METODE BINOMIAL UNTUK PERHITUNGAN HARGA OPSI EROPA DAN OPSI ASIA EROPA

SKRIPSI

Oleh:
MAHATVA CAHYANINGTYAS
NIM. 09610004

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

METODE BINOMIAL UNTUK PERHITUNGAN HARGA OPSI EROPA DAN OPSI ASIA EROPA

SKRIPSI

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

Oleh:
MAHATVA CAHYANINGTYAS
NIM. 09610004

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2014

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

METODE BINOMIAL UNTUK PERHITUNGAN HARGA OPSI EROPA DAN OPSI ASIA EROPA

SKRIPSI

Oleh:
MAHATVA CAHYANINGTYAS
NIM. 09610004

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 13 Januari 2014

Dosen Pembimbing I,	Dosen Pembimbing II,
Abdul Aziz, M.Si	Abdussakir, M.Pd
NIP. 19760318 200604 1 002	NIP. 19751006 200312 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

METODE BINOMIAL UNTUK PERHITUNGAN HARGA OPSI EROPA DAN OPSI ASIA EROPA

SKRIPSI

Oleh:
MAHATVA CAHYANINGTYAS
NIM. 09610004

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 10 April 2014

Penguji Utama	: Dr. Sri Harini, M.Si NIP. 19731014 200112 2 002	_____
Ketua Penguji	: Fachrur Rozi, M.Si NIP. 19800527 200801 1 012	_____
Sekretaris Penguji	: Abdul Aziz, M.Si NIP. 19760318 200604 1 002	_____
Anggota Penguji	: Dr. Abdussakir, M.Pd NIP. 19751006 200312 1 001	_____

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MAHATVA CAHYANINGTYAS

NIM : 09610004

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Metode Binomial untuk Perhitungan Harga Opsi Eropa dan Opsi Asia Eropa

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

Malang, 13 Januari 2014

Yang membuat Pernyataan,

Mahatva Cahyaningtyas
NIM. 09610004

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Motto

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَـٰنِ ٱلرَّحِيمِ ﴿١﴾

رَبِّ ٱشْرَحْ لِى صَدْرِى ﴿٢٥﴾ وَيَسِّرْ لِىٓ أَمْرِى ﴿٢٦﴾

وَٱحْلُلْ عُقْدَةً مِّن لِّسَانِى ﴿٢٧﴾ يَفْقَهُوا۟ قَوْلِى ﴿٢٨﴾

"Ya Tuhanku, lapangkanlah untukku dadaku, dan mudahkanlah untukku urusanku, dan lepaskanlah kekakuan dari lidahku, supaya mereka mengerti perkataanku,

(QS. Thaha: 25-28)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERSEMBAHAN

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

ٱلْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ ٱلْعَٰلَمِينَ

Dengan iringan do'a serta rasa syukur yang tidak terbatas, karya ini peneliti persembahkan kepada:

Ibu **Tasmi** *dan Ayah* **Sapenan Cahyono**

Adik tersayang Yudha MayLinda Cahyono Putri

yang selalu memberi dorongan dan semangat pada peneliti baik secara moril maupun material

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KATA PENGANTAR

Syukur *alhamdulillah* ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah dan inayah-Nya sehingga skripsi dengan judul "**Metode Binomial untuk Perhitungan Harga Opsi Eropa dan Opsi Asia Eropa**" ini dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam semoga dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan manusia ke jalan kebenaran.

Keberhasilan penelitian skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa pikiran, motivasi, tenaga, maupun doa. Karena itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Abdussakir, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan dosen pembimbing agama yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Abdul Aziz, M.Si, selaku dosen pembimbing matematika yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi serta yang dengan sabar telah meluangkan waktunya demi memberikan bimbingan dan arahan kepada peneliti dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Drs. Turmudi, M.Si, selaku dosen wali yang selalu memberi arahan dan bimbingan kepada peneliti dalam penelitian skripsi ini. Bapak dan Ibu dosen

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

serta staf Jurusan Matematika maupun Fakultas yang selalu membantu dan memberikan dorongan semangat semasa kuliah.

6. Bapak Sapenan Cahyono, ibu Tasmi, saudara-saudara tercinta serta segenap keluarga yang tidak pernah berhenti memberikan doa, kasih peneliting, inspirasi, dan motivasi secara moril maupun spirituil serta dukungan kepada peneliti semasa kuliah hingga akhir pengerjaan skripsi ini.
7. Semua Sahabat-sahabat peneliti, di antaranya Yuyun F., Ida F., Alfin F. dan Lani. Semua teman–teman Jurusan Matematika angkatan 2009. Khususnya Rizky A., Roudatul K., Amanatul H., Lita D., Ani A., dan Deri I.. Tidak lupa teman sepembimbing Wahyudi, dan Istiqomah. Terima kasih atas semua pengalaman dan motivasinya yang diberikan dalam penyelesaian penelitian ini.
8. Semua teman-teman di antaranya teman Ma'had kamar 45 Abu Bakar As-Sidhiq tahun 2009, teman kos, dan teman kontrakan.
9. Semua pihak yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu, atas keikhlasan bantuan, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka semua. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak terutama dalam pengembangan ilmu matematika di bidang statistika. Amin.

Malang, Januari 2014

Peneliti

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL
HALAMAN PENGAJUAN
HALAMAN PERSETUJUAN
HALAMAN PENGESAHAN
HALAMAN PERNYATAAN
HALAMAN MOTTO
HALAMAN PERSEMBAHAN
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR SIMBOL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
ABSTRAK xv
ABSTRACT xvi
ملخص البحث xvii

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Batasan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Metode Penelitian 6
1.7 Sistematika Penulisan 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Binomial 9
2.2 Opsi 10
2.2.1 Pengertian Opsi 10
2.2.2 Jenis-jenis Opsi 10
2.2.3 Kontrak Opsi 11
2.2.4 Keuntungan dan Kerugian Pihak yang terlibat 12
2.3 Metode Binomial Eropa 13
2.3.1 Metode Binomial Harga Saham 13
2.4 Model Opsi Eropa 17
2.5 Model Opsi Asia 18
2.6 Mengamalkan Ilmu dalam Al-Qur'an 19

BAB III PEMBAHASAN
3.1 Konstruksi Model Binomial Perhitungan Harga Saham 25
3.1.1 Perhitungan Harga Opsi Eropa 25
3.1.2 Perhitungan Harga Opsi Asia Eropa 26
3.2 Parameter-parameter *u*, *d*, dan *p* 27

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.3 Algoritma Harga Opsi 31
3.3.1 Algoritma Harga Opsi Eropa 32
3.3.2 Algoritma Harga Opsi Asia Eropa 34
3.4 Simulasi Menggunakan MATLAB 35
3.4.1 Harga Saham Lebih Besar dari Harga Ketentuan 39
3.4.2 Harga Saham Sama Dengan dari Harga Ketentuan 49
3.4.3 Harga Saham Kurang Dari Harga Ketentuan 57
3.5 Analisis Simulasi Grafik 67
3.6 Kajian Agama 68

BAB IV PENUTUP
4.1 Kesimpulan 71
4.2 Saran 71

DAFTAR PUSTAKA 72
LAMPIRAN

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR SIMBOL

Simbol-simbol yang digunakan di skripsi ini antara lain:

S	=	Harga saham
K	=	Harga ketentuan
u	=	Faktor perubahan naik
d	=	Faktor perubahan turun
p	=	Peluang naik
$q=(1-p)$	=	Peluang turun
$e^{r\Delta t}$	=	Bunga
$e^{-r\Delta t}$	=	Diskon
r	=	Suku bunga bebas resiko
σ	=	Volatilitas (tingkat perubahan dalam variabel)
S_M	=	Harga saham pada waktu jatuh tempo
Δt	=	Perubahan harga saham
T	=	Partisi waktu
M	=	Banyaknya partisi waktu
i	=	Indeks waktu
j	=	Indeks banyaknya harga saham
$E(S)$	=	Ekspektasi harga saham
$\overline{S}$	=	Harga saham rata-rata
V_M	=	Nilai opsi (*payoff*) pada waktu jatuh tempo
V_0	=	Harga opsi saham

DAFTAR GAMBAR

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Gambar 2.1 Kurva *payoff* dan *profit* untuk Opsi *Call* dan Opsi *Put* 13
Gambar 2.2 Grafik Perubahan Harga Saham 14
Gambar 2.3 Grafik Perubahan Harga Opsi 14
Gambar 2.4 Prinsip Metode Binomial 15
Gambar 2.5 Skema Perubahan Harga Saham Secara Binomial 16
Gambar 3.1 Skema Fluktasi Harga Saham Secara Binomial 23
Gambar 3.2 Skema Perubahan *payoff* Secara Binomial 25
Gambar 3.3 Grafik Hasil Simulasi Harga Saham 36
Gambar 3.4 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Harga Saham 36
Gambar 3.5 Grafik Hasil Simulasi Harga Saham 37
Gambar 3.6 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Harga Saham 38
Gambar 3.7 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa 40
Gambar 3.8 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa 42
Gambar 3.9 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa 43
Gambar 3.10 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa 44
Gambar 3.11 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa 45
Gambar 3.12 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Asia Eropa 46
Gambar 3.13 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Call* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes 47
Gambar 3.14 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Put* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes 48
Gambar 3.15 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa 50
Gambar 3.16 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa 51
Gambar 3.17 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa 52
Gambar 3.18 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa 53
Gambar 3.19 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa 54
Gambar 3.20 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Asia Eropa 55
Gambar 3.21 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Call* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes 56
Gambar 3.22 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Put* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes 57
Gambar 3.23 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa 58
Gambar 3.24 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa 60
Gambar 3.25 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa 61
Gambar 3.26 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa 62
Gambar 3.27 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa 63
Gambar 3.28 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Asia Eropa 64
Gambar 3.29 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Call* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes 66
Gambar 3.30 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Put* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes 66

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil Ekspektasi Harga Saham 38
Tabel 3.2 Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa 41
Tabel 3.3 Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa 43
Tabel 3.4 Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa 46
Tabel 3.5 Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa 50
Tabel 3.6 Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa 52
Tabel 3.7 Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa 55
Tabel 3.8 Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa 59
Tabel 3.9 Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa 61
Tabel 3.10 Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa 63
Tabel 3.11 Hasil Simulasi Opsi *Put* Asia Eropa 65

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRAK

Cahyaningtyas, Mahatva. 2014. **Metode Binomial untuk Perhitungan Harga Opsi Eropa dan Opsi Asia Eropa.** Skripsi. Jurusan Matematika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Abdul Azis, M.Si,
(II) Dr. Abdussakir, M.Pd.

Kata Kunci: Metode Binomial, Opsi Eropa, Opsi Asia Eropa

Metode binomial merupakan serangkaian percobaaan yang bersifat independen dan tiap percobaaan dapat menghasilkan dua macam hasil yang berbeda. Metode binomial untuk perhitungan harga opsi yang didasarkan pada perhitungan harga saham. Harga saham pasar bebas kenyataannya selalu mengalami perubahan naik atau turun setiap detiknya atau dengan perubahan waktu. Kemungkinan dua arah perubahan inilah yang digunakan sebagai dasar metode binomial. Metode binomial ini untuk menemukan harga saham waktu jatuh tempo, dari itu dapat memperoleh nilai opsi Eropa. Opsi merupakan sebuah instrumen keuangan yang di antaranya memungkinkan seseorang untuk melakukan spekulasi berkaitan dengan naik atau turunnya harga saham. Opsi juag merupakan suatu perjanjian antara dua pihak, yaitu *writer* dan *holder*. Opsi Eropa di *exercised* pada waktu jatuh tempo. Sedangkan opsi Asia Eropa menggunakan harga saham rata-rata. Untuk mendapatkan hasil yang optimal digunakan tiga simulasi yang ditentukan dari posisi harga saham terhadap harga ketentuan. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa simulasi perhitungan harga opsi Eropa selalu konvergen karena mendekati Black Scholes. Sedangkan harga opsi Asia kekonvergenanya tergantung dari harga saham awal dan harga ketentuan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRACT

Cahyaningtyas, Mahatva. 2014. **Binomial Method for Calculating The Price of European Option and European Asia Option.** Thesis. Department of Mathematics. Faculty of Science and Technology. The State of Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang.
Advisor: (I) Abdul Azis, M.Si,
(II) Dr. Abdussakir, M.Pd

Keywords: Binomial Method, European Option, European Asia Option

Binomial method is a series of independent experiment in the which each experiment is able to produce two different kinds of results. Binomial method for the calculation of the option price based on the calculation of the share price. The share price of the free market always changes up or down every second or with the time change. The possibility of this two-way change is used as the basis of the binomial method. The binomial method is used to find the stock price time of maturity, it can obtain the value of the European option. Option is a financial instrument that enables a person to perform a speculation with regard to rising or falling stock prices. Option is an agreement between two parties, namely writer and holder. European option exercised at the time of maturity. European Asian option is used to find the average price of shares. To optimize the result we use three simulations, which determined the stoke price and the strike price. As the result this study we can conclude that the European option price always converges as it approaches the Black Scholes. While the convergence of European Asian option price can be seen from the initial stock price and strike price.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

البحث ملخص

جهيانيج تياس مهتفا. ٢٠١٤. الطريقة ذي الحدين للخيار أسعار حساب الخيار أوروبا وآسيا أوروبا. الأطروحة.
قسم الرياضيات. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج.
المشرف: (١) عبد لعزيز الماجستير
(٢) الدكتور عبدالشاكير الماجستير

كلمات البحث : الطريقة ذي الحدين، الخيار الأوروبي، الخيار أوروبا آسيا

طريقة الحدين هو سلسلة من التجربة مستقلة وكل تجربة هي قادرة على انتاج نوعين مختلفين من النتائج. طريقة الحدين لحساب سعر الخيار على أساس احتساب سعر السهم. سعر السهم من واقع السوق الحرة دائما يتغير صعودا أو هبوطا كل ثانية أو مع تغير الزمن. يتم استخدام إمكانية التغيير في اتجاهين كأساس لطريقة ذات الحدين. الأسلوب ذي الحدين للعثور على سعر السهم عند استحقاقها، ويمكن الحصول على قيمة الخيار الأوروبي. الخيار هو أداة المالية التي تسمح للشخص لأداء مثل هذه التكهنات فيما يتعلق ارتفاع أو هبوط أسعار الأسهم. الخيار هو اتفاق بين طرفين، هما الكاتب وحامل. الخيار الأوروبي باستخدام أو تجاهل الاتفاقات أجريت في وقت الاستحقاق. الخيار الآسيوية الأوروبية هو العثور على متوسط سعر سهم، عن طريق جمع التوقعات لتكون أكثر وضوحا باستخدام ثلاثة المحاكاة، والتي تحدد سعر السهم وسعر الأحكام، مناقشة هذه الدراسة يمكن استنتاج المحاكاة دائما الأوروبية حساب سعر الخيار يتقاطع وهي تقترب من سكولز الأسود. في حين أن سعر الخيار الآسيوية التقارب الأوروبي يمكن أن ينظر إليه من سعر السهم وثمن الأحكم.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matematika sangat berperan dalam segala aspek kehidupan karena merupakan salah satu alat untuk menyelesaikan persoalan-persoalan yang timbul dalam dunia nyata, misalnya dunia bisnis, dunia teknologi, dan informasi, dunia perbankan dan dunia perindustrian. Persoalan dalam kehidupan itu dapat diidealisasikan dengan suatu pendekatan atau model. Kemudian, diabstrakkan simbol-simbol dalam model matematika yang dapat diselesaikan dengan teori dan teknik matematika yang akan memberi suatu kesimpulan dan prediksi (Nababan, 2004). Suatu eksperimen mungkin terjadi dari serangkaian percobaaan yang bersifat independen dan setiap percobaaan dapat menghasilkan dua macam hasil yang berbeda. Analisis statistik, dalam eksperimen atau peristiwa yang memiliki dua hasil alternatif disebut dengan percobaan binomial (Dajan, 1986).

Metode binomial dalam penelitian ini didasari dengan teori yang telah dipelajari mata kuliah metode statistika Ibnu ‘Abbas Radhiyallaahu ‘anhumaa berkata “Barang siapa yang berusaha mengamalkan ilmu yang telah diketahuinya, maka Allah akan menunjukkan mereka apa yang belum diketahui”. Allah berfirman dalam surat An-Nisa’ ayat 66:

وَلَوْ أَنَّهُمْ فَعَلُوا۟ مَا يُوعَظُونَ بِهِۦ لَكَانَ خَيْرًا لَّهُمْ وَأَشَدَّ تَثْبِيتًا ﴿٦٦﴾

Artinya: dan Sesungguhnya kalau mereka melaksanakan pelajaran yang diberikan kepada mereka, tentulah hal yang demikian itu lebih baik bagi mereka dan lebih menguatkan (iman mereka),

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Amalan adalah tanda dari kesempurnaan iman seseorang. Jadi apabila didapati seorang yang berilmu namun hanya sebatas ilmu "teori" tanpa dipraktikkan, kesempurnaan imannya patut untuk diragukan. Oleh karena itu, peneliti ingin memanfaatkan kembali teori metode binomial dan menerapkan ke dalam perhitungan harga saham.

Metode binomial untuk pertama kali dikembangkan secara simultan oleh Cox, Ross, dan Rubinstein (1979) atau CRR serta Rendlemen dan Bartter (1979) dengan mengasumsikan bahwa dalam suatu interval waktu, harga saham akan naik sebesar faktor *u* (*up*) dan akan turun sebesar faktor *d* (*down*) karena dipengaruhi oleh faktor suku bunga. Selanjutnya CRR mempertimbangkan bahwa pergerakan harga saham juga dipengaruhi faktor volatilitas. Jarrow dan Rudd (1983) (JR) memperbaiki model binomial pada penentuan penaksiran. Metode binomial pada umumnya dipergunakan untuk menentukan nilai opsi terutama yang tidak dapat diturunkan secara analitik. Pada model binomial diasumsikan bahwa harga saham hanya dapat bergerak naik atau turun pada setiap langkahnya.

Dalam penelitian ini peneliti membahas perhitungan harga opsi dengan menghitung harga saham dengan metode binomial. Harga opsi merupakan biaya yang dikeluarkan oleh *holder* untuk mendapatkan kontrak opsi, yang pembayarannya dilakukan pada saat kontrak dibuat (Wilmott et al. 1997 dalam Suyono, 2008). Oleh karena itu, pengetahuan tentang bagaimana menentukan harga opsi yang akurat sangat diperlukan *holder* dalam membuat dan memutuskan strategi perdagangannya. Dalam jual beli opsi saham, harga opsi tergantung pada harga saham. Opsi saham adalah kontrak opsi dimana *underlying asset* yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

diperjualbelikan adalah saham. Harga saham berubah seiring dengan perubahan waktu, sesuai dengan banyaknya permintaan dan penawaran yang tidak dapat ditentukan secara pasti. Sehingga perubahan harga saham dipengaruhi oleh perubahan waktu (Suyono, 2008).

Seorang *holder* suatu opsi harus membuat suatu keputusan apa yang akan dilakukan terhadap tanggungan kontrak opsi ini. Keputusannya akan ditentukan pada situasi pasar dan tipe opsi ini. Terdapat dua jenis kontrak opsi yang paling mendasar, yaitu opsi *call* dan opsi *put.* Suatu opsi *call* memberikan hak kepada pembeli untuk membeli suatu saham tertentu dengan jumlah tertentu pada harga yang telah ditentukan selama periode waktu tertentu pula. Sedangkan opsi *put* memberikan hak kepada pembeli untuk menjual suatu saham tertentu dengan jumlah tertentu pada harga yang telah ditentukan selama periode waktu tertentu pula. Opsi *call* dan opsi *put* tersebut termasuk tipe opsi Eropa. Penggunaan hak untuk menjual atau membeli saham dalam kontrak opsi dikatakan sebagai tindakan eksekusi (*exercised*). Berdasarkan waktu eksekusi terdapat beberapa tipe opsi, yaitu opsi Eropa, opsi Amerika, dan opsi Asia.

Opsi Asia merupakan opsi yang *payoff*-nya tergantung pada rata-rata harga aset dasar selama periode yang telah ditentukan terlebih dahulu (Rudiger, 2002). Tipe dasar rata-rata harga saham rata-rata aritmatika. Rata-rata ini dapat dibentuk secara diskrit. Pada opsi Asia tidak terdapat solusi analitik dalam perhitungan harga opsi. Akan tetapi, terdapat rumus pendekatan atau aproksimasi yang digunakan untuk mencari harga opsi ini salah satunya dengan metode binomial (Erik, 2010).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Dalam penelitian ini peneliti ingin mengetahui bagaimana mencari *payoff* opsi Eropa dan opsi Asia Eropa dari harga saham yang dihitung dengan metode binomial dengan bantuan program MATLAB. Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti mengambil judul **"Metode Binomial untuk Perhitungan Harga Opsi Eropa dan Opsi Asia Eropa"**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana metode binomial untuk perhitungan harga opsi Eropa dan opsi Asia Eropa ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menjelaskan perhitungan harga opsi Eropa dan opsi Asia Eropa dengan menggunakan metode binomial.

1.4 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi kerancuan terhadap maksud dan isi dari penelitian ini, maka perlu adanya pembatasan masalah. Pada penelitian ini peneliti hanya membahas perhitungan harga opsi Asia Eropa dengan metode binomial, dengan menggunakan asumsi:

1. Waktu *exercised* opsi menggunakan tipe Eropa
2. Aset dasar yang digunakan berupa saham
3. Harga S, sebagai harga awal, selama setiap periode waktu Δt hanya dapat berubah dalam dua kemungkinan, yaitu naik menjadi S_u atau turun menjadi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

S_d dengan $0 < d < u$. Disini u dan d masing-masing merupakan faktor perubahan naik dan turun yang konstan untuk setiap Δt

4. Peluang perubahan naik adalah p, P(naik) = p sehingga P(turun) = $(1-p)=q$
5. Ekspektasi harga saham secara acak kontinu, dengan suku bunga bebas resiko (r), dari S_i pada waktu t_i menjadi S_{i+1} pada waktu t_{i+1} adalah:

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

6. Harga saham secara acak kontinu, dengan faktor suku bunga (r) didasarkan pada tingkat perubahan yang terjadi pada data real yaitu $\left(r+\sigma^2/2\right)$, jadi pada saat ekspektasi harga saham kuadrat secara perubahan acak kontinu adalah:

$$E(S_{i+1}^2) = S_i^2 e^{(2r+\sigma^2)\Delta t}$$

7. Tidak ada pembayaran *dividen* (δ), selama periode waktu tersebut
8. Perbandingan harga opsi yang dipakai dalam opsi Eropa adalah Black Scholes
9. Untuk kasus opsi Asia Eropa menggunakan rata-rata aritmatik

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

a. Bagi Peneliti

Penelitian ini merupakan kesempatan bagi peneliti untuk mengaplikasikan metode Binomial dengan pengetahuan tentang perhitungan nilai opsi Eropa dan opsi Asia Eropa.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

b. Bagi Pembaca

1. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan rujukan dan pengembangan pembelajaran komputasi keuangan.
2. Sebagai contoh studi kasus mata kuliah pilihan komputasi keuangan yang pernah dipelajari di bangku kuliah. Khususnya metode perhitungan binomial.
3. Penelitian ini dapat memberikan metode alternatif untuk membuat prediksi atau perkiraan dalam penentuan harga opsi saham.

c. Bagi Lembaga

1. Penelitian ini dapat meningkatkan pengembangan wawasan keilmuan Matematika.
2. Membandingkan penelitian yang sudah ada dengan metode lain. Menerapkan dan mengaktualisasikan ilmu matematika khususnya pada komputasi keuangan.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara utama yang akan ditempuh untuk menemukan jawaban dari suatu permasalahan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur. Secara umum langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan konstruksi model binomial harga saham
   a. Perhitungan harga opsi Eropa
   b. Perhitungan harga opsi Asia Eropa
2. Mencari parameter u, d, dan p

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Membuat algoritma harga opsi
    a. Algoritma perhitungan harga opsi Eropa
    b. Algoritma perhitungan harga opsi Asia Eropa
4. Membuat simulasi menggunakan MATLAB
5. Analisis simulasi grafik

1.7 Sistematika Penulisan

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

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Tinjauan Pustaka

Bagian ini menjelaskan tentang gambaran umum dari teori yang mendasari pembahasan seperti Binomial, *options* (opsi), metode binomial Eropa , Model *European option*, dan Model *Asian European option*.

Bab III Pembahasan

Bab ini merupakan bab inti dari penelitian yang menjabarkan tentang gambaran objek penelitian dan hasil dari penelitian yaitu metode binomial untuk perhitungan harga opsi Asia Eropa.

Bab IV Penutup

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Binomial

Suatu eksperimen mungkin terjadi dari serangkaian percobaan yang bersifat independen dan tiap percobaaan dapat menghasilkan dua macam hasil yang berbeda. Analisa statistik, dalam eksperimen atau peristiwa yang memiliki dua hasil alternatif disebut dengan percobaan binomial (Dajan, 1986).

Definisi 2.1.1

Eksperimen Binomial: Suatu atau serangkaian eksperimen dinamakan eksperimen binomial bila dan hanya bila eksperimen yang bersangkutan terdiri dari percobaan-percobaan binomial.

Anggaplah p adalah probabilitas bahwa suatu kejadian akan terjadi dalam suatu percobaan tunggal sembarang (disebut peluang keberhasilan), maka $q = 1 - p$ adalah probabilitas bahwa suatu kejadian akan gagal dalam setiap satu percobaan (disebut peluang kegagalan). Probabilitas bahwa suatu kejadian akan terjadi tepat x kali dalam n percobaan (artinya, keberhasilan-keberhasilan (sukses) dan $n - x$ kegagalan akan terjadi) ditentukan oleh fungsi probabilitas

$$f(x) = P(X = x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x} \qquad (2.1)$$

dimana variabel acak X melambangkan jumlah keberhasilan dalam n percobaan dan $x = 0, 1, \ldots, n$. Pada persamaan (2.1) fungsi probabilitas diskrit seringkali disebut distribusi binomial karena untuk $x = 0, 1, \ldots, n$, fungsi tersebut bersesuaian dengan suku-suku yang berurutan dalam ekspansi binomial

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$(q+p)^n = q^n + \binom{n}{1} q^{n-1}p + \binom{n}{2} q^{n-2}p^2 + \ldots + p^n \qquad (2.2)$$

Kasus-kasus dari suatu distribusi binomial dengan *n = 1* juga disebut distribusi bernouli (Schiller, dkk, 2004).

2.2 Opsi

2.2.1 Pengertian Opsi

Opsi (*Option*) adalah sebuah hak atau suatu kontrak antara *writer* (penjual) dan *holder* (pembeli) pemegang opsi yang memberikan hak, kepada *holder* (pemegang option) untuk membeli atau menjual suatu aset pokok (*underlying asset*) pada suatu tanggal tertentu untuk suatu harga tertentu. Opsi merupakan sebuah instrumen keuangan yang di antaranya memungkinkan seseorang untuk melakukan spekulasi berkaitan dengan naik atau turunnya harga dari suatu aset yang mendasari (*underlying asset)*, misalnya saham perusahaan, mata uang, komoditas pertanian, dan sebaginya. Opsi merupakan suatu perjanjian antara dua pihak, yaitu *writer* sebagai penyusun kontrak opsi yang seringkali adalah sebuah *bank* dan *holder* (pemegang option) sebagai pembeli opsi dengan harga pasar yang telah disepakati (*premium*) (Rudiger, 2002).

2.2.2 Jenis-Jenis Opsi

Ada dua tipe dasar opsi, yaitu *call* dan *put.* Opsi *call* adalah hak untuk membeli sejumlah tertentu suatu *underlying asset* dengan harga sebesar *strike price*, pada waktu jatuh tempo (*maturity date*). Sedangkan opsi *put* adalah hak untuk menjual sejumlah tertentu suatu *underlying asset* dengan harga sebesar *strike price* pada waktu jatuh tempo (*maturity date*) (Bodie, 2005).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.2.3 Kontrak Opsi

Kontrak opsi adalah suatu perjanjian yang memberikan hak kepada *holder* untuk membeli suatu *underlying asset*. Pada tingkat harga tertentu (*striking price*) pada saat tanggal tertentu (*maturity date*). Opsi saham adalah kontrak opsi dimana *underlying asset* yang diperjualbelikan adalah saham. Seorang *holder* suatu opsi harus membuat suatu keputusan apa yang akan ia lakukan terhadap tanggungan kontrak hak opsi ini. Keputusannya akan ditentukan pada situasi pasar, dan tipe opsi ini. Misalkan pada *call* opsi Eropa, dia dapat mengabaikan opsi ini bila harga saham (*stock price*) di pasar pada waktu jatuh tempo (*maturity date)* lebih rendah dari pada harga *call* opsi (*strike price*), karena tidak dapat memberikan keuntungan. Ia lebih baik membeli saham serupa di pasar dengan harga yang lebih rendah dari pada membelinya pada *writer* dengan harga *strike price.* Sebaliknya, *holder* tentu akan menjadikan kontrak (*exercised*) pada *put* opsi bila situasi harga pasar seperti di atas. Dengan menjual saham seharga *strike price* yang lebih tinggi dari harga pasar, ia akan mendapatkan keuntungan dengan membeli saham di pasar kemudian menjualnya pada *writer*. *Writer* harus bersedia untuk membeli saham dari *holder* yang telah membeli opsi *put*-nya sebagai risiko transaksi. Opsi yang hanya dapat digagalkan (*expired*) atau dijadikan (*exercised*) kontraknya pada waktu jatuh tempo seperti di atas dinamakan sebagai opsi Eropa (Bodie, 2005).

Menurut Seydel (2006) jika S_T adalah harga saham di pasar pada waktu T dan K adalah *strike price* maka keuntungan atau nilai *payoff* untuk kedua jenis opsi di atas diberikan oleh:

$$C(S_T - T) = S_T - K \text{ , jika } S_T > K \text{ (opsi di-}exercise\text{), atau} \qquad (2.3)$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$C(S_T - T) = 0, \text{ jika } S_T \leq K \text{ (opsi tidak di-}exercise\text{)} \quad (2.4)$$

untuk opsi *call*. Sedangkan untuk opsi *put* diberikan oleh

$$P(S_T - T) = K - S_T, \text{ jika } K > S_T \text{ (opsi di-}exercise\text{), atau} \quad (2.5)$$

$$P(S_T - T) = 0, \text{ jika } K \leq S_T \text{ (opsi tidak di-}exercise\text{)} \quad (2.6)$$

Sehingga, untuk singkatnya nilai *payoff* untuk kedua opsi di atas adalah

$$C = \max(S_T - K) \text{ atau } C = (S_T - K, 0)^+, \quad (2.7)$$

$$P = \max(K - S_T) \text{ atau } P = (K - S_T, 0)^+ \quad (2.8)$$

2.2.4 Keuntungan dan Kerugian Pihak yang Terlibat

Harga saham bebas di pasar bebas pada waktu tertentu yang akan datang tidak dapat dipastikan oleh seseorang. Harga saham dapat mengalami perubahan turun naik setiap detiknya. Padahal, harga saham sangat diperlukan *holder* dan *writer* dalam pembuatan perjanjian opsi. Mereka dapat menentukan harga opsi yang mungkin menguntungkan bagi kedua pihak, memperkirakan harga saham di pasar bebas pada waktu tertentu dengan cara memodelkan gerakan fluktuasi harga saham (Aziz, 2004).

Writer memperoleh keuntungan dari biaya atau harga opsi dari *holder*, baik *holder* melaksanakan haknya maupun tidak melaksanakan haknya. *Holder* (pemegang opsi) akan mendapatkan untung, jika menggunakan hak opsinya, dari nilai opsi yang diperoleh dari selisih harga saham pada pasar bebas dengan harga saham pada opsi, yang diistilahkan dengan *payoff* (*V*) setelah dikurangi dengan harga opsi (*option price*), yang diistilahkan dengan *profit* atau keuntungan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

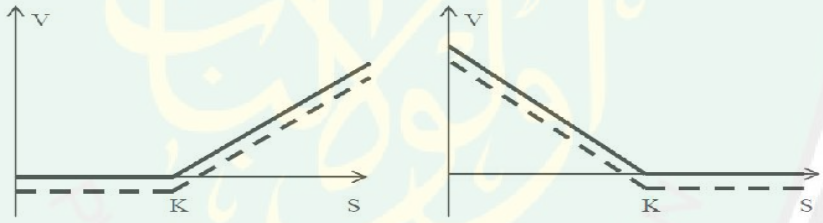
Keuntungan atau kerugian yang diperoleh *holder* atau pemegang opsi *call* pada waktu *T*:

$$Profit \;=\; payoff - harga\;\; option = V_c - c = \max(K - S_T, 0) - C$$

sebaliknya, bagi pemegang opsi *put* akan mendapatkan keuntungan atau kerugian:

$$Profit \;=\; payoff \text{ - } harga\;\; option = V_p - c = \max(K - S_T, 0) - P$$

Artinya, jika *profit* bernilai positif maka pemegang opsi mendapatkan keuntungan, dan sebaliknya jika negatif merupakan kerugian yang maksimal sebesar harga opsi. Berikut ini adalah gambar kurva fungsi *payoff* dan *profit* untuk opsi *call* dan opsi *put*. *Profit* diperoleh dari pengurangan harga transaksi pada saat membeli opsi terhadap nilai *payoff* yang diperoleh (Aziz, 2004).



Gambar 2.1 Kurva *Payoff* (garis tebal) dan *Profit* (garis putus-putus) untuk Opsi *Call* dan Opsi ***Put*** (Kerman, 2002).

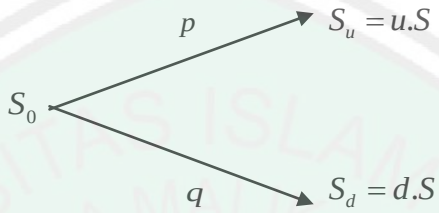
2.3 Metode Binomial Eropa

2.3.1 Model Binomial Harga Saham

Pada kenyataannya harga saham di pasar bebas akan selalu berubah naik atau turun dengan perubahan waktu. Kemungkinan dua arah perubahan inilah yang digunakan sebagai dasar model binomial. Misalkan harga saham pada saat

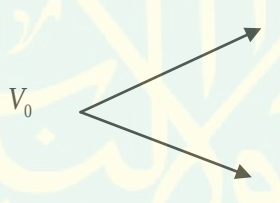
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

t=0, saat pembuatan opsi, adalah S_0, pada saat $t = T$ akan naik dengan peluang p menjadi S_u atau akan turun dengan peluang q menjadi S_d.



Gambar 2.2. Grafik Perubahan Harga Saham

Sehingga nilai opsi pada saat $t = 0$ saat pembuatan opsi, adalah V_0 dan pada saat $t = T$ akan naik menjadi U atau akan turun menjadi D (Aziz, 2004).



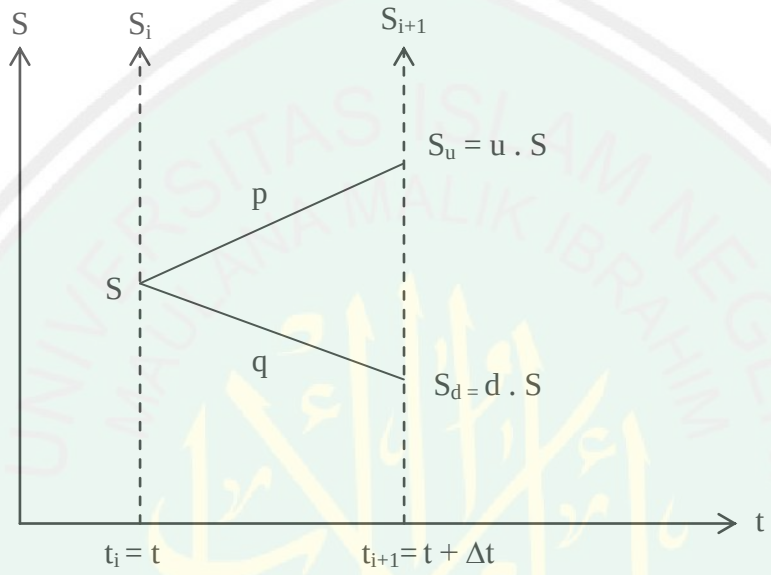
Gambar 2.3. Grafik Perubahan Harga Opsi

Pemodelan matematika diharapkan dapat membantu untuk memahami keadaan sekarang dan prediksinya pada waktu yang akan datang. Oleh karena itu, agar model binomial ini dapat berhasil dengan lebih baik maka harus sesuai dengan keadaan dunia nyata. Masalah yang dihadapi sekarang adalah bagaimana kita memilih p, u, dan d sedemikian hingga model binomial ini mendekati pada keadaan dunia nyata (Aziz, 2004).

Memulai dengan diskritisasi, yaitu menjadikan waktu kontinu t menjadi diskrit dengan menggantikan t oleh waktu yang sama lamanya katakanlah t_i. bidang (S,t) diwakili oleh garis-garis lurus paralel dengan jarak Δt. Mengganti nilai-nilai kontinu S_i sepanjang paralel $t = t_i$ dengan nilai-nilai diskrit S_{ji}, untuk

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

semua i dan j yang sesuai. Untuk lebih memahami lihat gambar 2.4. Gambar ini menunjukkan sebuah hubungan grid, katakanlah perubahan dari t ke $t+\Delta t$, atau dari t_i ke t_{i+1}.



Gambar 2.4. Prinsip Metode Binomial

Misalkan digunakan notasi sebagai berikut:

M = banyaknya selang waktu

i = indeks waktu, t_i = waktu ke-i

j = indeks kemungkinan harga saham

$$\Delta t = \frac{T}{M}$$

$$t_i : i.\Delta t, \qquad i = 0,1,2,3,...,M \qquad j = 0,1,2,3,...,i$$

$$S_i : S(t_i)$$

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam pemodelan ini adalah:

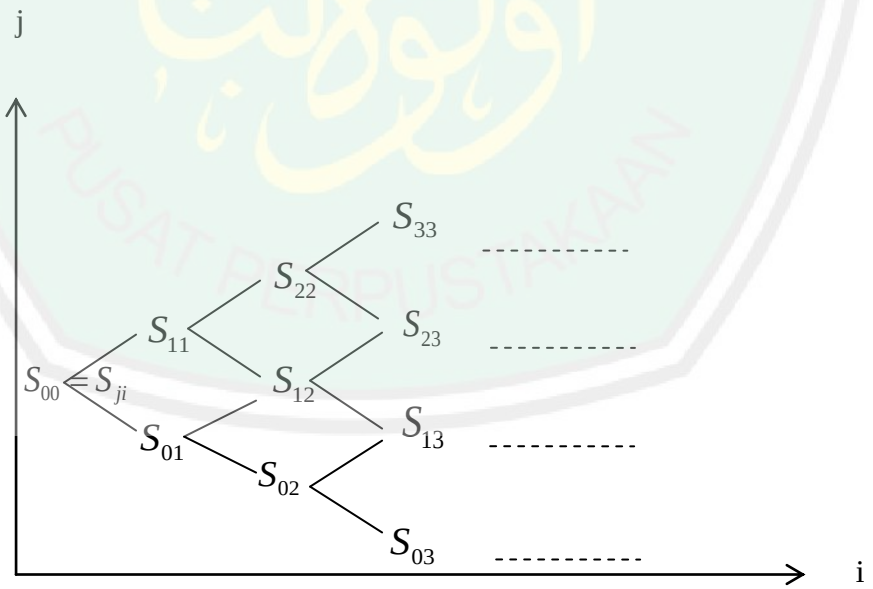
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1. Harga S, sebagai harga awal, selama setiap periode waktu Δt hanya dapat berubah dalam dua kemungkinan yaitu naik menjadi S_u atau turun menjadi S_d dengan $0 < d < u$. Dimana u dan d masing-masing merupakan faktor perubahan naik dan turun yang konstan untuk setiap Δt.
2. Peluang perubahan naik adalah p, P(naik) = p. Sehingga P(turun) = $q=(1-p)$.
3. Ekspektasi harga saham secara acak kontinu, dengan suku bunga bebas resiko (r), dari S_i pada waktu t_i menjadi S_{i+1} pada waktu t_{i+1} adalah:

$$E(S_{i+1}) = S_i.e^{r\Delta t} \tag{2.9}$$

4. Tidak ada pembayaran dividen (δ) selama periode waktu tersebut.

Skema (*tree*) untuk fluktuasi harga saham secara diskrit dapat dibangun menggunakan model binomial (Aziz, 2004).



Gambar 2.5. Skema Perubahan Harga Saham Secara Binomial

Berdasarkan skema 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 $S_{11} = Su$.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Sehingga secara umum harga saham pada saat $t = t_i$ terdapat i+1 kemungkinan dengan rumus umum:

$$S_{ji} = S_0 u^j d^{i-j},\ i = 0,1,\ldots,M \qquad j = 0,1,\ldots i \quad \text{dan } i \geq j \tag{2.10}$$

2.4 Model Opsi Eropa

Pada opsi Eropa untuk mencari harga saham pada waktu jatuh tempo menggunakan rumus (2.10) dan untuk mencari nilai opsi (*payoff*) pada jatuh tempo menggunakan rumus:

untuk menemukan nilai opsi *call*

$$V_M = \max\left(S_{jM} - k, 0\right) \tag{2.11}$$

dan untuk menemukan harga saham dari *payoff call* yang disimbolkan V_0 dengan cara

$$V_0 = e^{-r\Delta t}\left(pV_{j+1,i+1} + qV_{j,i+1}\right) \tag{2.12}$$

untuk menemukan nilai opsi *put*

$$V_M = \max\left(k - S_{jM}, 0\right) \tag{2.13}$$

dan untuk menemukan harga saham dari *payoff put* yang disimbolkan V_0 dengan cara

$$V_0 = e^{-r\Delta t}\left(pV_{j+1,i+1} + qV_{j,i+1}\right) \tag{2.14}$$

dan untuk perbandingan harga opsi Eropa menggunakan Black Scholes (Aziz, 2004).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.5 Model Opsi Asia

Seydel (2009) menyatakan bahwa ada beberapa cara bagaimana rata-rata nilai dari harga saham S_t dapat dibentuk, jika harga S_M diamati pada waktu diskrit. Menurut Higham (2004) contoh t_M, mengatakan *equidistantly* dengan interval waktu $\Delta t = T/M$. Sehingga rata-rata aritmatika (*mean aritmatic*):

$$\overline{S} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} S_i \tag{2.15}$$

Jika hasil observasi sampel dalam periode $0 \le t \le T$, sehingga opsi Asia adalah rata-rata perkembangan harga saham $\left(\overline{S}\right)$ fungsi hasil dari opsi tipe Asia didefinisikan sebagai:

$\left(\overline{S} - k, 0\right)^{+}$ harga rata-rata *call* (2.16)

$\left(k - \overline{S}, 0\right)^{+}$ harga rata-rata *put* (2.17)

Harga opsi disebut juga *rate option* atau *fixed strike option. Strike option* disebut juga *floating strike option. Payoff* pada definisi persamaan (216) dan persamaan (2.17), $S > 0$ dan $\overline{S} > 0$, untuk menemukan nilai opsi *call*

$$V_M = \max\left(\overline{S} - k, 0\right) \tag{2.18}$$

untuk menemukan nilai opsi *put*

$$V_M = \max\left(k - \overline{S}, 0\right) \tag{2.19}$$

dan untuk menemukan nilai *option* awal acak kontinu menggunakan diskon, dengan *r* = suku bunga bebas resiko yaitu:

$$V_0 = e^{-r\Delta t} V_M \quad \text{(Higham, 2004)} \tag{2.20}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.6 Mengamalkan Ilmu dalam Al-Qur'an

Imam Ahmad mengatakan, *"Menuntut ilmu dan mengajarkannya lebih utama dari pada berjihad dan amal sunnah lainnya"*. Karena ilmu itu adalah asas dan pokok segala urusan, bahkan dia merupakan ibadah paling agung serta kewajiban kolektif (*fardhu kifayah*) yang paling ditekankan. Bahkan dengan ilmu Islam dan kaum muslimin tetap hidup (Micro, 2010). Syaikh Nu'man bin Abdul Karim Al-Watr mengatakan, "Di dalam Al-Qur'an Allah *Ta'ala* sering sekali menyebutkan amal shalih beriringan dengan iman". Allah juga mencela orang-orang yang mengatakan apa-apa yang mereka tidak kerjakan. Allah juga mengabarkan bahwa perbuatan seperti itu sangat dimurkai-Nya. Allah berfirman dalam surat Ash-Shaff Ayat 2 dan 3:

يَٰٓأَيُّهَا ٱلَّذِينَ ءَامَنُواْ لِمَ تَقُولُونَ مَا لَا تَفۡعَلُونَ ٢ كَبُرَ مَقۡتًا عِندَ ٱللَّهِ أَن تَقُولُواْ مَا لَا تَفۡعَلُونَ ٣

Artinya: "Wahai orang-orang yang beriman, kenapa kalian mengatakan apa yang tidak kalian kerjakan. Sungguh besar kemurkaan di sisi Allah karena kalian mengatakan apa-apa yang tidak kalian kerjakan."

Adapun orang yang tidak beramal dengan ilmunya maka ilmu yang didapatkannya sangat cepat hilang. Sebagian ulama salaf mengatakan, "Dahulu kami mencari sarana pendukung dalam rangka menghafalkan hadits dengan cara mengamalkannya". Selain itu, ulama lain mengatakan, "Barang siapa yang mengamalkan ilmu yang diketahuinya niscaya Allah akan mewariskan kepadanya ilmu lain yang belum dia ketahui. Barang siapa yang tidak beramal dengan ilmu yang sudah diketahuinya maka sangat dikhawatirkan Allah akan melenyapkan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ilmu yang dimilikinya" (Micro, 2010). Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode binomial yang sudah dipelajari dalam pelajaran sebelumnya, untuk mengetahui dan menerapkan teori yang dibutuhkan untuk mengaplikasikan secara langsung dalam dunia nyata. Penelitian ini menerapkan kembali ilmu pengetahuan yang sudah dipelajari. Ilmu pengetahuan sangat luas maknanya mulai dari ilmu agama dan ilmu-ilmu yang berhubungan dengan matematika, karena pengetahuan dapat menghilangkan kebodohan yang akan membawa manusia tahu akan pentingnya ilmu sehingga tidak henti-hentinya untuk mencari dan mempelajari ilmu tersebut.

Salah satunya dalam mempelajari ilmu sains mengungkapkan bahwa alam semesta ini tidak terjadi secara kebetulan. "Tuhan tidak sedang bermain dadu", ungkap Albert Einstein. Semua berdasarkan perhitungan, ukuran, dan perencanaan yang matang, bahkan ketika dentuman besar pertama dimana Allah, dengan kata "Kun-Nya", jadilah, menciptakan alam semesta dalam hitungan $t = 0$ hingga 10^{-43} detik. Stepphen Hawking mengatakan "Seandainya pada saat dentuman besar terjadi kurang atau lebih cepat seperjuta detik saja, maka alam semesta tidak akan seperti ini".

Alam semesta memuat bentuk-bentuk dan konsep matematika, meskipun alam semesta tercipta sebelum matematika ada. Alam semesta serta segala isinya diciptakan oleh Allah dengan ukuran-ukuran yang cermat dan teliti, dengan perhitungan-perhitungan yang mapan dan rumus-rumus serta persamaan yang seimbang dan rapi (Abdussakir, 2007).

Allah berfirman dalam surat Al-Furqan ayat 2 sebagai berikut:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ٱلَّذِى لَهُۥ مُلۡكُ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلۡأَرۡضِ وَلَمۡ يَتَّخِذۡ وَلَدٗا وَلَمۡ يَكُن لَّهُۥ شَرِيكٞ فِي ٱلۡمُلۡكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيۡءٖ فَقَدَّرَهُۥ تَقۡدِيرٗا ٢

Artinya: yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu baginya dalam kekuasaan(Nya), dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya.

Semua yang ada di alam ini, ada ukurannya, ada hitungannya, ada rumusnya atau ada persamaannya. Ahli matematika atau fisika tidak membuat suatu rumus sedikit pun tetapi mereka hanya menemukan rumus atau persamaan tersebut. Apabila dalam kehidupan terdapat suatu permasalahan, manusia harus berusaha untuk menemukan solusinya.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III

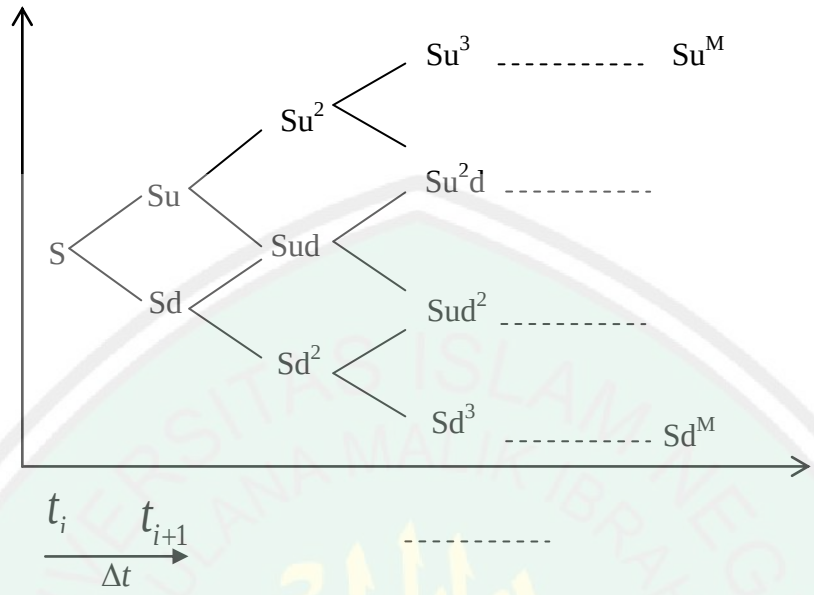
PEMBAHASAN

3.1 Konstruksi Model Binomial Perhitungan Harga Saham

Berdasarkan konstruksi tentang metode binomial untuk perhitungan harga opsi Eropa, yang didasarkan pada perhitungan harga saham. Harga saham pada waktu tertentu sangat diperlukan oleh *holder* (pembeli) dan *writer* (penjual) untuk memprediksi nilai opsi. Menghitung harga opsi Eropa dan opsi Asia Eropa terlebih dulu mencari *payoff* atau nilai opsi. Mencari nilai opsi Eropa dan opsi Asia Eropa, pada kontrak opsi yang dilakukan *holder* dan *writer*, saat pertama kali perjanjian *holder* (pembeli) harus menentukan opsi *call* (hak untuk membeli) atau opsi *put* (hak untuk menjual), pada kontrak opsi Eropa dan opsi Asia Eropa diketahui harga saham awal (S_0) dan menentukan harga saham perjanjian (*strike price* (K)) dalam waktu jatuh tempo (*maturity data* (T)).

Menentukan harga saham pada waktu jatuh tempo membutuhkan harga saham awal dengan metode binomial. Harga saham di pasar bebas pada waktu tertentu yang akan datang, tidak dapat dipastikan. Harga saham pasar bebas kenyataannya selalu mengalami perubahan naik atau turun setiap detiknya atau dengan perubahan waktu. Kemungkinan dua arah perubahan inilah yang digunakan sebagai dasar metode binomial. Pada metode binomial, diketahui harga saham awal, untuk mengetahui harga saham sampai dengan jatuh tempo menggunakan persamaan (2.10).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.1. Skema Fluktuasi Harga Saham Secara Binomial

$$S_{ji} = S_0 u^j d^{i-j} \;,\; i = 0,1,\ldots,M \qquad j = 0,1,\ldots i \quad \text{dan } i \geq j \tag{3.1}$$

Persamaan (3.1) digunakan untuk mengetahui harga saham pada waktu jatuh tempo. Dalam waktu yang ke-*t* terdapat ekspektasi harga saham pada persamaan diskrit.

$$\begin{aligned} E(S_1) &= p.S_0 u + q.S_0 d \\ &= (pu + qd) S_0 \end{aligned} \tag{3.2}$$

$$\begin{aligned} E(S_2) &= p.S_1 u + q.S_1 d \\ &= pu(p.S_0 u + q.S_0 d) + qd(p.S_0 u + q.S_0 d) \\ &= p^2 S_0 u^2 + pqS_0 ud + pqS_0 ud + q^2 S_0 d^2 \\ &= p^2 S_0 u^2 + 2pqS_0 ud + q^2 S_0 d^2 \end{aligned}$$

$$E(S_2) = (pu + qd)^2 S_0 \tag{3.3}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$
\begin{aligned}
E(S_3) &= p.S_2u + q.S_2d \\
&= p\left(p^2S_0u^2 + 2pqS_0ud + q^2S_0d^2\right)u + q\left(p^2S_0u^2 + 2pqS_0ud + q^2S_0d^2\right)d \\
&= p^3S_0u^3 + 2p^2qS_0u^2d + pq^2S_0ud^2 + p^2qS_0u^2d + 2pq^2S_0ud^2 + q^3S_0d^3 \\
&= p^3S_0u^3 + 3p^2qS_0u^2d + 3pq^2S_0ud^2 + q^3S_0d^3
\end{aligned}
$$

$$E(S_3) = (pu + qd)^3 S_0 \tag{3.4}$$

Berdasarkan ekspektasi di atas didapatkan rumus diskrit harga saham pada waktu $t = M$ sebagai berikut:

$$E(S_M) = (pu + qd)^M S_0 \tag{3.5}$$

Persamaan (3.1) adalah tidak rekursif, artinya perhitungan yang memerlukan waktu relatif lama, sehingga perlu adanya bentuk rekursif yang diperoleh sebagai berikut, dengan bantuan persamaan

$$E(S_1) = S_0e^{r\Delta t} \tag{3.6}$$

$$
\begin{aligned}
E(S_2) &= S_1e^{r\Delta t} \\
&= S_0e^{r\Delta t}e^{r\Delta t}
\end{aligned}
$$

$$E(S_2) = S_0e^{2r\Delta t} \tag{3.7}$$

$$
\begin{aligned}
E(S_3) &= S_2e^{r\Delta t} \\
&= S_0e^{2r\Delta t}e^{r\Delta t}
\end{aligned}
$$

$$E(S_3) = S_0e^{3r\Delta t} \tag{3.8}$$

Berdasarkan ekspektasi di atas didapatkan rumus acak kontinu harga saham pada waktu $t = M$ sebagai berikut:

$$E(S_M) = S_0e^{Mr\Delta t} \tag{3.9}$$

untuk menghitung harga saham awal dari harga saham jatuh tempo menggunakan diskon $e^{-r\Delta t}$ dari persamaan (3.6) dengan rumus:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$S_0 = e^{-r\Delta t} E(S_1)$$
$$S_{ji} = e^{-r\Delta t}\left(pS_{j+1,i+1} + qS_{j,i+1}\right) \quad (3.10)$$

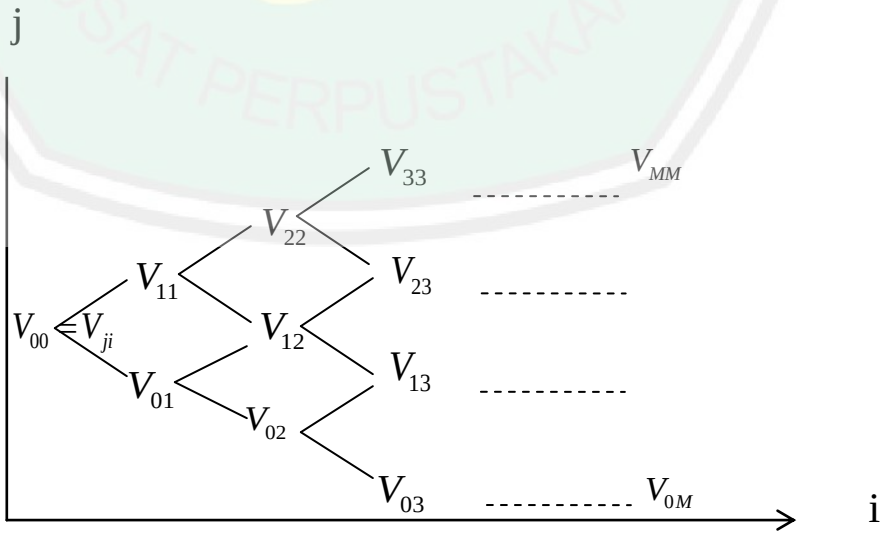
dan untuk mengetahui harga saham sebelumnya menggunakan persamaan (3.10). Dari langkah-langkah ini, dapat menemukan dari harga opsi awal sampai jatuh tempo. Terdapat dua model untuk mencari harga opsi, yang pertama dengan model opsi Eropa yang dibandingkan dengan model Black-Scholes dan yang kedua dengan model opsi Asia Eropa.

3.1.1 Perhitungan Harga Opsi Eropa

Model yang pertama menggunakan opsi Eropa. Nilai opsi Eropa dapat diperoleh setelah menemukan harga saham waktu jatuh tempo. Sebelum menghitung nilai opsi terlebih dahulu harus ditentukan jenis opsi, yaitu opsi *call* atau opsi *put*. Menghitung nilai opsi *call* (*call payoff*) yaitu:

$$V_{jM} = \max\left(S_{jM} - K, 0\right) \quad (3.11)$$

terdapat beberapa nilai $j = 0,1,2,3,...,i$ dan $i = 0,1,2,3,...,M$.



Gambar 3.2. Skema Perubahan *payoff* Secara Binomial

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Dari beberapa nilai opsi ini diperoleh secara binomial mundur harga opsi awal, yaitu:

$$V_0 = e^{-r\Delta t}\left(pV_{j+1,i+1} + qV_{j,i+1}\right) \tag{3.12}$$

dan untuk menghitung nilai opsi *put* (*put payoff*) yaitu:

$$V_{jM} = \max\left(K - S_{jM}, 0\right), \tag{3.13}$$

terdapat beberapa nilai $j = 0,1,2,3,...,i$ dan $i = 0,1,2,3,...,M$. Dari beberapa nilai opsi ini diperoleh secara binomial mundur harga opsi awal, yaitu:

$$V_0 = e^{-r\Delta t}\left(pV_{j+1,i+1} + qV_{j,i+1}\right) \tag{3.14}$$

3.1.2 Perhitungan Harga Opsi Asia Eropa

Model kedua dengan menggunakan perhitungan harga opsi Asia Eropa, untuk mengetahui harga saham pada waktu jatuh tempo. Sebelum mencari harga opsi Asia Eropa, harus mencari nilai opsi Asia Eropa terlebih dahulu yaitu:

$$E\left(S_1\right) = \left(pu + qd\right)S_0 \tag{3.15}$$

Mencari ekspektasi pada waktu jatuh tempo dengan banyaknya selang waktu M , dapat dilihat dari ekspektasi pertama dengan cara (3.2), (3.3), dan (3.4), maka didapatkan ekspektasi pada waktu jatuh tempo yaitu:

$$E\left(S_M\right) = \left(pu - qd\right)^M S_0 \tag{3.16}$$

Ekspektasi pada waktu jatuh tempo, dari sini akan mencari harga saham model opsi Asia. Pada model Asia ini mencari harga saham rata-rata, dengan cara menjumlahkan ekspektasi harga saham waktu t ke-1 sampai waktu t ke-M pada (jatuh tempo) kemudian dibagi dengan banyaknya selang waktu M , yaitu:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$\bar{S} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} E(S_i) \tag{3.17}$$

Setelah mengetahui harga saham rata-rata dapat menghitung nilai opsi pada waktu jatuh tempo. Nilai opsi *call* (*call payoff*) yaitu $V_C = \max\left(\bar{S} - K, 0\right)$ dan untuk menghitung nilai opsi *put* (*put payoff*) yaitu $V_P = \max\left(K - \bar{S}, 0\right)$. Semua *payoff* pada waktu jatuh tempo disebut dengan nilai opsi, setelah menghitung nilai opsi (*payoff*) pada waktu jatuh tempo akan menemukan *payoff* awal, *payoff* awal inilah yang dijadikan patokan harga opsi yaitu:

$$V_0 = e^{-r\Delta t} V_M \tag{3.18}$$

Supaya model binomial ini mendekati pada keadaan dunia nyata, maka harus mencari nilai parameter *u, d* dan *p*.

3.2 Parameter-parameter *u,d,* dan *p*

Metode dengan asumsi $u \cdot d = 1$. Untuk menentukan tiga parameter yang belum diketahui, *u, d,* dan *p,* menurut Aziz (2004) diperlukan tiga persamaan, yaitu:

1) Menyamakan ekspektasi harga saham model diskrit dengan model kontinu
2) Menyamakan variansi model diskrit dengan model kontinu
3) Menyamakan $u \cdot d = 1$

Persamaan pertama menyamakan ekspektasi harga saham model diskrit dengan model kontinu yaitu menggunakan persamaan (3.5) dan persamaan (3.9) pada waktu jatuh tempo t_M :

$$E(S_M) = (pu + qd)^M S_0 \quad \text{dan} \quad E(S_M) = S_0 e^{Mr\Delta t}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sehingga sesuai kedua asumsi tersebut persamaan (3.5) dan persamaan (3.9) memberikan

$$E\left(S_M\right) = S_0.e^{Mr\triangle t}$$
$$S_M\left(pu+qd\right)^M = S_M.e^{Mr\triangle t}$$
$$\left(pu+qd\right)^M = e^{Mr\triangle t}$$

$$e^{r\Delta t} = pu+qd \tag{3.19}$$

Ini merupakan persamaan pertama yang diperlukan untuk menentukan *u, d,* dan *p*. Selanjutnya perhatikan bahwa dengan menyelesaikan persamaan (3.10) dengan asumsi (2) yaitu $q=(1-p)$ untuk *p* akan diperoleh:

$$e^{r\Delta t} = pu+qd = pu+(1-p)d = pu+d-pd = p(u-d)+d$$
$$e^{r\Delta t} = p(u-d)+d$$
$$p(u-d) = e^{r\Delta t}-d$$

$$p = \frac{e^{r\Delta t}-d}{u-d} \tag{3.20}$$

Karena *p* merupakan peluang yang harus memenuhi $0 \le p \le 1$ maka haruslah $e^{r\Delta t} - d \le u - d$ atau $e^{r\Delta t} \le u$ dan $u - d > 0$ atau $d \le u$, sehingga diperoleh:

$$d \le e^{r\Delta t} \le u \tag{3.21}$$

Pertidaksamaan-pertidaksamaan ini berhubungan dengan gerakan naik dan turunnya harga aset terhadap suku bunga bebas resiko *r*. Pertidaksamaan terakhir ini bukanlah merupakan asumsi baru tetapi merupakan prinsip *no-arbitrage* bahwa $0 < d < u$.

Selanjutnya dengan menghitung variansi. Dari model kontinu diterapkan hubungan

$$E(S_1^2) = S_0^2 e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} \tag{3.22}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Persamaan (2.9) dan (2.22) menghasilkan

$$\begin{aligned} Var(S_1) &= E(S_1^2) - \left(E(S_1)\right)^2 \\ &= S_0^2 e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} - S_0^2 e^{2r\Delta t} \\ &= S_0^2 e^{2r\Delta t}(e^{\sigma^2\Delta t} - 1) \end{aligned} \tag{3.23}$$

Di sisi lain, dengan menggunakan persamaan (3.2) dan (3.6), varian untuk model diskrit memenuhi

$$\begin{aligned} Var(S_1) &= E(S_1^2) - \left(E(S_1)\right)^2 \\ &= p\left(S_0 u\right)^2 + q\left(S_0 d\right)^2 - \left(S_0\left(pu + qd\right)\right)^2 \\ &= S_0^2\left(pu^2 + qd^2\right) - \left(S_0 e^{r\Delta t}\right)^2 \end{aligned}$$

$$Var(S_1) = S_0^2\left(pu^2 + qd^2 - e^{2r\Delta t}\right) \tag{3.24}$$

Sehingga dengan menyamakan hasil kedua variansi tersebut, persamaan (3.22) dan (3.23), ingat $q = (1-p)$ menghasilkan

$$\begin{aligned} Var(S_1) = S_0^2 e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) &= S_0^2\left(pu^2 + qd^2 - e^{2r\Delta t}\right) \\ S_0^2 e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) &= S_0^2\left(pu^2 + qd^2 - e^{2r\Delta t}\right) \\ e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) &= pu^2 + qd^2 - e^{2r\Delta t} \\ e^{\left(2r+\sigma^2\right)\Delta t} - e^{2r\Delta t} &= pu^2 + qd^2 - e^{2r\Delta t} \\ e^{\left(2r+\sigma^2\right)\Delta t} &= pu^2 + (1-p)d^2 \\ e^{\left(2r+\sigma^2\right)\Delta t} &= pu^2 + d^2 - pd^2 \\ e^{\left(2r+\sigma^2\right)\Delta t} &= p\left(u^2 - d^2\right) + d^2 \\ p\left(u^2 - d^2\right) &= e^{\left(2r+\sigma^2\right)\Delta t} - d^2 \end{aligned}$$

$$p = \frac{e^{\left(2r+\sigma^2\right)\Delta t} - d^2}{u^2 - d^2} \tag{3.25}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Selanjutnya, dengan menyamakan persamaan (3.19) dan (3.24) serta menyamakan $u \cdot d = 1$ atau $d = \frac{1}{u}$ akan dihasilkan

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

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

supaya dapat menjadi persamaan kuadrat maka persamaan dikalikan dengan u menjadi:

$$u^2 + 1 - ue^{-r\Delta t} = ue^{\left(r+\sigma^2\right)\Delta t}$$
$$u^2 + 1 - ue^{-r\Delta t} - ue^{\left(r+\sigma^2\right)\Delta t} = 0$$

sehingga diperoleh

$$u^2 - u\left(e^{-r\Delta t} + e^{\left(r+\sigma^2\right)\Delta t}\right) + 1 = 0 \qquad (3.26)$$

Jika dimisalkan $\beta = \left(e^{-r\Delta t} + e^{\left(r+\sigma^2\right)\Delta t}\right)$, maka persamaan (3.26) menjadi persamaan kuadrat yang lebih sederhana yaitu:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$u^2 - \beta u + 1 = 0 \qquad (3.27)$$

untuk menemukan akar-akar persamaan kuadrat pada persamaan (3.27) dengan menggunakan rumus *abc* yaitu

$$u = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-(-\beta) \pm \sqrt{(-\beta)^2 - 4.1.1}}{2 \cdot 1}$$
$$= \frac{\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4}}{2}$$

dari akar-akar $u = \frac{\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4}}{2}$ terdapat dua akar yaitu $u = \frac{\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{2}$ dan $u = \frac{\beta - \sqrt{\beta^2 - 4}}{2}$, dimana harus $\sqrt{\beta^2 - 4} > 0$ supaya menjadi bilangan riil positif. Pada asumsi (1), $u > d > 0$ pada faktor perubahan naik (u) , $u \neq \beta$ karena β tidak diketahui bilangan riil positif atau riil negatif, sedangkan pada faktor perubahan naik (u) harus bilangan riil positif, maka memilih $u = \frac{\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{2}$, supaya hasil u positif. sehingga diperoleh nilai untuk u, d dan p yaitu:

$$u = \frac{\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{2}, d = \frac{1}{u}, \; p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \text{ dengan } \beta = e^{-r\Delta t} + e^{(r+\sigma^2)\Delta t} \qquad (3.28)$$

3.3 Algoritma Harga Opsi

Algoritma berfokus pada software (program), program adalah kumpulan instruksi tersendiri yang biasa disebut sebagai *source code*. kumpulan instruksi ini dibuat oleh programmer (pembuat program). Jadi program adalah kumpulan instruksi atau perintah yang disusun sedemikian rupa sehingga mempunyai urutan nalar yang tepat untuk menyelesaikan suatu persoalan. Instruksi (*statement*) yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dimaksud adalah cara penulisan yang sesuai dengan bahasa pemrograman yang digunakan dimana mempunyai komponen input, proses, dan input.

3.3.1 Algoritma Harga Opsi Eropa

Algoritma untuk menghitung harga opsi Eropa dengan menggunakan perbandingan Black Scholes. Model Black scholes adalah metode yang di populerkan oleh Fischer Black dan Myron Scholes pada tahun 1973 untuk menentukan harga teoritis *European call*. Model ini sering dipakai dalam penentuan nilai opsi dikarenakan mudah diterima pada bagian keuangan dengan pemakaiannya hanya untuk menentukan nilai opsi Eropa saat hari terakhir (*maturity date*). Algoritma untuk menghitung harga opsi Eropa adalah sebagai berikut:

1. Masukkan S_0, K, r, T , M, input pilih opsi *call* atau opsi *put*
2. Hitung $\Delta t = \frac{T}{M}$
3. Hitung $\beta = e^{-r\Delta t} + e^{\left(r+\sigma^2\right)\Delta t}$
4. Hitung $u = \frac{\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{2}$
5. Hitung $d = \frac{1}{u}$
6. Hitung $p = \frac{\left(e^{r\Delta t} - d\right)}{\left(u - d\right)}$
7. Hitung $a = e^{-r\Delta t}$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

8. Hitung $d1 = \dfrac{\left(\log\left(\dfrac{S_0}{K}\right) + \left(r + 0.5\sigma^2\right)T\right)}{\sigma\sqrt{T}}$

9. Hitung $d2 = d1 - \sigma\sqrt{T}$

10. Hitung $N1 = \dfrac{\left(1 + erf\left(\dfrac{d1}{\sqrt{2}}\right)\right)}{2}$

11. Hitung $N2 = \dfrac{\left(1 + erf\left(\dfrac{d2}{\sqrt{2}}\right)\right)}{2}$

12. Hitung $C = SN1 - Ke^{-rT}N2$

13. Hitung $P = C - S_0 e^{-rT}K$

14. Hitung harga saham pada waktu jatuh tempo, $j = 0,1,2,3,...,i$ dan $i = M,...,3,2,1,0$ dengan rumus $S_{j,i} = Su^j d^{i-j}$

15. Hitung nilai opsi *call* jika memilih input opsi *call* , $j = 0,1,2,3,...,i$ dan $i = M,...,3,2,1,0$ dengan rumus $V_{ji} = \max\left(S_{ji} - K, 0\right)$

16. Hitung harga opsi *call* dengan $j = 0,1,2,3,...,i$ dan $i = M,...,3,2,1,0$ dengan rumus $V_{ji} = a\left(pV_{j+1,i+1} + (1-p)V_{j,i+1}\right)$

17. Plot gambar harga opsi *call* V dan dengan perbandingan harga saham Black Schols $BS = C$

18. Hitung nilai opsi *put* Jika memilih input opsi *put* $j = 0,1,2,3,...,i$ dan $i = M,...,3,2,1,0$ dengan rumus $V_{ji} = \max\left(K - S_{ji}, 0\right)$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

19. Hitung harga opsi *put* dengan $j = 0,1,2,3,...,i$ dan $i = M,...,3,2,1,0$ dengan rumus $V_{ji} = a\left(pV_{j+1,i+1} + (1-p)V_{j,i+1}\right)$

20. Plot gambar harga opsi *put* V dan dengan perbandingan harga saham Black Schols $BS = P$

3.3.2 Algoritma Harga Opsi Asia Eropa

Algoritma untuk menghitung harga opsi Asia Eropa

1. Masukkan S_0, K, r, T , M, input pilih opsi *call* atau opsi *put*
2. Hitung $\Delta t = \frac{T}{M}$
3. Hitung $\beta = e^{-r\Delta t} + e^{\left(r+\sigma^2\right)\Delta t}$
4. Hitung $u = \frac{\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{2}$
5. Hitung $d = \frac{1}{u}$
6. Hitung $p = \frac{\left(e^{r\Delta t} - d\right)}{\left(u - d\right)}$
7. Hitung $a = e^{-r\Delta t}$
8. Hitung harga saham pada waktu jatuh tempo, $j = 0,1,2,3,...,i$ dan $i = M,...,3,2,1,0$ dengan rumus $S_{j,i} = Su^j d^{i-j}$
9. Hitung ekspektasi harga saham mulai dari waktu pertama sampai waktu jatuh tempo, $i = 0,1,2,3,...,M$ dengan rumus $E\left(S_i\right) = \left(pu + (1-p)d\right)^i S_0$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

10. Hitung harga saham rata-rata $\bar{S} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} E(S_i)$

11. Hitung nilai opsi *call* jika memilih input opsi *call* , dengan rumus $V_M = \max(\bar{S} - K, 0)$

12. Hitung harga opsi *call* $V_0 = V_M e^{-r\Delta t}$

13. Hitung nilai opsi *put* jika memilih input opsi *put*, dengan rumus $V_M = \max(K - \bar{S}, 0)$

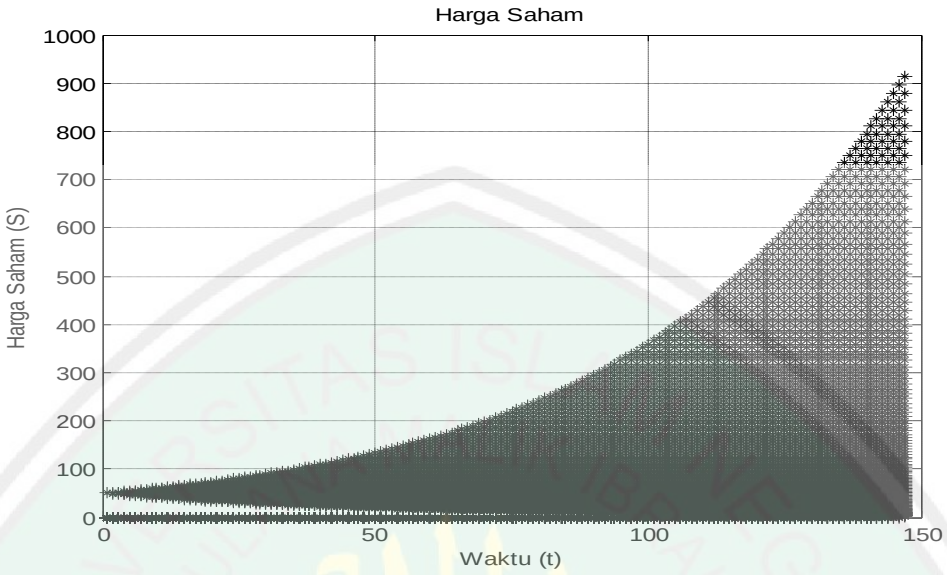
14. Hitung harga opsi *put* $V_0 = V_M e^{-r\Delta t}$

3.4 Simulasi Menggunakan MATLAB

Sebagai ilustrasi, untuk menentukan harga opsi *call* dan harga opsi *put* dari model opsi Eropa dengan perbandingan model Black Scholes dan model opsi Asia Eropa, harga saham awal yang diberikan untuk perusahaan X, perusahaan Y, dan perusahaan Z adalah 50 (satuan mata uang) perlembar, waktu jatuh tempo yang ditentukan pada hari ke-146. Misalkan tingkat suku bunga bebas resiko 15% pertahun dan standar deviasi saham tersebut sebesar 0,24, untuk mengetahui harga saham dapat dilihat pada gambar (3.3).

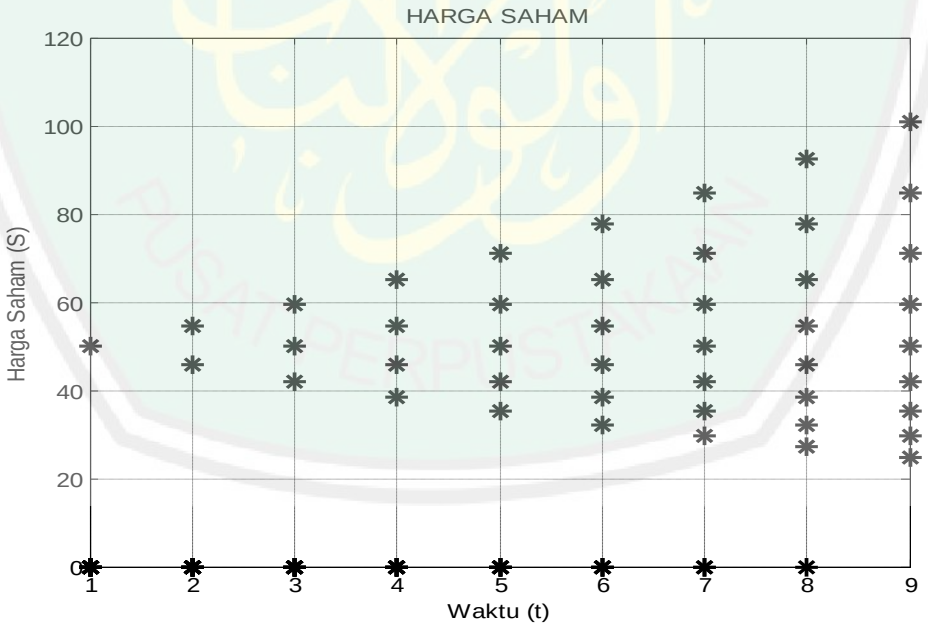
Pada gambar (3.3) titik-titik bintang menunjukkan letak harga saham, dari waktu yang ke-1 menunjukkan satu titik yaitu harga saham awal seharga 50, waktu yang ke-2 terdapat dua titik bintang dan seterusnya sampai pada waktu yang ke-146 terdapat 146 titik bintang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.3 Grafik Hasil Simulasi Harga saham

Supaya grafik lebih jelas maka akan diperbesar dengan gambar (3.4).

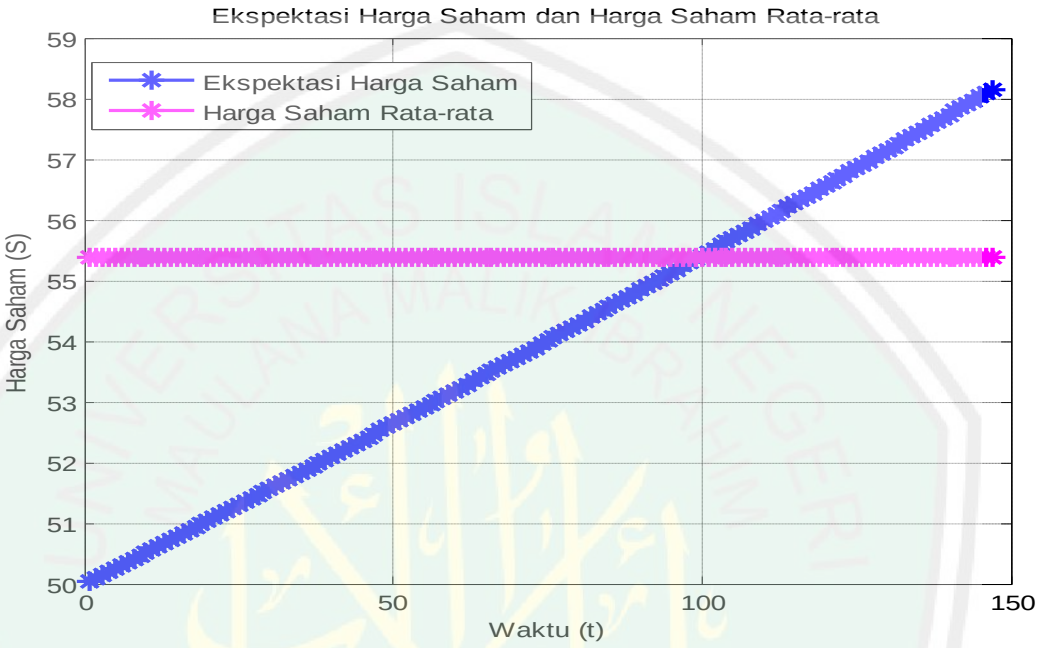


Gambar 3.4 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Harga saham

Perhitungan harga saham ini memakai metode binomial, dengan dua kemungkinan yaitu faktor perubahan naik dan faktor perubahan turun. Sedangkan menghitung ekspektasi dan harga saham rata-rata dilihat pada gambar (3.5).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

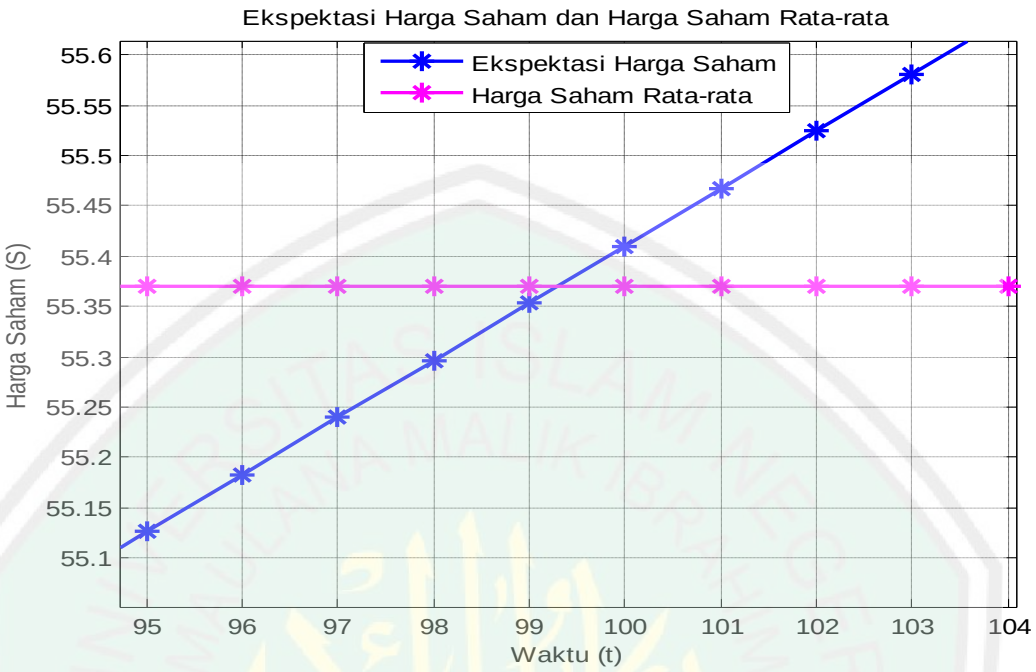
Metode Binomial dapat menentukan harga opsi *call* dan *put* Eropa, maka metode ini dapat digunakan untuk menentukan harga opsi *call* dan *put* pada opsi Asia.



Gambar 3.5 Grafik Hasil Simulasi Harga Saham

Pada gambar (3.5) di hari yang ke seratus nilai ekspektasi harga saham bertemu dengan harga saham rata-rata. Dalam gambar (3.6) dapat dilihat lebih jelas saat pertemuan antara ekspektasi harga saham dengan harga saham rata-rata. pada gambar (3.5) perubahan harga ekspektasi saham selalu naik dapat dilihat pada tabel (3.1) atau berwarna biru Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 58,1514 dan warna merah muda menunjukkan harga saham rata-rata dari jumlah harga ekspektasi dibagi dengan banyaknya waktu yaitu 55,3708. Bertemunya harga saham rata-rata dengan ekspektasi harga saham ditunjukkan pada waktu ke-99 menuju waktu ke-100 dapat dilihat lebih jelas pada gambar (3.6).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.6 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Harga Saham

Gambar (3.6) menunjukkan perbesaran gambar (3.5), untuk lebih jelasnya dalam tabel (3.1) menjelaskan ekspektasi selalu naik dengan menggunakan metode binomial.

Tabel 3.1 Hasil Ekspektasi Harga Saham

t	$E(S)$	t	$E(S)$	t	$E(S)$	t	$E(S)$	t	$E(S)$
1	50.0514	30	51.5651	59	53.1246	88	54.7312	117	56.3864
2	50.1028	31	51.6181	60	53.1792	89	54.7875	118	56.4444
3	50.1543	32	51.6712	61	53.2338	90	54.8438	119	56.5024
4	50.2059	33	51.7243	62	53.2886	91	54.9002	120	56.5605
5	50.2575	34	51.7774	63	53.3433	92	54.9566	121	56.6186
6	50.3092	35	51.8307	64	53.3982	93	55.0131	122	56.6768
7	50.3609	36	51.8839	65	53.4531	94	55.0696	123	56.7351
8	50.4127	37	51.9373	66	53.5080	95	55.1262	124	56.7934
9	50.4645	38	51.9907	67	53.5630	96	55.1829	125	56.8518
10	50.5163	39	52.0441	68	53.6181	97	55.2396	126	56.9102
11	50.5683	40	52.0976	69	53.6732	98	55.2964	127	56.9687
12	50.6203	41	52.1512	70	53.7284	99	55.3532	128	57.0273
13	50.6723	42	52.2048	71	53.7836	100	55.4101	129	57.0859

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.1 Hasil Ekspektasi Harga Saham (Lanjutan)

14	50.7244	43	52.2584	72	53.8389	101	55.4671	130	57.1446
15	50.7765	44	52.3121	73	53.8942	102	55.5241	131	57.2033
16	50.8287	45	52.3659	74	53.9496	103	55.5812	132	57.2621
17	50.8810	46	52.4197	75	54.0051	104	55.6383	133	57.3210
18	50.9333	47	52.4736	76	54.0606	105	55.6955	134	57.3799
19	50.9856	48	52.5276	77	54.1161	106	55.7528	135	57.4389
20	51.0380	49	52.5816	78	54.1718	107	55.8101	136	57.4979
21	51.0905	50	52.6356	79	54.2275	108	55.8674	137	57.5570
22	51.1430	51	52.6897	80	54.2832	109	55.9249	138	57.6162
23	51.1956	52	52.7439	81	54.3390	110	55.9824	139	57.6754
24	51.2482	53	52.7981	82	54.3949	111	56.0399	140	57.7347
25	51.3009	54	52.8524	83	54.4508	112	56.0975	141	57.7941
26	51.3536	55	52.9067	84	54.5067	113	56.1552	142	57.8535
27	51.4064	56	52.9611	85	54.5628	114	56.2129	143	57.9129
28	51.4592	57	53.0155	86	54.6189	115	56.2707	144	57.9725
29	51.5121	58	53.0700	87	54.6750	116	56.3285	145	58.0321

Ilustrasi yang dgunakan untuk menentukan harga opsi *call* dan harga opsi *put* dari model opsi Eropa dengan perbandingan model Black Scholes dan model opsi Asia Eropa akan diberikan tiga contoh simulasi, dimana masing-masing akan dijelaskan secara berturut-turut akan dijelaskan di 3.41, 3.42, dan 3.43 sebagai berikut.

3.4.1 Harga Saham Lebih Besar dari Harga Ketentuan

Misalkan harga saham perusahaan X saat ini 50 (satuan mata uang) perlembar. Sementara itu, waktu jatuh tempo ditentukan pada hari ke-146, kemudian dijual dengan *strike price* 43 (satuan mata uang) perlembar. Misalkan tingkat suku bunga bebas resiko 15% pertahun dan standar deviasi tingkat keuntungan saham tersebut sebesar 0,24. Berdasarkan data tersebut, maka harga

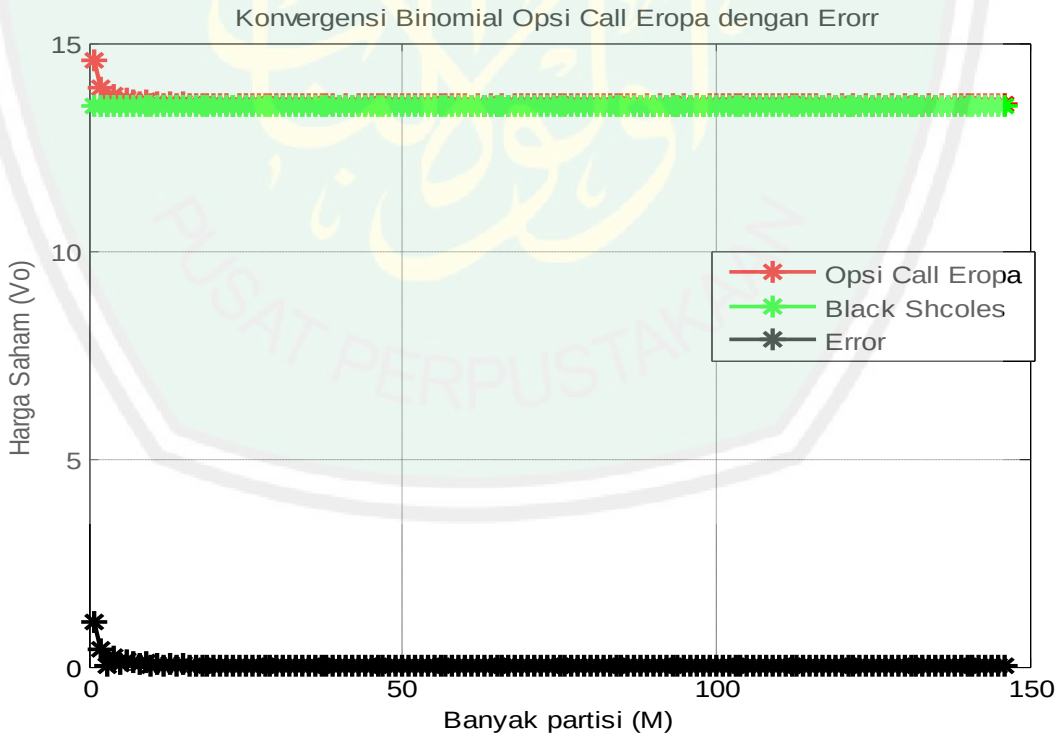
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

opsi *call* dan opsi *put* dapat dihitung, menggunakan MATLAB, dan hasilnya sebagai berikut:

Misalkan, $S_0 = 50$, $K = 43$, $r = 0.15$, $\sigma = 0.24$, $M = 146$

a) Perbandingan Harga Opsi *Call* Eropa dan Black Scholes

Pada gambar (3.7) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *call* akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *call* Eropa akan konvergen, jika opsi *call* Eropa semakin mendekati Black Scholes. Harga opsi Eropa pada waktu yang pertama bernilai 14,5925 dengan perhitungan kontinu sampai harga opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 13,5095 dan pada Black Scholes yaitu 13,5056.



Gambar 3.7 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa

Gambar (3.7) pada warna merah menunjukkan harga opsi, warna hijau menunjukkan harga Black Scholes dan warna hitam menunjukkan kegalatannya.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.2 Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa

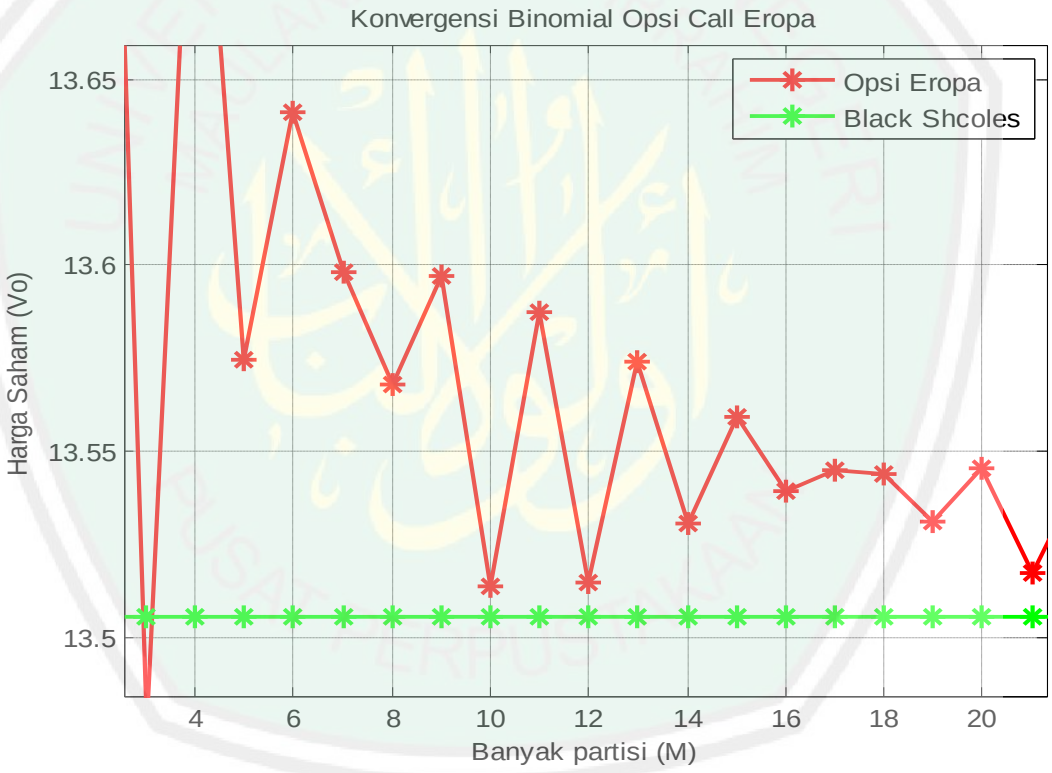
M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr
1	14.5925	1.0869	38	13.5117	0.0061	74	13.5159	0.0103	110	13.5117	0.0061
2	13.9178	0.4122	39	13.5274	0.0219	75	13.5126	0.0070	111	13.5106	0.0050
3	13.4767	0.0289	40	13.5066	0.0011	76	13.5149	0.0093	112	13.5120	0.0065
4	13.7483	0.2428	41	13.5269	0.0213	77	13.5133	0.0078	113	13.5099	0.0043
5	13.5749	0.0693	42	13.5057	0.0002	78	13.5138	0.0082	114	13.5122	0.0067
6	13.6413	0.1357	43	13.5260	0.0204	79	13.5140	0.0084	115	13.5091	0.0035
7	13.5983	0.0927	44	13.5091	0.0035	80	13.5126	0.0071	116	13.5124	0.0069
8	13.5679	0.0623	45	13.5247	0.0192	81	13.5145	0.0089	117	13.5083	0.0028
9	13.5973	0.0918	46	13.5119	0.0063	82	13.5114	0.0059	118	13.5125	0.0070
10	13.5137	0.0082	47	13.5232	0.0176	83	13.5148	0.0093	119	13.5075	0.0019
11	13.5873	0.0818	48	13.5141	0.0085	84	13.5102	0.0046	120	13.5126	0.0070
12	13.5149	0.0093	49	13.5215	0.0159	85	13.5150	0.0095	121	13.5066	0.0011
13	13.5740	0.0684	50	13.5158	0.0103	86	13.5088	0.0033	122	13.5126	0.0071
14	13.5307	0.0251	51	13.5195	0.0140	87	13.5152	0.0096	123	13.5058	0.0002
15	13.5595	0.0540	52	13.5172	0.0116	88	13.5075	0.0019	124	13.5126	0.0070
16	13.5395	0.0340	53	13.5175	0.0119	89	13.5152	0.0096	125	13.5052	0.0004
17	13.5450	0.0395	54	13.5182	0.0127	90	13.5061	0.0005	126	13.5125	0.0069
18	13.5439	0.0384	55	13.5152	0.0097	91	13.5151	0.0096	127	13.5059	0.0004
19	13.5310	0.0254	56	13.5189	0.0133	92	13.5050	0.0005	128	13.5123	0.0068
20	13.5453	0.0397	57	13.5129	0.0074	93	13.5149	0.0094	129	13.5066	0.0011
21	13.5175	0.0120	58	13.5193	0.0138	94	13.5062	0.0006	130	13.5122	0.0066
22	13.5446	0.0390	59	13.5106	0.0050	95	13.5147	0.0092	131	13.5072	0.0017
23	13.5047	0.0008	60	13.5195	0.0139	96	13.5072	0.0017	132	13.5120	0.0064
24	13.5424	0.0369	61	13.5081	0.0026	97	13.5144	0.0088	133	13.5078	0.0022
25	13.5094	0.0039	62	13.5194	0.0139	98	13.5082	0.0026	134	13.5117	0.0062
26	13.5393	0.0337	63	13.5056	0.0001	99	13.5140	0.0085	135	13.5083	0.0028
27	13.5157	0.0101	64	13.5192	0.0136	100	13.5090	0.0034	136	13.5114	0.0059
28	13.5355	0.0299	65	13.5057	0.0001	101	13.5136	0.0080	137	13.5088	0.0032
29	13.5203	0.0147	66	13.5188	0.0132	102	13.5097	0.0041	138	13.5111	0.0055
30	13.5312	0.0256	67	13.5075	0.0020	103	13.5131	0.0075	139	13.5092	0.0036
31	13.5235	0.0180	68	13.5183	0.0127	104	13.5103	0.0048	140	13.5108	0.0052
32	13.5265	0.0210	69	13.5091	0.0035	105	13.5125	0.0070	141	13.5095	0.0040
33	13.5257	0.0201	70	13.5176	0.0120	106	13.5109	0.0053	142	13.5104	0.0048
34	13.5217	0.0161	71	13.5104	0.0049	107	13.5119	0.0064	143	13.5098	0.0043

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.2 Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa (Lanjutan)

35	13.5269	0.0214	72	13.5168	0.0112	108	13.5113	0.0058	144	13.5100	0.0044
36	13.5167	0.0112	73	13.5116	0.0060	109	13.5113	0.0057	145	13.5101	0.0046
37	13.5275	0.0219									

Tabel (3.2) adalah pergerakan harga opsi *call* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.8) yang berwarna merah. Pergerakan gambar (3.7) diperbesar sehingga menjadi gambar (3.8)



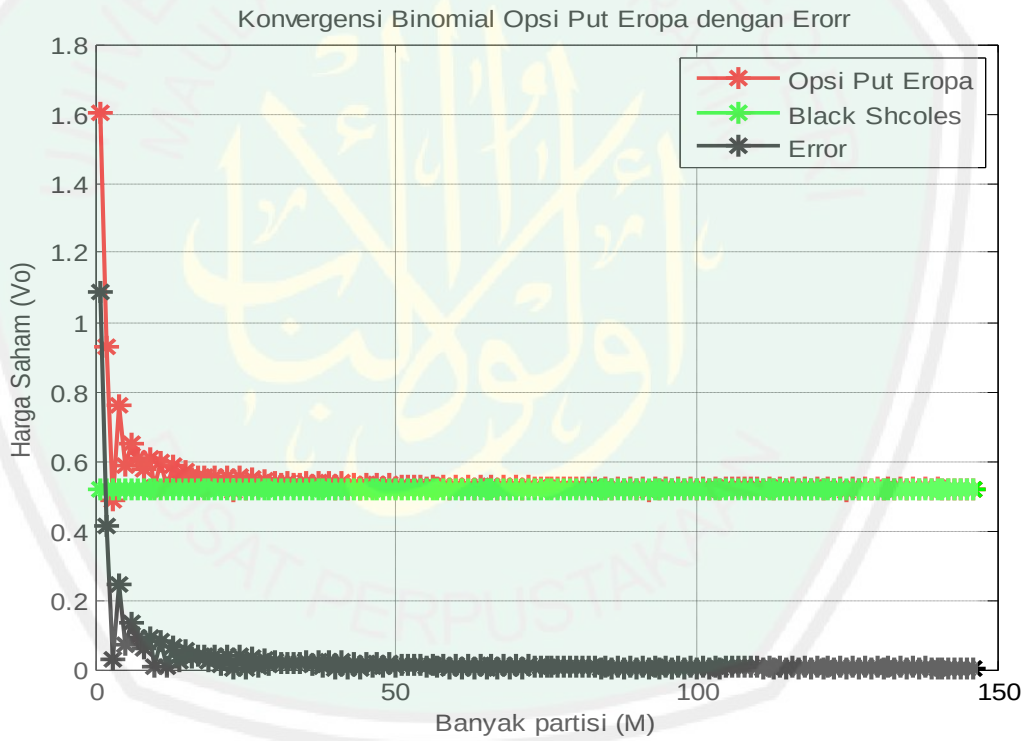
Gambar 3.8 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa

Tabel (3.2) adalah pergerakan erorr opsi *call* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.7) yang berwarna hitam. Pergerakan gambar (3.7) pada hari ke-146 erorrnya bernilai 0,0040.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

b) Perbandingan Harga Opsi *put* Eropa dan Black Scholes

Pada gambar (3.9) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *put* akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *put* Eropa akan konvergen, jika opsi *put* Eropa semakin mendekati Black Scholes. Harga opsi Eropa pada waktu yang pertama bernilai 1,6029 dengan perhitungan kontinu sampai harga opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 0,5200 dan pada Black Scholes yaitu 0,5160.



Gambar 3.9 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa

Tabel 3.3 Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa

M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr
1	1.6029	1.0869	38	0.5221	0.0061	74	0.5263	0.0103	110	0.5221	0.0061
2	0.9282	0.4122	39	0.5379	0.0219	75	0.5230	0.0070	111	0.5210	0.0050
3	0.4871	0.0289	40	0.5171	0.0011	76	0.5253	0.0093	112	0.5224	0.0065
4	0.7588	0.2428	41	0.5373	0.0213	77	0.5238	0.0078	113	0.5203	0.0043
5	0.5853	0.0693	42	0.5162	0.0002	78	0.5242	0.0082	114	0.5227	0.0067

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

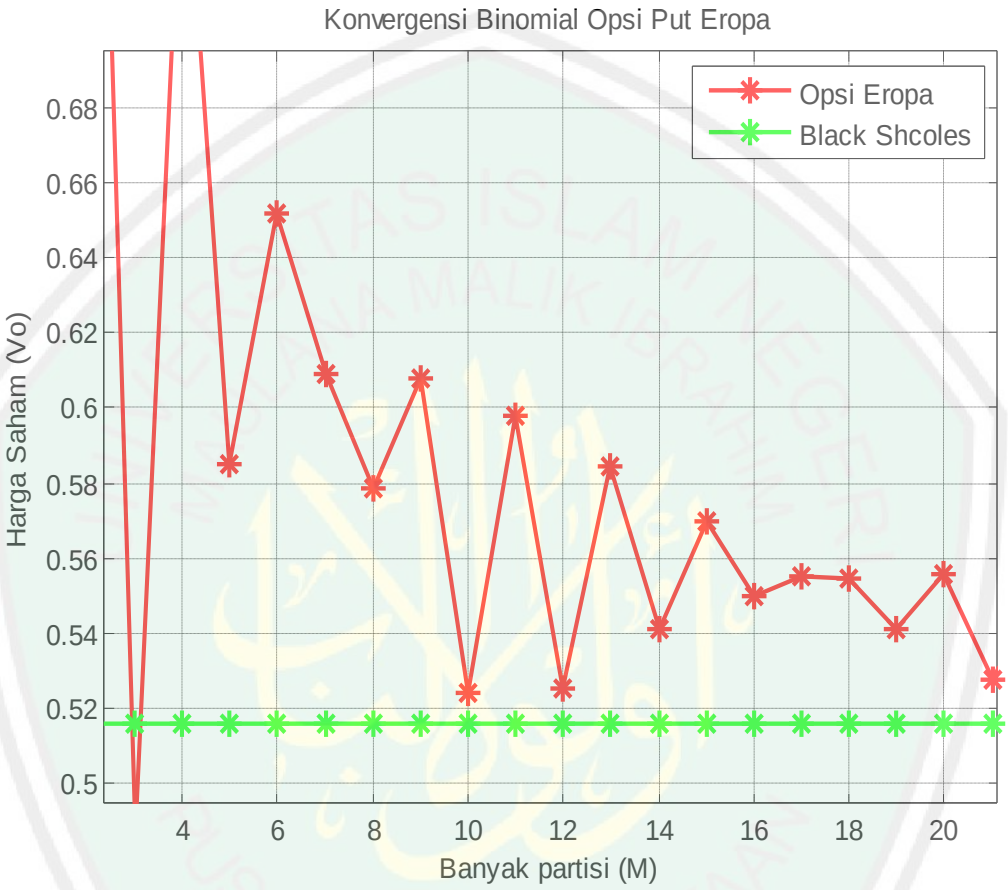
Tabel 3.3 Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa (Lanjutan)

6	0.6517	0.1357	43	0.5364	0.0204	79	0.5244	0.0084	115	0.5195	0.0035
7	0.6087	0.0927	44	0.5195	0.0035	80	0.5231	0.0071	116	0.5229	0.0069
8	0.5783	0.0623	45	0.5352	0.0192	81	0.5249	0.0089	117	0.5188	0.0028
9	0.6078	0.0918	46	0.5223	0.0063	82	0.5219	0.0059	118	0.5230	0.0070
10	0.5242	0.0082	47	0.5336	0.0176	83	0.5253	0.0093	119	0.5179	0.0019
11	0.5978	0.0818	48	0.5245	0.0085	84	0.5206	0.0046	120	0.5230	0.0070
12	0.5253	0.0093	49	0.5319	0.0159	85	0.5255	0.0095	121	0.5171	0.0011
13	0.5844	0.0684	50	0.5263	0.0103	86	0.5193	0.0033	122	0.5231	0.0071
14	0.5411	0.0251	51	0.5300	0.0140	87	0.5256	0.0096	123	0.5162	0.0002
15	0.5700	0.0540	52	0.5276	0.0116	88	0.5179	0.0019	124	0.5230	0.0070
16	0.5500	0.0340	53	0.5279	0.0119	89	0.5256	0.0096	125	0.5156	0.0004
17	0.5555	0.0395	54	0.5286	0.0127	90	0.5165	0.0005	126	0.5229	0.0069
18	0.5544	0.0384	55	0.5257	0.0097	91	0.5255	0.0096	127	0.5164	0.0004
19	0.5414	0.0254	56	0.5293	0.0133	92	0.5155	0.0005	128	0.5228	0.0068
20	0.5557	0.0397	57	0.5234	0.0074	93	0.5254	0.0094	129	0.5171	0.0011
21	0.5280	0.0120	58	0.5298	0.0138	94	0.5166	0.0006	130	0.5226	0.0066
22	0.5550	0.0390	59	0.5210	0.0050	95	0.5251	0.0092	131	0.5177	0.0017
23	0.5152	0.0008	60	0.5299	0.0139	96	0.5177	0.0017	132	0.5224	0.0064
24	0.5529	0.0369	61	0.5186	0.0026	97	0.5248	0.0088	133	0.5182	0.0022
25	0.5199	0.0039	62	0.5299	0.0139	98	0.5186	0.0026	134	0.5221	0.0062
26	0.5497	0.0337	63	0.5161	0.0001	99	0.5245	0.0085	135	0.5187	0.0028
27	0.5261	0.0101	64	0.5296	0.0136	100	0.5194	0.0034	136	0.5219	0.0059
28	0.5459	0.0299	65	0.5161	0.0001	101	0.5240	0.0080	137	0.5192	0.0032
29	0.5307	0.0147	66	0.5292	0.0132	102	0.5201	0.0041	138	0.5215	0.0055
30	0.5416	0.0256	67	0.5180	0.0020	103	0.5235	0.0075	139	0.5196	0.0036
31	0.5340	0.0180	68	0.5287	0.0127	104	0.5208	0.0048	140	0.5212	0.0052
32	0.5370	0.0210	69	0.5195	0.0035	105	0.5230	0.0070	141	0.5200	0.0040
33	0.5361	0.0201	70	0.5280	0.0120	106	0.5213	0.0053	142	0.5208	0.0048
34	0.5321	0.0161	71	0.5209	0.0049	107	0.5224	0.0064	143	0.5203	0.0043
35	0.5374	0.0214	72	0.5272	0.0112	108	0.5218	0.0058	144	0.5204	0.0044
36	0.5272	0.0112	73	0.5220	0.0060	109	0.5217	0.0057	145	0.5206	0.0046
37	0.5379	0.0219									

Untuk lebih jelas dapat dilihat tabel (3.3) yang menunjukkan pergerakan harga opsi *put* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.10) yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

berwarna merah. Pergerakan gambar (3.9) diperbesar sehingga menjadi gambar (3.10).



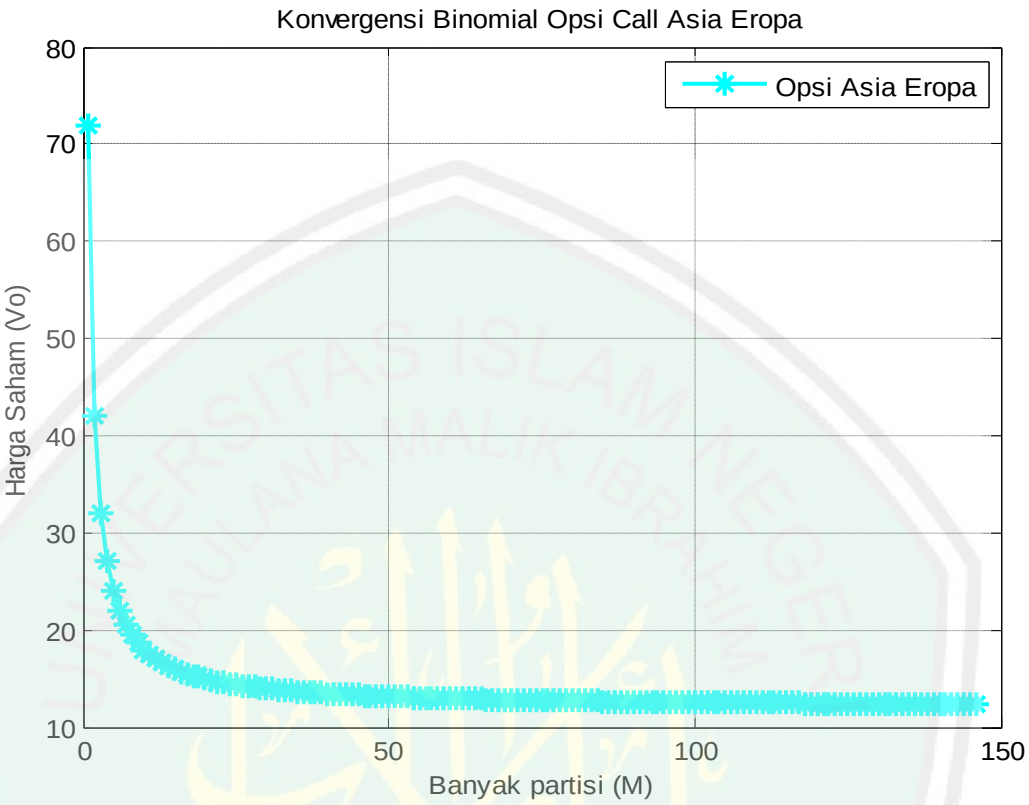
Gambar 3.10 perbesara Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa

Tabel (3.3) adalah pergerakan erorr opsi *Put* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.9) yang berwarna hitam. Pergerakan gambar (3.9) pada hari ke-146 erorrnya bernilai 0,0040.

c) Haga Opsi *Call* dan *Put* Asia Eropa

Pada gambar (3.11) adalah harga opsi *call* Asia Eropa, pada perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa dapat dilihat pada tabel (3.6),

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.11 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa

Perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa semakin konvergen. Untuk mengetahui kebenaran suatu harga opsi Asia dapat dilihat dari kekonvergenan pergerakan harga opsi Asia itu sendiri. Semakin partisi waktu, *M*, diperbanyak maka harga opsi *call* Asia akan konvergen

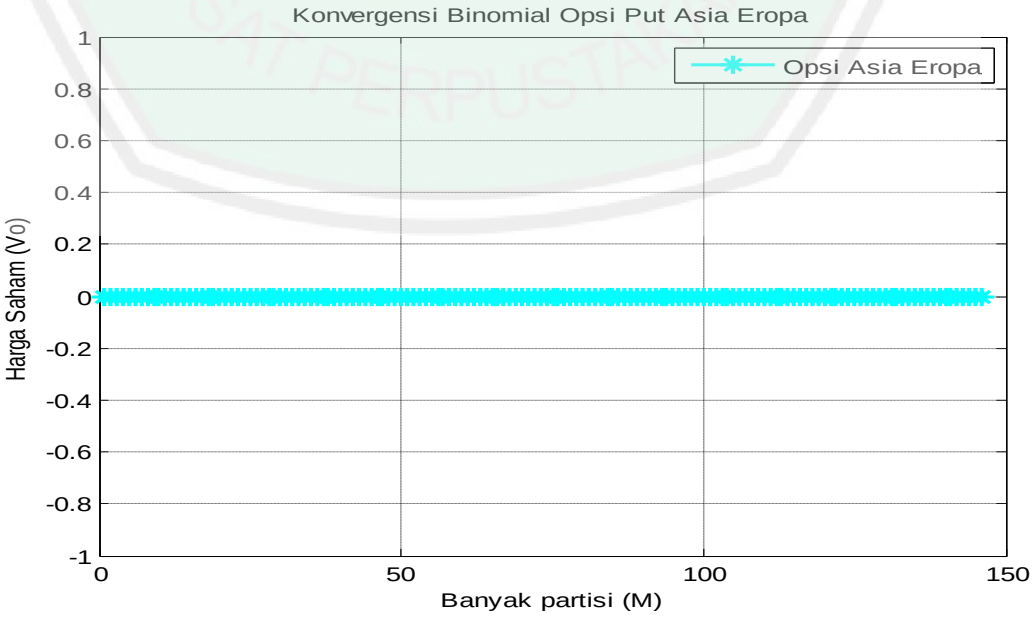
Tabel 3.4 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa

M	V_0	M	V_0	M	V_0	M	V_0	M	V_0
1	71.9420	30	13.9559	59	12.9675	88	12.6304	117	12.4605
2	42.0277	31	13.8910	60	12.9504	89	12.6227	118	12.4561
3	32.0196	32	13.8302	61	12.9339	90	12.6152	119	12.4518
4	27.0084	33	13.7731	62	12.9180	91	12.6078	120	12.4476
5	23.9993	34	13.7193	63	12.9025	92	12.6006	121	12.4434
6	21.9922	35	13.6686	64	12.8876	93	12.5936	122	12.4394
7	20.5581	36	13.6207	65	12.8731	94	12.5867	123	12.4353
8	19.4822	37	13.5754	66	12.8590	95	12.5799	124	12.4314

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.4 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa (Lanjutan)

9	18.6453	38	13.5325	67	12.8453	96	12.5733	125	12.4275
10	17.9756	39	13.4918	68	12.8321	97	12.5668	126	12.4237
11	17.4277	40	13.4532	69	12.8192	98	12.5605	127	12.4199
12	16.9710	41	13.4164	70	12.8068	99	12.5543	128	12.4162
13	16.5845	42	13.3813	71	12.7946	100	12.5482	129	12.4125
14	16.2533	43	13.3479	72	12.7828	101	12.5422	130	12.4089
15	15.9662	44	13.3161	73	12.7713	102	12.5363	131	12.4054
16	15.7149	45	13.2856	74	12.7602	103	12.5306	132	12.4019
17	15.4932	46	13.2564	75	12.7493	104	12.5250	133	12.3985
18	15.2962	47	13.2285	76	12.7387	105	12.5194	134	12.3951
19	15.1198	48	13.2018	77	12.7284	106	12.5140	135	12.3917
20	14.9611	49	13.1761	78	12.7184	107	12.5087	136	12.3884
21	14.8175	50	13.1515	79	12.7086	108	12.5035	137	12.3852
22	14.6870	51	13.1279	80	12.6990	109	12.4983	138	12.3820
23	14.5678	52	13.1051	81	12.6897	110	12.4933	139	12.3789
24	14.4585	53	13.0832	82	12.6806	111	12.4884	140	12.3758
25	14.3580	54	13.0621	83	12.6718	112	12.4835	141	12.3727
26	14.2652	55	13.0418	84	12.6631	113	12.4788	142	12.3697
27	14.1793	56	13.0222	85	12.6546	114	12.4741	143	12.3667
28	14.0995	57	13.0033	86	12.6464	115	12.4695	144	12.3638
29	14.0252	58	12.9851	87	12.6383	116	12.4649	145	12.3609



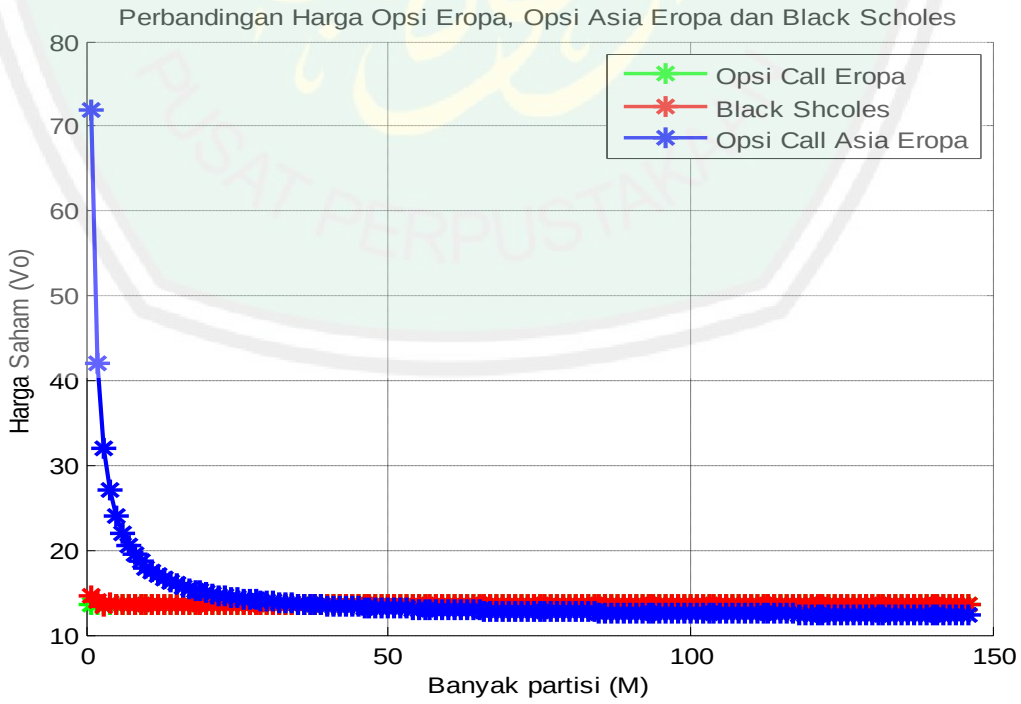
Gambar 3.12 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Asia Eropa

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pada gambar (3.11) harga opsi *call* Asia Eropa dan gambar (3.12) harga opsi *put* Asia Eropa, Perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa dapat dilihat pada tabel (3.4), Perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa semakin konvergen. Sedangkan harga opsi *put* Asia Eropa dari waktu ke-1 sampai waktu ke-146 bernilai 0.

d) Perbandingan Harga Opsi *Call* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes

Pada gambar (3.13) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *call* Eropa akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *call* Eropa akan konvergen, jika opsi *call* Eropa semakin mendekati Black Scholes, tetapi pada harga opsi Asia Eropa bernilai nol, karena $K > S_0$ opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 13,5095, pada opsi Asia Eropa yaitu 12,3581 dan pada Black Scholes yaitu 13,5056.

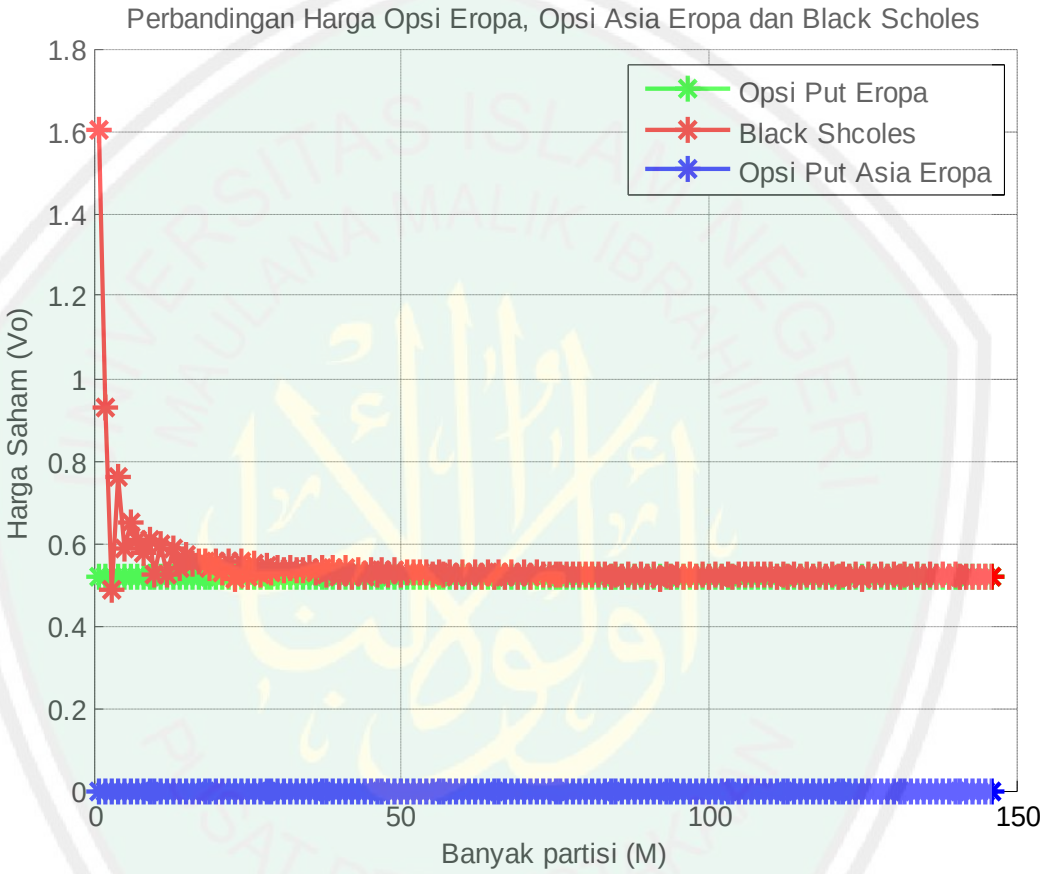


Gambar 3.13 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Call* Eropa, Asia Eropa dan Black Scholes

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

e) Perbandingan Harga Opsi *Put* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes

Perbandingan hasil harga opsi *put* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes dapat di jelaskan dengan gambar berikut.



Gambar 3.14 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Put* Eropa, Asia Eropa dan Black Scholes

Pada gambar (3.14) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *put* Eropa akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *put* Eropa akan konvergen, jika opsi *put* Eropa semakin mendekati Black Scholes. Tetapi pada harga opsi Asia Eropa bernilai nol, karena $S_0 > K$ opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 0,5200, pada opsi Asia Eropa yaitu 0 dan pada Black Scholes yaitu 0,5160.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.4.2 Harga Saham Sama Dengan Harga Ketentuan

Misalkan harga saham perusahaan Y saat ini 50 (satuan mata uang) perlembar. Sementara itu, waktu jatuh tempo ditentukan pada hari ke-146, kemudian dijual dengan *strike price* 50 (satuan mata uang) perlembar. Misalkan tingkat suku bunga bebas resiko 15% pertahun dan standar deviasi tingkat keuntungan saham tersebut sebesar 0,24. Berdasarkan data tersebut, maka harga opsi *call* dan opsi *put* dapat dihitung, menggunakan MATLAB, dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Misalkan, $S_0 = 50$, $K = 50$, $r = 0.15$, $\sigma = 0.24$, $M = 146$

a) Perbandingan Harga Opsi *Call* Eropa dan Black Scholes

Tabel 3.5 Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa

M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr
1	10.4361	1.6759	38	8.7537	0.0065	74	8.7569	0.0033	110	8.7580	0.0022
2	8.6173	0.1429	39	8.8007	0.0405	75	8.7812	0.0210	111	8.7744	0.0142
3	9.3049	0.5448	40	8.7540	0.0062	76	8.7570	0.0032	112	8.7580	0.0022
4	8.6912	0.0690	41	8.7987	0.0385	77	8.7806	0.0205	113	8.7741	0.0139
5	9.0831	0.3229	42	8.7543	0.0059	78	8.7571	0.0031	114	8.7580	0.0021
6	8.7155	0.0447	43	8.7969	0.0367	79	8.7801	0.0199	115	8.7739	0.0137
7	8.9893	0.2291	44	8.7546	0.0056	80	8.7571	0.0030	116	8.7581	0.0021
8	8.7273	0.0328	45	8.7952	0.0351	81	8.7796	0.0194	117	8.7736	0.0135
9	8.9377	0.1775	46	8.7548	0.0053	82	8.7572	0.0030	118	8.7581	0.0021
10	8.7343	0.0259	47	8.7937	0.0336	83	8.7792	0.0190	119	8.7734	0.0132
11	8.9050	0.1449	48	8.7551	0.0051	84	8.7573	0.0029	120	8.7582	0.0020
12	8.7388	0.0214	49	8.7924	0.0322	85	8.7787	0.0185	121	8.7732	0.0130
13	8.8825	0.1223	50	8.7553	0.0049	86	8.7573	0.0028	122	8.7582	0.0020
14	8.7420	0.0182	51	8.7911	0.0309	87	8.7783	0.0181	123	8.7730	0.0128
15	8.8661	0.1059	52	8.7555	0.0047	88	8.7574	0.0028	124	8.7582	0.0020
16	8.7444	0.0158	53	8.7899	0.0298	89	8.7779	0.0177	125	8.7728	0.0126
17	8.8535	0.0933	54	8.7556	0.0045	90	8.7575	0.0027	126	8.7583	0.0019

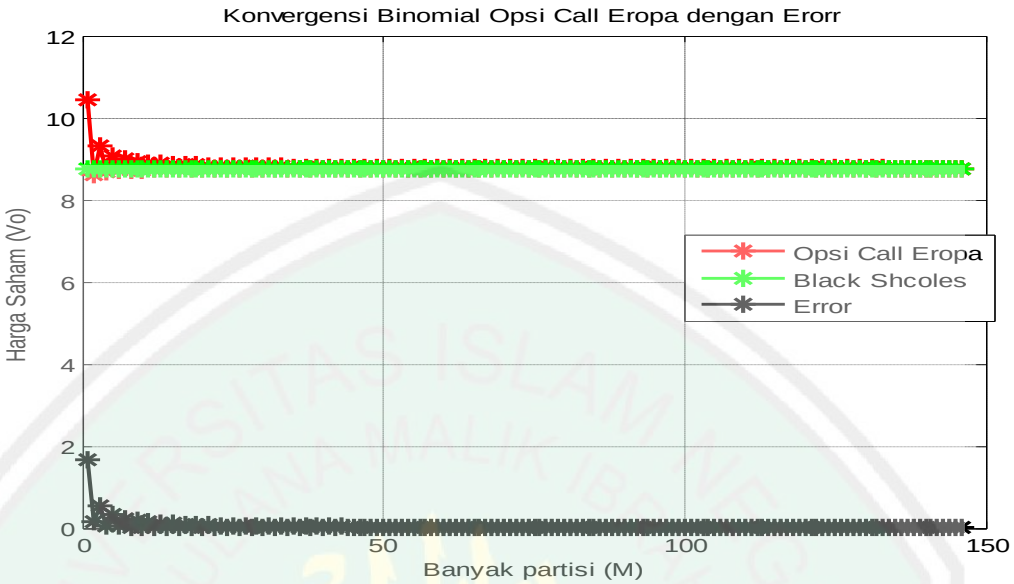
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.5 Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa (Lanjutan)

18	8.7462	0.0140	55	8.7889	0.0287	91	8.7775	0.0173	127	8.7726	0.0124
19	8.8436	0.0834	56	8.7558	0.0044	92	8.7575	0.0026	128	8.7583	0.0019
20	8.7476	0.0125	57	8.7878	0.0277	93	8.7771	0.0169	129	8.7724	0.0122
21	8.8356	0.0754	58	8.7560	0.0042	94	8.7576	0.0026	130	8.7583	0.0019
22	8.7488	0.0114	59	8.7869	0.0267	95	8.7768	0.0166	131	8.7722	0.0120
23	8.8290	0.0688	60	8.7561	0.0041	96	8.7576	0.0025	132	8.7583	0.0018
24	8.7498	0.0104	61	8.7860	0.0258	97	8.7764	0.0162	133	8.7720	0.0118
25	8.8235	0.0633	62	8.7562	0.0039	98	8.7577	0.0025	134	8.7584	0.0018
26	8.7506	0.0096	63	8.7852	0.0250	99	8.7761	0.0159	135	8.7718	0.0117
27	8.8187	0.0586	64	8.7564	0.0038	100	8.7577	0.0024	136	8.7584	0.0018
28	8.7513	0.0089	65	8.7844	0.0242	101	8.7758	0.0156	137	8.7717	0.0115
29	8.8147	0.0545	66	8.7565	0.0037	102	8.7578	0.0024	138	8.7584	0.0018
30	8.7519	0.0083	67	8.7837	0.0235	103	8.7755	0.0153	139	8.7715	0.0113
31	8.8112	0.0510	68	8.7566	0.0036	104	8.7578	0.0023	140	8.7584	0.0017
32	8.7524	0.0077	69	8.7830	0.0228	105	8.7752	0.0150	141	8.7713	0.0112
33	8.8081	0.0479	70	8.7567	0.0035	106	8.7579	0.0023	142	8.7585	0.0017
34	8.7529	0.0073	71	8.7824	0.0222	107	8.7749	0.0147	143	8.7712	0.0110
35	8.8053	0.0451	72	8.7568	0.0034	108	8.7579	0.0023	144	8.7585	0.0017
36	8.7533	0.0069	73	8.7818	0.0216	109	8.7746	0.0144	145	8.7710	0.0109
37	8.8029	0.0427									

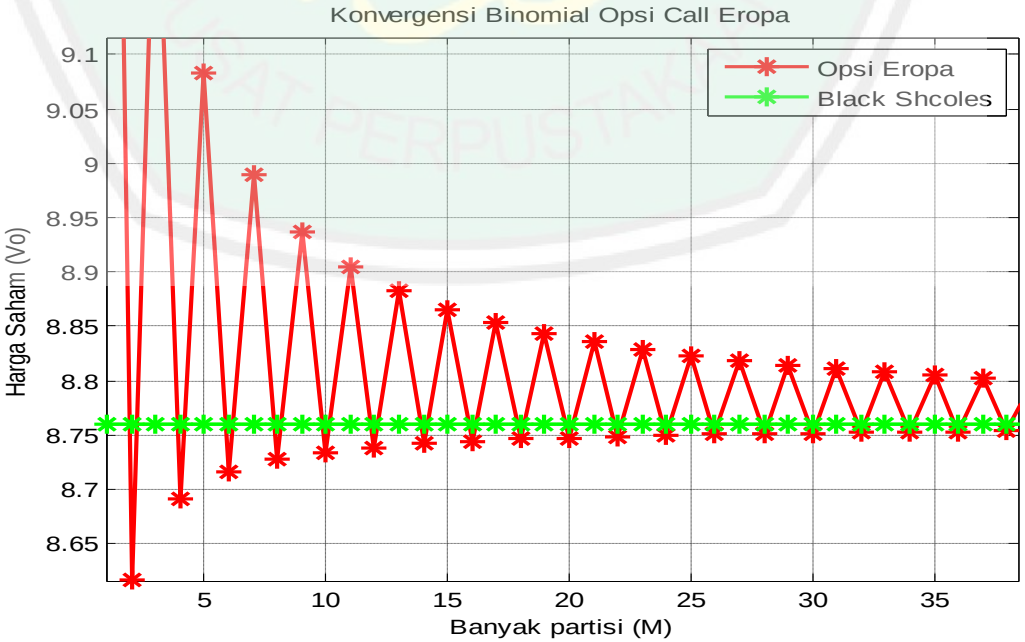
Tabel (3.5) adalah pergerakan harga opsi *call* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.15) yang berwarna merah. Pada gambar (3.15) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *call* akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *call* Eropa akan konvergen, jika opsi *call* Eropa semakin mendekati Black Scholes. Harga opsi Eropa pada waktu yang pertama bernilai 10,4361 dengan perhitungan kontinu sampai harga opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 8,7585 dan pada Black Scholes yaitu 8,7602.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.15 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa

Tabel (3.5) adalah pergerakan erorr opsi *call* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.15) yang berwarna hitam. Pergerakan gambar (3.15) pada hari ke-146 erorrnya bernilai 0,0017. Pergerakan gambar (3.15) diperbesar sehingga menjadi gambar (3.18).

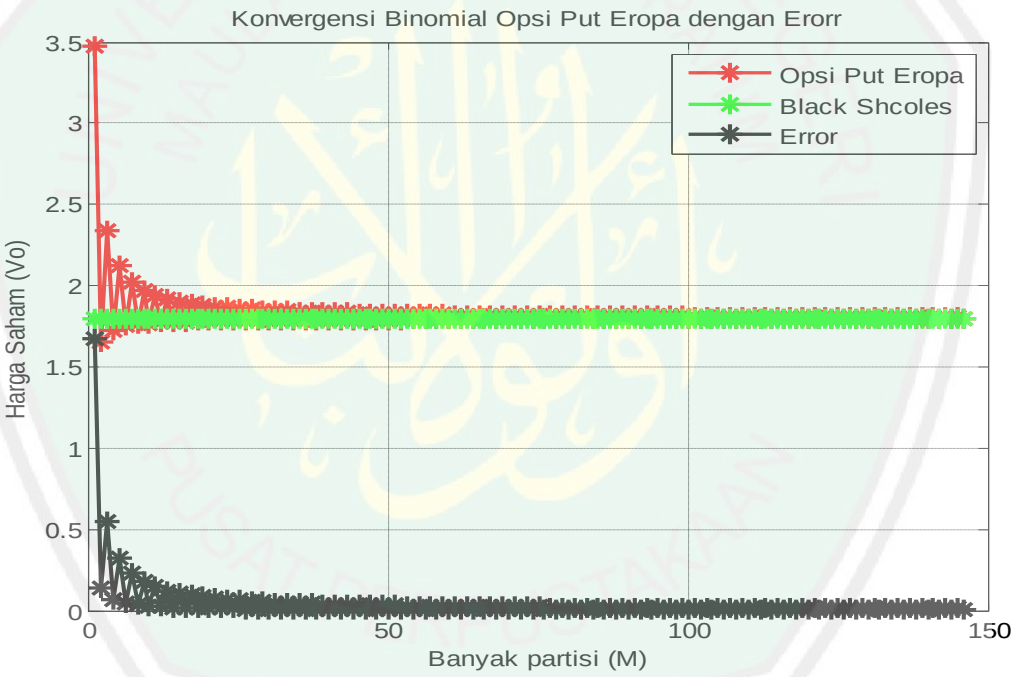


Gambar 3.16 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

b) Perbandingan Harga Opsi *Put* Eropa dan Black Scholes

Pada gambar (3.17) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *put* akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *put* Eropa akan konvergen, jika opsi *put* Eropa semakin mendekati Black Scholes. Harga opsi Eropa pada waktu yang pertama bernilai 3,4715 dengan perhitungan kontinu sampai harga opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 1,7939 dan pada Black Scholes yaitu 1,7956.



Gambar 3.17 Grafik hasil simulasi opsi *put* Eropa

Tabel 3.6 Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa

M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr
1	3.4715	1.6759	38	1.7891	0.0065	74	1.7923	0.0033	110	1.7934	0.0022
2	1.6527	0.1429	39	1.8361	0.0405	75	1.8166	0.0210	111	1.8098	0.0142
3	2.3403	0.5448	40	1.7894	0.0062	76	1.7924	0.0032	112	1.7934	0.0022
4	1.7265	0.0690	41	1.8341	0.0385	77	1.8160	0.0205	113	1.8095	0.0139
5	2.1185	0.3229	42	1.7897	0.0059	78	1.7925	0.0031	114	1.7934	0.0021
6	1.7509	0.0447	43	1.8323	0.0367	79	1.8155	0.0199	115	1.8093	0.0137

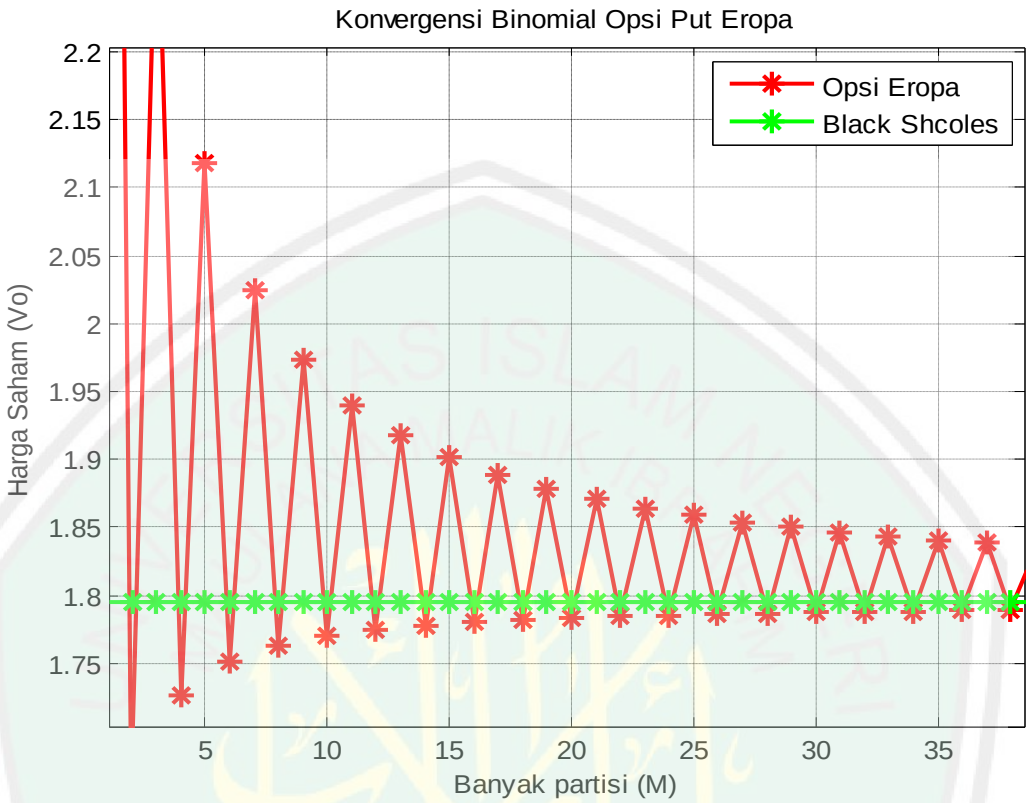
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.6 Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa (Lanjutan)

7	2.0247	0.2291	44	1.7900	0.0056	80	1.7925	0.0030	116	1.7935	0.0021
8	1.7627	0.0328	45	1.8306	0.0351	81	1.8150	0.0194	117	1.8090	0.0135
9	1.9731	0.1775	46	1.7902	0.0053	82	1.7926	0.0030	118	1.7935	0.0021
10	1.7697	0.0259	47	1.8291	0.0336	83	1.8146	0.0190	119	1.8088	0.0132
11	1.9404	0.1449	48	1.7905	0.0051	84	1.7927	0.0029	120	1.7936	0.0020
12	1.7742	0.0214	49	1.8278	0.0322	85	1.8141	0.0185	121	1.8086	0.0130
13	1.9179	0.1223	50	1.7907	0.0049	86	1.7927	0.0028	122	1.7936	0.0020
14	1.7774	0.0182	51	1.8265	0.0309	87	1.8137	0.0181	123	1.8084	0.0128
15	1.9015	0.1059	52	1.7909	0.0047	88	1.7928	0.0028	124	1.7936	0.0020
16	1.7798	0.0158	53	1.8253	0.0298	89	1.8133	0.0177	125	1.8082	0.0126
17	1.8889	0.0933	54	1.7910	0.0045	90	1.7929	0.0027	126	1.7937	0.0019
18	1.7816	0.0140	55	1.8242	0.0287	91	1.8129	0.0173	127	1.8080	0.0124
19	1.8790	0.0834	56	1.7912	0.0044	92	1.7929	0.0026	128	1.7937	0.0019
20	1.7830	0.0125	57	1.8232	0.0277	93	1.8125	0.0169	129	1.8078	0.0122
21	1.8710	0.0754	58	1.7914	0.0042	94	1.7930	0.0026	130	1.7937	0.0019
22	1.7842	0.0114	59	1.8223	0.0267	95	1.8122	0.0166	131	1.8076	0.0120
23	1.8644	0.0688	60	1.7915	0.0041	96	1.7930	0.0025	132	1.7937	0.0018
24	1.7852	0.0104	61	1.8214	0.0258	97	1.8118	0.0162	133	1.8074	0.0118
25	1.8589	0.0633	62	1.7916	0.0039	98	1.7931	0.0025	134	1.7938	0.0018
26	1.7860	0.0096	63	1.8206	0.0250	99	1.8115	0.0159	135	1.8072	0.0117
27	1.8541	0.0586	64	1.7918	0.0038	100	1.7931	0.0024	136	1.7938	0.0018
28	1.7867	0.0089	65	1.8198	0.0242	101	1.8112	0.0156	137	1.8071	0.0115
29	1.8501	0.0545	66	1.7919	0.0037	102	1.7932	0.0024	138	1.7938	0.0018
30	1.7873	0.0083	67	1.8191	0.0235	103	1.8109	0.0153	139	1.8069	0.0113
31	1.8466	0.0510	68	1.7920	0.0036	104	1.7932	0.0023	140	1.7938	0.0017
32	1.7878	0.0077	69	1.8184	0.0228	105	1.8106	0.0150	141	1.8067	0.0112
33	1.8435	0.0479	70	1.7921	0.0035	106	1.7933	0.0023	142	1.7939	0.0017
34	1.7883	0.0073	71	1.8178	0.0222	107	1.8103	0.0147	143	1.8066	0.0110
35	1.8407	0.0451	72	1.7922	0.0034	108	1.7933	0.0023	144	1.7939	0.0017
36	1.7887	0.0069	73	1.8172	0.0216	109	1.8100	0.0144	145	1.8064	0.0109
37	1.8383	0.0427									

Tabel (3.6) adalah pergerakan harga opsi *put* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.17) yang berwarna merah. Pergerakan gambar (3.17) diperbesar sehingga menjadi gambar (3.18).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



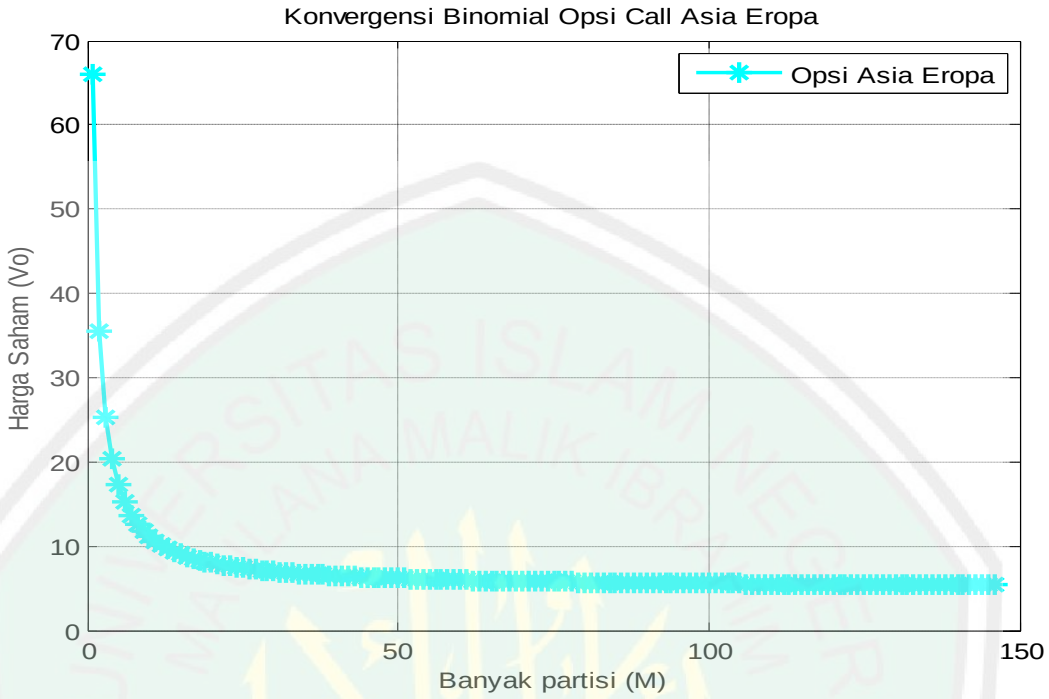
Gambar 3.18 Perbesaran Grafik hasil simulasi opsi *put* Eropa

Tabel (3.6) adalah pergerakan erorr opsi *call* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.17) yang berwarna hitam. Pergerakan gambar (3.17) pada hari ke-146 erorrnya bernilai 0,0017

c) Haga Opsi *Call* dan *Put* Asia Eropa

Harga Opsi *call* Asia Eropa dan *put* Asia Eropa dapat dinyatakan grafik konvergen dapat dijelaskan dengan gambar dan tabel berikut. Pada gambar (3.19) adalah harga opsi *call* Asia Eropa pada perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa dapat dilihat pada tabel (3.7).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.19 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa

Perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa semakin konvergen. Untuk mengetahui kebenaran suatu harga opsi Asia dapat dilihat dari kekonvergenan pergerakan harga opsi Asia itu sendiri. Semakin partisi waktu, *M*, diperbanyak maka harga opsi *call*Asia akan konvergen

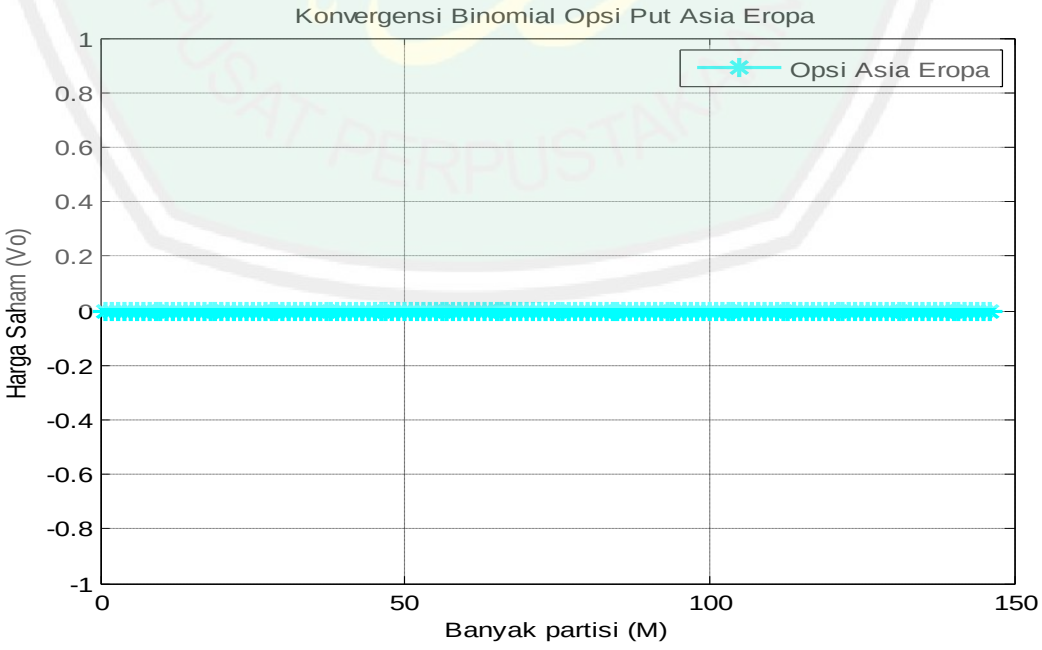
Tabel 3.7 Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa

M	V_0	M	V_0	M	V_0	M	V_0	M	V_0
1	65.9170	30	6.9908	59	5.9852	88	5.6504	117	5.4740
2	35.5335	31	6.9248	60	5.9679	89	5.6424	118	5.4695
3	25.3610	32	6.8629	61	5.9511	90	5.6345	119	5.4650
4	20.2660	33	6.8048	62	5.9349	91	5.6269	120	5.4606
5	17.2061	34	6.7501	63	5.9192	92	5.6194	121	5.4563
6	15.1650	35	6.6985	64	5.9039	93	5.6120	122	5.4521
7	13.7065	36	6.6498	65	5.8892	94	5.6049	123	5.4480
8	12.6123	37	6.6038	66	5.8749	95	5.5978	124	5.4439
9	11.7610	38	6.5601	67	5.8610	96	5.5910	125	5.4398
10	11.0799	39	6.5187	68	5.8475	97	5.5842	126	5.4359
11	10.5225	40	6.4794	69	5.8344	98	5.5776	127	5.4320

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.7 Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa (Lanjutan)

12	10.0580	41	6.4419	70	5.8217	99	5.5712	128	5.4282
13	9.6649	42	6.4063	71	5.8094	100	5.5649	129	5.4244
14	9.3279	43	6.3723	72	5.7974	101	5.5587	130	5.4207
15	9.0358	44	6.3399	73	5.7857	102	5.5526	131	5.4170
16	8.7802	45	6.3089	74	5.7743	103	5.5466	132	5.4134
17	8.5547	46	6.2792	75	5.7633	104	5.5408	133	5.4098
18	8.3542	47	6.2508	76	5.7525	105	5.5351	134	5.4063
19	8.1749	48	6.2236	77	5.7420	106	5.5294	135	5.4029
20	8.0134	49	6.1975	78	5.7318	107	5.5239	136	5.3995
21	7.8673	50	6.1725	79	5.7218	108	5.5185	137	5.3962
22	7.7345	51	6.1484	80	5.7121	109	5.5132	138	5.3929
23	7.6133	52	6.1253	81	5.7027	110	5.5080	139	5.3896
24	7.5021	53	6.1030	82	5.6934	111	5.5029	140	5.3864
25	7.3999	54	6.0816	83	5.6844	112	5.4978	141	5.3833
26	7.3055	55	6.0609	84	5.6756	113	5.4929	142	5.3802
27	7.2181	56	6.0410	85	5.6670	114	5.4880	143	5.3771
28	7.1369	57	6.0217	86	5.6586	115	5.4833	144	5.3741
29	7.0613	58	6.0032	87	5.9852	116	5.4786	145	5.3711



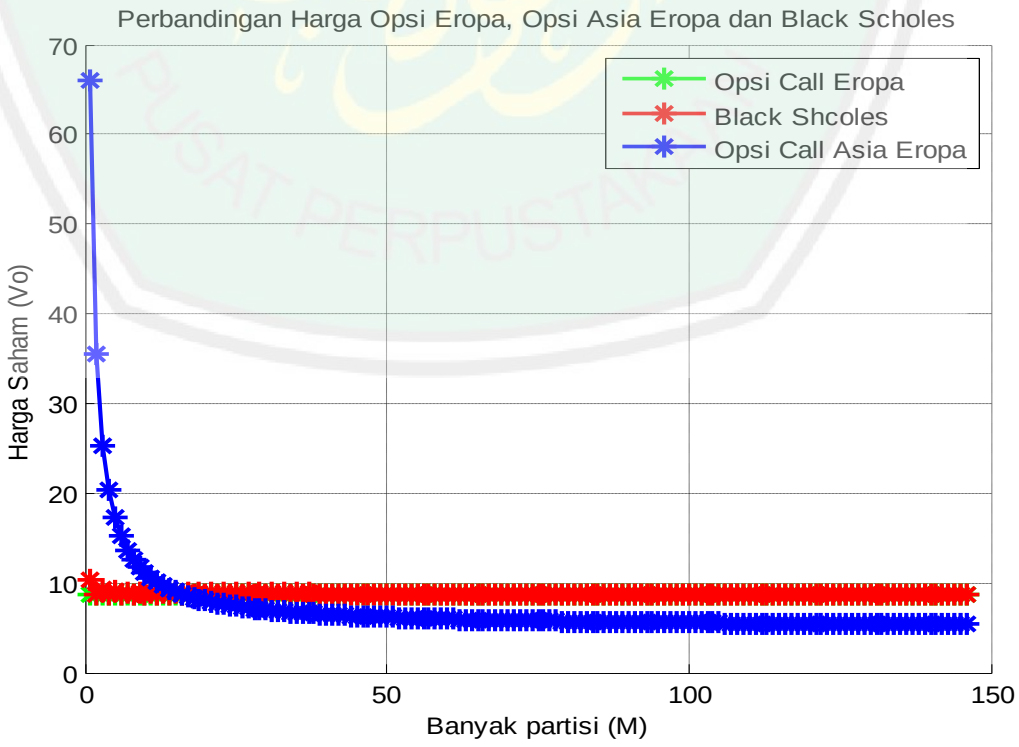
Gambar 3.20 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Asia Eropa

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pada gambar (3.19) harga opsi *call* Asia Eropa dan gambar (3.24) harga opsi *put* Asia Eropa, Perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa dapat dilihat pada tabel (3.7), perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa semakin konvergen. Sedangkan harga opsi *put* Asia Eropa dari waktu ke-1 sampai waktu ke-146 bernilai 0.

d) Perbandingan Harga Opsi *Call* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes

Gambar (3.21) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *call* Eropa akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *call* Eropa akan konvergen, jika opsi *call* Eropa semakin mendekati Black Scholes, tetapi pada harga opsi Asia Eropa bernilai nol, karena $K > S_0$ opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 8,7602, pada opsi Asia Eropa yaitu 5,3652 dan pada Black Scholes yaitu 8,7585.

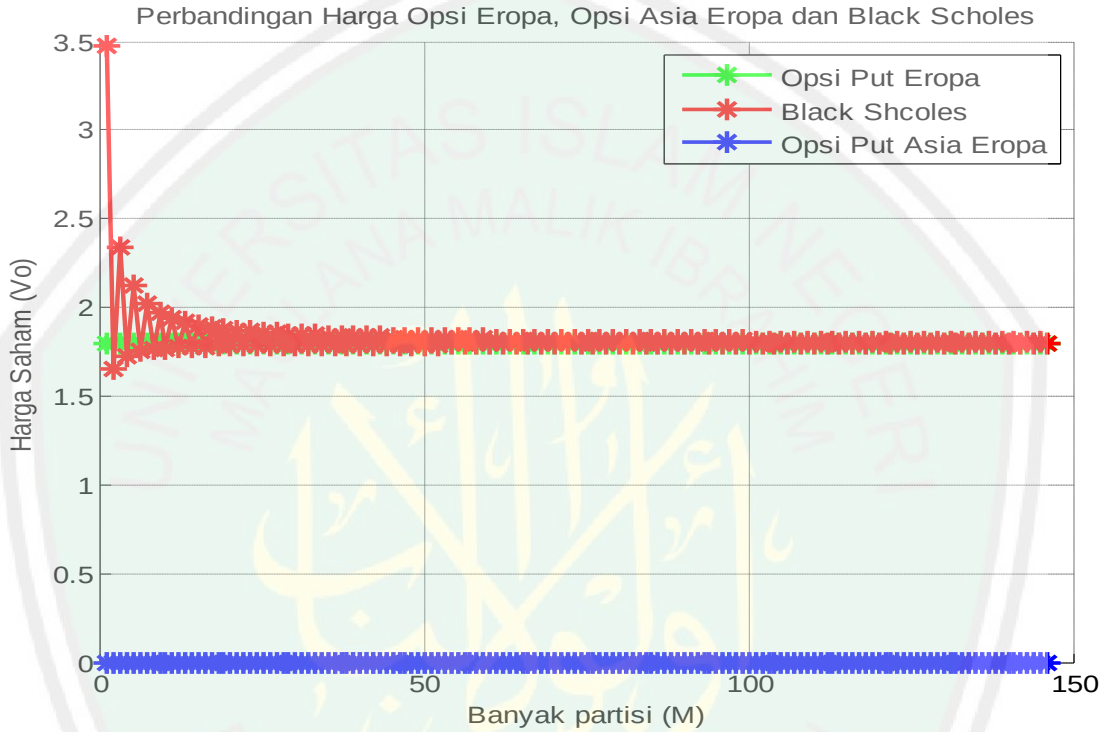


Gambar 3.21 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Call* Eropa, Asia Eropa dan Black Scholes

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

e) Perbandingan Harga Opsi *Put* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes

Perbandingan hasil harga opsi *put* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 3.22 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Put* Eropa, Asia Eropa dan Black Scholes

Pada gambar (3.22) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *put* Eropa akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *put* Eropa akan konvergen, jika opsi *put* Eropa semakin mendekati Black Scholes, tetapi pada harga opsi Asia Eropa bernilai nol, karena $K < S_0$ opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 1,7939, pada opsi Asia Eropa yaitu 0 dan pada Black Scholes yaitu 1,7956.

3.4.3 Harga Saham Kurang Dari Harga Ketentuan

Misalkan harga saham perusahaan Z saat ini 50 (satuan mata uang) perlembar. Sementara itu, waktu jatuh tempo ditentukan pada hari ke-146,

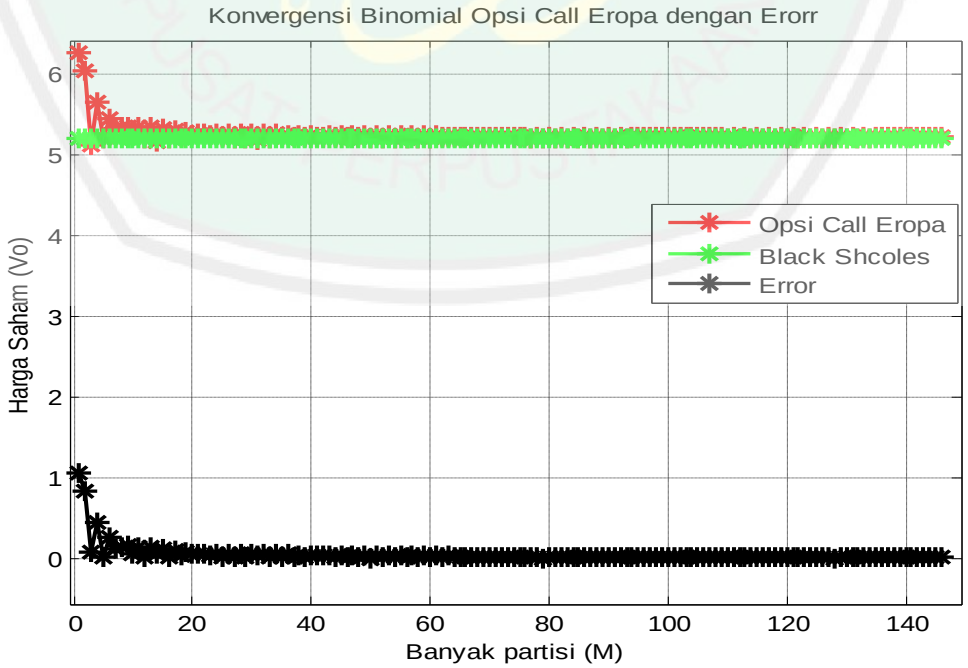
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

kemudian dijual dengan *strike price* 57 (satuan mata uang) perlembar. Misalkan tingkat suku bunga bebas resiko 15% pertahun dan standar deviasi tingkat keuntungan saham tersebut sebesar 0,24. Dengan data tersebut, maka harga opsi *call* dan opsi *put* dapat dihitung, menggunakan MATLAB, dan hasilnya sebagai berikut:

Misalkan, $S_0 = 50$, $K = 57$, $r = 0.15$, $\sigma = 0.24$, $M = 146$

a) Perbandingan Harga Opsi *Call* Eropa dan Black Scholes

Pada gambar (3.23) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *call* akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *call* Eropa akan konvergen, jika opsi *call* Eropa semakin mendekati Black Scholes. Harga opsi Eropa pada waktu yang pertama bernilai 6,2797 dengan perhitungan kontinu sampai harga opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 5,2241 dan pada Black Scholes yaitu 5,2155.



Gambar 3.23 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.8 Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa

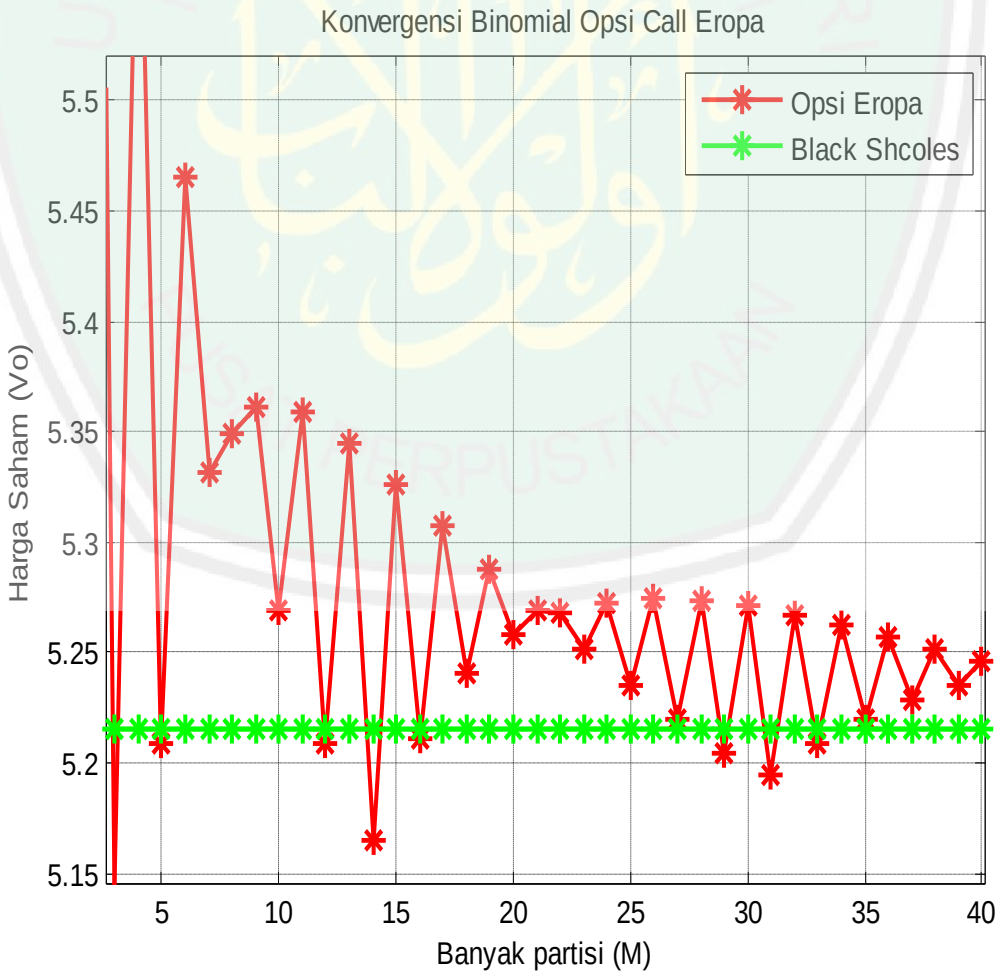
M	V_0	Erorr	M	Erorr	V_0	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr
1	6.2797	1.0642	38	0.0363	5.2518	74	5.2347	0.0192	110	5.2197	0.0042
2	6.0463	0.8308	39	0.0198	5.2353	75	5.2216	0.0061	111	5.2290	0.0135
3	5.1332	0.0823	40	0.0304	5.2459	76	5.2353	0.0198	112	5.2180	0.0025
4	5.6544	0.4389	41	0.0246	5.2401	77	5.2186	0.0031	113	5.2292	0.0137
5	5.2083	0.0071	42	0.0244	5.2399	78	5.2356	0.0201	114	5.2163	0.0008
6	5.4651	0.2496	43	0.0280	5.2435	79	5.2156	0.0001	115	5.2294	0.0139
7	5.3319	0.1164	44	0.0182	5.2337	80	5.2357	0.0202	116	5.2145	0.0010
8	5.3490	0.1335	45	0.0302	5.2457	81	5.2125	0.0030	117	5.2294	0.0139
9	5.3608	0.1453	46	0.0121	5.2276	82	5.2356	0.0201	118	5.2127	0.0028
10	5.2687	0.0532	47	0.0315	5.2470	83	5.2094	0.0061	119	5.2293	0.0138
11	5.3585	0.1430	48	0.0059	5.2214	84	5.2352	0.0197	120	5.2109	0.0046
12	5.2091	0.0064	49	0.0320	5.2475	85	5.2082	0.0073	121	5.2292	0.0137
13	5.3447	0.1292	50	0.0002	5.2153	86	5.2347	0.0192	122	5.2104	0.0051
14	5.1643	0.0511	51	0.0319	5.2474	87	5.2114	0.0041	123	5.2289	0.0134
15	5.3266	0.1111	52	0.0063	5.2092	88	5.2340	0.0185	124	5.2123	0.0032
16	5.2112	0.0043	53	0.0312	5.2467	89	5.2143	0.0012	125	5.2286	0.0131
17	5.3072	0.0917	54	0.0123	5.2032	90	5.2332	0.0177	126	5.2140	0.0015
18	5.2401	0.0246	55	0.0301	5.2456	91	5.2168	0.0013	127	5.2282	0.0127
19	5.2879	0.0724	56	0.0072	5.2082	92	5.2322	0.0167	128	5.2156	0.0001
20	5.2577	0.0422	57	0.0287	5.2441	93	5.2190	0.0035	129	5.2277	0.0122
21	5.2693	0.0538	58	0.0017	5.2138	94	5.2311	0.0156	130	5.2170	0.0015
22	5.2678	0.0523	59	5.2424	0.0269	95	5.2210	0.0055	131	5.2271	0.0116
23	5.2516	0.0361	60	5.2186	0.0031	96	5.2300	0.0145	132	5.2183	0.0028
24	5.2728	0.0573	61	5.2403	0.0248	97	5.2227	0.0072	133	5.2265	0.0110
25	5.2349	0.0195	62	5.2225	0.0070	98	5.2287	0.0132	134	5.2194	0.0039
26	5.2744	0.0589	63	5.2380	0.0225	99	5.2242	0.0087	135	5.2258	0.0103
27	5.2193	0.0038	64	5.2258	0.0103	100	5.2273	0.0119	136	5.2204	0.0050
28	5.2736	0.0581	65	5.2356	0.0201	101	5.2254	0.0099	137	5.2251	0.0096
29	5.2045	0.0110	66	5.2285	0.0130	102	5.2259	0.0104	138	5.2214	0.0059
30	0.0555	5.2710	67	5.2330	0.0175	103	5.2265	0.0110	139	5.2243	0.0088
31	0.0211	5.1944	68	5.2307	0.0152	104	5.2244	0.0089	140	5.2222	0.0067
32	0.0517	5.2672	69	5.2303	0.0148	105	5.2273	0.0118	141	5.2235	0.0080
33	0.0065	5.2090	70	5.2324	0.0169	106	5.2229	0.0074	142	5.2229	0.0074
34	0.0471	5.2626	71	5.2275	0.0120	107	5.2280	0.0125	143	5.2226	0.0072
35	0.0047	5.2202	72	5.2337	0.0182	108	5.2213	0.0058	144	5.2235	0.0080

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.8 Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa (Lanjutan)

36	0.0419	5.2574	73	5.2246	0.0091	109	5.2286	0.0131	145	5.2218	0.0063
37	0.0133	5.2288									

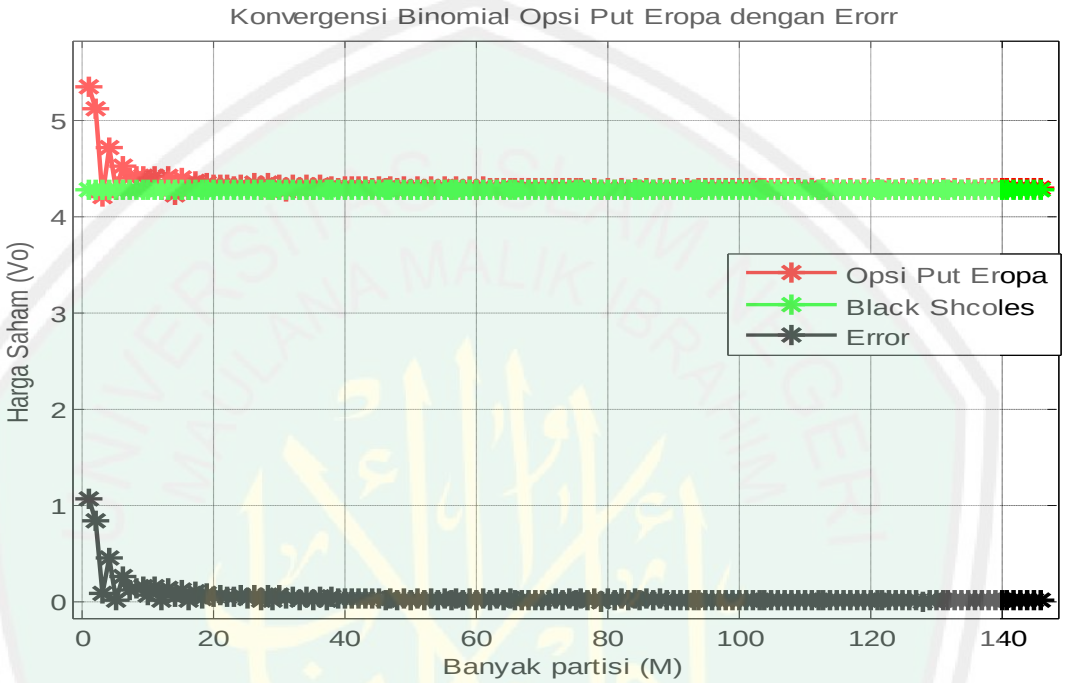
Tabel (3.8) adalah pergerakan erorr opsi *call* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.23) yang berwarna hitam. Pergerakan gambar (3.23) pada hari ke-146 erorrnya bernilai 0,0086. Tabel (3.8) adalah pergerakan harga opsi *call* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.24) yang berwarna merah. Pergerakan gambar (3.23) diperbesar sehingga menjadi gambar (3.24).



CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Gambar 3.24 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Eropa

b) Perbandingan Harga Opsi *Put* Eropa dan Black Scholes



Gambar 3.25 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa

Pada gambar (3.25) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *put* akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *put* Eropa akan konvergen, jika opsi *put* Eropa semakin mendekati Black Scholes. Harga opsi Eropa pada waktu yang pertama bernilai 5,3401 dengan perhitungan kontinu sampai harga opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 4,2844 dan pada Black Scholes yaitu 4,2758.

Tabel 3.9 Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa

M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr	M	V_0	Erorr
1	5.3401	1.0642	38	4.3122	0.0363	74	4.2950	0.0192	110	4.2800	0.0042
2	5.1067	0.8308	39	4.2956	0.0198	75	4.2820	0.0061	111	4.2893	0.0135
3	4.1936	0.0823	40	4.3063	0.0304	76	4.2956	0.0198	112	4.2783	0.0025
4	4.7147	0.4389	41	4.3004	0.0246	77	4.2790	0.0031	113	4.2896	0.0137
5	4.2687	0.0071	42	4.3002	0.0244	78	4.2960	0.0201	114	4.2766	0.0008
6	4.5255	0.2496	43	4.3038	0.0280	79	4.2759	0.0001	115	4.2897	0.0139
7	4.3923	0.1164	44	4.2941	0.0182	80	4.2961	0.0202	116	4.2749	0.0010

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

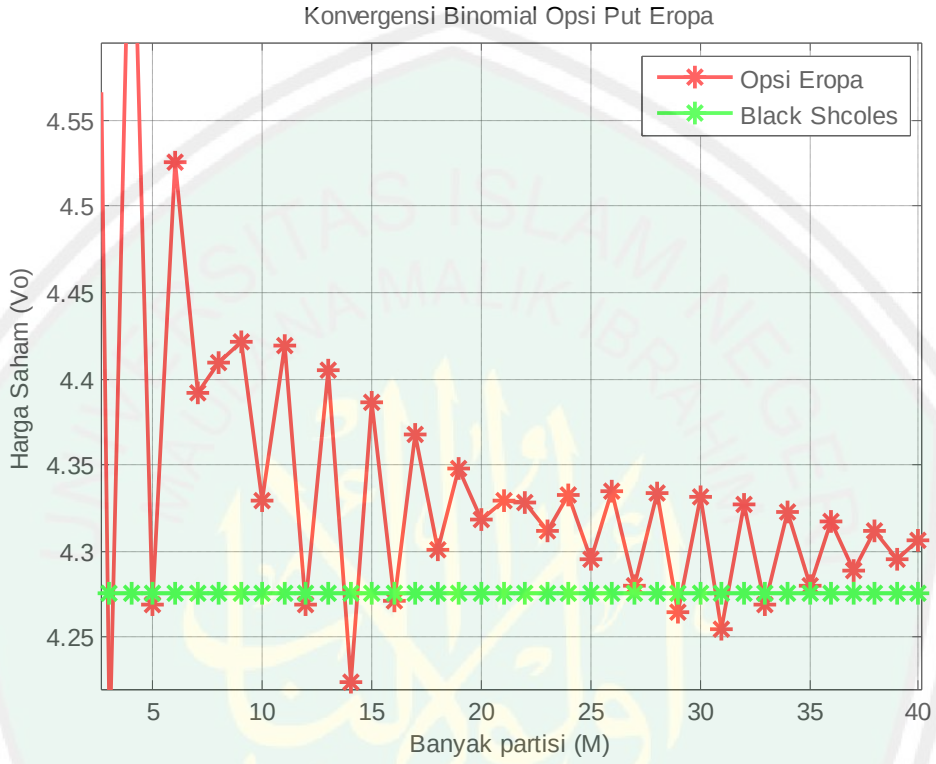
Tabel 3.9 Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa (Lanjutan)

8	4.4094	0.1335	45	4.3061	0.0302	81	4.2728	0.0030	117	4.2898	0.0139
9	4.4212	0.1453	46	4.2879	0.0121	82	4.2959	0.0201	118	4.2731	0.0028
10	4.3291	0.0532	47	4.3074	0.0315	83	4.2698	0.0061	119	4.2897	0.0138
11	4.4189	0.1430	48	4.2817	0.0059	84	4.2956	0.0197	120	4.2713	0.0046
12	4.2694	0.0064	49	4.3079	0.0320	85	4.2685	0.0073	121	4.2895	0.0137
13	4.4050	0.1292	50	4.2756	0.0002	86	4.2950	0.0192	122	4.2707	0.0051
14	4.2247	0.0511	51	4.3078	0.0319	87	4.2718	0.0041	123	4.2893	0.0134
15	4.3869	0.1111	52	4.2695	0.0063	88	4.2944	0.0185	124	4.2726	0.0032
16	4.2715	0.0043	53	4.3071	0.0312	89	4.2746	0.0012	125	4.2889	0.0131
17	4.3675	0.0917	54	4.2636	0.0123	90	4.2935	0.0177	126	4.2743	0.0015
18	4.3005	0.0246	55	4.3060	0.0301	91	4.2772	0.0013	127	4.2885	0.0127
19	4.3483	0.0724	56	4.2686	0.0072	92	4.2926	0.0167	128	4.2759	0.0001
20	4.3180	0.0422	57	4.3045	0.0287	93	4.2794	0.0035	129	4.2880	0.0122
21	4.3297	0.0538	58	4.2742	0.0017	94	4.2915	0.0156	130	4.2773	0.0015
22	4.3281	0.0523	59	4.3027	0.0269	95	4.2813	0.0055	131	4.2875	0.0116
23	4.3120	0.0361	60	4.2789	0.0031	96	4.2903	0.0145	132	4.2786	0.0028
24	4.3332	0.0573	61	4.3007	0.0248	97	4.2830	0.0072	133	4.2868	0.0110
25	4.2953	0.0195	62	4.2829	0.0070	98	4.2890	0.0132	134	4.2798	0.0039
26	4.3348	0.0589	63	4.2984	0.0225	99	4.2845	0.0087	135	4.2862	0.0103
27	4.2796	0.0038	64	4.2862	0.0103	100	4.2877	0.0119	136	4.2808	0.0050
28	4.3339	0.0581	65	4.2959	0.0201	101	4.2858	0.0099	137	4.2855	0.0096
29	4.2649	0.0110	66	4.2889	0.0130	102	4.2863	0.0104	138	4.2817	0.0059
30	4.3314	0.0555	67	4.2933	0.0175	103	4.2868	0.0110	139	4.2847	0.0088
31	4.2548	0.0211	68	4.2910	0.0152	104	4.2848	0.0089	140	4.2825	0.0067
32	4.3276	0.0517	69	4.2906	0.0148	105	4.2877	0.0118	141	4.2839	0.0080
33	4.2693	0.0065	70	4.2928	0.0169	106	4.2832	0.0074	142	4.2833	0.0074
34	4.3230	0.0471	71	4.2878	0.0120	107	4.2884	0.0125	143	4.2830	0.0072
35	4.2805	0.0047	72	4.2941	0.0182	108	4.2816	0.0058	144	4.2839	0.0080
36	4.3178	0.0419	73	4.2849	0.0091	109	4.2889	0.0131	145	4.2821	0.0063
37	4.2892	0.0133									

Tabel (3.9) adalah pergerakan erorr opsi *Put* Eropa yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.25) yang berwarna hitam. Pergerakan gambar (3.25) pada hari ke-146 erorrnya bernilai 0,0086. Tabel (3.9) adalah pergerakan harga opsi *put* Eropa

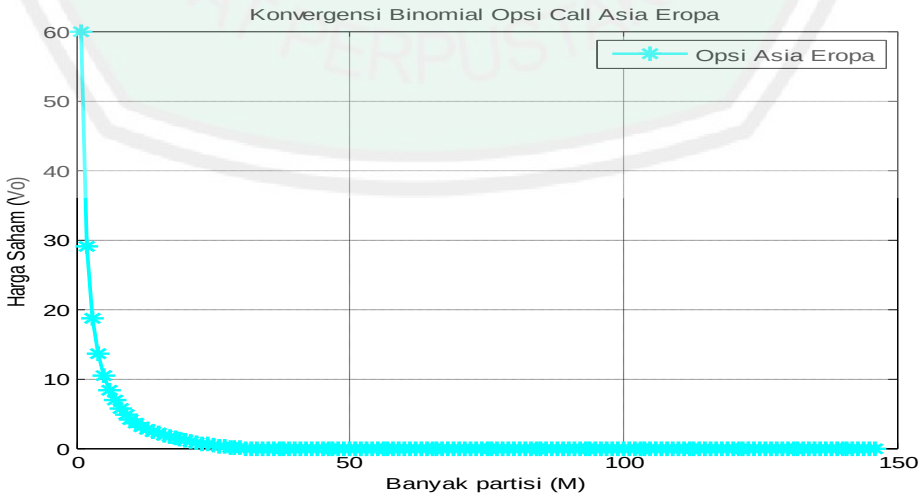
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

yang naik turun, dapat dilihat pada gambar (3.26) yang berwarna merah. Pergerakan gambar (3.25) diperbesar sehingga menjadi gambar (3.26).



Gambar 3.26 Perbesaran Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Eropa

c) Haga Opsi *Call* Dan *Put* Asia Eropa



Gambar 3.27 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa

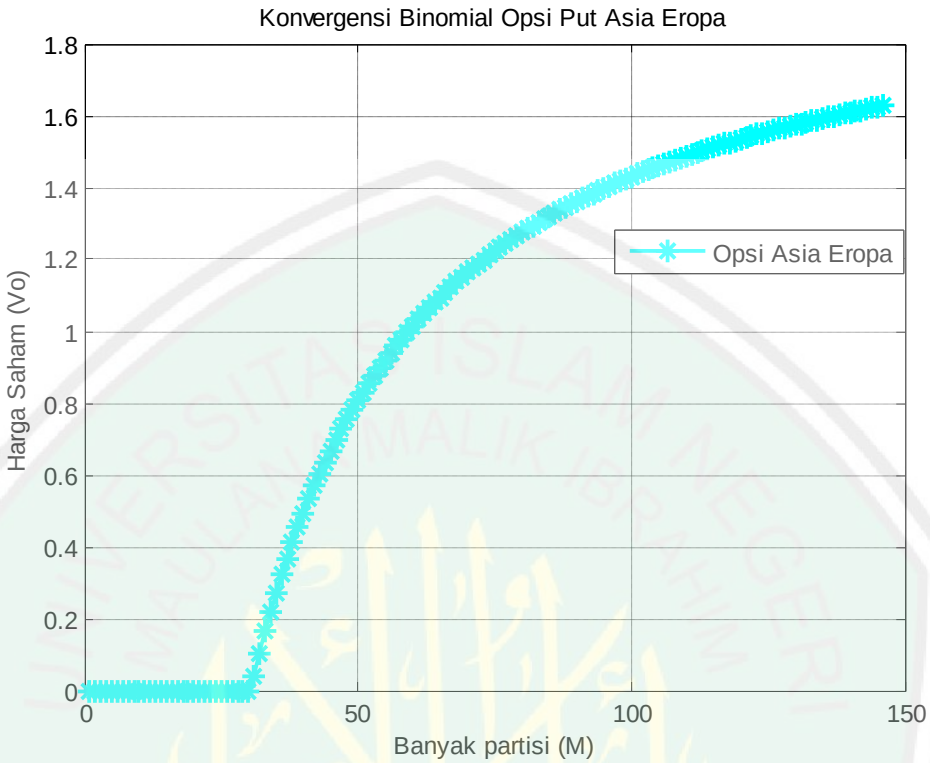
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pada gambar (3.27) adalah harga opsi *call* Asia Eropa pada perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa dapat dilihat pada tabel (3.10). Untuk mengetahui kebenaran suatu harga opsi Asia dapat dilihat dari kekonvergenan pergerakan harga opsi Asia itu sendiri. Semakin partisi waktu (M), diperbanyak maka harga opsi *call* Asia akan konvergen

Tabel 3.10 Hasil Simulasi Opsi *Call* Asia Eropa

M	V_0	M	V_0	M	V_0	M	V_0	M	V_0
1	59.8921	30	0.0257	59	0	88	0	117	0
2	29.0393	31	0	60	0	89	0	118	0
3	18.7024	32	0	61	0	90	0	119	0
4	13.5236	33	0	62	0	91	0	120	0
5	10.4130	34	0	63	0	92	0	121	0
6	8.3378	35	0	64	0	93	0	122	0
7	6.8549	36	0	65	0	94	0	123	0
8	5.7423	37	0	66	0	95	0	124	0
9	4.8767	38	0	67	0	96	0	125	0
10	4.1841	39	0	68	0	97	0	126	0
13	2.7452	42	0	71	0	100	0	129	0
14	2.4025	43	0	72	0	101	0	130	0
15	2.1055	44	0	73	0	102	0	131	0
16	1.8456	45	0	74	0	103	0	132	0
17	1.6162	46	0	75	0	104	0	133	0
18	1.4123	47	0	76	0	105	0	134	0
19	1.2299	48	0	77	0	106	0	135	0
20	1.0657	49	0	78	0	107	0	136	0
21	0.9172	50	0	79	0	108	0	137	0
22	0.7821	51	0	80	0	109	0	138	0
23	0.6588	52	0	81	0	110	0	139	0
24	0.5457	53	0	82	0	111	0	140	0
25	0.4417	54	0	83	0	112	0	141	0
26	0.3457	55	0	84	0	113	0	142	0
27	0.2568	56	0	85	0	114	0	143	0
28	0.1743	57	0	86	0	115	0	144	0
29	0.0974	58	0	87	0	116	0	145	0

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.28 Grafik Hasil Simulasi Opsi *Put* Asia Eropa

Pada gambar (3.28) adalah harga opsi *call* Asia Eropa pada perhitungan harga opsi *put* Asia Eropa dapat dilihat pada tabel (3.11). Untuk mengetahui kebenaran suatu harga opsi Asia dapat dilihat dari kekonvergenan pergerakan harga opsi Asia itu sendiri. Semakin partisi waktu, *M*, diperbanyak maka harga opsi *call* Asia akan konvergen

Tabel 3.11 Hasil Simulasi Opsi *Put* Asia Eropa

M	V_0	M	V_0	M	V_0	M	V_0	M	V_0
1	0	30	0	59	0.9970	88	1.3457	117	1.5216
2	0	31	0.0414	60	1.0146	89	1.3537	118	1.5261
3	0	32	0.1043	61	1.0317	90	1.3615	119	1.5305
4	0	33	0.1634	62	1.0482	91	1.3691	120	1.5349
5	0	34	0.2191	63	1.0642	92	1.3766	121	1.5392
6	0	35	0.2715	64	1.0797	93	1.3839	122	1.5434
7	0	36	0.3211	65	1.0947	94	1.3910	123	1.5476

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.11 Hasil Simulasi Opsi *Put* Asia Eropa (Lanjutan)

8	0	37	0.3679	66	1.1092	95	1.3980	124	1.5517
9	0	38	0.4123	67	1.1233	96	1.4048	125	1.5557
10	0	39	0.4544	68	1.1370	97	1.4115	126	1.5597
11	0	40	0.4944	69	1.1504	98	1.4181	127	1.5636
12	0	41	0.5325	70	1.1633	99	1.4245	128	1.5674
13	0	42	0.5687	71	1.1758	100	1.4308	129	1.5712
14	0	43	0.6033	72	1.1881	101	1.4370	130	1.5749
15	0	44	0.6363	73	1.1999	102	1.4431	131	1.5786
16	0	45	0.6678	74	1.2115	103	1.4490	132	1.5822
17	0	46	0.6980	75	1.2227	104	1.4549	133	1.5858
18	0	47	0.7269	76	1.2337	105	1.4606	134	1.5893
19	0	48	0.7545	77	1.2444	106	1.4662	135	1.5927
20	0	49	0.7811	78	1.2548	107	1.4717	136	1.5961
21	0	50	0.8065	79	1.2649	108	1.4771	137	1.5995
22	0	51	0.8310	80	1.2748	109	1.4824	138	1.6028
23	0	52	0.8546	81	1.2844	110	1.4876	139	1.6060
24	0	53	0.8772	82	1.2938	111	1.4927	140	1.6092
25	0	54	0.8990	83	1.3030	112	1.4977	141	1.6124
26	0	55	0.9200	84	1.3119	113	1.5027	142	1.6155
27	0	56	0.9403	85	1.3207	114	1.5075	143	1.6186
28	0	57	0.9599	86	1.3292	115	1.5123	144	1.6216
29	0	58	0.9788	87	1.3376	116	1.5170	145	1.6246

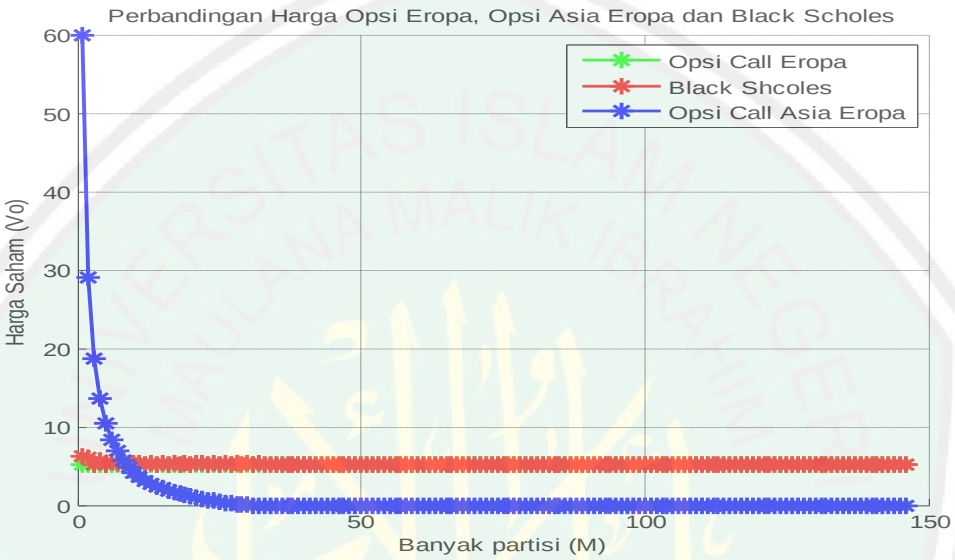
Pada gambar (3.27) harga opsi *call* Asia Eropa dan gambar (3.28) harga opsi *put* Asia Eropa. Perhitungan harga opsi *call* Asia Eropa dapat dilihat pada tabel (3.10) dan perhitungan harga opsi *put* Asia Eropa dapat dilihat pada tabel (3.11), Pada harga opsi *call* Asia Eropa konvergen mulai dari waktu ke-31 dan harga opsi *put* Asia Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 1,6276.

d) Perbandingan Harga Opsi *Call* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes

Pada gambar (3.29) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *call* Eropa akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *call* Eropa akan konvergen, jika opsi *call* Eropa semakin mendekati Black Scholes, tetapi pada

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

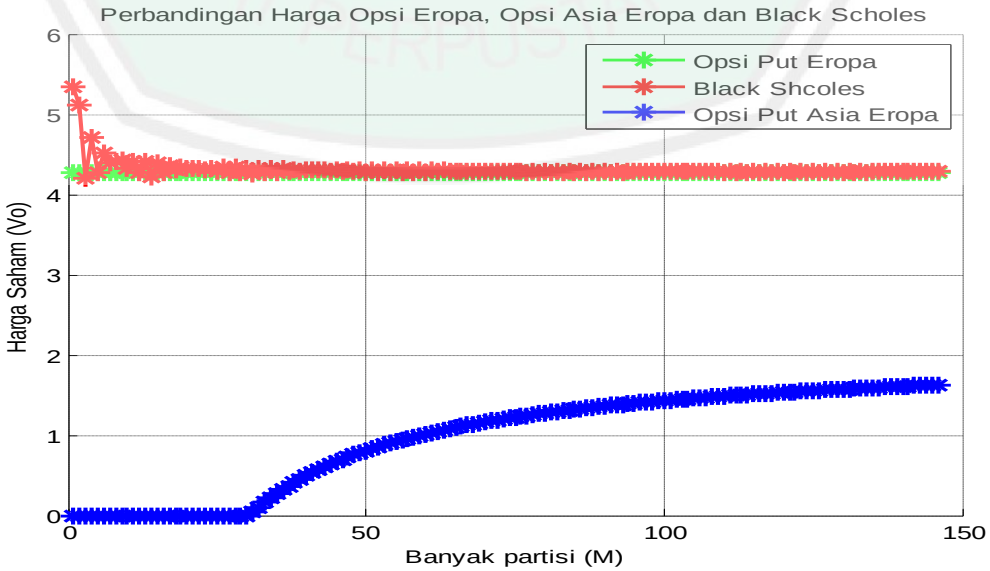
harga opsi Asia Eropa bernilai nol, karena $K > S_0$ opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 5,2241, pada opsi Asia Eropa yaitu 0, dan pada Black Scholes yaitu 5,2155.



Gambar 29 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Call* Eropa, Asia Eropa dan Black Scholes

e) Perbandingan Harga Opsi *Put* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes

Perbandingan hasil harga opsi *put* Eropa, Asia Eropa, dan Black Scholes dapat dijelaskan pada gambar berikut ini:



Gambar 3.30 Grafik Hasil Simulasi Harga Opsi *Put* Eropa, Asia Eropa dan Black Scholes

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pada gambar (3.30) menunjukkan bahwa semakin banyak partisi opsi *put* Eropa akan semakin mendekati Black Scholes. Jadi opsi *put* Eropa akan konvergen, jika opsi *put* Eropa semakin mendekati Black Scholes, tetapi pada harga opsi Asia Eropa bernilai nol, karena $K < S_0$ opsi Eropa pada waktu jatuh tempo (hari ke-146) yaitu 4,28841, pada opsi Asia Eropa yaitu 1,6276 dan pada Black Scholes yaitu 4,2758.

3.5 Analisis Simulasi Grafik

Pada harga saham model Asia Eropa digambarkan dengan titik titik bintang. Ekspektasi harga saham awal sampai hari ke-146 grafiknya selalu naik. Harga saham rata-rata dari simulasi ketiga perusahaan bernilai 55,3708, karena harga saham awal dan hari pada waktu jatuh tempo sama. Simulasi pada ketiga perusahaan X, Y, dan Z, dari ketiga perusahaan yang membedakan adalah harga ketentuan (*Strike Price*). Pada saat $S_0 > K$, $S_0 = K$, dan $S_0 < K$ opsi *call* dan opsi *put* pada model Eropa selalu mendekati Black Scholes. Model Black Scholes merupakan perbandingan dari model Eropa. Black Scholes dipakai dalam penentuan nilai opsi dikarenakan mudah diterima pada bagian keuangan dengan pemakaiannya hanya untuk menentukan nilai opsi Eropa saat hari terakhir (*maturityn date*)**.** Ketiga simulasi perhitungan harga opsi *call* dan perhitungan harga opsi *put* model Eropa selalu konvergen.

Error yang terjadi pada harga opsi Eropa yaitu selisih dari perhitungan harga opsi Eropa dengan harga Black Scholes. Pada perusahaan X saat $S_0 > K$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

opsi *call* dan opsi *put* hari ke-146 benilai sama erorrnya 0,0040. Pada perusahaan Y saat $S_0 = K$ opsi *call* dan opsi *put* hari ke-146 benilai sama erorrnya 0,0017 dan pada perusahaan Z saat $S_0 < K$ opsi *call* dan opsi *put* hari ke-146 benilai sama erorrnya 0,0086.

Harga opsi Asia Eropa dari ketiga perusahaan, jika dilihat dari Harga saham awal S_0 dan harga ketentuan *K*. Harga opsi *call* pada saat $S_0 > K$ dan $S_0 = K$ akan terus menurun tetapi tidak sampai bernilai nol, sedangkan pada saat $S_0 < K$ menurun sampai bernilai nol. Harga opsi *put* Asia Eropa justru sebaliknya pada saat $S_0 > K$ dan $S_0 = K$ bernilai nol, sedangkan pada saat $S_0 < K$, dimulai dari nol dan semakin banyak partisi waktu maka semakin naik nilainya. Kesimpulannya jika ingin memilih opsi *call* maka menentukan harga saham dan harga ketentuan dapat dilihat pada saat $S_0 > K$ dan $S_0 = K$. Sebaliknya jika ingin memilih opsi *put* maka menentukan harga saham dan harga ketentuan dapat dilihat pada saat $S_0 < K$.

3.6 Kajian Keagamaan

Ilmu merupakan sesuatu yang sangat penting bagi orang-orang yang berakal, dimana semua orang sangat membutuhkannya, lebih dari sekedar kebutuhan makan dan minum. Niat menuntut ilmu adalah untuk memberantas kebodohan dari dirinya dan dari orang lain, karena pada dasarnya manusia itu *jahil* (bodoh). Menuntut ilmu dan mengaplikasikan teori yang didapatkan akan membuat akal manusia menjadi berkembang. Dalam mengaplikasikan ilmu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

diperlukan pembelajaran, ketelitian dan kerja keras. Allah berfirman dalam surat Mayam ayat 94:

لَّقَدْ أَحْصَىٰهُمْ وَعَدَّهُمْ عَدًّا ﴿٩٤﴾

Artinya: Sesungguhnya Allah telah menentukan jumlah mereka dan menghitung mereka dengan hitungan yang teliti.

Ayat ini menjelaskan bahwa alam semesta memuat teori-teori dan konsep matematika, meskipun alam semesta tercipta sebelum matematika itu ada. Alam semesta serta segala isinya diciptakan Allah dengan ukuran-ukuran yang cermat dan teliti, dengan perhitungan-perhitungan yang mapan, dan dengan rumus-rumus serta persamaan yang seimbang dan rapi (Abdussakir, 2007). Ayat tersebut merefleksikan kepada manusia bahwasanya allah menyusun alam semesta ini dengan cermat dan teliti. Hal ini sesungguhnya adalah ciri konsep matematika yang teraplikasikan diberbagai bidang, salah satunya dibidang komputasi keuangan yaitu menghitung harga opsi dengan metode binomial.

Pada perhitungan harga opsi dengan metode binomial pasti terdapat peluang-peluang yang kemungkinan terjadi. Metode binomial mempunyai dua kemungkinan yang terjadi, berhasil atau gagal, metode binomial pada penelitian ini digunakan untuk menghitung harga opsi. Opsi yang diperjualbelikan berupa saham. Allah berfirman surat Al-Baqarqh ayat 275:

وَأَحَلَّ ٱللَّهُ ٱلْبَيْعَ وَحَرَّمَ ٱلرِّبَوٰا۟ خَٰلِدِ...

Artinya: Allah telah menghalalkan jual beli dan mengharamkan riba…

Pada perdagangan saham, berbagai muamalah selalu berada dalam timbangan syariah (halal-haram). Khalifah Umar bin al-Khathab, misalnya, tidak

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

mengizinkan pedagang manapun masuk ke pasar kaum Muslim kecuali jika dia telah memahami hukum-hukum muamalah. Tujuannya tiada lain supaya pedagang itu tidak terjerumus ke dalam dosa riba. (Ali, 2006).

Landasan atau dasar hukum mengenai jual beli ini disyariatkan berdasarkan Al-Qur'an, Hadist Nabi, dan Ijma'. Hukum jual beli pada dasarnya dibolehkan oleh ajaran islam. Kebolehan ini didasarkan kepada firman Allah dalam surat An-Nisa' ayat 5:

وَلَا تُؤْتُوا۟ ٱلسُّفَهَآءَ أَمْوَٰلَكُمُ ٱلَّتِى جَعَلَ ٱللَّهُ لَكُمْ قِيَٰمًا وَٱرْزُقُوهُمْ فِيهَا وَٱكْسُوهُمْ وَقُولُوا۟ لَهُمْ قَوْلًا مَّعْرُوفًا ﴿٥﴾

Artinya: dan janganlah kamu serahkan kepada orang-orang yang belum sempurna akalnya [268], harta (mereka yang ada dalam kekuasaanmu) yang dijadikan Allah sebagai pokok kehidupan. berilah mereka belanja dan pakaian (dari hasil harta itu) dan ucapkanlah kepada mereka kata-kata yang baik.

[268] Orang yang belum sempurna akalnya ialah anak yatim yang belum balig atau orang dewasa yang tidak dapat mengatur harta bendanya.

Para ahli fikih kontemporer sepakat, bahwa haram hukumnya memperdagangkan saham di pasar modal dari perusahaan yang bergerak di bidang usaha yang haram. Misalnya, perusahaan yang bergerak di bidang produksi minuman keras, bisnis babi dan apa saja yang terkait dengan babi, jasa keuangan konvensional seperti bank dan asuransi industri hiburan, seperti kasino, perjudian, prostitusi, media porno, dan sebagainya. Dalil yang mengharamkan jual-beli saham perusahaan seperti ini adalah semua dalil yang mengharamkan segala aktivitas tersebut. (Syahatah & Fayyadh, 2004).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Pada penulisan skripsi ini penulis membahas tentang metode binomial untuk perhitungan harga opsi Eropa dan opsi Asia Eropa. Metode binomial untuk perhitungan harga opsi Eropa, yang didasarkan pada perhitungan harga saham. Harga saham pasar bebas kenyataannya selalu mengalami perubahan naik atau turun setiap detiknya atau dengan perubahan waktu. Kemungkinan dua arah perubahan inilah yang digunakan sebagai dasar metode binomial. Dari hasil analisa simulasi pada pembahasan penelitian ini dapat disimpulkan simulasi perhitungan harga opsi *call* dan perhitungan harga opsi *put* model Eropa selalu konvergen karena mendekati Black Scholes. Sedangkan harga opsi Asia Eropa bisa dilihat dari harga saham awal S_0 dan harga ketentuan K, jika ingin memilih opsi *call* maka menentukan harga saham dan harga ketentuan dapat dilihat pada saat $S_0 > K$ dan $S_0 = K$. Sebaliknya jika ingin memilih opsi *put* maka menentukan harga saham dan harga ketentuan dapat dilihat pada saat $S_0 < K$.

4.2 Saran

Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk menghitung dengan metode trinomial atau melanjutkan ke metode yang lebih akurat. Bisa juga menghitung perhitungan harga opsi Amerika dan opsi Asia Amerika dengan metode binomial.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR PUSTAKA

Abdussakir. 2007. *Ketika Kyai Mengajar Matematika.* Malang: Uin Malang Press.

Al-qarni, A.. 2008. *Tafsir Muyassar Jilid 2*. Jakarta: Qisthi Press.

Ali, A.. 2006. *Mawsû'ah al-Qadhaya al-Fiqhiyah al-Mu'âshirah wa al-Iqtishâd al-Islâmi*. Qatar: Daruts Tsaqafah.

Aziz, A.. 2004. Empat Bentuk Nilai Parameter-parameter u, d, dan p dalam Binomial Harga Saham.

Bodie, K.M.. 2005. *Investment International Sixth Edition.* New York: Mc Graw-Hill.

Cox, J., Ross, S.A., dan Rubinstein M.. 1979. Option Pricing A Simplified Approach, *Journal of Financial Economics* 7, Hal. 229-263.

Dajan, A.. 1986. *Pengantar Metode Statistik Jilid II*. Jakarta: LP3ES.

Djalaluddin, A.. 2007. Manajemen Qur'ani Menerjemahkan Idarah Ijahiyah dalam Kehidupan. Malang: UIN Malang press.

Erik, K.. 2010. Interpolasi dalam perhitungan Statistik. (*Online*): (http://whenthemoonlightsines.blogspot.com/index.php?option.com.html) Diakses tanggal 10 Mei 2012 pukul 19.00.

Fadholi, A.. 2011. Kerja Keras, Tekun, Ulet, dan Teliti. (*Online*): (http://ariffadholi. blogspot.com /2011/03/ kerja-keras-tekun-ulet-dan-teliti.html) Diakses tangal 04 Maret 2011 pukul 13.05.

Higham, D.J.. 2004. *An Introduction to Financial Option Valuation Mathematics, Stochastics, and Computation.* Cambridge: Cambridge University Press.

Hull, J.C.. 2002. *Option Future and Other Derivatives*. New Jersey: Prentice Hall.

Jarrow R. and Turnbull S., 1999. Derivatives Securities (Second ed), South-Western College Pub.

Kerman, J.. 2002. "Numerical Methods for Option Pricing: Binomial and Finite-difference Approximations", New York University.

Micro, A.. 2010. *Keutamaan Ilmu. (Online).*(http://www.andimicro.com/p/ilmu-melahirkan-amalan.html) Diakses tangal 04 Maret 2011 pukul 13.15.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Nababan, M.. 2004. *Matematika Keuangan untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta: Gramedia Widiasarana Indonesia (GRASINDO).

Rahayu, S.K.T.. 2006. *Estimasi Nilai European Call Option Menggunakan Metode Historical Data dan Filter Kalman*. Skripsi ITS Surabaya.

Rendleman, R.J., Jr., and Barter, B. J.. 1979. Two-State Option Pricing. *Journal of Finance* 24, Hal.1093-1110.

Ross, S.M.. 2004. *An Introduction to Mathematical Finance: Options and Other Topics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Rudiger, S.. 2002. *Tools for Computational Finance.* Koln: Springer.

Schiller, J.J., Srinivasan, R. A. dan Spiegel , M. R.. 2004. Schaum's *Outlines of Probabilitas dan Statistik Edisi kedua.* Jakarta: Erlangga.

Seydel, U.R.. 2006. *Tools for Computational Finance*. Koln: Germany.

Sherwani, Y.. 2007. Binomial Approximation Methods for Option Pricing. *Department of Mathematics Uppsala University*.

Suyono, E.. 2008. *Pemodelan Nilai Opsi Tipe Eropa*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Syahatah, H. dan Fayyadh, A.. 2004. *Bursa Efek: Tuntunan Islam dalam Transaksi di Pasar Modal* (*Adh-Dhawâbit asy-Syar'iyah li at-Ta'âmul fî Sûq al-Awraq al-Mâliyah*), Penerjemah A. Syakur. Surabaya: Pustaka Progressif.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN-LAMPIRAN

flowchart harga opsi Eropa

```
clc,clear
format short
S_0=5;
K=10;
r=0.06;
g=0.3;
T=1;
M=input('masukkan banyak hari, M = ');
disp(' ');
disp('PEMEGANG HAK SAHAM');
disp(' ');
disp('(1)call option');
disp('(2)put option')
disp(' ');
tipe=input('masukkan pemengang hak = ');
n=(1:M);
for M=1:M;
    %METODE i.d=1
    delta_t = T/M;
    beta = (exp(-r*delta_t)+exp((r+g^2)*delta_t))/2;
    u = beta+sqrt(beta^2-1);
    d = 1/u;
    p = (exp(r*delta_t)-d)/(u-d);
    a = exp(-r*delta_t);
    d1=(log(S_0/K)+(r+0.5*g^2)*T)/(g*sqrt(T));
    d2=d1-g*sqrt(T);
    N1=0.5*(1+erf(d1/sqrt(2)));
    N2=0.5*(1+erf(d2/sqrt(2)));
    C=S_0*N1-K*exp(-r*T)*N2;
    P=C-S_0+exp(-r*T)*K;
    %Perhitungan harga saham (Sij) pada t = i dengan urutan menaik
untuk setiap t
    %untuk j = 0,1,...,i dan i = 0,1,...,M
    S=zeros(M+1,M+1);
    S(1,1)=S_0;
    for j=1:M+1
        S(j,M+1) = S_0 * u^(j-1) * d^(M+1-j);
    end

    %matrik
    for i = M : -1 : 1
        for j = 1 : i
            S(j,i) = a * (p*S(j+1,i+1) + (1-p)*S(j,i+1));
        end
    end

    %Perhitungan nilai Option pada j = 0,1,...,i (Vji) untuk i =
0,1,...,M
    Cv=zeros(M+1,M+1);
    Pv=zeros(M+1,M+1);
    if tipe == 1
```

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

```
        for j = 1 : M+1
            Cv(j,M+1) = max((S(j,M+1)-K),0);
        end
        for i = M : -1 : 1
            for j = 1 : i
                Cv(j,i) = a * (p*Cv(j+1,i+1) + (1-p)*Cv(j,i+1));
            end
        end
    elseif tipe == 2
        for j = 1 : M+1
            Pv(j,M+1) = max(K-(S(j,M+1)),0);
        end
        for i = M : -1 : 1
            for j = 1 : i
                Pv(j,i) = a * (p*Pv(j+1,i+1) + (1-p)*Pv(j,i+1));
            end
        end
    end
  %memunculkan hasil yang diminta sesuai pilihan dengan data yang
dimasukkan
    switch tipe
        case 1
            h (M,1)= Cv(1,1);
            BS(M,1)=C;

        case 2
            h (M,1)= Pv(1,1);
            BS(M,1)=P;
    end
end
plot(n,h,'-*r')
grid on
hold on
plot(n,BS,'-*g')


flowchart opsi Asia Eropa

clc,clear
S_0=5;
K=10;
r=0.06;
g=0.3;
T=1;
M=input('Masukkan nilai M = ');
delta_t = T/M;
beta = exp(-r*delta_t)+exp((r+g^2)*delta_t);
u = (beta+(sqrt((beta^2)-4)))/2;
d = 1/u;
p = (exp(r*delta_t)-d)/(u-d);
a = exp(-r*delta_t);
disp(' ');
disp('TIPE OPSI');
disp(' ');
disp('(1)opsi call');
disp('(2)opsi put')
```

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

```
disp(' ');
tipe=input('masukkan tipe opsi = ');

S=zeros(M+1,M+1);

S(1,1)=S_0;

for j=1:M+1
    S(j,M+1) = S_0 * u^(j-1) * d^(M+1-j);
end
for i = M : -1 : 1
    for j = 1 : i
        S(j,i) = a * (p*S(j+1,i+1) + (1-p)*S(j,i+1));
    end
end
for i=1:M+1
    E_S(i)=(p*u+(1-p)*d)^i*S_0;
end
disp('=======================================')
disp('Tyasssssss')
disp('    waktu      E_S')
disp([[1:i]' E_S'])
disp('=======================================')
for i=1:M+1
end
S_rata = sum(E_S)/M+1
if tipe==1
    v_call=max(S_rata-K,0);
    v=v_call*a
else
    v_put=max(K-S_rata,0);
    v=v_put*a
end
x(1:M+1)=S_rata
plot (x,'-m')
grid on
hold on
plot(E_S,'-*b')
plot (v,'*k')
plot (S','*y')

flowchart harga opsi Asia Eropa

clc,clear
S_0=5;
K=10;
r=0.06;
g=0.5;
T=1;
M=input('Masukkan nilai M = ');
n=(1:M)
disp(' ');
disp('TIPE OPSI');
disp(' ');
disp('(1)opsi call');
disp('(2)opsi put')
```

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

```
disp(' ');
tipe=input('masukkan tipe opsi = ');

for M=1:M;
    delta_t = T/M;
    beta = exp(-r*delta_t)+exp((r+g^2)*delta_t);
    u = (beta+(sqrt((beta^2)-4)))/2;
    d = 1/u;
    p = (exp(r*delta_t)-d)/(u-d);
    a = exp(-r*delta_t);

    S=zeros(M+1,M+1);
    S(1,1)=S_0;
    for j=1:M+1
        S(j,M+1) = S_0 * u^(j-1) * d^(M+1-j);
    end
    for i = M : -1 : 1
        for j = 1 : i
            S(j,i) = a * (p*S(j+1,i+1) + (1-p)*S(j,i+1));
        end
    end
    for i=1:M+1
        E_S(i)=(p*u+(1-p)*d)^i*S_0;
    end
    disp('=======================================')
    disp('Tyasssssss')
    disp('    iterasi      E_S')
    disp([[1:i]' E_S'])
    disp('=======================================')
    for i=1:M+1
    end
    S_rata = sum(E_S)/M+1;
    if tipe==1
        v_call=max(S_rata-K,0);
        hc=v_call*exp(-r*delta_t)
    else
        v_put=max(K-S_rata,0);
        hp=v_put*exp(-r*delta_t);
    end
    switch tipe
        case 1
            h (M,1)= hc;
        case 2
            h (M,1)= hp;
    end
end

plot (n,h,'-*c')
grid on
```

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG