	6,3797	6,3921	-0,0056	0,0068
59	6,3843	6,3562	-0,001	-0,0291	159	6,3939	6,3774	0,0086	-0,0079
60	6,4045	6,4038	0,0192	0,0185	160	6,3802	6,3921	-0,0051	0,0068
61	6,3858	6,3593	0,0005	-0,026	161	6,3937	6,3765	0,0084	-0,0088
62	6,4032	6,4031	0,0179	0,0178	162	6,3807	6,3921	-0,0046	0,0068
63	6,3871	6,3644	0,0018	-0,0209	163	6,3935	6,3755	0,0082	-0,0098
64	6,402	6,4021	0,0167	0,0168	164	6,3811	6,392	-0,0042	0,0067
65	6,3882	6,3688	0,0029	-0,0165	165	6,3934	6,3746	0,0081	-0,0107
66	6,4008	6,4011	0,0155	0,0158	166	6,3815	6,392	-0,0038	0,0067
67	6,3893	6,3728	0,004	-0,0125	167	6,3932	6,3754	0,0079	-0,0099
68	6,3997	6,3999	0,0144	0,0146	168	6,382	6,3919	-0,0033	0,0066
69	6,3902	6,3763	0,0049	-0,009	169	6,393	6,3765	0,0077	-0,0088
70	6,3987	6,3985	0,0134	0,0132	170	6,3824	6,3917	-0,0029	0,0064
71	6,3911	6,3794	0,0058	-0,0059	171	6,3929	6,3775	0,0076	-0,0078
72	6,3976	6,3972	0,0123	0,0119	172	6,3827	6,3916	-0,0026	0,0063
73	6,3918	6,3821	0,0065	-0,0032	173	6,3927	6,3785	0,0074	-0,0068
74	6,3966	6,3957	0,0113	0,0104	174	6,3831	6,3914	-0,0022	0,0061
75	6,3925	6,3845	0,0072	-0,0008	175	6,3925	6,3794	0,0072	-0,0059
76	6,3956	6,3942	0,0103	0,0089	176	6,3835	6,3912	-0,0018	0,0059
77	6,3931	6,3866	0,0078	0,0013	177	6,3923	6,3803	0,007	-0,005
78	6,3947	6,3926	0,0094	0,0073	178	6,3838	6,3909	-0,0015	0,0056
79	6,3936	6,3884	0,0083	0,0031	179	6,3922	6,3811	0,0069	-0,0042
80	6,3938	6,3909	0,0085	0,0056	180	6,3841	6,3907	-0,0012	0,0054
81	6,3941	6,3899	0,0088	0,0046	181	6,392	6,3819	0,0067	-0,0034
82	6,3929	6,3893	0,0076	0,004	182	6,3844	6,3904	-0,0009	0,0051

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

83	6,3945	6,3913	0,0092	0,006	183	6,3918	6,3826	0,0065	-0,0027
84	6,392	6,3876	0,0067	0,0023	184	6,3847	6,3901	-0,0006	0,0048
85	6,3948	6,3924	0,0095	0,0071	185	6,3916	6,3833	0,0063	-0,002
86	6,3912	6,3859	0,0059	0,0006	186	6,385	6,3898	-0,0003	0,0045
87	6,3952	6,3933	0,0099	0,008	187	6,3914	6,3839	0,0061	-0,0014
88	6,3904	6,3841	0,0051	-0,0012	188	6,3853	6,3895	0	0,0042
89	6,3954	6,3941	0,0101	0,0088	189	6,3913	6,3845	0,006	-0,0008
90	6,3896	6,3824	0,0043	-0,0029	190	6,3855	6,3892	0,0002	0,0039
91	6,3957	6,3947	0,0104	0,0094	191	6,3911	6,3851	0,0058	-0,0002
92	6,3888	6,3806	0,0035	-0,0047	192	6,3858	6,3888	0,0005	0,0035
93	6,3959	6,3952	0,0106	0,0099	193	6,3909	6,3856	0,0056	0,0003
94	6,3881	6,3788	0,0028	-0,0065	194	6,386	6,3884	0,0007	0,0031
95	6,396	6,3956	0,0107	0,0103	195	6,3907	6,3861	0,0054	0,0008
96	6,3874	6,377	0,0021	-0,0083	196	6,3862	6,388	0,0009	0,0027
97	6,3962	6,3958	0,0109	0,0105	197	6,3905	6,3865	0,0052	0,0012
98	6,3867	6,3753	0,0014	-0,01	198	6,3864	6,3876	0,0011	0,0023
99	6,3963	6,396	0,011	0,0107	199	6,3904	6,387	0,0051	0,0017
100	6,386	6,3735	0,0007	-0,0118	200	6,3866	6,3872	0,0013	0,0019
Nilai *Black-Scholes*				**6,3853**					

