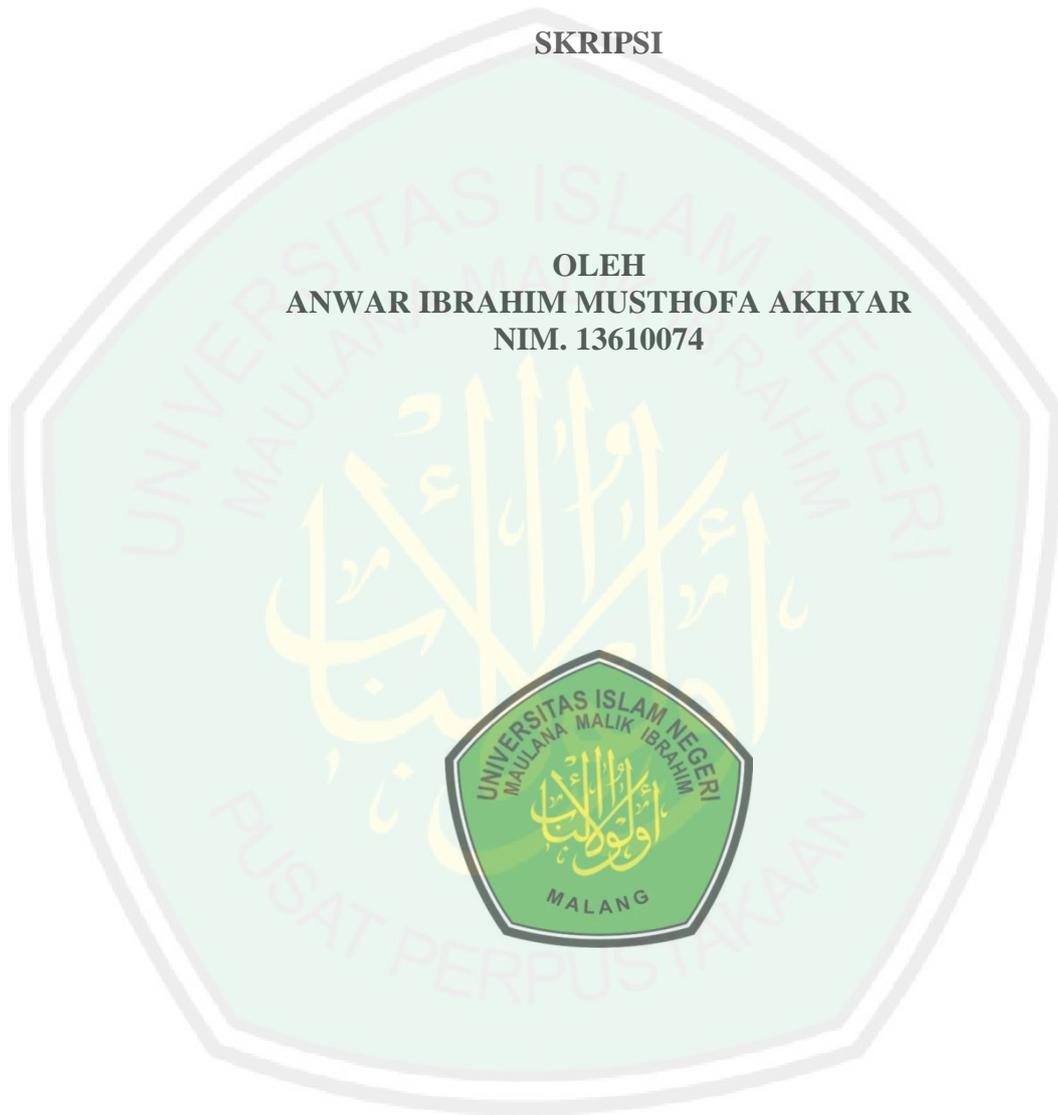


**METODE *ENHANCED* KUARTINOMIAL UNTUK APROKSIMASI
NUMERIK PADA *BARRIER OPTION PRICING* TIPE EROPA**

SKRIPSI

**OLEH
ANWAR IBRAHIM MUSTHOFA AKHYAR
NIM. 13610074**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**METODE *ENHANCED* KUARTINOMIAL UNTUK APROKSIMASI
NUMERIK PADA *BARRIER OPTION PRICING* TIPE EROPA**

SKRIPSI

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

Oleh

**Anwar Ibrahim Musthofa Akhyar
NIM. 13610074**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**METODE ENHANCED KUARTINOMIAL UNTUK APROKSIMASI
NUMERIK PADA BARRIER OPTION PRICING TIPE EROPA**

SKRIPSI

Oleh
Anwar Ibrahim Musthofa Akhyar
NIM. 13610074

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 15 Juni 2017

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Abdul Aziz, M.Si
NIP. 19760304 200604 1002


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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika


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



**METODE ENHANCED KUARTINOMIAL UNTUK APROKSIMASI
NUMERIK PADA BARRIER OPTIONS PRICING TIPE EUROPA**

SKRIPSI

Oleh
Anwar Ibrahim Musthofa Akhyar
NIM. 13610074

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)

Tanggal 31 Juli 2017

Penguji Utama : Ari Kusumastuti, M.Pd, M.Si
Ketua Penguji : Mohammad Jamhuri, M.Si
Sekretaris Penguji : Abdul Aziz, M.Si
Anggota Penguji : Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 197510062003121001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anwar Ibrahim Musthofa Akhyar

NIM : 13610074

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Metode *Enhanced* Kuartinomial untuk Aproksimasi Numerik pada *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa

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

Malang, 13 Juni 2017

nembuat pernyataan,



Anwar Ibrahim M. A.
NIM. 13610074

MOTO

إِن أَحْسَنْتُمْ أَحْسَنْتُمْ لِنَفْسِكُمْ وَإِن أَسَأْتُمْ فَلَهَا

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka (kejahatan) itu bagi dirimu sendiri.”
(QS. al-Isra: 7)



PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:
Ayahanda Dody Sunardi, ibunda Machsussotul Qoiriyah, para saudara,
guru, dan dosen terhormat



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. 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.
4. Abdul Aziz, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan, nasihat, motivasi, dan berbagai pengalaman yang berharga kepada penulis.
5. Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan ilmunya dan arahan kepada penulis.
6. Segenap civitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen, terima kasih atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis.

7. Ayah dan ibu yang selalu memberikan doa dan motivasi kepada penulis hingga saat ini.
8. Teman-teman mahasiswa di Jurusan Matematika yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini.
9. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik moril maupun materiil.

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

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Juni 2017

Penulis



DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| HALAMAN JUDUL | |
| HALAMAN PENGAJUAN | |
| HALAMAN PERSETUJUAN | |
| HALAMAN PENGESAHAN | |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN | |
| HALAMAN MOTO | |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR SIMBOL | xv |
| ABSTRAK | xvii |
| ABSTRACT | xviii |
| ملخص | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.6 Metode Penelitian | 6 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 8 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | |
| 2.1 <i>Plain Vanilla Options</i> | 9 |
| 2.2 Metode Binomial | 11 |
| 2.3 Model Opsi <i>Barrier</i> | 16 |
| 2.3.1 Model Opsi <i>Barrier</i> Biasa | 16 |
| 2.3.2 <i>Enhanced Binomial Barrier Option</i> | 21 |
| 2.4 Perbandingan Kekonvergenan <i>Non Enhanced Binomial</i> dan <i>Enhanced Binomial Barrier Option Pricing</i> | 23 |
| 2.5 Definisi Galat (<i>Error</i>) | 24 |
| 2.6 Jual Beli Saham dalam Islam | 25 |

| | |
|---|----|
| 2.6.1 Hukum Jual Beli dalam Islam | 25 |
| 2.6.2 Saham Menurut Pandangan Islam | 26 |
| 2.6.3 <i>Khiyar</i> dalam Jual Beli | 27 |

BAB III PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| 3.1 Aproksimasi Numerik Metode Standar dan <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa | 29 |
| 3.1.1 Penentuan Parameter-parameter Metode Kuartinomial | 29 |
| 3.1.2 Penentuan <i>Barrier Option Pricing</i> Menggunakan Standar Kuartinomial Tipe Eropa | 33 |
| 3.1.3 Penentuan <i>Barrier Option Pricing</i> Menggunakan <i>Enhanced</i> Kuartinomial Tipe Eropa | 37 |
| 3.2 Kekonvergenan Standar dan <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Barrier</i> <i>Option Pricing</i> Tipe Eropa | 39 |
| 3.2.1 Kekonvergenan Standar Kuartinomial pada <i>Barrier Option</i> <i>Pricing</i> Tipe Eropa | 40 |
| 3.2.2 Kekonvergenan <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Barrier Option</i> <i>Pricing</i> Tipe Eropa | 46 |
| 3.3 Perbandingan Kekonvergenan Antara Standar Kuartinomial dan <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa | 52 |
| 3.4 Pandangan Islam Tentang Jual Beli Saham | 54 |
| 3.4.1 Hukum Jual Beli dalam Islam | 54 |
| 3.4.2 Jual Beli Saham dalam Islam | 55 |
| 3.4.3 <i>Khiyar</i> dalam Jual Beli dan Transaksi Saham | 57 |

BAB IV PENUTUP

| | |
|----------------------|----|
| 4.1 Kesimpulan | 61 |
| 4.2 Saran | 63 |

| | |
|-----------------------------|----|
| DAFTAR RUJUKAN | 64 |
|-----------------------------|----|

LAMPIRAN-LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Hasil Numerik <i>European Put Option</i> | 15 |
| Tabel 2.2 Hasil Numerik <i>European Call Option</i> | 15 |
| Tabel 3.1 Nilai <i>Error</i> dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> untuk Standar Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa | 44 |
| Tabel 3.2 Nilai <i>Error</i> dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> untuk <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa | 50 |
| Tabel 3.3 Nilai <i>Error</i> dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> untuk <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa | 51 |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Kurva <i>Payoff</i> (Garis Tebal) dan <i>Profit</i> (Garis Putus-Putus) untuk Opsi <i>Call</i> dan <i>Put</i> | 11 |
| Gambar 2.2 | Perubahan Harga Saham dan Harga <i>Option</i> Saat $t = T$ | 12 |
| Gambar 2.3 | Skema Fluktuasi Harga Saham Secara Binomial dengan $j = 0, 1, 2, 3$ dan $i = 0, 1, \dots, j$ | 13 |
| Gambar 2.4 | Model Pohon Binomial untuk Harga Saham dengan $S = 95$, $K = 100$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 6$ | 16 |
| Gambar 2.5 | Posisi <i>Barrier Option</i> Mempunyai Nilai | 20 |
| Gambar 2.6 | Pohon Binomial untuk Harga Saham dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 6$ | 20 |
| Gambar 2.7 | Pohon Binomial untuk Nilai <i>European Up-and-Out Call Option</i> dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 6$ | 21 |
| Gambar 2.8 | <i>Enhanced Numerical</i> untuk Nilai <i>European Up-and-Out Call Option</i> dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 6$ | 23 |
| Gambar 2.9 | Perbandingan Hasil <i>Enhanced Binomial</i> dan <i>Non Enhanced Binomial Up-and-Out Call Option</i> dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 100$ | 24 |
| Gambar 3.1 | Model Pohon Pergerakan Harga Saham Metode Binomial untuk Tiga Periode Saat $t = 0$ Sampai $t = 3$ | 29 |
| Gambar 3.2 | Model Pohon Metode Kuartinomial untuk Satu Periode | 30 |
| Gambar 3.3 | Model Pergerakan Harga Saham Metode Kuartinomial Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ | 33 |
| Gambar 3.4 | Model Pergerakan Harga Saham Metode Kuartinomial Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ Setelah Diberi Batas <i>Barrier Up-and-Out</i> | 34 |
| Gambar 3.5 | Model Pergerakan Harga Saham Metode Kuartinomial Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ Setelah Diberi Batas <i>Barrier Down-and-Out</i> | 34 |
| Gambar 3.6 | Model Pencarian Nilai Opsi <i>Call Up-and-Out Barrier Option</i> Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ | 35 |
| Gambar 3.7 | Model Pencarian Nilai Opsi <i>Put Up-And-Out Barrier Option</i> Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ | 35 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 3.8 | Model Pencarian Nilai Opsi <i>Call Down-and-Out Barrier</i> <i>Option</i> Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ | 35 |
| Gambar 3.9 | Model Pencarian Nilai Opsi <i>Put Down-and-Out Barrier</i> <i>Option</i> Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ | 36 |
| Gambar 3.10 | Model <i>Up-and-Out Barrier Option</i> Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ | 37 |
| Gambar 3.11 | Model <i>Up-and-Out Barrier Option</i> Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ | 38 |
| Gambar 3.12 | Model Pergerakan Harga Saham untuk Standar Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa Saat Dua Periode Pertama dengan $S = 95, K = 100,$ $B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$ | 42 |
| Gambar 3.13 | Model Nilai Opsi <i>Put</i> untuk Standar Kuartinomial pada <i>Up-</i> <i>and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa Saat Dua Iterasi Pertama dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1,$ $\sigma = 0,25,$ dan $T = 1$ | 42 |
| Gambar 3.14 | Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> untuk Standar Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1,$ $\sigma = 0,25,$ dan $T = 1$ | 43 |
| Gambar 3.15 | Nilai <i>Error</i> dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> Tiap Iterasi untuk Standar Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier</i> <i>Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95, K = 100,$ $B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$ | 43 |
| Gambar 3.16 | Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> untuk Standar Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1,$ $\sigma = 0,25,$ dan $T = 1$ | 45 |
| Gambar 3.17 | Nilai <i>Error</i> dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> Tiap Iterasi untuk Standar Kuartinomial pada <i>Up-and-Out</i> <i>Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95,$ $K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$ | 45 |
| Gambar 3.18 | Nilai <i>Error</i> dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> Tiap Iterasi untuk Standar Kuartinomial pada <i>Up-and-Out</i> <i>Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95,$ $K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$ | 46 |
| Gambar 3.19 | Model Pergerakan Harga Saham pada <i>Up-and-Out Barrier</i> <i>Option Pricing</i> Tipe Eropa Saat Dua Iterasi Pertama dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$ | 47 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.20 | Model Nilai Opsi <i>Put</i> pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa Saat Dua Iterasi Pertama dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$ | 47 |
| Gambar 3.21 | Model Nilai Opsi <i>Put</i> untuk <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa Saat Dua Iterasi Pertama dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$ | 48 |
| Gambar 3.22 | Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> untuk <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$ | 48 |
| Gambar 3.23 | Nilai <i>Error</i> dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> Tiap Iterasi untuk <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$ | 49 |
| Gambar 3.24 | Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> untuk <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$ | 50 |
| Gambar 3.25 | Nilai <i>Error</i> dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> Tiap Iterasi untuk <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$ | 51 |
| Gambar 3.26 | Perbandingan Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Call</i> untuk Standar dan <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$ | 52 |
| Gambar 3.27 | Perbandingan Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi <i>Put</i> untuk Standar dan <i>Enhanced</i> Kuartinomial pada <i>Up-and-Out Barrier Option Pricing</i> Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$ | 53 |

DAFTAR SIMBOL

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

| | |
|-------|--|
| u | : Faktor naik harga saham |
| d | : Faktor turun harga saham |
| T | : Waktu jatuh tempo |
| N | : Banyaknya iterasi |
| K | : Harga kesepakatan |
| V | : Volatilitas saham |
| B | : Nilai <i>barrier</i> atau level <i>barrier</i> |
| r | : Bunga bebas risiko |
| S_0 | : Harga saham pada awal waktu |
| S_T | : Harga saham pada waktu T |
| t | : Periode |
| C | : Nilai <i>plain call option</i> |
| P | : Nilai <i>plain put option</i> |
| p | : Probabilitas harga saham naik tiap periode |
| q | : Probabilitas harga saham turun tiap periode, $q = 1 - p$ |
| P_u | : Peluang harga saham naik |
| P_d | : Peluang harga saham turun |
| V_0 | : Nilai opsi pada saat $t = 0$ |
| t_j | : Periode ke- j |
| S_j | : Harga saham pada waktu ke- j |

S_{ij} : Harga saham pada waktu ke- j di titik ke- i

V_{ij} : Nilai opsi pada waktu ke- j di titik ke- i

C_{do} : Nilai *down-and-out call option*

C_{di} : Nilai *down-and-in call option*

C_{uo} : Nilai *up-and-out call option*

C_{ui} : Nilai *up-and-in call option*



ABSTRAK

Akhyar, Anwar Ibrahim Musthofa. 2017. **Metode *Enhanced* Kuartinomial untuk Aproksimasi Numerik pada *Barrier Options Pricing* Tipe Eropa.** Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Abdul Aziz, M.Si (II) Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd.

Kata kunci: Saham, *barrier option pricing*, *knock-out barrier option pricing*, metode kuartinomial, metode *enhanced* kuartinomial.

Barrier option pricing sering digunakan dalam jual beli saham karena harganya yang lebih murah dari harga saham lainnya. Metode *enhanced* kuartinomial adalah salah satu pengembangan metode untuk mencari nilai opsi secara numerik. Pergerakan harga saham dengan menggunakan metode *enhanced* kuartinomial ini menghasilkan empat kemungkinan perubahan harga saham dengan nilai peluang masing-masing yaitu $P_1 = p^3$, $P_2 = 3p^2q$, $P_3 = 3pq^2$, dan $P_4 = q^3$.

Simulasi metode *enhanced* kuartinomial pada *knock-out barrier option pricing* dilakukan dengan memperhitungkan proporsi jarak antara level *upper barrier* dan level *lower barrier* terhadap *specified (true) barrier* untuk mencari nilai opsi baru pada *knock-out barrier option pricing*. Iterasi yang kecil dari nilai opsi *call* dan *put* untuk metode *enhanced* kuartinomial membuat metode *enhanced* kuartinomial lebih cepat konvergen dibandingkan metode standar kuartinomial. Penelitian ini dapat dikembangkan untuk mencari nilai opsi *knock-down barrier option pricing* secara kuartinomial.

ABSTRACT

Akhyar, Anwar Ibrahim Musthofa. 2017. **The Enhanced Quartinomial Method for Numerical Approximation in Barrier Options Pricing European Type**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Abdul Aziz, M.Si (II) Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd.

Keyword: Stock, barrier option pricing, knock-out barrier option pricing, quartinomial method, enhanced quartinomial method.

Barrier option pricing is often used in buying and selling stocks because its price is cheaper than other stock prices. Enhanced quartinomial method is development method to find an option value of a stock numerically. Stock price movement with enhanced quartinomial method have four possibility of stock price with the value of each opportunity is $P_1 = p^3$, $P_2 = 3p^2q$, $P_3 = 3pq^2$, and $P_4 = q^3$.

Simulation of enhanced quartinomial method in knock-out barrier option pricing is done by calculating proportion of distance between upper barrier level and lower barrier level with specified (true) barrier to find new option value in knock-out barrier option pricing. Small iteration in call and put option for enhanced quartinomial method make convergence of enhanced quartinomial method faster than standart quartinomial method. This research can be developed to find option value in knock-down barrier option pricing quartinomially.

ملخص

أحير، أنوار إبراهيم مصطفى أحرر. 2017. طرق *Enhanced Kuartinomial* لتقريب العددي في *Barrier Option Pricing* نوع أوروبا. بحث الجامعي. شعبة الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (1) عبد العزيز الماجستير (2) دكتور الحاج أمام سوجرو الماجستير.

كلمات البحث: الأسهم، *Barrier option pricing*، *Knock-Out Barrier Option Pricing*، *Enhanced Kuartinomial*، *Metode Kuartinomial*.

Barrier option pricing غالبا تستخدم في بيع وشراء الأسهم لأن سعرها أرخص من أسعار الأسهم الأخرى. طريقة *enhanced kuartinomial* هي واحدة من تطوير طريقة للعثور على خيار القيمة العددي. حركة سعر السهم باستخدام طريقة *enhanced kuartinomial* الحدود نتيجة أربعة تغيرات محتملة في أسعار الأسهم مع قيمة كل فرصة هي: $P_1 = p^3$ ، $P_2 = 3p^2q$ ، $P_3 = 3pq^2$ و $P_4 = q^3$.

