METODE *SPLIT TREE* DALAM PENENTUAN NILAI OPSI *VANILLA* TIPE EROPA

SKRIPSI

OLEH
HADI
NIM. 16610040

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

METODE *SPLIT TREE* DALAM PENENTUAN NILAI OPSI *VANILLA* TIPE EROPA

SKRIPSI

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

Oleh
HADI
NIM. 16610040

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

METODE *SPLIT TREE* DALAM PENENTUAN NILAI OPSI *VANILLA* TIPE EROPA

SKRIPSI

Oleh
HADI
NIM.16610040

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 13 Mei 2020

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

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

METODE *SPLIT TREE* DALAM PENENTUAN NILAI OPSI *VANILLA* TIPE EROPA

SKRIPSI

Oleh
HADI
NIM.16610040

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	: Hadi
NIM	: 16610040
Jurusan	: Matematika
Fakultas	: Sains dan Teknologi
Judul Skripsi	: Metode *Split Tree* Dalam Penentuan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambiln 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,

METERAI TEMPEL
6000

Hadi
NIM. 16610040

MOTTO

"Jika Anda gagal, itu bukan kesalahan orang tua Anda, jadi jangan mengeluh tentang kesalahan Anda; belajar dari kesalahan itu" (Bill Gates)

"Belajarlah dari kegagalan, ketika Anda ingin mencapai suatu Tujuan"

"Jangan pernah menolak kesempatan yang sudah datang pada Anda, karena di situ Anda akan tahu apa yang harus Anda lakukan"

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ayahanda Supadi dan Ibunda Sarni,

Ayah Arif Mahmudi dan Ibu Naning Tri Setyani, Ayah Abdul Aziz dan Ibu Nur Imamah Faizah, Ayah Sandi Cahyadi dan Ibu Khusnul Khotimah,

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 Supadi dan Ibunda Sarni merupakan orang tua kandung penulis yang

tak pantang menyerah berbanting tulang mencari uang untuk menyekolahkan penulis dan mendidik serta selalu memberikan doa, semangat, serta motivasi kepada penulis sampai saat ini.

8. Ayahanda Arif Mahmudi dan Ibunda Naning Tri Setiyani yang telah menjadi orang tua kedua sejak penulis bersekolah di SMA N 1 GABUS sampai kuliah di perguruan tinggi dan selalu memberikan doa, motivasi, nasihat, dukungan, serta bimbingan kepada penulis sampai saat ini.
9. Ayah Abdul Aziz dan Ibu Nur Imamah Faizah yang selalu memberikan doa, nasihat, motivasi, serta bimbingan kepada penulis sejak masuk di bidang Aktuaria sampai saat ini.
10. Ayah Sandi Cahyadi dan Ibu Khsunul Khotimah yang selalu memberikan doa, arahan, dan dukungan kepada penulis sejak Pengabdian Masyarakat (KKM) sampai saat ini.
11. Kakakku perempuan Titik Sundari, Yatemi, dan suaminya yang selalu memberikan doa dan motivasi kepada penulis sampai saat ini.
12. Saudara-saudaraku yang selalu memberikan doa dan motivasi kepada penulis sampai saat ini.
13. Bapak Luckyanto CEO PropNex Indonesia dan Ibu Lusiana CMO PropNex Indonesia yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis sampai saat ini.
14. Bapak Hendri Liem dan teman-teman kantor PropNex Malang CBD yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis sampai saat ini.
15. Seluruh teman-teman di Jurusan Matematika angkatan 2016, terutama

"Komunitas Ngiler" (Mega, Alfu, Puput, Maziyah, Rutbah, Sely, Dini, Talitha, Arin, Misbah) dan "Bimbingan Option 2016" (Lisa, Intan, Mumtaz) yang berjuang bersama-sama untuk meraih mimpi, terimakasih atas kenang-kenangan indah yang dirajut bersama dalam menggapai impian.

16. 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

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR SIMBOL

Simbol-simbol yang digunakan dalam skripsi ini memiliki makna sebagai berikut:

S : Harga saham
S_0 : Harga saham awal
S_T : Harga saham pada saat jatuh tempo
K : Harga kesepakatan
t : Partisi waktu
T : Waktu jatuh tempo
V : Nilai opsi
V_0 : Nilai opsi awal
V_T : Nilai opsi pada saat jatuh tempo
p : Peluang perubahan naik
q : Peluang perubahan turun
t_i : Partisi waktu ke-*i*
Δ_t : Jarak setiap partisi waktu
M : Banyak partisi/iterasi
E : Ekspektasi
σ : Volatilitas
$W(t)$: Proses Brown satu dimensi pada saat *t*
Φ : Fungsi distribusi kumulatif pada distribusi normal
g : Fungsi *payoff*
r : Suku bunga bebas resiko
u : Faktor naik harga saham
d : Faktor turun harga saham
S_i : Harga saham pada period ke-*i*
V_{Bc} : Nilai opsi *Black-Scholes call*
V_{Bp} : Nilai opsi *Black-Scholes put*
α : *Drift*

x : Banyaknya kejadian sukses

n : Banyaknya percobaan

τ : Banyaknya periode dalam satu tahun

s : Simpangan baku

ABSTRAK

Hadi. 2020. **Metode *Split Tree* 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: *Split Tree*, Posisi *Split*, Nilai *Split*, Partisi Genap, Partisi Ganjil, Opsi Eropa, Opsi *Call*, Opsi *Put*

Penelitian ini membahas metode *Split Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla call* dan *put* tipe Eropa untuk dibandingkan dengan beberapa posisi atau nilai *split* dengan beberapa perulangan banyak partisi ganjil dan genap. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa banyak partisi genap pada metode *Split Tree* dalam penentuan nilai opsi *call* dan *put* lebih mendekati pada nilai analitik (*Black-Scholes*) daripada yang ganjil. Posisi *split* yang bergantung pada nilai *split* berpengaruh dalam penentuan nilai opsi baik *call* maupun *put*. Semakin mendekati satu nilai *split*-nya maka nilai opsi semakin cepat konvergen menuju solusi analitik. Semakin banyak partisi maka semakin nilai opsi metode *Split Tree* semakin cepat konvergen menuju solusi analitik, artinya nilai *error*-nya semakin cepat konvergen menuju angka nol.

ABSTRACT

Hadi. 2020. **Split Tree Method in Europe Vanilla Option Pricing.** Thesis. 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: Split Tree, Split Position, Split Value, Even Partition, Odd Partition, European Option, Call Option, Put Option

This thesis discusses the Split Tree method in determining the value of European vanilla call and put options to be compared with several positions or split values with several iterations of many odd and even partitions. The results of this theses show that many even partitions on the Split Tree method in determining call and put option values are closer to analytic values (Black-Scholes) than odd ones. A split position that depends on the split value influences the determination of call and put option values. The closer one split value is, the faster the option converges to the analytical solution. The more amount of partitions, the more options the Split Tree method converges faster to analytical solutions, meaning that the error value converges faster to zero.

الملخص

هادي.٢٠٢٠. **طريقة تقسيم الشجر(Split Tree) في تحديد قيم خيار الفانيليا من النوع الأوروبي**.البحث العلمي. قسم الرياضيات ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانغ. المشرف: (1) عبد العزيز ماجستيرٍ (2) إيفواتي عليسة ماجستيرٍ

الكلمات الرئيسية: تقسيم الشجرة ، تقسيم الموقف ، تقسيم القيمة ، التقسيم الزوجي ، التقسيم الفردي ، الخيار الأوروبي ، خيار الاتصال ، خيار البيع

تناقش هذه الدراسة طريقة تقسيم الشجرة في تحديد قيمة نداء الفانيليا الأوروبي ووضع الخيارات التي يمكن مقارنتها بالعديد من المواضع أو القيم المقسمة مع العديد من التكرارات للعديده من الأقسام الفردية والزوجية. تظهر نتائج هذه الدراسة أن العديد من الأقسام حتى في طريقة تقسيم الشجرة في تحديد قيمة الاستدعاء من القيم الفردية. يؤثر موضع التقسيم الذي (Black Scholes) وخيارات البيع أقرب إلى القيم التحليلية يعتمد على قيمة التقسيم على اختيار المكالمة وخيارات البيع. كلما كانت قيمة التقسيم الواحدة أقرب ، كلما كان الخيار أسرع في التقارب إلى لحل التحليل. كلما زاد عدد التكرارات أو الأقسام ، زاد عدد الخيارات بشكل أسرع إلى حلول تحليلة، مما يعني أن قيمة الخطأ تتقارب ألى طيقة تقسيم الشجرة (Split Tree) التي تتحاول بها طريقة بشكل أسرع إلى الصفر.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matematika merupakan ilmu yang membahas tentang logika mengenai bentuk, susunan, besaran dan konsep-konsep lain yang memiliki jumlah banyak dan terbagi dalam tiga bidang yaitu aljabar, analisis, dan geometri. Akan tetapi ada pendapat lain yang mengatakan matematika terbagi menjadi empat bagian yaitu aritmatika, aljabar, geometris, dan analisis dimana aritmatika mencakup teori bilangan dan statistika (James & James, 1976). Dalam teori probabilitas dan statistika, distribusi binomial merupakan distribusi diskrit yang sederhana yang memiliki pendekatan untuk memodelkan jumlah keberhasilan pada jumlah sampel n dari jumlah populasi N (Sutoyo, 2012). Probabilitas merupakan suatu kejadian yang disajikan dalam bentuk nilai kuantitatif antara 0 sampai 1 (Diana, 2017). Nilai probabilitas 0 berarti kejadian tersebut tidak akan terjadi (gagal) dan nilai probabilitas 1 berarti kejadian tersebut pasti terjadi (berhasil). Sehingga suatu percobaan yang terdiri atas beberapa percobaan dengan dua kemungkinan terjadi yaitu berhasil atau gagal disebut dengan percobaan Binomial (Walpole & Myers, 1995). Konsep binomial tersebut dapat diterapkan dalam ilmu matematika keuangan. Salah satunya adalah penerapan untuk menghitung nilai opsi pada saham.

Sejak tahun 1973, pasar keuangan dunia memiliki pertumbuhan perdagangan derivatif sangat pesat. Definisi derivatif merupakan instrumen keuangan yang memiliki nilai bergantung pada nilai asset yang mendasarinya (*underlying assets*), seperti, saham, komoditi, dan mata uang (Sidarto, 2009). Opsi merupakan salah satu jenis derivative di pasar keuangan. Pada saat membicarakan mengenai opsi masalah yang menarik untuk dibahas adalah bagaimana menentukan harga yang pantas dibayar oleh *holder* kepada *writer*. Dengan kata lain, *holder* memiliki arti sebagai pembeli opsi sedangkan *writer* merupakan penerbit opsi (Seydel, 2002).

Menurut (Hull, 2015) mendefinisikan opsi sebagai suatu kontrak antara *holder* dan *writer* dimana *writer* memberikan hak (bukan kewajiban) kepada *holder* untuk membeli atau menjual suatu asset dari *writer* dengan harga tertentu (*strike* atau *exercise price*) dan pada waktunya yang telah ditentukan dimasa datang (*expirydate* atau *maturity time*). Berdasarkan fungsinya, opsi dapat dibedakan menjadi dua yaitu opsi beli (*call option*) dan opsi jual (*put option*). Berdasarkan jenisnya, opsi dapat dibedakan menjadi dua yaitu opsi Eropa dan opsi Amerika atau lebih terkenal sebagai opsi standart (*vanilla*). Opsi dimana *holder* hanya dapat meng-*exercise* (melaksanakan haknya) pada saat *maturity time* disebut dengan opsi Eropa. Akan tetapi jika *holder* opsi dapat meng-*exercise* (melaksanakan haknya) pada setiap saat sebelum atau pun pada saat *maturity time*, maka opsi disebut dengan opsi Amerika.

Pada perkembanganya, penentuan nilai opsi pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua cara yaitu metode analitik dan numerik. Metode analitik merupakan suatu metode perhitungan dengan bertujuan untuk menghasilkan nilai eksak, sedangkan metode numerik merupakan suatu metode yang bertujuan untuk menghasilkan nilai aproksimasi atau pendekatan sehingga akan terdapat galat (*error*) di dalamnya (Mooy, 2017). Secara analitik terdapat cara untuk menentukan harga opsi yaitu dengan menyelesaikan Persamaan Diferensial Parsial (PDP) *Black-Scholes*. Metode *Black-Scholes* hanya dimodelkan dengan pergerakan harga saham sebagai suatu proses stokastik (Hull, 2015). Tetapi tidak semua persamaan tersebut dapat diturunkan dengan mudah. Sehingga terdapat pendekatan secara numerik yang dapat digunakan untuk mengaproksimasi solusi analitik tersebut yaitu metode binomial standart atau lebih dikenal sebagai Cox Ross-Rubinstein (CRR) *Tree* Metode binomial memiliki dua nilai yang memperlihatkan saat harga saham naik atau turun pada setiap partisi (Ross, 1999). Salah satu pengembangan dari metode CRR *Tree* adalah metode Split *Tree* Metode Split *Tree* merupakan proses pemisahan dimana parameter yang digunakan sebelum proses pemisahan menggunakan *drift* dan setelahnya tidak menggunakan *drift* (Joshi, 2009).

Metode *Split Tree* dalam penelitian ini didasari dengan perhitungan nilai opsi dan saham, dimana opsi saham ini memberikan kemudahan seseorang untuk berinvestasi. Sesorang berinvestasi sama halnya dengan menabung. Seseorang tidak hanya menabung (investasi) atau mendiamkan uangnya tanpa ada usaha yang dilakukan. Akan tetapi, uang tersebut dapat digunakan untuk usaha lain yang dapat memberikan dampak positif terhadap pendapatan nasional. Sebagaimana Allah berfirman dalam surah al-Kahfi ayat 82 yang berkaitan dengan menabung dan penanaman investasi:

وَأَمَّا ٱلۡجِدَارُ فَكَانَ لِغُلَٰمَيۡنِ يَتِيمَيۡنِ فِي ٱلۡمَدِينَةِ وَكَانَ تَحۡتَهُۥ كَنزٞ لَّهُمَا وَكَانَ أَبُوهُمَا صَٰلِحٗا فَأَرَادَ رَبُّكَ
أَن يَبۡلُغَآ أَشُدَّهُمَا وَيَسۡتَخۡرِجَا كَنزَهُمَا رَحۡمَةٗ مِّن رَّبِّكَۚ.... ٨٢

Artinya: "Dan adapun dinding rumah itu adalah milik dua anak yatim di kota itu, yang dibawahnya tersimpan harta bagi mereka berdua, dan ayahnya seorang yang saleh. Maka Tuhanmu menghendaki agar jeduanya sampai dewasa dan keduanya mengeluarkan simpananya itu sebagai rahmat dari Tuhanmu…." (QS. Al-Kahfi: 82)

Dalam tafsir ibnu katsir jilid 5 dalam ayat di atas dijelaskan bahwa Allah telah memperbaiki dinding rumah milik kedua anak yatim di suatu kota. Dimana di bawah dinding tersebut terdapat harta simpanan milik mereka berdua. Ayahnya adalah seorang yang saleh. Seseorang yang saleh akan senantiasa dipelihara keturunanya.

Pramuditya dalam penelitiannya (Parmuditya, 2016) menjelaskan bahwa nilai opsi dapat ditentukan menggunakan metode binomial dan metode *Black-Scholes*. Dalam penelitian ini banyak partisi waktu mempengaruhi kekonvergenan pada nilai opsi. Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa semakin besar banyak partisi waktu pada metode binomial maka nilai opsinya semakin konvergen ke nilai opsi metode *Black-Scholes*. Penentuan harga opsi Eropa telah diteliti oleh Lessy dalam penelitiannya (Lessy, 2013) yang mana menggunakan dua model yaitu model Binomial dan model *Black-Scholes*. Penelitian tersebut membahas mengenai kekonvergenan nilai opsi. Hasil dari penelitian tersebut menjelaskan bahwa opsi Eropa menggunakan model binomial memiliki tingkat konvergensi ke nilai opsi menurut rumus *Black-Scholes*. Selain itu, Istiqoma dalam penelitiannya (Istiqoma & Aziz, 2014) juga menjelaskan mengenai perhitungan nilai opsi Eropa dengan metode Binomial yang dipercepat. Pada penelitian tersebut membahas mengenai kekonvergenan harga opsi. Hasil dari penelitian tersebut menjelaskan bahwa semakin banyak partisi waktu yang digunakan maka aproksimasi harga opsi akan semakin lambat untuk menuju kekonvergenan terhadap *Black-Scholes*. Dari ketiga penelitian ini peneliti ingin menggunakan konsep dasar model binomial untuk melihat konvergensi nilai opsi.

Penelitian terbaru yang terkait juga dilakukan oleh Nurkanovic dalam penelitiannya (Nurkanovic, 2017) yang menetapkan harga opsi menggunakan metode *Split Tree*. Metode Split *Tree* merupakan proses pemisahan dimana parameter yang digunakan sebelum proses pemisahan menggunakan *dirft* dan setelahnya tidak menggunakan *dirft*. Hasil dari penelitian tersebut mengatakan bahwa kekonvergenan Split *Tree* tidak secepat metode CRR *Tree*, Tian *Tree*, dan CP *Tree* pada opsi Amerika. Dari penelitian ini peneliti ingin menggunakan metode *Split Tree* untuk menentukan nilai opsi.

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian di atas, terutama Nurkanovic, peneliti tertarik untuk membahas metode *Split Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa. Dia telah meneliti metode *Split Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa dan Amerika yang mendasari proses *Tian Tree* dan CP *Tree* menggunakan ektrapolasi untuk meningkatkan konvergensi, sedangkan metode *Split Tree* tidak dapat menggunakan ektrapolasi untuk meningkatkan konvergensi. Akan tetapi, belum meneliti *split* yang berbeda dan partisi yang berbeda. Dengan demikian, peneliti tertarik untuk membandingkan nilai opsi dengan posisi *split* yang berbeda dan banyak partisi yang berbeda menggunakan metode *Split 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 *Split Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa untuk partisi genap dan ganjil?
2. Bagaimana simulasi numerik metode *Split Tree* pada penentuan nilai opsi

vanilla tipe Eropa untuk beberapa posisi *split*?

3. Bagaimana perbandingan hasil metode *Split Tree* dengan beberapa banyak partisi genap dan ganjil pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa?
4. Bagimana implementasi nilai opsi metode *Split Tree* pada *trader* saham?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui hasil simulasi numerik metode *Split Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa untuk partisi genap dan ganjil.
2. Untuk mengetahui hasil simulasi numerik metode *Split Tree* pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa untuk beberapa posisi *split*.
3. Untuk mengetahui perbandingan hasil metode *Split Tree* dengan beberapa banyak partisi genap dan ganjil pada penentuan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa.
4. Untuk menjelaskan implementasi nilai opsi metode *Split Tree* pada *trader* saham.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penilitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat memberikan pengetahuan baru yang berkaitan dengan nilai opsi tipe Eropa dengan metode *Split Tree* untuk partisi genap maupun ganjil.
2. Diharapkan dapat memberikan pengetahuan baru yang berkaitan dengan nilai opsi tipe Eropa dengan metode *Split Tree* untuk beberapa posisi *split*

pada partisi genap maupun ganjil.

3. Diharapkan dapat memberikan informasi mengenai perbandingan hasil metode *Split Tree* pada penentuan nilai opsi tipe Eropa untuk banyak partisi genap dan ganjil.
4. Diharapkan dapat digunakan untuk menghitung nilai opsi atau harga opsi metode *Split Tree* pada *trader* saham.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Tingkat suku bunga konstan, volatilitas konstan, dan tanpa pembagian dividen.
2. Hanya membandingkan kekonvergenan nilai aproksimasi opsi dan *error*.
3. Data harga saham Merek & Co Inc mulai dari tanggal 3 Maret 2015 hingga 24 Februari 2020. Data ini didapatkan dari sumber website www.finance.yahoo.com, yang diambil pada tanggal 18 Maret 2020 pada pukul 21:58 WIB.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi adalah sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

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

Bab II Kajian Pustaka

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang mendasari pembahasan diantaranya; opsi *vanilla* dan saham tipe Eropa, metode binomial, metode *Split Tree*, *Black-Scholes*, perhitungan galat *error*, bunga konstan, volatilitas konstan, konvergensi, dan dividen.

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

Pada bab ini merupakan inti dari skripsi yang menjelaskan tentang aproksimasi numerik, simulasi numerik, dan membandingkan perhitungan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa untuk beberapa posisi *split* dan partisi yang berbeda dari harga saham menggunakan metode *Split Tree*.

Bab V Penutup

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

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Distribusi Normal

Distribusi normal sering disebut juga sebagai distribusi Gauss. Distribusi normal merupakan distribusi peluang yang paling penting dalam bidang statistika. Kurva distribusi normal berbentuk seperti lonceng atau genta, dan persamanya pertama kali ditemukan tahun 1733 oleh Abraham DeMoivre. Persamaan matematika distribusi peluang peubah normal kontinu bergantung pada dua parameter, yaitu rataan μ dan simpangan baku σ. Persamaan distribusi normal ini adalah sebagai berikut (Walpole & Myers, 1995):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \tag{2.1}$$

dimana $-\infty < x < \infty$ berdistribusi normal dilambangkan sebagai $X \sim N(\mu, \sigma^2)$. Dari persamaan distribusi normal di atas, dapat ditentukan lima sifat kurva normal sebagai berikut (Walpole & Myers, 1995):

1. Modus; titik pada sumbu datar yang memberikan maksimum kurva, terdapat pada $x = \mu$.
2. Kurva simetris terhadap sumbu tegak yang melalui rataan μ.
3. Kurva mempunyai titik belok pada $x = \mu \pm \sigma$, cekung dari bawah bila $\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$, dan cekung dari atas untuk nilai x lainya.
4. Kedua ujung kurva normal mendekati asimtot sumbu datar bila nilai x bergerak menjauhi μ baik ke kiri maupun ke kanan.
5. Seluruh luas di bawah kurva dan di atas sumbu datar bernilai sama dengan 1.

2.2 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):

$$p(x) = \binom{n}{x} p^n q^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-1)!} p^x q^{n-x} \tag{2.2}$$

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

2.3 Proses Stokastik Untuk Harga Saham

Menurut (Hull, 2015), proses stokastik merupakan perubahan nilai dari setiap variabel dari waktu ke waktu dengan cara yang tidak pasti. Proses stokastik dapat dibedakan menjadi dua yaitu: proses stokastik diskrit dan kontinu. Proses stokastik diskrit merupakan proses dimana nilai variabelnya dapat berubah hanya pada titik tertentu. Sedangkan proses stokastik kontinu merupakan nilai variabel yang dapat berubah kapan saja. Saham merupakan proses stokastik kontinu, karena harga saham dapat berubah secara kontinu setiap detik mengikuti gerak brown. Jika S adalah harga saham, α adalah *drift*, dan σ adalah volatilitas, maka harga saham untuk proses stokastik didefinisikan:

$$dS = \alpha S dt + \sigma S dW \tag{2.3}$$

dimana *W* merupakan gerak Brown.

2.4 Saham dan Opsi

Saham merupakan tanda penyertaan atau pemilikan seseorang atau badan dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas. Saham berwujud selembar kertas yang menerangkan bahwa pemilik kertas adalah pemilik perusahaan yang menerbitkan surat berharga tersebut. Porsi kepemilikan ditentukan oleh seberapa besar penyertaan yang ditanamkan di perusahaan tersebut (Darmadji & Hendy, 2006).

Sejak tahun 1973, pasar keuangan dunia memiliki pertumbuhan perdagangan derivatif sangat pesat. Definisi derivatif merupakan instrumen keuangan yang memiliki nilai bergantung pada nilai asset yang mendasarinya (*underlying assets*), seperti, saham, komoditi, dan mata uang (Sidarto, 2009). Opsi merupakan salah satu jenis derivative di pasar keuangan. Pada saat membicarakan mengenai opsi masalah yang menarik untuk dibahas adalah bagaimana menentukan harga yang pantas dibayar oleh *holder* kepada *writer*. Dengan kata lain, *holder* memiliki arti sebagai pembeli opsi sedangkan *writer* merupakan penerbit opsi (Seydel, 2002).

Menurut (Hull, 2015) mendefinisikan opsi sebagai suatu kontrak antara *holder* dan *writer* dimana *writer* memberikan hak (bukan kewajiban) kepada *holder* untuk membeli atau menjual suatu asset dari *writer* dengan harga tertentu (*strike* atau *exercise price*) dan pada waktunya yang telah ditentukan dimasa datang (*expirydate* atau *maturity time*). Berdasarkan fungsinya, opsi dapat dibedakan menjadi dua yaitu opsi beli (*call option*) dan opsi jual (*put option*). Berdasarkan jenisnya, opsi dapat dibedakan menjadi dua yaitu opsi Eropa dan opsi Amerika atau lebih terkenal sebagai opsi *Vanilla* (standart). Opsi dimana *holder* hanya dapat meng-*exercise* (menggunakan haknya) pada saat *maturity time* disebut dengan opsi Eropa. Akan tetapi jika *holder* opsi dapat meng-*exercise* (menggunakan haknya) pada setiap saat sebelum atau pun pada saat *maturity time*, maka opsi disebut dengan opsi Amerika.

Menurut (Seydel, 2002), pada saat jatuh tempo $(t = T)$, *holder* dari pemegang opsi *call* Eropa akan menghitung dari harga saham $(S = S_T)$. *Holder* akan mengeksekusi opsi *call* (membeli harga saham untuk *strike price* K), ketika $S_T > K$. Kemudian, *holder* dapat segera menjual saham seharga S_T dan mendapat keuntungan dari $S_T - K$. Pada kondisi ini, nilai dari opsi $V = S_T - K$. Pada saat $S_T < K$, *holder* tidak akan mengeksekusi dikarenakan harga saham dapat dibeli lebih rendah di pasar. Pada kondisi ini, opsi tidak bernilai, $V = 0$. Oleh karena itu, nilai opsi $V(S, T)$ dari opsi *call* pada saat waktu jatuh tempo T adalah

$$V(S_T, T) = \begin{cases} 0, & \text{pada saat } S_T \leq K \text{ (opsi tidak dieksekusi)} \\ S_T - K, & \text{pada saat } S_T > K \text{ (opsi dieksekusi)} \end{cases} \tag{2.4}$$

maka,

$$V(S_T, T) = \max\{S_T - K, 0\} \tag{2.5}$$

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

$$V(S_T, T) = \begin{cases} K - S_T, & \text{pada saat } S_T < K \text{ (opsi dieksekusi)} \\ 0, & \text{pada saat } S_T \geq K \text{ (opsi tidak dieksekusi)} \end{cases} \tag{2.6}$$

maka,

$$V\left(S_T, T\right) = \max\left\{K - S_T, 0\right\} \tag{2.7}$$

Terdapat beberapa variabel yang mempengaruhi untuk menentukan nilai opsi yaitu (Hull, 2015):

1. Harga Saham Awal

   Harga saham awal adalah harga saham ketika pada waktu penulis (*writer*) dan pembeli (*holder*) melakukan suatu kontrak.

2. Harga Kesepakatan

   Harga kesepakatan merupakan harga yang telah disepakati oleh *writer* dan *holder* ketika melakukan suatu kontrak.

3. Waktu Jatuh Tempo

   Waktu jatuh tempo merupakan waktu yang telah disepakati dalam suatu kontrak opsi.

4. Volatilitas

   Menurut Sadiq, dkk (2013) volatilitas harga saham adalah naik dan turunnya harga saham dalam suatu partisi waktu. Habib, dkk (2012) menyatakan volatilitas harga saham di sisi lain adalah risiko sistemik yang hanya dihadapi oleh para investor yang berinvestasi pada saham biasa. Volatilitas terjadi karena masuknya informasi baru ke dalam pasar atau bursa. Akibatnya para pelaku pasar melakukan penilaian kembali dengan aset yang diperjualbelikan.

5. Tingkat Suku Bunga Bebas Resiko

   Bunga adalah rasio pengembalian atau imbalan yang diberikan kepada kreditur. Besarnya pengaruh suku bunga sangat besar karena menyebabkan harga investasi berubah. Faktor-faktornya adalah jangka waktu hingga jatuh tempo, besar nya bunga yang membuat resiko lebih besar. Nilai uang saat ini dan di masa depan sangat berbeda nilainya walaupun jumlahnya sama. Bunga Konstan adalah kondisi dimana bunga yang tidak berubah besarnya, nilainya berbeda pada saat ini tetapi berbeda pada masa depan (Husnan & Enny, 2006).

6. Dividen

Dividen adalah proporsi laba atau keuntungan yang dibagikan kepada para pemegang saham dalam jumlah yang sebanding dengan jumlah lembar saham yang dimiliki. Besar nominal saham yang dimiliki mempengaruhi besarnya dividen kas yang dibayarkan. Dividen yang dibayarkan kepada para pemegang saham tergantung pada kebijakan masing-masing perusahaan, sehingga memerlukan pertimbangan yang lebih serius dari manajemen perusahaan (Baridwan, 2000).

2.5 Model *Black-Scholes*

Dalam model *Black-Scholes*, dinamika harga saham dapat dideskripsikan (Nurkanovic, 2017):

$$S(t) = S_0 e^{\left(\alpha - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma W(t)}, S_0 = S(0), \tag{2.8}$$

dimana α adalah drift, σ adalah volatilitas dan $W(t)$ adalah gerak Brown satu dimensi pada saat t. Dinamika dengan ukuran probabilitas P. Dinamika ini juga bisa direpresentasikan sebagai *Stocastich Diferential Equation* (SDE).

$$dS(t) = \alpha S(t)dt + \sigma S(t)dW(t) \tag{2.9}$$

Menurut (Nurkanovic, 2017) harga bebas arbitrase dari suatu derivatif dapat dihitung dalam beberapa kondisi yang sesuai, sebagai ekspektasi dari diskon pembayaran berdasarkan ukuran martingal yang setara pasar

$$V = E\left(e^{-rt} g\left(S\left(T\right)\right)\right) \tag{2.10}$$

dimana g adalah hasil, r adalah suku bunga bebas risiko dan T adalah jatuh tempo waktu. Selain itu, dengan menggunakan Teorema Girsanov, SDE dapat ditulis ulang sebagai berikut,

$$dS\left(t\right) = rS\left(t\right)dt + \sigma S\left(t\right)d\tilde{W}\left(t\right) \tag{2.11}$$

dimana $\tilde{W}$ adalah gerak Brown satu dimensi sehubungan dengan ukuran resiko netral probabilitas Q. Solusi yang sesuai diberikan oleh

$$S\left(t\right) = S_0 e^{\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma \tilde{W}(t)} \tag{2.12}$$

dimana r merupakan *rate of return* untuk pertahun yang dihitung dengan cara (Ross, 1999):

$$r = \frac{S_T}{S_0} - 1 = \frac{S_T - S_0}{S_0} \tag{2.13}$$

karena harus berdistribusi normal maka perlu menggunakan fungsi logaritmanya yaitu:

$$r = \ln\left(\frac{S_T - S_0}{S_0}\right) = \ln\left(S_T - S_0\right) - \ln\left(S_0\right) \tag{2.14}$$

Volatilitas harga saham secara empiris membutuhkan interval waktu yang tetap yang dapat dihitung dengan cara (Hull, 2015):

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{\tau}} \tag{2.15}$$

dengan

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{M} u_i^2 - \frac{1}{M\left(M-1\right)}\left(\sum_{i=1}^{M} u_i\right)^2} \tag{2.16}$$

$$u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_i - 1}\right) \tag{2.17}$$

dimana:

i : urutan interval, $i = 0,1,\ldots, M$

$M + 1$: banyaknya interval atau observasi

S_i : harga saham pada akhir interval ke-i

Δt : besarnya interval waktu, $\Delta t = T/M$

Misalkan model pasar yang terdiri dari satu saham dan obligasi dengan koefisien pasar konstan dan waktu jatuh tempo $T > 0, t \in [0, T]$. Kemudian, nilai *Black-Scholes* dari opsi *call* diberikan (Nurkanovic, 2017):

$$V_{BC}(t) = S(t)\Phi(\partial_1(t)) - Ke^{-r(T-t)}\Phi(\partial_2(t)) \tag{2.18}$$

dimana:

$$\partial_1(t) = \frac{\left(\frac{S(t)}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \tag{2.19}$$

dan

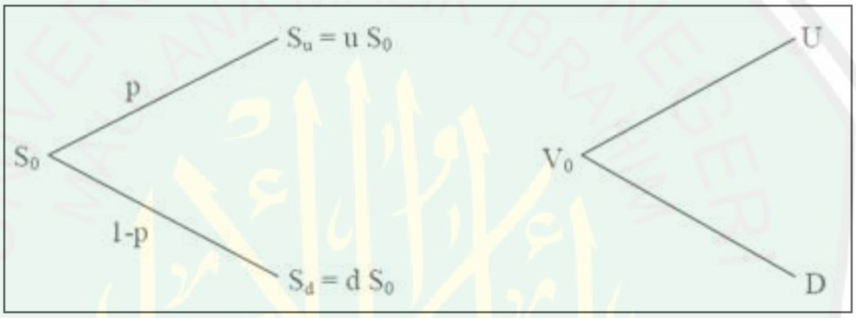
$$\partial_2(t) = \frac{\left(\frac{S(t)}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = \partial_1(t) - \sigma\sqrt{T-t} \tag{2.20}$$

dengan Φ adalah fungsi distribusi kumulatif pada distribusi normal. Nilai *Black-Scholes* dari opsi *put* diberikan

$$V_{BP}(t) = Ke^{-r(T-t)}\Phi(\partial_2(t)) - S(t)\Phi(\partial_1(t)) \tag{2.21}$$

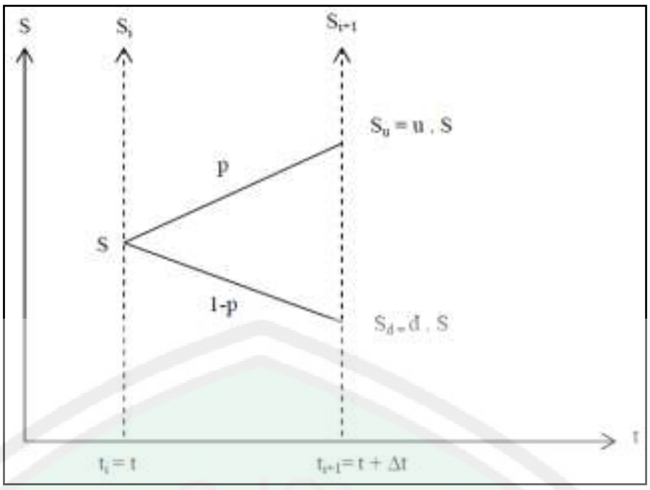
2.6 Model CRR *Tree* Harga Saham

Harga saham pada pasar bebas kenyataanya akan selalu berubah naik atau turun dengan perubahan waktu. Kemungkinan dua arah perubahan inilah yang digunakan dalam dasar model Binomial. Misalkan harga saham pada saat waktu $(t) = 0$, saat pembuatan *option*, adalah adalah S_o dan pada saat $t = T$ akan naik dengan peluang p menjadi S_u atau akan turun dengan peluang $1 - p$ menjadi S_d. Sehingga nilai opsi pada saat $t = 0$ adalah V_0 dan pada saat $t = T$ akan naik menjadi U atau akan turun menjadi D (Aziz, 2009). Sebagaimana digambarkan seperti di bawah ini:



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

Model matematika diharapkan dapat membantu untuk memahami keadaan sekarang harga saham dan memprediksinya pada waktu yang akan datang. Oleh karena itu, agar model binomial dapat berhasil dengan lebih baik mak harus sesuai keadaan dunia nyata. Masalah yang dihadapi sekarang adalah bagimana memilih $p, u,$ dan d sedemikian hingga sampai model binomial ini mendekati pada keadaan dunia nyata (Aziz, 2009). 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, yang dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Prinsip Metode Binomial (Aziz, 2009)

Pada gambar di atas 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 $\frac{T}{M}$, t_i adalah $i\ x\ \Delta t$, dimana $i = 0,1, \dots , M$ dan S_i adalah $S(t_i)$.

Menurut (Aziz, 2009) untuk fluktuasi harga saham secara diskrit dapat dibangun dengan menggunakan model CRR *Tree*. Pada gambar di atas dimisalkan harga saham pada saat $t = t_0$ adalah $S_0 = S_{00} = S$, dan harga saham pada saat $t = t_1$ adalah $S_{01} = Sd$, dan $S_{11} = Su$. Sehingga, secara umum harga saham pada saat $t = t_i$ terdapat i+ 1 dengan rumus umum sebagai berikut:

$$S_{ji} = S_0 u^j d^{i-j}, i = 0,1,\dots,M \quad j = 0,1,\dots,i \text{ dan } i \geq j \qquad (2.22)$$

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

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

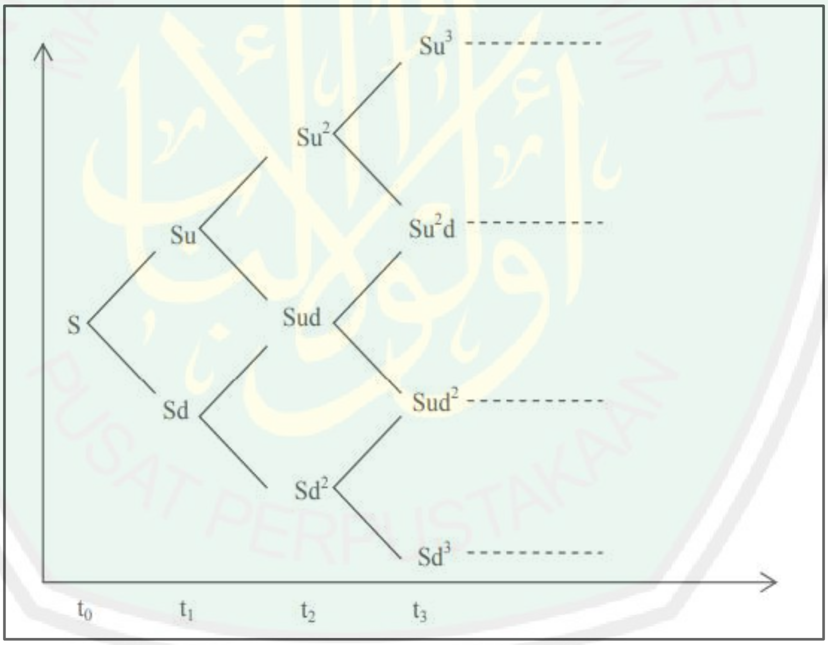
maka diperoleh

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

Sehingga bentuk rekursif untuk nilai opsi V adalah

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

Untuk fluktuasi harga saham model CRR *Tree* dapat digambarkan sebagai berikut (Aziz, 2009):



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

Pada gambar di atas dimisalkan harga saham pada saat $t = t_0$ adalah $S_0 = S_{00} = S$, dan harga saham pada saat $t = t_1$ adalah $S_{01} = Sd$, dan $S_{11} = Su$. Sehingga diperoleh nilai-nilai opsi, pada $t = T$, untuk opsi *call* Eropa adalah

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

dan

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

Sedangkan untuk opsi *put* Eropa adalah

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

dan

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

Menurut (Aziz, 2009) pada penelitiannya didapatkan empat bentuk solusi nilai-nilai untuk parameter u, d dan p dalam model Binomial, yaitu:

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

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

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

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

2.7 *Split Tree* Harga Saham

Pada penelitian Tian (1999) memiliki ide lebih baik yaitu dengan menggeser *tree*, begitu pula *strike price* berakhir pada node terdekat sehingga menuju konvergensi dengan halus. Chang and Palmer (2007) juga memiliki ide yaitu menggeser *tree*, begitu pula *strike price* berakhir pada rata-rata geometris yang berdekatan menuju konvergensi lebih cepat. Akan tetapi, untuk kedua model ini, didapatkan posisi *strike price* yang baik pada akhir *tree*. Sehingga memberikan gambaran untuk menggabungkan model Tian/ CP dengan model CRR. Menurut (Joshi, 2009) dalam Nurknovic (2017) mengatakan bahwa ide tersebut dikenal dengan metode *Split Tree*

Pada *Split Tree* berpusat disekitar nilai *strike* dalam skala log. Oleh karena itu, sebuah *drift* yang bergantung pada waktu. Sebagaimana yang telah dilihat, pada model CRR dalam skala log tanpa *drift* yang berarti simetri di sekitar nilai awalnya. Kelemahan utama dari pohon ini adalah konvergensi yang lambat dan tidak halus. Oleh karena itu tidak dapat membuktikanya menggunakan metode ektrapolasi. Akan tetapi jika $S_0 = K$, diketahui tingkat konvergensi yang halus yang dikenal sebagai metode *Split Tree*. Misalkan bahwa M sebagai banyaknya partisi, maka didefinsikan sebanyak k partisi yang menggunakan *drift* berpusat disekitar nilai *strike* yaitu (Nurkanovic, 2017):

$$k = \left\lfloor \frac{M}{2} \right\rfloor \tag{2.34}$$

$$\alpha_1 = \frac{M \ln\left(\frac{K}{S_0}\right)}{kT} \tag{2.35}$$

$$u_1 = e^{\frac{\ln\left(\frac{K}{S_o}\right)}{k} + \sigma\sqrt{\Delta T}} \tag{2.36}$$

$$p_1 = \frac{e^{r\Delta t} - d_1}{u_1 - d_1} \tag{2.37}$$

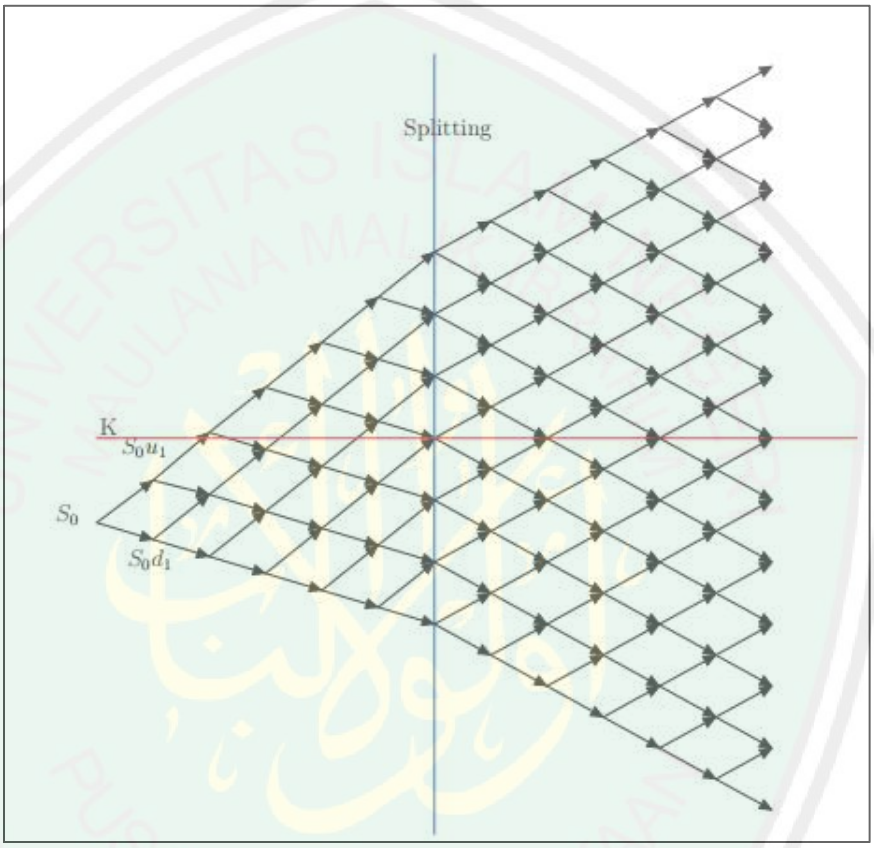
dan

$$d_1 = e^{\frac{\ln\left(\frac{K}{S_o}\right)}{k} - \sigma\sqrt{\Delta T}} \tag{2.38}$$

Selebihnya, untuk partisi sisanya (setelah *k*) tidak menggunakan *drift*, yaitu:

$$\alpha_2 = 0, u_2 = e^{\sigma\sqrt{\Delta T}}, p_2 = \frac{e^{r\Delta t} - d_2}{u_2 - d_2}, \text{ dan } d_2 = \frac{1}{u} \tag{2.39}$$

metode *Split Tree* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.4 Skema*Split Tree* (Nurkanovic, 2017)

dimana *k* adalah garis partisi untuk pemisahan proses (*process Splitting*). Proses setelah *k* merupakan proses yang tidak menggunakan *drift* (model CRR) dan proses sebelum *k* menggunakan *drift*.

2.8 Galat (*Error*) dan Konvergensi

Menurut (Capra & Canele, 2010) pada metode numerik, nilai yang sebenarnya diketahui hanya saat berurusan dengan fungsi yang dapat diselesaikan secara analitik. Akan tetapi, aplikasi pada dunia sesungguhnya, jawaban yang sesungguhnya tidak akan diketahui dengan jelas. Untuk situasi ini, alternatifnya adalah dengan menormalkan galat menggunakan estimasi terbaik yang mungkin pada nilai yang sesungguhnya, yaitu dengan aproksimasi.

Salah satu tantangan dari metode numerik dalam menentukan estimasi galat adalah saat tidak adanya pengetahuan mengenai nilai yang sebenarnya. Contohnya, metode numerik tertentu menggunakan pendekatan iteratif untuk menghitung solusi. Pada pendekatan seperti ini, aproksimasi sekarang (*present aproximation*) dibuat berdasarkan aproksimasi sebelumnya. Proses ini dilakukan berulang-ulang, atau secara iterative, untuk memperoleh keberhasilan dalam oerhitungan aproksimasi yang lebih baik. Untuk kasus seperti ini, galat sering diestimasikan sebagai selisih antara aproksimasi sebelumnya dan sekarang. Sehingga, galat relatif ditentukan sebagai berikut (Capra & Canele, 2010):

$$\varepsilon_a = \frac{\text{aproksimasi sekarang } - \text{ aproksimasi sebelumnya}}{\text{aproksimasi sekarang}} \qquad (2.40)$$

dengan a menandakan bahwa galat dinormalisasi pada nilai aproksimasi. Untuk kasus seperti ini, komputasi diulang hingga

$$|\varepsilon_a| < \varepsilon_S \qquad (2.41)$$

Jika hubungan ini terpenuhi, hasil diasumsikan diterima dengan tingkat kesalahan ε_S.

Hal ini dapat menunjukkan bahwa jika kriteria tersebut ditemui, dapat dijamin bahwa hasil tersebut benar untuk sekurang-kurangnya *n*-bilangan penting dengan ε_S sebagai berikut (Capra & Canele, 2010):

$$\varepsilon_a = 0,5 \text{ x}10^{2-n} \tag{2.42}$$

2.9 Metode *Split Tree* dan Jual Beli Opsi dalam al-Qur'an

Jual beli merupakan akad *mu'awadhah*, yaitu akad yang dilakukan oleh kedua belah pihak, dimana pihak pertama menyerahkan barang dan pihak kedua menyerahkan imbalan, baik berupa uang maupun bentuk imbalan. Syafi'iyah dan Hanabilah mengemukakan bahwa objek jual beli bukan hanya berupa barang (benda), tetapi juga manfaat, dengan syarat tukar menukar, bukan untuk sementara (Muslich, 2010). Secara etimologi, jual beli dapat diartikan sebagai pertukaran sesuatu dengan sesuatu (yang lain). Secara terminologi jual beli pertukaran harta dengan harta atas dasar saling merelakan. Ada berbagai definisi mengenai jual beli dari beberapa ulama, sehingga dapat disimpulkan bahwa jual beli adalah tukar menukar barang dengan maksut untuk saling memiliki dengan harga yang sudah disepakati (Syafe'i, 2004).

Menurut (Ghazali, Ihsan, & Shidiq, 2010) akad berasal dari bahasa Arab *al-aqd* yang secara etimologi berarti perikatan, perjanjian, dan pemufakaatan (*al-ittifaq*). Secara terminologi *fiqih,* akad didefinisikan sebagai "pertalian ijab (pernyataan melakukan ikatan) dan kabul (pernyataan penerimaan ikatan) sesuai dengan kehendak syariat yang berpengaruh kepada objek perikatan". Dengan demikian *ijab-qabul* merupakan suatu perbuatan atau pernyataan untuk menunjukkan suatu keridhaan dalam berakad yang dilakukan oleh dua orang lebih (Huda, 2011). Seperti dalam Firman Allah dalam surah al-Baqarah ayat 282 tentang jual beli yang berbunyi:

وَأَشۡهِدُوٓاْ إِذَا تَبَايَعۡتُمۡۚ وَلَا يُضَآرَّ كَاتِبٞ وَلَا شَهِيدٞۚ وَإِن تَفۡعَلُواْ فَإِنَّهُۥ فُسُوقُۢ بِكُمۡۗ وَٱتَّقُواْ ٱللَّهَۖ وَيُعَلِّمُكُمُ ٱللَّهُۗ وَٱللَّهُ بِكُلِّ شَيۡءٍ عَلِيمٞ ٢٨٢

Artinya: *"...Dan persaksikanlah apabila kamu berjual beli, dan janganlah penulis dan saksi saling sulit menyulitkan. Jika kamu lakukan (yang demikian), maka sesunguhnya hal itu adalah suatu kefasikan pada dirimu. Dan bertakwalah kepada Allah, Allah mengajarmu, dan Allah maha mengetahui segala sesuatu." (QS. al-Baqarah: 282)*

Dalam tafsir ibnu katsir jilid 4 menjelaskan bahwa ayat tersebut merupakan ayat terpanjang di dalam al-Quran. Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa bagi orang yang ingin melakukan transaksi jual beli atau bermuamalah tidak secara tunai dalam kurun waktu yang ditentukan, hendaknya untuk menuliskannya, agar lebih dapat menjaga jumlah dan batas waktu dalam muamalah, serta lebih menguatkan bagi saksi. Ketika seseorang bermuamalah dan membuat surat perjanjian, orang tersebut harus berlaku adil dan benar serta tidak boleh berpihak kepada salah seorang dalam penulianya tersebut dan tidak boleh juga sesorang menulis kecuali apa yang telah disepakati tanpa menambah atau menguranginya. Ayat di atas mengajarkan sesorang untuk tidak saling menyusahkan ketika ingin bermuamalah atau transaksi jual beli. Ketika salah seorang tidak mengerti mengenai tulis-menulis dalam bermuamalah, hendaklah mengajarinya agar tidak orang tersebut mengerti dan mengamalkanya dalam bermuamalah.

Sama halnya dengan opsi Eropa merupakan suatu kontrak yang telah disepakati antara pemilik opsi dan pemegang opsi untuk diberikan haknya namun tidak berkewajiban untuk membeli ataupun menjual dengan syarat harga saham pada suatu periode tidak melampaui batas-batas yang telah ditentukan. Dalam perdagangan opsi tersebut terdapat akad antara kedua belah pihak diantaranya harga kesepakatan. Harga kesepakatan tersebut telah dibicarakan antara kedua pihak sebagai nilai jual atau nilai beli, bergantung pada kesepakatan di awal apakah opsi tersebut termasuk opsi *call* atau opsi *put*. Dalam skripsi ini opsi akan bernilai jika harga saham lebih dari harga kesepakatan (opsi *call*) dan harga saham kurang dari harga kesepakatan (opsi *put*). Perdagangan opsi merupakan perdagangan dalam bentuk transaksi nontunai yang memiliki resiko lebih kecil daripada perdagagan pasar saham. Transaksi nontunai yang dimaksud dapat dijadikan sebagai suatu alat untuk melakukan investasi. Investasi (menabung) yang berarti menunda pemanfaatan harta yang dimiliki saat ini, atau berarti menyimpan, mengelola, dan mengembangkanya. Sama halnya dengan Al-Qur’an surah al-Kahfi ayat 82:

وَأَمَّا ٱلْجِدَارُ فَكَانَ لِغُلَٰمَيْنِ يَتِيمَيْنِ فِى ٱلْمَدِينَةِ وَكَانَ تَحْتَهُۥ كَنزٌ لَّهُمَا وَكَانَ أَبُوهُمَا صَٰلِحًا فَأَرَادَ رَبُّكَ أَن يَبْلُغَآ أَشُدَّهُمَا وَيَسْتَخْرِجَا كَنزَهُمَا رَحْمَةً مِّن رَّبِّكَ ۚ.... ٨٢

Artinya: “Dan adapun dinding rumah itu adalah milik dua anak yatim di kota itu, yang dibawahnya tersimpan harta bagi mereka berdua, dan ayahnya seorang yang saleh. Maka Tuhanmu menghendaki agar jeduanya sampai dewasa dan keduanya mengeluarkan simpananya itu sebagai rahmat dari Tuhanmu….” (QS. Al-Kahfi: 82)

Dalam tafsir ibnu katsir jilid 5 ayat di atas terdapat dalil yang menyatakan bahwa orang yang shalih akan senantiasa dipelihara keturunanya. Selain itu, juga mencangkup berkah ibadah yang dilakukan bagi anak keturunanya di dunia dan di akhirat melalui syafa’at bagi mereka. Derajat mereka akan ditinggikan ke derajat paling tinggi di surge supaya hatinya merasa senang terhadap mereka, sebagaimana yang disebutkan di dalam al-Qur’an dan yang disebutkan di dalam hadits. Ayat di atas juga menjelaskan bahwa tersimpan harta bagi mereka anak yatim di balik dinding rumah mereka. Harta tersebut simpanan sampai mereka dewasa kelak sebagai rahmat dari Allah SWT.

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yaitu berupa data harga saham Merck & Co Inc mulai dari tanggal 2 Maret 2015 hingga 24 Februari 2020. Data ini didapatkan dari sumber website www.finance.yahoo.com, yang diambil pada tanggal 18 Maret 2020 pada pukul 21:58 WIB. Data tersebut selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

1.2 Variabel dan Parameter Penelitian

Penelitian ini mengambil hanya satu variable dari data yaitu harga saham penutupan mingguan dari Merck & Co Inc. 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).

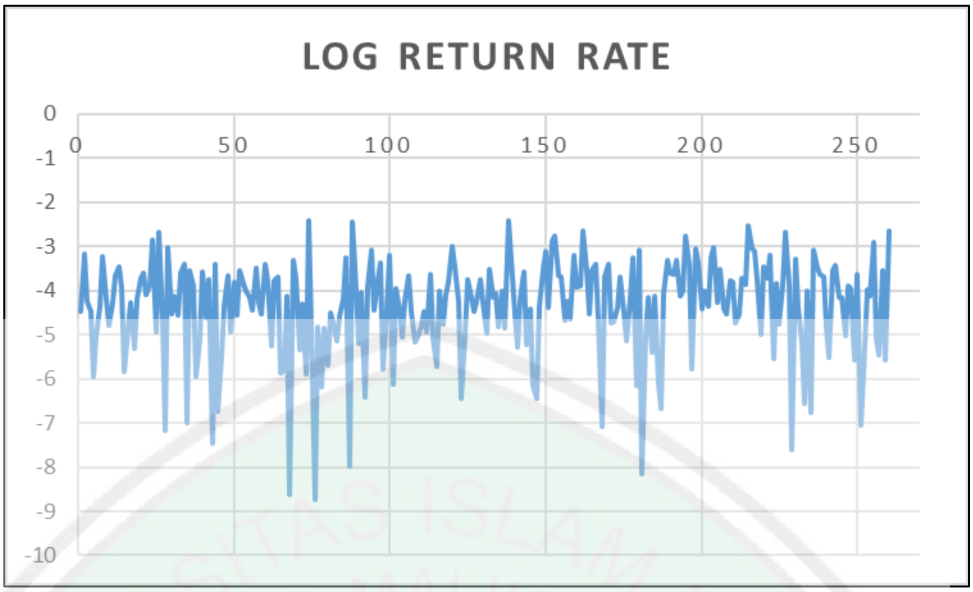
1.3 Metode Analisis Data

1.3.1 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. Pergerakan harga saham secara empirik dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Gambar 3.1 Pergerakan Harga Saham Merck & Co Inc dari Tanggal 2 Maret 2015 – 24 Februari 2020

Risk free interest rate (*r*) pada penelitian ini menggunakan nilai *log return rate*, yaitu nilai *log* dari rata-rata nilai pengembalian harga saham, yang diperoleh dengan cara nilai rata-rata *log* dari rasio antara perubahan harga saham dengan harga saham sebelumnya. Nilai digunakan karena sesuai dengan model *Black-Scholes* yang menyatakan bahwa distribusi *return rate* adalah bersifat *log normal*, artinya setelah di transformasi dalam bentuk log maka akan berdistribusi normal. Seperti tampak pada gambar di bawah ini yang merupakan pergerakan dari *log return rate*:



Gambar 3.2 Perubahan *Log Return Rate*

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

1.3.2 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* (*put* dan call) tipe Eropa untuk banyak partisi genap dan ganjil menggunakan metode *Split Tree* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:
   a. Menentukan parameter-parameter metode *Split Tree*
   b. Menghitung harga saham mulai dari partisi awal sampai partisi jatuh

tempo untuk banyak partisi genap secara *forward*.

c. Menghitung nilai *payoff* dan nilai opsi secara *backward* untuk setiap partisi.

d. Untuk banyak partisi ganjil dapat dilakukan dengan cara yang serupa pada langkah-langkah a, b, dan c di atas.

2. Simulasi numerik nilai opsi *vanilla* (*call* dan put) tipe Eropa untuk beberapa posisi *split* pada metode *Split Tree* dapat dilakukan dengan cara pada langkah-langkah (a) sampai (d) di atas untuk posisi *split* yang berbeda yaitu ¼, ½, dan ¾.

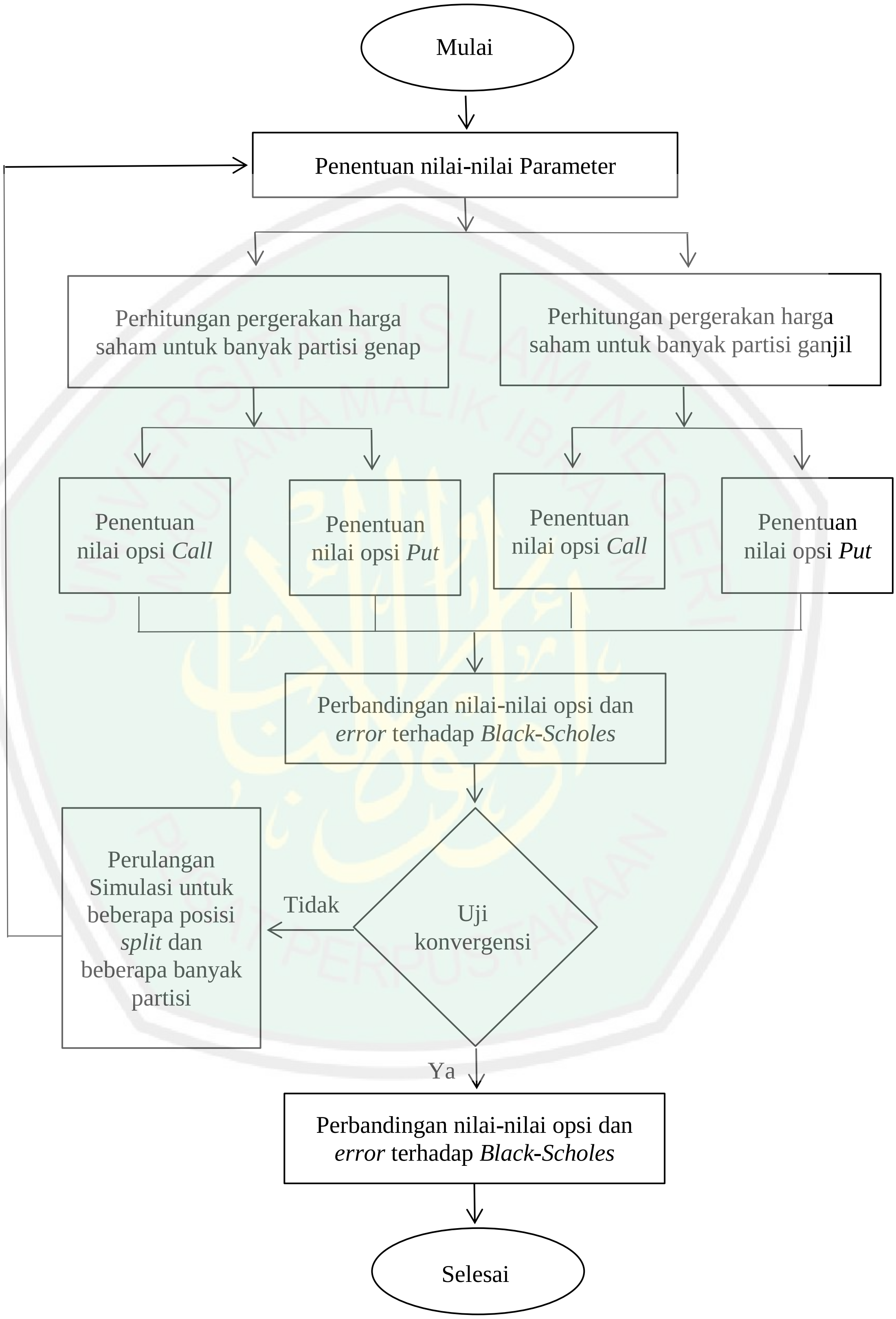
3. Membandingkan nilai opsi *vanilla* (*call* dan *put*) tipe Eropa untuk beberapa banyak partisi genap dan ganjil menggunakan metode *Split Tree* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

   a. Membandingkan nilai opsi *vanilla* tipe Eropa *call* dan *put* pada partisi genap dan ganjil dari beberapa posisi *split* metode *Split Tree*, untuk diketahui *error*-nya terhadap nilai opsi secara analitik *Black-Scholes*.

   b. Mengulangi langkah a untuk beberapa banyak partisi yang lebih besar, untuk mengetahui konvergensi nilai opsi dan *error*-nya.

4. Menjelaskan implementasi nilai opsi yang diperoleh dari metode *Split Tree* pada seorang *trader* saham untuk menentukan penggunaan opsi baik *call* maupun *put* dalam usaha melindungi harga sahamnya, sedemikan hingga pada waktu jatuh tempo opsi tetap mendapatkan keuntungan dengan membeli atau menjual sahamnya kepada *writer* opsi.

1.4 Diagram Alir Analisis Data



BAB IV

PEMBAHASAN

2.1 Simulasi Numerik Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa Untuk Partisi Genap dan Ganjil Metode *Split Tree*

2.1.1 Penentuan Parameter-parameter Metode *Split Tree*

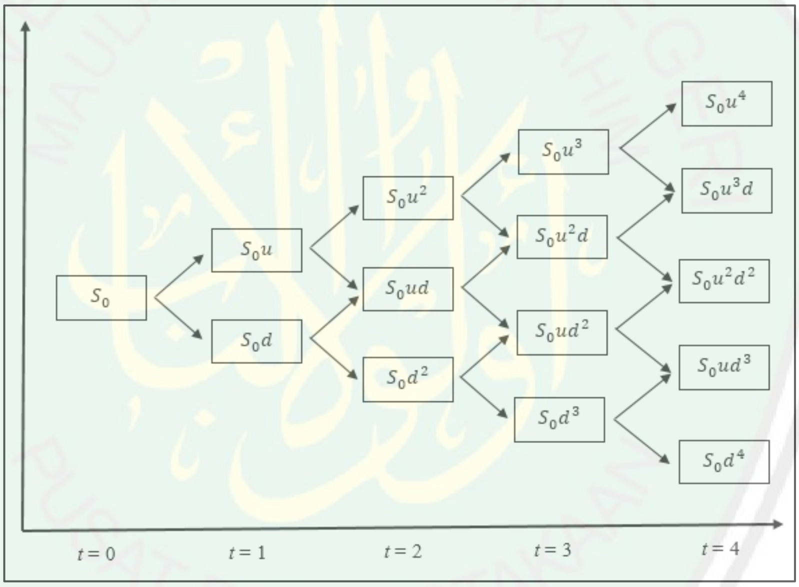
Metode *Split Tree* diperoleh dengan cara pemisahan *tree* atau bagan pergerakan harga saham menjadi dua bagian yang ditentukan oleh nilai partisi *split* (k). Tujuan dari pemisahan ini adalah untuk menggunakan dua parameter yang berbeda antara sebelum dan sesudah partisi *split*. Bagian pertama, yaitu sebelum partisi *split*, menggunakan parameter dengan *drift* sesuai dengan persamaan (2.35) yang berpengaruh pada nilai-nilai parameter yang lain. Pada bagian kedua, yaitu setelah partisi *split* sampai akhir partisi tanpa menggunakan *drift* sebagaimana model CRR *Tree*.

Untuk menentukan nilai-nilai parameter pada penelitian ini menggunakan data riil harga saham. Nilai *return rate* (r) tahunan menggunakan persamaan (2.14) diperoleh nilai sebesar 6% dan volatilitas (σ) tahunan menggunakan persamaan (2.15) diperoleh sebesar 19%. Sedangkan nilai harga saham awal (S_0) diperoleh dari harga saham terahir dari data riil yaitu sebesar $76.56. Untuk harga kesepakatan (K) ditentukan dua nilai yaitu $70.00 untuk opsi *call* dan $80.00 untuk opsi *put*.

Dengan dtentukanya nilai-nilai parameter di atas dari data riil, diperoleh nilai-nilai parameter untuk metode *Split Tree* menggunakan persamaan (2.36), (2.37), (2.38), dan (2.39), secara berurutan untuk partisi genap M = 6 masing-masing adalah sebagai berikut: $u_1 = 1.0489$, $p_1 = 0.7425$, $d_1 = 0.8981$, $u_2 =$

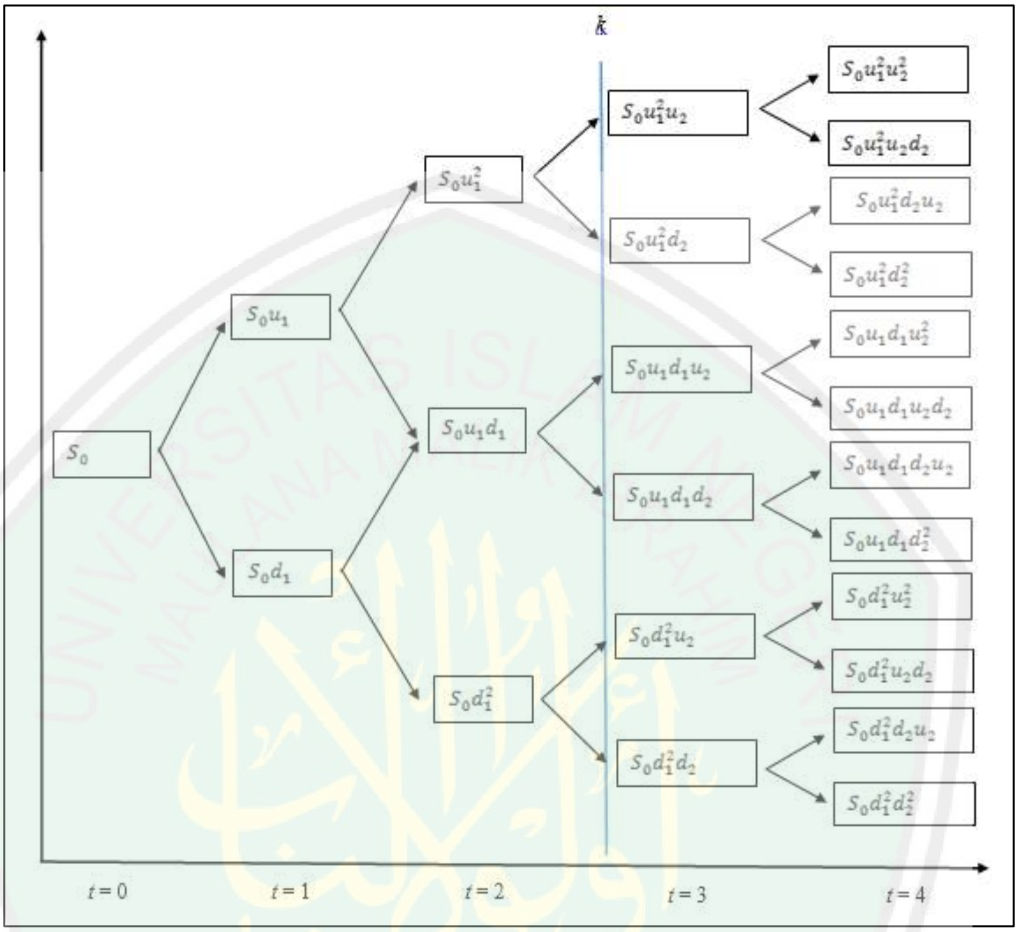
1.0807, $p_2 = 0.5453$, dan $d_2 = 0.9254$. Sedangkan pada partisi ganjil (M = 5) masing-masing adalah sebagai berikut: $u_1 = 1.040999$, $p_1 = 0.822201$, $d_1 = 0.878306$, $u_2 = 1.088685$, $p_2 = 0.549723$, dan $d_2 = 0.918539$. Pada partisi genap, misalkan M = 6, waktu proses *split* yaitu k = 3 yang diperoleh dari persamaan (2.34) . Sedangkan pada partisi ganjil, misalkan M = 5, waktu proses *split* yaitu k = 2.

Perhitungan semua kemungkinan perubahan harga saham dengan parameter-parameter pada metode CRR *Tree* secara *forward* dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4.1 Model Perubahan Harga Saham Metode CRR *Tree* Untuk Empat Partisi

Pada Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa perubahan harga saham pada saat partisi keempat memiliki nilai-nilai kemungkinan S_0u^4, S_0u^3d, $S_0u^2d^2$, S_0ud^4, dan S_0d^4 dengan u merupakan faktor saham naik dan d merupakan faktor saham turun. Model pergerakan harga saham metode CRR *Tree* di atas memiliki perbedaan dengan metode *Split Tree* yaitu pada parameternya, yang terdapat pada gambar berikut



Gambar 4.2 Model Perubahan Harga Saham Metode *Split Tree* Untuk Empat Partisi

Pada Gambar 4.2 diketahui bahwa perubahan harga saham metode *Split Tree* pada saat partisi keempat memiliki perbedaan dengan Gambar 4.1. Dimana parameter u dan d yang baru untuk metode *Split Tree* 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 waktu sebelum proses pemisahan yaitu menggunakan *drift* dan parameter u_2, d_2 digunakan pada waktu setelah pemisahan proses (*process Splitting*).

2.1.2 Perhitungan Harga Saham Untuk Banyak Partisi Genap

Dengan menggunakan nilai-nilai parameter yang telah diketahui di atas dapat dihitung kemungkinan nilai-nilai harga saham pada setiap partisi dengan parameter-parameter *Split Tree* untuk partisi genap M = 6 menggunakan persamaan (2.22). Parameter u_1 dan d_1 digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi pertama sampai partisi ketiga. Sedangkan parameter u_2 dan d_2 digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi keempat sampai partisi keenam. Pada persamaan (2.22) yang telah dimodifikasi untuk menyesuaikan dengan program Matlab yang berbasis matriks, sebagai berikut:

$$S_{ji} = S_0 u_1^{\,i-j} d_1^{\,j-1}, i = 1,2,3,4 \text{ dan } \; j = 1,\ldots,i$$

Untuk harga saham awal (t = 0) menempati kolom pertama (i = 1) pada baris pertama (j = 1) menggunakan nilai harga saham awal (S_0). Sedangkan untuk periode selanjutnya, yaitu partisi pertama (t = 1), yang terletak pada kolom kedua (i = 2) terdapat dua nilai kemungkinan harga saham, yang terletak pada baris pertama dan kedua (j =1 dan j =2), yaitu sebagai berikut, kemungkinan naik menjadi:

$$\begin{aligned} S_{12} &= S_0 u^{2-1} d^{1-1} \\ &= S_0 u_1 \\ &= 76.56 \times 1.0489 \\ &= 80.3010 \end{aligned}$$

atau kemungkinan turun menjadi,

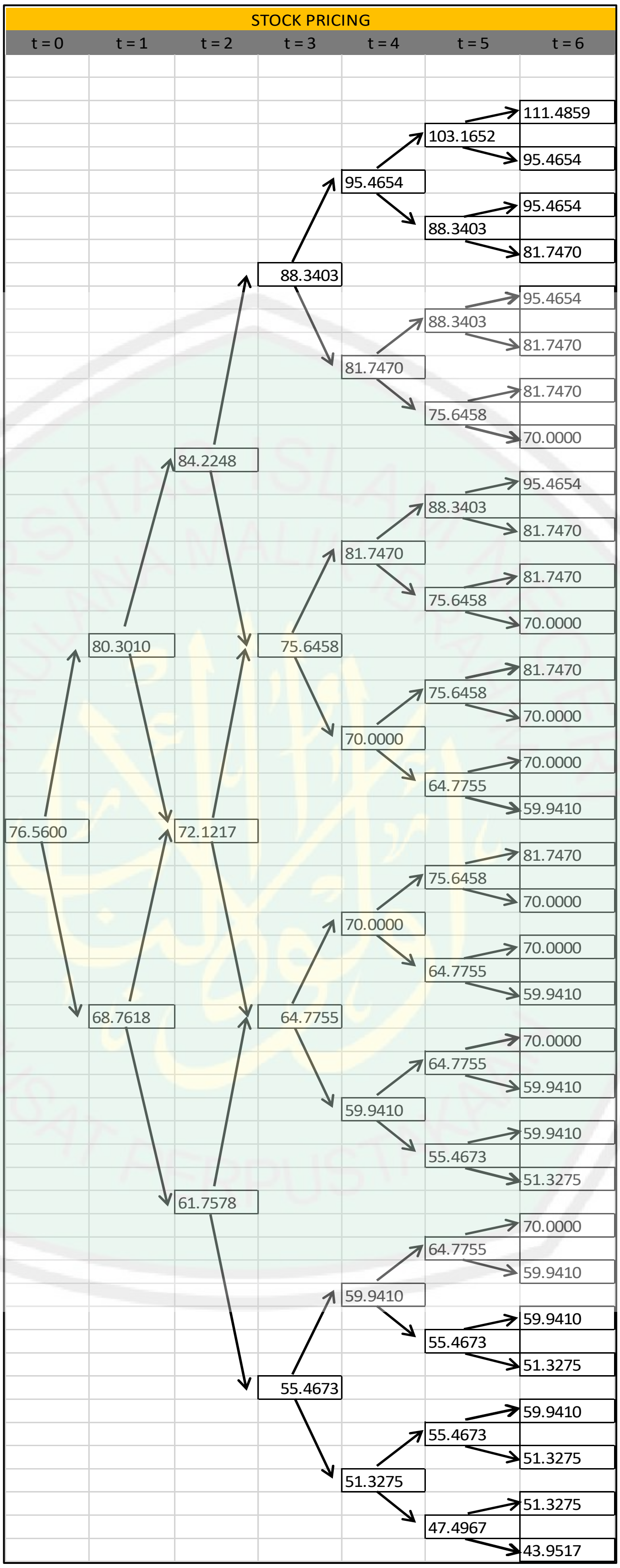
$$\begin{aligned} S_{22} &= S_0 u_1^{\,2-2} d_1^{\,2-1} \\ &= S_0 d_1 \\ &= 76.56 \times 0.8981 \\ &= 68.7618 \end{aligned}$$

Begitu pula untuk perhitungan nilai kemungkinan harga saham pada partisi kedua (i = 3) hingga ketiga (i = 4) dilakukan dengan cara yang serupa.

Sedangkan untuk partisi keempat (i = 5) hingga keenam (i = 7) menggunakan persamaan di bawah ini:

$$S_{ji} = S_{0(j,i-1)} u_2^{\,i-j} d_2^{\,j-1}, i = 5,6,7 \text{ dan } j = 1,\ldots,2(i-1)$$

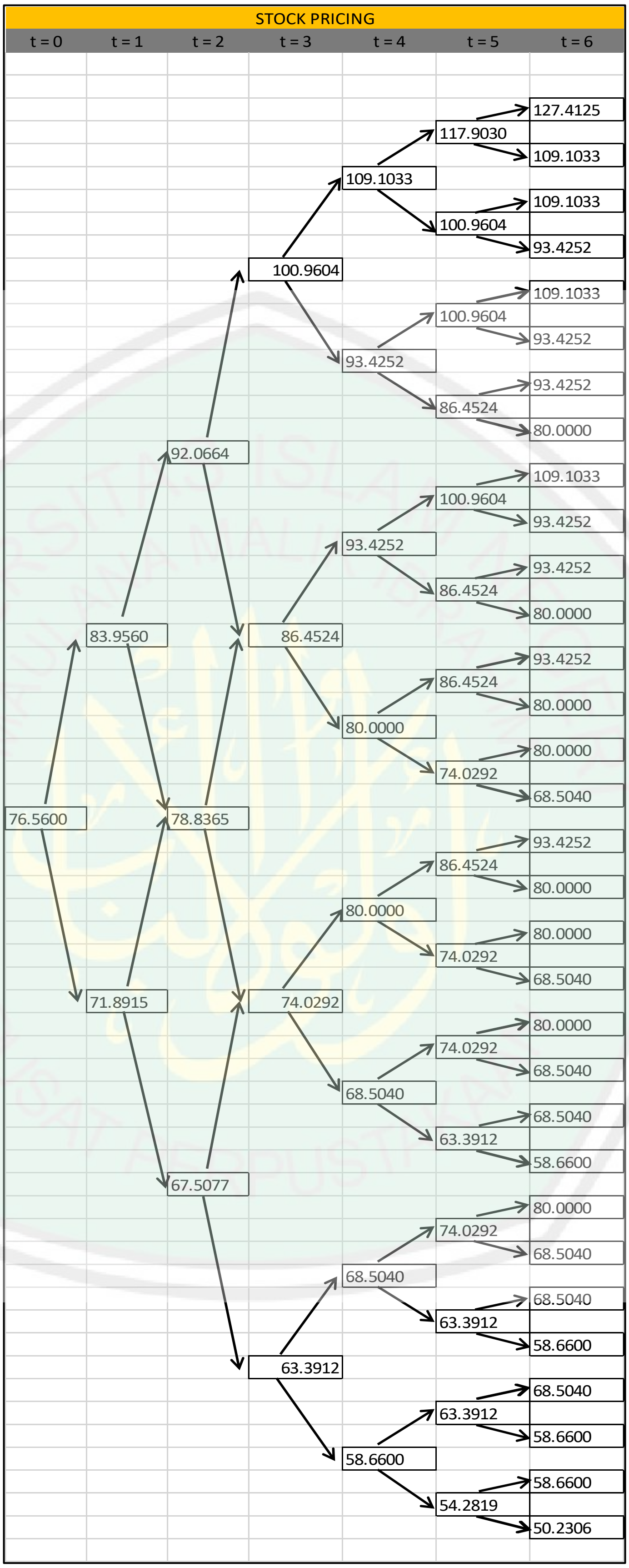
Sehingga diperoleh nilai-nilai kemungkinan harga saham untuk setiap periode sebagaiamana pada lampiran 2, yang dapat digambarkan dalam bentuk binomial *Tree* sebagai berikut



Gambar 4.3 *Split Tree* Harga Saham untuk Nilai Opsi *Call* dengan Banyak Partisi Genap

Pada Gambar 4.3 diketahui pergerakan harga saham pada periode pertama (t = 1), terdapat 2 nilai kemungkinan harga saham yaitu naik sebesar $80.3010 atau turun sebesar $68.7618. Pada periode kedua (t = 2), terdapat 3 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode ketiga (t = 3), terdapat 4 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode keempat (t = 4), terdapat 8 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode kelima (t = 5), terdapat 16 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode keenam (t = 6), terdapat 32 nilai kemungkinan harga saham. Nilai-nilai kemungkinan harga saham pada periode terakhir (t = 6) inilah yang digunakan untuk menentukan nilai *payoff* dan nilai opsi *call*.

Sedangkan nilai-nilai kemungkinan harga saham untuk opsi *put* dengan banyak partisi genap yang dapat dilihat pada lampiran 3, dapat digambarkan dalam bentuk binomial *Tree* sebagai berikut

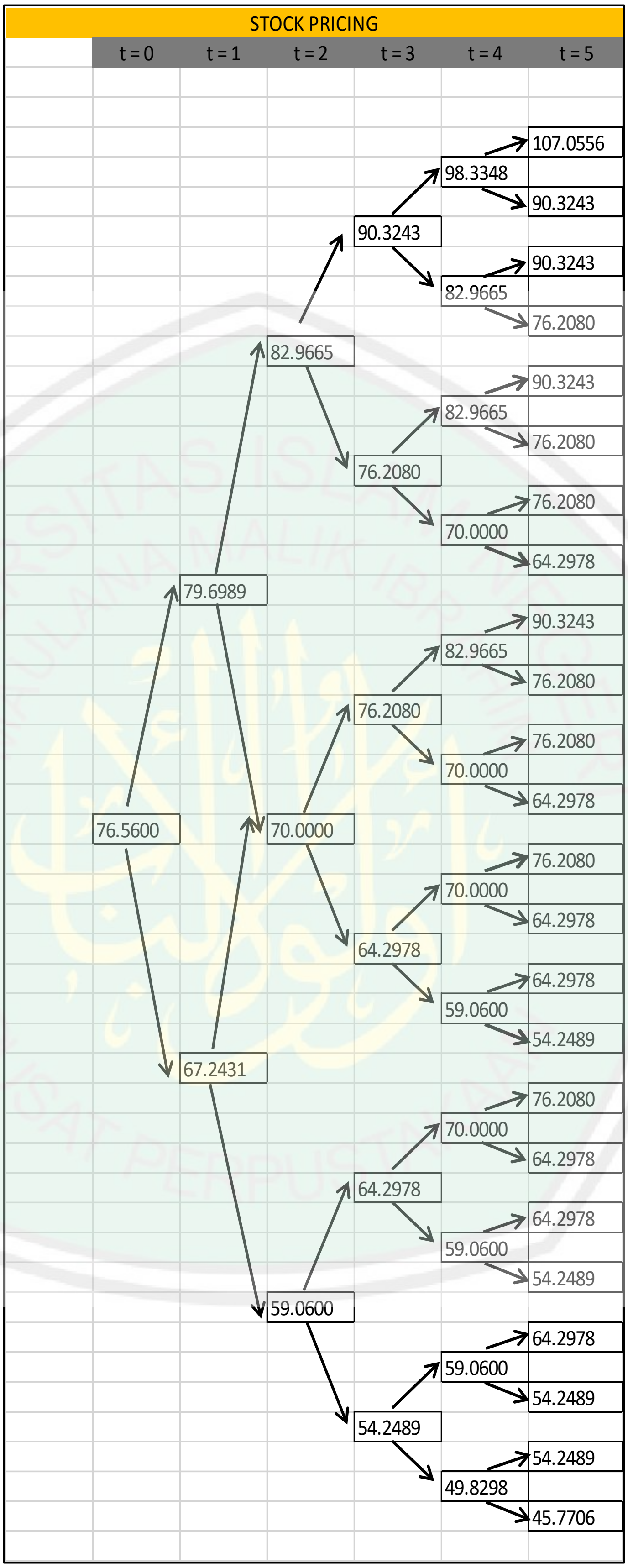


Gambar 4.4 *Split Tree* Harga Saham untuk Nilai Opsi *Put* dengan Banyak Partisi Genap

Pada Gambar 4.4 diketahui pergerakan harga saham pada periode pertama (t = 1), terdapat 2 nilai kemungkinan harga saham yaitu naik sebesar $83.960 atau turun sebesar $71.8915. Pada periode kedua (t = 2), terdapat 3 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode ketiga (t = 3), terdapat 4 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode keempat (t = 4), terdapat 8 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode kelima (t = 5), terdapat 16 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode keenam (t = 6), terdapat 32 nilai kemungkinan harga saham. Nilai-nilai kemungkinan harga saham pada periode terakhir (t = 6) inilah yang digunakan untuk menentukan nilai *payoff* dan nilai opsi *put*.

2.1.3 Perhitungan Harga Saham Untuk Banyak Partisi Ganjil

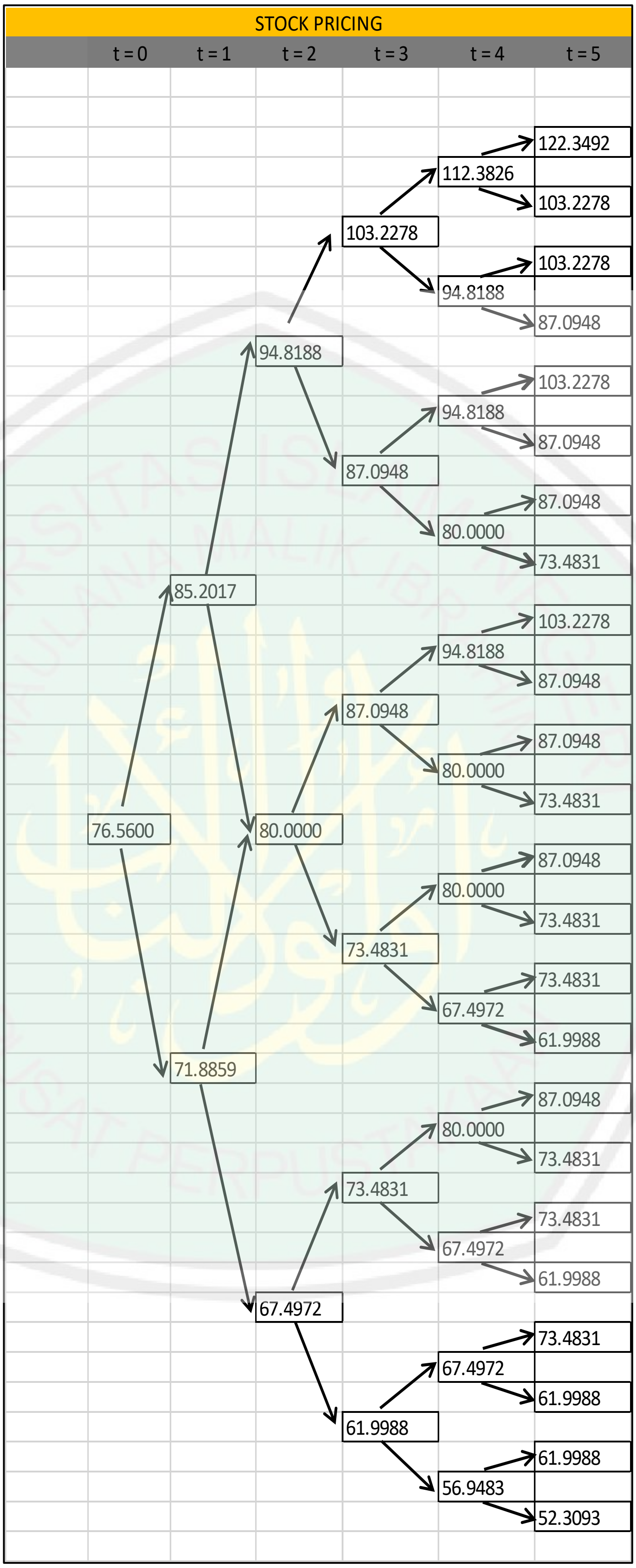
Dengan menggunakan nilai-nilai parameter yang telah diketahui di atas dapat dihitung kemungkinan nilai-nilai harga saham pada setiap partisi dengan parameter-parameter *Split Tree* untuk partisi ganjil M = 5 menggunakan persamaan (2.22). Parameter u_1 dan d_1 digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi pertama sampai partisi kedua. Sedangkan parameter u_2 dan d_2 digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi ketiga sampai partisi kelima. Nilai-nilai kemungkinan harga saham untuk opsi *call* dengan banyak partisi ganjil yang dapat dilihat pada lampiran 4, dapat digambarkan dalam bentuk binomial *Tree* sebagai berikut



Gambar 4.5 *Split Tree* Harga Saham untuk Nilai Opsi *Call* dengan Banyak Partisi Ganjil

Pada Gambar 4.5 diketahui pergerakan harga saham pada periode pertama (t = 1), terdapat 2 nilai kemungkinan harga saham yaitu naik sebesar \$79.6989 atau turun sebesar \$67.2341. Pada periode kedua (t = 2), terdapat 3 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode ketiga (t = 3), terdapat 6 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode keempat (t = 4), terdapat 12 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode kelima (t = 5), terdapat 24 nilai kemungkinan harga saham. Nilai-nilai kemungkinan harga saham pada periode terakhir (t = 5) inilah yang digunakan untuk menentukan nilai *payoff* dan nilai opsi *call*.

Sedangkan nilai-nilai kemungkinan harga saham untuk opsi *put* dengan banyak partisi genap yang dapat dilihat pada lampiran 5, dapat digambarkan dalam bentuk binomial *Tree* sebagai berikut

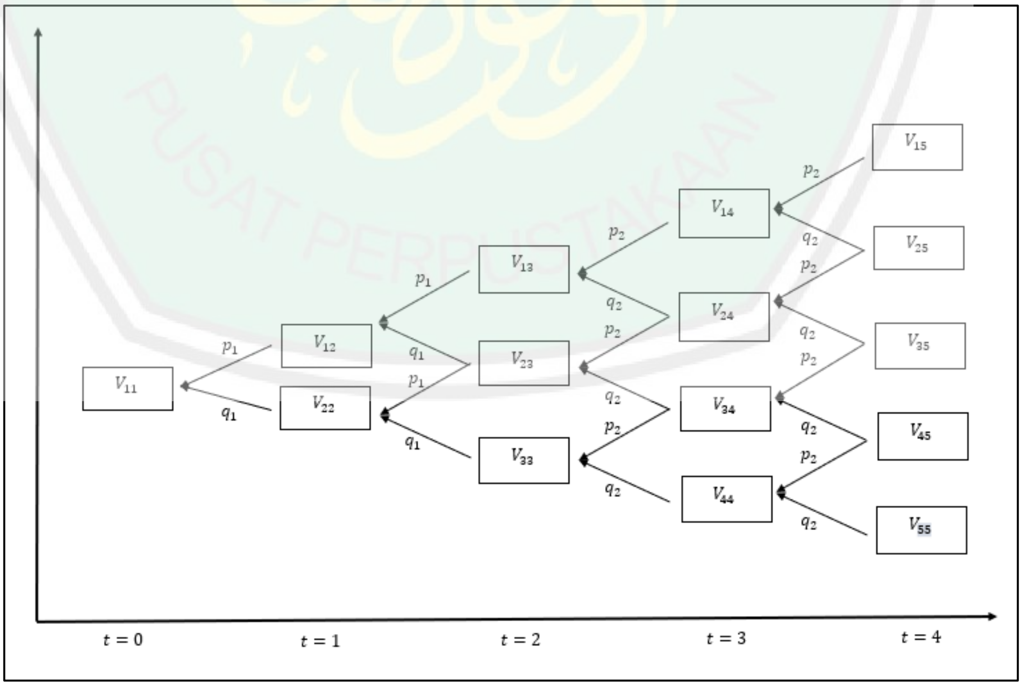


Gambar 4.6 *Split Tree* Harga Saham untuk Nilai Opsi *Put* dengan Banyak Partisi Ganjil

Pada Gambar 4.6 diketahui pergerakan harga saham pada periode pertama (t = 1), terdapat 2 nilai kemungkinan harga saham yaitu naik sebesar \$85.2017 atau turun sebesar \$71.8859. Pada periode kedua (t = 2), terdapat 3 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode ketiga (t = 3), terdapat 6 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode keempat (t = 4), terdapat 12 nilai kemungkinan harga saham. Pada periode kelima (t = 5), terdapat 24 nilai kemungkinan harga saham. Nilai-nilai kemungkinan harga saham pada periode terakhir (t = 5) inilah yang digunakan untuk menentukan nilai *payoff* dan nilai opsi *put*.

2.1.4 Perhitungan Nilai-nilai Opsi *Call* dan *Put* Secara *Backward*

Perhitungan nilai-nilai opsi *call* dan *put* menggunakan data nilai-nilai kemungkinan harga saham pada periode terakhir untuk setiap masing-masing harga saham. Untuk perhitungan nilai-nilai opsi secara *backward* dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 4.7 Perhitungan Nilai Opsi Secara *Backward*

Pada Gambar 4.7 nilai-nilai pada $V_{15}, V_{25}, V_{35}, V_{45}$, dan V_{55} merupakan nilai *payoff* yang dihitung dari nilai-nilai kemungkinan harga saham periode terakhir menggunakan persamaan (2.26) untuk opsi *call*. Sehingga hasil dari perhitungan nilai *payoff* untuk opsi *call* dengan banyak partisi genap M = 6 dan K =$70.00:

$$\begin{aligned} V_{jM} &= \max\left\{S_{jM} - K, 0\right\} \\ V_{1,7} &= \max\left\{111.4859 - 70.00\right\} \\ &= 41.4859 \end{aligned}$$

Sedangkan selain nilai-nilai *payoff* di atas, untuk nilai opsi secara *backward* sampai V_{11} dapat dihitung menggunakan persamaan (2.27) untuk opsi *call*. Sehingga hasil dari perhitungan nilai opsi *call* untuk banyak partisi genap M = 6 dan K =$70.00:

$$\begin{aligned} V_{ji} &= e^{-r\Delta t}\left(p_2 V_{j+1,i+1} + \left(1 - p_2\right) V_{j,i+1}\right) \\ V_{1,6} &= e^{(-0.06\times 0.1667)}\left(0.5453 \times 41.4859 + \left(1 - 0.5453\right) 25.4654\right) \\ &= 33.8617 \end{aligned}$$

Begitu pula untuk perhitungan nilai opsi hingga pada partisi keempat (t = 4) dengan cara yang serupa. Sedangkan untuk partisi ketiga (t = 3) sampai dengan partisi awal yaitu V_{11} menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned} V_{ji} &= e^{-r\Delta t}\left(p_1 V_{j+1,i+1} + \left(1 - p_1\right) V_{j,i+1}\right) \\ V_{1,4} &= e^{(-0.06\times 0.1667)}\left(0.7425 \times 26.8515 + \left(1 - 0.7425\right) 13.1331\right) \\ &= 23.0868 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai-nilai opsi selengkapnya seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1 Nilai-nilai Opsi Saham *Call* untuk Banyak Partisi Genap M = 6 dan K = \$70.00

CALL OPTION PRICING							
	t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	t = 6
1	13.8822	16.5848	19.6549	23.0868	26.8515	33.8617	41.4859
2		6.6320	8.3802	10.5271	13.1331	19.0368	25.4654
3			1.8504	2.5172	13.1331	19.0368	25.4654
4				0.0000	3.4243	6.3423	11.7470
5					3.4243	19.0368	25.4654
6					0.0000	6.3423	11.7470
7					0.0000	6.3423	11.7470
8					0.0000	0.0000	0.0000
9						6.3423	25.4654
10						0.0000	11.7470
11						0.0000	11.7470
12						0.0000	0.0000
13						0.0000	11.7470
14						0.0000	0.0000
15						0.0000	0.0000
16						0.0000	0.0000
17							11.7470
18							0.0000
19							0.0000
20							0.0000
21							0.0000
22							0.0000
23							0.0000
24							0.0000
25							0.0000
26							0.0000
27							0.0000
28							0.0000
29							0.0000
30							0.0000
31							0.0000
32							0.0000

S_0 = \$76.56, σ = \$0.19, r = \$0.06, K = \$70.00, M = 6, dan T = 1

Pada Tabel 4.1 dapat diketahui nilai opsi *call* yang diperjual belikan dengan metode *Split Tree* ini (sesuai nilai-nilai kemungkinan harga saham seperti pada Gambar 4.3) yaitu sebesar \$13.8822.

Sedangkan hasil dari perhitungan nilai *payoff* untuk opsi *put* dengan banyak partisi genap M = 6 dan K =$80.00 dengan cara yang serupa pada opsi *call* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.28) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{jM} &= \max\left\{K - S_{jM}, 0\right\} \\ V_{1,7} &= \max\left\{80.00 - 127.4125, 0\right\} \\ &= 0.0000 \end{aligned}$$

Selain nilai-nilai *payoff* di atas, untuk nilai opsi secara *backward* sampai V_{11} dapat dihitung menggunakan persamaan (2.29) untuk opsi *put*. Sehingga hasil dari perhitungan nilai opsi *put* untuk banyak partisi genap M = 6 dan K =$80.00:

$$\begin{aligned} V_{ji} &= e^{-r\Delta t}\left(p_2 V_{j+1,i+1} + (1 - p_2)V_{j,i+1}\right) \\ V_{1,6} &= e^{(-0.06\times 0.1667)}\left(0.5453 \times 0.0000 + (1 - 0.5453)0.0000\right) \\ &= 0.0000 \end{aligned}$$

Begitu pula untuk perhitungan nilai opsi hingga partisi keempat (t = 4). Sedangkan untuk partisi ketiga (t = 3) hingga nilai opsi awal V_{11} dapat dilihat menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} V_{ji} &= e^{-r\Delta t}\left(p_1 V_{j+1,i+1} + (1 - p_1)V_{j,i+1}\right) \\ V_{1,4} &= e^{(-0.06\times 0.1667)}\left(0.4507 \times 0.0000 + (1 - 0.4507)0.0000\right) \\ &= 0.0000 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai-nilai opsi selengkapnya seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.2 Nilai-nilai Opsi Saham *Put* untuk Banyak Partisi Genap M = 6 dan K = $80.00

PUT OPTION PRICING							
	t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	t = 6
1	5.3958	2.5161	0.6888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2		7.8577	4.0616	1.2667	0.0000	0.0000	0.0000
3			11.1166	6.4295	0.0000	0.0000	0.0000
4				15.1664	2.3294	0.0000	0.0000

5					2.3294	0.0000	0.0000
6					9.9119	0.0000	0.0000
7					9.9119	0.0000	0.0000
8					19.7559	5.1748	0.0000
9						0.0000	0.0000
10						5.1748	0.0000
11						5.1748	0.0000
12						15.8128	0.0000
13						5.1748	0.0000
14						15.8128	0.0000
15						15.8128	0.0000
16						24.9221	11.4960
17							0.0000
18							0.0000
19							0.0000
20							11.4960
21							0.0000
22							11.4960
23							11.4960
24							21.3400
25							0.0000
26							11.4960
27							11.4960
28							21.3400
29							11.4960
30							21.3400
31							21.3400
32							29.7694

$S_0 = \$76.56$, $\sigma = \$0.19$, $r = \$0.06$, $K = \$80.00$, $M = 6$, dan $T = 1$

Pada Tabel 4.2 dapat diketahui nilai opsi *put* yang diperjual belikan dengan metode *Split Tree* ini (sesuai nilai-nilai kemungkinan harga saham seperti pada Gambar 4.4) yaitu sebesar \$5.3958.

Sedangkan hasil perhitungan dengan banyak partisi ganjil $M = 5$ dan $K =$ \$70.00 dengan cara yang serupa, nilai *payoff* yang dihitung dari nilai-nilai kemungkinan harga saham periode terakhir menggunakan persamaan (2.26) untuk opsi *call* dapat dilihat menggunakan rumus berikut ini:

$$V_{jM} = \max\{S_{jM} - K, 0\}$$
$$V_{1,6} = \max\{107.0556 - 70.00\}$$
$$= 37.0556$$

Selain nilai-nilai *payoff* di atas, untuk nilai opsi secara *backward* sampai V_{11} dapat dihitung menggunakan persamaan (2.27) untuk opsi *call*. Sehingga hasil dari perhitungan nilai opsi *call* untuk banyak partisi ganjil M = 5 dan K =$70.00:

$$V_{ji} = e^{-r\Delta t}\left(p_2 V_{j+1,i+1} + (1-p_2)V_{j,i+1}\right)$$
$$V_{1,5} = e^{(-0.06\times 0.2)}\left(0.549723\times 37.0556 + (1-0.549723)20.3243\right)$$
$$= 29.1697$$

Begitu pula untuk perhitungan nilai opsi hingga pada partisi ketiga (t = 3) dengan cara yang serupa. Sedangkan untuk partisi kedua (t = 2) sampai dengan partisi awal yaitu V_{11} menggunakan persamaan dibawah ini:

$$V_{ji} = e^{-r\Delta t}\left(p_1 V_{j+1,i+1} + (1-p_1)V_{j,i+1}\right)$$
$$V_{1,3} = e^{(-0.06\times 0.1667)}\left(0.822201\times 21.9843 + (1-0.822201)8.9967\right)$$
$$= 19.4405$$

Sehingga diperoleh nilai-nilai opsi selengkapnya seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.3 Nilai-nilai Opsi Saham *Call* untuk Banyak Partisi Ganjil M = 5 dan K = $70.00

CALL OPTION PRICING						
	t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5
1	15.0544	17.1338	19.4405	21.9843	29.1697	37.0556
2		6.4604	7.6306	8.9967	13.8014	20.3243
3			1.4879	8.9967	13.8014	20.3243
4				1.8315	3.3719	6.2080
5				1.8315	13.8014	20.3243
6				0.0000	3.3719	6.2080
7					3.3719	6.2080
8					0.0000	0.0000
9					3.3719	20.3243
10					0.0000	6.2080
11					0.0000	6.2080

12					0.0000	0.0000
13						6.2080
14						0.0000
15						0.0000
16						0.0000
17						6.2080
18						0.0000
19						0.0000
20						0.0000
21						0.0000
22						0.0000
23						0.0000
24						0.0000

S_0 = \$76.56, σ = \$0.19, r = \$0.06, K = \$70.00, M = 5, dan T = 1

Pada Tabel 4.3 dapat diketahui nilai opsi *call* yang diperjual belikan dengan metode *Split Tree* ini (sesuai nilai-nilai kemungkinan harga saham seperti pada Gambar 4.3) yaitu sebesar \$15.0544.

Sedangkan hasil dari perhitungan nilai *payoff* untuk opsi *put* dengan banyak partisi ganjil M = 5 dan K =\$80.00 dengan cara yang serupa pada opsi *call* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.28) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{jM} &= \max\{K - S_{jM}, 0\} \\ V_{1,6} &= \max\{80.00 - 122.3492, 0\} \\ &= 0.0000 \end{aligned}$$

Selain nilai-nilai *payoff* di atas, untuk nilai opsi secara *backward* sampai V_{11} dapat dihitung menggunakan persamaan (2.29) untuk opsi *put*. Sehingga hasil dari perhitungan nilai opsi *put* untuk banyak partisi ganjil M = 6 dan K =\$80.00:

$$\begin{aligned} V_{ji} &= e^{-r\Delta t}\left(p_2 V_{j+1,i+1} + (1 - p_2)V_{j,i+1}\right) \\ V_{1,5} &= e^{(-0.06\times 0.2)}\left(0.5497\times 0.0000 + (1 - 0.5497)0.0000\right) \\ &= 0.0000 \end{aligned}$$

Begitu pula untuk perhitungan nilai opsi hingga partisi keempat (t = 4). Sedangkan untuk partisi ketiga (t = 3) hingga nilai opsi awal V_{11} dapat dilihat menggunakan rumus berikut ini:

$$V_{ji} = e^{-r\Delta t}\left(p_1 V_{j+1,i+1} + \left(1-p_1\right)V_{j,i+1}\right)$$
$$V_{1,3} = e^{(-0.06\times 0.2)}\left(0.4204\times 0.0000 + \left(1-0.4204\right)01.2900\right)$$
$$= 0.7387$$

Sehingga diperoleh nilai-nilai opsi selengkapnya seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.4 Nilai-nilai Opsi Saham *Put* untuk Banyak Partisi Ganjil M = 5 dan K = \$80.00

PUT OPTION PRICING						
	t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5
1	6.1502	2.8151	0.7387	0.0000	0.0000	0.0000
2		8.6976	4.3800	1.2900	0.0000	0.0000
3			12.0107	1.2900	0.0000	0.0000
4				6.7129	2.8994	0.0000
5				6.7129	0.0000	0.0000
6				16.1041	2.8994	0.0000
7					2.8994	0.0000
8					11.5486	6.5169
9					2.8994	0.0000
10					11.5486	0.0000
11					11.5486	0.0000
12					22.0974	6.5169
13						0.0000
14						6.5169
15						6.5169
16						18.0012
17						0.0000
18						6.5169
19						6.5169
20						18.0012
21						6.5169
22						18.0012
23						18.0012
24						27.6907

S_0 = \$76.56, σ = \$0.19, r = \$0.06, K = \$80.00, M = 5, dan T = 1

Pada Tabel 4.4 dapat diketahui nilai opsi *put* yang diperjual belikan dengan metode *Split Tree* ini (sesuai nilai-nilai kemungkinan harga saham seperti pada Gambar 4.4) yaitu sebesar \$6.1502.

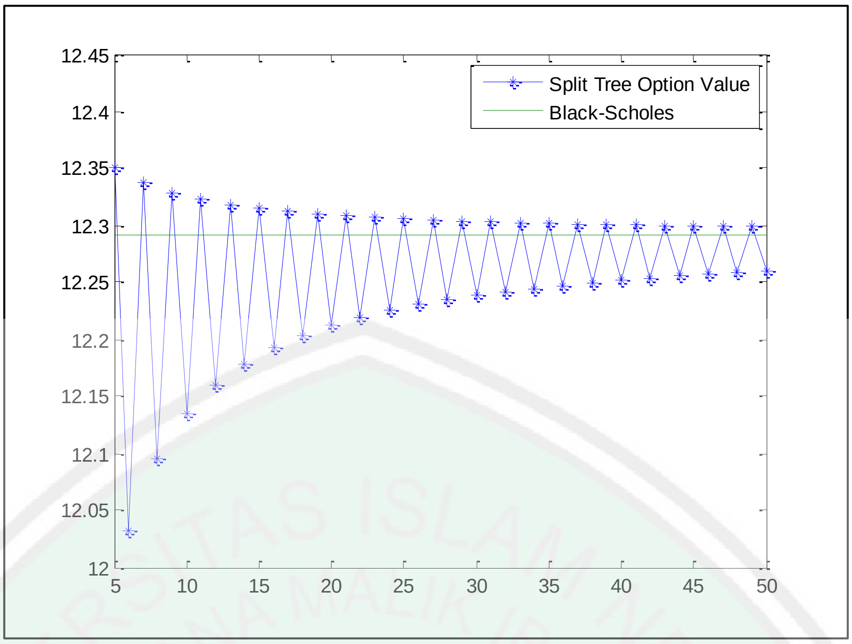
Pada partisi genap $M = 6$ nilai opsi *call* yang diperjualbelikan dengan metode *Split Tree* yaitu sebesar \$13.8822, sedangkan partisi ganjil $M = 5$ nilai opsi *call* yang diperjualbelikan dengan metode *Split Tree* yaitu sebesar \$15.0544. Karena nilai analitik (*Black*-Scholes) yaitu \$12.2914, sehingga dapat dikatakan untuk penentuan nilai opsi *call* menggunakan banyak partisi genap pada metode *Split Tree* lebih mendekati nilai analitik (*Black*-Scholes) daripada partisi ganjil.

Sedangkan pada partisi genap $M = 6$ nilai opsi *put* yang diperjualbelikan dengan metode *Split Tree* yaitu sebesar \$5.3958, sedangkan partisi ganjil $M = 5$ nilai opsi *put* yang diperjualbelikan dengan metode *Split Tree* yaitu sebesar \$6.1502. Karena nilai analitik (*Black*-Scholes) yaitu \$5.1593, sehingga dapat dikatakan untuk penentuan nilai opsi *put* menggunakan banyak partisi genap pada metode *Split Tree* lebih mendekati nilai analitik (*Black*-Scholes) daripada partisi ganjil.

Sehingga, dari dua model pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa banyak partisi genap pada metode *Split Tree* dalam penentuan nilai opsi *call* dan *put* lebih mendekati pada nilai analitik (*Black-Scholes*) daripada yang ganjil.

2.2 Simulasi Numerik Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa Untuk Beberapa Posisi *Split* Metode *Split Tree*

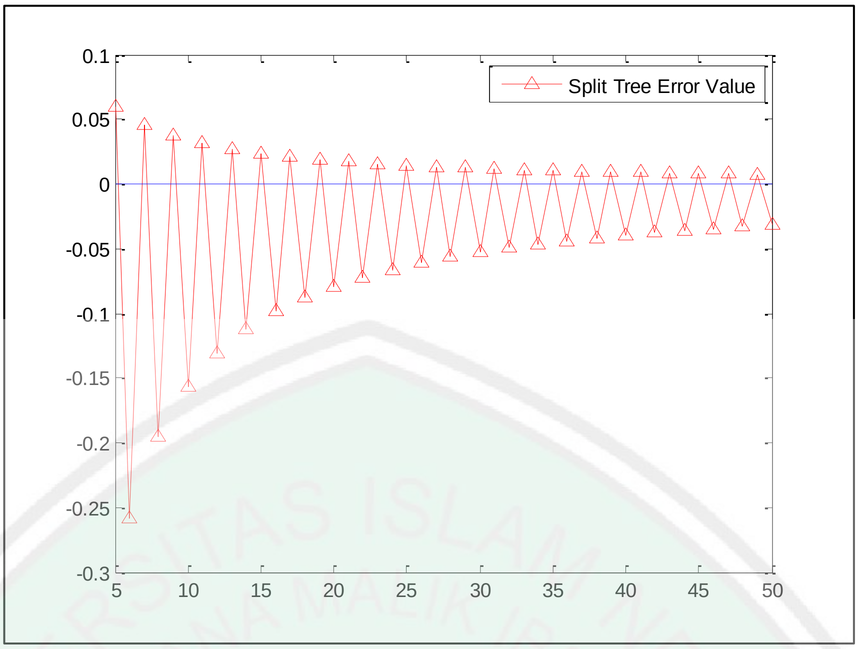
Hasil perhitungan nilai opsi *call* dengan perulangan banyak partisi dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.8 Hasil Perulangan Perhitungan Nilai Opsi *Call*

Pada gambar 4.8 di atas dapat diketahui bahwa dengan perulangan banyak partisi nilai opsi *call* bergerak secara naik turun. Jika diperhatikan dengan baik, naik turun itu dikarenakan banyak partisi ganjil dan genap secara berulang. Dimana jika banyak partisi ganjil, semua nilai opsi berada di atas garis nilai *Black-Scholes* sebagai nilai analitik. Sebaliknya, jika banyak partisi genap, semua nilai opsi berada di bawah garis *Black-Scholes* sebagai nilai analitik.

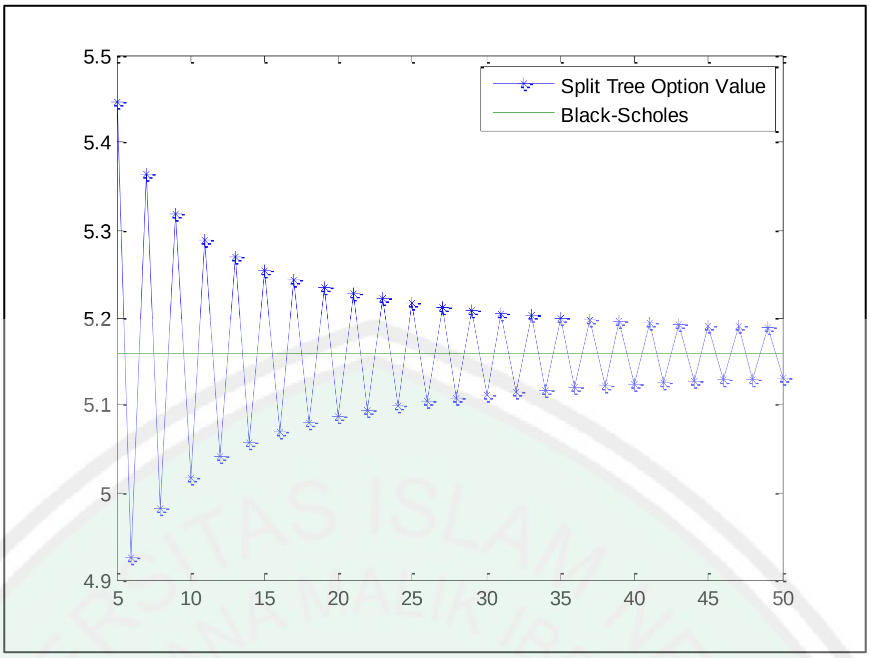
Karena nilai pendekatan maka terdapat nilai *error* yaitu selisih antara nilai opsi *call* metode *Split Tree* dengan nilai analitik *Black-Scholes* yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.9 Hasil Perulangan Perhitungan Nilai *Error* Opsi *Call*

Pada gambar 4.9 di atas dapat diketahui bahwa dengan perulangan banyak partisi nilai *error* bergerak secara naik turun. Jika diperhatikan dengan baik, naik turun itu dikarenakan banyak partisi ganjil dan genap secara berulang. Dimana jika banyak partisi ganjil, semua nilai opsi berada di atas garis nol. Sebaliknya, jika banyak partisi genap, semua nilai opsi berada di bawah garis nol.

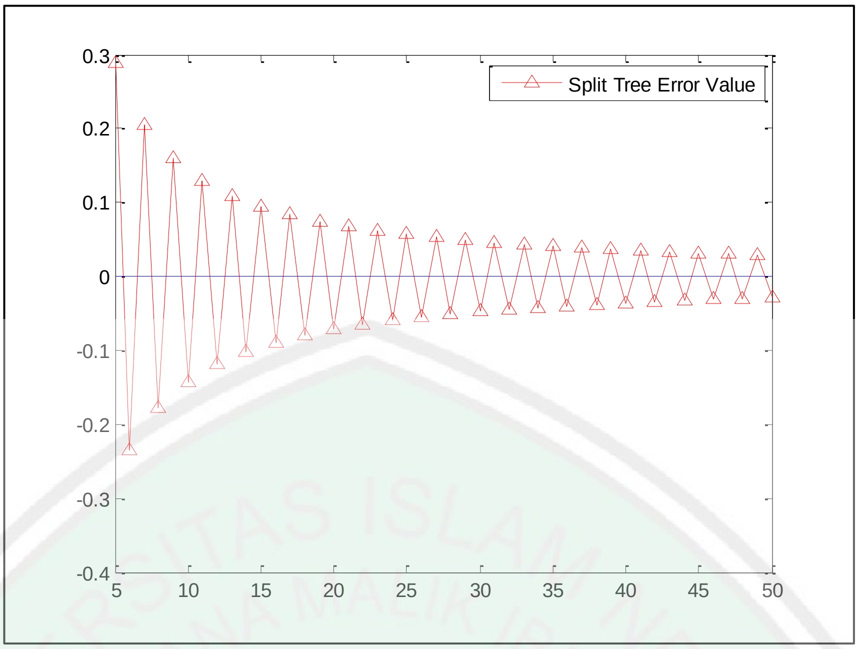
Sedangkan untuk hasil perhitungan nilai opsi *put* dengan perulangan banyak partisi dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.10 Hasil Perulangan Perhitungan Nilai Opsi *Put*

Pada gambar 4.10 di atas dapat diketahui bahwa dengan perulangan banyak partisi nilai opsi *put* bergerak secara naik turun. Jika diperhatikan dengan baik, naik turun itu dikarenakan banyak partisi ganjil dan genap secara berulang. Dimana jika banyak partisi ganjil, semua nilai opsi berada di atas garis nilai *Black-Scholes* sebagai nilai analitik. Sebaliknya, jika banyak partisi genap, semua nilai opsi berada di bawah garis *Black-Scholes* sebagai nilai analitik.

Karena nilai pendekatan maka terdapat nilai *error* yaitu selisih antara nilai opsi *put* metode *Split Tree* dengan nilai analitik *Black-Scholes* yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.11 Hasil Perulangan Perhitungan Nilai *Error* Opsi *Put*

Pada gambar 4.11 di atas dapat diketahui bahwa dengan perulangan banyak partisi nilai *error* bergerak secara naik turun. Jika diperhatikan dengan baik, naik turun itu dikarenakan banyak partisi ganjil dan genap secara berulang. Dimana jika banyak partisi ganjil, semua nilai opsi berada di atas garis nol. Sebaliknya, jika banyak partisi genap, semua nilai opsi berada di bawah garis nol.

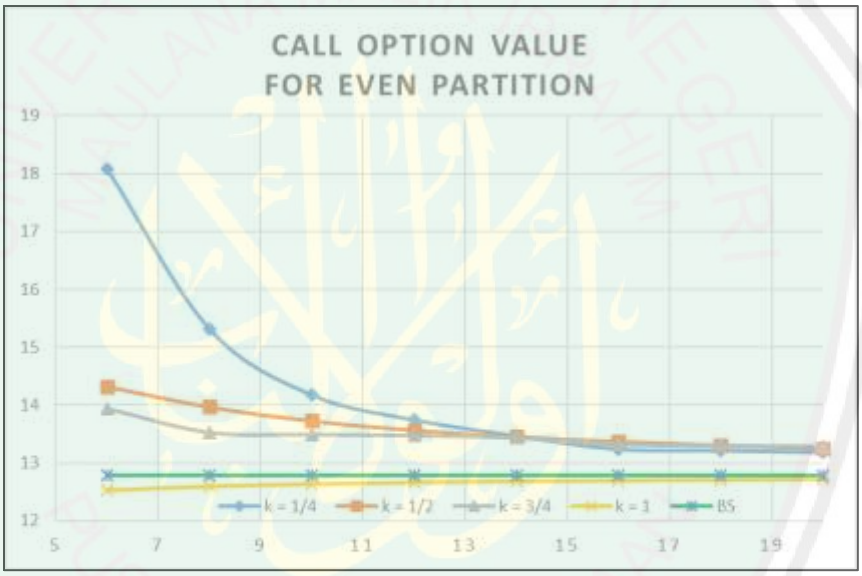
Dari penjelasan keempat gambar di atas dapat disimpulkan bahwa banyak partisi ganjil dan genap sangat mempengaruhi gerakan atau pola konvergensi nilai opsi dan *error*-nya terhadap nilai analitik (*Black-Scholes*). Sehingga dalam pembahasan selanjutnya akan dipisahkan antara banyak partisi genap dan ganjil.

2.2.1 Perhitungan Nilai Opsi untuk Beberapa Posisi *Split* pada Partisi Genap

Hasil perhitungan perulangan nilai opsi *call* untuk beberapa posisi *split* pada banyak partisi genap dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini:

Tabel 4.5 Perulangan Nilai-nilai Opsi *Call* untuk Beberapa Posisi *Split* Pada Banyak Partisi Genap

CALL OPTION				
M \ k	¼	½	¾	1
6	17.5830	13.8220	13.4340	12.0326
8	14.8158	13.4684	13.0268	12.0958
10	13.6755	13.2259	12.9926	12.1343
12	13.2423	13.0663	12.9754	12.1601
14	12.9677	12.9534	12.9342	12.1787
16	12.7345	12.8692	12.8229	12.1926
18	12.7144	12.8040	12.8026	12.2035
20	12.6803	12.7521	12.7876	12.2122
BS	12.2914			



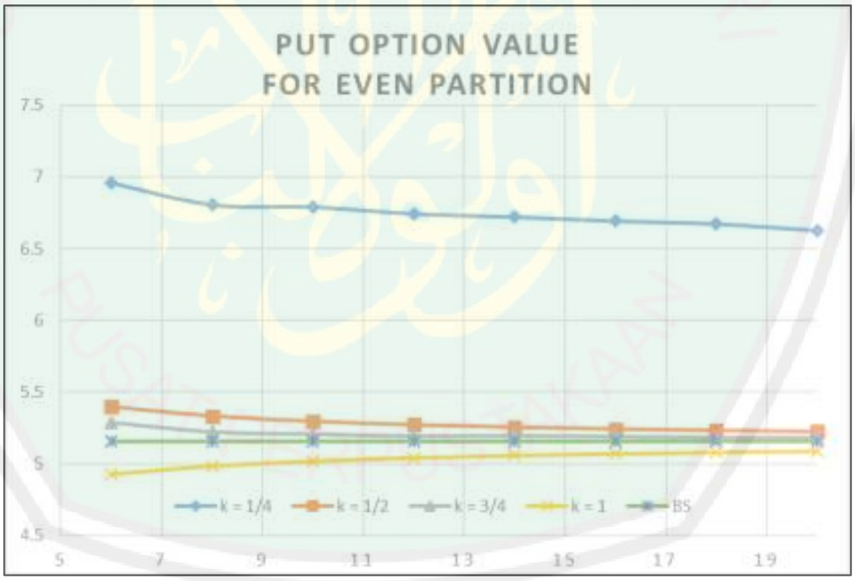
Gambar 4.12 Perulangan Nilai-nilai Opsi *Call* untuk Beberapa Posisi *Split* Pada Banyak Partisi Genap

Pada tabel 4.12 dapat diketahui bahwa untuk posisi *split* kurang dari satu yaitu (k = ¼, ½, atau ¾), semakin mendekati nilai *Black-Scholes* (BS = 12.2914), yang diperoleh menggunakan persamaan (2.18) dengan pendekatan dari atas (semakin turun). Sedangkan tanpa menggunakan *split* yaitu (k = 1) semakin mendekati nilai *Black-Scholes* dengan pendekatan dari bawah (semakin naik). Selain itu, dapat dilihat juga bahwa tanpa menggunakan *split* lebih cepat mendekati nilai *Black-Scholes*.

Sedangkan hasil perhitungan perulangan nilai opsi *put* untuk beberapa posisi *split* pada banyak partisi genap dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 4.6 Perulangan Nilai-nilai Opsi *Put* untuk Beberapa Posisi *Split* Pada Banyak Partisi Genap

PUT OPTION				
M \ k	¼	½	¾	1
6	6.9553	5.3958	5.2861	4.9250
8	6.8042	5.3323	5.2231	4.9823
10	6.7891	5.2957	5.2076	5.0172
12	6.7423	5.2719	5.1954	5.0405
14	6.7199	5.2552	5.1982	5.0573
16	6.6921	5.2428	5.1922	5.0700
18	6.6722	5.2332	5.1874	5.0798
20	6.6265	5.2256	5.1862	5.0877
BS	5.1593			



Gambar 4.13 Perulangan Nilai-nilai Opsi *Put* untuk Beberapa Posisi *Split* Pada Banyak Partisi Genap

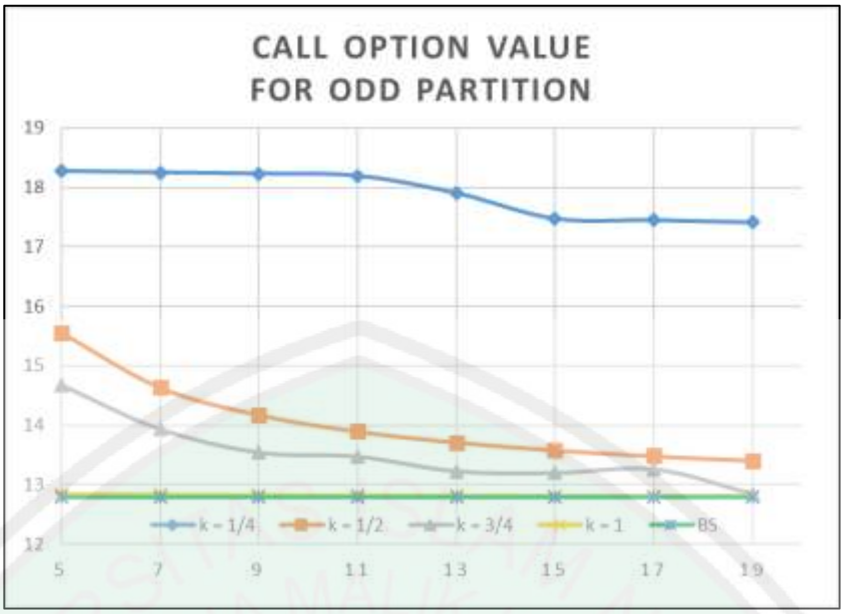
Pada tabel 4.13 dapat diketahui bahwa untuk posisi *split* kurang dari satu yaitu (k = ¼, ½, atau ¾), semakin mendekati nilai *Black-Scholes* (BS = 5.1593), yang diperoleh menggunakan persamaan (2.21) dengan pendekatan dari atas (semakin turun). Sedangkan tanpa menggunakan *split* yaitu (k = 1) semakin mendekati nilai *Black-Scholes* dengan pendekatan dari bawah (semakin naik). Selain itu, dapat dilihat juga bahwa tanpa menggunakan *split* lebih cepat mendekati nilai *Black-Scholes*.

2.2.2 Perhitungan Nilai Opsi untuk Beberapa Posisi *Split* pada Partisi Ganjil

Dari data yang telah diketahui di atas, hasil perhitungan perulangan nilai opsi *call* untuk beberapa posisi *split* pada banyak partisi ganjil dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini:

Tabel 4.7 Perulangan Nilai-nilai Opsi *Call* untuk Beberapa Posisi *Split* Pada Banyak Partisi Ganjil

CALL OPTION				
M \ k	¼	½	¾	1
5	17.7708	15.0544	14.1720	12.3512
7	17.7472	14.1324	13.4344	12.3375
9	17.7281	13.6721	13.0432	12.3286
11	17.6922	13.3960	12.9760	12.3225
13	17.4023	13.2120	12.7291	12.3181
15	16.9782	13.0806	12.7012	12.3148
17	16.9543	12.9820	12.7634	12.3122
19	16.9165	12.9053	12.3498	12.3101
BS	12.2914			



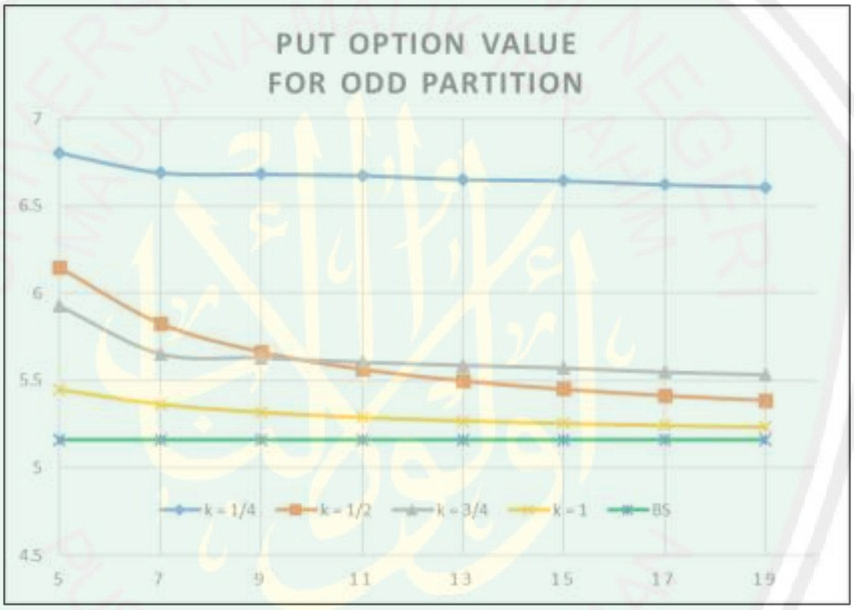
Gambar 4.14 Perulangan Nilai-nilai Opsi *Call* untuk Beberapa Posisi *Split* Pada Banyak Partisi Ganjil

Pada tabel 4.14 dapat diketahui bahwa untuk posisi *split* kurang dari satu yaitu (k = ¼, ½, atau ¾), semakin mendekati nilai *Black-Scholes* (BS = 12.2914), yang diperoleh menggunakan persamaan (2.18) dengan pendekatan dari atas (semakin turun). Sedangkan tanpa menggunakan *split* yaitu (k = 1) semakin mendekati nilai *Black-Scholes* dengan pendekatan dari bawah (semakin naik). Selain itu, dapat dilihat juga bahwa tanpa menggunakan *split* lebih cepat mendekati nilai *Black-Scholes*.

Sedangkan hasil perhitungan perulangan nilai opsi *put* untuk beberapa posisi *split* pada banyak partisi ganjil dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 4.8 Perulangan Nilai-nilai Opsi *Put* untuk Beberapa Posisi *Split* Pada Banyak Partisi Ganjil

PUT OPTION				
M \ k	¼	½	¾	1
5	6.8042	6.1502	5.9283	5.4471
7	6.6915	5.8290	5.6531	5.3641
9	6.6821	5.6653	5.6298	5.3182
11	6.6745	5.5660	5.6047	5.2891
13	6.6523	5.4993	5.5867	5.269
15	6.6446	5.4514	5.5708	5.2543
17	6.6231	5.4153	5.5478	5.243
19	6.6078	5.3872	5.5324	5.2342
BS	5.1593			



Gambar 4.15 Perulangan Nilai-nilai Opsi *Put* untuk Beberapa Posisi *Split* Pada Banyak Partisi Ganjil

Pada tabel 4.8 dapat diketahui bahwa untuk posisi *split* kurang dari satu yaitu (k = ¼, ½, atau ¾), semakin mendekati nilai *Black-Scholes* (BS = 5.1593), yang diperoleh menggunakan persamaan (2.21) dengan pendekatan dari atas (semakin turun). Sedangkan tanpa menggunakan *split* yaitu (k = 1) semakin mendekati nilai *Black-Scholes* dengan pendekatan dari bawah (semakin naik). Selain itu, dapat dilihat juga bahwa tanpa menggunakan *split* lebih cepat mendekati nilai *Black-Scholes*.

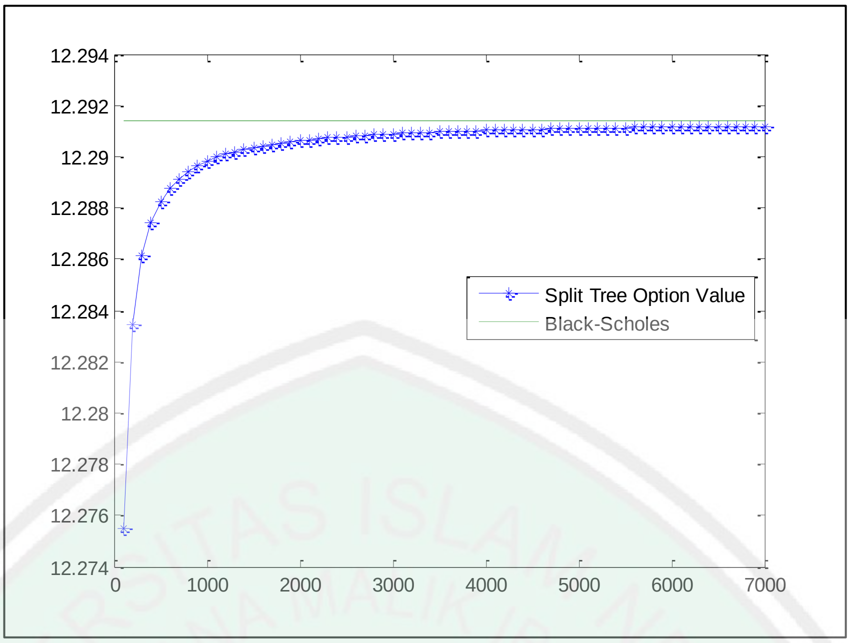
Pada partisi genap nilai opsi *call* dan *put* yang diperjualbelikan dengan metode *Split Tree* untuk nilai *split* yang semakin mendekati satu nilai opsi semakin mendekati nilai analitik (*Black-Scholes*). Sedangkan partisi ganjil nilai opsi *call* dan *put* yang diperjualbelikan dengan metode *Split Tree* untuk nilai *split* yang semakin mendekati satu nilai opsi semakin mendekati nilai analitik (*Black-Scholes*).

Dari dua model pembahasan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa posisi *split* yang bergantung pada nilai *split* berpengaruh dalam penentuan nilai opsi baik *call* maupun *put*. Semakin mendekati satu nilai *split*-nya maka nilai opsi semakin cepat konvergen menuju solusi analitik. Sehingga nilai *split* ini (k = 1) akan digunakan secara berulang pada pembahasan di bawah ini.

2.3 Perbandingan Hasil Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa dan *Error*-nya Untuk Beberapa Banyak Partisi Genap dan Ganjil Metode *Split Tree*

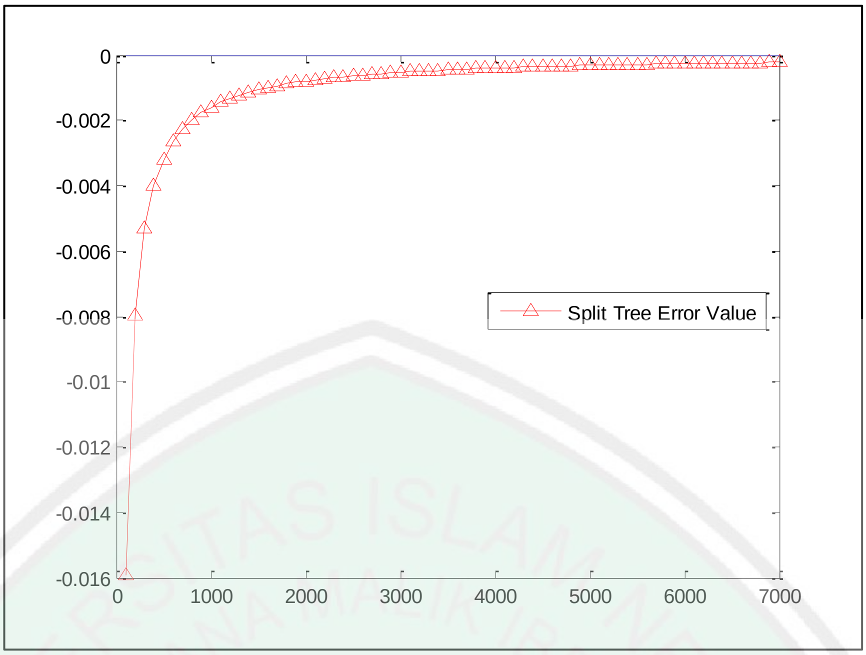
2.3.1 Perbandingan Hasil Nilai Opsi dan *Error*-nya untuk Banyak Partisi Genap

Berikut ini adalah beberapa gambar hasil perhitungan nilai opsi *vanilla call* beserta *error*-nya tipe Eropa menggunakan metode *Split Tree* untuk perulangan banyak partisi genap sampai dengan M = 7000.



Gambar 4.16 Konvergensi Nilai Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Genap

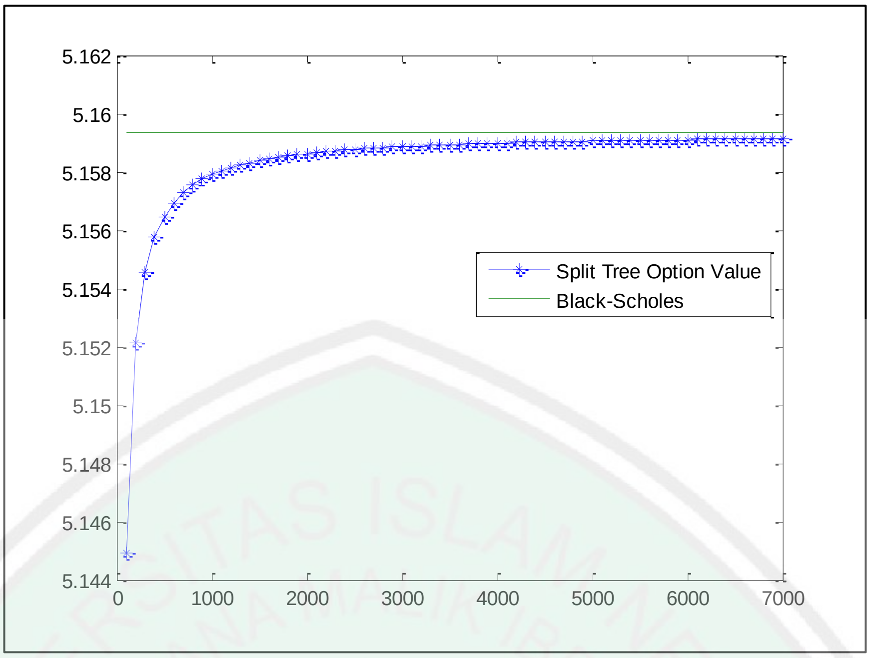
Dari gambar 4.16 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai opsi *vanilla call* tipe Eropa menggunakan metode *Split Tree* untuk perulangan banyak partisi genap sampai dengan M = 7000 konvergen menuju nilai analitik (*Black-Scholes*), yang nilai-nilai opsi *call* selengkapnya terdapat pada lampiran 6. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai opsi bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari bawah tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi. Sehingga perubahan variansinya semakin kecil.



Gambar 4.17 Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Genap

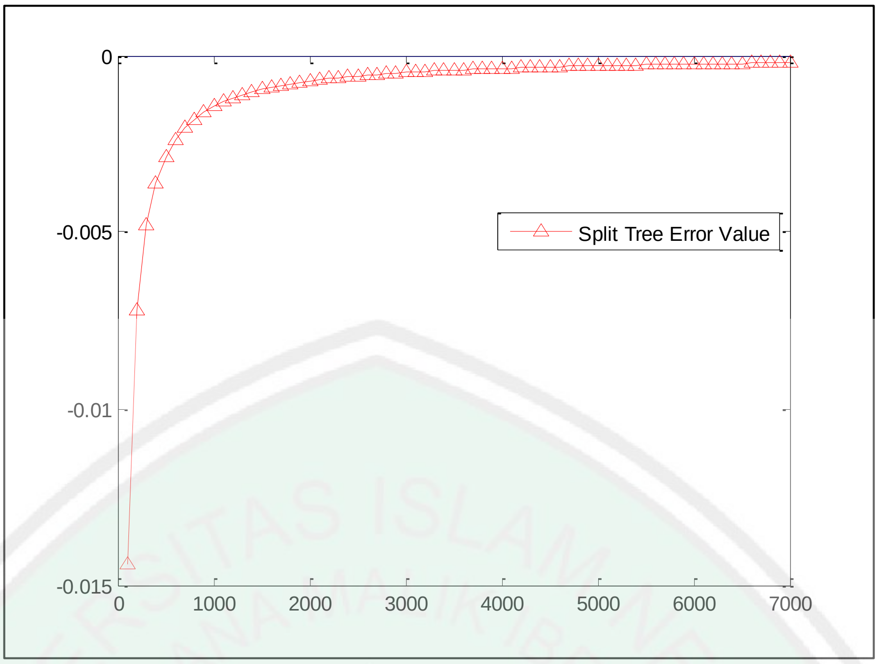
Dari gambar 4.17 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode *Split Tree* dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi genap sampai dengan M = 7000 konvergen menuju nilai nol. Dimana nilai-nilai *error*-nya selengkapnya terdapat pada lampiran 6. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai *error* bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari bawah tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi. Sehingga perubahan variansinya semakin kecil.

Sedangkan beberapa gambar hasil perhitungan nilai opsi *vanilla put* beserta *error*-nya tipe Eropa menggunakan metode *Split Tree* untuk perulangan banyak partisi genap sampai dengan M = 7000 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.18 Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Genap

Dari gambar 4.18 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai opsi *vanilla put* tipe Eropa menggunakan metode *Split Tree* untuk perulangan banyak partisi genap sampai dengan M = 7000 konvergen menuju nilai analitik (*Black-Scholes*), yang nilai-nilai opsi *put* selengkapnya terdapat pada lampiran 7. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai opsi bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari bawah tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi. Sehingga perubahan variansinya semakin kecil.

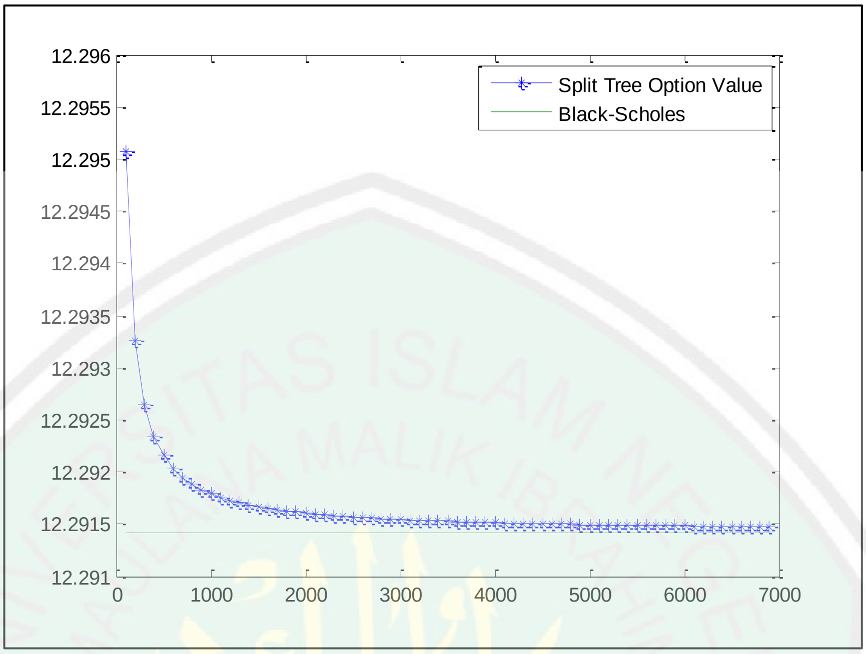


Gambar 4.19 Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Genap

Dari gambar 4.19 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode *Split Tree* dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi genap sampai dengan $M = 7000$ konvergen menuju nilai nol. Dimana nilai-nilai *error*-nya selengkapnya terdapat pada lampiran 7. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai *error* bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari bawah tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi. Sehingga perubahan variansinya semakin kecil.

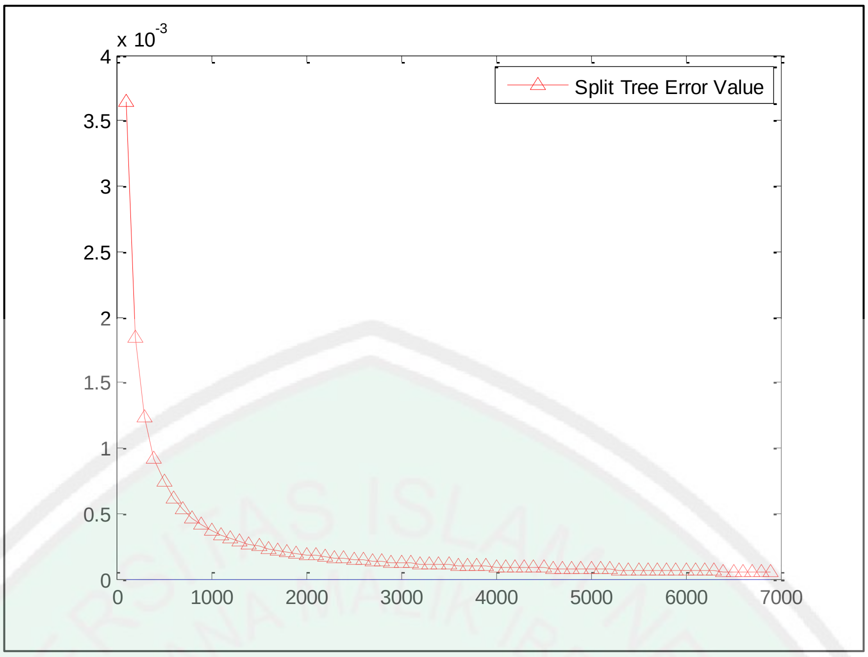
2.3.2 Perbandingan Hasil Nilai Opsi dan *Error*-nya untuk Banyak Partisi Ganjil

Berikut ini adalah beberapa gambar hasil perhitungan nilai opsi *vanilla call* beserta *error*-nya tipe Eropa menggunakan metode *Split Tree* untuk perulangan banyak partisi ganjil sampai dengan M = 6901.



Gambar 4.20 Konvergensi Nilai Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Ganjil

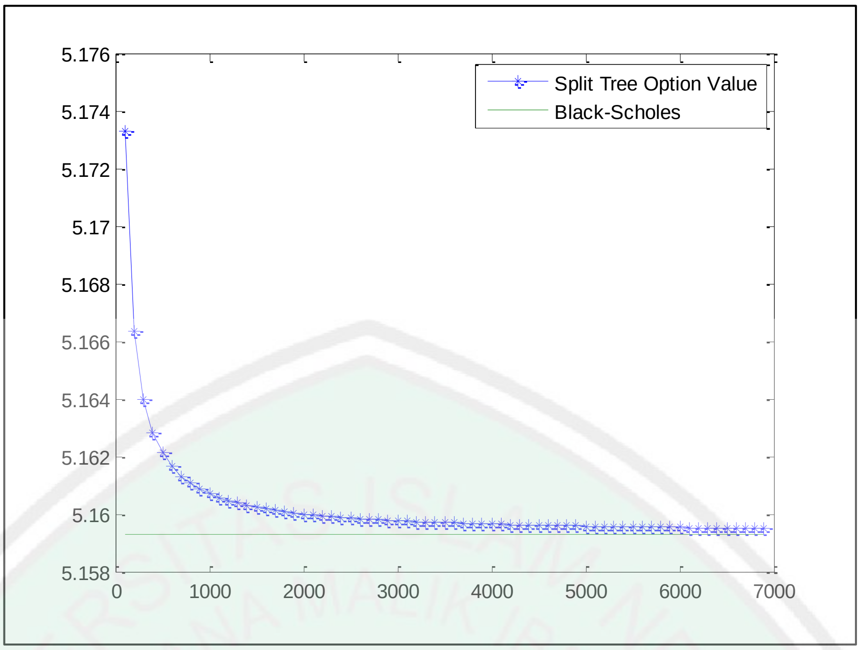
Dari gambar 4.20 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai opsi *vanilla call* tipe Eropa menggunakan metode *Split Tree* untuk perulangan banyak partisi ganjil sampai dengan M = 6901 konvergen menuju nilai analitik (*Black-Scholes*), yang nilai-nilai opsi *call* selengkapnya terdapat pada lampiran 6. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai opsi bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari atas tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi. Sehingga perubahan variansinya semakin kecil.



Gambar 4.21 Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Call* untuk Perulangan Banyak Partisi Ganjil

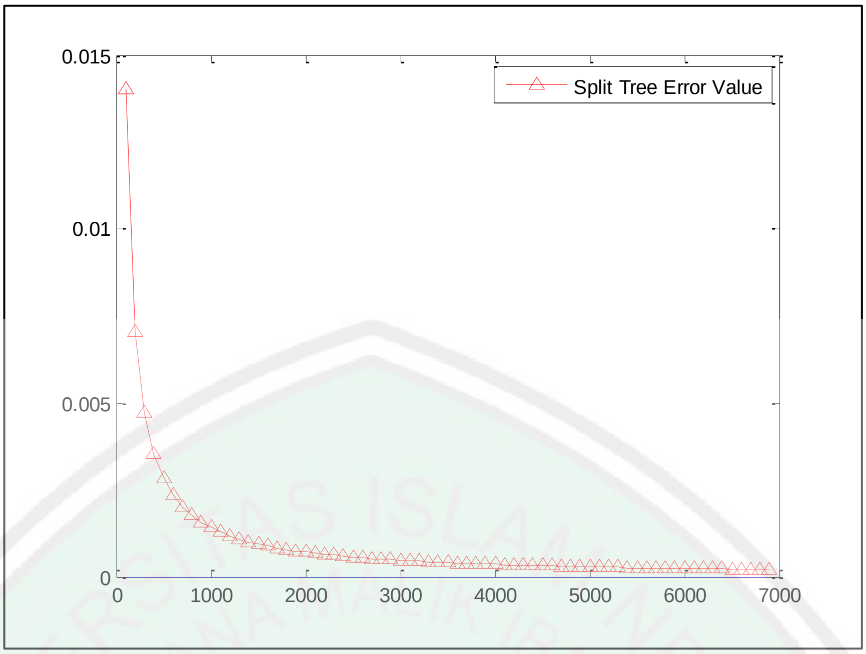
Dari gambar 4.21 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode *Split Tree* dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi ganjil sampai dengan $M = 6901$ konvergen menuju nilai nol. Dimana nilai-nilai *error*-nya selengkapnya terdapat pada lampiran 6. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai *error* bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari atas tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi. Sehingga perubahan variansinya semakin kecil.

Sedangkan beberapa gambar hasil perhitungan nilai opsi *vanilla put* beserta *error*-nya tipe Eropa menggunakan metode *Split Tree* untuk perulangan banyak partisi ganjil sampai dengan $M = 6901$ dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.22 Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Ganjil

Dari gambar 4.22 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai opsi *vanilla put* tipe Eropa menggunakan metode *Split Tree* untuk perulangan banyak partisi ganjil sampai dengan M = 6901 konvergen menuju nilai analitik (*Black-Scholes*), yang nilai-nilai opsi *put* selengkapnya terdapat pada lampiran 7. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai opsi bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari atas tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi. Sehingga perubahan variansinya semakin kecil.



Gambar 4.23 Konvergensi Nilai *Error* Opsi *Put* untuk Perulangan Banyak Partisi Ganjil

Dari gambar 4.23 di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai *error*, yaitu selisih antara nilai opsi secara metode *Split Tree* dengan nilai analitik (*Black-Scholes*), untuk perulangan banyak partisi ganjil sampai dengan M = 6901 konvergen menuju nilai nol. Dimana nilai-nilai *error*-nya selengkapnya terdapat pada lampiran 7. Dapat dilihat bahwa grafik konvergensi nilai *error* bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari bawah tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi. Sehingga perubahan variansinya semakin kecil.

Pada perulangan banyak partisi genap, nilai opsi *call* dan *put* pada metode *Split Tree* untuk nilai *split* sama dengan banyak partisi (k = M = 1) konvergen menuju nilai analitik (*Black*-Scholes). Dan grafik konvergensi nilai *opsi* bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari bawah tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi.

Sedangkan pada perulangan banyak partisi ganjil nilai opsi *call* dan *put* pada metode *Split Tree* untuk nilai *split* sama dengan banyak partisi (k = M = 1) konvergen menuju nilai analitik (*Black*-Scholes). Dan grafik konvergensi nilai *opsi* bergerak secara *smooth* (*exponential smooth*) dari atas tanpa ada gerakan gelombang yang mengakibatkan fluktuasi variansi tinggi.

Dari dua model pembahasan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa posisi *split* yang bergantung pada nilai *split*, yaitu posisi *split* yang sama dengan banyak partisi dengan nilai *split* 1 (k = M = 1), dengan semakin besar atau banyak partisi perulangan maka semakin mendekati nilai opsi analitik. Begitu juga untuk nilai *error*-nya, semakin semakin besar atau banyak partisi perulangan maka semakin mendekati nilai nol. Artinya, semakin banyak besar partisi maka semakin cepat konvergen menuju solusi analitik.

2.4 Implementasi Nilai Opsi Metode *Split Tree* pada *Trader* Saham

Hasil konvergensi nilai opsi *call* secara metode *Split Tree* adalah menuju nilai analitik *Black-Scholes*. Pada kasus penelitian ini, dengan menggunakan harga saham di periode awal (waktu transaksi perjanjian antara *trader* saham dengan penjamin opsi) sebesar $76.56, dan harga saham kesepakatan atau perjanjian yang berlaku pada periode akhir (jatuh tempo) sebesar $70.00, maka diperoleh harga opsi sebesar $12.2914 yang harus dibayarkan oleh *trader* saham (*option holder*) kepada penjamin opsi (*option writer*) untuk menjamin keuntungan jual-beli sahamnya pada waktu jatuh tempo.

Pada waktu jatuh tempo (satu tahun kemudian) harga saham yang semula sebesar $76.56 dapat bergerak naik turun berkisar antara $40 sampai $120. Jika harga saham ternyata bergerak naik (katakanlah \$100.00) di atas harga kesepakatan, yaitu sebesar \$70.00, maka *trader* saham (*option holder*) akan mendapatkan keuntungan sebesar selisihnya yaitu harga saham pada akhir periode dengan harga kesepakatannya (\$100.00 – \$70.00 = \$30.00). Keuntungan ini diperoleh dengan cara menggunakan opsi *call*-nya, sebagai surat berharga yang menjamin pemilik opsi untuk berhak membeli saham dengan harga sesuai harga kesepakatan dari penjamin opsi (*option writer*). Saham yang *trader* beli dari *writer* seharga kesepakatan akan dijual langsung saat itu juga kepada *trader* lainnya di bursa saham dengan harga pasar yaitu harga yang terjadi secara nyata di bursa saham (di atas harga kesepakatan).

Sebaliknya bagi option *writer*, dia harus atau berkewajiban untuk menjual sahamnya seharga kesepakatan kepada *option holder*. Meskipun harganya di bawah harga pasar, *writer* juga tidak mengalami kerugian karena pada awal periode dia telah menerima uang dari *holder* dengan penjualan opsi *call* sebesar \$12.2914. Hasil penjualan di awal ini disimpan atau deposito sehingga akan bernilai lebih untuk mengganti selisih di atas.

Namun sebaliknya, jika pada waktu jatuh tempo harga saham bergerak turun (katakanlah \$50.00) di bawah harga kesepakatan, yaitu sebesar \$70.00, maka *trader* saham (*option holder*) tidak akan mendapatkan keuntungan namun juga tidak akan mengalami kerugian. Hal ini dikarenakan *trader* tidak menggunakan hak opsinya untuk membeli saham pada *writer* dengan harga kesepakatan yang ternyata lebih tinggi dari pada harga saham yang terjadi di pasar saat itu.

Jika *trader* hanya membeli *call* option maka dia hanya berhak membeli saham pada waktu jatuh tempo dengan harga kesepakatan saja. Jika ternyata harga kesepakatan itu lebih tinggi dari pada harga yang terjadi di pasar maka hak opsi itu tidak digunakan. Sebaliknya jika *trader* ingin mendapatkan keuntungan dengan turunnya harga saham maka *trader* harus juga membeli *put* opsi, yang merupakan hak untuk menjual saham, sehingga *trader* berhak menjual saham kepada *writer* seharga kesepakatan yang memang lebih tinggi dari pada harga pasar. Sehingga dia dapat memperoleh keuntungan dari selisih harga tersebut pada waktu jatuh tempo. Jika *trader* tidak punya sahampun, dia masih bisa menjual saham kepada *writer* dengan membeli saham di pasar dengan harga pasar dan menjualnya langsung saat itu juga kepada *writer* dengan harga kesepekatan di atas harga pasar.

Harga opsi *put* dari metode *Split Tree* diperoleh sebesar \$5.1593 dengan harga kesepakatan \$80.00. Jika harga saham di pasar bergerak naik di atas harga kesepakatan (katakanlah \$100.00), maka *trader* tidak menggunakan hak opsi ini untuk menjual sahamnya, karena lebih baik menjual sahamnya ke pasar dengan harga yang lebih tinggi dari pada kepada *writer* dengan harga kesepakatan.

Sebaliknya, jika harga saham di pasar bergerak turun (katakanlah \$50.00) di bawah harga kesepakatan maka *trader* akan menggunakan hak opsi *put*-nya. *Trader* berhak untuk menjual sahamnya ke *writer* dengan harga di atas harga pasar sehingga diperoleh keuntungan dari selisihnya (\$80.00 - \$50.00 = \$30.00). Jika dia tidak punya saham untuk dijual maka dia bisa membeli saham di pasar dengan harga pasar dan menjualnya saat itu juga kepada *writer* dengan harga kesepakatan yang di atas harga pasar.

2.5 Nilai-nilai Keislaman Jual Beli Saham

Dari hasil dan pembahasan di atas dapat diketahui bahwa semakin banyak perulangan partisi, maka nilai opsi menggunakan metode *Split Tree* semakin cepat konvergen menuju solusi analitik. Begitu juga nilai *error*-nya, semakin konvergen menuju angka nol. Banyak perulangan partisi merupakan salah satu usaha agar nilai opsi konvergen menuju nilai analitiknya. Usaha yang dilakukan berulang-ulang dalam menghitung nilai opsi maka hasilnya akan lebih baik. Seperti yang dijelaskan pada surah Al-Isra’ ayat 19 sebagai berikut:

وَمَنْ أَرَادَ ٱلْـَٔاخِرَةَ وَسَعَىٰ لَهَا سَعْيَهَا وَهُوَ مُؤْمِنٌ فَأُو۟لَـٰٓئِكَ كَانَ سَعْيُهُم مَّشْكُورًا ١٩

Artinya: *“Dan barangsiapa yang menghendaki kehidupan akhirat dan berusaha ke arah itu dengan sungguh-sungguh sedang ia adalah mukmin, maka mereka itu adalah orang-orang yang usahanya dibalasi dengan baik (QS. Al-Isra”: 19).*

Ayat di atas menjelaskan bahwa usaha yang bersungguh-sungguh maka akan dibalas dengan sesuatu yang baik. Seperti yang dijelaskan pada paragraf sebelumnya bahwa opsi merupakan suatu transaksi perjanjian jual beli antara *holder* (pembeli) dan *writer* (penjual) dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Dalam transaksi jual beli opsi memiliki dua jenis hak yaitu opsi *call* dan opsi *put*. Dimana opsi *call* merupakan hak untuk membeli opsi. Sedangkan opsi *put* merupakan hal untuk menjual opsi. Kedua jenis hak iniliah yang dilakukan pada waktu perjanjian jual beli opsi di awal periode. Perhitungan opsi di awal periode baik *call* maupun *put* menggunakan nilai-nilai kemungkinan harga saham pada waktu jatuh tempo. Semakin banyak partisi (periode) dalam menghitung nilai opsi maka nilai opsi akan lebih mendekati solusi analitik.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Banyak partisi genap pada metode *Split Tree* dalam penentuan nilai opsi *call* dan *put* lebih mendekati pada nilai analitik (*Black-Scholes*) dari pada yang ganjil.
2. Posisi *split* yang bergantung pada nilai *split* berpengaruh dalam penentuan nilai opsi baik *call* maupun *put*. Semakin mendekati satu nilai *split*-nya maka nilai opsi semakin cepat konvergen menuju solusi analitik.
3. Semakin banyak partisi maka nilai opsi metode *Split Tree* semakin cepat konvergen menuju solusi analitik, artinya nilai *error*-nya semakin cepat konvergen menuju angka nol.
4. Nilai opsi *call* (atau *put*) yang diperoleh dengan metode *Split Tree* dapat digunakan seorang *trader* saham untuk mendapatkan keuntungan sebesar selisih antara harga saham yang terjadi di pasar saham pada waktu jatuh tempo dengan cara membeli (atau menjual) saham pada *writer* opsi dan menjualnya (atau membelinya) langsung di pasar saham dengan harga yang lebih tinggi (atau lebih rendah).

5.2 Saran

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

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

2. Metode *Split Tree* dapat dikembangkan untuk menentukan nilai opsi tipe Amerika, Asia, atau lainya.

DAFTAR RUJUKAN

Aziz, A. (2009). Empat Model Aproksimasi Binomial Harga Saham Model Black-Scholes. 1(1).

Baridwan, Z. (2000). *Sistem Akuntansi Penyusunan Prosedur dan Metode, Edisi ke Tujuh.* Yogyakarta: BPFE.

Capra, S. C., & Canele, R. H. (2010). *Numerical Method for Engineers Sixth Edition.* New York: McGraw-Hill.

Chang, L., & Palmer, K. (2007). Smooth Convergence in the Binomial Model. *Finance and Stochastics*, 11.

Darmadji, T., & Hendy, M. F. (2006). *Pasar Model di Indonesia.* Jakarta: Salemba Empat.

Dewimarni, S. (2017). Kemmapuan Komunikasi dan Pemahaman Konsep Aljabar Linier Mahasiswa Universitas Indonesia 'YPTK' Padang. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 8 (1).

Diana. (2017). Distribusi Binomial Sebagai Estimasi Probabilitas Kesuksesan Pada Uji Coba Kualitas Layanan Sistem Informasi. *Jurnal Ilmiah MATRIK*, 19 (3).

Ghazali, A. R., Ihsan, G., & Shidiq, S. (2010). *Fiqih Muamalat.* Jakarta: Kencana Prenanda Group.

Habib, Y., Kiani, Z. I., & Khan, M. A. (2012). Dividen Policy and Share Price Volatility: Evidence from Pakistan. *Global Journal of Management anda Business Research*, 12 (5).

Huda, Q. (2011). *Fiqih Muamalah.* Yogyakarta: Teras.

Hull, J. C. (2015). *Option, Futures, and Other Derivatives (Nineth Edition).* England: Pearson.

Husnan, S., & Enny, P. (2006). *Dasar-dasar Manajemen Keuangan, Edisi ke Lima.* Yogyakarta: UPP STIM YKPN.

Istiqoma, & Aziz, A. (2014). Analisis Metode Binomial Dipercepat pada Perhitungan Harga Opsi Eropa. 3 (2).

James, G., & James, R. C. (1976). *Mathematics Dictionary.* New Jersey: John Wiley and Sons.

Joshi, M. S. (2009). The Convergence of Binomial Trees for Pricing the American Put. *The Jurnal of Risk*, 11 (4).

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 Pembelajaran*, 1 (1).

Mooy, M. N. (2017). Penentuan Harga Opsi Put dan Call Tipe Eropa Terhadap Saham Menggunakan Model Black-Scholes. *Jurnal Gaussian*, 6 (3).

Muhammad, B. D., & Al-Sheikh, B. A. (2003). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.

Muslich, M. Y. (2010). *Kasus Arab Indonesia*. Jakarta: PT. Mahmud Yunus Wa Dzuriyyah.

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

Parmuditya, S. A. (2016). Perbandingan Metode Binomial dan Metode Black-Scholes Dalam Penentuan Harga Opsi. *Jurnal Sainsmat*, 5 (1).

Ross, S. M. (1999). *An Introduction to Mathematical Finance: Option and Other Topics*. New York: Cambridge University Press Cambridge.

Sadiq, M., Ahmad, S., Anjum, M. J., & Suliman, M. (2013). Stock Price Volatility in Relation to Devidend Policy: A Case Study of Karachi Stock Market. *Middle-East Journal Scientific Research*, 1 (1).

Seydel, R. S. (2002). *Tools for Computational Finance*. Koln: Germany.

Shidiq, Sapiudin, Ghaszaly, A. R., & Ihsan, G. (2010). *Fiqih Muamalat*. Jakarta: Kencana.

Sidarto, K. A. (2009). Model Binomial untuk Penentuan Harga Opsi Eropa dan Amerika. *KK Matematika Industri dan Keuangan*, FMIPA-ITB.

Sutoyo. (2012). Pemodelan Data Statistik Melalui Pendekatan Diskrit. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 10 (1).

Syafe'i, R. (2004). *Penimbunan dan Monopoli Dagang dalam Kajian Fiqih Islam*. Jakarta: Dapartemen Agama-Mimbar Huku.

Tian, Y. S. (1999). A Flexible Binomial Option Pricing Model. *The Journal of Futures Markets*, 19 (7).

Walpole, R. E., & Myers, R. H. (1995). *Ilmu peluang dan Statistika untuk Insinur dan Ilmuwan edisi ke-4*. Bandung: ITB.

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-nilai Kemungkinan Harga Saham untuk Banyak Partisi Genap (M = 6) dan K = \$70

STOCK PRICING							
	t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	t = 6
1	76.5600	80.3010	84.2248	88.3403	95.4654	103.1652	111.4859
2		68.7618	72.1217	75.6458	81.7470	88.3403	95.4654
3			61.7578	64.7755	81.7470	88.3403	95.4654
4				55.4673	70.0000	75.6458	81.7470
5					70.0000	88.3403	95.4654
6					59.9410	75.6458	81.7470
7					59.9410	75.6458	81.7470
8					51.3275	64.7755	70.0000
9						75.6458	95.4654
10						64.7755	81.7470
11						64.7755	81.7470
12						55.4673	70.0000
13						64.7755	81.7470
14						55.4673	70.0000
15						55.4673	70.0000
16						47.4967	59.9410
17							81.7470
18							70.0000
19							70.0000
20							59.9410
21							70.0000
22							59.9410
23							59.9410
24							51.3275
25							70.0000
26							59.9410
27							59.9410
28							51.3275
29							59.9410
30							51.3275
31							51.3275
32							43.9517

LAMPIRAN 3

Nilai-nilai Kemungkinan Harga Saham untuk Banyak Partisi Genap (M = 6) dan K = \$80

STOCK PRICING							
	t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	t = 6
1	76.5600	83.9560	92.0664	100.9604	109.1033	117.9030	127.4125
2		71.8915	78.8365	86.4524	93.4252	100.9604	109.1033
3			67.5077	74.0292	93.4252	100.9604	109.1033
4				63.3912	80.0000	86.4524	93.4252
5					80.0000	100.9604	109.1033
6					68.5040	86.4524	93.4252
7					68.5040	86.4524	93.4252
8					58.6600	74.0292	80.0000
9						86.4524	109.1033
10						74.0292	93.4252
11						74.0292	93.4252
12						63.3912	80.0000
13						74.0292	93.4252
14						63.3912	80.0000
15						63.3912	80.0000
16						54.2819	68.5040
17							93.4252
18							80.0000
19							80.0000
20							68.5040
21							80.0000
22							68.5040
23							68.5040
24							58.6600
25							80.0000
26							68.5040
27							68.5040
28							58.6600
29							68.5040
30							58.6600
31							58.6600
32							50.2306

LAMPIRAN 4

Nilai-nilai Kemungkinan Harga Saham untuk Banyak Partisi Ganjil (M = 5) dan K = \$70

STOCK PRICING						
	t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5
1	76.5600	85.2017	94.8188	103.2278	112.3826	122.3492
2		71.8859	80.0000	87.0948	94.8188	103.2278
3			67.4972	87.0948	94.8188	103.2278
4				73.4831	80.0000	87.0948
5				73.4831	94.8188	103.2278
6				61.9988	80.0000	87.0948
7					80.0000	87.0948
8					67.4972	73.4831
9					80.0000	103.2278
10					67.4972	87.0948
11					67.4972	87.0948
12					56.9483	73.4831
13						87.0948
14						73.4831
15						73.4831
16						61.9988
17						87.0948
18						73.4831
19						73.4831
20						61.9988
21						73.4831
22						61.9988
23						61.9988
24						52.3093

LAMPIRAN 5

Nilai-nilai Kemungkinan Harga Saham untuk Banyak Partisi Ganjil (M = 5) dan K = \$80

STOCK PRICING						
	t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5
1	76.5600	85.2017	94.8188	103.2278	112.3826	122.3492
2		71.8859	80.0000	87.0948	94.8188	103.2278
3			67.4972	87.0948	94.8188	103.2278
4				73.4831	80.0000	87.0948
5				73.4831	94.8188	103.2278
6				61.9988	80.0000	87.0948
7					80.0000	87.0948
8					67.4972	73.4831
9					80.0000	103.2278
10					67.4972	87.0948
11					67.4972	87.0948
12					56.9483	73.4831
13						87.0948
14						73.4831
15						73.4831
16						61.9988
17						87.0948
18						73.4831
19						73.4831
20						61.9988
21						73.4831
22						61.9988
23						61.9988
24						52.3093

LAMPIRAN 6

Perhitungan perulangan nilai opsi *call* dan *error*-nya

CALL OPTION					
GENAP			GANJIL		
M	Nilai Opsi	Error	M	Nilai Opsi	Error
100	12.2755	0.0159	101	12.2951	0.0037
200	12.2834	0.008	201	12.2933	0.0019
300	12.2861	0.0053	301	12.2926	0.0012
400	12.2874	0.004	401	12.2923	0.0009
500	12.2882	0.0032	501	12.2922	0.0008
600	12.2888	0.0026	601	12.292	0.0006
700	12.2891	0.0023	701	12.2919	0.0005
800	12.2894	0.002	801	12.2919	0.0005
900	12.2896	0.0018	901	12.2918	0.0004
1000	12.2898	0.0016	1001	12.2918	0.0004
1100	12.29	0.0014	1101	12.2918	0.0004
1200	12.2901	0.0013	1201	12.2917	0.0003
1300	12.2902	0.0012	1301	12.2917	0.0003
1400	12.2903	0.0011	1401	12.2917	0.0003
1500	12.2904	0.001	1501	12.2917	0.0003
1600	12.2904	0.001	1601	12.2917	0.0003
1700	12.2905	0.0009	1701	12.2916	0.0002
1800	12.2905	0.0009	1801	12.2916	0.0002
1900	12.2906	0.0008	1901	12.2916	0.0002
2000	12.2906	0.0008	2001	12.2916	0.0002
2100	12.2907	0.0007	2101	12.2916	0.0002
2200	12.2907	0.0007	2201	12.2916	0.0002
2300	12.2907	0.0007	2301	12.2916	0.0002
2400	12.2908	0.0006	2401	12.2916	0.0002
2500	12.2908	0.0006	2501	12.2916	0.0002
2600	12.2908	0.0006	2601	12.2916	0.0002
2700	12.2908	0.0006	2701	12.2916	0.0002
2800	12.2909	0.0005	2801	12.2916	0.0002
2900	12.2909	0.0005	2901	12.2915	0.0001
3000	12.2909	0.0005	3001	12.2915	0.0001
3100	12.2909	0.0005	3101	12.2915	0.0001
3200	12.2909	0.0005	3201	12.2915	0.0001
3300	12.2909	0.0005	3301	12.2915	0.0001
3400	12.291	0.0004	3401	12.2915	0.0001
3500	12.291	0.0004	3501	12.2915	0.0001
3600	12.291	0.0004	3601	12.2915	0.0001

3700	12.291	0.0004	3701	12.2915	0.0001
3800	12.291	0.0004	3801	12.2915	0.0001
3900	12.291	0.0004	3901	12.2915	0.0001
4000	12.291	0.0004	4001	12.2915	0.0001
4100	12.291	0.0004	4101	12.2915	0.0001
4200	12.291	0.0004	4201	12.2915	0.0001
4300	12.291	0.0004	4301	12.2915	0.0001
4400	12.2911	0.0003	4401	12.2915	0.0001
4500	12.2911	0.0003	4501	12.2915	0.0001
4600	12.2911	0.0003	4601	12.2915	0.0001
4700	12.2911	0.0003	4701	12.2915	0.0001
4800	12.2911	0.0003	4801	12.2915	0.0001
4900	12.2911	0.0003	4901	12.2915	0.0001
5000	12.2911	0.0003	5001	12.2915	0.0001
5100	12.2911	0.0003	5101	12.2915	0.0001
5200	12.2911	0.0003	5201	12.2915	0.0001
5300	12.2911	0.0003	5301	12.2915	0.0001
5400	12.2911	0.0003	5401	12.2915	0.0001
5500	12.2911	0.0003	5501	12.2915	0.0001
5600	12.2911	0.0003	5601	12.2915	0.0001
5700	12.2911	0.0003	5701	12.2915	0.0001
5800	12.2911	0.0003	5801	12.2915	0.0001
5900	12.2912	0.0002	5901	12.2915	0.0001
6000	12.2912	0.0002	6001	12.2915	0.0001
6100	12.2912	0.0002	6101	12.2915	0.0001
6200	12.2912	0.0002	6201	12.2915	0.0001
6300	12.2912	0.0002	6301	12.2915	0.0001
6400	12.2912	0.0002	6401	12.2915	0.0001
6500	12.2912	0.0002	6501	12.2915	0.0001
6600	12.2912	0.0002	6601	12.2915	0.0001
6700	12.2912	0.0002	6701	12.2915	0.0001
6800	12.2912	0.0002	6801	12.2915	0.0001
6900	12.2912	0.0002	6901	12.2915	0.0001
7000	12.2912	0.0002	7001	12.2915	0.0001

LAMPIRAN 7

Perhitungan perulangan nilai opsi *put* dan *error*-nya

PUT OPTION					
GENAP			GANJIL		
M	Nilai Opsi	Error	M	Nilai Opsi	Error
100	5.1449	0.0144	101	5.1734	0.0141
200	5.1521	0.0072	201	5.1664	0.0071
300	5.1545	0.0048	301	5.164	0.0047
400	5.1557	0.0036	401	5.1629	0.0036
500	5.1565	0.0028	501	5.1622	0.0029
600	5.1569	0.0024	601	5.1617	0.0024
700	5.1573	0.002	701	5.1614	0.0021
800	5.1575	0.0018	801	5.1611	0.0018
900	5.1577	0.0016	901	5.1609	0.0016
1000	5.1579	0.0014	1001	5.1608	0.0015
1100	5.1580	0.0013	1101	5.1606	0.0013
1200	5.1581	0.0012	1201	5.1605	0.0012
1300	5.1582	0.0011	1301	5.1604	0.0011
1400	5.1583	0.001	1401	5.1604	0.0011
1500	5.1584	0.0009	1501	5.1603	0.001
1600	5.1584	0.0009	1601	5.1602	0.0009
1700	5.1585	0.0008	1701	5.1602	0.0009
1800	5.1585	0.0008	1801	5.1601	0.0008
1900	5.1586	0.0007	1901	5.1601	0.0008
2000	5.1586	0.0007	2001	5.1601	0.0008
2100	5.1587	0.0006	2101	5.16	0.0007
2200	5.1587	0.0006	2201	5.16	0.0007
2300	5.1587	0.0006	2301	5.16	0.0007
2400	5.1587	0.0006	2401	5.1599	0.0006
2500	5.1588	0.0005	2501	5.1599	0.0006
2600	5.1588	0.0005	2601	5.1599	0.0006
2700	5.1588	0.0005	2701	5.1599	0.0006
2800	5.1588	0.0005	2801	5.1598	0.0005
2900	5.1588	0.0005	2901	5.1598	0.0005
3000	5.1589	0.0004	3001	5.1598	0.0005
3100	5.1589	0.0004	3101	5.1598	0.0005
3200	5.1589	0.0004	3201	5.1598	0.0005
3300	5.1589	0.0004	3301	5.1598	0.0005
3400	5.1589	0.0004	3401	5.1598	0.0005
3500	5.1589	0.0004	3501	5.1597	0.0004
3600	5.1589	0.0004	3601	5.1597	0.0004

3700	5.1590	0.0003	3701	5.1597	0.0004
3800	5.1590	0.0003	3801	5.1597	0.0004
3900	5.1590	0.0003	3901	5.1597	0.0004
4000	5.1590	0.0003	4001	5.1597	0.0004
4100	5.1590	0.0003	4101	5.1597	0.0004
4200	5.1590	0.0003	4201	5.1597	0.0004
4300	5.1590	0.0003	4301	5.1597	0.0004
4400	5.1590	0.0003	4401	5.1597	0.0004
4500	5.1590	0.0003	4501	5.1597	0.0004
4600	5.1590	0.0003	4601	5.1597	0.0004
4700	5.1590	0.0003	4701	5.1596	0.0003
4800	5.1590	0.0003	4801	5.1596	0.0003
4900	5.1591	0.0002	4901	5.1596	0.0003
5000	5.1591	0.0002	5001	5.1596	0.0003
5100	5.1591	0.0002	5101	5.1596	0.0003
5200	5.1591	0.0002	5201	5.1596	0.0003
5300	5.1591	0.0002	5301	5.1596	0.0003
5400	5.1591	0.0002	5401	5.1596	0.0003
5500	5.1591	0.0002	5501	5.1596	0.0003
5600	5.1591	0.0002	5601	5.1596	0.0003
5700	5.1591	0.0002	5701	5.1596	0.0003
5800	5.1591	0.0002	5801	5.1596	0.0003
5900	5.1591	0.0002	5901	5.1596	0.0003
6000	5.1591	0.0002	6001	5.1596	0.0003
6100	5.1591	0.0002	6101	5.1596	0.0003
6200	5.1591	0.0002	6201	5.1596	0.0003
6300	5.1591	0.0002	6301	5.1596	0.0003
6400	5.1591	0.0002	6401	5.1596	0.0003
6500	5.1591	0.0002	6501	5.1596	0.0003
6600	5.1591	0.0002	6601	5.1596	0.0003
6700	5.1591	0.0002	6701	5.1596	0.0003
6800	5.1591	0.0002	6801	5.1596	0.0003
6900	5.1591	0.0002	6901	5.1595	0.0002
7000	5.1591	0.0002	7001	5.1595	0.0002

RIWAYAT HIDUP

Hadi, lahir di Grobogan, 04 Mei 1998, biasa dipanggil Hadi. Penulis merupakan anak keenam dari pasangan bapak Supadi dan ibu Sarni. Bertempat tinggal di Dusun Jati Tengah RT 05/ RW 05, Desa Pelem, Kecamatan Gabus, Kabupaten Grobogan. Pendidikan penulis ditempuh di TK SD 1 Pelem lulus pada tahun 2004, kemudian dilanjutkan di SD 4 Pelem lulus pada tahun 2010. Kemudian melanjutkan di Madrasah Tsanawiyah (MTs) Al-Hamidah lulus pada tahun 2013 dan sekolah menengah atas di SMA N 1 Gabus lulus pada tahun 2016. Selanjutnya, pada tahun 2016 menempuh kuliah di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Jurusan Matematika.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti kompetisi riset mahasiswa pada tahun 2019 dengan judul "Perbandingan Perhitungan Opsi *Barrier Call* dan *Barrier Put* dengan Empat Model Binomial". Penulis juga pernah ikut organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Matematika Integral Anggota PNJ pada tahun 2017/2018. Penulis juga pernah meluangkan waktu bekerja *part time* di CV IMAWA dengan jabatan marketing pada tahun 2018. Penulis juga pernah meluangkan waktu bekerja *part time* di Asuransi Manulife, Jabatan Agent Branch Malang Great Team pada tahun 2018/2019. Penulis juga meluangkan waktu bekerja *part time* di PropNex Indonesia cabang Malang, jabatan Marketing Associate pada tahun 2017/2018, jabatan Team Manager pada tahun 2019 hingga sekarang. Penulis juga meluangkan waktu bekerja *part time* di PropNex Indonesia cabang Malang, jabatan Koordinator Perumahan, Ruko, dan Pasar Modern pada tahun 2018 hingga sekarang.

KEMENTRIAN 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 : Hadi
NIM : 16610040
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika
Judul Skripsi : Metode *Split Tree* Dalam Penentuan Nilai Opsi *Vanilla* Tipe Eropa.
Pembimbing I : Abdul Aziz, M.Si
Pembimbing II : Evawati Alisah. M.Pd

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	3 Oktober 2019	Setor dan Konsultasi Judul	1.
2.	21 Oktober 2019	ACC Judul dan Konsultasi BAB I	2.
3.	7 November 2019	Konsultasi BAB I	3.
4.	5 Desember 2019	Revisi BAB I dan Setor BAB II	4.
5.	6 Januari 2020	Revisi Bab II	5.
6.	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