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 5

RIWAYAT HIDUP

Rutbah lahir di kota Malang pada tanggal 24 Januari 1997, bertempat tinggal di Jl. Muharto VII Rt/Rw: 13/07, Kec. Kedungkandang Kota Malang. Anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Alm. Bapak H. Nursin dan Ibu Hj. Maimunah. Pendidikan pertama diawali di TK Muslimat NU 2 dan lulus pada tahun 2003. Pendidikan dasarnya ditempuh di SDN Kotalama 2 Malang dan lulus pada tahun 2009. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di bawah naungan Yayasan Pendidikan Pondok Pesantren Wisata An-Nur 2 Al-Murtadlo. Pendidikan menengah pertama penulis tempuh di SMP An-Nur Bululawang dan lulus pada tahun 2012. Selanjutnya, pendidikan menengah atas penulis tempuh di SMA An-Nur Bululawang dan lulus pada tahun 2015. Setelahnya, penulis masih melanjutkan pendidikan Madrasah Diniyahnya selama setahun dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dengan mengambil Jurusan Matematika. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi ekstra mahasiswa PKPT IPNU IPPNU dan sebagai anggota Mathematics Arabic Club (MAC). Penulis juga aktif mengajar les private di Lembaga Sahabat Private dan di luar Lembaga selama kurang lebih 3 tahun.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KEMENTRIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang
Telp./Fax.(0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Rutbah
NIM : 16610075
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
Judul Skripsi : Perbandingan Metode Jarrow-Rudd *Tree* dan Cox Ross-Rubinstein *Tree* dalam Penentuan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa
Pembimbing I : Abdul Aziz, M.Si
Pembimbing II : Evawati Alisah, M.Pd

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	3 Oktober 2019	Setor dan Konsultasi Judul	1.
2.	21 Oktober 2019	ACC Judul dan Konsultasi BAB I	2.
3.	7 November 2019	Konsultasi BAB I	3.
4.	5 Desember 2019	Revisi BAB I dan Setor BAB II	4.
5.	6 Januari 2020	Revisi BAB II	5.
6.	13 Januari 2020	Konsultasi Program	6.
7.	15 Juni 2020	Konsultasi Keagamaan	7.
8.	18 Juni 2020	Setor Kajian Keagamaan BAB I dan BAB II	8.
9.	18 Juni 2020	Setor BAB I, II, III, IV, dan V	9.
10.	19 Juni 2020	Revisi BAB IV dan V	10.
11.	20 Juni 2020	Revisi BAB IV dan V	11.
12.	25 Juni 2020	ACC BAB I, II, III, IV, dan V	12.
13.	22 September 2020	ACC Kajian Keagamaan BAB I dan BAB II	13.
14.	28 Oktober 2020	Setor Revisi BAB I, III, dan IV (Pasca Sempro)	14.
15.	7 November 2020	Revisi Judul, BAB I, III, dan Setor Abstrak	15.
16.	8 November 2020	ACC BAB I, II, III, dan IV	16.
17.	14 November 2020	ACC Bagian Keagamaan	17.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

18.	18 Desember 2020	Revisi Skripsi (Pasca Sidang)	18.
19.	23 Desember 2020	Setor Revisi Skripsi	19.
20.	23 Desember 2020	ACC Skripsi	20.

Malang, 31 Desember 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si.
NIP. 1965414 200312 1 001

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG