



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

HARGA OPSI SAHAM TIPE AMERIKA DENGAN MODEL BINOMIAL

SKRIPSI



**MIA MUCHIA DESDA
07934007**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012**

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Dengan ini menyatakan bahwa :

Nama : Mia Muchia Desda
No. Buku Pokok : 07934007
Jurusan : Matematika
Bidang : Statistika
Judul Skripsi : **Harga Opsi Saham Tipe Amerika Dengan Model Binomial.**

telah diuji dan disetujui skripsinya sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) melalui ujian sarjana yang diadakan pada tanggal 22 Juni 2012 berdasarkan ketentuan yang berlaku.

Pembimbing / Penguji

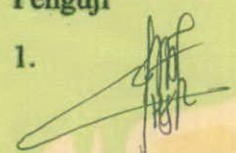
1.


Dr. Dodi Devianto

NIP. 19771227 200012 1 002

Penguji

1.


Izzati Rahmi HG, M.Si

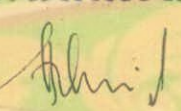
NIP.19740928 199903 2 002

2.


Dr. Maiyastri

NIP. 19650531 199103 2 001


3.


Dr. Admi Nazra

NIP. 19730330 199903 1 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika FMIPA Unand


Dr. Syafrizal Sy

NIP.19670807 199309 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran ALLAH SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul *"Harga Opsi Saham Tipe Amerika dengan Model Binomial"*, yang merupakan salah satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Matematika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang.

Pada kesempatan ini, perkenankanlah penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada yang terhormat:

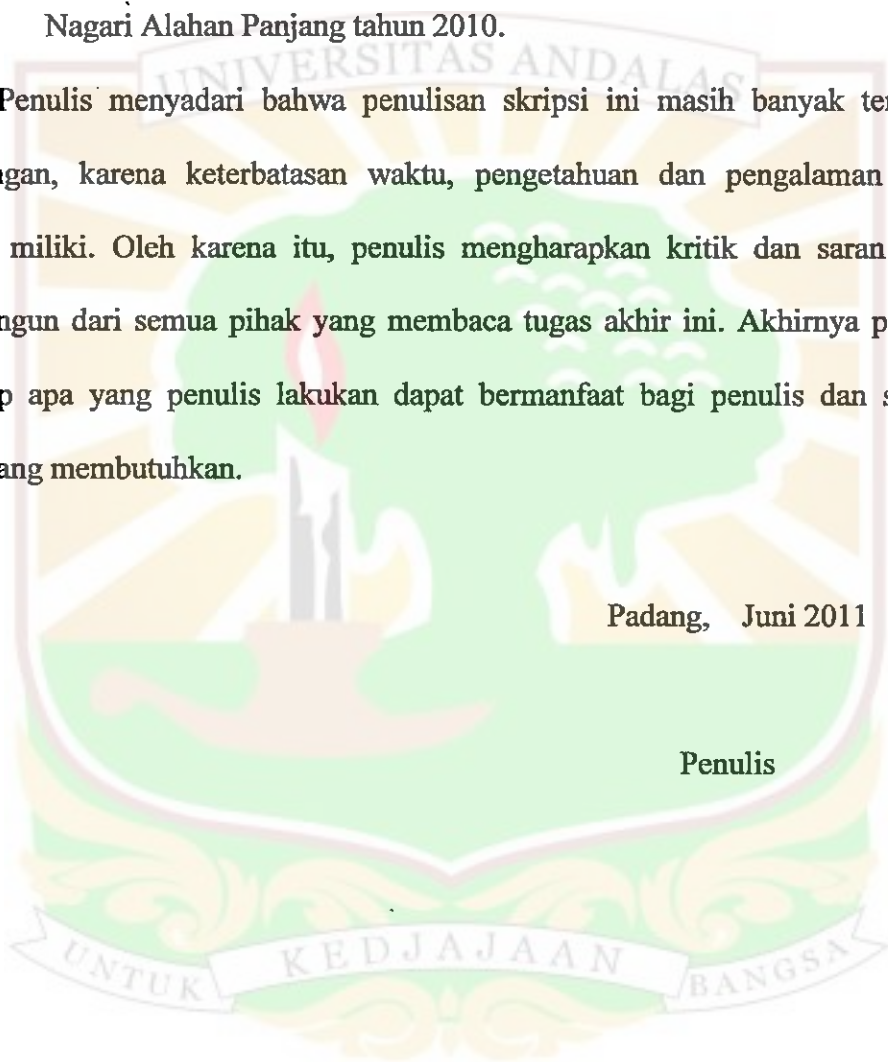
1. Bapak Dr. Dodi Devianto selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan pikiran serta bimbingan kepada penulis hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Izzati Rahmi HG, M.Si, Ibu Dr. Maiyastri dan Bapak Dr. Admi Nazra selaku dosen penguji yang telah membaca, menelaah, mengoreksi, mengedit serta memberi kritikan yang konstruktif untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr.Safrizal Sy dan Ibu Dr. Lyra Yulianti selaku Ketua dan Koordinator Pendidikan Jurusan Matematika FMIPA Universitas Andalas.
4. Bapak Prof. Dr. I Made Arnawa selaku Penasehat Akademik.
5. Staf Pengajar dan Staf Tata Usaha Jurusan Matematika FMIPA Universitas Andalas.

6. Orang tua tercinta, Papa Desmukibri Sy dan Mama Rifda Anis, S.Pd, terima kasih atas do'a, dukungan, perhatian, kritikan, cinta dan kasih sayang dari papa dan mama yang tiada henti tercurah untuk ananda.
7. Teman-teman tercinta yang tak bisa disebutkan satu-satu terutama Matematika Angkatan 07 dan Keluarga Besar Mahasiswa KKN-PPM Nagari Alahan Panjang tahun 2010.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, karena keterbatasan waktu, pengetahuan dan pengalaman yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak yang membaca tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap apa yang penulis lakukan dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan.

Padang, Juni 2011

Penulis



ABSTRAK

Opsi merupakan hak untuk membeli atau menjual saham tertentu pada waktu dan harga yang telah ditentukan. Harga saham diasumsikan memiliki dua nilai periode yang akan datang yaitu naik atau turun begitu pula dengan harga opsi sehingga penentuan harga opsi dapat didekati dengan model binomial. Pada model harga opsi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu harga pelaksanaan K , waktu jatuh tempo T , dan harga saham pada saat jatuh tempo S_T . Parameter dasar yang perlu dicari untuk menentukan harga opsi yaitu tingkat kenaikan harga saham u , tingkat penurunan harga saham d , harga saham awal S_0 , dan probabilitas risiko netral p dan q . Setelah keempat parameter tersebut diperoleh maka harga opsi tipe Amerika model binomial dapat dimodelkan sebagai berikut

$$v_N(S_N) = \max\{g(S_N), 0\}$$

$$v_n(S_n) = \max\left\{g(S_n), \frac{1}{(1+r)} [pV_{n+1}(us) + qV_{n+1}(ds)]\right\}$$

dengan $n = N - 1, N - 2, \dots, 0$ dan $p = \frac{1+r-d}{(u-d)}$, $q = \frac{u-1-r}{(u-d)}$, r adalah tingkat suku bunga bebas risiko, serta $g(S_N)$ adalah nilai intristik saham, $V_{n+1}(us)$ adalah nilai intristik opsi saat harga saham naik dan $V_{n+1}(ds)$ adalah nilai intristik opsi saat harga saham turun.

Penerapan model harga opsi tipe Amerika dengan model binomial pada harga saham *Rio Tinto Plc (RIO)* periode 18 Januari 2011 sampai 20 Januari 2012 menunjukkan hasil bahwa perhitungan harga opsi satu periode dan dua periode untuk opsi beli dan opsi jual lebih kecil dari harga opsi dipasar sehingga pemegang opsi harus menjual opsi yang dimiliki. Berdasarkan hasil perhitungan harga opsi pada data harga saham *Rio Tinto Plc (RIO)* diperoleh keuntungan maksimal bagi pembeli opsi beli sebesar \$32.3729 sedangkan untuk pembeli opsi jual keuntungan maksimal yang diperoleh sebesar \$22.50.

Kata kunci: *opsi, opsi jual, opsi beli, tipe Amerika, model binomial, pembeli opsi beli, pembeli opsi jual.*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penulisan.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Konsep Dasar Opsi (<i>Option</i>).....	6
2.1.1 Pengertian Opsi	6
2.1.2 Jenis Opsi Saham	6
2.1.3 Dasar dari Model Penetapan Harga Opsi Saham	8
2.1.4 Faktor-Faktor Penentu Harga Opsi	9
2.1.5 Karakteristik Keuntungan dan Kerugian Opsi Tipe Amerika.....	11
2.2 Teori Statistika.....	14
2.2.1 Percobaan Acak dan Ruang Sampel	14

2.2.2	Peluang.....	15
2.2.3	Peubah Acak.....	15
2.2.4	Distribusi Bernouli.....	18
2.2.5	Distribusi Binomial.....	19
2.3	Return Saham.....	22
2.4	Volatilitas Return Saham.....	23
BAB III	METODELOGI PENELITIAN.....	25
BAB IV	PEMBAHASAN.....	27
4.1	Penentuan Harga Saham Secara Binomial.....	27
4.2	Perubahan Harga Saham dengan Model Binomial.....	29
4.3	Penentuan Nilai-nilai Parameter Harga Opsi.....	32
4.3.1	Penentuan Nilai Parameter Tingkat Perubahan Harga Saham u dan d	32
4.3.2	Probabilitas Risiko Netral.....	36
4.4	Penentuan Nilai Rasio Cegah Resiko.....	37
4.5	Penentuan Model Harga Opsi Model Binomial Satu Periode.....	41
4.6	Penentuan Model Harga Opsi Model Binomial Dua Periode.....	43
4.7	Penentuan Model Harga Opsi Model Binomial n Periode.....	44
4.8	Penentuan Model Harga Opsi Tipe Amerika Model Binomial.....	46
4.9	<i>Stopping Time</i> (Waktu Berhenti).....	48
4.10	Penerapan Model Binomial Pada Data Harga Saham.....	49

4.10.1 Opsi 1 Periode 52

4.10.2 Opsi 2 Periode 55

4.10.3 Analisa Laba (Rugi) Bagi Pembeli dan Penjual

 Opsi Tipe Amerika59

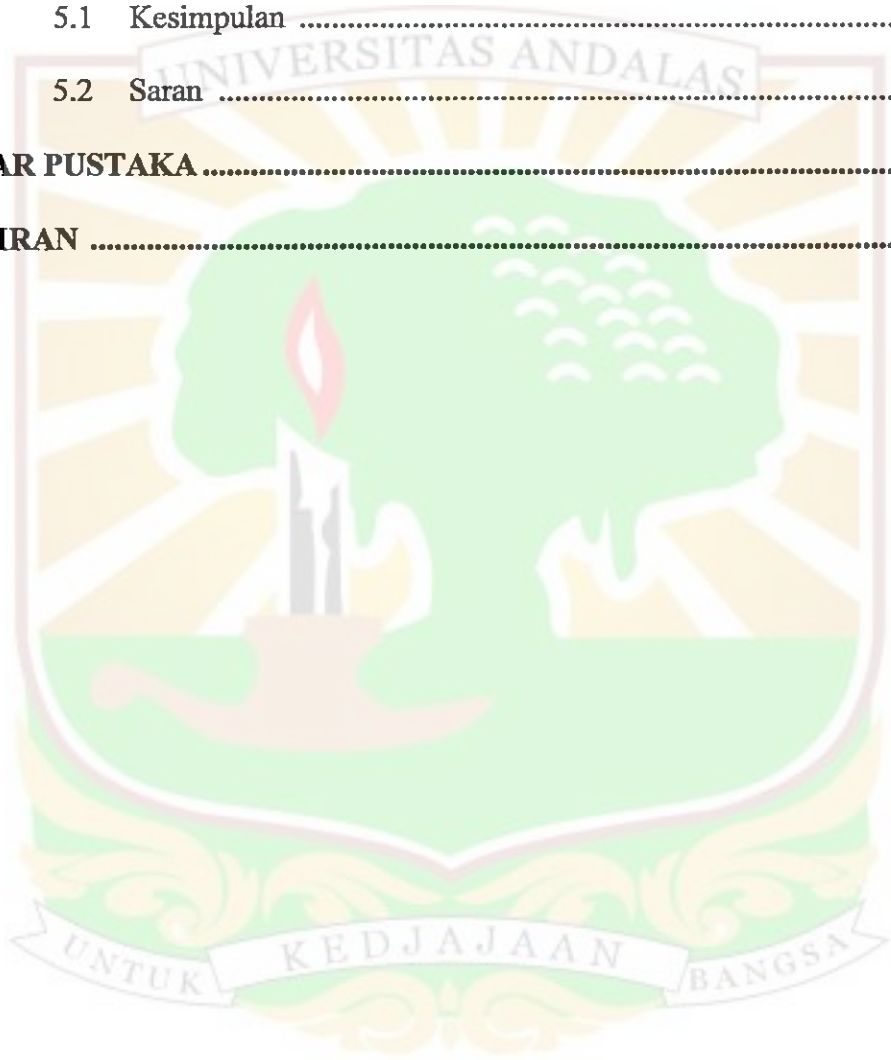
BAB V PENUTUP 63

5.1 Kesimpulan 63

5.2 Saran 65

DAFTAR PUSTAKA 66

LAMPIRAN 67



DAFTAR TABEL

Tabel 4.10.1 Tabel *Input* dan *Output* Nilai Parameter 51

Tabel 4.10.2 Laba (Rugi) Pembeli dan Penjual Opsi Beli Saham Rio Tinto
 Plc (RIO) (Data Harga dalam Dollar) 60

Tabel 4.10.3 Laba (Rugi Pembeli dan Penjual Opsi Jual Saham Rio Tinto
 Plc (RIO) (Data Harga dalam Dollar) 62



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Harga Penutupan Saham Harian Rio Tinto Plc (RIO) Periode 18 Januari 2011 – 20 Januari 2012.....	67
Lampiran II	Data Harga Opsi Beli Saham Rio Tinto Plc (RIO) Di Pasar Pengamatan Tanggal 20 Januari 2012.....	72
Lampiran III	Data Harga Opsi Jual Saham Rio Tinto Plc (RIO) Di Pasar Pengamatan Tanggal 20 Januari 2012.....	73
Lampiran IV	Harga Beli Opsi 1 Periode dengan Model Binomial.....	74
Lampiran V	Harga Jual Opsi 1 Periode dengan Model Binomial	76
Lampiran VI	Harga Beli Opsi 2 Periode dengan Model Binomial.....	78
Lampiran VII	Harga Jual Opsi 2 Periode dengan Model Binomial	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia keuangan, dikenal adanya pasar keuangan (*financial market*) yang terdiri atas pasar uang (*money market*) dan pasar modal (*capital market*). Pada pasar uang terjadi jual beli aset keuangan dalam jangka pendek, sedangkan untuk pasar modal terjadi jual beli aset keuangan untuk jangka panjang. Pasar modal terdiri atas pasar obligasi, pasar saham dan pasar untuk derivatif [5].

Derivatif adalah instrumen keuangan yang nilainya didasarkan atau diturunkan dari aset yang mendasarinya [5]. Beberapa produk derivatif antara lain: kontrak berjangka (*future contract*), kontrak *forward* dan kontrak opsi. Kontrak opsi (selanjutnya disebut opsi) adalah suatu jenis kontrak antara dua pihak, satu pihak memberikan hak kepada pihak lain untuk menjual atau membeli aset tertentu pada harga dan periode waktu tertentu.

Opsi saham merupakan suatu kontrak pemberian hak, bukan kewajiban, dimana adanya jaminan untuk membeli atau menjual suatu *asset* dari pihak pemegang opsi saham kepada pembeli opsi saham dalam menjalankan haknya [7]. Hak pembeli opsi saham dapat berupa hak untuk membeli suatu aset yang sering disebut dengan opsi beli dan hak untuk menjual aset kepada pemegang opsi saham dengan harga yang disepakati disebut dengan opsi jual. Opsi saham juga dapat

dikelompokkan berdasarkan aturan waktu pelaksanaannya (*expiration date*). Pengelompokkan tipe opsi saham ini yang sangat terkenal adalah opsi saham tipe Amerika dan opsi saham tipe Eropa. Opsi saham yang dilaksanakan kapan saja sampai tanggal jatuh temponya disebut dengan opsi saham tipe Amerika. Sedangkan opsi saham yang hanya dapat dilaksanakan pada saat tanggal jatuh temponya disebut dengan opsi saham tipe Eropa. Dalam penelitian ini, opsi saham yang digunakan berdasarkan opsi saham tipe Amerika.

Harga opsi adalah keuntungan yang diperoleh pembeli opsi. Harga opsi tipe Amerika lebih sulit diestimasi dibandingkan dengan harga opsi tipe Eropa, karena harga opsi tipe Amerika tidak hanya bergantung pada harga saham saat jatuh tempo, tetapi juga pada fluktuasi harga saham selama opsi itu berjalan.

Pada opsi beli, nilai intrinsik akan positif apabila harga aset yang berlaku lebih besar daripada harga pelaksanaan. Namun, apabila harga pelaksanaan lebih besar atau sama dengan harga aset yang berlaku, maka nilai intrinsik opsi saham tersebut akan bernilai nol. Hal inilah yang menarik dari opsi saham karena kerugian dari pembeli opsi saham terhadap penurunan harga saham hanya sebesar harga opsi saham yang dibayarkan. Sedangkan untuk penjual opsi saham, keuntungan/kerugiannya merupakan kebalikan dari pembeli opsi saham.

Demikian juga pada opsi jual, nilai intrinsik akan bernilai positif apabila harga aset yang berlaku lebih kecil daripada harga pelaksanaan. Namun, apabila harga pelaksanaan lebih kecil atau sama dengan harga aset yang berlaku, maka nilai intrinsik opsi tersebut akan bernilai nol. Untuk menetapkan harga opsi saham

dapat digunakan berbagai model, salah satu diantaranya penetapan harga opsi saham dengan menggunakan model Binomial.

Metode binomial untuk kali pertama dikembangkan secara simultan oleh Cox, Ross dan Rubinstein (CRR) (1979) dengan mengasumsikan bahwa dalam suatu intercal waktu, harga saham akan naik sebesar faktor u (*up*) dan akan turun sebesar faktor d (*down*) karena dipengaruhi oleh faktor suku bunga. Selanjutnya CRR mempertimbangkan bahwa pergerakan harga saham juga dipengaruhi faktor volatilitas. Metode binomial adalah metode yang digunakan untuk menentukan estimasi harga opsi dengan model pendekatan waktu diskret.

Pada model binomial untuk penentuan harga opsi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu harga pelaksanaan K , waktu jatuh tempo T , dan harga saham pada saat jatuh tempo S_T . Parameter dasar yang perlu dicari untuk menentukan harga opsi yaitu tingkat kenaikan harga saham u , tingkat penurunan harga saham d yang memenuhi syarat $u > 1$ dan $0 < d < 1$, harga saham awal S_0 , dan probabilitas risiko netral p dan $q = 1 - p$. Dari keempat parameter tersebut akan diperoleh model binomial untuk menentukan harga opsi tipe Amerika dan nilai intristik opsi saat harga saham naik dan turun.

Oleh karena itu, dalam penulisan skripsi ini akan dibahas bagaimana memodelkan opsi saham tipe Amerika dengan model binomial sampai n periode. Sehingga para investor bisa memprediksi harga opsi jika harga saham naik atau harga saham turun dan para investor juga bisa memaksimalkan keuntungan dalam jual beli opsi saham tersebut. Sebagai ilustrasinya dibahas perubahan harga saham dari Rio Tinto Plc.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana model harga opsi beli saham dan opsi jual saham tipe Amerika menggunakan model binomial?
2. Bagaimana penerapan model harga opsi beli saham dan opsi jual saham tipe Amerika model binomial pada data harga saham?
3. Bagaimana menentukan laba (rugi) opsi tipe Amerika model binomial pada penerapan data harga saham?

1.3 Batasan Masalah

Pada skripsi ini permasalahan dibatasi hanya pada penentuan harga opsi beli saham dan opsi jual saham tipe Amerika model binomial.

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk menentukan model harga opsi saham tipe Amerika menggunakan model binomial, menjelaskan penerapannya pada data harga saham sehingga dari contoh penerapan dapat dicari besarnya laba (rugi) yang akan diterima pembeli dan penjual opsi.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut: Bab I: Pendahuluan, berisi: latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan serta sistematika penulisan skripsi. Bab II: Landasan Teori, yang berisi uraian mengenai teori-teori yang menjadi dasar perhitungan untuk membahas bab-bab selanjutnya. Bab III: Metode Penelitian. Bab IV: Pembahasan. Agar lebih jelas maka dalam bab ini disertai dengan contoh. Dan Bab V: Kesimpulan, berisi: kesimpulan dari hasil yang diperoleh dari pembahasan.



BAB II

LANDASAN TEORI

Landasan teori yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan harga opsi saham antara lain konsep dasar opsi, teori statistika, return saham dan volatilitas return saham.

2.1 Konsep Dasar Opsi (*Option*)

Berikut ini akan dijelaskan konsep-konsep dasar yang berhubungan dengan harga opsi.

2.1.1 Pengertian Opsi

Definisi 2.1.1.1 [4] *Opsi adalah kontrak yang memberikan hak kepada pemilik atau pemegangnya (option hedger, option holder) untuk membeli atau menjual sejumlah tertentu saham opsi (optioned stock) suatu perusahaan tertentu dengan harga tertentu (harga pelaksanaan), dalam waktu atau tanggal jatuh tempo tertentu (exercise date).*

2.1.2 Jenis Opsi Saham

Berdasarkan periode waktu penggunaannya, opsi dibedakan menjadi dua, yaitu: [4]

1. Opsi tipe Eropa (*European Option*), adalah opsi yang dapat digunakan hanya pada tanggal jatuh tempo.

2. Opsi tipe Amerika (*American Option*), adalah opsi yang dapat digunakan sebelum tanggal atau pada tanggal jatuh tempo.

Sedangkan berdasarkan jenis hak yang diberikan kepada pemegangnya, opsi dibedakan menjadi dua, yaitu: [4]

1. Opsi Beli (*Call Option*), adalah opsi yang memberi hak kepada pemegangnya untuk membeli sejumlah tertentu saham suatu perusahaan tertentu dari penerbit opsi pada harga tertentu setiap waktu sampai suatu tanggal tertentu (tanggal jatuh tempo).
2. Opsi Jual (*Put Option*), adalah opsi yang memberi hak kepada pemegangnya untuk menjual sejumlah tertentu saham suatu perusahaan tertentu dari penerbit opsi pada harga tertentu setiap waktu sampai suatu tanggal tertentu (tanggal jatuh tempo).

Dengan demikian ada empat pihak yang terlibat dalam transaksi opsi, yaitu: [4]

1. Pembeli atau pemegang opsi beli (*call holder*): memiliki hak untuk membeli sejumlah tertentu saham dengan harga tertentu dan dalam waktu tertentu.
2. Penerbit atau penjual opsi beli (*call writer*): menerima pembayaran dan berjanji menyerahkan sejumlah tertentu saham dengan harga tertentu dan dalam waktu tertentu.
3. Pembeli atau pemegang opsi jual (*put holder*): memiliki hak untuk menjual sejumlah tertentu saham dengan harga tertentu dan dalam waktu tertentu.

4. Penerbit atau penjual opsi jual (*put writer*): menerima pembayaran dan berjanji untuk membeli sejumlah tertentu saham dengan harga tertentu dan dalam waktu tertentu.

2.1.3 Dasar dari Model Penetapan Harga Opsi Saham

Dasar dari model penetapan harga opsi saham adalah memodelkan harga opsi saham dalam bentuk persamaan matematis, sehingga nilai intrinsik dari harga opsi saham dapat dimodelkan sebagai berikut.

a. Harga Opsi Beli Tipe Amerika

Jika harga saham saat opsi dilaksanakan S_T lebih besar dari harga pelaksanaan K maka besarnya keuntungan yang diperoleh pemegang opsi beli adalah $S_T - K$. Sedangkan jika $S_T \leq K$ maka keuntungan yang diperoleh pemegang opsi beli adalah nol. Jadi keuntungan yang akan diperoleh pemegang opsi beli dapat bernilai nol atau selisih dari harga saham saat opsi dilaksanakan dengan harga pelaksanaan.

Secara matematis harga opsi beli saat opsi dilaksanakan C_T dapat dimodelkan sebagai berikut

$$C_T = \begin{cases} S_T - K & ; \text{jika } S_T > K \\ 0 & ; \text{jika } S_T \leq K \end{cases}$$

Sehingga $C_T = \max(0, S_T - K)$.

Artinya harga opsi merupakan nilai maksimal antara 0 dan selisih harga saham dengan harga pelaksanaan saat opsi beli dilaksanakan.

b. Harga Opsi Jual Tipe Amerika

Jika harga saham saat opsi dilaksanakan S_T lebih kecil dari harga pelaksanaan K maka besarnya keuntungan yang diperoleh pemegang opsi jual adalah $K - S_T$. Sedangkan jika $S_T \geq K$ maka keuntungan yang diperoleh pemegang opsi jual adalah nol. Jadi keuntungan yang akan diperoleh pemegang opsi jual dapat bernilai nol atau selisih dari harga pelaksanaan dengan harga saham saat opsi.

Secara matematis harga opsi jual saat opsi dilaksanakan P_T dapat dimodelkan sebagai berikut

$$P_T = \begin{cases} K - S_T & ; \text{jika } S_T < K \\ 0 & ; \text{jika } S_T \geq K \end{cases}$$

Sehingga $P_T = \max(0, K - S_T)$.

Artinya harga opsi merupakan nilai maksimal antara 0 dan selisih harga saham dengan harga pelaksanaan dengan harga saham saat opsi dilaksanakan.

2.1.4 Faktor- Faktor Penentu Harga Opsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai opsi, yaitu: [1]

1. Harga Saham atau *underlying asset* (S)

Harga opsi akan berubah jika harga saham yang dijadikan patokan opsi berubah. Jika harga saham yang dijadikan patokan naik dan faktor lain dianggap

tetap, maka harga opsi beli akan meningkat karena nilai intristik opsi bertambah. Namun, sebaliknya hal itu akan membuat harga opsi jual menurun.

2. *Exercise Price* (Harga Pelaksanaan)

Exercise price atau harga pelaksanaan merupakan harga pelaksanaan saham yang dijadikan patokan (*underlying asset*) pada saat opsi Amerika dilaksanakan yaitu sebelum atau saat jatuh tempo opsi. Untuk opsi beli tipe Amerika, harga pelaksanaan berarti harga yang harus dibayar (dibeli) pemilik opsi beli pada saat pemegang opsi melaksanakan haknya. Sedangkan bagi pemegang opsi jual tipe Amerika, harga pelaksanaan berarti harga yang akan diterima oleh pemilik opsi jual dari penjual opsi jual. Nilai dari harga pelaksanaan ini akan selalu tetap selama periode opsi. Harga pelaksanaan disimbolkan dengan K .

3. Tingkat Suku Bunga Bebas Resiko

Suku bunga bebas risiko dinotasikan dengan r . Hubungan suku bunga bebas risiko terhadap harga opsi sama halnya dengan hubungan harga saham terhadap harga opsi, yakni memiliki hubungan yang searah dengan harga opsi beli.

4. *Expiration Date* (Waktu Jatuh Tempo)

Waktu jatuh tempo (T) yaitu waktu batas sampai opsi tersebut dapat dilaksanakan.

5. *Volatility of the underlying asset* (σ)

Volatilitas merupakan harga fluktuasi dari sebuah saham. Jika semua faktor lain dianggap tetap, semakin besar volatilitas harga saham yang diharapkan maka harga opsi juga semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin besar volatilitas maka akan semakin besar probabilitas bahwa harga saham akan mengalami perubahan.

6. Nilai Intristik

Nilai intristik merupakan nilai ekonomis jika opsi dilaksanakan. Untuk opsi beli nilai intristik akan positif jika harga saham yang berlaku lebih besar dari harga pelaksanaan. Jika harga pelaksanaan opsi beli lebih besar atau sama dengan harga saham yang berlaku, maka nilai intristik yang diperoleh adalah nol. Opsi yang memiliki nilai intristik yang positif disebut opsi yang menghasilkan (*in the money*). Jika harga pelaksanaan opsi beli melebihi harga saham yang berlaku disebut opsi tidak menghasilkan (*out of the money*) dan opsi yang memiliki harga pelaksanaan sama dengan harga saham yang berlaku maka opsi tersebut dalam keadaan *at the money*. Opsi yang berada pada keadaan *out of the money* atau *at the money* memiliki nilai intristik nol. Jadi pemegang opsi beli maupun opsi jual tidak akan mendapatkan keuntungan jika opsi dilaksanakan.