محاكاة طريقة *enhanced kuartinomial* في *knock-out barrier option pricing* مع حساب المسافة بين *upper barrier* و *lower barrier* ضد *specified (true) barrier* لحساب قيمة الخيارات الجديدة في *knock-out barrier option pricing*. صغير التكرار في خيار الشراء و الخيار بيع للطرق *enhanced kuartinomial* جعل طرق *enhanced kuartinomial* بسرعة متقارب من الطريقة *standar kuartinomial*. هذه الدراسة يمكن تطوير إلى *knock-down barrier option pricing* في *kuartinomial*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak adanya perdagangan *derivative* keuangan, *option* menjadi suatu instrumen keuangan yang penting pada abad ke-21. Seorang investor yang ingin melindungi investasinya, harus mengadakan transaksi *option*. Oleh karena itu, harga yang akurat pada suatu *option* sangat menentukan investor dalam membuat dan memutuskan strategi perdagangannya. Dia harus cermat dalam menentukan nilai (harga) suatu *option* yang dapat digunakan dalam persaingan dan strategi pasar saham (Aziz, 2005).

Plain vanilla option atau lebih sering disebut opsi adalah suatu hak pemegang saham untuk membeli atau menjual suatu aset dengan harga dan periode yang telah disepakati antara pemegang saham (*holder*) dan penyusun kontrak (*writer*). Terdapat dua jenis opsi yang paling mendasar, yaitu opsi beli (*call*) dan opsi jual (*put*). Opsi *call* adalah opsi yang memberikan hak kepada pemegang saham untuk membeli suatu saham tertentu dengan jumlah tertentu dengan harga dan periode yang telah disepakati. Sedangkan opsi *put* adalah opsi yang memberikan hak kepada pemegang saham untuk menjual suatu saham tertentu dengan jumlah tertentu pada harga dan periode yang telah disepakati. Penggunaan hak untuk menjual atau membeli saham biasa dikatakan sebagai tindakan eksekusi. Karena nilai suatu opsi tergantung pada nilai aset yang mendasari (*underlying asset*), maka opsi-opsi dan lainnya yang berkaitan dengan instrumen keuangan dinamakan sebagai *derivatives* (Seydel, 2002).

Ketika seorang *holder* memiliki hak untuk membeli (*call option*), maka orang tersebut akan menggunakan haknya ketika harga saham pasar lebih tinggi dari harga kesepakatan. Selanjutnya, saham yang dibeli seorang *holder* dari *writer* akan dijual oleh *holder* ke pasar saham guna mendapatkan keuntungan. Sedangkan ketika seorang *holder* memiliki hak untuk menjual (*put option*), maka *holder* akan membeli saham dari pasar saham untuk selanjutnya dijual oleh *holder* ke *writer* saat harga saham pasar lebih rendah dari harga kesepakatan guna mendapatkan keuntungan bagi seorang *holder* (Seydel, 2002).

Exotic option merupakan tipe opsi yang dikembangkan dari *vanilla option* yang memiliki arus kas (*cash-flows*) lebih kompleks daripada arus kas pada “*vanilla*” atau opsi *put* dan opsi *call*. Salah satu jenis dari *exotic option* adalah *barrier option*. Berbeda dengan *plain vanilla options*, nilai opsi pada *barrier options* tidak hanya bergantung pada harga jatuh tempo dari aset pokok, tapi juga apakah harga aset tersebut melewati beberapa tingkatan *barrier* selama berjalannya opsi. *Barrier option* dinilai lebih menguntungkan bagi seorang *holder*, karena pada *barrier option* harga aset dibatasi oleh tingkatan *barrier* (Levitan, 2001).

Perubahan harga saham pada pasar bebas kenyataannya akan selalu berubah naik atau turun seiring dengan berjalannya waktu. Berdasar pada dua kemungkinan perubahan harga saham, ditemukanlah metode binomial guna memprediksi nilai keuntungan (*payoff*) dan nilai dari suatu saham yang mungkin terjadi secara numerik pada saat waktu jatuh tempo. Supaya nilai-nilai pada metode binomial dapat mendekati nilai pada kondisi yang sesungguhnya, maka dilakukan diskritisasi metode binomial sampai waktu jatuh tempo (Aziz, 2005).

Pada penelitian Aziz (2005) telah didapatkan bahwa *enhanced binomial method* mempunyai kecepatan kekonvergenan lebih cepat apabila dibandingkan dengan *non enhanced binomial method*. Hal ini dikarenakan pada *enhanced binomial method* tidak terjadi perubahan nilai opsi yang besar seiring berjalannya waktu.

Pada penelitian ini, peneliti mengembangkan penelitian sebelumnya. al-Quran surat al-Baqarah ayat 164 menjadi dasar pokok peneliti untuk mengembangkan penelitian sebelumnya. Isi dari surat al-Baqarah ayat 164 adalah sebagai berikut:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَآخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ
بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا
وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ
وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾

“*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Allah hidupkan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Allah sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.*” (QS. al-Baqarah: 164)

Pada QS. al-Baqarah ayat 164, dipaparkan pernyataan tentang beberapa tanda kekuasaan Allah. Pengamatan dan perhatian manusia pada ciptaan Allah diharapkan dapat menjadi jalan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai bekal untuk menjalani kehidupan di muka bumi guna mencari cara terbaik untuk melaksanakan kewajiban manusia, selaku khalifah Allah Swt. dalam memakmurkan bumi.

Guna mencari cara terbaik, peneliti berasumsi jika kecepatan kekonvergenan metode *enhanced* binomial telah terbukti lebih cepat dibandingkan dengan metode *non enhanced* binomial, maka dengan menggunakan metode *enhanced* kuartinomial akan didapat kecepatan kekonvergenan yang lebih cepat daripada *enhanced* binomial. Sehingga pengembangan penelitian yang diambil oleh peneliti pada penelitian ini berjudul “Metode *Enhanced* Kuartinomial untuk Aproksimasi Numerik pada *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana aproksimasi numerik metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa?
2. Bagaimana kekonvergenan metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa?
3. Bagaimana perbandingan kekonvergenan antara metode standar kuartinomial dengan metode *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Aproksimasi numerik dengan metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.
2. Kekonvergenan metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.
3. Perbandingan kekonvergenan antara metode standar kuartinomial dengan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.

1.4 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi kerancuan terhadap maksud dan isi penelitian ini, maka perlu adanya pembatasan masalah. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Model kuartinomial yang terbentuk pada penelitian ini adalah model yang didapat dari penggabungan 3 periode pada model binomial menjadi 1 periode pada model kuartinomial.
2. Penelitian ini hanya membahas perhitungan numerik metode kuartinomial *knock-out barrier option pricing* tipe Eropa tanpa *rebates*.
3. Asumsi yang digunakan adalah $ud = 1$ dengan u adalah faktor naik harga saham dan d adalah faktor turun harga saham.
4. Data aset saham, parameter, dan simulasi nilai opsi *barrier* yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari penelitian sebelumnya yang mempunyai topik pembahasan yang sama.

1.5 Manfaat Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka manfaat penelitian ini adalah:

1. Sebagai pengembangan metode binomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.
2. Sebagai tambahan wawasan tentang kecepatan kekonvergenan dari metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa. Sehingga dapat dijadikan sebagai bahan untuk pengembangan metode *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.

3. Sebagai tambahan wawasan dan referensi tentang perbandingan kecepatan kekonvergenan antara metode standar kuartinomial dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.

1.6 Metode Penelitian

Sesuai dengan latar belakang dan rumusan masalah dalam penelitian ini akan dibahas penyelesaian dari permasalahan tersebut dengan metode studi literatur, baik dari buku-buku pustaka ataupun jurnal.

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Langkah-langkah aproksimasi metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.
 - a. Menentukan nilai harga saham awal (S_0), waktu jatuh tempo (T), harga kesepakatan (K), banyak iterasi (N), volatilitas saham (v), batas opsi *barrier* (B), dan bunga bebas risiko saham (r).
 - b. Menentukan parameter peluang harga saham naik (P_u), peluang harga saham turun (P_d), faktor naik harga saham (u), dan faktor turun harga saham (d) untuk metode kuartinomial.
 - c. Menentukan harga saham untuk setiap periode sampai waktu jatuh tempo secara kuartinomial.
 - d. Menentukan nilai *payoff call* dan *put* dari metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.
 - e. Menentukan opsi *call* dan *put* dari metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.

2. Langkah-langkah menganalisis kekonvergenan metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.
 - a. Menghitung harga saham dengan menggunakan metode kuartinomial mulai dari periode awal ($t = 0$) sampai periode jatuh tempo ($t = T$).
 - b. Menghitung nilai *payoff call* dan *put option* pada waktu jatuh tempo.
 - c. Menghitung nilai opsi *barrier* tipe Eropa metode standar dan *enhanced* kuartinomial dengan *backward induction*.
 - d. Menggambar grafik pergerakan konvergensi nilai opsi *call* dan *put* dari metode standar dan *enhanced* kuartinomial tiap iterasi sampai waktu jatuh tempo.
 - e. Menentukan estimasi galat (*error*) melalui selisih antara nilai opsi pada iterasi sekarang dengan nilai opsi pada iterasi sebelumnya lalu dibagi dengan nilai opsi pada iterasi sekarang.
 - f. Menentukan nilai toleransi untuk estimasi galat.
 - g. Menganalisis kekonvergenan grafik opsi *barrier* tipe Eropa metode standar dan *enhanced* kuartinomial yang telah dibatasi oleh nilai toleransi untuk estimasi galat.
3. Langkah-langkah membandingkan kekonvergenan antara metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa.
 - a. Menggambar grafik pergerakan konvergensi nilai opsi *barrier call* tipe Eropa dan nilai opsi *barrier put* tipe Eropa dari metode standar dan *enhanced* kuartinomial untuk tiap iterasi sampai waktu jatuh tempo dalam satu *figure*.

- b. Menganalisis perbandingan kekonvergenan antara pergerakan konvergensi nilai opsi *barrier* tipe Eropa metode standar kuartinomial dengan pergerakan konvergensi nilai opsi metode *enhanced* kuartinomial.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan digunakan untuk mempermudah dalam memahami intisari penelitian ini yang terbagi menjadi empat bagian, yaitu:

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Kajian Pustaka

Pada bab ini dijelaskan tentang gambaran umum teori yang mendasari pembahasan antara lain: pengertian *plain vanilla option*, metode binomial, bentuk model opsi *barrier*, perbandingan kekonvergenan antara metode *non enhanced* binomial dengan *enhanced* binomial, penjelasan mengenai definisi galat, dan penjelasan tentang jual beli dalam Islam.

Bab III Pembahasan

Pada bab ini dijabarkan tentang gambaran objek penelitian dan hasil penelitian.

Bab IV Penutup

Pada bab ini dibahas tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dibahas dengan dilengkapi saran-saran yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Plain Vanilla Options

Option (opsi) adalah suatu hak, tetapi bukan obligasi atau surat berharga, untuk membeli atau menjual suatu aset yang berisiko pada suatu harga tertentu yang ditentukan selama periode tertentu. Opsi merupakan suatu 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 sebagainya. Opsi merupakan suatu perjanjian antara dua pihak yaitu *writer* sebagai penyusun kontrak opsi yang seringkali adalah suatu *bank* dan *holder* sebagai pembeli opsi dengan harga pasar yang telah disepakati (*premium*). Karena nilai (harga) suatu opsi tergantung pada nilai *underlying asset*, maka opsi-opsi dan lainnya yang berkaitan dengan instrumen keuangan dinamakan sebagai *derivatives* (Seydel, 2002).

Ada dua tipe dasar opsi yaitu *call* dan *put*. Opsi *call* adalah hak untuk membeli sejumlah tertentu suatu *underlying asset* dengan harga sebesar *strike (exercise) price*, pada waktu *expiration (maturity) date* atau sebelumnya. Sedangkan opsi *put* adalah hak untuk menjual sejumlah tertentu suatu *underlying asset* dengan harga sebesar *strike (exercise) price*, pada waktu *expiration (maturity) date* atau sebelumnya (Seydel, 2002).

Seorang *holder* suatu opsi harus membuat suatu keputusan apa yang akan dilakukan terhadap tanggungan kontrak hak opsi. Keputusannya akan ditentukan pada situasi pasar dan tipe opsi. Misalkan pada opsi *call* Eropa, *holder* dapat

mengabaikan opsi ini apabila harga saham (*stock price*) di pasar pada waktu jatuh tempo (*maturity date*) lebih rendah daripada harga pada opsi *call* (*exercise* atau *strike price*), karena tidak dapat memberikan keuntungan. Seorang *holder* lebih baik membeli saham serupa di pasar dengan harga yang lebih rendah daripada membelinya pada *writer* dengan harga *strike price*. Sebaliknya, pada situasi tersebut *holder* tentu akan menjadikan kontrak (*exercise*) pada opsi *put*. *Holder* akan mendapatkan keuntungan dengan membeli saham di pasar kemudian menjualnya pada *writer* dengan menjual saham seharga *exercise price* yang lebih tinggi dari harga pasar. *Writer* harus bersedia untuk membeli saham dari *holder* yang telah membeli opsi *put* sebagai risiko transaksi (Seydel, 2002).

Option yang hanya dapat digagalkan (*expire*) atau dijadikan (*exercise*) kontraknya pada waktu jatuh tempo dinamakan sebagai *European Options*. Sedangkan *American Options* dapat digagalkan atau dijadikan kontraknya sebelum waktu jatuh tempo selama masih dalam periode *option*, yaitu sejak terjadinya transaksi kontrak sampai masa jatuh tempo kontrak. Jadi *holder* dapat melakukan *exercise option* kapanpun selama periode tersebut pada saat harga pasar dirasa lebih menguntungkan daripada waktu lainnya. *Exercise* seperti ini dikenal sebagai *exercise* lebih awal (*early exercise*) (Seydel, 2002).

Menurut Seydel (2002) jika S_T adalah harga saham di pasar pada waktu T dan K adalah *exercise price* maka keuntungan atau nilai *payoff* untuk *call* dan *put option* diberikan oleh:

$$C(S_T, T) = \begin{cases} S_T - K, & \text{jika } S_T > K \\ 0, & \text{jika } S_T \leq K \end{cases} \quad (2.1)$$

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

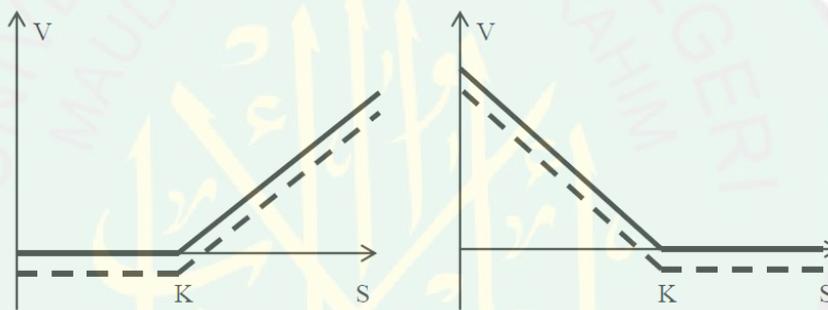
$$P(S_T, T) = \begin{cases} K - S_T, & \text{jika } S_T < K \\ 0, & \text{jika } S_T \geq K \end{cases} \quad (2.2)$$

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

$$C = \max(S_T - K, 0) \quad (2.3)$$

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

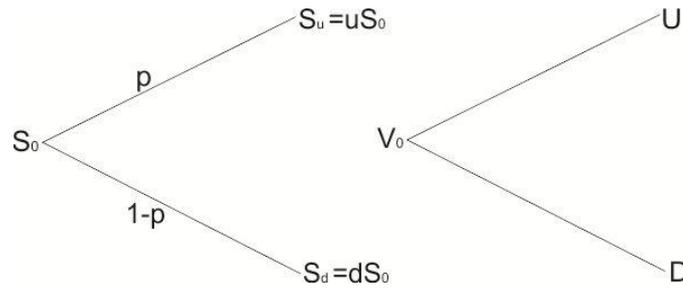
Berikut ini adalah gambar kurva fungsi *payoff* dan *profit* untuk opsi *call* dan *put*. *Profit* diperoleh dari pengurangan biaya transaksi pada saat membeli opsi terhadap nilai *payoff* yang diperoleh (Seydel, 2002).



Gambar 2.1 Kurva *Payoff* (Garis Tebal) dan *Profit* (Garis Putus-Putus) untuk Opsi *Call* dan *Put*.

2.2 Metode Binomial

Harga saham pada pasar bebas kenyataannya 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 waktu $(t) = 0$, saat pembuatan *option*, adalah S_0 dan pada saat $t = T$ akan naik dengan peluang p menjadi S_u atau akan turun dengan peluang $1 - p$ menjadi S_d . Sehingga nilai *option* pada saat $t = 0$, adalah V_0 dan pada saat $t = T$ akan naik menjadi U atau akan turun menjadi D (Aziz, 2005).



Gambar 2.2 Perubahan Harga Saham dan Harga *Option* Saat $t = T$

Model matematika diharapkan dapat membantu untuk memahami keadaan sekarang dan prediksinya pada waktu yang akan datang. Oleh karena itu, agar model binomial dapat berhasil dengan lebih baik maka harus sesuai dengan keadaan dunia nyata. Masalah yang dihadapi sekarang adalah bagaimana memilih p , u , dan d sedemikian sampai model binomial ini mendekati pada keadaan dunia nyata (Aziz, 2009).

