

**METODE *ADAPTIVE MESH MODEL* DALAM PENENTUAN NILAI OPSI
VANILLA TIPE EROPA**

SKRIPSI

**OLEH
MEGA PUTRI SRIUTARI
NIM. 16610059**



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

**METODE *ADAPTIVE MESH MODEL* 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
MEGA PUTRI SRIUTARI
NIM. 16610059**

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

**METODE ADAPTIVE MESH MODEL DALAM PENENTUAN NILAI OPSI
VANILLA TIPE EROPA**

SKRIPSI

Oleh
MEGA PUTRI SRIUTARI
NIM.16610059


Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 13 Mei 2020

Pembimbing I,



Abdul Aziz, M.Si
NIP. 19760318 200604 1 002

Pembimbing II,



Evawati Alisah, M.Pd
NIP. 19720604 199903 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



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

**METODE ADAPTIVE MESH MODEL DALAM PENENTUAN NILAI OPSI
VANILLA TIPE EROPA**

SKRIPSI

Oleh
MEGA PUTRI SRIUTARI
NIM.16610059

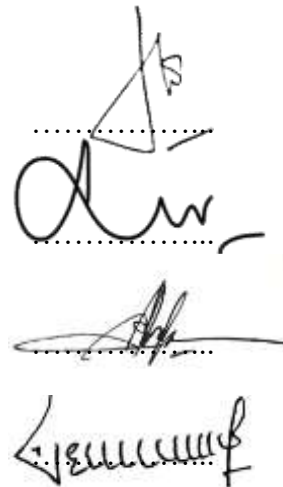
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal 13 Mei 2020

Penguji Utama : Dr. Sri Harini, M.Si
NIP.19731014 200112 2 002

Ketua Penguji : Dr. H.Imam Sujarwo, M.Pd
NIP. 19630502 198703 1 005

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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mega Putri Sriutari

NIM : 16610059

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Metode *Adaptive Mesh Model* Dalam Penentuan Nilai
Opsi *Vanilla* Tipe Eropa

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, 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 dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 13 Mei 2020
Yang membuat pernyataan,



Mega Putri Sriutari
NIM. 16610059

MOTTO

“Learn from yesterday, live for today, hope for tomorrow. The important things is not to stop questioning.” (Albert Einstein)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ayahanda Srianto dan Ibunda Dwi Mursanti,
serta Saudara-saudaraku Tercinta yang selalu
Memberikan Dukungan dan Bimbingan bagi Penulis baik Moral maupun Spiritual

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.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu 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 berbagi pengalaman yang berharga bagi penulis.
5. Evawati Alisah, M.Pd, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan berbagi ilmunya kepada penulis.
6. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen, terimakasih atas segala ilmu dan bimbinganya.

7. Ayahanda Srianto dan Ibunda Dwi Mursanti yang selalu memberikan doa, semangat, serta motivasi kepada penulis sampai saat ini.
8. Saudara-saudaraku yang selalu memberikan doa dan motivasi kepada penulis sampai saat ini.
9. Seluruh teman-teman di Jurusan Matematika angkatan 2016, terutama “Komunitas Ngiler” dan “Bimbingan Option 2016” yang berjuang bersama-sama untuk meraih mimpi, terimakasih atas kenang-kenangan indah yang dirajut bersama dalam menggapai impian. Serta sahabat-sahabatku sejak sekolah yang selalu memberikan dukungan, terutama “Grup 6”. Kemudian, terima kasih kuucapkan pada teman kelompok 146 KKM Tamanharjo serta teman kamarku di Mahad Kamar 46 atas doa serta dukungannya.
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 Wr. Wb

Malang, 13 Mei 2020

Penulis

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
ABTRACT	xviii
المخلص	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Saham dan Opsi.....	7
2.2 Distribusi Normal	10
2.3 Distribusi Binomial	10
2.4 Proses Stokastik untuk Harga Saham	11
2.5 Model Black Scholes.....	12
2.6 Model CRR <i>Tree</i> untuk Harga Saham	12
2.7 Metode AMM untuk Harga Saham	16
2.8 Galat (<i>Error</i>) dan Kekonvergenan	17
2.9 Integrasi Al-Quran.....	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Jenis dan Sumber Data	19
3.2	Variabel dan Parameter Penelitian	19
3.3	Metode Analisis Data	19
3.3.1	Persiapan Penelitian	19
3.3.2	Analisis Data	20
3.4	Diagram Alir Analisis Data.....	22

BAB IV PEMBAHASAN

4.1	Simulasi Numerik Nilai Opsi <i>Vanilla</i> Tipe Eropa dengan Menggunakan Metode AMM.....	23
4.1.1	Penentuan Parameter-parameter Metode AMM.....	23
4.1.2	Penentuan Harga Saham Metode AMM	27
4.1.3	Perhitungan Nilai-nilai Opsi <i>Call</i> dan <i>Put</i> Metode AMM	30
4.2	Perbandingan Hasil Nilai Opsi <i>Vanilla</i> Tipe Eropa dan <i>Error</i> -nya Metode AMM dan <i>CRR Tree</i>	35
4.2.1	Perhitungan Nilai Opsi dan <i>Error</i> -nya untuk Metode AMM.....	35
4.2.2	Perhitungan Nilai Opsi dan <i>Error</i> -nya untuk <i>CRR Tree</i>	39
4.2.3	Perbandingan Nilai Opsi dan <i>Error</i> -nya untuk Metode AMM dan <i>CRR Tree</i>	42
4.3	Implementasi Nilai Opsi Metode AMM pada <i>Holder Saham</i>	47
4.4	Integrasi Al-Quran.....	49

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	51

DAFTAR RUJUKAN	53
-----------------------------	----

LAMPIRAN	54
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai-nilai Kemungkinan Harga Saham Metode AMM Tiga Periode ..	28
Tabel 4.2 Nilai-nilai Opsi <i>Call</i> untuk Banyak Partisi $M = 3$	32
Tabel 4.3 Nilai-nilai Opsi <i>Put</i> untuk Banyak Partisi $M= 3$	33
Tabel 4.4 Keuntungan Harga Saham	47
Tabel 4.5 Perbandingan Metode AMM dengan CRR <i>Tree</i>	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Grafik Perubahan Harga Saham dan Nilai Opsi (Aziz, 2014).....	13
Gambar 2. 2	Prinsip Metode Binomial (Aziz, 2014)	13
Gambar 2. 3	Skema fluktuasi harga saham secara Binomial (Aziz, 2014).....	15
Gambar 2. 4	Skema Metode AMM pada saat Periode 3	16
Gambar 4.1	Grafik Pergerakan Harga Saham dari 2 Maret 2015 hingga 24 Februari 2020.....	23
Gambar 4. 2	Model Pohon Perubahan Harga Saham Metode CRR <i>Tree</i> Tiga Periode	26
Gambar 4. 3	Model Pohon Perubahan Harga Saham Metode AMM Tiga Periode	27
Gambar 4. 5	Skema Perhitungan Nilai Opsi Secara <i>Backward</i>	30
Gambar 4.6	Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 dan $K = \$65.419$	35
Gambar 4.7	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Opsi <i>Call</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 dan $K = \$65.419$	36
Gambar 4.8	Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 dan $K = \$87.701$	37
Gambar 4.9	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Opsi <i>Put</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 dan $K = \$87.701$	38
Gambar 4.10	Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode CRR <i>Tree</i>	39
Gambar 4.11	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Opsi <i>Call</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai dengan 300 Metode CRR <i>Tree</i>	40
Gambar 4.12	Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode CRR <i>Tree</i>	41
Gambar 4.13	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Opsi <i>Put</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode CRR <i>Tree</i>	42
Gambar 4.14	Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode CRR <i>Tree</i>	43

Gambar 4.15	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Opsi <i>Call</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode <i>CRR Tree</i>	44
Gambar 4.16	Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode <i>CRR Tree</i>	45
Gambar 4.17	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Opsi <i>Put</i> untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode <i>CRR Tree</i>	46

DAFTAR SIMBOL

Simbol-simbol yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai makna sebagai berikut:

S	: Harga saham
S_T	: Harga saham saat jatuh tempo
S_0	: Saham awal
t	: Periode
T	: Waktu jatuh tempo
K	: Harga kesepakatan
r	: Tingkat suku bunga bebas risiko
u	: Naik
d	: Turun
p	: Peluang naik
$1 - p$: Peluang turun
V	: Nilai opsi
V_{BC}	: Nilai <i>Black-Scholes</i> untuk opsi <i>call</i>
V_{BP}	: Nilai <i>Black-Scholes</i> untuk opsi <i>put</i>
S_0	: Harga saham awal
S_u	: Harga saham saat naik
S_d	: Harga saham saat turun
S_j	: Harga saham pada waktu ke- j
S_{ij}	: Harga saham pada waktu ke- j di titik ke- i
V_{ij}	: Nilai opsi pada waktu ke- j di titik ke- i
M	: Iterasi ke- n
n	: Banyak iterasi
C	: Payoff untuk opsi <i>call</i>
P	: Payoff untuk opsi <i>put</i>
e	: Eksponen
μ	: Mean (rata-rata)

σ : Volatilitas

$W(t)$: Gerak *Brown*

$N(\cdot)$: Fungsi Kumulatif distribusi normal

$d_{1,2}$: Koefisien dari formula *Black-Scholes*

ε_a : Galat yang dinormalisasi pada nilai aproksimasi

ABSTRAK

Sriutari, Mega Putri. 2020. **Metode Adaptive Mesh Model dalam 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: AMM, CRR *Tree*, Opsi *call*, Opsi Eropa, Opsi *put*

Opsi berguna untuk menjamin harga saham agar meminimalisir resiko yang akan terjadi bagi pemegang saham. Terdapat beberapa metode untuk menghitung nilai opsi. Penelitian ini membahas perbandingan metode AMM dengan metode CRR *Tree* dalam penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa. Dari penelitian ini diperoleh Metode AMM akan menambah banyak nilai-nilai kemungkinan harga saham pada periode akhir daripada metode CRR *Tree* dengan membuat nilai partisi lebih kecil pada satu periode sebelum jatuh tempo. Metode AMM lebih baik daripada metode CRR *Tree*. Hal ini dapat dibuktikan dari perbandingan konvergensi nilai opsi dan *error* dari kedua metode tersebut. Dimana nilai opsi metode AMM lebih cepat konvergen pada solusi analitik (*Black-Scholes*) dari pada metode CRR *Tree*. Begitu juga dengan nilai *error* dari metode AMM lebih cepat konvergen mendekati nol dari pada metode CRR *Tree*.

ABSTRACT

Sriutari, Mega Putri. 2020. **Adaptive Mesh Model Method in European Vanilla Option Pricing**. Theses. Mathematics Department Science and Technology Faculty, State of Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Adviser: (I) Abdul Aziz, M. Si. (II) Evawati Alisah, M. Pd.

Keywords: AMM, CRR *Tree*, Call option, European option, Put option

Options useful to ensure stock prices to minimize the risk is going to happen for the holder. There are several methods for calculating option values. This thesis discusses the comparison of the AMM method with the CRR Tree method in determining the value of the European vanilla option. From this research obtained method AMM will add many possible values of stock prices in the last period than the CRR Tree method by making the partition smaller in the one period before mature. A method of AMM better than the CRR Tree method. This can be proved from a comparison of convergence of the options and error of both this method. Where the value of the method AMM faster converging on the analytic solution (Black-Scholes) than the CRR Tree method. So, the error of the AMM faster converging to near zero on the method of the CRR Tree method.

المخلص

سريوتاري، ميغا بوتري. ٢٠٢٠. طريقة (Adaptive Mesh Model) في تحديد قيمه الخيارالفانيليا من النوع الأوروبي. البحث العلمي. قسم الرياضيات ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية في مالانغ. المشرف: (١) عبد العزيز الماجستي، (٢) إيفاواتي اليسهالماجستير.

الكلمات الرئيسية: AMM، CRR Tree ، خيارات الاتصال ، الخيارات الأوروبية ،

خيارات البيع

هذا الخيار مفيد لضمان سعر الأسهم لتقليل المخاطر التي قد تحدث للمساهمين. هناك عدة طرق لحساب قيم الخيار. تناقش هذه الدراسة مقارنة طريقة AMM مع طريقة CRR Tree في تحديد قيمة خيارات الفانيليا من النوع الأوروبي. من هذا البحث ، تم الحصول على أن طريقة AMM ستزيد كثيرا من القيمة المكتبة لهذا شعراأسهام كثير من القيم الممكنة إلى سعر السهم في الفترة الأخيرة من طريقة CRR Tree وجعل القيمة الالضضر في ا لفترة الواحدة قبل وقى الا استحقاق وطريقة AMM ريقة AMM أفضل من طريقة CRR Tree. يمكن إثبات ذلك بمقارنة تقارب قيم الخيار والخطأ بالطريقتين. حيث تتقارب قيم خيار طريقة AMM بشكل أسرع مع الحلول التحليلية (Black-Scholes) من طريقة CRR Tree. وبالمثل ، تتقارب قيمة خطأ طريقة AMM بشكل أسرع إلى ما يقرب من الصفر من طريقة CRR Tree.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu matematika berperan dalam segala aspek kehidupan. Salah satunya yaitu dalam menyelesaikan persoalan-persoalan yang ada baik dalam dunia bisnis, teknologi, informasi, perbankan maupun perindustrian. Persoalan yang ada ini dapat dapat diidealisasikan dengan suatu pendekatan atau model. Kemudian, disimbolkan dalam model matematika yang dapat diselesaikan menggunakan teori maupun teknik matematika. Dari situ akan didapatkan suatu kesimpulan dan prediksi (Nababan, 2004). Salah satu percobaan dalam matematika ialah percobaan Binomial.

Distribusi Binomial ialah suatu distribusi probabilitas yang dapat digunakan apabila suatu proses percobaan diasumsikan sesuai dengan proses Bernoulli. Misalnya, dalam permainan kartu apabila kartu diambil berturut-turut, maka dapat diberi label “berhasil” bila kartu yang terampil adalah kartu merah atau “gagal” bila yang terambil adalah kartu hitam. Ulangan-ulangan tersebut bersifat independen dan peluang keberhasilan setiap ulangan tetap sama yaitu sebesar 0,5 (Kusnandar, 2004)). Distribusi Binomial dapat diterapkan dalam ilmu matematika ekonomi, yaitu perubahan harga saham. Saham termasuk dalam investasi yang memiliki resiko tinggi. Oleh sebab itu terdapat opsi yang berguna untuk menjamin harga saham agar meminimalisir resiko yang akan terjadi.

Salah satu ayat Al-Quran yang menjelaskan tentang pentingnya berinvestasi guna menyiapkan generasi yang akan datang ada dalam surat an-Nisa ayat 9 yang berbunyi:

وَلْيَخْشَ الَّذِينَ لَوْ تَرَكَوْا مِنْ خَلْفِهِمْ ذُرِّيَّةً ضِعَفًا خَافُوا عَلَيْهِمْ فَلْيَتَّقُوا اللَّهَ وَلْيَقُولُوا قَوْلًا سَدِيدًا ۙ

Artinya: "Dan hendaklah takut kepada Allah orang-orang yang seandainya meninggalkan di belakang mereka anak-anak yang lemah, yang mereka khawatir terhadap (kesejahteraan) mereka. Oleh sebab itu hendaklah mereka bertakwa kepada Allah dan hendaklah mereka mengucapkan perkataan yang benar." (QS. an-Nisa: 9)

Ayat di atas, memerintahkan agar setiap muslim tidak meninggalkan keturunan (ahli waris) yang lemah terutama tentang kesejahteraan hidup mereka di kemudian hari. Serta janganlah meninggalkan (membuat wasiat) yang membawa *mudharat* dan mengganggu kesejahteraan mereka yang ditinggalkan tersebut. Untuk itu selalulah bertakwa dan mendekatkan diri kepada Allah SWT.

Opsi merupakan hak (tetapi bukan kewajiban) untuk membeli atau menjual suatu saham pada harga kesepakatan yang telah ditentukan sebelumnya dalam periode tertentu. Opsi merupakan perjanjian antara dua pihak, yaitu *writer* yang seringkali berasal dari bank sebagai penyusun kontrak opsi yang menjual opsi. Pihak lainnya adalah *holder* sebagai pemegang opsi yang membeli opsi dengan harga pasar yang telah disepakati (*premium*). Berdasarkan waktu eksekusinya, opsi dibagi menjadi dua, yaitu opsi Eropa dan opsi Amerika. Opsi Eropa yaitu opsi yang hanya dapat dieksekusi (*exercise*) pada waktu jatuh tempo dan opsi Amerika yaitu opsi yang dapat dieksekusi kapan saja sampai waktu jatuh tempo (Seydel, 2002). Terdapat beberapa metode numerik yang dapat digunakan untuk mengaproksimasi solusi analitik dalam perhitungan opsi salah satunya ialah metode *Tree* menggunakan model Binomial standard atau lebih dikenal dengan

Cox Ross-Rubisen (CRR) *Tree*. Kemudian terdapat banyak metode yang didasarkan dari metode Binomial dan Trinomial ini, salah satu pengembangannya adalah metode *Adaptive Mesh Model*.

Figlewski dan Gao (1998), mengusulkan peningkatan lain dari Trinomial *Tree*, yaitu *Adaptive Mesh Model* (AMM). Ide utama dari model ini yaitu mencabangkan suatu pohon *high-resolution* pada pohon *low-resolution*. Metode AMM ini dapat meningkatkan efisiensi secara signifikan yang relatif kecil dalam komputasinya.

Perhitungan harga opsi Eropa dan Asia Eropa telah diteliti oleh Cahyaningtyas (2014) menggunakan metode Binomial. Peneliti menggunakan tiga simulasi yang ditentukan dari posisi harga saham terhadap harga ketentuan agar mendapatkan hasil yang optimal. Penelitian ini menghasilkan simulasi perhitungan harga opsi Eropa selalu konvergen karena mendekati *Black-Scholes*. Sedangkan, harga opsi Asia Eropa kekonvergenannya tergantung dari harga saham awal dan harga ketentuan. Penelitian mengenai penentuan harga opsi Eropa juga telah diteliti oleh Lessy (2013) menggunakan metode Binomial. Penelitian ini menggunakan metode Binomial karena metode tersebut dianggap metode yang paling sederhana. Peneliti dalam menentukan harga opsi Eropa 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*. Selain itu, Figlewski dan Gao (1998) membahas tentang metode AMM untuk nilai opsi Eropa dan Amerika dengan harga saham yang mendasari mencabangkan suatu pohon *high-resolution* pada pohon *low-resolution*. Hasil yang diperoleh

dengan komputasinya dapat meningkatkan efisiensi secara signifikan yang relatif kecil.

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian di atas, terutama Figlewski dan Gao (1998), peneliti tertarik untuk membandingkan metode AMM dengan metode CRR *Tree*. Figlewski dan Gao (1998) telah meneliti metode AMM pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa dan Amerika pada metode Trinomial, sedangkan peneliti ingin menggunakan AMM pada model Binomial. Sehingga, peneliti akan membandingkan metode AMM pada Binomial dengan metode CRR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana simulasi numerik metode AMM pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa?
2. Bagaimana perbandingan metode AMM dengan CRR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa?
3. Bagaimana implementasi nilai opsi metode AMM dan CRR *Tree* dengan *Black-Scholes* pada *holder* saham?

1.3 Tujuan

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

1. Untuk mengetahui hasil simulasi numerik metode AMM pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa?
2. Untuk perbandingan hasil metode AMM dengan CRR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa?
3. Untuk menjelaskan implementasi nilai opsi metode AMM dan CRR *Tree* dengan *Black-Scholes* pada *holder* saham.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat memberikan pengetahuan yang berkaitan dengan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa dengan metode AMM.
2. Diharapkan dapat memberikan informasi mengenai perbandingan hasil metode AMM dengan CRR *Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa.
3. Diharapkan dapat digunakan untuk menghitung nilai opsi atau harga opsi metode AMM dan CRR *Tree*.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Tingkat suku bunga konstan, volatilitas konstan dan tanpa pembayaran dividen.
2. Hanya membandingkan hasil kekonvergenan *error*.
3. Harga saham yang digunakan ialah penutupan harga saham dari Merck & Co mulai dari tanggal 3 Maret 2015 hingga 24 Februari 2020.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Kajian Pustaka

Pada bab ini akan dijelaskan teori-teori yang mendasari pembahasan diantaranya; saham dan opsi *Vanilla (call dan put)* tipe Eropa, distribusi normal, proses stokastik untuk harga saham, model *Black Scholes*, metode *CRR Tree* untuk harga saham, metode AMM untuk harga saham, serta penjelasan galat (*error*) dan konvergensi.

Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini merupakan langkah-langkah sebelum melakukan penelitian seperti yang berisi tentang uraian dari jenis dan sumber data, variable penelitian, analisis data, dan *flowchart*.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini merupakan bab inti dari skripsi yang menjelaskan tentang aproksimasi numerik, simulasi numerik, dan perbandingan perhitungan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa dari harga saham menggunakan metode AMM dengan metode *CRR Tree*.

Bab V Penutup

Pada bab ini akan disajikan kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Saham dan Opsi

Opsi merupakan hak (tetapi bukan kewajiban) untuk membeli atau menjual suatu saham pada harga kesepakatan yang telah ditentukan sebelumnya dalam periode tertentu. Opsi merupakan perjanjian antara dua pihak, yaitu *writer* yang seringkali berasal dari bank sebagai penyusun kontrak opsi yang menjual opsi. Pihak lainnya adalah *holder* sebagai pemegang opsi yang membeli opsi dengan harga pasar yang telah disepakati (*premium*) (Seydel, 2002).

Menurut Rahman (2010), ada enam variabel yang berpengaruh dalam menentukan harga opsi:

1. Harga Saham

Harga saham memiliki hubungan yang searah dengan nilai opsi *call*, yang berarti apabila harga saham naik maka nilai opsi *call* pun akan meningkat. Sedangkan, dalam opsi *put* merupakan sebaliknya. Apabila harga saham naik maka nilai opsi *put* akan turun karena nilai intrinsiknya menurun.

2. Volatilitas Harga Saham

Volatilitas adalah fluktuasi dari sebuah saham. Apabila semua faktor lain dianggap tetap, semakin besar volatilitas harga saham yang diharapkan maka nilai opsi pun akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan semakin besar volatilitas maka akan semakin besar pula probabilitas bahwa harga saham akan mengalami perubahan.

3. Harga Kesepakatan

Harga kesepakatan merupakan harga ketetapan dimana *holder* dapat membeli atau menjual saham. Jika semua faktor lain diasumsikan tetap, semakin rendah harga ketetapan maka akan semakin tinggi nilai opsi *call*. Sedangkan untuk opsi *put*, jika semakin tinggi harga kesepakatan maka akan semakin tinggi pula nilai opsi *put* tersebut.

4. Waktu Jatuh Tempo

Waktu jatuh tempo merupakan waktu batasan nilai opsi berlaku atau waktu dimana opsi di*exercise*. Setelah waktu jatuh tempo maka sebuah opsi tidak mempunyai nilai apa-apa, sehingga jika semua faktor lain tetap, semakin lama waktu jatuh tempo sebuah opsi maka akan semakin tinggi nilai opsi tersebut, waktu jatuh tempo sebuah opsi relative pendek, maka akan sedikit waktu yang tersedia bagi investor untuk berspekulasi terhadap kenaikan atau penurunan harga saham.

5. Tingkat Suku Bunga Bebas Resiko

Tingkat suku bunga bebas resiko adalah tingkat suku bunga yang bebas resiko sama sekali. Pada tingkat suku bunga bebas resiko jangka pendek, *holder* akan semakin tertarik untuk membeli opsi *call* dari pada membeli saham. hal ini akan menyebabkan harga opsi *call* naik dan harga opsi *put* turun.

6. Dividen

Dividen adalah keuntungan perusahaan yang dibagikan kepada para *holder*. Kemungkinan sebuah saham memberikan dividen akan cenderung menurunkan harga opsi *call* dari saham tersebut, karena *holder* lebih tertarik untuk membeli saham itu sendiri dari pada membeli opsi *call*. Sebaliknya

pada opsi *put*, adanya dividen akan cenderung meningkatkan harga opsi *put* tersebut.

Menurut Seydel (2002), berdasarkan waktu eksekusinya, opsi dibagi menjadi dua, yaitu opsi Eropa dan opsi Amerika. Opsi Eropa yaitu opsi yang hanya dapat dieksekusi (*exercise*) pada waktu jatuh tempo T dan opsi Amerika yaitu opsi yang dapat dieksekusi kapan saja sampai waktu jatuh tempo. Pada saat $t = T$, *holder* dari pemegang opsi *call* Eropa akan menghitung saat $S = S_T$ dari harga saham. *Holder* akan mengeksekusi opsi *call* (membeli harga saham untuk *strike price* K), ketika $S > K$. Kemudian, *holder* dapat segera menjual saham seharga S dan mendapat keuntungan dari $S - K$. Pada kondisi ini, *payoff* dari opsi $C = S - K$. Pada saat $S < K$, *holder* tidak akan mengeksekusi dikarenakan harga saham dapat dibeli lebih rendah dari S di pasar. Pada kondisi ini, opsi tidak bernilai, $C = 0$. Oleh karena itu, *payoff* $C(S, T)$ dari opsi *call* pada saat waktu jatuh tempo T adalah.

$$C(S_T, T) = \begin{cases} 0, & \text{pada saat } S_T \leq K \text{ (opsi tidak dieksekusi)} \\ S_T - K, & \text{pada saat } S_T > K \text{ (opsi dieksekusi)} \end{cases} \quad (2.1)$$

Maka,

$$C = \max \{S_T - K, 0\} \quad (2.2)$$

Untuk opsi *put* Eropa di pada saat dieksekusi pada saat $S < K$. *Payoff* $P(S, T)$ dari pada *put* pada saat waktu jatuh tempo T adalah

$$P(S_T, T) = \begin{cases} K - S_T, & \text{pada saat } S_T < K \text{ (opsi dieksekusi)} \\ 0, & \text{pada saat } S_T \geq K \text{ (opsi tidak dieksekusi)} \end{cases} \quad (2.3)$$

atau,

$$P = \max \{K - S_T, 0\} \quad (2.4)$$

2.2 Distribusi Normal

Distribusi Normal ialah distribusi peluang yang paling penting, baik dalam teori maupun aplikasi statistik. Kata "normal" itu sendiri berarti distribusi ini merupakan distribusi yang paling banyak digunakan sebagai model bagi data riil di berbagai bidang. Contohnya memberi solusi dari kesalahan-kesalahan pengukuran dalam percobaan ilmiah, pengukuran nilai berbagai pengujian, dan berbagai ukuran dan indikator ekonomi (Soetopo & Montarcih, 2017).

Menurut Higham (2004), distribusi normal merupakan salah satu tipe dari variabel acak. Misal X adalah variabel acak kontinu dengan fungsi kepadatan peluang:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, -\infty < x < \infty \quad (2.5)$$

Jika, rata-rata $\mu = 0$ dan standart deviasi $\sigma^2 = 1$ maka:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}, -\infty < x < \infty \quad (2.6)$$

artinya, distribusi normal standart dan dapat ditulis $X \sim N(0,1)$.

2.3 Distribusi Binomial

Distribusi binomial adalah suatu distribusi probabilitas yang dapat digunakan apabila suatu proses sampling dapat diasumsikan sesuai dengan proses Bernaoulli. Misalnya, dalam pelemparan sebuah uang logam sebanyak 5 kali, hasil setiap ulangan mungkin muncul sisi gambar dan sisi angka. Begitu pula, jika kartu diambil berturut-turut, maka dapat diberi label "berhasil" bila kartu yang terambil adalah kartu merah atau "gagal" bila yang terambil adalah kartu hitam.

Ulangan-ulangan tersebut bersifat independen dan peluang keberhasilan setiap ulangan tetap sama yaitu sebesar 0,5 (Kusnandar, 2004).

Peubah acak X dikatakan berdistribusi Binomial, jika dan hanya jika fungsi peluangnya berbentuk (Kusnandar, 2004):

$$p(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x} \quad (2.7)$$

Dengan $x = 0, 1, 2, \dots, n$; $n! = n(n-1)(n-2) \dots 1$; $0! = 1$, dan n adalah jumlah ulangan dan p adalah peluang untuk berhasil disetiap ulangan.

2.4 Proses Stokastik untuk Harga Saham

Proses stokastik ialah nilai dari setiap variabel yang berubah dari waktu ke waktu dengan cara yang tidak pasti. Proses stokastik dapat dibedakan menjadi dua yaitu: proses stokastik diskrit dan kontinu. Proses stokastik diskrit ialah nilai variabel pada prosesnya dapat berubah hanya pada titik tertentu. Sedangkan, proses stokastik kontinu ialah nilai variabel pada prosesnya yang dapat berubah kapan saja (Hull, 2006).

Menurut Hull (2006), saham merupakan proses stokastik kontinu. Karena itulah, harga saham dapat berubah secara kontinu setiap detiknya. Apabila S merupakan harga saham dan r, σ adalah konstanta. Dimana r merupakan suku bunga bebas risiko sedangkan σ merupakan volatilitasnya. Sehingga harga saham untuk proses stokastik dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$dS = rSdt + \sigma Sdz \quad (2.8)$$

2.5 Model Black Scholes

Salah satu penggunaan dari model *Black Scholes* adalah adanya formula analitik untuk penentuan nilai opsi *call dan put* Eropa. Untuk opsi *call* Eropa, dapat diselesaikan (Wilmot, 2007) untuk memberikan nilai *Black Scholes* dari opsi *call* pada waktu t :

$$V_{BC} = SN(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2). \quad (2.9)$$

Untuk opsi *put* Eropa, dapat diselesaikan untuk memberikan nilai *Black Scholes* dari opsi *put* pada waktu t :

$$V_{BP} = Ke^{-r(T-t)}N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (2.10)$$

dimana $N(\cdot)$ adalah fungsi distribusi kumulatif untuk variabel acak normal standart yang diberikan oleh:

$$N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}y^2} dy \quad (2.11)$$

dan

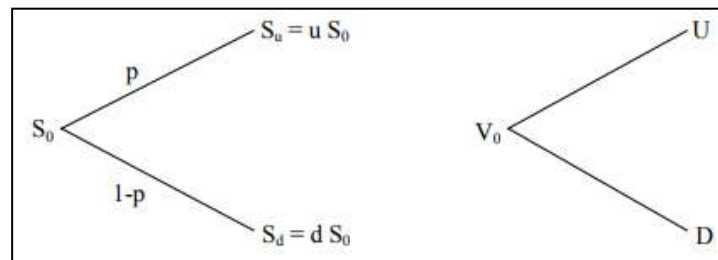
$$d_1(t) = \frac{\ln\left(\frac{S(t)}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (2.12)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S(t)}{K}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1(t) - \sigma\sqrt{T-t} \quad (2.13)$$

2.6 Model CRR Tree untuk Harga Saham

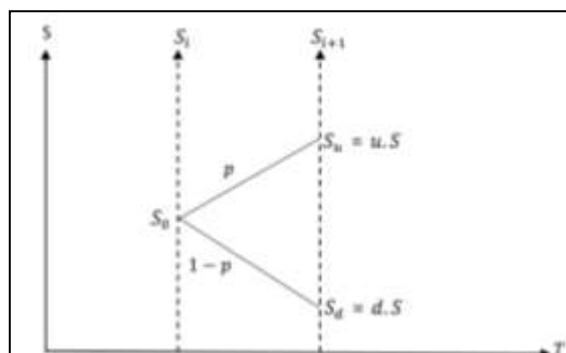
Harga saham di pasar bebas akan selalu berubah naik ataupun turun dengan perubahan waktu. Kemungkinan dua arah perubahan inilah yang digunakan dalam dasar model Binomial. Misalkan harga saham awal adalah S_0

akan naik dengan peluang p menjadi S_u atau akan turun dengan peluang $1 - p$ menjadi S_d . Sehingga nilai opsi awal adalah V_0 , dan akan naik menjadi U atau akan turun menjadi D sebagaimana gambar berikut (Aziz, 2004),



Gambar 2.1 Grafik Perubahan Harga Saham dan Nilai Opsi (Aziz, 2014)

Menurut Aziz (2009), pemodelan matematika diharapkan dapat membantu memahami perubahan harga saham serta memprediksinya pada waktu yang akan datang. Model Binomial dimulai dengan diskritisasi. Diskritisasi dilakukan dengan mengubah waktu kontinu t menjadi diskrit dan menggantikan t oleh waktu yang sama lamanya dengan t_i . Dengan i adalah indeks waktu, t_i adalah waktu ke- i , T adalah waktu jatuh tempo, Δt adalah jarak, S_0 adalah harga saham awal, Δt adalah T/M , t_i adalah $i \times \Delta t$, dimana $i = 0, 1, \dots, M$ dan S_i adalah $S(t_i)$. Berikut merupakan skema prinsip dari metode Binomial:



Gambar 2.1 Prinsip Metode Binomial (Aziz, 2014)

Dari gambar 2.2 dimisalkan harga saham pada saat $t = t_0$ adalah $S_0 = S_{00} = S$, dan harga saham pada saat $t = t_1$ adalah $S_{01} = Su$, dan $S_{11} = Sd$. Sehingga, secara umum harga saham pada saat $t = t_i$ terdapat $i+1$ dengan rumus umum sebagai berikut:

$$S_{ji} = S_0 u^j d^{i-j}, i = 0, 1, \dots, M, \text{ dengan } j = 0, 1, \dots, i, \text{ dan } i \geq j \quad (2.14)$$

Persamaan umum harga saham di atas (2.3) tidak rekursif, artinya perhitungan yang memerlukan waktu lama, sehingga perlu adanya rekursif yang diperoleh dengan bantuan persamaan

$$E(S_{i+1}) = S_i e^{r\Delta t} \quad (2.15)$$

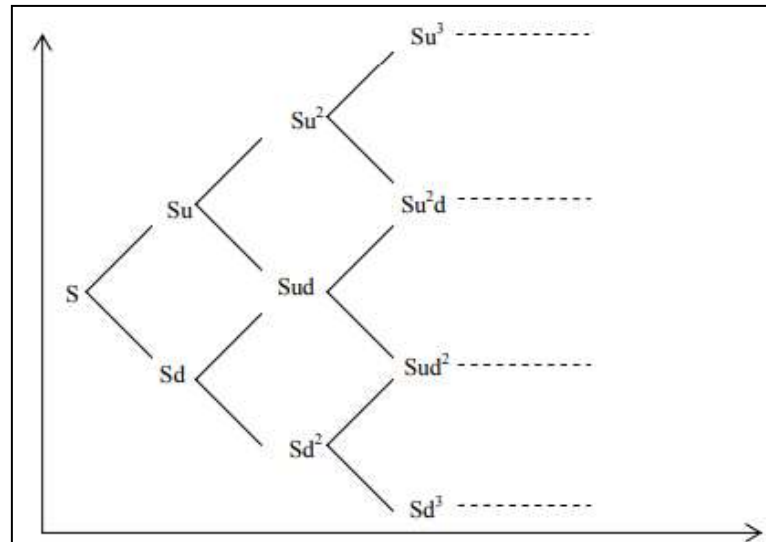
Maka,

$$\begin{aligned} S_{ji} e^{r\Delta t} &= E(S_{(j,i+1)}) \\ &= pS_{ji}u + qS_{ji}d \\ &= pS_{j+1,i+1} + qS_{j,i+1} \end{aligned} \quad (2.16)$$

sehingga bentuk rekursif untuk nilai opsi V adalah:

$$\begin{aligned} V_{ji} &= e^{(-r\Delta t)} E(V_{j,i+1}) \\ &= e^{(-r\Delta t)} (pV_{j+1,i+1} + qV_{j,i+1}) \end{aligned} \quad (2.17)$$

Skema dari metode Binomial dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 1Skema fluktuasi harga saham secara Binomial (Aziz, 2014)

Pada gambar 2.3, dijelaskan bahwa pada saham awal S setiap naik berubah menjadi S_u sedangkan turun menjadi S_d .

Sehingga diperoleh nilai-nilai opsi, pada $t = T$, untuk opsi *call* Eropa adalah

$$V_{iM} = \max \{S_{iM} - K, 0\} \quad (2.18)$$

dan

$$V_{ji} = e^{(-r\Delta t)}(pV_{j+1,i+1} + qV_{j,i+1}) \quad (2.19)$$

Sedangkan untuk opsi *put* Eropa adalah

$$V_{iM} = \max \{K - S_{iM}, 0\} \quad (2.20)$$

dan

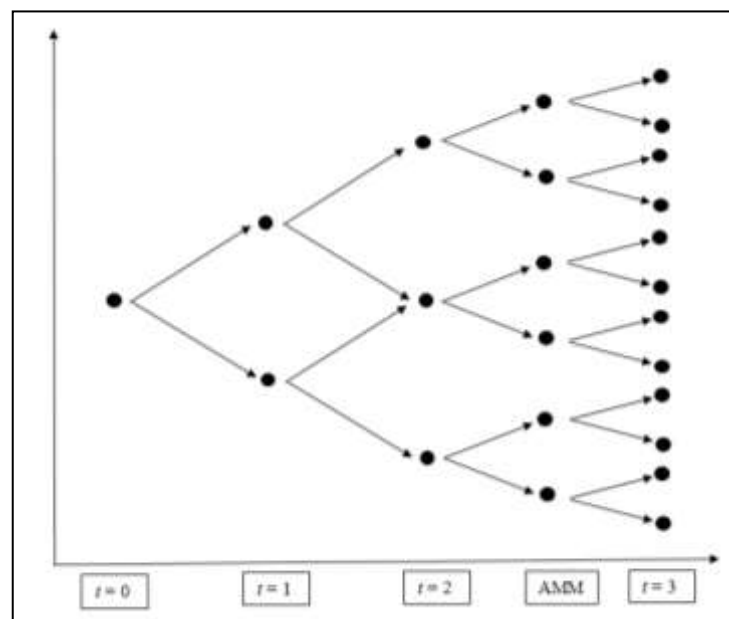
$$V_{ji} = e^{(-r\Delta t)}(pV_{j+1,i+1} + qV_{j,i+1}) \quad (2.21)$$

Berikut nilai-nilai untuk parameter u, d dan p dalam model CRR *Tree*, yaitu:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}, \text{ dan } p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \quad (2.22)$$

2.7 Metode AMM untuk Harga Saham

Figlewski dan Gao (1998), mengusulkan peningkatan lain dari Trinomial *Tree*, yaitu *Adaptive Mesh Model* (AMM). Ide utama dari model ini yaitu mencabangkan suatu pohon *high-resolution* pada pohon *low-resolution*. Maksudnya yaitu, mengubah Δt menjadi partisi lebih kecil. Dalam mengubah Δt ini diperlukan harga kesepakatan yang dekat dengan harga saham awal. AMM ini dapat meningkatkan efisiensi secara signifikan yang relatif kecil dalam komputasinya (Hull, 2006). Berikut merupakan skema dari metode AMM.



Gambar 2. 2 Skema Metode AMM pada saat Periode 3

Gambar 2.4 digambarkan Binomial *Tree* dengan periode waktu , pada saat satu periode sebelum jatuh tempo $t - 1$ nilai Δt berubah menjadi menjadi $\Delta t_2 = \Delta t/2$. Serta node-nodenya pun bertambah menjadi lebih banyak dibandingkan

dengan CRR *Tree*. Hal tersebutlah menyebabkan metode AMM dianggap lebih efisien dibandingkan dengan CRR *Tree*.

2.8 Galat (*Error*) dan Kekonvergenan

Salah satu tantangan dari metode numerik adalah dalam menentukan estimasi galat pada saat tidak adanya ilmu tentang nilai yang sesungguhnya. Contohnya, untuk menghitung jawaban digunakan pendekatan iteratif pada metode numerik tertentu. Pada pendekatan seperti ini, aproksimasi sekarang dibuat berdasarkan aproksimasi sebelumnya. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang, atau secara iteratif, untuk memperoleh keberhasilan dalam perhitungan aproksimasi yang lebih baik. Untuk kasus ini, galat sering diestimasi sebagai selisih antara aproksimasi sebelumnya dan sekarang. Sehingga, galat relatif ditentukan sebagai berikut:

$$\varepsilon_a = \frac{\text{aproksimasi sekarang} - \text{aproksimasi sebelumnya}}{\text{aproksimasi sekarang}} \quad (2.23)$$

Pada kasus seperti ini, komputasi diulang hingga

$$|\varepsilon_a| < \varepsilon_s \quad (2.24)$$

Jika hubungan ini terpenuhi, hasil diasumsikan diterima dalam tingkat ε_s .

Hal ini dapat menunjukkan bahwa, apabila kriteria tersebut ditemui, dapat dijamin bahwa hasil tersebut benar untuk sekurang-kurangnya n -bilangan penting dengan ε_s sebagai berikut (Chapra & Canale, 2010):

$$\varepsilon_a = 0.5 \times 10^{2-n} \quad (2.25)$$

2.9 Integrasi Al-Quran

Perencanaan ialah salah satu fungsi manajemen atau merupakan suatu proses mengambil keputusan dalam memperkirakan (mengansumsi atau memprediksikan tindakan-tindakan) kebutuhan manusia di masa yang akan datang (Umar, 2003). Sebagaimana firman Allah dalam surat Ar-Ra'd ayat 11 yang berbunyi:

لَهُ مَعْقِبَتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهِ يَحْفَظُونَهُ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ وَمَا لَهُمْ مِّنْ دُونِهِ مِن وَّالٍ ۝

Artinya: "Bagi manusia ada malaikat-malaikat yang selalu mengikutinya bergiliran, di muka dan di belakangnya, mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya; dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia." (Q.S ar-Ra'd: 11)

Menurut Ibnu Qudamah dalam kitab Al-mugni: Jual beli adalah pertukaran harta dengan harta, untuk saling menjadikan milik. Atau dapat diartikan jual beli ialah persetujuan saling mengikat antara penjual (yakni pihak yang menyerahkan/ menjual barang) dan pembeli (sebagai pihak yang membayar/ membeli barang yang dijual). Pada masa Rasullallah SAW harga barang itu dibayar dengan mata uang yang terbuat dari emas (dinar) dan mata uang yang terbuat dari perak (dirhm). Allah SWT. berfirman dalam surat Hud ayat 85 tentang bagaimana mengambil keuntungan yang baik dalam jual beli yang berbunyi:

وَيَقُومُوا أَوْفُوا الْمِكْيَالَ وَالْمِيزَانَ بِالْقِسْطِ ۖ وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ۝

Artinya: "Dan Syu'aib berkata: "Hai kaumku, cukupkanlah takaran dan timbangan dengan adil, dan janganlah kamu merugikan manusia terhadap hak-hak mereka dan janganlah kamu membuat kejahatan di muka bumi dengan membuat kerusakan." (Q.S Hud: 85)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini ialah data sekunder yang bersifat kuantitatif mengenai harga saham dari Merck & Co mulai dari tanggal 3 Maret 2015 hingga 24 Februari 2020. Data ini didapatkan dari sumber website www.finance.yahoo.com, yang diakses pada tanggal 28 Maret 2020 pukul 14.00 WIB. Data tersebut selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

3.2 Variabel dan Parameter Penelitian

Penelitian ini mengambil hanya satu variabel dari data yaitu harga saham penutupan mingguan dari Merck & Co. Dari data harga saham tersebut akan dihitung untuk menentukan nilai-nilai parameter yang digunakan pada penentuan harga saham dan nilai opsi, diantaranya yaitu harga saham awal (S_0), harga kesepakatan (K), tingkat suku bunga bebas risiko (r), dan volatilitas (σ).

3.3 Metode Analisis Data

3.3.1 Persiapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode penelitian kajian literatur dan simulasi komputasi. Kajian literatur digunakan untuk mempelajari teori-teori dan konsep tentang penentuan harga saham dan nilai opsi, termasuk perhitungan nilai-nilai parameter. Nilai-nilai parameter diantaranya *drift* yang diperoleh dari nilai rata-rata log *return* harga saham dari data real. Begitu juga nilai volatilitas

diperoleh dari data harga saham. Sedangkan nilai harga saham awal diambil dari penutupan harga saham pada data terakhir. Dengan mempelajari atau menganalisa histori data harga saham secara empirik, dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi secara komputasi metode AMM untuk memperkirakan semua pergerakan harga saham. Setelah diperoleh semua nilai-nilai harga saham yang mungkin terjadi akan dihitung nilai opsi baik *call* maupun *put* menggunakan nilai-nilai parameter yang telah ditentukan sebelumnya.

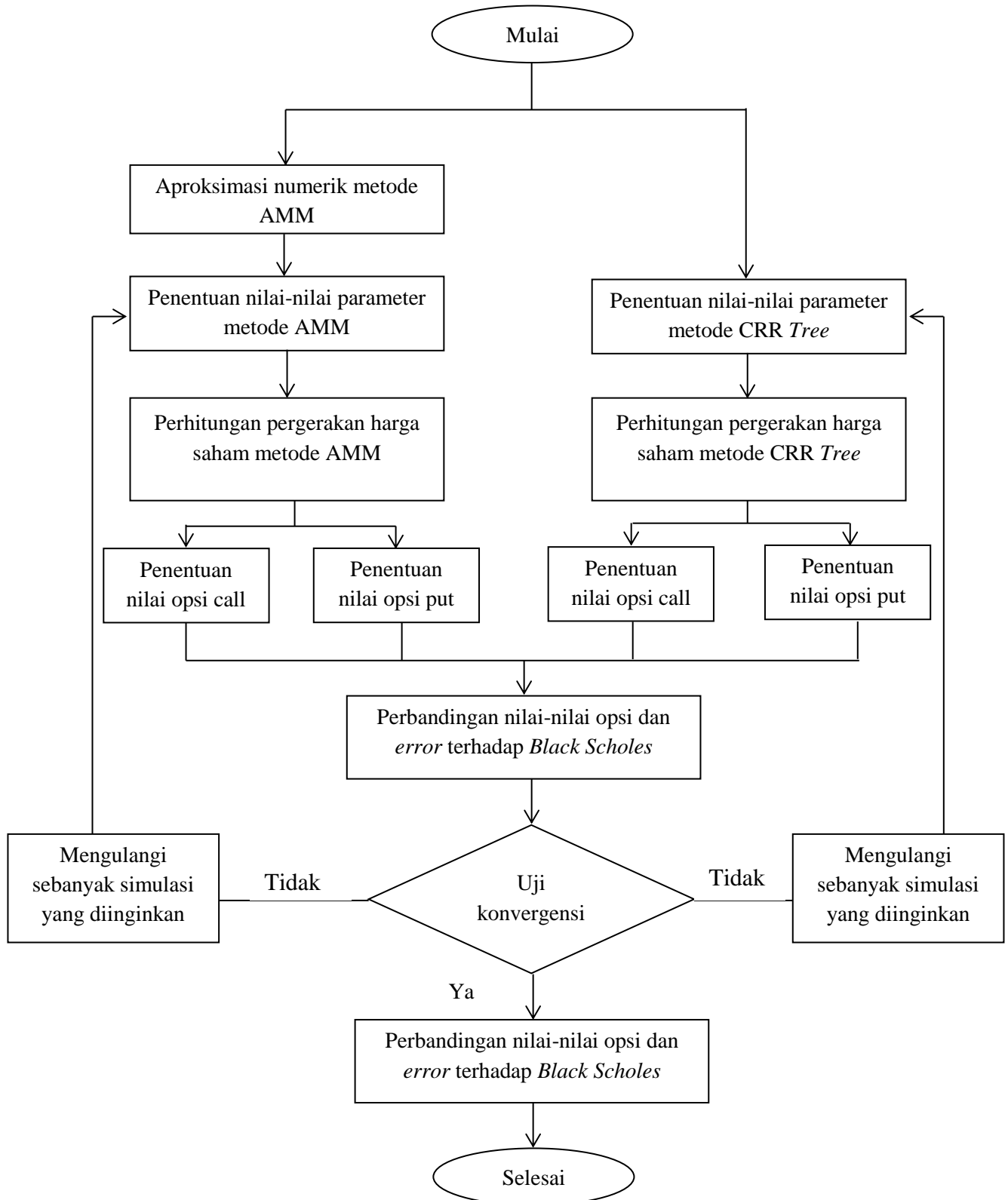
3.3.2 Analisis Data

Langkah-langkah secara detail yang digunakan untuk membahas dan menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Simulasi Numerik nilai opsi *vanilla* tipe Eropa dengan metode AMM, dilakukan dengan:
 - a. Menentukan parameter-parameter metode AMM.
 - b. Menghitung harga saham dengan menggunakan metode AMM secara *forward* mulai dari periode awal sampai periode jatuh tempo.
 - c. Menghitung nilai *payoff call* dan *put* pada waktu jatuh tempo.
 - d. Menghitung nilai opsi *call* dan *put* tipe Eropa secara *backward* dengan metode AMM.
2. Membandingkan perhitungan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa metode AMM dan *CRR Tree*.
 - a. Membandingkan hasil akhir nilai opsi *vanilla* tipe Eropa *call* dan *put* metode AMM dengan *CRR Tree* terhadap solusi analitik model *Black Scholes*.

- b. Menggambar dan membandingkan kekonvergenan *error* dengan pergerakan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa *call* dan *put* dengan metode AMM dan CRR *Tree*.

3.4 Diagram Alir Analisis Data



BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Simulasi Numerik Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa dengan Menggunakan Metode AMM

4.1.1 Penentuan Parameter-parameter Metode AMM

Harga saham yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga saham dengan *trend* naik. Pergerakan sampel harga saham yang digunakan dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4.1 Grafik Pergerakan Harga Saham dari 2 Maret 2015 hingga 24 Februari 2020

Gambar grafik di atas menunjukkan pergerakan harga saham dari waktu ke waktu tidak tentu, sehingga dapat menimbulkan risiko untuk para investor saat menanamkan modal pada saham tersebut. Investor pasti akan tertarik dengan investasi yang memberikan risiko yang kecil, dengan cara menganalisis setiap

kemungkinan yang akan terjadi. Namun melihat dari grafik di atas, dapat dilihat harga saham cenderung naik atau *uptrending*.

Data harga saham terakhir pada tanggal 24 Februari 2020 diasumsikan sebagai harga saham awal (S_0) yaitu sebesar \$76,56. Sedangkan untuk bunga bebas risikonya terlebih dahulu harus dihitung dengan menyamakannya dengan rata-rata *return* harga saham tahunan. Langkah-langkah menghitung nilai *return* harga saham tahunan, terlebih dahulu menghitung *return* harga saham mingguan. Perhitungannya dilakukan sebagai berikut:

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

dengan rata-rata (*return rate*) sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \bar{R}_t &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_t \\ &= \frac{\sum_{t=1}^{261} R_t}{261} = 0,001145 \end{aligned}$$

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

$$r = \mu = \bar{R}_t \times 52 = 0,001145 \times 52 = 0,06.$$

Sedangkan, volatilitasnya merupakan standart deviasi dari *return* tahunan.

Sebelumnya, dilakukan perhitungan variansi yang didapatkan:

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_t - \bar{R}_t)^2 \\ &= \frac{1}{261-1} \sum_{t=1}^{261} (R_t - 0,001145)^2 \\ &= 0,000661 \end{aligned}$$

$$\sigma = \sqrt{T \times S^2} = \sqrt{52 \times 0,000661} = 0,19$$

Harga saham awal $S_0 = \$76.56$ dengan harga kesepakatan yang digunakan untuk nilai opsi *put* sebesar $K = \$87.701$ sedangkan harga kesepakatan untuk nilai opsi *call* sebesar $K = \$65.42$, tingkat suku bunga bebas risiko r sebesar 6%, dengan volatilitas σ sebesar 19%, waktu jatuh tempo ($T = 1$), dan partisi $M=3$. Dengan diketahuinya parameter-parameter tersebut, maka diperoleh nilai-nilai parameter menggunakan persamaan (2.22), secara berurutan masing-masing adalah sebagai berikut:

$$u_1 = e^{\sigma\sqrt{\Delta t_1}} = e^{0,19\sqrt{0,5}} = 1,11594$$

$$d_1 = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t_1}} = e^{-0,19\sqrt{0,5}} = 0,89611$$

$$p_1 = \frac{(e^{r\Delta t_1} - d_1)}{(u_1 - d_1)} = \frac{(e^{0,06 \times 0,5} - 0,89611)}{(1,11596 - 0,89611)} = 0,5645$$

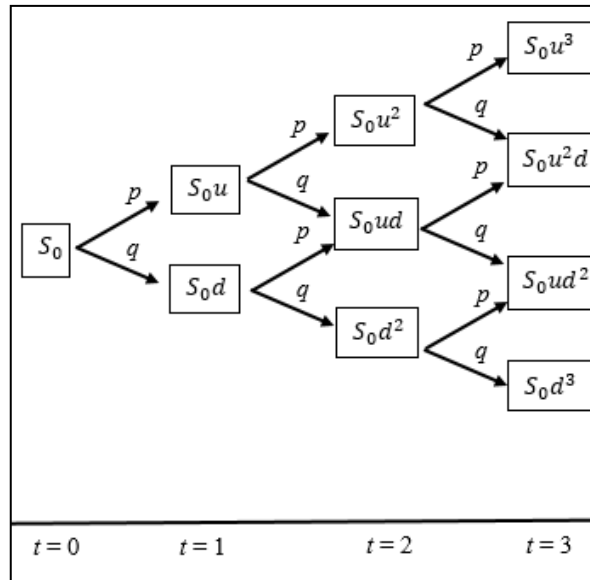
$$u_2 = e^{\sigma\sqrt{\Delta t_2}} = e^{0,19\sqrt{0,5/2}} = 1,08065$$

$$d_2 = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t_2}} = e^{-0,19\sqrt{0,5/2}} = 0,92536$$

$$p_2 = \frac{(e^{r\Delta t_2} - d_2)}{(u_2 - d_2)} = \frac{(e^{0,06 \times 0,5/2} - 0,92536)}{(1,08065 - 0,92536)} = 0,54534$$

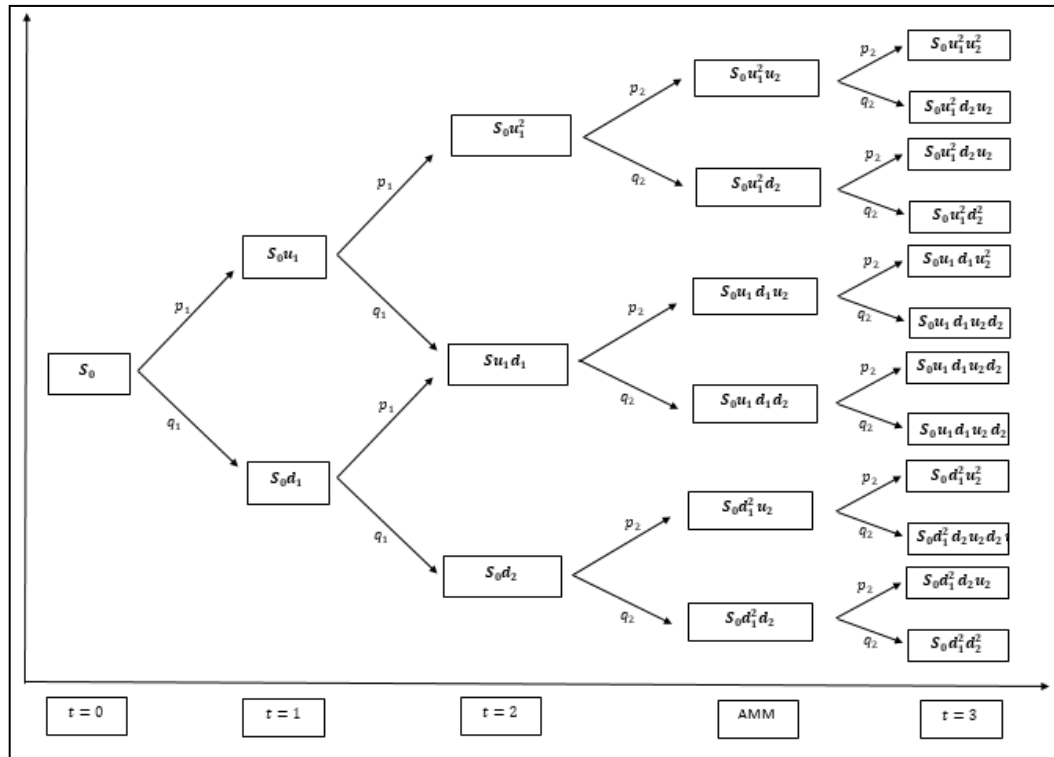
dengan nilai $q = 1 - p$.

Perubahan parameter-parameter pada metode CRR *Tree* menjadi parameter-parameter pada metode AMM dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.2 Model Pohon Perubahan Harga Saham Metode CRR *Tree* Tiga Periode

Pada Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa harga saham pada saat periode keempat memiliki nilai S_0u^3, S_0u^2d, S_0ud^2 dan S_0d^3 dengan u merupakan faktor saham naik dan d merupakan faktor saham turun. Model pergerakan harga saham metode binomial di atas memiliki perbedaan dengan metode AMM yaitu pada parameternya, yang dapat dimodelkan sebagai gambar berikut.



Gambar 4.3 Model Pohon Perubahan Harga Saham Metode AMM Tiga Periode

Pada Gambar 4.3 diketahui bahwa pergerakan harga saham metode AMM pada saat periode $t = 0$ sampai $t = 3$ memiliki perbedaan dengan Gambar 4.2. Parameter u dan d yang baru untuk metode AMM secara berturut-turut dapat dibedakan menjadi dua yaitu u_1, d_1 dan u_2, d_2 . Pada parameter u_1, d_1 digunakan pada saat Δt_1 sedangkan parameter u_2, d_2 digunakan pada saat perubahan Δt_1 menjadi Δt_2 . Parameter u_1, d_1 pada metode AMM memiliki nilai yang sama dengan parameter u, d pada CRR Tree.

4.1.2 Penentuan Harga Saham Metode AMM

Menggunakan nilai-nilai parameter metode AMM yang telah diketahui di atas dapat dihitung kemungkinan nilai-nilai harga saham pada setiap periode.

Parameter u_1 dan d_1 digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi pertama sampai partisi kedua. Sedangkan parameter u_2 dan d_2 digunakan untuk menghitung harga saham pada saat AMM sampai partisi ketiga. Dengan menggunakan persamaan (2.14) dapat ditulis sebagai berikut, misalkan pada saat periode pertama dengan peluang naik:

$$\begin{aligned} S_{01} &= S_0 u_1 \\ &= 76,56 \times 1,11594 \\ &= \$85,4363 \end{aligned}$$

Namun, pada saat setelah periode dua, Δt yang digunakan berbeda menggunakan Δt_2 , sehingga parameter yang digunakan ialah u_2 serta d_2 , apabila dihitung manual dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{0AMM} &= S_0 u_1^2 u_2^1 \\ &= 76,56 \times 1,11594 \times 1,08065 \\ &= \$103,0315 \end{aligned}$$

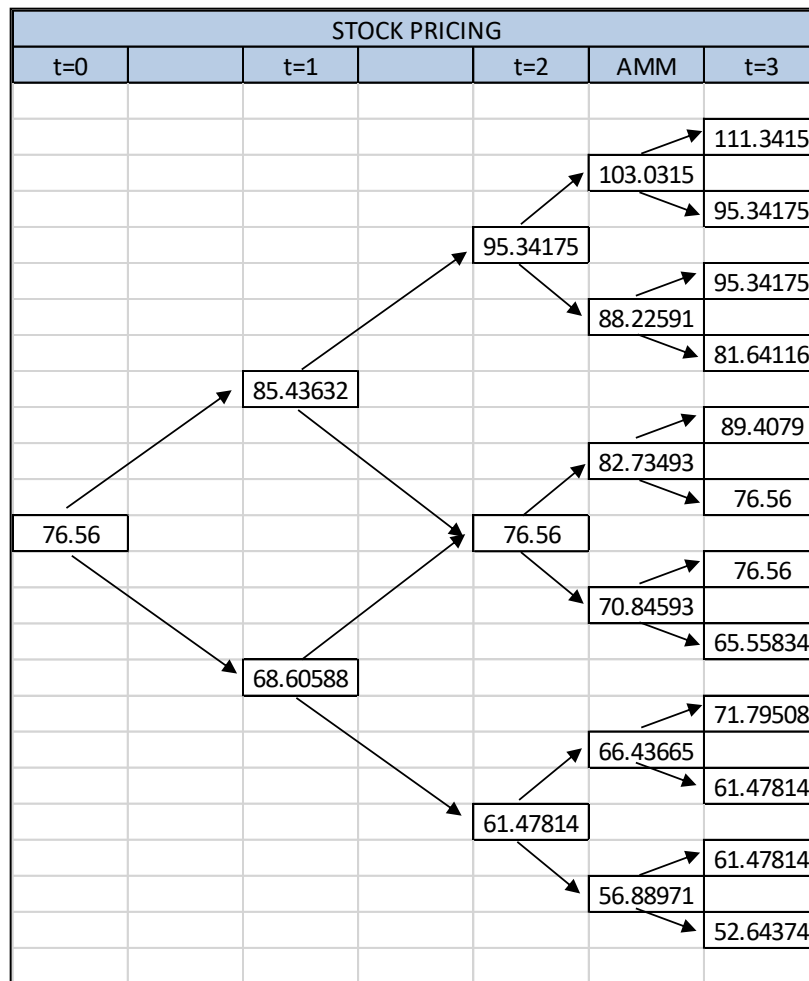
Hasil perhitungan kemungkinan nilai-nilai harga saham pada setiap periode dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Nilai-nilai Kemungkinan Harga Saham Metode AMM Tiga Periode

STOCK PRICING					
	t=0	t=1	t=2	AMM	t=3
0	76.56	85.43632	95.34175	103.0315	111.3415
1		68.60588	76.56	88.22591	95.34175
2			61.47814	82.73493	95.34175
3				70.84593	81.64116
4				66.43665	89.4079
5				56.88971	76.56
6					76.56
7					65.55834
8					71.79508
9					61.47814
10					61.47814

11					52.64374
----	--	--	--	--	----------

Pada Tabel 4.1 dapat diketahui nilai-nilai kemungkinan harga saham pada saat periode awal ($t = 0$), sampai pada jatuh tempo ($t = 3$) yang dapat digambarkan dalam bentuk CRR *Tree* sebagai berikut.



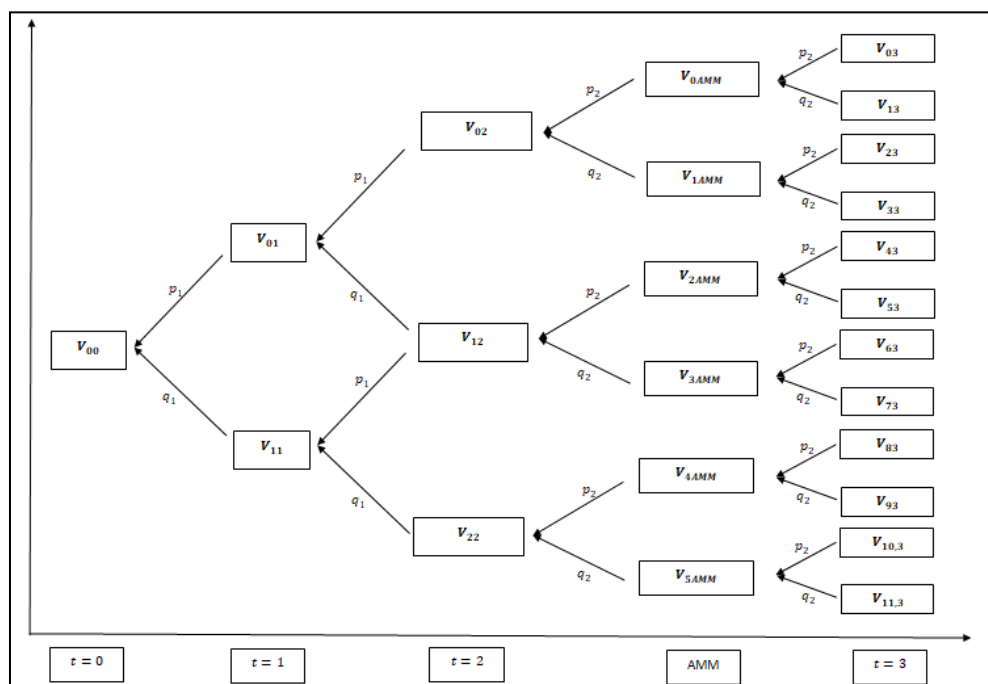
Gambar 4.4 Perubahan Harga Saham Metode AMM Tiga Periode

Pada Gambar 4.4 dapat diketahui pergerakan harga saham pada periode pertama ($t = 1$), terdapat 2 nilai kemungkinan harga saham yaitu naik sebesar \$85,43632 atau turun sebesar \$68,60588. Pada periode kedua ($t = 2$), terdapat 3

nilai kemungkinan harga saham. Pada periode ketiga ($t = 3$), terdapat 12 kemungkinan harga saham. Sedangkan pada saat AMM yaitu sebelum periode ketiga ($t = 3$), terdapat 6 nilai kemungkinan harga saham. Nilai-nilai kemungkinan harga saham pada periode terakhir ($t = 3$) inilah yang digunakan untuk menentukan nilai *payoff* dan nilai opsi.

4.1.3 Perhitungan Nilai-nilai Opsi *Call* dan *Put* Metode AMM

Perhitungan nilai opsi *call* dan *put* menggunakan nilai-nilai kemungkinan harga saham pada periode terakhir untuk setiap masing-masing harga saham. Penentuan nilai-nilai opsi dilakukan secara *backward*. Lebih detailnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.5 Skema Perhitungan Nilai Opsi Secara *Backward*

Dilihat dari gambar 4.5 di atas dapat diketahui bahwa nilai-nilai *payoff*

dapat ditunjukkan pada $V_{03}, V_{13}, V_{23}, V_{33}, V_{43}, V_{53}, V_{63}, V_{73}, V_{83}, V_{93}, V_{10,3}, V_{11,3}$ yang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.18) untuk opsi *call*. Sedangkan nilai-nilai *payoff* untuk opsi *put* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.20).

Nilai-nilai *payoff* untuk opsi *call* sesuai dengan persamaan (2.18) dapat dihitung secara manual sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{jM} &= \max \{S_{jM} - K; 0\} \\ V_{03} &= \max \{111,3415 - 65,419; 0\} \\ &= 45,92252 \end{aligned}$$

Sedangkan selain nilai-nilai *payoff* di atas, penentuan nilai opsi sampai V_{00} dilakukan secara *backward* menggunakan persamaan (2.19) untuk opsi *call*. Akan tetapi berbeda dengan periode pada saat AMM, pada periode ini menggunakan parameter Δ_{t2} . Sehingga hasil dari perhitungan nilai opsi *call* pada saat AMM sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} V_{0AMM} &= e^{(-r\Delta_{t2})} (p_2 V_{03} + (1 - p_2) V_{13}) \\ &= e^{(-0,06 \times 0,166667)} ((0,545337 \times 45,92252) + (1 - 0,545337) \times 29,92275) \\ &= 38,26346 \end{aligned}$$

Namun, pada periode kedua ($t = 2$) hingga periode awal ($t = 0$) karena menggunakan Δt yang berbeda yaitu Δ_{t1} . Hal tersebut menyebabkan nilai dari peluang berbeda sehingga menggunakan peluang p_1 pada saat naik dan q_1 pada saat peluang turun, sehingga apabila dihitung dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{02} &= e^{(-r\Delta_{t1})} (p_1 V_{0AMM} + (1 - p_1) V_{1AMM}) \\ &= e^{(-0,06 \times 0,333333)} ((0,564497 \times 38,26346) + (1 - 0,564497) \times 23,45784) \\ &= 31,18558 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas dilakukan berulang hingga mendapatkan nilai opsi *call* pada periode awal V_{00} . Hasil perhitungan dari nilai-nilai opsi *call* selengkapnya menggunakan metode AMM dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.2 Nilai-nilai Opsi *Call* untuk Banyak Partisi $M = 3$

CALL OPTION					
	t=0	t=1	t=2	AMM	t=3
0	15.81694	22.60691	31.18558	38.26346	45.92252
1		7.749496	12.53593	23.45784	29.92275
2			1.90481	17.96686	29.92275
3				6.077864	16.22216
4				3.442514	23.9889
5				0	11.141
6					11.141
7					0.139338
8					6.376083
9					0
10					0
11					0

Pada Tabel 4.2 dapat diketahui nilai *payoff*-nya merupakan nilai yang berada pada kolom periode ketiga ($t = 3$), yaitu sebesar \$45,92252; \$29,92275; \$29,92275; \$16,22216; \$23,9889; \$11,141; \$11,141; \$0,139338; \$6,376083; \$0; \$0; \$0. Sedangkan nilai opsi *call* yang diperjualbelikan dengan metode AMM (sesuai nilai-nilai kemungkinan harga saham pada gambar 4.4) yaitu sebesar \$15'81694.

Sedangkan nilai-nilai *payoff* opsi *put* menggunakan persamaan (2.20) untuk partisi ($t = 3$) dan $K = \$87,701$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_{jM} = \max \{ K - S_{jM}; 0 \}$$

$$V_{03} = \max \{ 87,01 - 111,3415; 0 \}$$

$$= 0$$

Sedangkan selain nilai-nilai *payoff* di atas, penentuan nilai opsi sampai V_{00} dilakukan secara *backward* menggunakan persamaan (2.21) untuk opsi *put*. Akan tetapi berbeda dengan periode pada saat AMM, pada periode ini menggunakan parameter Δ_{t2} . Sehingga hasil dari perhitungan nilai opsi *put* pada saat AMM sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} V_{0_{AMM}} &= e^{(-r\Delta_{t2})} (p_2 V_{03} + (1-p_2) V_{13}) \\ &= e^{(-0,06 \times 0,166667)} ((0,545337 \times 0) + (1-0,545337) \times 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Namun, pada periode kedua ($t=2$) hingga periode awal ($t=0$) karena menggunakan Δt yang berbeda yaitu Δ_{t1} . Hal tersebut menyebabkan nilai dari peluang berbeda sehingga menggunakan peluang p_1 pada saat naik dan q_1 pada saat peluang turun, sehingga apabila dihitung dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{02} &= e^{(-r\Delta_{t1})} (p_1 V_{0_{AMM}} + (1-p_1) V_{1_{AMM}}) \\ &= e^{(-0,06 \times 0,333333)} ((0,564497 \times 0) + (1-0,564497) \times 2,727774) \\ &= 1,16443 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas dilakukan berulang hingga mendapatkan nilai opsi *call* pada periode awal V_{00} . Hasil perhitungan dari nilai-nilai opsi *call* selengkapnya menggunakan metode AMM dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.3 Nilai-nilai Opsi *Put* untuk Banyak Partisi $M=3$

PUT OPTION					
	t=0	t=1	t=2	AMM	t=3
0	9.275319	4.741261	1.16443	0	0
1		15.5826	9.597465	2.727774	0
2			24.06332	5.015003	0
3				15.98243	6.059844
4				20.39171	0
5				29.93865	11.141

6					11.141
7					22.14266
8					15.90592
9					26.22286
10					26.22286
11					35.05726

Pada Tabel 4.3 dapat diketahui nilai *payoff*-nya merupakan nilai yang berada pada kolom periode ketiga ($t = 3$), yaitu sebesar \$0; \$0; \$0; \$0,059844; \$0; \$11,141; \$11,141; \$22,14266; \$15,90592; \$26,22286; \$26,22286; \$35,05726. Sedangkan nilai opsi *put* yang diperjual belikan dengan metode AMM (sesuai nilai-nilai kemungkinan harga saham pada gambar 4.4) yaitu sebesar \$9.275319.

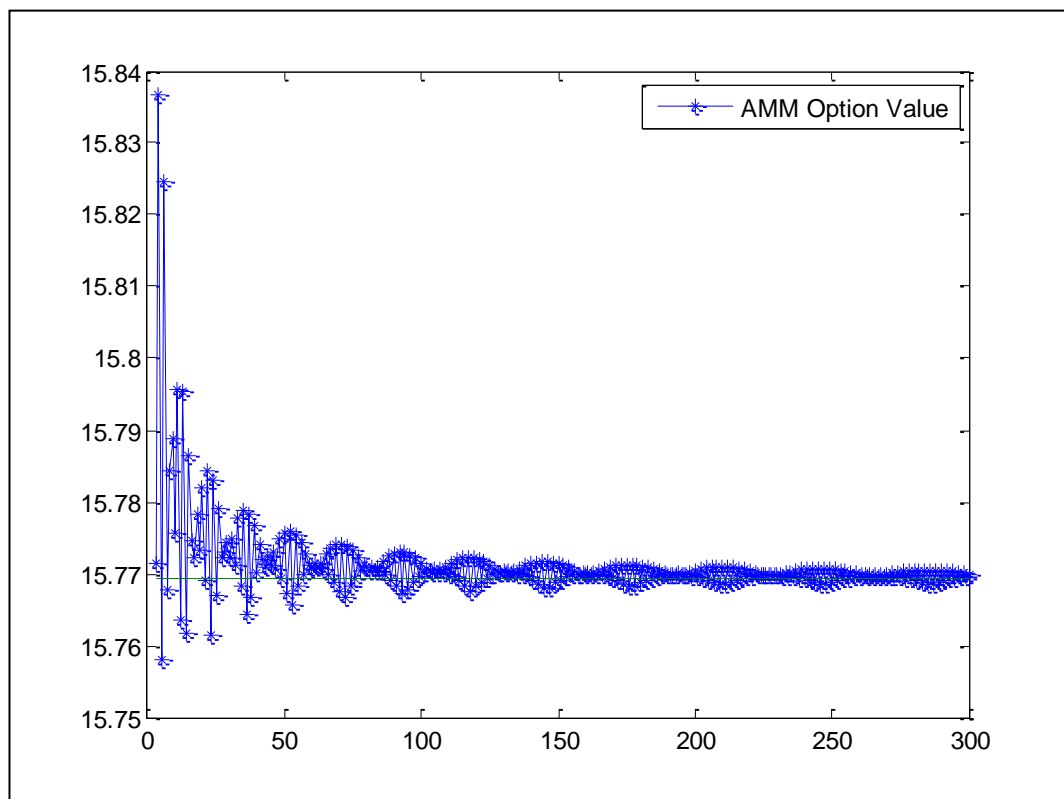
Pada partisi $M = 3$ nilai opsi *call* yang diperjualbelikan dengan metode AMM yaitu sebesar \$15,81694. Karena nilai analitik (*Black-Scholes*) yaitu sebesar \$16,5810, sehingga dapat dikatakan untuk penentuan nilai opsi *call* menggunakan partisi $M = 3$ pada metode AMM mendekati nilai analitik. Sedangkan nilai opsi *put* yang diperjualbelikan dengan metode AMM yaitu sebesar \$9,275319. Karena nilai nilai analitik (*Black-Scholes*) yaitu sebesar \$9,5117, sehingga dapat dikatakan untuk penentuan nilai opsi *put* menggunakan metode AMM mendekati nilai analitik.

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa metode AMM akan menambah banyak nilai-nilai kemungkinan harga saham pada periode akhir daripada metode *CRR Tree* dengan membuat nilai partisi lebih kecil pada periode akhir.

4.2 Perbandingan Hasil Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa dan *Error*-nya Metode AMM dan *CRR Tree*

4.2.1 Perhitungan Nilai Opsi dan *Error*-nya untuk Metode AMM

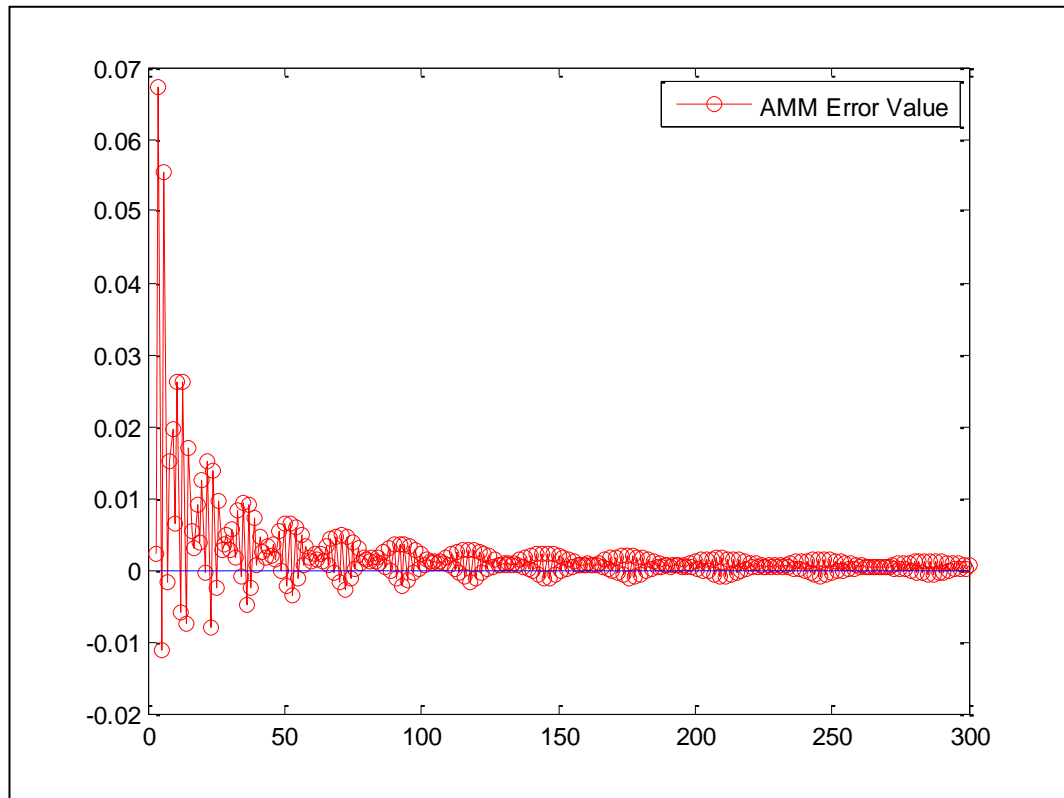
Hasil perhitungan nilai opsi *vanilla call* beserta *error*-nya tipe Eropa menggunakan metode AMM untuk perulangan banyak partisi sampai dengan $M = 300$ dapat digambarkan seperti berikut ini.



Gambar 4.6 Konvergensi Nilai Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 dan $K = \$65.419$

Dari gambar 4.6 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai opsi *vanilla call* tipe Eropa menggunakan metode AMM untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 semakin konvergen menuju nilai analitik (*Black-Scholes*) yaitu sebesar \$15,7693 yang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9), yang nilai-nilai opsi *call* selengkapnya terdapat pada lampiran2. Dapat

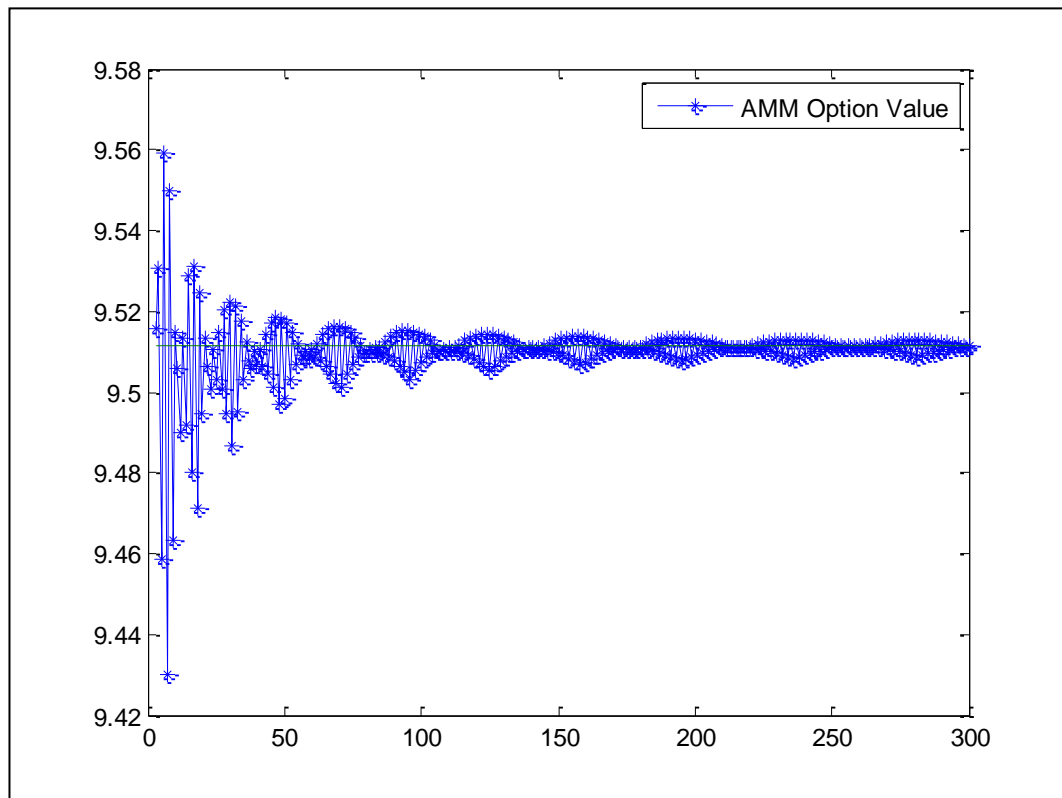
dilihat bahwa grafik konvergensi nilai opsi bergerak secara bergelombang (*sinusoidal*) yang mengakibatkan fluktuasi variansi makin kecil.



Gambar 4.7 Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 dan $K = \$65.419$

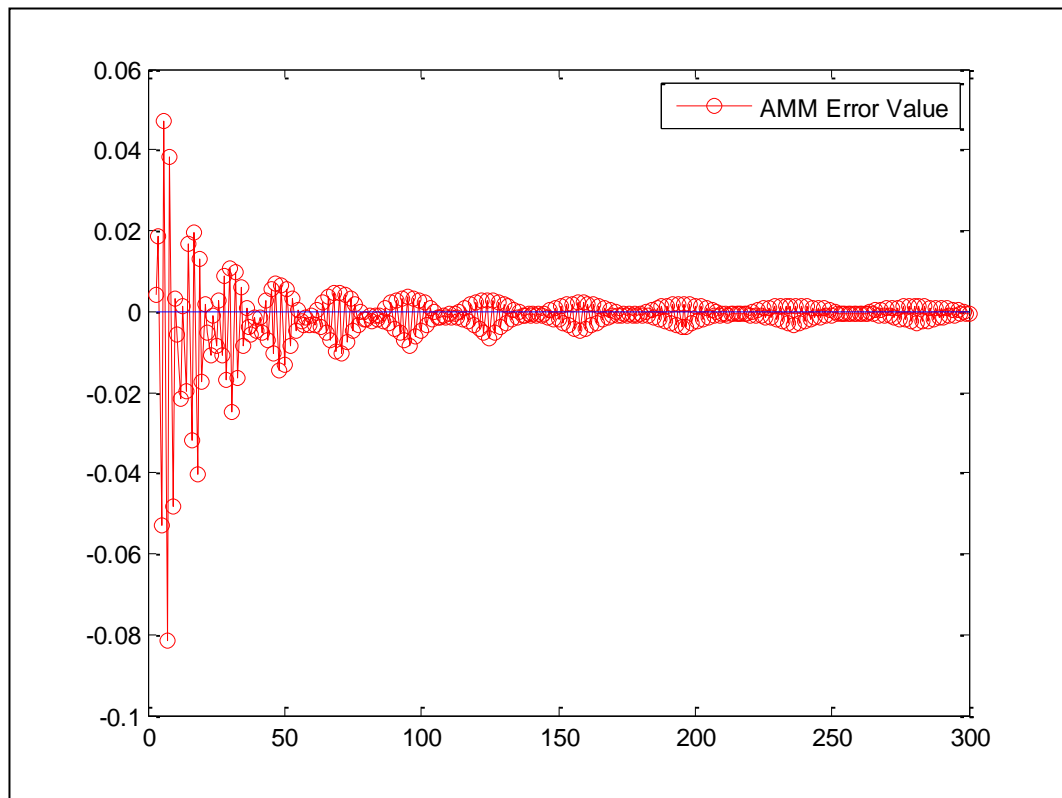
Dari gambar 4.7 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode AMM dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 semakin konvergen menuju nilai 0. Dimana nilai-nilai *error*-nya selengkapnya terdapat pada lampiran2. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai *error* bergerak secara bergelombang (*sinusoidal*) yang mengakibatkan fluktuasi variansi makin kecil.

Sedangkan hasil perhitungan nilai opsi *vanilla put* beserta *error*-nya tipe Eropa menggunakan metode AMM untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 dapat digambarkan seperti berikut ini.



Gambar 4.8 Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 dan $K = \$87.701$

Dari gambar 4.8 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai opsi *vanilla put* tipe Eropa menggunakan metode AMM untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 semakin konvergen menuju nilai analitik (*Black-Scholes*) yaitu sebesar \$9,5117 yang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.10), yang nilai-nilai opsi *put* selengkapnya terdapat pada lampiran 3. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai opsi bergerak secara bergelombang (*sinusoidal*) yang mengakibatkan fluktuasi variansi makin kecil.

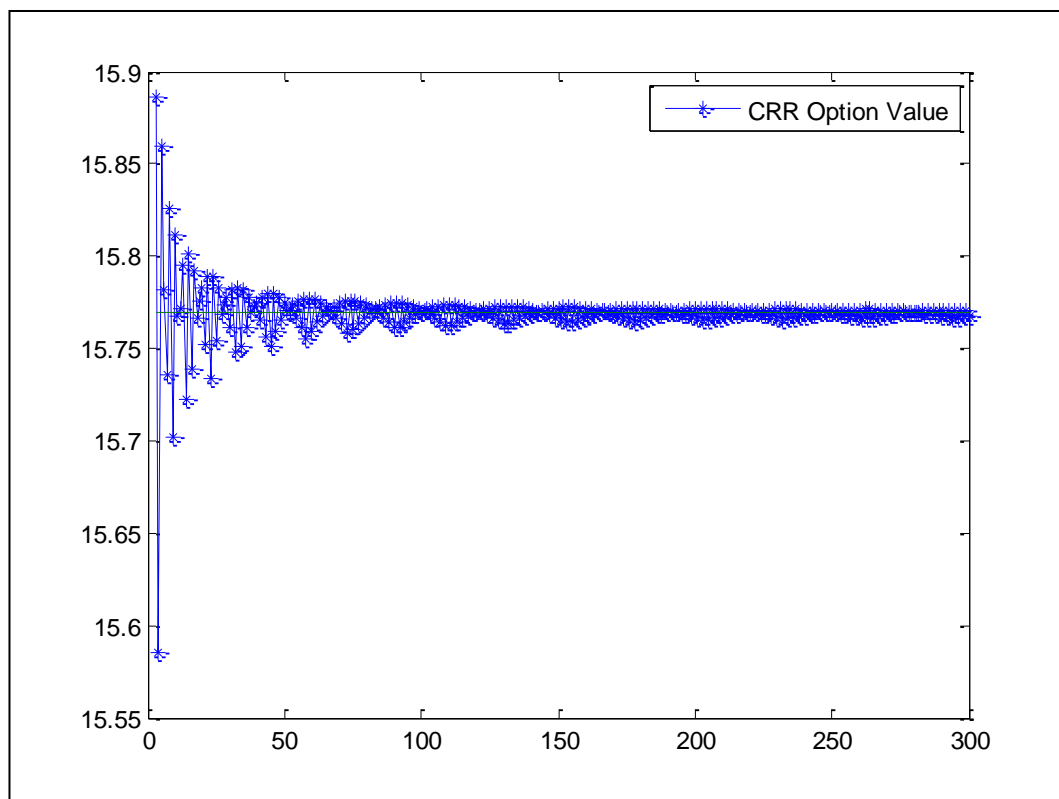


Gambar 4.9 Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 dan $K = \$87.701$

Dari gambar 4.9 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode AMM dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 semakin konvergen menuju nilai 0. Dimana nilai-nilai *error*-nya selengkapnya terdapat pada lampiran3. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai *error* bergerak bergelombang (*sinusoidal*) yang mengakibatkan fluktuasi variansi makin kecil.