Diskritisasi dilakukan dengan menjadikan waktu kontinu t menjadi diskrit dan menggantikan t dengan waktu yang sama lamanya katakanlah t_i . Misalkan digunakan notasi berikut:

N = banyaknya iterasi

$$\Delta t = T/N$$

$$t_i = i \times \Delta t, \quad i = 0, 1, \dots, N$$

$$S_i = S(t_i)$$

(Aziz, 2009)

Menurut Aziz (2005) dengan model binomial dapat dibangun skema (*tree*) untuk fluktuasi harga saham secara diskrit, perhatikan Gambar 2.3 dibawah, dari skema dimisalkan harga saham pada saat $t = t_0$ adalah $S_0 = S_{00} = S$, harga saham pada saat $t = t_1$ adalah $S_{01} = Su$, dan $S_{11} = Sd$. Sehingga secara umum harga saham pada saat $t = t_j$ terdapat $j+1$ kemungkinan dengan rumus umum

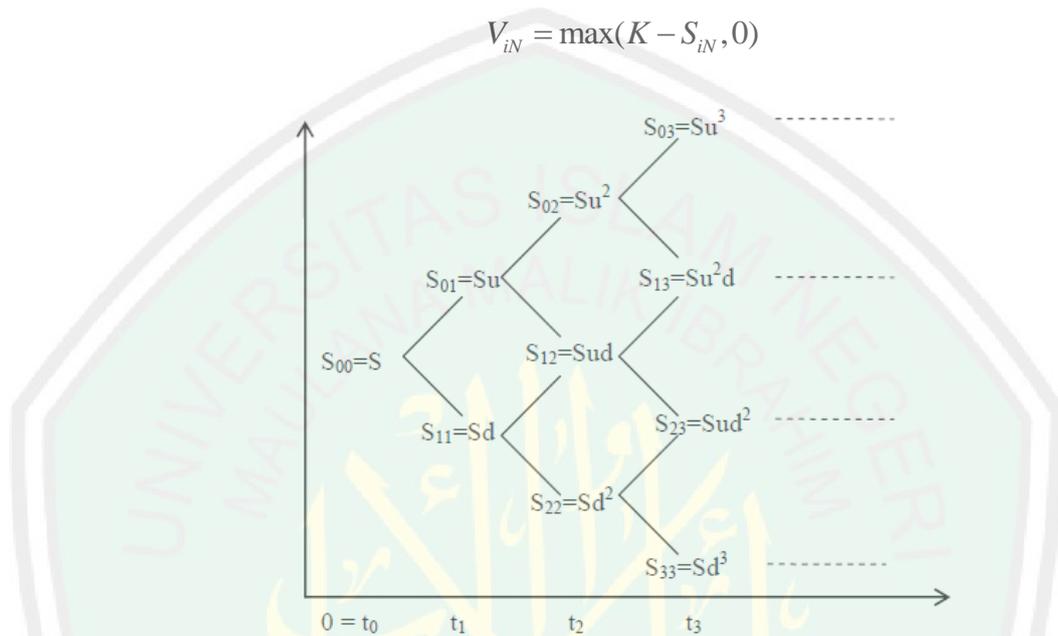
$$S_{ij} = S_0 u^{j-i} d^i, j = 0, 1, \dots, N \text{ dan } i = 0, 1, \dots, j \quad (2.5)$$

Sehingga diperoleh nilai-nilai *option*, pada $t = T$, untuk *European call option*

$$V_{iN} = \max(S_{iN} - K, 0) \quad (2.6)$$

dan untuk *European put option*

$$V_{iN} = \max(K - S_{iN}, 0) \quad (2.7)$$



Gambar 2.3 Skema Fluktuasi Harga Saham Secara Binomial dengan $j = 0, 1, 2, 3$ dan $i = 0, 1, \dots, j$ (Aziz, 2005)

Bentuk rekursif diperoleh dengan bantuan persamaan

$$E(S_{j+1}) = S_j e^{r\Delta t} \quad (2.8)$$

Sedangkan

$$\begin{aligned} S_j e^{r\Delta t} &= E(S_{i,j+1}) \\ &= pS_{ij}u + (1-p)S_{ij}d \\ &= pS_{i,j+1} + (1-p)S_{i+1,j+1} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Sehingga bentuk rekursif untuk nilai *option* V adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{ij} &= e^{-r\Delta t} E(V_{i,j+1}) \\ &= e^{-r\Delta t} (pV_{ij}e^{r\Delta t}) \\ &= e^{-r\Delta t} (pV_{i,j+1} + (1-p)V_{i+1,j+1}) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Jadi, nilai-nilai *option* untuk *European call option*

$$V_{iN} = \max(S_{iN} - K, 0) \quad (2.11)$$

dan

$$V_{ij} = e^{-r\Delta t} (pV_{i,j+1} + (1-p)V_{i+1,j+1}) \quad (2.12)$$

dan untuk *European put option*

$$V_{iN} = \max(K - S_{iN}, 0) \quad (2.13)$$

dan

$$V_{ij} = e^{-r\Delta t} (pV_{i,j+1} + (1-p)V_{i+1,j+1}) \quad (2.14)$$

Sedangkan untuk *American call option*

$$V_{iN} = \max(S_{iN} - K, 0) \quad (2.15)$$

dan

$$V_{ij} = \max\{\max(S_{ij} - K, 0), e^{-r\Delta t} (pV_{i,j+1} + (1-p)V_{i+1,j+1})\} \quad (2.16)$$

dan untuk *American put option*

$$V_{iN} = \max(K - S_{iN}, 0) \quad (2.17)$$

dan

$$V_{ij} = \max\{\max(K - S_{ij}, 0), e^{-r\Delta t} (pV_{i,j+1} + (1-p)V_{i+1,j+1})\} \quad (2.18)$$

untuk $j = 0, 1, \dots, N$ dan $i = 0, 1, \dots, j$ (Aziz, 2005).

Pada penelitian Aziz (2009) telah diperoleh empat bentuk solusi nilai-nilai untuk parameter-parameter u , d , dan p dalam model binomial, yaitu:

$$u = \beta + \sqrt{\beta^2 - 1}, d = 1/u, p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}, \text{ dengan } \beta = \frac{1}{2} \left(e^{-r\Delta t} + e^{(r+\sigma^2)\Delta t} \right) \quad (2.19)$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}, \text{ dan } p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \quad (2.20)$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}, \text{ dan } p = \frac{1}{2} \left(\frac{r}{\sigma} \sqrt{\Delta t} + 1 \right) \quad (2.21)$$

$$u = e^{r\Delta t} \left(1 + \sqrt{e^{\sigma^2 \Delta t} - 1} \right), d = e^{r\Delta t} \left(1 - \sqrt{e^{\sigma^2 \Delta t} - 1} \right), \text{ dan } p = \frac{1}{2} \quad (2.22)$$

Berikut ini adalah tabel hasil komputasi numerik untuk menghitung nilai *European option* dengan menggunakan empat bentuk solusi parameter-parameter dalam model binomial yang juga dibandingkan dengan nilai opsi dari model *Black-Scholes*. Simulasi pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 menggunakan data $S = 5$, $K = 10$, $r = 0,06$, $\sigma = 0,3$, dan $T = 1$ (Aziz, 2009).

Tabel 2.1 Hasil Numerik *European Put Option* (Aziz, 2009).

| N | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 | 512 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Bentuk 1 | 4.4251 | 4.4292 | 4.4299 | 4.4299 | 4.4300 | 4.4304 | 4.4304 |
| Bentuk 2 | 4.4248 | 4.4289 | 4.4297 | 4.4298 | 4.4300 | 4.4304 | 4.4304 |
| Bentuk 3 | 4.2010 | 4.2057 | 4.2065 | 4.2065 | 4.2067 | 4.2071 | 4.2071 |
| Bentuk 4 | 4.4247 | 4.4293 | 4.4298 | 4.4296 | 4.4302 | 4.4303 | 4.4304 |
| BS | 4.4305 | 4.4305 | 4.4305 | 4.4305 | 4.4305 | 4.4305 | 4.4305 |

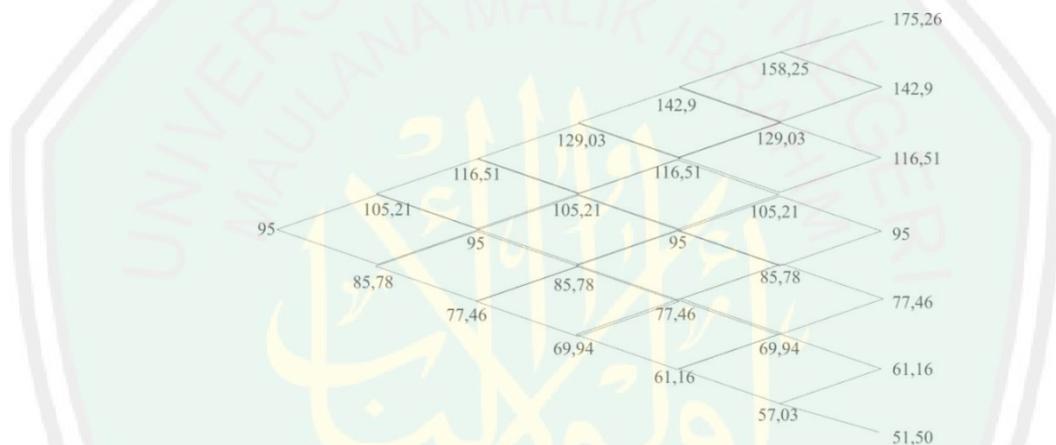
Sedangkan hasil numerik untuk menghitung nilai *European call option* dengan model binomial adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Hasil Numerik *European Call Option* (Aziz, 2009).

| N | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 | 512 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Bentuk 1 | 0,0074 | 0,0116 | 0,0122 | 0,0123 | 0,0124 | 0,0127 | 0,0127 |
| Bentuk 2 | 0,0071 | 0,0112 | 0,0120 | 0,0122 | 0,0124 | 0,0127 | 0,0127 |
| Bentuk 3 | 0,107 | 0,0168 | 0,0183 | 0,0187 | 0,0190 | 0,0195 | 0,0195 |
| Bentuk 4 | 0,0071 | 0,0117 | 0,0121 | 0,0120 | 0,0126 | 0,0126 | 0,0128 |
| BS | 0,0128 | 0,0128 | 0,0128 | 0,0128 | 0,0128 | 0,0128 | 0,0128 |

Penelitian Aziz (2009) menghasilkan model pada persamaan (2.19) dan persamaan (2.20) sama-sama bersaing dalam mendekati nilai opsi analitik. Sedangkan model pada persamaan (2.21) merupakan model yang paling lemah atau paling besar galatnya.

Contoh kasus model binomial yang dikutip dari Aziz (2005) adalah model binomial dengan $S = 95$, $K = 100$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 6$. Nilai-nilai parameter pada kasus ini akan dicari terlebih dahulu dengan menggunakan salah satu dari persamaan (2.19) sampai persamaan (2.22). Misalkan diambil persamaan (2.20) maka didapat $u = e^{0,25\sqrt{1/6}} = 1,1075$ dan $d = e^{-0,25\sqrt{1/6}} = 0,9030$. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2.5) dapat dicari dua titik dari saham awal (S_0) yaitu titik S_{01} dan S_{11} . Nilai dari titik-titik sampai waktu jatuh tempo terdapat pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Model Pohon Binomial untuk Harga Saham dengan $S = 95$, $K = 100$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 6$ (Aziz, 2005)

2.3 Model Opsi *Barrier*

2.3.1 Model Opsi *Barrier* Biasa

Hull (2002) menyatakan bahwa opsi dengan fitur *barrier* sangat dipertimbangkan untuk menjadi tipe paling sederhana dari perjalanan opsi. Fitur berbeda dari *barrier option* adalah nilai *payoff* tidak hanya bergantung pada harga akhir dari aset pokok, tapi juga apakah harga aset tersebut melewati beberapa tingkatan *barrier* selama berjalannya opsi.

Menurut Kwok (1998) opsi *barrier* dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu *knock-out* dan *knock-in options*. *Knock-out option* adalah saat opsi ditiadakan atau dihilangkan saat harga aset pokok mencapai suatu *barrier* tertentu. Sedangkan *knock-in option* adalah saat opsi hanya akan ada atau muncul jika harga aset pokok melintas kedalam *barrier*.

Exotic option merupakan suatu nama umum yang diberikan untuk *derivative securities* yang memiliki arus kas (*cash-flows*) lebih kompleks daripada arus kas pada “*vanilla*” *put* dan *call*. *Barrier options* adalah salah satu jenis *exotic options* yang *path-dependent*. Tidak seperti *option standart (plain vanilla options)*, *barrier options* akan menjadi aktif (bernilai) atau tidak pada saat harga saham mencapai suatu batas yang telah ditentukan, yang disebut dengan harga *barrier* (Levitan, 2001).

Levitan (2001) menyebutkan 8 tipe *barrier options* sebagai berikut:

1. *Down-and-in call option*,
2. *Down-and-out call option*,
3. *Up-and-in call option*,
4. *Up-and-out call option*,
5. *Down-and-in put option*,
6. *Down-and-out put option*,
7. *Up-and-in put option*,
8. *Up-and-out put option*.

Jika nilai *barrier* kurang dari harga *underlying asset* ($B < S$) maka dikatakan sebagai *down barrier options*, sebaliknya untuk *up barrier options*. *Knock-in barrier options* akan bernilai atau mempunyai nilai *payoff* positif jika

dan hanya jika harga saham mencapai nilai *barrier*, begitu sebaliknya untuk *knock-out barrier options* (Levitan, 2001).

Dari 8 tipe di atas masih terbagi lagi masing-masing untuk bentuk *single*, *double*, *Parisians*, dan *partial time barriers*. Selain itu *barrier options* juga dapat berjenis *American* atau *European option*. Meskipun *barrier options* kelihatannya memiliki *payoff* yang kompleks, *option* jenis ini telah digunakan secara meluas pada pasar-pasar bursa saham internasional karena memiliki nilai (harga jual atau beli) yang lebih murah daripada tipe-tipe *option* yang sederhana (*plain vanilla options*) (Levitan, 2001).

Satu contoh *barrier option* pada Levitan (2001) yaitu *down-and-out call option*. Jika S adalah harga saham (*underlying asset*) yang bersesuaian dengan *option*, K adalah harga *strike* (*exercise price*), dan ($B < S$) adalah nilai *barrier* tersebut, maka *option* ini akan menjadi tak bernilai (*knock-out*) jika dan hanya jika harga saham yang terjadi telah berada di bawah (*down*) nilai *barrier* B pada sebarang waktu sebelum masa jatuh tempo tidak mepedulikan harga saham yang terjadi setelahnya. Dengan kata lain, *option* ini akan mempunyai nilai *payoff* sebagaimana *option standart* sebesar $\max(S_T - K, 0)$ jika dan hanya jika harga saham yang terjadi lebih dari nilai *barrier* B sepanjang masa periode *option*. Sehingga, untuk singkatnya nilai *payoff* untuk *down-and-out call option* adalah sebagai berikut:

$$C_{do}(S_T, T) = \begin{cases} (S_T - K)^+, & \text{jika } S_T > B, \forall t \in (0, T] \text{ (exercised)} \\ 0 & \text{, jika } \exists t \in (0, T] \ni S_t \leq B \text{ (expired)} \end{cases} \quad (2.23)$$

Option ini merupakan satu contoh *barrier option* dengan *barrier* tunggal. Jenis lainnya termasuk *options* yang memiliki dua level *barrier*, satu level *barrier*

yang bergantung pada waktu (*time-dependent*), atau *option* yang lebih komplit yang mempunyai nilai *payoff* bergantung pada satu saham sedangkan kondisi *barrier* yang bergantung pada saham yang lain, yang dikenal sebagai *barrier option* dua dimensi (Levitan, 2001).

Misalkan seorang *investor* memiliki dua *options* yaitu *down-and-out call option* dan *down-and-in call option*, yang memiliki nilai *exercise price* K dan *exercise time* T yang sama, maka tepat satu *option* yang akan aktif atau di-*exercise* pada waktu T , yaitu *down-and-in call option* jika harga saham mencapai nilai *barrier* ($S_t \leq B$) atau *down-and-out call option* jika lainnya. Sehingga, dengan memiliki kedua *option* ini akan ekuivalen nilainya dengan memiliki satu *plain vanilla option* (*call option*) dengan *exercise time* T dan *exercise price* K yang sama (Levitan, 2001).

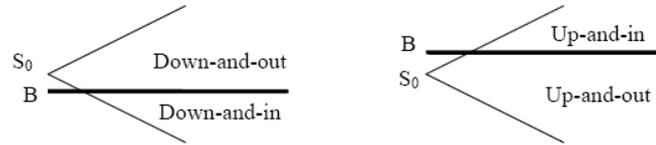
Begitu juga dengan memiliki *up-and-out call option* dan *up-and-in call option*. *Up-and-in call option* akan bernilai jika dan hanya jika harga saham mencapai nilai *barrier* ($S_t \geq B$) atau *up-and-out call option* jika lainnya. Sehingga, dengan memiliki kedua *option* ini akan ekuivalen nilainya dengan memiliki satu *plain vanilla option* (*call option*) dengan *exercise time* T dan *exercise price* K yang sama. Akibatnya *plain vanilla options* dan *barrier options* memiliki hubungan pada nilai *payoff*-nya sebagai:

$$C(S, T, K) = C_{do}(S, T, K, B) + C_{di}(S, T, K, B) \quad (2.24)$$

$$C(S, T, K) = C_{uo}(S, T, K, B) + C_{ui}(S, T, K, B) \quad (2.25)$$

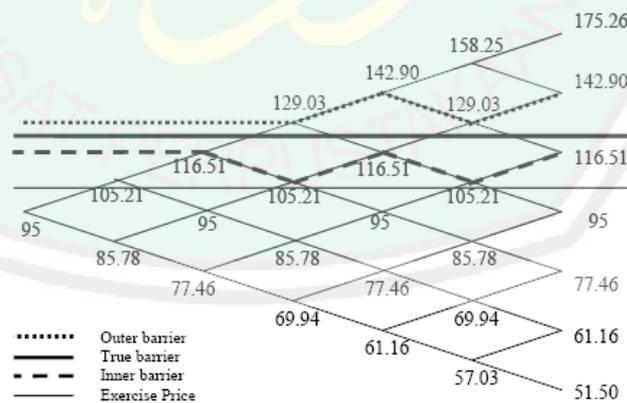
Hubungan ini dikenal sebagai *out-in barrier parity*. Dari hubungan inilah dapat dengan mudah dikatakan bahwa harga *barrier options* lebih murah daripada jenis

options lainnya yang membuat *barrier options* menjadi sangat populer di pasar saham internasional (Levitan, 2001).



Gambar 2.5 Posisi *Barrier Option* Mempunyai Nilai

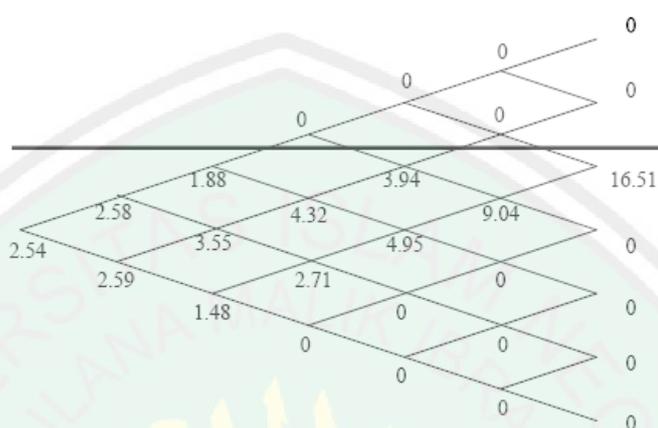
Contoh kasus *barrier option* biasa yang dikutip dari Aziz (2005) adalah *up-and-out call barrier option* tipe Eropa dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25, T = 1,$ dan $N = 6$. Nilai-nilai parameter pada kasus ini akan dicari terlebih dahulu dengan menggunakan salah satu dari persamaan (2.19) sampai persamaan (2.22). Misalkan diambil persamaan (2.20) maka didapat $u = e^{0,25\sqrt{1/6}} = 1,1075$ dan $d = e^{-0,25\sqrt{1/6}} = 0,9030$. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2.5) dapat dicari dua titik dari saham awal (S_0) yaitu titik S_{01} dan S_{11} . Nilai dari titik-titik sampai waktu jatuh tempo lebih lengkapnya terdapat pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Pohon Binomial untuk Harga Saham dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25, T = 1,$ dan $N = 6$ (Aziz, 2005)

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2.11) nilai *payoff* pada saat waktu jatuh tempo dapat diketahui. Lalu dilakukan *backward induction* untuk mencari

nilai *plain vanilla option* tipe Eropa dari pohon harga saham tersebut dengan menggunakan persamaan (2.12). Dengan menggunakan definisi *up-and-out call option* yang telah dijelaskan sebelumnya, didapat pohon binomial untuk *up-and-out call option* tipe Eropa atau *European up-and-out call option* sebagai berikut:



Gambar 2.7 Pohon Binomial untuk Nilai *European Up-and-Out Call Option* dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 6$ (Aziz, 2005)

2.3.2 Enhanced Binomial Barrier Option

Derman, dkk (1995) mengembangkan metode binomial secara lebih umum bahkan untuk metode *lattice* lainnya. Dengan memperhitungkan proporsi jarak antara level *upper barrier* dengan level *lower barrier* terhadap *specified (true) barrier*, maka akan diperoleh nilai-nilai *option* yang lebih baik pada kedua level tersebut. Karena untuk titik-titik yang lebih dekat dengan level *true barrier* akan diperoleh nilai *option* yang lebih akurat.

Derman, dkk (1995) mengganti nilai-nilai pada level *upper* atau *lower barrier*, yang memberikan nilai pada *barrier option*, dengan memberikan rumus pengganti yang dikenal sebagai *enhanced numerical* sebagai berikut:

$$V^*(U) = \left(\frac{U-B}{U-D} \right) V(U) + \left(\frac{B-D}{U-D} \right) T(U) \quad (2.26)$$

$$V^*(D) = \left(\frac{B-D}{U-D} \right) V(D) + \left(\frac{U-B}{U-D} \right) T(D) \quad (2.27)$$

dengan:

$V(.)$ = nilai opsi hasil perhitungan binomial atau kuartinomial

$V^*(.)$ = nilai opsi baru untuk *enhanced barrier option*

U = nilai *option* pada level *upper barrier*

D = nilai *option* pada level *lower barrier*

B = nilai *barrier*

$T(.)$ = nilai target *option* atau *rebate payment*

Agar *barrier options* tetap bertahan atau tidak akan pernah gagal, dalam arti selalu bernilai meskipun nilai *barrier* telah terlampaui, maka diperlukan biaya khusus yang harus dibayarkan apabila harga saham telah melampaui nilai *barrier*. Biaya khusus ini merupakan nilai *payoff* yang didefinisikan di awal dan dikenal sebagai *rebates (R)*. Dengan adanya pembayaran *rebates* maka *barrier options* akan terlindungi dan tetap mempunyai nilai atau berharga sampai jatuh tempo. Namun demikian, *barrier options* dengan *rebates* diperdagangkan tidak sebanyak *barrier options* tanpa *rebates* (Cheng, 2003).

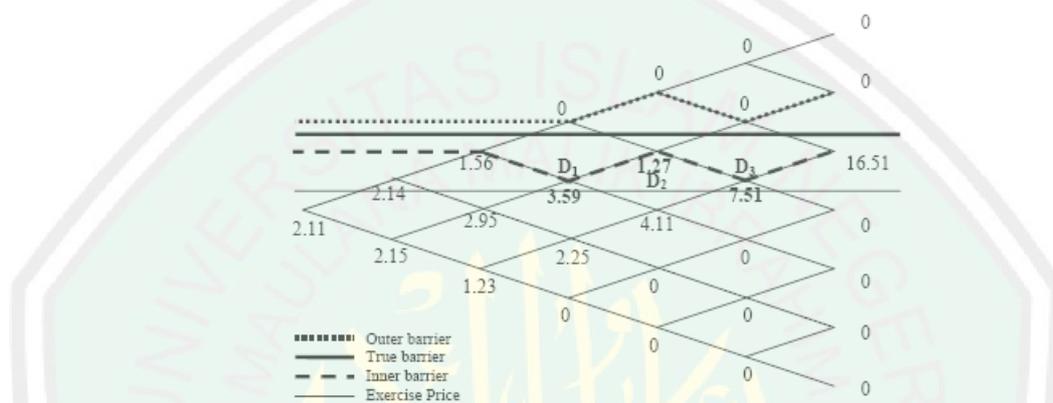
Contoh kasus *enhanced binomial barrier option* yang dikutip dari Aziz (2005) yaitu *up-and-out call barrier option* dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25, T = 1, \text{ dan } N = 6$. Sehingga nilai-nilai pada level *lower barrier* dapat diganti dengan menggunakan rumus:

$$V_1^*(D) = \left(\frac{125-105,21}{129,03-105,21} \right) (4,32) + \left(\frac{129,03-125}{129,03-105,21} \right) (0) = 3,59 \quad (2.28)$$

$$V_2^*(D) = \left(\frac{125-116,51}{142,90-116,51} \right) (3,94) + \left(\frac{142,9-125}{142,9-116,51} \right) (0) = 1,27 \quad (2.29)$$

$$V_3^*(D) = \left(\frac{125 - 105,31}{129,03 - 105,21} \right) (9,04) + \left(\frac{129,03 - 125}{129,03 - 105,21} \right) (0) = 7,51 \quad (2.30)$$

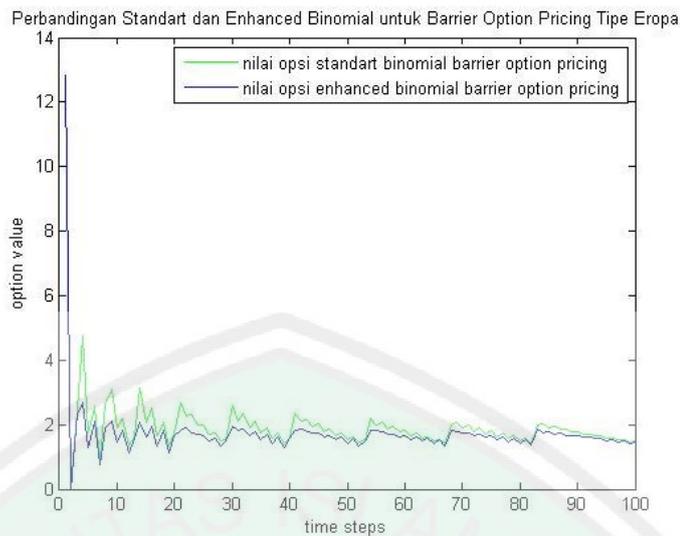
Menurut Aziz (2005) Nilai-nilai pengganti untuk D_1 , D_2 , dan D_3 lebih kecil daripada hasil sebelumnya karena level *true barrier* lebih dekat kepada level *lower barrier* daripada level *upper barrier*. Sehingga diperoleh nilai *up-and-out call option* yang lebih akurat seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.8 *Enhanced Numerical* untuk Nilai *European Up-and-Out Call Option* dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 6$ (Aziz, 2005)

2.4 Perbandingan Kekonvergenan *Non Enhanced Binomial* dan *Enhanced Binomial Barrier Option Pricing*

Perbandingan kekonvergenan antara *non enhanced binomial* dan *enhanced binomial* untuk tipe *up-and-out barrier option* telah dibahas pada penelitian Aziz (2005) dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 100$. Gambar 2.9 menunjukkan perbandingan hasil komputasi numerik antara metode *enhanced binomial* dengan *non enhanced binomial* untuk *European up-and-out call option* sampai 100 time steps.



Gambar 2.9 Perbandingan Hasil *Enhanced Binomial* dan *Non Enhanced Binomial Up-and-Out Call Option* dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, $T = 1$, dan $N = 100$

2.5 Definisi Galat (*Error*)

Menurut Chapra dan Canale (2010) pada metode numerik, nilai yang sebenarnya akan diketahui hanya saat berurusan dengan fungsi yang dapat diselesaikan secara analitik. Akan tetapi, aplikasi pada dunia yang sesungguhnya, jawaban yang sesungguhnya tidak akan diketahui dengan jelas. Untuk situasi ini, alternatifnya adalah dengan menormalkan galat menggunakan estimasi terbaik yang mungkin pada nilai yang sesungguhnya, yaitu dengan aproksimasinya sendiri sebagai berikut:

$$\varepsilon_a = \frac{\text{aproksimasi galat}}{\text{aproksimasi}} \quad (2.31)$$

dengan a menandakan bahwa galat dinormalisasi pada nilai aproksimasi. Salah satu tantangan dari metode numerik adalah untuk menentukan estimasi galat pada saat tidak adanya ilmu mengenai nilai yang sebenarnya. Contohnya, metode numerik tertentu menggunakan pendekatan iteratif untuk menghitung jawaban.

Pada pendekatan seperti ini, aproksimasi sekarang (*present approximation*) dibuat berdasarkan aproksimasi sebelumnya. Proses ini dilakukan berulang-ulang, atau secara iteratif, untuk memperoleh keberhasilan dalam perhitungan aproksimasi yang lebih baik dan baik. Untuk kasus seperti ini, galat sering diestimasikan sebagai selisih antara aproksimasi sebelumnya dan sekarang. Sehingga, galat relatif ditentukan sebagai berikut:

$$\varepsilon_a = \frac{\text{aproksimasi sekarang} - \text{aproksimasi sebelumnya}}{\text{aproksimasi sekarang}} \quad (2.32)$$

Untuk kasus seperti ini, komputasi diulang hingga

$$|\varepsilon_a| < \varepsilon_s \quad (2.33)$$

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

Hal ini dapat menunjukkan bahwa jika kriteria tersebut ditemui, dapat dijamin bahwa hasil tersebut benar untuk sekurang-kurangnya n-bilangan penting dengan ε_s sebagai berikut:

$$\varepsilon_s = 0,5 \times 10^{2-n} \quad (2.34)$$

(Chapra dan Canale, 2010)

2.6 Jual Beli Saham dalam Islam

2.6.1 Hukum Jual Beli dalam Islam

Jual beli disyariatkan oleh Allah berdasarkan dalil-dalil sebagai berikut:

a. Firman Allah dalam surat al-Baqarah ayat 275.

الَّذِينَ يَأْكُلُونَ الرِّبَا لَا يَقُومُونَ إِلَّا كَمَا يَقُومُ الَّذِي يَتَخَبَّطُهُ الشَّيْطَانُ
مِنَ الْمَسِّ ذَٰلِكَ بِأَنَّهُمْ قَالُوا إِنَّمَا الْبَيْعُ مِثْلُ الرِّبَا وَأَحَلَّ اللَّهُ الْبَيْعَ وَحَرَّمَ

الرَّبَّوْا فَمَنْ جَاءَهُ مَوْعِظَةٌ مِنْ رَبِّهِ فَانْتَهَى فَلَهُ مَا سَلَفَ وَأَمْرُهُ إِلَى اللَّهِ وَمَنْ
عَادَ فَأُولَئِكَ أَصْحَابُ النَّارِ هُمْ فِيهَا خَالِدُونَ ﴿٢٧٥﴾

“Orang-orang yang makan (mengambil) riba tidak dapat berdiri melainkan seperti berdirinya orang yang kemasukan syaitan lantaran (tekanan) penyakit gila. Keadaan mereka yang demikian itu, adalah disebabkan mereka berkata (berpendapat), sesungguhnya jual beli itu sama dengan riba, padahal Allah telah menghalalkan jual beli dan mengharamkan riba. Orang-orang yang telah sampai kepadanya larangan dari Tuhannya, lalu terus berhenti (dari mengambil riba), maka baginya apa yang telah diambilnya dahulu (sebelum datang larangan) dan urusannya (terserah) kepada Allah. Orang yang kembali (mengambil riba), maka orang itu adalah penghuni-penghuni neraka, mereka kekal di dalamnya.” (QS. al-Baqarah: 275)

b. Firman Allah dalam surat al-Baqarah ayat 282.

وَأَشْهِدُوا إِذَا تَبَايَعْتُمْ وَلَا يُضَارَّ كَاتِبٌ وَلَا شَهِيدٌ وَإِنْ تَفَعَّلُوا فَإِنَّهُ فَسُقٌ
بِكُمْ وَاتَّقُوا اللَّهَ وَيَعْلَمُ اللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٢٨٢﴾

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

c. Hadis Rasul yang diriwayatkan oleh Imam Ahmad yang artinya “dari Rafi’ Ibn Khudaij ia berkata; Rasulullah Saw. ditanya oleh seseorang; apakah usaha yang paling baik wahai Rasulullah. Beliau menjawab seseorang yang bekerja dengan usahanya sendiri dan jual beli yang baik (dibenarkan oleh syariat Islam).” (Hadis riwayat Ahmad)

2.6.2 Saham Menurut Pandangan Islam

Pandangan Islam tentang saham berdasarkan dalil-dalil berikut:

a. Firman Allah dalam surat Ali-Imran ayat 130

يَأْتِيهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا لَا تَأْكُلُوا الرِّبَا أَضْعَافًا مُضَاعَفَةً ۖ وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ ﴿١٣٠﴾

“Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu memakan riba dengan berlipat ganda dan bertakwalah kamu kepada Allah supaya kamu mendapat keberuntungan.” (QS. Ali-Imran: 130)

b. Firman Allah dalam surat an-Nisa ayat 29

يَأْتِيهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا لَا تَأْكُلُوا أَمْوَالَكُم بَيْنَكُم بِالْبَاطِلِ إِلَّا أَنْ تَكُونَ تِجَارَةً عَنْ تَرَاضٍ مِّنكُمْ ۚ وَلَا تَقْتُلُوا أَنْفُسَكُمْ ۚ إِنَّ اللَّهَ كَانَ بِكُمْ رَحِيمًا ﴿٢٩﴾

“Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu saling memakan harta sesamamu dengan jalan yang bathil, kecuali dengan jalan perniagaan yang berlaku dengan suka sama suka di antara kamu. Dan janganlah kamu membunuh dirimu. Sesungguhnya Allah adalah Maha penyayang kepadamu.” (QS. an-Nisa: 29)

2.6.3 Khiyar dalam Jual Beli

Dalil-dalil yang bersangkutan dengan *khiyar* dalam jual beli antara lain:

1. Hadis Nabi Muhammad Saw.

وَعَنْ ابْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ؛ عَنْ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: إِذَا تَبَايَعَ الرَّجُلَانِ فَكُلُّ وَاحِدٍ مِنْهُمَا بِالْخِيَارِ مَا لَمْ يَتَفَرَّقَا وَكَانَا جَمِيعًا أَوْ يُخَيَّرُ أَحَدُهُمَا الْآخَرَ فَتَبَايَعَا عَلَى ذَلِكَ فَقَدْ وَجَبَ الْبَيْعُ وَإِنْ تَفَرَّقَا بَعْدَ أَنْ يَتَبَايَعَا وَلَمْ يَتْرُكْ وَاحِدٌ مِنْهُمَا الْبَيْعَ فَقَدْ وَجَبَ الْبَيْعُ ﴿متفق عليه، واللفظ لمسلم﴾

Dari Ibnu Umar *radhiyallaahu anhu* bahwa Rasulullah Saw. bersabda, “Apabila dua orang melakukan transaksi jual beli, maka masing-masing orang memiliki hak *khiyar* (memilih antara membatalkan atau meneruskan jual beli) selama belum berpisah dan masih bersama atau salah seorang telah memberikan hak pilih kepada yang lainnya lalu jika keduanya bertransaksi jual beli dengan kesepakatan ini, maka transaksi jual beli ini sudah sempurna. Apabila berpisah setelah transaksi dan salah seorang darinya tidak menggagalkan jual beli maka akad jual beli ini juga sudah sempurna.” (Muttafaq alaih dengan lafadz muslim)

الْبَيْعَانِ بِالْخِيَارِ مَا لَمْ يَتَفَرَّقَا، فَإِنْ صَدَقَا وَبَيَّنَّا بُرُوكَ لَهُمَا فِي بَيْعِهِمَا وَإِنْ
 كَتَمَا وَكَذَّبَا مُحِطَّتْ بَرَكَتُهُ بَيْعِهِمَا (رواه البخاري ومسلم)

“Dua orang yang melakukan jual beli boleh melakukan khiyar selama belum berpisah. Jika keduanya benar dan jelas maka keduanya diberkahi dalam jual beli mereka. Jika mereka menyembunyikan dan berdusta, maka akan dimusnahkanlah keberkahan jual beli mereka.” (HR.Bukhori Muslim)



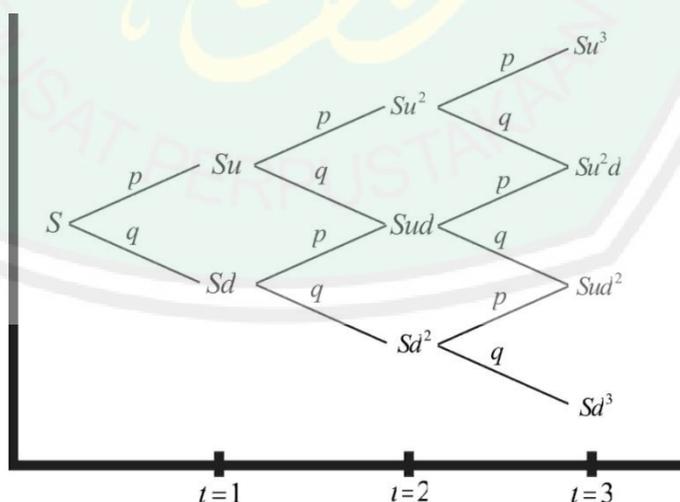
BAB III PEMBAHASAN

3.1 Aproksimasi Numerik Metode Standar dan *Enhanced* Kuartinomial pada *Barrier Option Pricing*

3.1.1 Penentuan Parameter-parameter Metode Kuartinomial

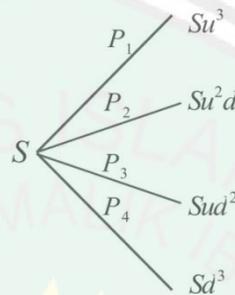
Metode kuartinomial dapat diperoleh dengan cara menggabungkan tiga periode pada metode binomial menjadi satu periode pada metode kuartinomial. Karena adanya penggabungan periode, maka parameter-parameter yang telah ditentukan pada metode binomial juga akan berubah. Parameter yang digunakan adalah parameter pada persamaan (2.20), karena parameter tersebut adalah parameter yang mempunyai asumsi $ud = 1$ dan menurut Aziz (2009) dapat mendekati nilai analitik dengan cepat.

Penggambaran perubahan parameter-parameter pada metode binomial menjadi parameter-parameter pada metode kuartinomial dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Model Pohon Pergerakan Harga Saham Metode Binomial untuk Tiga Periode Saat $t = 0$ Sampai $t = 3$

Pada Gambar 3.1 tampak bahwa harga saham pada saat periode ketiga dapat bernilai $Su^3, Su^2d, Sud^2,$ dan Sd^3 dengan u adalah faktor harga saham naik dan d adalah faktor harga saham turun. Sehingga apabila tiga periode pada model metode binomial digabungkan menjadi satu periode untuk metode kuartinomial, dapat diperoleh model sebagai berikut:



Gambar 3.2 Model Pohon Metode Kuartinomial untuk Satu Periode

Parameter u dan d yang baru untuk metode kuartinomial secara berturut-turut didapat dari faktor naik selama tiga periode pada metode binomial dan faktor turun selama tiga periode pada metode binomial. Sehingga didapat parameter u dan d untuk metode kuartinomial sebagai berikut:

$$u^2 = \left(e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}\right)^2 = e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \text{ dan } u^3 = \left(e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}\right)^3 = e^{3\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (3.1)$$

dan

$$d^2 = \left(e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}\right)^2 = e^{-2\sigma\sqrt{\Delta t}} \text{ dan } d^3 = \left(e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}\right)^3 = e^{-3\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (3.2)$$

Dengan peluang harga saham naik (p) dan peluang harga saham turun (q) sebagai berikut:

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}, \text{ dan } q = 1 - p = 1 - \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \quad (3.3)$$

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa setiap perubahan harga saham mempunyai peluangnya masing-masing yang dilambangkan dengan

P_1, P_2, P_3 , dan P_4 . Proses perubahan dari parameter peluang pada metode binomial menjadi parameter peluang yang baru pada metode kuartinomial adalah dengan menata ulang persamaan (2.9).

Harga saham Su^3, Su^2d, Sud^2 , dan Sd^3 pada metode binomial terjadi saat $t = 3$, dengan $j = 0, 1, \dots, N$ menyatakan iterasi dan $i = 0, 1, \dots, j$ menyatakan titik atau grid letak dari harga saham, maka $S = S_{0,0}, Su^3 = S_{0,3}, Su^2d = S_{1,3}, Sud^2 = S_{2,3}$, dan $Sd^3 = S_{3,3}$. Sehingga, dengan menggunakan persamaan (2.9) dapat dicari $E(S)$ dari Su^3, Su^2d, Sud^2 , dan Sd^3 . Secara umum, dengan menata ulang persamaan (2.9) nilai $S_{i,j}$ dapat dicari dari $S_{i,j+3}, S_{i+1,j+3}, S_{i+2,j+3}$, dan $S_{i+3,j+3}$ dengan menggunakan beberapa persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{i,j+2} &= e^{-r\Delta t} (pS_{i,j+3} + qS_{i+1,j+3}) \\ S_{i+1,j+2} &= e^{-r\Delta t} (pS_{i+1,j+3} + qS_{i+2,j+3}) \\ S_{i+2,j+2} &= e^{-r\Delta t} (pS_{i+2,j+3} + qS_{i+3,j+3}) \\ S_{i,j+1} &= e^{-r\Delta t} (pS_{i,j+2} + qS_{i+1,j+2}) \\ S_{i+1,j+1} &= e^{-r\Delta t} (pS_{i+1,j+2} + qS_{i+2,j+2}) \\ S_{i,j} &= e^{-r\Delta t} (pS_{i,j+1} + qS_{i+1,j+1}) \end{aligned}$$

diperoleh:

$$\begin{aligned} S_{i,j} &= e^{-r\Delta t} \left(p \left[e^{-r\Delta t} (pS_{i,j+2} + qS_{i+1,j+2}) \right] + q \left[e^{-r\Delta t} (pS_{i+1,j+2} + qS_{i+2,j+2}) \right] \right) \\ S_{i,j} &= e^{-2r\Delta t} (p^2 S_{i,j+2} + 2pq S_{i+1,j+2} + q^2 S_{i+2,j+2}) \\ S_{i,j} &= e^{-2r\Delta t} (p^2 \left[e^{-r\Delta t} (pS_{i,j+3} + qS_{i+1,j+3}) \right] + 2pq \left[e^{-r\Delta t} (pS_{i+1,j+3} + qS_{i+2,j+3}) \right] \\ &\quad + q^2 \left[e^{-r\Delta t} (pS_{i+2,j+3} + qS_{i+3,j+3}) \right]) \\ S_{i,j} &= e^{-3r\Delta t} (p^3 S_{i,j+3} + 3p^2 q S_{i+1,j+3} + 3pq^2 S_{i+2,j+3} + q^3 S_{i+3,j+3}) \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh parameter-parameter $P_1, P_2, P_3,$ dan P_4 yang merupakan peluang dari perubahan harga saham metode kuartinomial sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{i,j} &= (P_1 S_{i,j+1} + P_2 S_{i+1,j+1} + P_3 S_{i+2,j+1} + P_4 S_{i+3,j+1}) e^{-3r\Delta t} \\ S_{i,j} &= (p^3 S_{i,j+1} + 3p^2 q S_{i+1,j+1} + 3pq^2 S_{i+2,j+1} + q^3 S_{i+3,j+1}) e^{-3r\Delta t} \end{aligned} \quad (3.4)$$

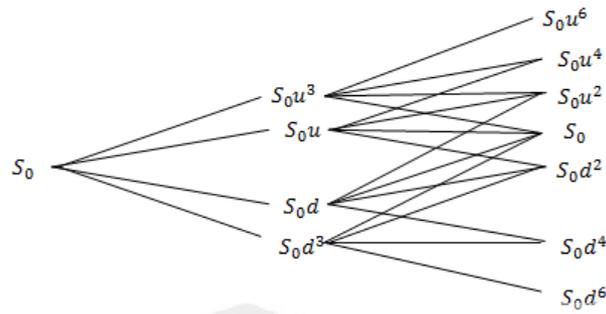
dengan $j = 0, 1, \dots, N$, $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$, r adalah bunga bebas risiko, $e^{-3r\Delta t}$ adalah faktor diskon untuk metode kuartinomial, dan $\Delta t = T/N$ dengan N adalah banyak iterasi sampai waktu jatuh tempo. Faktor diskon pada metode kuartinomial bernilai $e^{-3r\Delta t}$ karena model metode kuartinomial didapatkan dari penggabungan tiga periode pada model metode binomial. Sehingga faktor diskon dari metode kuartinomial bernilai sama dengan faktor diskon tiga periode metode binomial. Oleh karena itu, pergerakan harga saham saat $t = t + \Delta t$ dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$S(t + \Delta t) = \begin{cases} S(t)u^3, & \text{dengan peluang } P_1 = p^3 \\ S(t)u, & \text{dengan peluang } P_2 = 3p^2q \\ S(t)d, & \text{dengan peluang } P_3 = 3pq^2 \\ S(t)d^3, & \text{dengan peluang } P_4 = q^3 \end{cases} \quad (3.5)$$

Pergerakan harga saham pada saat periode $t = 0, 1, \dots, T$ dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{i,j} = S_0 u^{(3(j+1)-2)-(i+1)} d^i \quad (3.6)$$

dengan $j = 0, 1, \dots, N$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$. Sehingga dapat dibentuk model pergerakan harga saham untuk metode kuartinomial sampai waktu jatuh tempo (T) sebagai berikut:



Gambar 3.3 Model Pergerakan Harga Saham Metode Kuartinomial Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$

3.1.2 Penentuan *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa Menggunakan Standar Kuartinomial

Penentuan *barrier option pricing* tipe Eropa dari metode kuartinomial mempunyai syarat-syarat sebagai berikut:

$$C_{do}(S_T, T) = \begin{cases} (S_T - K)^+, & \text{jika } S_T > B, \forall t \in (0, T] \text{ (exercised)} \\ 0, & \text{jika } \exists t \in (0, T] \ni S_T \leq B \text{ (expired)} \end{cases} \quad (3.7)$$

$$P_{do}(S_T, T) = \begin{cases} (K - S_T)^+, & \text{jika } S_T > B, \forall t \in (0, T] \text{ (exercised)} \\ 0, & \text{jika } \exists t \in (0, T] \ni S_T \leq B \text{ (expired)} \end{cases} \quad (3.8)$$

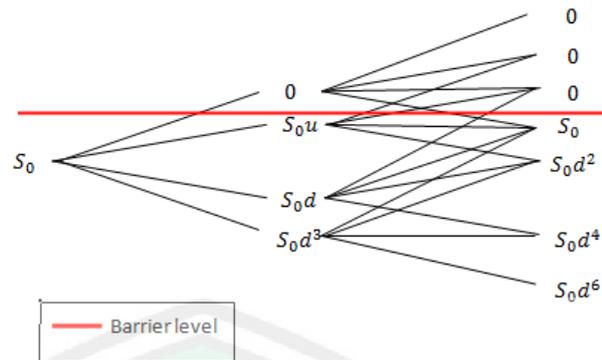
dan

$$C_{uo}(S_T, T) = \begin{cases} (S_T - K)^+, & \text{jika } S_T < B, \forall t \in (0, T] \text{ (exercised)} \\ 0, & \text{jika } \exists t \in (0, T] \ni S_T \geq B \text{ (expired)} \end{cases} \quad (3.9)$$

$$P_{uo}(S_T, T) = \begin{cases} (K - S_T)^+, & \text{jika } S_T < B, \forall t \in (0, T] \text{ (exercised)} \\ 0, & \text{jika } \exists t \in (0, T] \ni S_T \geq B \text{ (expired)} \end{cases} \quad (3.10)$$

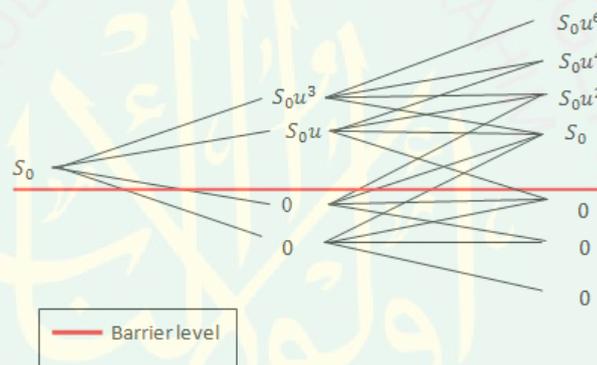
Syarat-syarat pada persamaan (3.7) sampai persamaan (3.10) menunjukkan bahwa nilai opsi *barrier* tidak akan dihitung nilai opsinya apabila melewati batas *barrier* yang telah ditentukan.

Misal diberikan suatu model pergerakan harga saham untuk *up-and-out barrier option* tipe Eropa dengan suatu level *barrier* tertentu seperti pada gambar berikut:



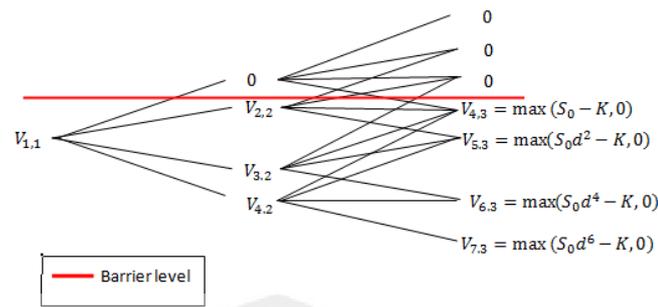
Gambar 3.4 Model Pergerakan Harga Saham Metode Kuartinomial Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ Setelah Diberi Batas *Barrier Up-and-Out*

Sedangkan model pergerakan harga saham untuk *down-and-out barrier option* tipe Eropa dengan suatu level *barrier* tertentu seperti pada gambar berikut:



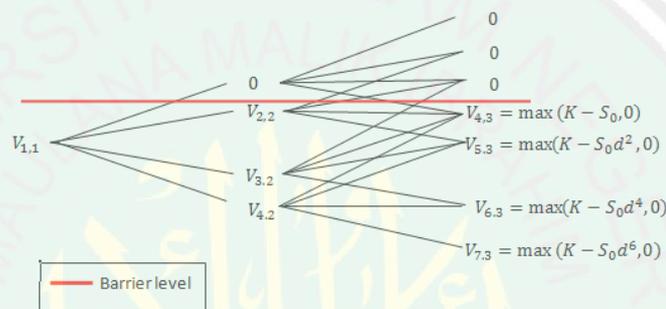
Gambar 3.5 Model Pergerakan Harga Saham Metode Kuartinomial Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$ Setelah Diberi Batas *Barrier Down-and-Out*

Selanjutnya dapat dicari nilai *payoff* dari harga saham tersebut dengan menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7). Nilai *payoff call* dan *put option* dari *up-and-out barrier option* tipe Eropa dan *down-and-out barrier option* tipe Eropa dapat ditentukan sebagai berikut:



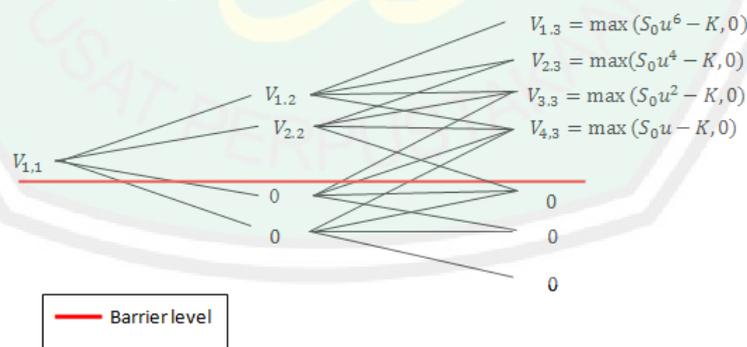
Gambar 3.6 Model Pencarian Nilai Opsi *Call Up-and-Out Barrier Option* Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$

Sedangkan untuk model *put up-and-out* disajikan pada gambar sebagai berikut:



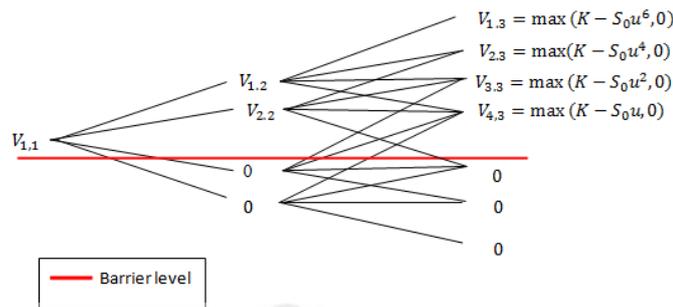
Gambar 3.7 Model Pencarian Nilai Opsi *Put Up-And-Out Barrier Option* Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$

Untuk model pencarian nilai opsi *call down-and-out barrier option* tipe Eropa disajikan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 3.8 Model Pencarian Nilai Opsi *Call Down-and-Out Barrier Option* Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$

Sedangkan untuk model pencarian nilai opsi *put down-and-out barrier option* tipe Eropa disajikan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 3.9 Model Pencarian Nilai Opsi *Put Down-and-Out Barrier Option* Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$

Setelah menentukan nilai *payoff call option* ataupun nilai *payoff put option*, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai opsi *call* atau nilai opsi *put* dari *up-and-out barrier option* tipe Eropa dan *down-and-out barrier option* tipe Eropa. Persamaan *backward induction* digunakan untuk menentukan nilai opsi *call* ataupun *put* pada metode kuartinomial yang dapat diperoleh dengan mengembangkan persamaan (2.12). Pada persamaan (2.12), persamaan *backward induction* hanya menggunakan dua peluang pada metode binomial yaitu peluang harga saham naik dan peluang harga saham turun. Sehingga untuk metode kuartinomial yang mempunyai empat peluang pergerakan harga saham, persamaan *backward induction* berubah menjadi:

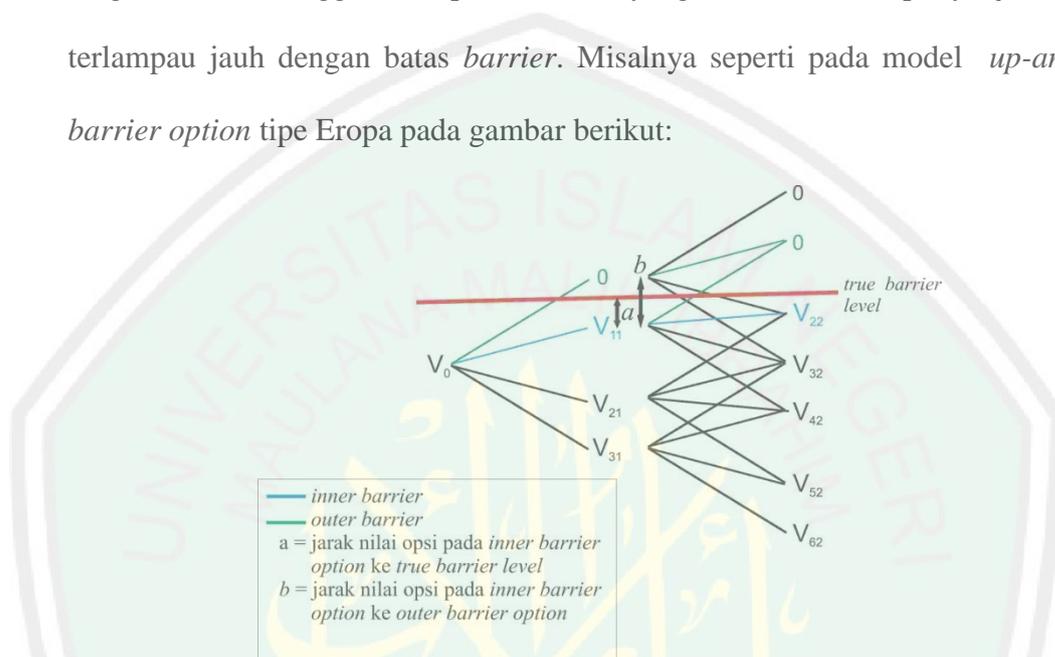
$$\begin{aligned}
 V_{i,j} &= \left(P_1 V_{i,j+1} + P_2 V_{i+1,j+1} + P_3 V_{i+2,j+1} + P_4 V_{i+3,j+1} \right) e^{-3r\Delta t} \\
 V_{i,j} &= \left(p^3 V_{i,j+1} + 3p^2 q V_{i+1,j+1} + 3pq^2 V_{i+2,j+1} + q^3 V_{i+3,j+1} \right) e^{-3r\Delta t}
 \end{aligned} \tag{3.11}$$

dengan $j = 0, 1, \dots, T$ dan $i = 0, 1, \dots, j$.

Penentuan nilai opsi pada persamaan (3.11) mempunyai formula yang sama dengan formula untuk menentukan harga saham pada persamaan (3.4). Hal ini dikarenakan keduanya memiliki tujuan untuk menentukan nilai dari suatu titik pada periode sekarang (t) dengan menggunakan nilai-nilai pada periode selanjutnya ($t + 1$).

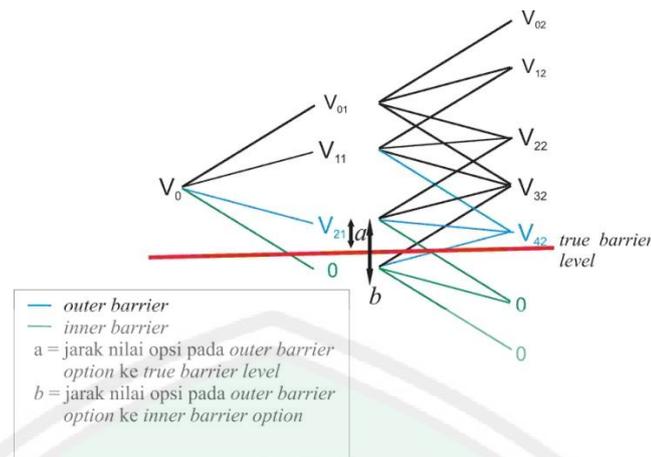
3.1.3 Penentuan *Barrier Option Pricing* Menggunakan *Enhanced Kuartinomial*

Model pergerakan saham untuk opsi *barrier* tipe Eropa pada Gambar 3.6 sampai Gambar 3.9 tampak bahwa batas *barrier* terletak di tengah-tengah titik harga saham. Sehingga nilai opsi *knock-out* yang dihasilkan mempunyai jarak yang terlampau jauh dengan batas *barrier*. Misalnya seperti pada model *up-and-out barrier option* tipe Eropa pada gambar berikut:



Gambar 3.10 Model *Up-and-Out Barrier Option* Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$

Pada Gambar 3.10 tampak bahwa *true barrier level* terletak di tengah-tengah nilai opsi. Sehingga terdapat jarak antara nilai opsi yang tepat berada di bawah *true barrier level* (*inner barrier*) dengan *true barrier level* sebesar a . Jarak sebesar a yang masih tergolong besar inilah yang akan membuat nilai opsi dari *barrier option pricing* tipe Eropa menjadi kurang akurat. Sedangkan untuk *down-and-out barrier option pricing* tipe Eropa memiliki model seperti berikut:



Gambar 3.11 Model *Up-and-Out Barrier Option* Tipe Eropa Saat $j = 0, 1, 2$ dan $i = 0, 1, \dots, 3j + 1$

Pada Gambar 3.11 tampak bahwa *true barrier level* juga terletak di tengah-tengah nilai opsi. Sehingga terdapat jarak antara nilai opsi yang tepat berada di atas *true barrier level* (*outer barrier*) dengan *true barrier level* sebesar a . Jarak sebesar a ini pula yang akan membuat nilai opsi dari *barrier option pricing* tipe Eropa menjadi kurang akurat.

Oleh karena itu, metode *barrier option pricing* tipe Eropa perlu ditingkatkan lagi dengan cara meletakkan *true barrier level* pada *inner barrier* untuk *up-and-out barrier option* tipe Eropa dan pada *outer barrier* untuk *down-and-out barrier option* tipe Eropa. Selanjutnya, nilai-nilai opsi pada *inner* ataupun *outer barrier level* akan diubah menjadi nilai opsi baru yang lebih mendekati batas *barrier* dan lebih akurat dengan menggunakan persamaan (2.26) atau persamaan (2.27). Sehingga nilai-nilai opsi *inner barrier* pada Gambar 3.10 dengan $V_{11} = D_1$ dapat diubah menjadi nilai opsi baru sebagai berikut:

$$V^*(D_1) = \frac{a}{b} V(D_1) \quad (3.12)$$

dan untuk nilai opsi *outer barrier* pada Gambar 3.11 dengan $V_{21} = U_1$ dapat diubah menjadi nilai opsi baru sebagai berikut:

$$V^*(U_1) = \frac{a}{b} V(U_1) \quad (3.13)$$

Karena nilai opsi pada *barrier option* tipe Eropa metode kuartinomial yang telah ditingkatkan atau *enhanced kuartinomial barrier option* tipe Eropa dapat mempunyai nilai yang lebih dekat dengan batas *barrier*, maka nilai opsi pada *enhanced kuartinomial barrier option* tipe Eropa lebih akurat dibandingkan nilai opsi pada *barrier option* tipe Eropa metode kuartinomial standar atau *standart kuartinomial barrier option pricing* tipe Eropa.

3.2 Kekonvergenan Standar dan *Enhanced* Kuartinomial pada *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa

Berdasarkan data aset saham dan parameter pada penelitian Aziz (2005), didapat data $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25$, dan $T = 1$. Setelah data aset saham dan parameter diperoleh, selanjutnya parameter $u, d, p, q, P_1, P_2, P_3$, dan P_4 dapat ditentukan dengan menggunakan cara sebagai berikut:

$$u^3 = e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} \quad (3.14)$$

$$d^3 = e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} \quad (3.15)$$

$$p = \frac{e^{\frac{0,1}{N}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}} \quad (3.16)$$

$$q = 1 - \frac{e^{\frac{0,1}{N}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}} \quad (3.17)$$

$$P_1 = \left(\frac{e^{\frac{0,1}{N}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}} \right)^3 \quad (3.18)$$

$$P_2 = 3 \left(\frac{e^{\frac{0,1}{N}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}} \right)^2 \left(1 - \frac{e^{\frac{0,1}{N}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}} \right) \quad (3.19)$$

$$P_3 = 3 \left(\frac{e^{\frac{0,1}{N}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}} \right) \left(1 - \frac{e^{\frac{0,1}{N}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}} \right)^2 \quad (3.20)$$

$$P_4 = \left(1 - \frac{e^{\frac{0,1}{N}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{N}}\right)}} \right)^3 \quad (3.21)$$

Berdasarkan data yang diambil pada penelitian Aziz (2005), diketahui bahwa $B > S$, sehingga simulasi numerik untuk metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa yang akan dijalankan mempunyai tipe *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa.

3.2.1 Kekonvergenan Standar Kuartinomial pada *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa

Kekonvergenan standar kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa dapat diketahui dari simulasi pergerakan nilai opsi metode standar kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa. Simulasi numerik untuk standar kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa dijalankan dengan

data $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25, T = 1$, dan parameter-parameter yang telah ditentukan pada persamaan (3.14) sampai persamaan (3.21). Sehingga apabila digunakan banyak iterasi (N) sebesar 250, diperoleh parameter-parameter sebagai berikut:

$$u^3 = e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{250}}\right)} = 1,066678614786084 \quad (3.22)$$

$$d^3 = e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{250}}\right)} = 0,937489498840796 \quad (3.23)$$

$$p = \frac{e^{\frac{0,1}{250}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{250}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{250}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{250}}\right)}} = 0,511839371550949 \quad (3.24)$$

$$q = 1 - \frac{e^{\frac{0,1}{250}} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{250}}\right)}}{e^{3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{250}}\right)} - e^{-3\left(0,25\sqrt{\frac{1}{250}}\right)}} = 0,488160628449052 \quad (3.25)$$

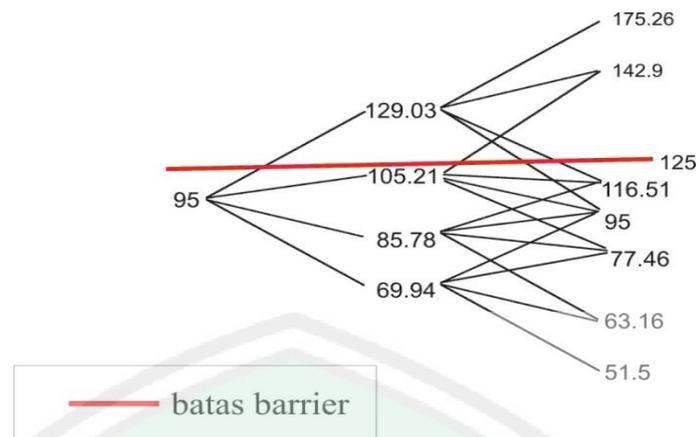
$$P_1 = p^3 = 0,134091444274513 \quad (3.26)$$

$$P_2 = 3p^2q = 0,383664293985471 \quad (3.27)$$

$$P_3 = 3pq^2 = 0,365915193858365 \quad (3.28)$$

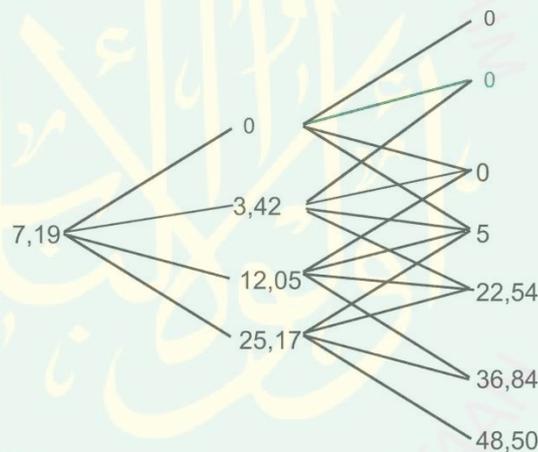
$$P_4 = q^3 = 0,116329067881651 \quad (3.29)$$

Menggunakan parameter-parameter pada persamaan (3.22) sampai persamaan (3.29), model simulasi pergerakan harga saham untuk standar kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa dapat digambarkan pada pohon kuartinomial saat dua periode pertama sebagai berikut:



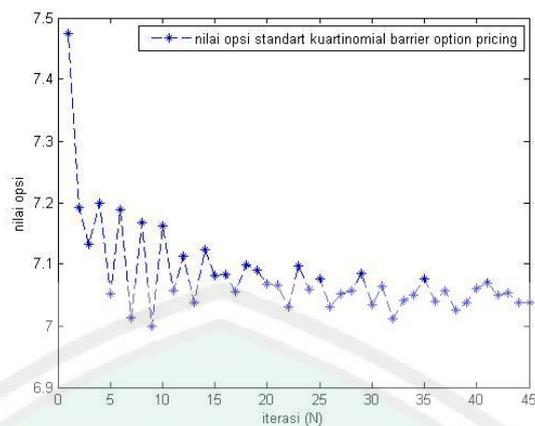
Gambar 3.12 Model Pergerakan Harga Saham untuk Standar Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa Saat Dua Periode Pertama dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$

Lalu, nilai opsi *put* pada *up-and-out barrier* tipe Eropa dapat dimodelkan sebagai berikut:



Gambar 3.13 Model Nilai Opsi *Put* untuk Standar Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa Saat Dua Iterasi Pertama dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$

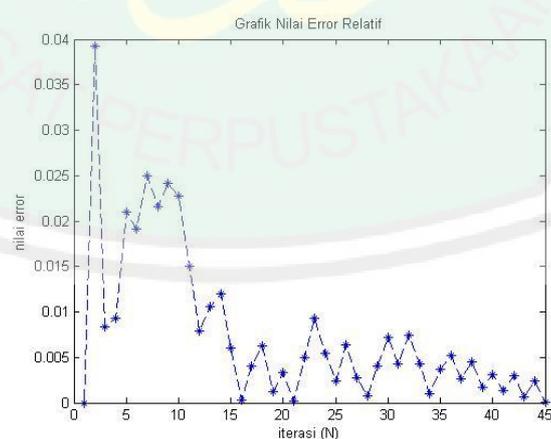
Selanjutnya, model pergerakan nilai opsi *put* untuk standar kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa dilanjutkan sampai 250 iterasi dan dilakukan sampai persamaan (2.33) terpenuhi dengan nilai toleransi (ϵ_s) sebesar $0,5 \times 10^{-4}$ atau 5×10^{-5} . Sehingga didapatkan grafik pergerakan konvergensi nilai opsi *put* sebagai berikut:



Gambar 3.14 Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk Standar Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$

Pada Gambar 3.14 tampak bahwa pergerakan konvergensi nilai opsi *put* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa berhenti pada saat iterasi ke-45. Hal ini berarti pada iterasi ke-45 nilai opsi *put* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa dapat diterima untuk sekurang-kurangnya 6 angka penting.

Error relatif dari nilai opsi *put* tiap iterasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.32). Nilai *error* tiap iterasi dari pergerakan konvergensi nilai opsi *put* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa adalah sebagai berikut:



Gambar 3.15 Nilai *Error* dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Put* Tiap Iterasi untuk Standar Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$

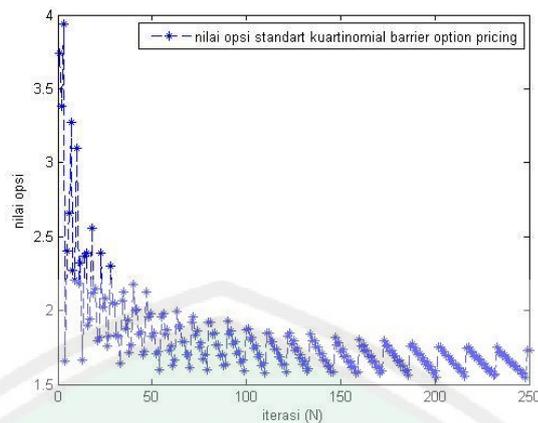
Pada Gambar 3.15 tampak bahwa pergerakan nilai *error* berhenti pada iterasi ke-45. Besar nilai *error* tiap iterasi dari pergerakan konvergensi opsi *put* tersebut dapat diketahui secara lebih detail pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Nilai *Error* dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk Standar Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa

| N | Nilai <i>error</i> relatif |
|-----|----------------------------|
| 15 | 0,006020392010326 |
| 20 | 0,003365701334372 |
| 25 | 0,002354101057265 |
| 30 | 0,007201535429717 |
| 35 | 0,003718178671045 |
| 40 | 0,003140078472705 |
| 45 | 0,000043542479960 |

Pada Tabel 3.1 tampak bahwa nilai *error* dari pergerakan konvergensi nilai opsi *put* untuk standar kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa mempunyai nilai yang kurang dari ε_s pada iterasi ke-45. Sehingga grafik pergerakan konvergensi nilai opsi *put* sudah konvergen pada iterasi ke-45.

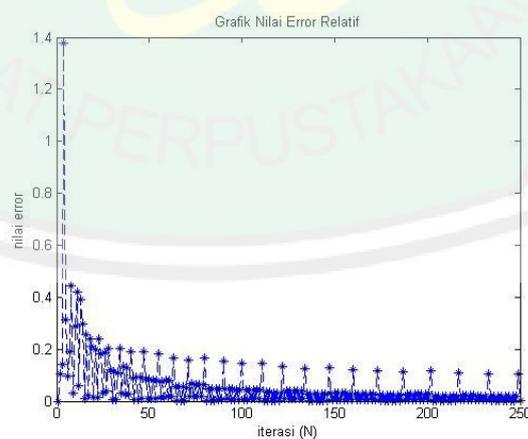
Simulasi untuk mencari kekonvergenan pada *call up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa menggunakan data aset $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25, T = 1, N = 250$, dan parameter-parameter pada persamaan (3.22) sampai persamaan (3.29). Simulasi dilakukan sampai persamaan (2.33) terpenuhi dengan nilai toleransi (ε_s) sebesar $0,5 \times 10^{-4}$ atau 5×10^{-5} . Hasil dari simulasi tersebut disajikan pada gambar berikut:



Gambar 3.16 Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Call* untuk Standar Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$

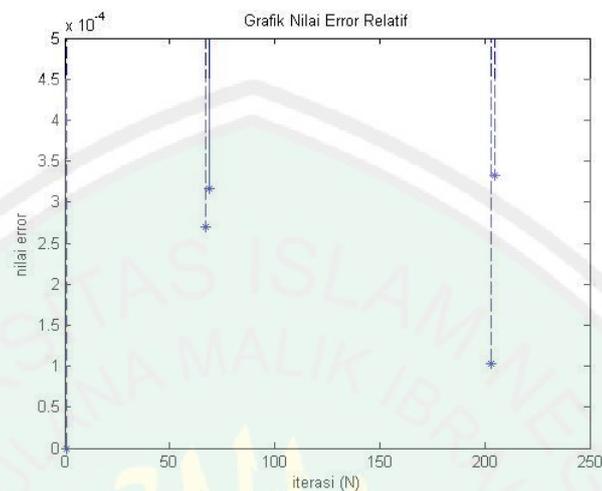
Pada Gambar 3.16 tampak bahwa pergerakan konvergensi nilai opsi *call* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa tidak berhenti sampai iterasi ke-250. Hal ini berarti sampai iterasi ke-250 nilai opsi *call* tidak dapat diterima untuk sekurang-kurangnya 6 angka penting.

Error relatif dari nilai opsi *call* tiap iterasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.32). Nilai *error* tiap iterasi dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa adalah sebagai berikut:



Gambar 3.17 Nilai *Error* dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Call* Tiap Iterasi untuk Standar Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$

Pada Gambar 3.17 tampak bahwa nilai *error* semakin kecil seiring bertambahnya iterasi. Untuk melihat pergerakan nilai *error* yang kecil, disajikan grafik nilai *error* opsi *call* tiap iterasi sebagai berikut:



Gambar 3.18 Nilai *Error* dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Call* Tiap Iterasi untuk Standar Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$

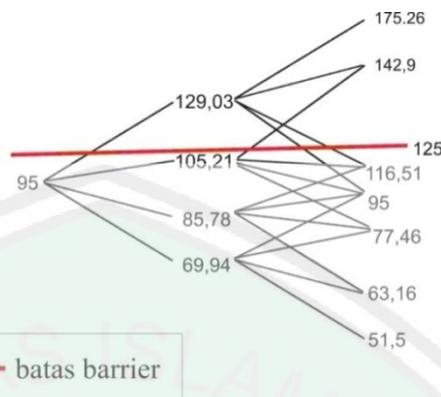
Pada Gambar 3.18 tampak bahwa nilai *error* dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* untuk standar kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa tidak pernah kurang dari nilai toleransi (ϵ_s). Sehingga grafik pergerakan konvergensi nilai opsi *call* tidak dapat dikatakan konvergen sampai iterasi ke-250.

3.2.2 Kekonvergenan *Enhanced* Kuartinomial pada *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa

Kekonvergenan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa dapat diketahui dari simulasi pergerakan konvergensi nilai opsi metode *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa. Simulasi numerik dari *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa untuk 250 iterasi dijalankan dengan data $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$,

$T = 1$, dan parameter-parameter pada persamaan (3.22) sampai persamaan (3.29).

Sehingga ditemukan model pergerakan harga saham sebagai berikut:



Gambar 3.19 Model Pergerakan Harga Saham pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing Tipe Eropa* Saat Dua Iterasi Pertama dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25$, dan $T = 1$

Lalu, nilai opsi *put* pada *up-and-out barrier* tipe Eropa dapat dimodelkan sebagai berikut:



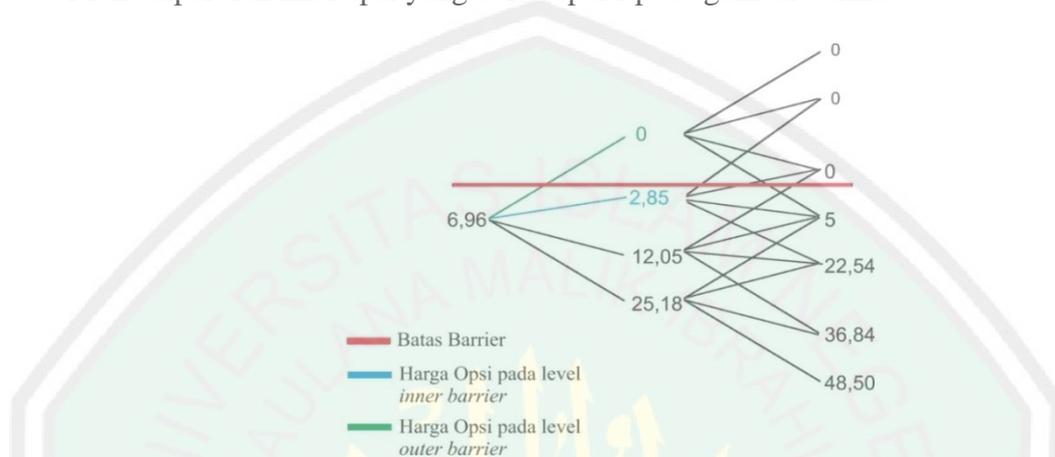
Gambar 3.20 Model Nilai Opsi *Put* pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing Tipe Eropa* Saat Dua Iterasi Pertama dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25$, dan $T = 1$

Simulasi nilai opsi *put* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa dibentuk dengan mengubah nilai opsi pada level *inner barrier* dengan menggunakan persamaan (2.27). Model pergerakan harga saham pada Gambar 3.19 menunjukkan bahwa harga saham yang bernilai 105,21 adalah *inner barrier* karena berada tepat di bawah *barrier level*. Sehingga

berdasarkan Gambar 3.19 dan Gambar 3.20, perubahan nilai opsi pada level *inner barrier* adalah sebagai berikut:

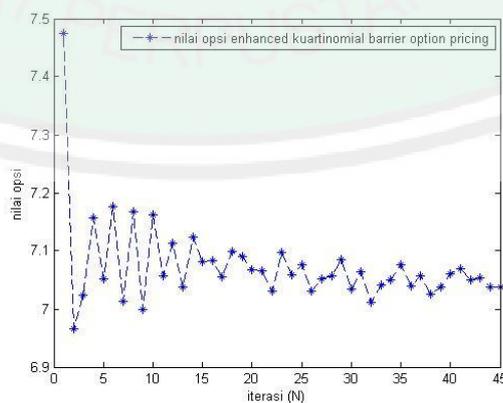
$$V^*(D_1) = \frac{125 - 105,21}{129,03 - 105,21} (3,42) = 2,85 \quad (3.30)$$

Maka diperoleh nilai opsi yang baru seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.21 Model Nilai Opsi *Put* untuk *Enhanced* Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa Saat Dua Iterasi Pertama dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25, \text{ dan } T = 1$

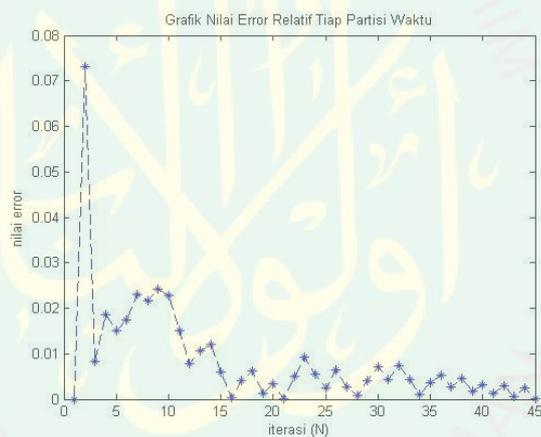
Jika simulasi dilanjutkan sampai iterasi ke-250 dan dilakukan sampai persamaan (2.33) terpenuhi dengan nilai toleransi (ϵ_s) sebesar $0,5 \times 10^{-4}$ atau 5×10^{-5} , maka diperoleh simulasi pergerakan konvergensi nilai opsi *put* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa sebagai berikut:



Gambar 3.22 Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk *Enhanced* Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S=95, K=100, B=125, r=0,1, \sigma = 0,25, \text{ dan } T = 1$

Pada Gambar 3.22 tampak bahwa pergerakan konvergensi nilai opsi *put* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa berhenti pada saat iterasi ke-45. Hal ini dikarenakan pergerakan konvergensi nilai opsi *put* pada iterasi ke-45 mempunyai nilai *error* yang lebih kecil dari nilai ε_s . Hal ini berarti pada iterasi ke-45, nilai opsi *put* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa dapat diterima untuk 6 angka penting.

Error relatif dari pergerakan konvergensi nilai opsi *put* tiap iterasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.32). Nilai *error* tiap iterasi dari pergerakan konvergensi nilai opsi *put* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa adalah sebagai berikut:



Gambar 3.23 Nilai *Error* dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Put* Tiap Iterasi untuk *Enhanced* Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25, \text{ dan } T = 1$

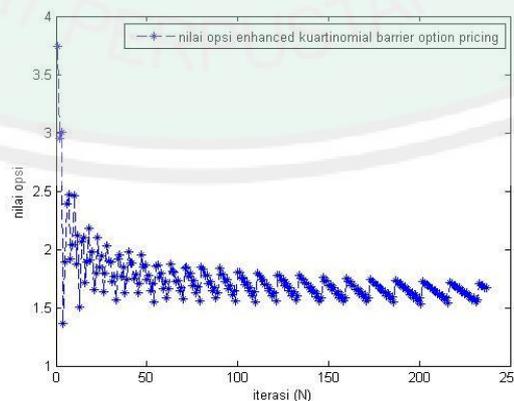
Gambar 3.23 menunjukkan bahwa pergerakan nilai *error* berhenti pada iterasi ke-45. Besar nilai *error* tiap iterasi dari pergerakan konvergensi nilai opsi *put* dapat diketahui secara lebih detail pada tabel berikut:

Tabel 3.2 Nilai *Error* dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk *Enhanced* Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa

| N | Nilai <i>error</i> relatif |
|-----|----------------------------|
| 10 | 0,022856456539041 |
| 15 | 0,006020392010326 |
| 20 | 0,003365701334372 |
| 25 | 0,002354101057265 |
| 30 | 0,007201535429717 |
| 35 | 0,003718178671045 |
| 40 | 0,003140078472705 |
| 45 | 0,000043542479960 |

Pada Tabel 3.2 tampak bahwa nilai *error* dari pergerakan konvergensi opsi *put* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa mempunyai nilai yang kurang dari ε_s pada iterasi ke-45.

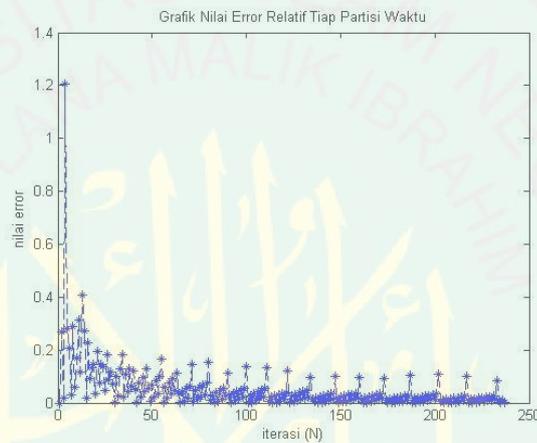
Simulasi untuk mencari kekonvergenan dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa menggunakan data aset $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25, T = 1, N = 250$ dan parameter-parameter pada persamaan (3.22) sampai persamaan (3.29). Simulasi dilakukan sampai persamaan (2.33) terpenuhi dengan nilai toleransi (ε_s) sebesar $0,5 \times 10^{-4}$ atau 5×10^{-5} . Hasil dari simulasi tersebut disajikan pada gambar berikut:



Gambar 3.24 Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Call* untuk *Enhanced* Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S = 95, K = 100, B = 125, r = 0,1, \sigma = 0,25,$ dan $T = 1$

Pada Gambar 3.24 tampak bahwa simulasi pergerakan konvergensi opsi *call* untuk *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa berhenti sebelum mencapai iterasi ke-250. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *error* pada iterasi terakhir mempunyai nilai yang kurang dari ε_s .

Grafik nilai *error* dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* untuk *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa adalah sebagai berikut:



Gambar 3.25 Nilai *Error* dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Call* Tiap Iterasi untuk *Enhanced* Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$

Besar nilai *error* tiap iterasi dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* tersebut dapat diketahui secara lebih detail pada tabel berikut:

Tabel 3.3 Nilai *Error* dari Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Call* untuk *Enhanced* Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa

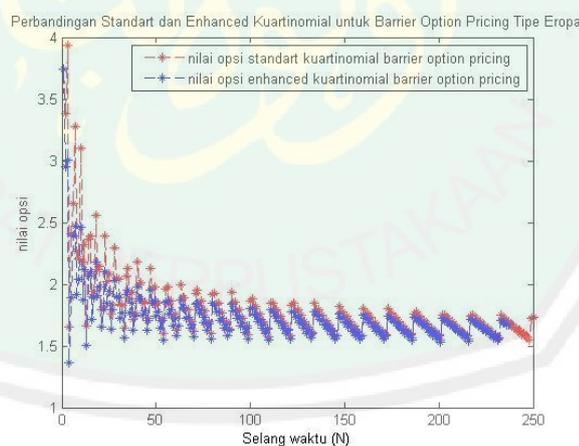
| N | Nilai <i>error</i> relatif |
|-----|----------------------------|
| 200 | 0,016292716912081 |
| 205 | 0,003760462921607 |
| 210 | 0,017379733561329 |
| 215 | 0,009043628553392 |
| 220 | 0,000780633148670 |
| 225 | 0,019633888767705 |
| 230 | 0,010685945873512 |
| 237 | 0,00001502572473521970 |

Pada Tabel 3.3, tampak bahwa nilai *error* dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa mempunyai nilai yang kurang dari ε_s pada iterasi ke-237. Sehingga grafik pergerakan konvergensi nilai opsi *call* sudah konvergen pada iterasi ke-237.

3.3 Perbandingan Kekonvergenan Antara Standar Kuartinomial dan *Enhanced* Kuartinomial pada *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa

Perbandingan kekonvergenan dilakukan dengan menggabungkan simulasi pergerakan konvergensi nilai opsi pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa untuk standar dan *enhanced* kuartinomial yang telah disimulasikan sebelumnya sampai 250 iterasi.

Perbandingan kekonvergenan pergerakan konvergensi nilai opsi *call* untuk standar dan *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa adalah sebagai berikut:

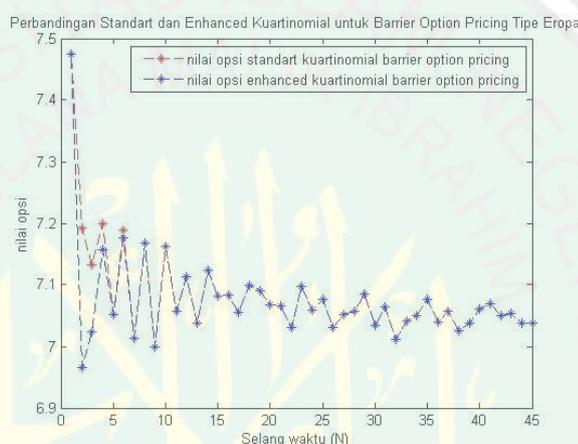


Gambar 3.26 Perbandingan Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Call* untuk Standar dan *Enhanced* Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$

Pada Gambar 3.26 tampak bahwa selisih iterasi dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa tidak dapat diketahui

karena kekonvergenan dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* untuk standar kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa tidak dapat ditemukan sampai iterasi ke-250. Akan tetapi, kekonvergenan dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* untuk *enhanced* kuartinomial dapat ditemukan pada iterasi ke-237.

Perbandingan kekonvergenan dari pergerakan konvergensi nilai opsi *put* untuk standar dan *enhanced* kuartinomial adalah sebagai berikut:



Gambar 3.27 Perbandingan Pergerakan Konvergensi Nilai Opsi *Put* untuk Standar dan *Enhanced* Kuartinomial pada *Up-and-Out Barrier Option Pricing* Tipe Eropa dengan $S = 95$, $K = 100$, $B = 125$, $r = 0,1$, $\sigma = 0,25$, dan $T = 1$

Pada Gambar 3.27 tampak tidak adanya selisih iterasi dari pergerakan konvergensi opsi *put* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa karena keduanya memiliki kekonvergenan yang sama yaitu sebesar 45 iterasi.

Pergerakan konvergensi nilai opsi *call* dan *put* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa membutuhkan iterasi yang lebih kecil nilainya dibandingkan iterasi pergerakan konvergensi nilai opsi *call* dan *put* untuk metode standar kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *enhanced* kuartinomial lebih cepat konvergen dibandingkan metode standar kuartinomial.

3.4 Pandangan Islam Tentang Jual Beli Saham

3.4.1 Hukum Jual Beli dalam Islam

- a. Jual beli dalam bahasa Arab disebut dengan *al-bay*, artinya tukar menukar atau saling menukar. Menurut terminologi adalah tukar menukar harta atas dasar suka sama suka. Menurut Ibn Qudamah yang dikutip oleh Rahmad Syafei pengertian jual beli adalah tukar menukar harta untuk saling dijadikan hak milik. Dapat disimpulkan bahwa pengertian jual beli menurut bisnis syariah adalah tukar menukar barang antara dua orang atau lebih dengan dasar suka sama suka untuk saling memiliki. Dengan jual beli, penjual berhak memiliki uang secara sah. Pihak pembeli berhak memiliki barang yang diterima dari penjual. Kepemilikan masing-masing pihak dilindungi oleh hukum (Mujiatun, 2013).
- b. Menurut *ijma* para ulama *fiqh* bahwa hukum dari jual beli adalah mubah (boleh). Karena manusia sebagai makhluk sosial yang saling membutuhkan satu sama lain. Oleh karena itu, hikmah dari jual beli itu sendiri dapat membantu manusia untuk kelangsungan hidupnya dan manusia tidak dapat hidup tanpa saling membantu sesamanya. Akan tetapi Imam al-Syatibi mengatakan bahwa hukum jual beli dapat berubah dari mubah menjadi wajib dalam situasi tertentu (Syaifullah, 2014).
- c. Bila suatu waktu terjadi praktik *ihtikar* (penimbunan barang), sehingga persediaan terbatas yang mengakibatkan harga pasar melonjak dari harga biasanya, maka pemerintah boleh memaksa para pedagang untuk menjual barang-barang sesuai harga pasar sebelum terjadi pelonjakan harga dari barang

tersebut dan menjadi wajib bagi para pedagang untuk mentaati perintah pemerintah (Syaifullah, 2014).

3.4.2 Jual Beli Saham dalam Islam

Definisi saham secara bahasa artinya bagian. Adapun secara istilah adalah sertifikat yang mempresentasikan hak atas barang atau uang dalam modal suatu *syirkah* (perusahaan) yang dapat dijual belikan dan pemiliknya mendapat laba tertentu darinya (Khalid, 2009).

Menurut Khalid (2009) saham terbagi menjadi sekian jenis dalam tiga sudut pandang.

a. Dari sisi wujud bendanya

- 1) Saham berwujud uang, yaitu modal *syirkah* berwujud uang karena para pemodal menyerahkan uang, baik berupa emas, perak, atau kertas. Ulama bersepakat bahwa jika sahamnya berupa uang, *syirkah* tersebut sah secara hukum.
- 2) Saham berwujud barang, yaitu modal *syirkah* berwujud barang dagangan, seperti kain, elektronik, atau lainnya. Terdapat khilaf diantara ulama tentang hukum dari saham ini. Mayoritas berpendapat jika modal *syirkah* berupa barang dagangan hukumnya tidak sah. Madzhab Imam Malik yang menurut suatu riwayat juga merupakan pendapat Imam Ahmad yang dipilih oleh Syaikhul Islam Ibnu Taimiyah dan Ibnul Qayyim menyatakan bahwa hukumnya sah.

b. Dari sisi wujudnya

- 1) Saham dengan sertifikat bernama, yaitu saham berupa sertifikat yang nama pemiliknya tercantum jelas di dalamnya. Hukumnya boleh karena tidak ada unsur *gharar* (ketidakjelasan).
- 2) Saham berupa sertifikat yang tidak mencantumkan nama pemilik dengan jelas, yaitu saham yang hanya mencantumkan bahwa saham ini milik seseorang. Hukumnya dilarang karena terdapat unsur *gharar*. Tapi jenis kedua ini hampir tidak digunakan lagi pada masa sekarang.

c. Dari sisi kepemilikan hak

- 1) Saham yang memiliki prioritas akses atas laba. Misalnya 5% laba dikhususkan untuk saham ini dan selainnya dibagi secara merata kepada yang lain. Hukumnya dilarang karena tidak boleh mengambil laba lebih tanpa ada penambahan pada investasi modal atau kerja
- 2) Saham istimewa yang berhak mendapatkan bonus tahunan meski tidak memperoleh laba. Hukumnya dilarang karena dengan begini saham tersebut berubah menjadi pinjaman yang mengenakan bunga (baik berupa uang atau bonus) dan termasuk riba.
- 3) Saham yang diberi hak untuk mendapatkan kembali jumlah saham secara utuh ketika terjadi likuidasi perusahaan sebelum para pemilik saham yang lain, meskipun secara hitungan *syirkah* (perusahaan) sebenarnya rugi. Hukumnya dilarang karena para ulama menyebutkan jika terjadi kerugian maka ditanggung oleh semua pemilik saham berdasar presentase kepemilikan, dengan begitu semua pemilik saham menanggung kerugian. Mengistimewakan diri untuk dapat mencabut saham dan tidak menanggung kerugian adalah syarat *bathil*.

- 4) Saham yang memberikan hak bagi para pendaftar (pembeli) pertama untuk mengenai *ikhtab* atau investasi kepada orang lain. Hukumnya boleh sebab selain itu juga berlaku kepada semuanya, para pembeli pertama juga memiliki hak agar kepemilikan saham tidak dimasuki oleh orang lain.
- 5) Saham yang memberikan lebih dari satu suara pada para pemiliknya. Hukumnya dilarang karena akan menimbulkan kerumitan dalam hak pendapatan tanpa ada alasan *syar'i*.

Jual beli yang baik dalam Islam adalah jual beli yang tidak *bathil* dan tidak mengandung unsur riba. Dalam jual beli juga tidak dianjurkan untuk menimbun barang, karena menurut Syaifullah (2014) praktik semacam ini mengakibatkan para pelaku penimbunan menjadi jutawan dalam keadaan mendadak dan membuat banyak rakyat menjadi melarat.

Sehingga terdapat keselarasan antara hukum jual beli dalam Islam dengan jenis-jenis jual beli saham yang dibolehkan, jual beli maupun jual beli saham yang dibolehkan adalah yang di dalamnya tidak mengandung unsur *gharar*, riba, dan *bathil*. Jual beli saham yang tidak mengandung unsur *gharar* adalah saham yang jelas pemiliknya, jual beli saham yang tidak mengandung unsur riba adalah saham yang dalam transaksinya tidak mengandung unsur bunga, dan jual beli saham yang tidak mengandung unsur *bathil* adalah saham yang di dalam transaksinya tanpa menggunakan *rebate*.

3.4.3 *Khiyar* dalam Jual Beli dan Transaksi Saham

Pengertian *khiyar* menurut ulama *fiqh* adalah hak pilih bagi salah satu atau kedua belah pihak yang melaksanakan transaksi untuk melangsungkan atau membatalkan transaksi yang disepakati sesuai dengan kondisi masing-masing

pihak yang melakukan transaksi. Tujuan *khiyar* adalah agar orang-orang yang melakukan transaksi perdata tidak dirugikan dalam transaksi yang mereka lakukan, sehingga kemaslahatan yang dituju dalam suatu transaksi tercapai dengan sebaik-baiknya. Status *khiyar*, menurut ulama *fiqh*, adalah disyariatkan atau dibolehkan karena suatu keperluan yang mendesak dalam mempertimbangkan kemaslahatan masing-masing pihak yang melakukan transaksi (Haroen, 2007).

Menurut Arifin (2008), ada beberapa jenis *khiyar* dalam akad jual beli, diantaranya adalah:

a. *Khiyar* Majelis (خِيَارُ الْمَجْلِسِ)

Khiyar majlis adalah hak yang dimiliki oleh penjual dan pembeli untuk meneruskan penjualan atau membatalkannya, selama keduanya masih bersama-sama ditempat tersebut dan belum berpisah.

b. *Khiyar* Persyaratan (خِيَارُ الشَّرْطِ)

Hak pilih (*khiyar*) ini adalah hak yang ada karena disyaratkan oleh orang yang melangsungkan akad jual beli, baik orang itu adalah penjual atau pembeli atau keduanya. Misalnya ketika ada dua orang yang berjual beli, kemudian setelah keduanya sepakat melangsungkan akad jual beli tersebut, salah satu dari mereka mensyaratkan agar memiliki hak pilih dalam batas waktu tiga hari untuk meneruskan akad tersebut atau membatalkannya.

c. *Khiyar* Aib/Cacat (خِيَارُ الْعَيْبِ)

Khiyar aib atau cacat adalah suatu hal yang lazim, apabila seseorang membeli barang, orang tersebut akan memilih barang yang utuh dan tidak ada cacatnya. Sehingga apabila seseorang membeli suatu barang dan penjual diam tidak menyebutkan bahwa barang yang dijual ada cacatnya, maka diamnya penjual bagaikan pengakuan bahwa barang tersebut utuh dan tidak ada cacatnya. Pada saat pembeli mengetahui bahwa barang tersebut memiliki cacat maka pembeli memiliki hak untuk melanjutkan atau membatalkan akad jual beli.

d. *Khiyar* Pemalsuan (خِيَارُ التَّدْلِيسِ)

Khiyar pemalsuan adalah jika salah satu penjual atau pembeli ada yang menyalahi aturan perdagangan yaitu dengan memalsukan barang dagangannya, maka *syari'at* Islam menetapkan bagi lawan transaksinya hak *khiyar* (hak untuk memilih) antara membatalkan penjualan atau menerima barang yang telah dibeli tanpa mendapatkan ganti rugi.

e. *Khiyar* Penipuan (خِيَارُ الْعَبْثِ)

Yang dimaksud dengan penipuan disini adalah apabila seseorang membeli sesuatu karena dikelabui sehingga seseorang membeli barang tersebut dengan harga yang lebih mahal daripada harga sewajarnya, demikian juga halnya ketika orang tersebut menjual, orang tersebut menjualnya dengan harga yang lebih rendah daripada harga yang sewajarnya.

Opsi adalah hak untuk membeli atau menjual suatu aset yang berisiko dengan harga dan waktu yang telah disepakati antara dua pihak yaitu *holder* dan

writer. Seorang *holder* mempunyai hak untuk membatalkan atau meneruskan transaksinya sesuai dengan kondisi yang dimiliki olehnya. Sehingga opsi dalam jual beli saham secara umum dapat juga dikatakan sebagai *khiyar*, *khiyar* syarat khususnya, karena harga dan waktu dari transaksi opsi telah disepakati oleh kedua belah pihak (*holder* dan *writer*).



BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah:

1. Aproksimasi metode standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa dapat ditentukan dengan menggabungkan tiga periode pada metode binomial menjadi satu periode pada metode kuartinomial. Parameter-parameter untuk metode kuartinomial adalah $u = e^{3\sigma\sqrt{\Delta t}}$, $d = e^{-3\sigma\sqrt{\Delta t}}$, $P_1 = p^3$, $P_2 = 3p^2q$, $P_3 = 3pq^2$, dan $P_4 = q^3$. Penentuan *barrier option pricing* tipe Eropa metode standar kuartinomial dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan *backward induction* untuk metode kuartinomial. Sedangkan penentuan *barrier option pricing* tipe Eropa untuk metode *enhanced* kuartinomial dilakukan dengan mengubah nilai opsi pada *lower barrier* ataupun *upper barrier* lalu nilai-nilai opsi *barrier* dapat ditentukan dengan *backward induction* untuk metode kuartinomial.
2. Kekonvergenan metode standar kuartinomial menghasilkan pergerakan konvergensi nilai opsi *call* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa yang tidak konvergen sampai iterasi ke-250. Akan tetapi, pergerakan konvergensi nilai opsi *put* untuk standar kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa sudah konvergen pada iterasi ke-45. Sedangkan, kekonvergenan metode *enhanced* kuartinomial menghasilkan pergerakan konvergensi nilai opsi *call* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa yang sudah konvergen pada iterasi ke-237 dan pergerakan konvergensi nilai

opsi *put* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa yang sudah konvergen pada iterasi ke-45.

3. Perbandingan kekonvergenan nilai opsi antara standar dan *enhanced* kuartinomial pada *barrier option pricing* tipe Eropa menghasilkan tidak adanya selisih iterasi dari pergerakan konvergensi nilai opsi *put* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa karena keduanya memiliki kekonvergenan yang sama yaitu sebesar 45 iterasi. Sedangkan, selisih iterasi dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa tidak dapat diketahui karena kekonvergenan dari pergerakan konvergensi nilai opsi *call* untuk standar kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa tidak dapat konvergen sampai iterasi ke-250. Akan tetapi, kekonvergenan pergerakan konvergensi nilai opsi *call* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa sudah konvergen pada iterasi ke-237. Pergerakan konvergensi nilai opsi *call* dan *put* untuk *enhanced* kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa membutuhkan iterasi yang lebih kecil nilainya dibandingkan iterasi pergerakan konvergensi nilai opsi *call* dan *put* untuk metode standar kuartinomial pada *up-and-out barrier option pricing* tipe Eropa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *enhanced* kuartinomial lebih cepat konvergen dibandingkan metode standar kuartinomial.

4.2 Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan mencari aproksimasi numerik dari opsi *down-and-out* dan opsi *down-and-in* baik untuk opsi *call* maupun opsi *put*.



DAFTAR RUJUKAN

- Arifin, M. 2008. *Sifat Perniagaan Nabi Saw. "Panduan Praktis Fiqih Perniagaan Islam"*. Bogor: Pustaka Darul Ilmi.
- Aziz, A. 2005. *Komputasi Numerik dengan Metode Kombinatorial untuk Barrier Option Pricing*. Tesis tidak diterbitkan. Bandung: ITB
- Aziz, A. 2009. Empat Model Aproksimasi Binomial Harga Saham Model Black-Scholes. *Cauchy: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 1 (1), (Online), (<http://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/Math/article/view/1702>), diakses pada 13 Desember 2016.
- Chapra, S.C. dan Canale, R.P. 2010, *Numerical Methods for Engineers Sixth Edition*. New York: McGraw-Hill
- Cheng, K. 2003. An Overview of Barrier Options. *Global Derivatives Working Paper* (Online), (<http://www.global-derivatives.com>), diakses 30 Agustus 2016.
- Derman, E., Kani, I., Ergener, D., dan Bardhan, I. 1995. Enhanced Numerical Methods for Options with Barriers. *Quantitative Strategies Research Notes. Goldman Sachs*. (Online), (http://www.ederman.com/emanuelderman/GSQSpapers/enhanced_numerical_methods.pdf), diakses 30 Agustus 2016.
- Haroen, N. 2007. *Fiqh Muamalah*. Jakarta: Gaya Media Pratama
- Hull, J.C. 2002. *Option Future and Other Derivative*. Toronto: Prentice Hall.
- Khalid. 2009. *Sudah Halalkah Transaksi Anda: Fiqih Muamalah Masa Kini*. Klaten: Ines Media.
- Kwok, Y.K. 1998. *Mathematical Models of Financial Derivatives*. Singapore: Springer-Verlag
- Levitan, S. 2001. Advanced Mathematics of Finance Honours: Lattice Methods for Barrier Options. (Online), (<http://www.cam.wits.ac.za/mfinance/downloads/levitan.pdf>), diakses 30 Agustus 2016.
- Mujiatun, S. 2013. Jual Beli dalam Perspektif Islam: Salam dan Istisna'. *Jurnal Riset Akuntansi dan Bisnis*, 13(2): 202-216.
- Seydel, R. 2002. *Tools for Computational Finance*. Berlin: Springer.

Sumardi dan Prahmana, R.C.I. 2010, Penentuan Harga Opsi untuk Model Black-Scholes Menggunakan Metode Beda Hingga Crank-Nicolson. (Online), (<http://p4mriunismuh.files.wordpress.com/2010/08/penentuan-harga-opsi-tipe-eropa.pdf>), diakses pada 15 Juni 2016

Syaifullah. 2014. Etika Jual Beli dalam Islam. *Hanafa: Jurnal Islamika*, 11(2): 371-387.



LAMPIRAN

Lampiran 1: Program *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa untuk Metode Standar Kuartinomial

```
clc,clear,clf
disp ('BARRIER OPTION PRICING UNTUK METODE QUADRINOMIAL')

format long
t= 1 %input ('masukkan waktu jatuh tempo (T) =');
N=input ('masukkan partisi hingga waktu jatuh tempo (N) =');
s= 95 %input ('masukkan saham awal(S) =');
K= 100 %input ('masukkan strike price(K)=');
B= 125 %input ('masukkan barrier level (B)=');
r= 0,1 %input ('masukkan tingkat bunga bebas risiko=');
v= 0,25 %input ('masukkan nilai volatility=');

S(1,1)=s;
Pilihan_opsi = char('1. call option eropa','2. put option eropa')
pilop = input ('pilihan anda=');
for M=1:N
    S = zeros(M+1);
    V = zeros(M+1);
    dt= (1/3)*(t/M);
    u = exp(v*sqrt(dt));
    d = 1/u;
    p = (exp(r*dt)-d)/(u-d);
    q = 1-p;
    e=exp(-3*r*dt);

    %peluang baru
    p1 = p^3;
    p2 = 3*p^2*q;
    p3 = 3*p*q^2;
    p4 = q^3;

    %Perhitungan Stock Price (Sji) pada t = i dengan urutan menaik
    untuk setiap t
    %untuk i = 0,1,...,M dan j = 0,1,...,i
    for i = M+1 : -1 : 1
        for j = 1 : 3*(i)-2
            S(j,i) = s * u^((3*i-2)-j) * d^(j-1);
        end
    end
end

% Mencari harga saham dengan knock out barrier option
if B < s %down out
    for i = 1 : M+1
        for j = 1 : 3*(i)-2
            if S(j,i) <= B
                S(j,i) = 0;
            end
        end
    end
end
```

```

        end
    end
elseif B > s
    for i = 1 : M+1
        for j = 1 : 3*(i)-2
            if S(j,i) >= B
                S(j,i) = 0;
            end
        end
    end
end

end

end

%Perhitungan Option Value pada t = 0,1,...,M (Vji) untuk j =
0,1,...,i
%call option
if pilop == 1
    for j = 1 : 3*(M+1)-2
        V(j,M+1) = max((S(j,M+1)-K),0); %Payoff call option
    end
elseif pilop == 2
    for j = 1 : 3*(M+1)-2
        if S(j,M+1) == 0
            V(j,M+1) = 0;
        else
            V(j,M+1) = max((K-S(j,M+1)),0); %Payoff put option
        end
    end
end
end
for i = M : -1 : 1
    for j = 1 : 3*(i)-2
        if S(j,i) == 0
            V(j,i)=0;
        else
            V(j,i) = exp(-r*dt*3) * (p1*V(j,i+1) + p2*V(j+1,i+1) +
p3*V(j+2,i+1) + p4*V(j+3,i+1));
        end
    end
end
end
o(1,M) = V(1,1);

if M>2
    if abs(o(1,M-1) - o(1,M))/o(1,M) <= 5*10^(-5)
        break
    end
end
end

end

opsi=V(1,1)
b = 1 : length(o);
clf
plot(b,o)
legend('nilai opsi standart kuartinomial barrier option pricing')

for i=2:length(o)
err(1,i)=abs(o(1,i)-o(1,i-1))/o(1,i);
end
figure

```

```
plot(b,err)
title('Grafik Nilai Error Relatif Tiap Partisi Waktu')
```



Lampiran 2: Program *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa untuk Metode *Enhanced Kuartinomial*

```

clc,clear
disp ('BARRIER OPTION PRICING UNTUK METODE QUADRINOMIAL')

format long
t= 1 %input ('masukkan waktu jatuh tempo (T) =');
N=input ('masukkan partisi hingga waktu jatuh tempo (N) =');
s= 95 %input ('masukkan saham awal(S) =');
K= 100 %input ('masukkan strike price(K)=');
B= 125 %input ('masukkan barrier level (B)=');
r= 0,1 %input ('masukkan tingkat bunga bebas risiko=');
v= 0,25 %input ('masukkan nilai volatility=');

S(1,1)=s;
Pilihan_opsi = char('1. call option eropa','2. put option
eropa')
pilop = input ('pilihan anda=');
for M=1:N
S = zeros(M+1);
V = zeros(M+1);
dt= t/M;
u = exp(v*sqrt(dt));
d = 1/u;
p = (exp(r*dt)-d)/(u-d);
q = 1-p;
e=exp(-3*r*dt);

%peluang baru
p1 = p^3;
p2 = 3*p^2*q;
p3 = 3*p*q^2;
p4 = q^3;

%Perhitungan Stock Price (Sji) pada t = i dengan urutan menaik
untuk setiap t
%untuk i = 0,1,...,M dan j = 0,1,...,i
for i = M+1 : -1 : 1
for j = 1 : 3*(i)-2
S(j,i) = s * u^((3*i-2)-j) * d^(j-1);
end
end

% Mencari harga saham dengan knock out barrier option
ES = zeros(3*(M+1)-2,M+1);

for i = 1 : M+1
for j = 1 : 3*(i)-2
ES(j,i) = S(j,i);
end
end

if B < s %down out
for i = 1 : M+1

```

```

        for j = 1 : 3*(i)-2
            if ES(j,i) <= B
                ES(j,i) = 0;
            end
        end
    end
end
elseif B > s
    for i = 1 : M+1
        for j = 1 : 3*(i)-2
            if ES(j,i) >= B
                ES(j,i) = 0;
            end
        end
    end
end
end

%Perhitungan Option Value pada t = 0,1,...,M (Vji) untuk j =
0,1,...,i
%call option
if pilop == 1
    for j = 1 : 3*(M+1)-2
        V(j,M+1) = max((ES(j,M+1)-K),0); %Payoff call option
    end
elseif pilop == 2
    for j = 1 : 3*(M+1)-2
        if ES(j,M+1) == 0
            V(j,M+1) = 0;
        else
            V(j,M+1) = max((K-ES(j,M+1)),0); %Payoff put option
        end
    end
end
for i = M : -1 : 1
    for j = 1 : 3*(i)-2
        V(j,i) = exp(-r*dt*3) * (p1*V(j,i+1) + p2*V(j+1,i+1) +
p3*V(j+2,i+1) + p4*V(j+3,i+1));
    end
end

%menghitung dengan rumus
EV = zeros(3*(M+1)-2,M+1);
if B<=s
    for j=M:-1:1
        for i=2:3*(j)-2 %mulai dari 2 karena b<s
            if and(S(i-1,j)>=B,S(i,j)<B)
                EV(i-1,j) = (S(i-1,j)-B)/(S(i-1,j)-
S(i,j))*V(i-1,j);
            end
        end
    end
elseif B>=s
    for j=M:-1:1
        for i=1:3*(j)-2
            if and(S(i,j)>B,S(i+1,j)<B)
                EV(i+1,j) = (B-S(i+1,j))/(S(i,j)-
S(i+1,j))*V(i+1,j);

```

```

        end
    end
end
end

%memunculkan angka EV yang nol dari vij yang belum dinolkan
for j=M+1:-1:1
    for i=1:3*(j)-2
        if EV(i,j) == 0
            EV(i,j) = V(i,j);
        end
    end
end

for i = M-1 : -1 : 1
    for j = 1 : 3*(i)-2
        EV(j,i) = exp(-r*dt*3) * (p1*EV(j,i+1) +
p2*EV(j+1,i+1) + p3*EV(j+2,i+1) + p4*EV(j+3,i+1));
    end
end
eo(1,M) = EV(1,1);
end

opsi = EV(1,1)
b = 1 : N;
% clf
plot(b,eo)
legend('nilai opsi enhanced kuartinomial barrier option pricing')

```

Lampiran 3: Program Perbandingan *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa untuk Metode Standar Kuartinomial dan *Enhanced Kuartinomial*

```

clc,clear
disp ('BARRIER OPTION PRICING UNTUK METODE QUADRINOMIAL')

format long
T= 1 %input ('masukkan waktu jatuh tempo (T) =');
N=input ('masukkan partisi hingga waktu jatuh tempo (N) =');
s= 95 %input ('masukkan saham awal(S) =');
K= 100 %input ('masukkan strike price(K)=');
B= 125 %input ('masukkan barrier level (B)=');
r= 0,1 %input ('masukkan tingkat bunga bebas risiko=');
v= 0,25 %input ('masukkan nilai volatilitas=');

S(1,1)=s;
Pilihan_opsi = char('1. call option eropa','2. put option
eropa')
pilop = input ('pilihan anda=');
for M=1:N
S = zeros(M+1);
V = zeros(M+1);
dt= (1/3)*(t/M);
u = exp(v*sqrt(dt));
d = 1/u;
p = (exp(r*dt)-d)/(u-d);
q = 1-p;
e=exp(-3*r*dt);

%peluang baru
p1 = p^3;
p2 = 3*p^2*q;
p3 = 3*p*q^2;
p4 = q^3;

%Perhitungan Stock Price (Sji) pada t = i dengan urutan menaik
untuk setiap t
%untuk i = 0,1,...,M dan j = 0,1,...,i
for i = M+1 : -1 : 1
for j = 1 : 3*(i)-2
S(j,i) = s * u^((3*i-2)-j) * d^(j-1);
end
end

% Mencari harga saham dengan knock out barrier option
ES = zeros(3*(M+1)-2,M+1);

for i = 1 : M+1
for j = 1 : 3*(i)-2
ES(j,i) = S(j,i);
end
end

if B < s %down out
for i = 1 : M+1

```

```

        for j = 1 : 3*(i)-2
            if ES(j,i) <= B
                ES(j,i) = 0;
            end
        end
    end
end
elseif B > s
    for i = 1 : M+1
        for j = 1 : 3*(i)-2
            if ES(j,i) >= B
                ES(j,i) = 0;
            end
        end
    end
end

%Perhitungan Option Value pada t = 0,1,...,M (Vji) untuk j =
0,1,...,i
%call option
if pilop == 1
    for j = 1 : 3*(M+1)-2
        V(j,M+1) = max((ES(j,M+1)-K),0); %Payoff call option
    end
elseif pilop == 2
    for j = 1 : 3*(M+1)-2
        if ES(j,M+1) == 0
            V(j,M+1) = 0;
        else
            V(j,M+1) = max((K-ES(j,M+1)),0); %Payoff put option
        end
    end
end
for i = M : -1 : 1
    for j = 1 : 3*(i)-2
        if ES(j,i) == 0
            V(j,i) = 0;
        else
            V(j,i) = exp(-r*dt*3) * (p1*V(j,i+1) +
p2*V(j+1,i+1) + p3*V(j+2,i+1) + p4*V(j+3,i+1));
        end
    end
end

%menghitung dengan rumus
EV = zeros(3*(M+1)-2,M+1);
if B<=s
    for j=M:-1:1
        for i=2:3*(j)-2 %mulai dari 2 karena b<s
            if and(S(i-1,j)>=B,S(i,j)<B)
                EV(i-1,j) = (S(i-1,j)-B)/(S(i-1,j)-
S(i,j))*V(i-1,j);
            end
        end
    end
elseif B>=s
    for j=M:-1:1

```

```

        for i=1:3*(j)-2
            if and(S(i,j)>B,S(i+1,j)<B)
                EV(i+1,j) = (B-S(i+1,j))/(S(i,j)-
S(i+1,j))*V(i+1,j);
            end
        end
    end
end

%memunculkan angka EV yang nol dari vij yang belum dinolkan
for j=M+1:-1:1
    for i=1:3*(j)-2
        if EV(i,j) == 0
            EV(i,j) = V(i,j);
        end
    end
end

for i = M-1 : -1 : 1
    for j = 1 : 3*(i)-2
        if ES(j,i) == 0
            EV(j,i) = 0;
        else
            EV(j,i) = exp(-r*dt*3) * (p1*EV(j,i+1) +
p2*EV(j+1,i+1) + p3*EV(j+2,i+1) + p4*EV(j+3,i+1));
        end
    end
end
eo(1,M) = EV(1,1);
o(1,M) = V(1,1);
end

opsi_standart = V(1,1)
opsi_enhanced = EV(1,1)
b = 1 : N;
clf
plot(b,o,'r')
hold on
plot(b,eo,'b')
legend('nilai opsi standart kuartinomial barrier option
pricing','nilai opsi enhanced kuartinomial barrier option
pricing')
title('Perbandingan Standart dan Enhanced Kuartinomial untuk
Barrier Option Pricing Tipe Eropa')

for i=2:N
errO(1,i)=abs(o(1,i)-o(1,i-1))/o(1,i);
errEO(1,i)=abs(eo(1,i)-eo(1,i-1))/eo(1,i);
end
figure
plot(b,errO,'r')
hold on
plot(b,errEO,'b')
legend('nilai error relatif standart kuartinomial','nilai error
relatif enhanced kuartinomial')
title('Grafik Nilai Error Relatif Tiap Partisi Waktu')

```

RIWAYAT HIDUP

Anwar Ibrahim Musthofa Akhyar lahir di kota Kediri pada tanggal 8 Mei 1995 yang merupakan anak pertama dari pasangan bapak Dody Sunardi dan ibu Machsussotul Qoiriyah.

Pendidikan pertamanya ditempuh di Taman Kanak-kanak (TK) ABA 8 Kediri dan lulus pada tahun 2001. Lalu, dia menempuh pendidikan dasar di Sekolah Dasar Islam (SDI) Al-Huda Kediri dan lulus pada tahun 2007. Setelah itu dia melanjutkan pendidikan menengah pertama di Madrasah Tsanawiyah (MTs) Negeri II Kediri dan lulus pada tahun 2010. Kemudian dia melanjutkan pendidikan menengah atas di Madrasah Aliyah (MA) Negeri III Kediri dan lulus pada tahun 2013. Selanjutnya, pada tahun 2013 dia langsung melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang dengan mengambil Jurusan Matematika.

Selama menjadi mahasiswa, dia aktif sebagai asisten laboratorium praktikum dan mengikuti Penelitian Pengembangan Program Studi (P3S).



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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Anwar Ibrahim Musthofa Akhyar
NIM : 13610074
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
Judul Skripsi : Metode *Enhanced* Kuartinomial untuk Aproksimasi Numerik pada *Barrier Option Pricing* Tipe Eropa
Pembimbing I : Abdul Aziz, M.Si
Pembimbing II : Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd

| No | Tanggal | Hal | Tanda Tangan |
|-----|------------------|-------------------------------|--------------|
| 1. | 6 Februari 2017 | Konsultasi BAB II | 1. |
| 2. | 16 Februari 2017 | Konsultasi BAB II | 2. |
| 3. | 27 Februari 2017 | Revisi BAB I dan II | 3. |
| 4. | 6 Maret 2017 | Konsultasi dan revisi BAB III | 4. |
| 5. | 20 Maret 2017 | Konsultasi BAB III | 5. |
| 6. | 6 April 2017 | Konsultasi Keagamaan | 6. |
| 7. | 7 April 2017 | Revisi Keagamaan | 7. |
| 8. | 8 April 2017 | ACC Kajian Keagamaan | 8. |
| 9. | 11 April 2017 | ACC BAB I, II, dan III | 9. |
| 10. | 1 Juni 2017 | Konsultasi BAB III dan BAB IV | 10. |
| 11. | 13 Juni 2017 | Konsultasi dan revisi BAB IV | 11. |
| 12. | 14 Juni 2017 | ACC Kajian Keagamaan | 12. |
| 13. | 15 Juni 2017 | ACC BAB I, II, III, dan IV | 13. |

Malang, 15 Juni 2017

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd

NIP. 19751006 200312 1 001