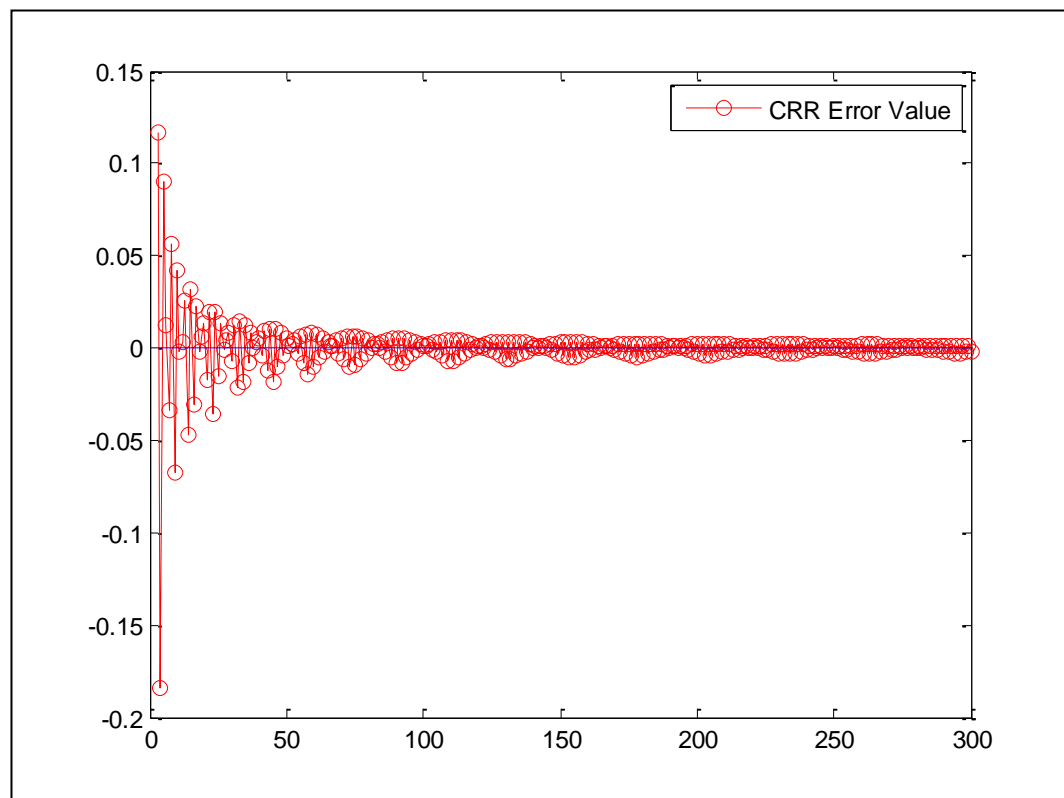
4.2.2 Perhitungan Nilai Opsi dan *Error*-nya untuk CRR Tree

Hasil perhitungan nilai opsi *vanilla call* beserta *error*-nya tipe Eropa menggunakan metode CRR Tree untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 dapat digambarkan seperti berikut ini.



Gambar 4.10 Konvergensi Nilai Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode CRR Tree

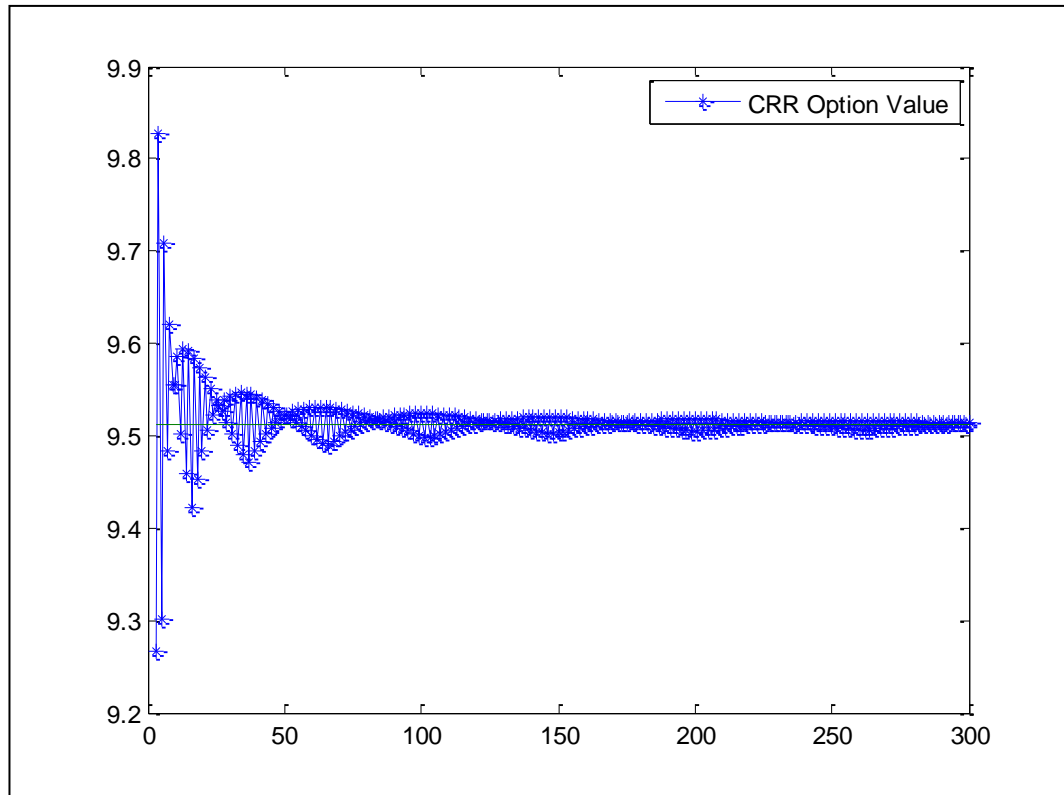
Dari gambar 4.10 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai opsi *vanilla call* tipe Eropa menggunakan metode CRR Tree untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 konvergen menuju nilai analitik (*Black-Scholes*) yaitu sebesar \$15,7693, yang nilai-nilai opsi *call* selengkapnya terdapat pada lampiran 4. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai opsi bergerak secara bergelombang (*sinusoidal*) yang mengakibatkan fluktuasi variansi makin kecil.



Gambar 4.11 Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai dengan 300 Metode *CRR Tree*

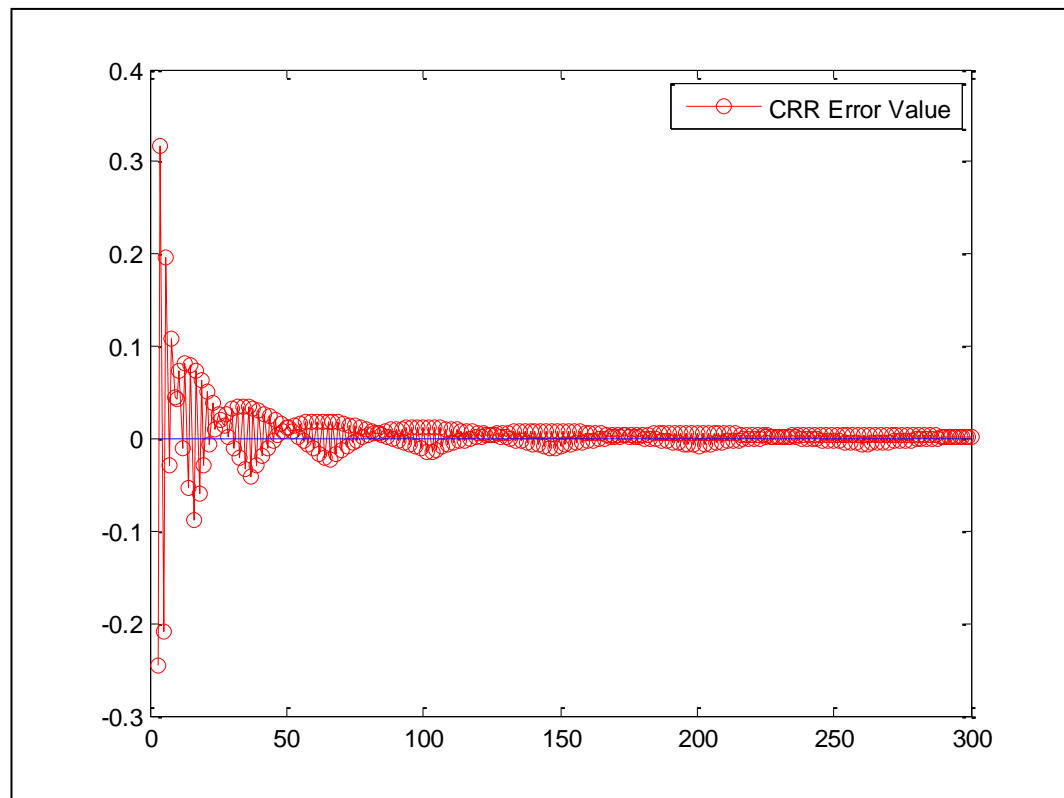
Dari gambar 4.11 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode *CRR Tree* dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 konvergen menuju nilai 0. Dimana nilai-nilai *error*-nya selengkapnya terdapat pada lampiran 4. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai *error* bergerak bergelombang (*sinusoidal*) yang mengakibatkan fluktuasi variansi makin kecil.

Sedangkan hasil perhitungan nilai opsi *vanilla put* beserta *error*-nya tipe Eropa menggunakan metode *CRR Tree* untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 dapat digambarkan seperti berikut ini.



Gambar 4.12 Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode CRR *Tree*

Dari gambar 4.12 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai opsi *vanilla put* tipe Eropa menggunakan metode CRR *Tree* untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 konvergen menuju nilai analitik (*Black-Scholes*) yaitu sebesar \$9,5117, yang nilai-nilai opsi *put* selengkapnya terdapat pada lampiran 5. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai opsi bergerak secara bergelombang (*sinusoidal*) yang mengakibatkan fluktuasi variansi makin kecil.

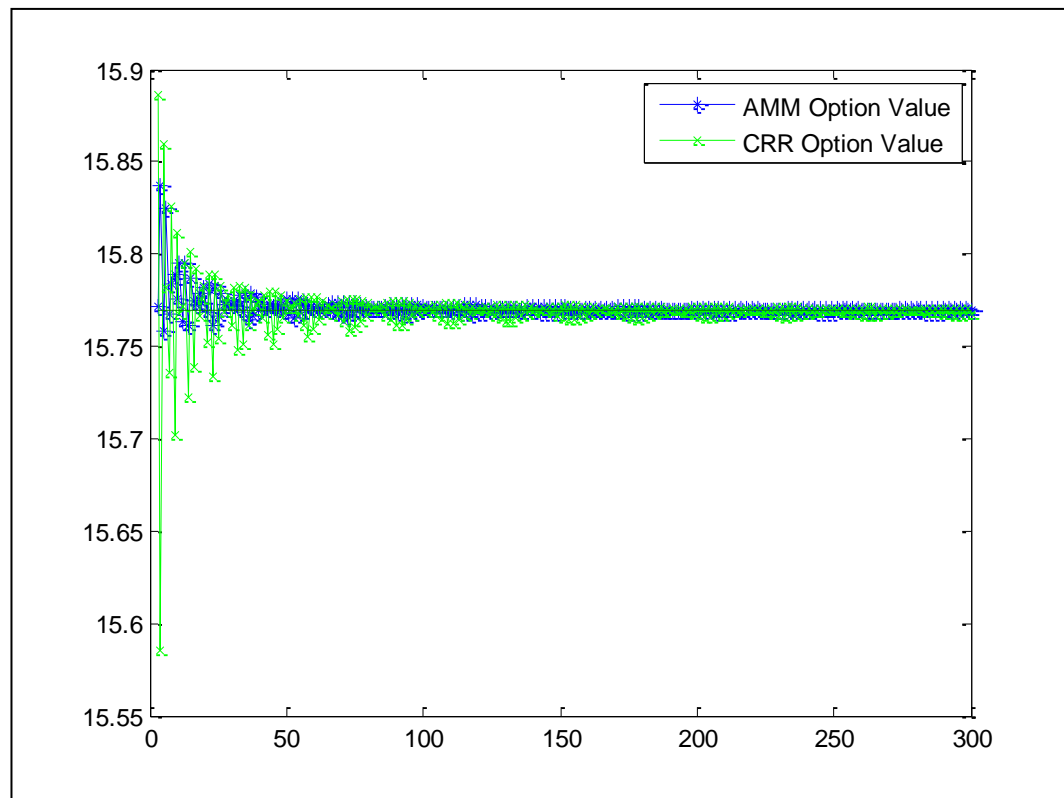


Gambar 4.13 Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode *CRR Tree*

Dari gambar 4.13 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode *CRR Tree* dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 konvergen menuju nilai 0. Dimana nilai-nilai *error*-nya selengkapnya terdapat pada lampiran 5. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai *error* bergerak secara bergelombang (*sinusoidal*) yang mengakibatkan fluktuasi variansi makin kecil.

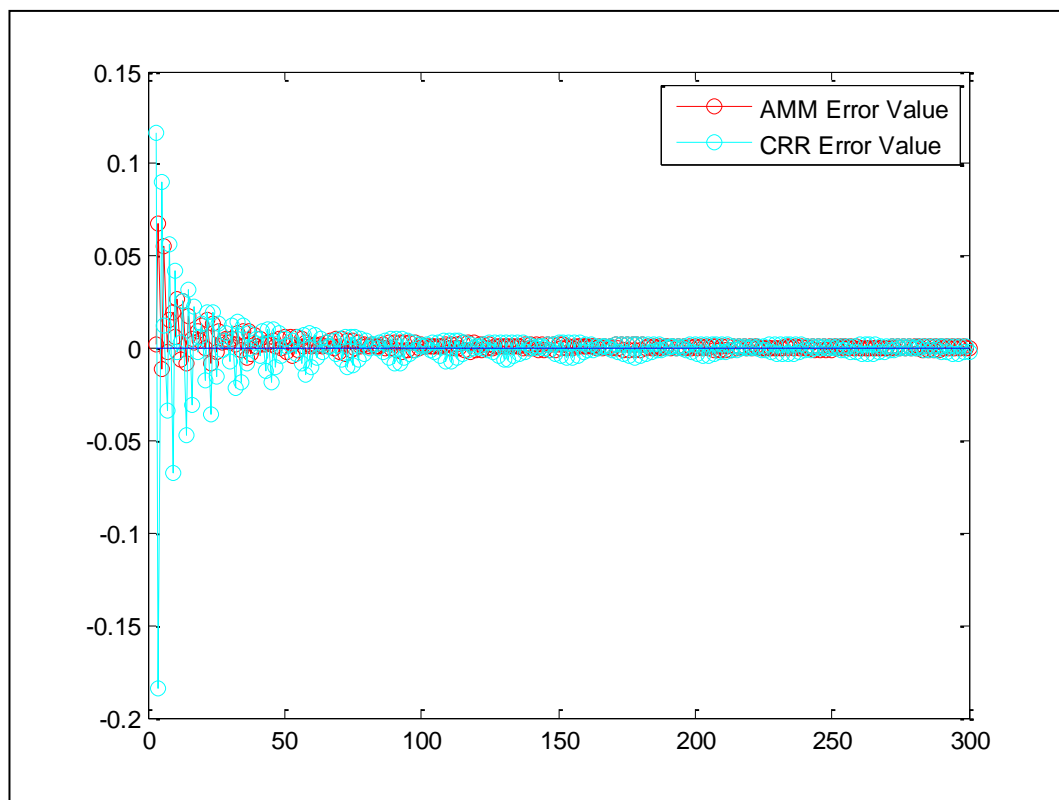
4.2.3 Perbandingan Nilai Opsi dan *Error*-nya untuk Metode AMM dan *CRR Tree*

Berikut ini adalah gambar hasil perbandingan konvergensi nilai opsi *vanilla call* dan *error*-nya untuk metode AMM (lampiran 2) dan *CRR Tree* (lampiran 4).



Gambar 4.14 Perbandingan Konvergensi Nilai Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode AMM dengan CRR *Tree*

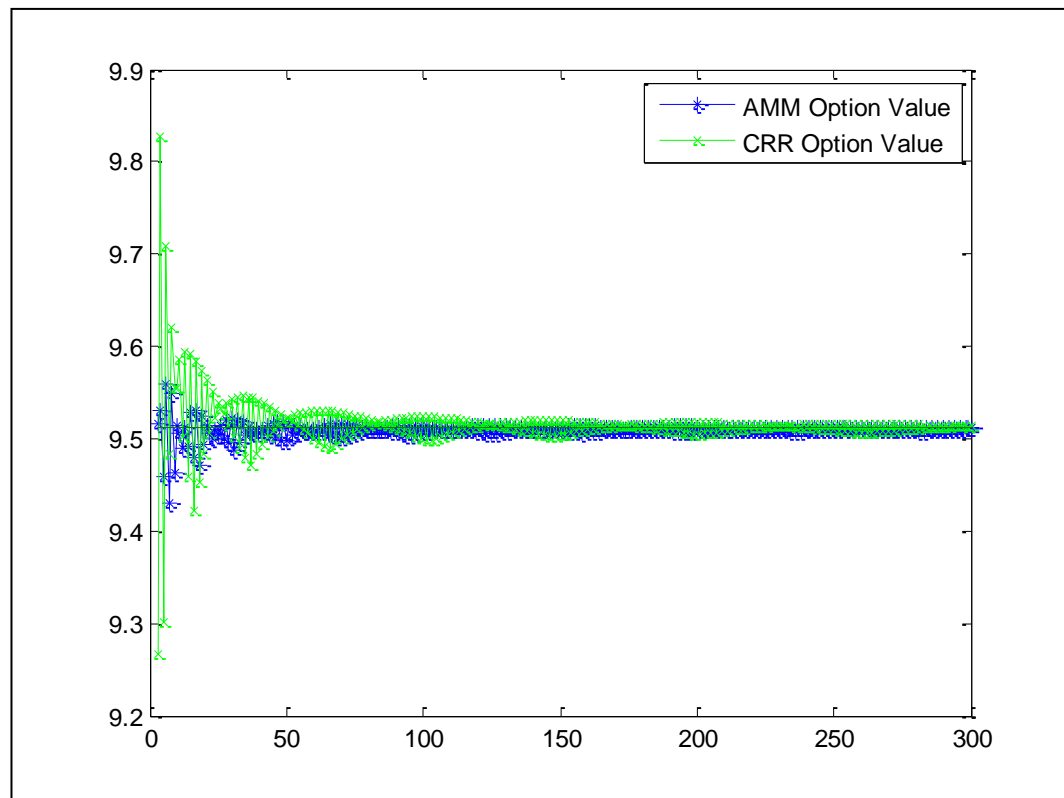
Dari gambar 4.14 di atas dapat diketahui bahwa nilai-nilai opsi *call* metode AMM lebih cepat konvergen mendekati nilai analitik (*Black-Scholes*) yaitu sebesar \$15,7693 daripada metode CRR *Tree*.



Gambar 4.15 Perbandingan Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode AMM dengan CRR *Tree*

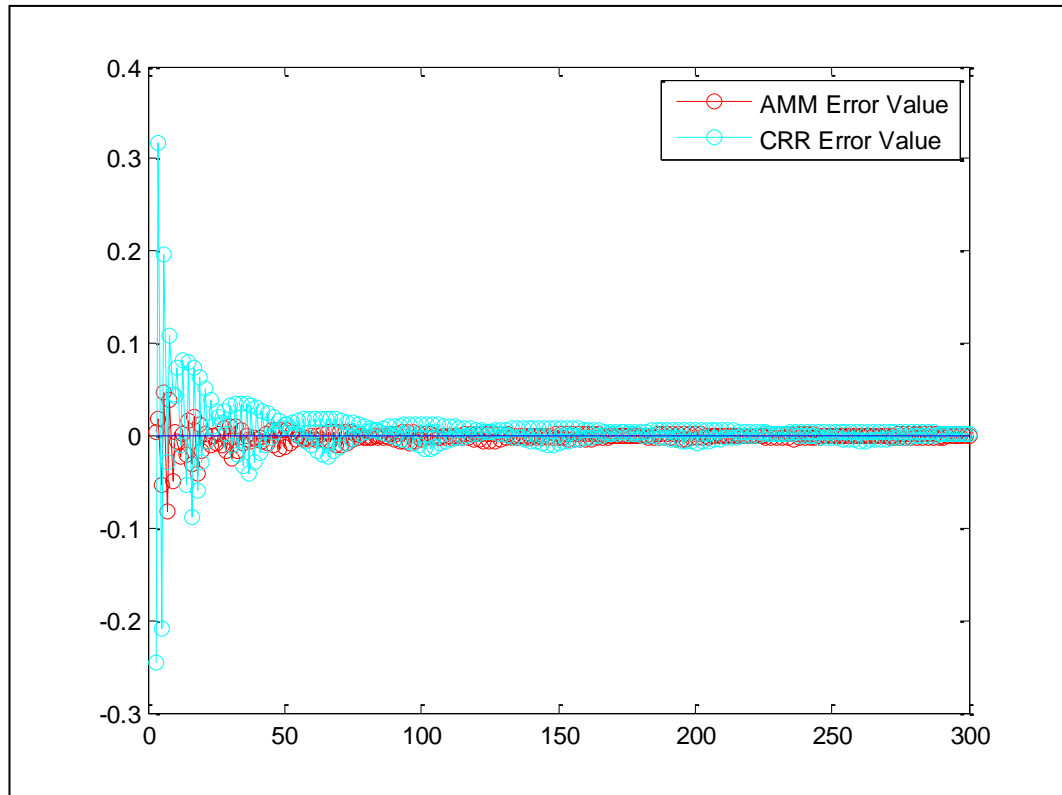
Dari gambar 4.15 di atas dapat diketahui bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode AMM dan CRR *Tree* dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 metode AMM lebih cepat konvergen dan mendekati nol.

Sedangkan gambar hasil perbandingan konvergensi nilai opsi *vanillaput* dan *error*-nya untuk metode AMM (lampiran 3) dan CRR *Tree* (lampiran 5) dapat dilihat berikut ini.



Gambar 4.16 Perbandingan Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode AMM dengan CRR *Tree*

Dari gambar 4.16 di atas dapat diketahui bahwa nilai-nilai opsi *put* metode AMM lebih cepat konvergen mendekati nilai analitik (*Black-Scholes*) yaitu sebesar \$9.5117 daripada metode CRR *Tree*.



Gambar 4.17 Perbandingan Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Sampai Dengan 300 Metode AMM dengan CRR *Tree*

Dari gambar 4.17 di atas dapat diketahui bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode AMM dan CRR *Tree* dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi sampai dengan 300 metode AMM lebih cepat konvergen dan mendekati nol.

Dari dua hasil perbandingan di atas dapat disimpulkan bahwa metode AMM lebih baik daripada metode CRR *Tree*. Hal ini dapat dibuktikan dari perbandingan konvergensi nilai opsi dan *error* dari kedua metode tersebut. Dimana nilai opsi metode AMM lebih cepat konvergen pada nilai analitik (*Black-Scholes*) dari pada metode CRR *Tree*. Begitu juga dengan nilai *error* dari metode AMM lebih cepat konvergen mendekati nol dari pada metode CRR *Tree*.

4.3 Implementasi Nilai Opsi Metode AMM pada *Holder* Saham

Sebelum membeli saham, seorang *holder* saham pasti memikirkan bagaimana agar tidak mengalami kerugian yang besar ataupun meminimalisir kerugian yang akan terjadi. Andaikan pada Bulan Februari 2020, seorang *holder* membeli saham seharga \$76,56. *Holder* ini memiliki perjanjian dengan *writer* sebagai penulis opsi dengan masa berlaku kontrak selama 1 tahun, yaitu jatuh tempo pada bulan Januari 2021. Pada saat jatuh tempo, harga saham yang semula \$76,56 akan berubah bergerak naik ataupun turun, misalnya berkisar antara \$50 hingga \$100. Berikut rincian kontrak dari *holder* dengan *writer*, baik kontrak untuk menjual (opsi *put*) ataupun membeli (opsi *call*) saham pada waktu jatuh tempo:

Tabel 4.4 Keuntungan Harga Saham

Harga Saham Awal (S_0)	Opsi	Harga Kesepakatan (K)	Harga Saham pada saat jatuh tempo (S_T)	Profit (Keuntungan)
\$76,56	<i>Call</i>	\$65,42	\$50 - \$110	$(S_T - K) = \$0 - \$44,58$
	<i>Put</i>	\$87,701	\$50 - \$110	$(K - S_T) = \$0 - \$37,701$

Tabel di atas menjelaskan bahwa dengan saham awal \$76,56 serta dengan harga kesepakatan untuk opsi *call* pada saat jatuh tempo sebesar \$65,42 diperoleh nilai opsi sebesar \$15,7699. Nilai opsi tersebut dibayarkan kepada *writer* untuk menjamin keuntungan pada saat pembelian saham pada saat jatuh tempo. Nilai opsi ini atau penjualan di awal ini dianggap sebagai simpanan atau deposito, sehingga kedua pihak tidak ada yang dirugikan. Nilai opsi sebesar \$15,7699 ini dapat dikatakan sebagai keuntungan *writer*. Apabila pada saat jatuh tempo harga saham naik, untuk keuntungan yang diperoleh *holder* didapatkan, dari harga saham pada saat jatuh tempo dikurangi dengan harga kesepakatan (\$110 - \$65,42

= \$44,58). Keuntungan ini, didapatkan dengan cara *holder* menggunakan opsi *call*nya, dengan membeli harga saham sesuai dengan harga kesepakatan di awal. Harga saham yang dibeli oleh *holder* berdasarkan kesepakatan lebih murah dibandingkan dengan harga yang ditawarkan di bursa saham. Untuk *writer* pun, tidak akan mengalami kerugian dikarenakan pada awal telah menerima nilai opsi. Sedangkan pada saat jatuh tempo harga saham turun misalkan ($(\$50 - \$65,42 = \$0)$), disini tidak terdapat rugi. Hal ini dikarenakan *holder* berhak tidak menggunakan opsinya untuk membeli saham pada saat jatuh tempo berdasarkan kesepakatan yang telah dibuat dengan *writer*. Karena harga saham di bursa saham lebih rendah dibanding dengan kesepakatan yang telah dibuat. *Holder* hanya memiliki satu hak opsi pada saat jatuh tempo, *call* ataupun *put*.

Untuk opsi put, nilai opsi put metode AMM ialah \$9,5113 dengan harga kesepakatannya \$87,701. Apabila harga saham bergerak naik (misal \$110) sehingga keuntungan yang didapat ialah ($\$87,701 - \$110 = \$0$), *holder* sebaiknya tidak menggunakan hak opsi put yang dimilikinya. Dikarekan *holder* dapat menjual di bursa saham dengan harga yang lebih tinggi. Sedangkan apabila harga saham bergerak turun (misal \$50), *holder* mendapatkan keuntungan ($\$87,701 - \$50 = \$37,701$), *holder* berhak menjual sahamnya kepada *writer* dengan harga di atas bursa saham dan *holder* mendapat keuntungan sebesar \$37,701.

Andaikan *holder* selaku pemegang saham, ditawarkan dua metode misal metode AMM dan metode CRR *Tree*. *Holder* dapat memilih salah satu metode yang dapat meminimalisir kerugian semakin kecil. Nilai error didapatkan dengan menselisihkan hasil dari nilai opsi tiap-tiap metode dengan solusi analitiknya

(*Black-Scholes*). Berikut merupakan hasil perhitungan nilai opsi pada dua metode yang berbeda:

Tabel 4.5 Perbandingan Metode AMM dengan *CRR Tree*

Ops	Harga Kesepakatan	Nilai Ops			Nilai Error (<i>Black-Scholes</i> – AMM/ <i>CRR Tree</i>)	
		AMM	<i>CRR Tree</i>	<i>Black-Scholes</i>	AMM	<i>CRR Tree</i>
<i>Call</i>	\$65,42	\$15,7699	\$15,7676	\$15,7693	0,0006	0,0017
<i>Put</i>	\$87,701	\$9,5113	\$9,5139	\$9,5117	0,0004	0,0022

Dari tabel 4.5 dapat dilihat nilai error pada opsi call untuk metode AMM ialah 15,7699, sedangkan untuk *CRR Tree* ialah 0,0017. dipilih nilai error yang mendekati 0 untuk meminimalisir kerugian yang akan datang. Begitupula untuk opsi put, dapat dilihat nilai errornya ialah 0,004 sedangkan untuk *CRR Tree* ialah 0,002. Dari, hasil kedua opsi dengan dua metode dapat diketahui metode AMM lebih baik dibandingkan dengan metode *CRR Tree*.

4.4 Integrasi Al-Quran

Perencanaan yang dilakukan manusia merupakan upaya untuk mencari pegangan dalam pengambilan suatu keputusan. Akan tetapi, hasil dari dari rencana manusia dapat berubah bergantung pada upaya-upaya yang dilakukan untuk menjadi lebih baik. Sebagaimana firman Allah dalam surat Ar-Ra'd ayat 11 yang berbunyi:

لَهُ مَعْقَبَتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهِ يَحْفَظُونَهُ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ وَمَا لَهُمْ مِّنْ دُونِهِ مِن وَّالٍ ۝

Artinya: “Bagi manusia ada malaikat-malaikat yang selalu mengikutinya bergiliran, di muka dan di belakangnya, mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, maka tak ada yang dapat

menolaknya; dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia.”(Q.S ar-Ra’d: 11)

Perencanaan juga dapat digunakan dalam banyak bidang misalnya dalam bentuk investasi. Karena dengan berinvestasi, manusia dapat lebih mempersiapkan diri di kemudian hari. Saham termasuk dalam investasi yang memiliki resiko tinggi. Oleh sebab itu terdapat opsi yang berguna untuk menjamin harga saham agar meminimalisir resiko yang akan terjadi.

Sistem yang berlaku dalam opsi merupakan salah satu bentuk bermuamalah tidak secara tunai namun dalam waktu yang ditentukan. Dalam jual-beli opsi, kedua pihak (*holder* dan *writer*) akan membuat kesepakatan-kesepakatan yang terkait dengan opsi tersebut. Ketentuan-ketentuan yang harus disepakati terlebih dahulu oleh kedua pihak ialah *exercise price*, waktu jatuh tempo, serta sejumlah *asset* tertentu. Dalam Al-Quran dijelaskan bahwa apabila melakukan jual beli secara tidak langsung maka hendaklah menuliskannya. Hal-hal yang dianjurkan untuk ditulis ialah ketentuan-ketentuan yang berlaku pada waktu pelaksanaan transaksi, hal tersebut bertujuan sebagai bukti bahwa kesepakatan tersebut telah disetujui oleh kedua belah pihak sehingga tidak terjadi kesalahpahaman di kemudian hari.

Allah SWT. berfirman dalam surat Hud ayat 85 tentang bagaimana mengambil keuntungan yang baik dalam jual beli yang berbunyi:

وَيَقَوْمٌ أَوْفُوا الْمِكْيَالَ وَالْمِيزَانَ بِالْقِسْطِ ۗ وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تَعْثَوْا فِي الْأَرْضِ
مُفْسِدِينَ ۗ^{٨٥}

Artinya: “Dan Syu'aib berkata: "Hai kaumku, cukupkanlah takaran dan timbangan dengan adil, dan janganlah kamu merugikan manusia terhadap hak-hak mereka dan janganlah kamu membuat kejahatan di muka bumi dengan membuat kerusakan.” (Q.S Hud: 85)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, diperoleh kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Metode AMM akan menambah banyak nilai-nilai kemungkinan harga saham pada satu periode sebelum waktu jatuh tempo daripada metode *CRR Tree* dengan membuat nilai partisi lebih kecil pada periode akhir.
2. Metode AMM lebih baik daripada metode *CRR Tree*. Hal ini dapat dibuktikan dari perbandingan konvergensi nilai opsi dan *error* dari kedua metode tersebut. Dimana nilai opsi metode AMM lebih cepat konvergen pada nilai analitik (*Black-Scholes*) dari pada metode *CRR Tree*. Begitu juga dengan nilai *error* dari metode AMM lebih cepat konvergen mendekati nol dari pada metode *CRR Tree*.
3. Dalam implementasinya, metode AMM diketahui lebih baik, dapat meminimalisir kerugian lebih sedikit dibandingkan dengan metode *CRR Tree*.

5.2 Saran

Dari kesimpulan di atas dapat diambil saran-saran sebagai berikut:

1. Metode AMM dapat digunakan sebagai pendekatan dalam penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa.

2. Metode AMM dapat dikembangkan untuk menentukan nilai opsi tipe Amerika, Asia, atau lainnya.
3. Untuk pembagi dalam memperkecil partisi dapat digunakan angka-angka lainnya.
4. Partisinya dapat dibagi berdasarkan genap dan ganjil.

DAFTAR RUJUKAN

- Aziz, A. (2009). Empat Model Aproksimasi Binomial Harga Saham Model Black-Scholes. *Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi* , 1(1).
- Cahyaningtyas, M. (2014). Metode Binomial untuk Perhitungan Harga Opsi Eropa dan Asia Eropa.
- Chapra, S., & Canale, R. (2010). *Numerical Methods for Engineers Sixth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Figlewski, S., & Gao, B. (1999). The Adaptive Mesh Model: A New Approach to Efficient Option Pricing. *Journal of Financial Economics* , 53(313-351).
- Hull, J. C. (2006). *Option, Futures, and Other Derivatives*. New Jersey: Prentice Hal.
- Kusnandar, D. (2004). *Metode Statistik dan Aplikasinya dengan Minitab dan Excel*. Yogyakarta: Madyan Press.
- Lessy, D. (2013). Penentuan Harga Opsi Eropa dengan Model Binomial. *Jurnal Matematika dan Pembelajarannya* , 1(32-41).
- Nababan, M. (2004). *Matematika Keuangan untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta: Gramedia Widiasarana Indonesia (GRASINDO).
- Nadia, S. (2018). Penentuan Harga Opsi Tipe Eropa dengan Metode Binomial. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)* , 7(2).
- Rahman, A. (2010). *Model Black-Scholes Put Call Parity Harga Opsi Tipe Eropa dengan Pembagian Dividen*. Surakarta: USM.
- Seydel, R. S. (2002). *Tools for Computational Finance*. Germany: Koln.
- Soetopo, W., & Montarcih, L. (2017). *Rekayasa Statistika untuk Teknik Perairan*. Malang: UB Press.
- Umar, H. (2003). *Business An Introduction*. Jakarta: Gramedia.
- Wilmot, P. (2007). *Introduce Quantitative Finance Second Edition*. British: British Library.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Data data harga saham Merek & Co mulai dari tanggal 3 Maret 2015 hingga

24 Februari 2020

Date	Z hitung	Close	Return
02/03/2015	-0.770452011	56.84	
09/03/2015	-0.827897678	56.2	-0.011323529
16/03/2015	-0.614271181	58.58	0.041476601
23/03/2015	-0.688771326	57.75	-0.014270026
30/03/2015	-0.747114852	57.1	-0.011319268
06/04/2015	-0.733650823	57.25	0.002623561
13/04/2015	-0.766861562	56.88	-0.006483839
20/04/2015	-0.702235355	57.6	0.01257873
27/04/2015	-0.499379757	59.86	0.038485986
04/05/2015	-0.420391752	60.74	0.014593973
11/05/2015	-0.466169019	60.23	-0.008431925
18/05/2015	-0.542464074	59.38	-0.014213081
25/05/2015	-0.406928172	60.89	0.025111455
01/06/2015	-0.577469993	58.99	-0.031700969
08/06/2015	-0.678000336	57.87	-0.019168874
15/06/2015	-0.662741128	58.04	0.002933347
22/06/2015	-0.62234949	58.49	0.007723388
29/06/2015	-0.695952225	57.67	-0.014118761
06/07/2015	-0.670819437	57.95	0.004843514
13/07/2015	-0.592729201	58.82	0.014901346
20/07/2015	-0.719289384	57.41	-0.024263429
27/07/2015	-0.580163032	58.96	0.026640727
03/08/2015	-0.669024257	57.97	-0.016933578
10/08/2015	-0.560415963	59.18	0.020657994
17/08/2015	-0.866494136	55.77	-0.059347557
24/08/2015	-0.902397824	55.37	-0.007198178
31/08/2015	-1.241686735	51.59	-0.070710058
07/09/2015	-1.196807237	52.09	0.009645137
14/09/2015	-1.193216788	52.13	0.000767626
21/09/2015	-1.420307314	49.6	-0.049749825
28/09/2015	-1.371837367	50.14	0.010828279
05/10/2015	-1.299132402	50.95	0.016025707
12/10/2015	-1.251560224	51.48	0.010348603
19/10/2015	-1.125897542	52.88	0.026831832

26/10/2015	-0.96612662	54.66	0.033106966
02/11/2015	-0.97061448	54.61	-0.000915146
09/11/2015	-1.112433872	53.03	-0.029359262
16/11/2015	-1.016391837	54.1	0.019976377
23/11/2015	-1.028958007	53.96	-0.002591136
30/11/2015	-1.057680885	53.64	-0.005947973
07/12/2015	-1.191421518	52.15	-0.02817082
14/12/2015	-1.237198875	51.64	-0.009827673
21/12/2015	-1.128590581	52.85	0.023161128
28/12/2015	-1.131283171	52.82	-0.000567768
04/01/2016	-1.287463643	51.08	-0.033496837
11/01/2016	-1.282078372	51.14	0.00117388
18/01/2016	-1.263229073	51.35	0.004097947
25/01/2016	-1.32426519	50.67	-0.013330917
01/02/2016	-1.440054024	49.38	-0.025788476
08/02/2016	-1.471469852	49.03	-0.007113169
15/02/2016	-1.373632547	50.12	0.021987775
22/02/2016	-1.32695787	50.64	0.010321648
29/02/2016	-1.197704648	52.08	0.028039278
07/03/2016	-1.097174663	53.2	0.021277379
14/03/2016	-1.182445798	52.25	-0.018018524
21/03/2016	-1.108843422	53.07	0.015571906
28/03/2016	-1.052295166	53.7	0.011801223
04/04/2016	-0.903295234	55.36	0.030444309
11/04/2016	-0.833283398	56.14	0.013991224
18/04/2016	-0.779427731	56.74	0.010630912
25/04/2016	-0.949970001	54.84	-0.03405961
02/05/2016	-1.061271335	53.6	-0.022870824
09/05/2016	-1.036138547	53.88	0.005210339
16/05/2016	-0.925734983	55.11	0.022571836
23/05/2016	-0.80276525	56.48	0.024555387
30/05/2016	-0.7884039	56.64	0.002828839
06/06/2016	-0.773144691	56.81	0.002996952
13/06/2016	-0.855723146	55.89	-0.016326929
20/06/2016	-0.856620557	55.88	-0.000178903
27/06/2016	-0.671717207	57.94	0.036201423
04/07/2016	-0.545157114	59.35	0.024044112
11/07/2016	-0.520024326	59.63	0.004706733
18/07/2016	-0.592729201	58.82	-0.013676887
25/07/2016	-0.607090641	58.66	-0.00272387
01/08/2016	-0.140343777	63.86	0.084935139
08/08/2016	-0.186121134	63.35	-0.008018328
15/08/2016	-0.185223275	63.36	0.000157888

22/08/2016	-0.231000631	62.85	-0.00808186
29/08/2016	-0.219331782	62.98	0.002066312
05/09/2016	-0.26331351	62.49	-0.00781064
12/09/2016	-0.282163169	62.28	-0.003366245
19/09/2016	-0.221127052	62.96	0.010859257
26/09/2016	-0.27049441	62.41	-0.008774069
03/10/2016	-0.238181171	62.77	0.005751733
10/10/2016	-0.294729428	62.14	-0.010087364
17/10/2016	-0.379102704	61.2	-0.015242682
24/10/2016	-0.590934021	58.84	-0.03932531
31/10/2016	-0.592729201	58.82	-0.000339963
07/11/2016	-0.132265468	63.95	0.083619611
14/11/2016	-0.318964357	61.87	-0.03306615
21/11/2016	-0.288446298	62.21	0.005480349
28/11/2016	-0.385385833	61.13	-0.017512982
05/12/2016	-0.376410024	61.23	0.001634505
12/12/2016	-0.267801729	62.44	0.019568814
19/12/2016	-0.526307455	59.56	-0.047221855
26/12/2016	-0.588241341	58.87	-0.011652619
02/01/2017	-0.462578659	60.27	0.023502861
09/01/2017	-0.276777539	62.34	0.033768807
16/01/2017	-0.25972342	62.53	0.003043151
23/01/2017	-0.329735346	61.75	-0.01255245
30/01/2017	-0.101747409	64.29	0.040310138
06/02/2017	-0.114313579	64.15	-0.002179991
13/02/2017	-0.003012694	65.39	0.019145204
20/02/2017	0.066102181	66.16	0.011706785
27/02/2017	0.103800779	66.58	0.006328151
06/03/2017	0.015836605	65.6	-0.014828597
13/03/2017	-0.136753327	63.9	-0.026256273
20/03/2017	-0.201379983	63.18	-0.011331597
27/03/2017	-0.169066655	63.54	0.005681849
03/04/2017	-0.205867843	63.13	-0.006473536
10/04/2017	-0.252542521	62.61	-0.008271082
17/04/2017	-0.317169177	61.89	-0.011566426
24/04/2017	-0.27767495	62.33	0.007084283
01/05/2017	-0.130470288	63.97	0.025971356
08/05/2017	-0.166373975	63.57	-0.006272578
15/05/2017	-0.147524676	63.78	0.003297985
22/05/2017	-0.045199512	64.92	0.017716066
29/05/2017	0.004168205	65.47	0.008436326
05/06/2017	-0.092771689	64.39	-0.016633712
12/06/2017	-0.220229283	62.97	-0.022299888

19/06/2017	0.066102181	66.16	0.049417673
26/06/2017	-0.119699657	64.09	-0.031787828
03/07/2017	-0.203175163	63.16	-0.014617094
10/07/2017	-0.212150973	63.06	-0.001584519
17/07/2017	-0.250747341	62.63	-0.006842257
24/07/2017	-0.117904028	64.11	0.023355961
31/07/2017	-0.208560883	63.1	-0.015879636
07/08/2017	-0.27318709	62.38	-0.011476011
14/08/2017	-0.353072505	61.49	-0.014370135
21/08/2017	-0.222922232	62.94	0.023307283
28/08/2017	-0.143036457	63.83	0.014041455
04/09/2017	-0.103542948	64.27	0.006869582
11/09/2017	0.066102181	66.16	0.028983198
18/09/2017	-0.026350212	65.13	-0.015690885
25/09/2017	-0.125084927	64.03	-0.017033519
02/10/2017	-0.078409891	64.55	0.008088456
09/10/2017	-0.182530684	63.39	-0.018134059
16/10/2017	-0.138548597	63.88	0.007700234
23/10/2017	-0.644789239	58.24	-0.092433901
30/10/2017	-0.840463938	56.06	-0.038149875
06/11/2017	-0.892524245	55.48	-0.010399968
13/11/2017	-0.917656673	55.2	-0.005059624
20/11/2017	-0.993952088	54.35	-0.015518395
27/11/2017	-0.857518326	55.87	0.027582969
04/12/2017	-0.884445935	55.57	-0.005384058
11/12/2017	-0.824307229	56.24	0.011984796
18/12/2017	-0.813536239	56.36	0.002131422
25/12/2017	-0.821614639	56.27	-0.001598171
01/01/2018	-0.756987983	56.99	0.012714315
08/01/2018	-0.607090641	58.66	0.028882215
15/01/2018	-0.371922164	61.28	0.043695446
22/01/2018	-0.303705148	62.04	0.012325845
29/01/2018	-0.61606645	58.56	-0.057727468
05/02/2018	-0.947277321	54.87	-0.065085154
12/02/2018	-0.819819369	56.29	0.025550184
19/02/2018	-0.947277321	54.87	-0.025550184
26/02/2018	-0.993054229	54.36	-0.009338125
05/03/2018	-0.923042393	55.14	0.01424678
12/03/2018	-0.875470215	55.67	0.009565979
19/03/2018	-1.078325364	53.41	-0.041443372
26/03/2018	-0.98318074	54.47	0.019652115
02/04/2018	-1.082813224	53.36	-0.020588689
09/04/2018	-0.740831723	57.17	0.06896783

16/04/2018	-0.591831432	58.83	0.028622713
23/04/2018	-0.534385765	59.47	0.010820038
30/04/2018	-0.688771326	57.75	-0.029348651
07/05/2018	-0.514638966	59.69	0.033041136
14/05/2018	-0.564006413	59.14	-0.009256988
21/05/2018	-0.568494273	59.09	-0.000845792
28/05/2018	-0.43654846	60.56	0.02457292
04/06/2018	-0.255235201	62.58	0.032811145
11/06/2018	-0.304602917	62.03	-0.008827647
18/06/2018	-0.354867775	61.47	-0.009068856
25/06/2018	-0.423982201	60.7	-0.012605553
02/07/2018	-0.289343709	62.2	0.024411301
09/07/2018	-0.227410182	62.89	0.011032137
16/07/2018	-0.26062092	62.52	-0.005900647
23/07/2018	-0.173554515	63.49	0.015395939
30/07/2018	0.045457253	65.93	0.037711128
06/08/2018	0.058023512	66.07	0.002121213
13/08/2018	0.326402727	69.06	0.044260877
20/08/2018	0.324607817	69.04	-0.000289602
27/08/2018	0.28421582	68.59	-0.006539368
03/09/2018	0.381155714	69.67	0.015623087
10/09/2018	0.408981452	69.98	0.004439749
17/09/2018	0.509511077	71.1	0.015877779
24/09/2018	0.495149997	70.94	-0.002252831
01/10/2018	0.503228037	71.03	0.001267831
08/10/2018	0.393721974	69.81	-0.017325072
15/10/2018	0.621709821	72.35	0.035738188
22/10/2018	0.44668014	70.4	-0.027322134
29/10/2018	0.614529011	72.27	0.026215772
05/11/2018	0.847005167	74.86	0.035210652
12/11/2018	0.954715692	76.06	0.01590276
19/11/2018	0.829950689	74.67	-0.018444098
26/11/2018	1.249125016	79.34	0.060663986
03/12/2018	1.013956898	76.72	-0.033579921
10/12/2018	0.992414919	76.48	-0.003133136
17/12/2018	0.671077627	72.9	-0.047940642
24/12/2018	0.892782434	75.37	0.033320691
31/12/2018	0.973564991	76.27	0.011870279
07/01/2019	0.850595617	74.9	-0.01812572
14/01/2019	0.937661932	75.87	0.012867472
21/01/2019	0.675565128	72.95	-0.039247155
28/01/2019	0.98972161	76.45	0.046862659
04/02/2019	1.085763735	77.52	0.013899036

11/02/2019	1.291311923	79.81	0.029112856
18/02/2019	1.377480469	80.77	0.011956787
25/02/2019	1.456468833	81.65	0.010836272
04/03/2019	1.290414782	79.8	-0.022918302
11/03/2019	1.449287934	81.57	0.021938005
18/03/2019	1.5139145	82.29	0.008788058
25/03/2019	1.592902146	83.17	0.010637076
01/04/2019	1.411589335	81.15	-0.024587363
08/04/2019	1.257203685	79.43	-0.021423188
15/04/2019	0.697107736	73.19	-0.081817304
22/04/2019	1.005878229	76.63	0.045929779
29/04/2019	1.308366312	80	0.043038029
06/05/2019	1.14590271	78.19	-0.022884847
13/05/2019	1.193474888	78.72	0.006755478
20/05/2019	1.413384156	81.17	0.030648431
27/05/2019	1.237456616	79.21	-0.024443155
03/06/2019	1.52917335	82.46	0.040210774
10/06/2019	1.557896228	82.78	0.003873159
17/06/2019	1.718564919	84.57	0.02139312
24/06/2019	1.653938263	83.85	-0.008550129
01/07/2019	1.811016504	85.6	0.020655795
08/07/2019	1.284131652	79.73	-0.071039296
15/07/2019	1.433131225	81.39	0.020606439
22/07/2019	1.436721675	81.43	0.000491352
29/07/2019	1.709589109	84.47	0.036652698
05/08/2019	1.803835695	85.52	0.012353778
12/08/2019	1.762546647	85.06	-0.005393365
19/08/2019	1.751775926	84.94	-0.001411718
26/08/2019	1.889107099	86.47	0.017852396
02/09/2019	1.898082909	86.57	0.001155791
09/09/2019	1.542637378	82.61	-0.046822585
16/09/2019	1.771523085	85.16	0.030401136
23/09/2019	1.569565346	82.91	-0.026776157
30/09/2019	1.757161287	85	0.024895526
07/10/2019	1.697919991	84.34	-0.007795056
14/10/2019	1.728438408	84.68	0.004023245
21/10/2019	1.51122182	82.26	-0.028994459
28/10/2019	1.751775926	84.94	0.032060161
04/11/2019	1.630600745	83.59	-0.016021301
11/11/2019	1.748185567	84.9	0.015550269
18/11/2019	1.797552565	85.45	0.006457258
25/11/2019	1.952835896	87.18	0.020043572
02/12/2019	2.102733238	88.85	0.018974585

09/12/2019	2.133251655	89.19	0.003819416
16/12/2019	2.347775653	91.58	0.026443981
23/12/2019	2.340594754	91.5	-0.000873957
30/12/2019	2.318155005	91.25	-0.00273598
06/01/2020	2.163769444	89.53	-0.019029239
13/01/2020	2.293022576	90.97	0.015956039
20/01/2020	1.845125371	85.98	-0.056415047
27/01/2020	1.796655424	85.44	-0.006300347
03/02/2020	1.764342186	85.08	-0.004222385
10/02/2020	1.546227828	82.65	-0.028977165
17/02/2020	1.518402001	82.34	-0.003757881
24/02/2020	0.99959519	76.56	-0.072782247

LAMPIRAN 2

Nilai Opsi *Call* Metode AMM untuk Banyak Perulangan Partisi smpai dengan 300

CALL OPTION					
M	Nilai Opsi	Error	M	Nilai Opsi	Error
3	15.7715	0.0067	152	15.7711	0.0001
4	15.8367	0.0731	153	15.7695	0.0013
5	15.7581	0.0382	154	15.7708	0.0002
6	15.8247	0.0308	155	15.7698	0.0010
7	15.7677	0.0176	156	15.7704	0.0004
8	15.7843	0.0041	157	15.7700	0.0005
9	15.7888	0.0271	158	15.7700	0.0006
10	15.7757	0.0088	159	15.7701	0.0004
11	15.7956	0.0261	160	15.7699	0.0006
12	15.7635	0.0053	161	15.7701	0.0004
13	15.7954	0.012	162	15.7700	0.0006
14	15.7617	0.0078	163	15.7701	0.0004
15	15.7864	0.0027	164	15.7699	0.0009
16	15.7747	0.011	165	15.7704	0.0002
17	15.7723	0	166	15.7698	0.0012
18	15.7784	0.0154	167	15.7707	0.0000
19	15.7732	0.0092	168	15.7696	0.0014
20	15.7820	0.0138	169	15.7709	0.0002
21	15.7690	0.0023	170	15.7693	0.0015
22	15.7843	0.008	171	15.7711	0.0006
23	15.7614	0.0036	172	15.7690	0.0016
24	15.7830	0.0016	173	15.7712	0.0010
25	15.7669	0.0051	174	15.7686	0.0016
26	15.7790	0.0016	175	15.7712	0.0011
27	15.7721	0.0081	176	15.7682	0.0016
28	15.7730	0.0013	177	15.7712	0.0007
29	15.7743	0.0097	178	15.7684	0.0015
30	15.7721	0.0064	179	15.7712	0.0003
31	15.7749	0.0089	180	15.7688	0.0013
32	15.7711	0.0022	181	15.7710	0.0000
33	15.7777	0.0063	182	15.7692	0.0010
34	15.7684	0.0014	183	15.7709	0.0002
35	15.7788	0.0022	184	15.7694	0.0008
36	15.7644	0.0031	185	15.7706	0.0004
37	15.7783	0.0015	186	15.7697	0.0004
38	15.7667	0.0035	187	15.7703	0.0005

39	15.7767	0.0009	188	15.7698	0.0003
40	15.7700	0.0057	189	15.7700	0.0005
41	15.7740	0.001	190	15.7699	0.0004
42	15.7719	0.0066	191	15.7698	0.0005
43	15.7710	0.004	192	15.7700	0.0003
44	15.7726	0.0064	193	15.7699	0.0007
45	15.7713	0.0025	194	15.7700	0.0002
46	15.7730	0.0053	195	15.7698	0.0009
47	15.7707	1E-04	196	15.7700	0.0001
48	15.7748	0.0033	197	15.7698	0.0011
49	15.7692	0.0016	198	15.7703	0.0001
50	15.7757	0.0009	199	15.7697	0.0013
51	15.7671	0.0022	200	15.7705	0.0003
52	15.7758	0.0012	201	15.7695	0.0013
53	15.7658	0.0026	202	15.7707	0.0006
54	15.7753	0.0006	203	15.7693	0.0014
55	15.7682	0.004	204	15.7708	0.0010
56	15.7742	0.0005	205	15.7691	0.0014
57	15.7700	0.0047	206	15.7709	0.0008
58	15.7727	0.0023	207	15.7688	0.0013
59	15.7711	0.0048	208	15.7709	0.0005
60	15.7706	0.0029	209	15.7685	0.0012
61	15.7716	0.0044	210	15.7709	0.0002
62	15.7708	0.0009	211	15.7684	0.0011
63	15.7715	0.0034	212	15.7709	0.0000
64	15.7706	0.0004	213	15.7688	0.0009
65	15.7726	0.0021	214	15.7708	0.0002
66	15.7699	0.0013	215	15.7690	0.0007
67	15.7735	0.0008	216	15.7707	0.0003
68	15.7689	0.0016	217	15.7693	0.0004
69	15.7740	0.0009	218	15.7705	0.0004
70	15.7675	0.0017	219	15.7695	0.0003
71	15.7741	0.0006	220	15.7704	0.0004
72	15.7667	0.0028	221	15.7696	0.0003
73	15.7738	1E-04	222	15.7701	0.0004
74	15.7683	0.0034	223	15.7698	0.0003
75	15.7732	0.0011	224	15.7699	0.0005
76	15.7695	0.0037	225	15.7698	0.0002
77	15.7723	0.0025	226	15.7698	0.0007
78	15.7703	0.0036	227	15.7699	0.0001
79	15.7712	0.0017	228	15.7698	0.0009
80	15.7708	0.0032	229	15.7699	0.0000
81	15.7704	0.0005	230	15.7698	0.0010

82	15.7710	0.0025	231	15.7699	0.0002
83	15.7705	0.0004	232	15.7697	0.0011
84	15.7709	0.0016	233	15.7701	0.0004
85	15.7703	0.0009	234	15.7697	0.0012
86	15.7718	0.0006	235	15.7703	0.0006
87	15.7698	0.0012	236	15.7695	0.0012
88	15.7725	0.0007	237	15.7704	0.0009
89	15.7692	0.0012	238	15.7694	0.0012
90	15.7728	0.0006	239	15.7705	0.0007
91	15.7683	0.0019	240	15.7692	0.0011
92	15.7730	0.0002	241	15.7706	0.0004
93	15.7672	0.0025	242	15.7690	0.0011
94	15.7729	0.0004	243	15.7707	0.0002
95	15.7679	0.0028	244	15.7688	0.0009
96	15.7726	0.0012	245	15.7707	0.0000
97	15.7689	0.0029	246	15.7685	0.0008
98	15.7722	0.0022	247	15.7707	0.0001
99	15.7696	0.0028	248	15.7686	0.0006
100	15.7715	0.0012	249	15.7707	0.0002
101	15.7701	0.0025	250	15.7689	0.0004
102	15.7707	0.0004	251	15.7706	0.0003
103	15.7705	0.0021	252	15.7691	0.0002
104	15.7702	0.0002	253	15.7705	0.0004
105	15.7706	0.0014	254	15.7693	0.0003
106	15.7703	0.0007	255	15.7704	0.0004
107	15.7706	0.0006	256	15.7694	0.0003
108	15.7702	0.0009	257	15.7702	0.0004
109	15.7710	0.0006	258	15.7696	0.0002
110	15.7699	0.0009	259	15.7701	0.0005
111	15.7715	0.0006	260	15.7697	0.0002
112	15.7695	0.0011	261	15.7699	0.0006
113	15.7719	0.0004	262	15.7698	0.0001
114	15.7690	0.0017	263	15.7697	0.0008
115	15.7721	1E-04	264	15.7698	0.0000
116	15.7683	0.0021	265	15.7697	0.0009
117	15.7722	0.0004	266	15.7698	0.0002
118	15.7676	0.0023	267	15.7697	0.0010
119	15.7721	0.001	268	15.7698	0.0003
120	15.7682	0.0024	269	15.7697	0.0010
121	15.7720	0.0018	270	15.7698	0.0005
122	15.7689	0.0023	271	15.7697	0.0010
123	15.7717	0.0011	272	15.7700	0.0008
124	15.7694	0.0021	273	15.7696	0.0010

125	15.7712	0.0004	274	15.7702	0.0006
126	15.7698	0.0018	275	15.7695	0.0010
127	15.7707	0.0001	276	15.7703	0.0004
128	15.7701	0.0014	277	15.7694	0.0009
129	15.7701	0.0004	278	15.7704	0.0002
130	15.7703	0.0008	279	15.7692	0.0008
131	15.7701	0.0006	280	15.7704	0.0001
132	15.7703	0.0005	281	15.7691	0.0007
133	15.7701	0.0007	282	15.7705	0.0001
134	15.7703	0.0005	283	15.7689	0.0006
135	15.7700	0.0007	284	15.7705	0.0002
136	15.7707	0.0004	285	15.7687	0.0004
137	15.7698	0.001	286	15.7705	0.0002
138	15.7711	0.0003	287	15.7687	0.0003
139	15.7695	0.0014	288	15.7705	0.0003
140	15.7714	0	289	15.7689	0.0002
141	15.7691	0.0017	290	15.7704	0.0003
142	15.7716	0.0004	291	15.7691	0.0002
143	15.7686	0.0019	292	15.7704	0.0003
144	15.7716	0.0008	293	15.7692	0.0002
145	15.7681	0.0019	294	15.7703	0.0003
146	15.7716	0.0014	295	15.7694	0.0002
147	15.7681	0.0019	296	15.7702	0.0004
148	15.7716	0.0011	297	15.7695	0.0001
149	15.7687	0.0018	298	15.7701	0.0006
150	15.7714	0.0005	299	15.7696	0.0001
151	15.7691	0.0016	300	15.7699	0.0006
BS		16.7693			

LAMPIRAN 3

Nilai Opsi *Put* Metode AMM untuk Banyak Perulangan Partisi sampai dengan 300

PUT OPTION					
M	Nilai Opsi	Error	M	Nilai Opsi	Error
3	9.5157	0.004	152	9.5089	0.0028
4	9.5304	0.0187	153	9.5135	0.0018
5	9.4586	0.0531	154	9.5083	0.0034
6	9.559	0.0473	155	9.5137	0.0020
7	9.4303	0.0814	156	9.5075	0.0042
8	9.5498	0.0381	157	9.5137	0.0020
9	9.4632	0.0485	158	9.5067	0.0050
10	9.5146	0.0029	159	9.5137	0.0020
11	9.5059	0.0058	160	9.5073	0.0044
12	9.49	0.0217	161	9.5135	0.0018
13	9.5131	0.0014	162	9.5082	0.0035
14	9.4919	0.0198	163	9.5133	0.0016
15	9.5286	0.0169	164	9.509	0.0027
16	9.4799	0.0318	165	9.513	0.0013
17	9.531	0.0193	166	9.5096	0.0021
18	9.4713	0.0404	167	9.5125	0.0008
19	9.5248	0.0131	168	9.5101	0.0016
20	9.4945	0.0172	169	9.512	0.0003
21	9.5132	0.0015	170	9.5105	0.0012
22	9.5064	0.0053	171	9.5114	0.0003
23	9.5006	0.0111	172	9.5108	0.0009
24	9.5106	0.0011	173	9.5107	0.0010
25	9.503	0.0087	174	9.511	0.0007
26	9.5145	0.0028	175	9.5107	0.0010
27	9.5006	0.0111	176	9.5111	0.0006
28	9.5205	0.0088	177	9.5107	0.0010
29	9.4948	0.0169	178	9.5111	0.0006
30	9.5224	0.0107	179	9.5107	0.0010
31	9.4867	0.025	180	9.5112	0.0005
32	9.5212	0.0095	181	9.5106	0.0011
33	9.4952	0.0165	182	9.5118	0.0001
34	9.5177	0.006	183	9.5104	0.0013
35	9.5032	0.0085	184	9.5122	0.0005
36	9.5124	0.0007	185	9.5101	0.0016
37	9.5079	0.0038	186	9.5126	0.0009
38	9.5057	0.006	187	9.5098	0.0019

39	9.5101	0.0016	188	9.5129	0.0012
40	9.5067	0.005	189	9.5093	0.0024
41	9.5103	0.0014	190	9.5132	0.0015
42	9.5063	0.0054	191	9.5088	0.0029
43	9.5145	0.0028	192	9.5133	0.0016
44	9.5043	0.0074	193	9.5083	0.0034
45	9.5172	0.0055	194	9.5133	0.0016
46	9.5012	0.0105	195	9.5077	0.0040
47	9.5184	0.0067	196	9.5133	0.0016
48	9.497	0.0147	197	9.508	0.0037
49	9.5182	0.0065	198	9.5132	0.0015
50	9.4983	0.0134	199	9.5087	0.0030
51	9.517	0.0053	200	9.5131	0.0014
52	9.5032	0.0085	201	9.5093	0.0024
53	9.5149	0.0032	202	9.5128	0.0011
54	9.5067	0.005	203	9.5098	0.0019
55	9.512	0.0003	204	9.5126	0.0009
56	9.509	0.0027	205	9.5102	0.0015
57	9.5084	0.0033	206	9.5122	0.0005
58	9.5103	0.0014	207	9.5105	0.0012
59	9.5084	0.0033	208	9.5118	0.0001
60	9.5106	0.0011	209	9.5108	0.0009
61	9.5084	0.0033	210	9.5113	0.0004
62	9.5119	0.0002	211	9.511	0.0007
63	9.5077	0.004	212	9.5108	0.0009
64	9.5141	0.0024	213	9.5111	0.0006
65	9.5063	0.0054	214	9.5109	0.0008
66	9.5155	0.0038	215	9.5112	0.0005
67	9.5044	0.0073	216	9.5109	0.0008
68	9.5162	0.0045	217	9.5112	0.0005
69	9.502	0.0097	218	9.5109	0.0008
70	9.5163	0.0046	219	9.5112	0.0005
71	9.5011	0.0106	220	9.5108	0.0009
72	9.5158	0.0041	221	9.5116	0.0001
73	9.5042	0.0075	222	9.5107	0.0010
74	9.5149	0.0032	223	9.512	0.0003
75	9.5067	0.005	224	9.5105	0.0012
76	9.5135	0.0018	225	9.5123	0.0006
77	9.5085	0.0032	226	9.5103	0.0014
78	9.5117	0	227	9.5126	0.0009
79	9.5098	0.0019	228	9.51	0.0017
80	9.5096	0.0021	229	9.5128	0.0011
81	9.5105	0.0012	230	9.5096	0.0021

82	9.5094	0.0023	231	9.5129	0.0012
83	9.5108	0.0009	232	9.5093	0.0024
84	9.5095	0.0022	233	9.513	0.0013
85	9.5108	0.0009	234	9.5088	0.0029
86	9.5092	0.0025	235	9.5131	0.0014
87	9.5125	0.0008	236	9.5084	0.0033
88	9.5085	0.0032	237	9.513	0.0013
89	9.5137	0.002	238	9.5086	0.0031
90	9.5076	0.0041	239	9.513	0.0013
91	9.5145	0.0028	240	9.5091	0.0026
92	9.5063	0.0054	241	9.5129	0.0012
93	9.515	0.0033	242	9.5095	0.0022
94	9.5047	0.007	243	9.5127	0.0010
95	9.5151	0.0034	244	9.5099	0.0018
96	9.5033	0.0084	245	9.5125	0.0008
97	9.5149	0.0032	246	9.5103	0.0014
98	9.5054	0.0063	247	9.5123	0.0006
99	9.5144	0.0027	248	9.5106	0.0011
100	9.5071	0.0046	249	9.512	0.0003
101	9.5137	0.002	250	9.5108	0.0009
102	9.5085	0.0032	251	9.5117	0.0000
103	9.5127	0.001	252	9.511	0.0007
104	9.5095	0.0022	253	9.5113	0.0004
105	9.5115	0.0002	254	9.5111	0.0006
106	9.5103	0.0014	255	9.511	0.0007
107	9.5101	0.0016	256	9.5112	0.0005
108	9.5107	0.001	257	9.511	0.0007
109	9.51	0.0017	258	9.5113	0.0004
110	9.5109	0.0008	259	9.5111	0.0006
111	9.5101	0.0016	260	9.5113	0.0004
112	9.5109	0.0008	261	9.511	0.0007
113	9.51	0.0017	262	9.5113	0.0004
114	9.5117	0	263	9.511	0.0007
115	9.5096	0.0021	264	9.5115	0.0002
116	9.5127	0.001	265	9.5109	0.0008
117	9.5091	0.0026	266	9.5118	0.0001
118	9.5134	0.0017	267	9.5108	0.0009
119	9.5084	0.0033	268	9.5121	0.0004
120	9.5139	0.0022	269	9.5106	0.0011
121	9.5075	0.0042	270	9.5123	0.0006
122	9.5142	0.0025	271	9.5104	0.0013
123	9.5064	0.0053	272	9.5125	0.0008
124	9.5143	0.0026	273	9.5102	0.0015

125	9.5052	0.0065	274	9.5126	0.0009
126	9.5142	0.0025	275	9.5099	0.0018
127	9.5064	0.0053	276	9.5127	0.0010
128	9.5139	0.0022	277	9.5096	0.0021
129	9.5076	0.0041	278	9.5128	0.0011
130	9.5135	0.0018	279	9.5092	0.0025
131	9.5087	0.003	280	9.5128	0.0011
132	9.513	0.0013	281	9.5089	0.0028
133	9.5095	0.0022	282	9.5128	0.0011
134	9.5123	0.0006	283	9.509	0.0027
135	9.5101	0.0016	284	9.5128	0.0011
136	9.5114	0.0003	285	9.5094	0.0023
137	9.5106	0.0011	286	9.5127	0.0010
138	9.5105	0.0012	287	9.5098	0.0019
139	9.5109	0.0008	288	9.5126	0.0009
140	9.5104	0.0013	289	9.5101	0.0016
141	9.511	0.0007	290	9.5125	0.0008
142	9.5105	0.0012	291	9.5104	0.0013
143	9.511	0.0007	292	9.5123	0.0006
144	9.5104	0.0013	293	9.5106	0.0011
145	9.5113	0.0004	294	9.5121	0.0004
146	9.5102	0.0015	295	9.5108	0.0009
147	9.5121	0.0004	296	9.5118	0.0001
148	9.5099	0.0018	297	9.511	0.0007
149	9.5127	0.001	298	9.5116	0.0001
150	9.5095	0.0022	299	9.5111	0.0006
151	9.5131	0.0014	300	9.5113	0.0004
BS		9.5117			

LAMPIRAN 4

Nilai Opsi *Call* Metode *CRR Tree* untuk Banyak Perulangan Partisi sampai dengan 300

CALL OPTION					
M	Nilai Opsi	Error	M	Nilai Opsi	Error
3	15.8859	0.1166	152	15.7722	0.0029
4	15.5855	0.1838	153	15.7641	0.0052
5	15.8595	0.0902	154	15.7723	0.0030
6	15.7814	0.0121	155	15.7644	0.0049
7	15.736	0.0333	156	15.7722	0.0029
8	15.8261	0.0568	157	15.7657	0.0036
9	15.7017	0.0676	158	15.772	0.0027
10	15.8115	0.0422	159	15.7669	0.0024
11	15.7672	0.0021	160	15.7717	0.0024
12	15.772	0.0027	161	15.7679	0.0014
13	15.7953	0.026	162	15.7713	0.0020
14	15.7223	0.047	163	15.7688	0.0005
15	15.8009	0.0316	164	15.7708	0.0015
16	15.7386	0.0307	165	15.7696	0.0003
17	15.7924	0.0231	166	15.7702	0.0009
18	15.7669	0.0024	167	15.7703	0.0010
19	15.7752	0.0059	168	15.7694	0.0001
20	15.7826	0.0133	169	15.7708	0.0015
21	15.7525	0.0168	170	15.7686	0.0007
22	15.789	0.0197	171	15.7712	0.0019
23	15.7332	0.0361	172	15.7677	0.0016
24	15.7886	0.0193	173	15.7715	0.0022
25	15.754	0.0153	174	15.7667	0.0026
26	15.7831	0.0138	175	15.7718	0.0025
27	15.7683	0.001	176	15.7657	0.0036
28	15.7739	0.0046	177	15.7719	0.0026
29	15.7773	0.008	178	15.7645	0.0048
30	15.7618	0.0075	179	15.7719	0.0026
31	15.782	0.0127	180	15.7653	0.0040
32	15.7477	0.0216	181	15.7718	0.0025
33	15.7833	0.014	182	15.7663	0.0030
34	15.7506	0.0187	183	15.7717	0.0024
35	15.7818	0.0125	184	15.7673	0.0020
36	15.7615	0.0078	185	15.7714	0.0021
37	15.778	0.0087	186	15.7681	0.0012
38	15.7695	0.0002	187	15.7711	0.0018

39	15.7723	0.003	188	15.7688	0.0005
40	15.7749	0.0056	189	15.7707	0.0014
41	15.7651	0.0042	190	15.7695	0.0002
42	15.7781	0.0088	191	15.7702	0.0009
43	15.7567	0.0126	192	15.77	0.0007
44	15.7795	0.0102	193	15.7696	0.0003
45	15.7512	0.0181	194	15.7705	0.0012
46	15.7793	0.01	195	15.769	0.0003
47	15.7593	0.01	196	15.7708	0.0015
48	15.7777	0.0084	197	15.7683	0.0010
49	15.7655	0.0038	198	15.7711	0.0018
50	15.7749	0.0056	199	15.7675	0.0018
51	15.7703	0.001	200	15.7714	0.0021
52	15.771	0.0017	201	15.7667	0.0026
53	15.7737	0.0044	202	15.7715	0.0022
54	15.7663	0.003	203	15.7658	0.0035
55	15.7759	0.0066	204	15.7716	0.0023
56	15.7608	0.0085	205	15.7651	0.0042
57	15.777	0.0077	206	15.7716	0.0023
58	15.7547	0.0146	207	15.766	0.0033
59	15.7771	0.0078	208	15.7715	0.0022
60	15.7592	0.0101	209	15.7669	0.0024
61	15.7764	0.0071	210	15.7713	0.0020
62	15.764	0.0053	211	15.7676	0.0017
63	15.775	0.0057	212	15.7711	0.0018
64	15.7678	0.0015	213	15.7683	0.0010
65	15.7728	0.0035	214	15.7708	0.0015
66	15.7708	0.0015	215	15.7689	0.0004
67	15.7701	0.0008	216	15.7705	0.0012
68	15.773	0.0037	217	15.7694	0.0001
69	15.7668	0.0025	218	15.7701	0.0008
70	15.7745	0.0052	219	15.7699	0.0006
71	15.763	0.0063	220	15.7697	0.0004
72	15.7753	0.006	221	15.7703	0.0010
73	15.7587	0.0106	222	15.7692	0.0001
74	15.7755	0.0062	223	15.7706	0.0013
75	15.76	0.0093	224	15.7686	0.0007
76	15.7752	0.0059	225	15.7708	0.0015
77	15.7636	0.0057	226	15.768	0.0013
78	15.7744	0.0051	227	15.771	0.0017
79	15.7667	0.0026	228	15.7673	0.0020
80	15.7731	0.0038	229	15.7712	0.0019
81	15.7691	0.0002	230	15.7666	0.0027

82	15.7714	0.0021	231	15.7713	0.0020
83	15.7711	0.0018	232	15.7658	0.0035
84	15.7693	0	233	15.7713	0.0020
85	15.7726	0.0033	234	15.7659	0.0034
86	15.7669	0.0024	235	15.7713	0.0020
87	15.7736	0.0043	236	15.7667	0.0026
88	15.7641	0.0052	237	15.7712	0.0019
89	15.7742	0.0049	238	15.7673	0.0020
90	15.7611	0.0082	239	15.7711	0.0018
91	15.7744	0.0051	240	15.7679	0.0014
92	15.7611	0.0082	241	15.7709	0.0016
93	15.7742	0.0049	242	15.7685	0.0008
94	15.7639	0.0054	243	15.7706	0.0013
95	15.7737	0.0044	244	15.769	0.0003
96	15.7663	0.003	245	15.7704	0.0011
97	15.7729	0.0036	246	15.7694	0.0001
98	15.7683	0.001	247	15.77	0.0007
99	15.7718	0.0025	248	15.7698	0.0005
100	15.7699	0.0006	249	15.7697	0.0004
101	15.7704	0.0011	250	15.7701	0.0008
102	15.7712	0.0019	251	15.7692	0.0001
103	15.7688	0.0005	252	15.7704	0.0011
104	15.7722	0.0029	253	15.7688	0.0005
105	15.7669	0.0024	254	15.7706	0.0013
106	15.7729	0.0036	255	15.7683	0.0010
107	15.7648	0.0045	256	15.7708	0.0015
108	15.7733	0.004	257	15.7678	0.0015
109	15.7625	0.0068	258	15.7709	0.0016
110	15.7735	0.0042	259	15.7672	0.0021
111	15.7623	0.007	260	15.771	0.0017
112	15.7734	0.0041	261	15.7666	0.0027
113	15.7645	0.0048	262	15.7711	0.0018
114	15.7731	0.0038	263	15.766	0.0033
115	15.7663	0.003	264	15.7711	0.0018
116	15.7725	0.0032	265	15.7666	0.0027
117	15.7679	0.0014	266	15.771	0.0017
118	15.7717	0.0024	267	15.7672	0.0021
119	15.7693	0	268	15.7709	0.0016
120	15.7708	0.0015	269	15.7677	0.0016
121	15.7704	0.0011	270	15.7708	0.0015
122	15.7696	0.0003	271	15.7682	0.0011
123	15.7713	0.002	272	15.7707	0.0014
124	15.7683	0.001	273	15.7687	0.0006

125	15.772	0.0027	274	15.7704	0.0011
126	15.7669	0.0024	275	15.7691	0.0002
127	15.7724	0.0031	276	15.7702	0.0009
128	15.7652	0.0041	277	15.7694	0.0001
129	15.7727	0.0034	278	15.7699	0.0006
130	15.7635	0.0058	279	15.7697	0.0004
131	15.7728	0.0035	280	15.7696	0.0003
132	15.7634	0.0059	281	15.77	0.0007
133	15.7727	0.0034	282	15.7693	0.0000
134	15.7651	0.0042	283	15.7703	0.0010
135	15.7725	0.0032	284	15.7689	0.0004
136	15.7666	0.0027	285	15.7705	0.0012
137	15.7721	0.0028	286	15.7685	0.0008
138	15.7679	0.0014	287	15.7706	0.0013
139	15.7715	0.0022	288	15.768	0.0013
140	15.769	0.0003	289	15.7707	0.0014
141	15.7709	0.0016	290	15.7676	0.0017
142	15.7699	0.0006	291	15.7708	0.0015
143	15.77	0.0007	292	15.767	0.0023
144	15.7707	0.0014	293	15.7709	0.0016
145	15.7691	0.0002	294	15.7665	0.0028
146	15.7713	0.002	295	15.7709	0.0016
147	15.768	0.0013	296	15.7667	0.0026
148	15.7717	0.0024	297	15.7709	0.0016
149	15.7668	0.0025	298	15.7672	0.0021
150	15.7721	0.0028	299	15.7708	0.0015
151	15.7655	0.0038	300	15.7676	0.0017
BS		15.7693			

LAMPIRAN 5

Nilai Opsi *Put* Metode CRR *Tree* untuk Banyak Perulangan Partisi sampai dengan 300

PUT OPTION					
M	Nilai Opsi	Error	M	Nilai Opsi	Error
3	9.2667	0.245	152	9.5047	0.0070
4	9.8281	0.3164	153	9.5195	0.0078
5	9.3023	0.2094	154	9.506	0.0057
6	9.7083	0.1966	155	9.5192	0.0075
7	9.4833	0.0284	156	9.5072	0.0045
8	9.6209	0.1092	157	9.5189	0.0072
9	9.556	0.0443	158	9.5084	0.0033
10	9.5544	0.0427	159	9.5185	0.0068
11	9.5848	0.0731	160	9.5095	0.0022
12	9.5018	0.0099	161	9.5181	0.0064
13	9.5933	0.0816	162	9.5105	0.0012
14	9.4589	0.0528	163	9.5176	0.0059
15	9.5915	0.0798	164	9.5114	0.0003
16	9.4231	0.0886	165	9.5171	0.0054
17	9.5843	0.0726	166	9.5122	0.0005
18	9.4522	0.0595	167	9.5166	0.0049
19	9.5742	0.0625	168	9.513	0.0013
20	9.4838	0.0279	169	9.516	0.0043
21	9.5626	0.0509	170	9.5137	0.0020
22	9.506	0.0057	171	9.5154	0.0037
23	9.5504	0.0387	172	9.5143	0.0026
24	9.5215	0.0098	173	9.5148	0.0031
25	9.538	0.0263	174	9.5149	0.0032
26	9.5321	0.0204	175	9.5142	0.0025
27	9.5257	0.014	176	9.5154	0.0037
28	9.5391	0.0274	177	9.5135	0.0018
29	9.5136	0.0019	178	9.5159	0.0042
30	9.5434	0.0317	179	9.5128	0.0011
31	9.5018	0.0099	180	9.5163	0.0046
32	9.5455	0.0338	181	9.5121	0.0004
33	9.4904	0.0213	182	9.5166	0.0049
34	9.5461	0.0344	183	9.5113	0.0004
35	9.4793	0.0324	184	9.5169	0.0052
36	9.5455	0.0338	185	9.5105	0.0012
37	9.4707	0.041	186	9.5172	0.0055
38	9.5439	0.0322	187	9.5098	0.0019

39	9.4832	0.0285	188	9.5174	0.0057
40	9.5415	0.0298	189	9.5089	0.0028
41	9.4935	0.0182	190	9.5175	0.0058
42	9.5386	0.0269	191	9.5081	0.0036
43	9.502	0.0097	192	9.5177	0.0060
44	9.5352	0.0235	193	9.5073	0.0044
45	9.509	0.0027	194	9.5177	0.0060
46	9.5315	0.0198	195	9.5064	0.0053
47	9.5147	0.003	196	9.5178	0.0061
48	9.5275	0.0158	197	9.5055	0.0062
49	9.5192	0.0075	198	9.5178	0.0061
50	9.5233	0.0116	199	9.5047	0.0070
51	9.5228	0.0111	200	9.5178	0.0061
52	9.5189	0.0072	201	9.5042	0.0075
53	9.5256	0.0139	202	9.5177	0.0060
54	9.5144	0.0027	203	9.5051	0.0066
55	9.5277	0.016	204	9.5176	0.0059
56	9.5099	0.0018	205	9.5061	0.0056
57	9.5292	0.0175	206	9.5175	0.0058
58	9.5053	0.0064	207	9.5069	0.0048
59	9.5301	0.0184	208	9.5174	0.0057
60	9.5007	0.011	209	9.5078	0.0039
61	9.5306	0.0189	210	9.5172	0.0055
62	9.4961	0.0156	211	9.5085	0.0032
63	9.5307	0.019	212	9.517	0.0053
64	9.4914	0.0203	213	9.5093	0.0024
65	9.5304	0.0187	214	9.5167	0.0050
66	9.4894	0.0223	215	9.51	0.0017
67	9.5299	0.0182	216	9.5165	0.0048
68	9.4946	0.0171	217	9.5106	0.0011
69	9.5291	0.0174	218	9.5162	0.0045
70	9.4992	0.0125	219	9.5112	0.0005
71	9.528	0.0163	220	9.5159	0.0042
72	9.5032	0.0085	221	9.5118	0.0001
73	9.5268	0.0151	222	9.5156	0.0039
74	9.5068	0.0049	223	9.5123	0.0006
75	9.5253	0.0136	224	9.5152	0.0035
76	9.5099	0.0018	225	9.5128	0.0011
77	9.5238	0.0121	226	9.5149	0.0032
78	9.5126	0.0009	227	9.5132	0.0015
79	9.522	0.0103	228	9.5145	0.0028
80	9.5149	0.0032	229	9.5136	0.0019
81	9.5202	0.0085	230	9.5141	0.0024

82	9.5169	0.0052	231	9.514	0.0023
83	9.5183	0.0066	232	9.5137	0.0020
84	9.5186	0.0069	233	9.5144	0.0027
85	9.5163	0.0046	234	9.5132	0.0015
86	9.52	0.0083	235	9.5147	0.0030
87	9.5142	0.0025	236	9.5128	0.0011
88	9.5211	0.0094	237	9.515	0.0033
89	9.512	0.0003	238	9.5123	0.0006
90	9.522	0.0103	239	9.5152	0.0035
91	9.5098	0.0019	240	9.5118	0.0001
92	9.5227	0.011	241	9.5154	0.0037
93	9.5075	0.0042	242	9.5114	0.0003
94	9.5232	0.0115	243	9.5156	0.0039
95	9.5052	0.0065	244	9.5108	0.0009
96	9.5236	0.0119	245	9.5158	0.0041
97	9.5029	0.0088	246	9.5103	0.0014
98	9.5237	0.012	247	9.516	0.0043
99	9.5005	0.0112	248	9.5098	0.0019
100	9.5237	0.012	249	9.5161	0.0044
101	9.4981	0.0136	250	9.5092	0.0025
102	9.5236	0.0119	251	9.5162	0.0045
103	9.4974	0.0143	252	9.5087	0.0030
104	9.5234	0.0117	253	9.5163	0.0046
105	9.5001	0.0116	254	9.5081	0.0036
106	9.523	0.0113	255	9.5163	0.0046
107	9.5025	0.0092	256	9.5075	0.0042
108	9.5226	0.0109	257	9.5163	0.0046
109	9.5048	0.0069	258	9.507	0.0047
110	9.522	0.0103	259	9.5164	0.0047
111	9.5068	0.0049	260	9.5064	0.0053
112	9.5214	0.0097	261	9.5163	0.0046
113	9.5086	0.0031	262	9.5058	0.0059
114	9.5207	0.009	263	9.5163	0.0046
115	9.5103	0.0014	264	9.5064	0.0053
116	9.5199	0.0082	265	9.5163	0.0046
117	9.5117	0	266	9.5071	0.0046
118	9.519	0.0073	267	9.5162	0.0045
119	9.5131	0.0014	268	9.5077	0.0040
120	9.5181	0.0064	269	9.5161	0.0044
121	9.5143	0.0026	270	9.5082	0.0035
122	9.5171	0.0054	271	9.516	0.0043
123	9.5153	0.0036	272	9.5088	0.0029
124	9.516	0.0043	273	9.5159	0.0042

125	9.5163	0.0046	274	9.5093	0.0024
126	9.5149	0.0032	275	9.5158	0.0041
127	9.5171	0.0054	276	9.5098	0.0019
128	9.5138	0.0021	277	9.5156	0.0039
129	9.5178	0.0061	278	9.5103	0.0014
130	9.5126	0.0009	279	9.5154	0.0037
131	9.5183	0.0066	280	9.5107	0.0010
132	9.5114	0.0003	281	9.5153	0.0036
133	9.5188	0.0071	282	9.5111	0.0006
134	9.5102	0.0015	283	9.5151	0.0034
135	9.5192	0.0075	284	9.5115	0.0002
136	9.5089	0.0028	285	9.5149	0.0032
137	9.5196	0.0079	286	9.5119	0.0002
138	9.5076	0.0041	287	9.5146	0.0029
139	9.5198	0.0081	288	9.5122	0.0005
140	9.5062	0.0055	289	9.5144	0.0027
141	9.5199	0.0082	290	9.5126	0.0009
142	9.5049	0.0068	291	9.5141	0.0024
143	9.52	0.0083	292	9.5129	0.0012
144	9.5035	0.0082	293	9.5139	0.0022
145	9.52	0.0083	294	9.5132	0.0015
146	9.5021	0.0096	295	9.5136	0.0019
147	9.52	0.0083	296	9.5134	0.0017
148	9.5017	0.01	297	9.5133	0.0016
149	9.5199	0.0082	298	9.5137	0.0020
150	9.5032	0.0085	299	9.513	0.0013
151	9.5197	0.008	300	9.5139	0.0022
BS		9.5117			



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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Mega Putri Sriutari
 NIM : 16610059
 Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika
 Judul Skripsi : Metode *Adaptive Mesh Model* Dalam Penentuan Nilai Opsi *Vanila* 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.	7 Januari 2020	Konsultasi Keagamaan	6.
7.	13 Januari 2020	Konsultasi Program	7.
8.	29 Januari 2020	Setor Bab III	8.
9.	4 Februari 2020	Revisi Keagamaan Bab I dan II	9.
10.	5 Februari 2020	Revisi Bab III	10.
11.	9 Februari 2020	ACC Kajian Keagamaan Bab I dan II	11.
12.	9 Februari 2020	ACC BAB I, II, dan III	12.
13.	19 Maret 2020	Setor Bab 3 dan 4	13.
14.	22 Maret 2020	Revisi Bab 3 dan 4	14.
15.	23 Maret 2020	Revisi Bab 3 dan 4	15.
16.	4 April 2020	Konsultasi dan Revisi BAB IV	16.
17.	11 April 2020	Revisi Bab 4	17.
18.	13 April 2020	Revisi Kajian keagamaan	18.

19.	14 April 2020	Revisi Kajian Keagamaan	19. 
20.	15 April 2020	Revisi Bab 4	20. 
21.	18 April 2020	Revisi Bab 4	21. 
22.	20 April 2020	Acc Bab 4, Setor Bab 5, dan Abstrak	22. 
23.	22 April 2020	ACC Kajian Keagamaan	23. 
24.	23 April 2020	ACC BAB I, II, III, dan IV	24. 
25.	5 Mei 2020	Turnitin	25. 
26.	8 Mei 2020	Revisi Bab 4 dan Bab 5 (Latihan Sidang)	26. 
27.	16 Mei 2020	Bimbingan Revisi Semua Bab Pasca Skripsi	27. 
28.	19 Mei 2020	Bimbingan Agama	28. 

Malang, 20 Mei 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



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

RIWAYAT HIDUP



Mega Putri Sriutari, lahir di Kabupaten Sidoarjo pada tanggal 10 Februari 1998, biasa dipanggil Mega ataupun Putri. Anak pertama dari dua bersaudara dari bapak Srianto dan Ibu Dwi Mursanti.

Pendidikan dasarnya ditempuh di SDN Wonokupang dan lulus pada tahun 2010, setelah itu melanjutkan ke SMPN 1 Kriandan lulus pada tahun 2013. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SMAN 1 Krian dan lulus tahun 2016. Selanjutnya, pada tahun 2016 menempuh kuliah di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Jurusan Matematika.

Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif pada organisasi dalam rangka mengembangkan kompetensi akademiknya. Penulis menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Matematika Integral tahun 2017/2018. Penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium Statistika pada tahun 2018. Penulis juga pernah mengajar sebagai guru privat untuk anak SMP sederajat di sekitar Malang Kota.