2.1.5 Karakteristik Keuntungan dan Kerugian Opsi Tipe Amerika

Opsi bisa memberikan keuntungan atau kerugian sehingga perubahan harga opsi harus diperhatikan investor dalam pengambilan keputusan investasinya. Pemahaman karakteristik keuntungan dan kerugian opsi akan menjadi lebih mudah jika investor mengamati nilai opsi saat opsi dilaksanakan.

a. Perdagangan Opsi Beli

Pada waktu opsi beli diterbitkan, penjual opsi beli menjamin hak bagi pembeli opsi beli untuk dapat membeli sejumlah saham tertentu pada harga pelaksanaan dan pada waktu yang telah ditentukan yaitu sebelum atau pada saat jatuh tempo.

Karakteristik keuntungan dan kerugian opsi beli dari kedua pihak sebagai berikut:

1. Pembeli Opsi Beli

Pembeli opsi beli akan memperoleh keuntungan jika harga saham pada saat opsi dilaksanakan lebih besar dari pada pelaksanaan. Semakin besar harga saham opsi dilaksanakan melebihi harga pelaksanaan, maka semakin besar keuntungan yang akan diperoleh pemegang opsi beli tersebut. Kerugian investor yang membeli opsi beli bersifat terbatas sebesar harga premi opsi.

2. Penjual Opsi Beli

Keuntungan atau kerugian penjual opsi beli adalah kebalikan keuntungan atau kerugian pembeli opsi beli. Oleh karena itu, keuntungan penjual opsi beli pada saat pemegang opsi beli melaksanakan opsinya akan sama dengan kerugian yang diderita oleh pembeli opsi beli. Keuntungan maksimal yang bisa diperoleh penjual opsi beli adalah sebesar harga premi opsi, sedangkan kerugian maksimal yang akan dialami penjual opsi beli adalah tidak terbatas karena ditentukan oleh harga tertinggi yang bisa dicapai saham saat opsi dilaksanakan. Dengan kata lain, penjual opsi beli dapat menanggung kerugian yang sangat besar apabila harga saham perlembar meningkat sangat tinggi.

b. Perdagangan Opsi Jual

Penjual opsi jual menjamin hak bagi pembeli opsi jual untuk dapat menjual sejumlah saham tertentu pada penjual opsi dengan harga tertentu dan waktu yang telah ditentukan yaitu sebelum atau pada saat jatuh tempo opsi.

Karakteristik keuntungan dan kerugian opsi jual dari kedua pihak sebagai berikut:

1. Pembeli Opsi Jual

Pembeli opsi jual akan memperoleh keuntungan jika harga saham pada saat opsi dilaksanakan lebih kecil dari pada pelaksanaan. Semakin kecil harga saham maka keuntungan yang diperoleh pembeli opsi jual semakin besar. Keuntungan yang akan diperoleh pembeli opsi jual tidak terbatas tergantung pada harga saham saat opsi dilaksanakan sedangkan kerugian maksimal yang dialami sebesar harga opsi.

2. Penjual Opsi Jual

Keuntungan atau kerugian yang diderita penjual opsi jual adalah kebalikan dari keuntungan atau kerugian yang dialami pembeli opsi jual. Keuntungan maksimal yang diperoleh penjual opsi jual adalah sebesar harga opsi, sedangkan kerugian maksimal yang akan dialami tidak terbatas.



2.2 Teori Statistika

Berikut ini akan dijelaskan beberapa definisi dan teorema tentang teori statistika.

2.2.1 Percobaan Acak dan Ruang Sampel

Definisi 2.2.1.2 Percobaan Acak [6] *Percobaan acak adalah percobaan yang dapat diulang dengan kondisi yang sama tetapi hasilnya belum tentu sama dan himpunan hasil yang mungkin adalah sama.*

Definisi 2.2.1.3 Ruang Sampel dan Titik Sampel [2] *Himpunan semua kemungkinan hasil suatu percobaan dinamakan ruang contoh (ruang sampel), dinotasikan dengan S . Anggota dari ruang contoh S dinamakan sebagai titik contoh (titik sampel).*

Catat bahwa satu dan hanya satu hasil yang akan terjadi pada suatu ulangan (trial) tertentu dari suatu percobaan.

Definisi 2.2.1.4 Ruang Sampel Diskret [2] *Jika suatu ruang sampel S terhingga maupun tercacah terhingga, maka ruang sampel tersebut dinamakan ruang sampel diskret.*

Definisi 2.2.1.5 Kejadian [2] *Suatu kejadian adalah himpunan bagian dari ruang sampel. Jika A adalah kejadian, maka A dikatakan telah terjadi jika satu keluaran A telah terjadi.*

2.2.2 Peluang

Pengertian peluang atau probabilitas adalah ukuran kemungkinan terjadinya suatu kejadian.

Definisi 2.2.2.6 [2] Untuk suatu percobaan, S adalah ruang contoh dan A_1, A_2, \dots menyatakan kejadian-kejadian yang mungkin dari percobaan tersebut. Suatu fungsi himpunan yang menghubungkan nilai riil $P(A)$ terhadap setiap kejadian A dinamakan fungsi himpunan peluang dan $P(A)$ dinamakan sebagai peluang kejadian A , jika sifat-sifat berikut terpenuhi:

$$P(A) \geq 0 \text{ untuk setiap } A$$

$$P(S) = 1$$

$$P\left(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i\right) = \sum_{i=1}^{\infty} P(A_i)$$

jika pasangan-pasangan dari A_1, A_2, A_3, \dots saling lepas.

2.2.3 Peubah Acak

Definisi 2.2.3.7 [2] Suatu peubah acak, sebut saja X , adalah suatu fungsi yang didefinisikan pada suatu ruang sampel S , yang menghubungkan setiap titik sampel e dalam S dengan suatu bilangan riil, $X(e) = x$.

Definisi 2.2.3.8 Peubah Acak Diskret [2] Jika himpunan semua nilai yang mungkin bagi peubah acak X adalah himpunan yang tercacah (countable),

x_1, x_2, \dots, x_n atau x_1, x_2, \dots , maka X dinamakan sebagai peubah acak diskret.

Fungsi

$$f(x) = P[X = x], \quad x = x_1, x_2, \dots$$

yang memasangkan setiap nilai x dengan nilai peluang dinamakan sebagai fungsi kepekatan peluang (fkp) diskret.

Teorema berikut memberikan sifat-sifat umum yang harus dimiliki oleh suatu peubah acak diskret.

Teorema 2.2.3.9 [2] Suatu fungsi $f(x)$ merupakan fkp diskret jika dan hanya jika untuk suatu himpunan bilangan riil tak hingga yang tercacah x_1, x_2, \dots terpenuhi kedua sifat berikut

$$f(x_i) \geq 0$$

Untuk setiap x_i , dan

$$\sum_{\forall x_i} f(x_i) = 1$$

Bukti :

Sifat $f(x_i) \geq 0$ diperoleh dari kenyataan bahwa nilai dari suatu fkp diskret adalah nilai peluang yang harus bernilai non-negatif. Karena x_1, x_2, \dots menyatakan semua kemungkinan nilai dari X , maka kejadian $[X = x_1], [X = x_2], \dots$ adalah merupakan penyekatan (yang sudah pasti saling lepas) dari ruang sampel. Jadi

$$\sum_{\forall x_i} f(x_i) = 1 = \sum_{\forall x_i} P[X = x_i] = 1$$

Definisi 2.2.3.10 Ekspetasi Peubah Acak Diskret [2] *Jika X merupakan peubah acak diskret dengan fkp $f(x)$, maka nilai ekspetasi X dinyatakan oleh*

$$E(X) = \mu = \sum_x xf(x)$$

Definisi 2.2.3.11 Variansi Peubah Acak Diskret [2] *Variansi dari peubah acak X dirumuskan sebagai*

$$Var(X) = \sigma^2 = E[(X - \mu)^2] = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 f(x_i)$$

Teorema 2.2.3.12 [2] *Jika X adalah suatu peubah acak, maka*

$$Var(X) = \sigma^2 = E(X^2) - \mu^2$$

Bukti.

$$\begin{aligned} Var(X) &= \sigma^2 \\ &= E[(X - \mu)^2] \\ &= \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 f(x_i) \\ &= \sum_{i=1}^n x_i^2 f(x_i) - 2\mu \sum_{i=1}^n x_i f(x_i) + \mu^2 \sum_{i=1}^n f(x_i) \end{aligned}$$

Menurut definisi 2.2.3.10 nilai $E(X) = \mu = \sum_{i=1}^n x_i f(x_i)$ dan menurut teorema 2.2.3.9 nilai $\sum f(x) = 1$, maka

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \sum_{i=1}^n x_i^2 f(x_i) - 2\mu \cdot \mu + \mu^2 \\ &= \sum_{i=1}^n x_i^2 f(x_i) - \mu^2 \\ &= E(X^2) - \mu^2\end{aligned}$$

Teorema 2.2.3.13 [2] *Jika X adalah sebuah peubah acak dan a, b adalah konstanta maka*

$$\text{Var}(aX + b) = a^2 \text{var}(X)$$

Bukti.

$$\begin{aligned}\text{Var}(aX + b) &= E[(aX + b - a\mu_x - b)^2] \\ &= E[a^2(X - \mu_x)^2] \\ &= a^2 \text{var}(X)\end{aligned}$$

2.2.4 Distribusi Bernoulli

Setiap percobaan yang dilakukan akan mendapatkan suatu hasil. Suatu percobaan yang memiliki dua hasil yang mungkin terjadi yaitu sukses atau gagal disebut juga sebagai proses bernoulli.

Definisi 2.2.4.14 [2] *Suatu peubah acak diskret X dikatakan memiliki distribusi bernoulli jika memiliki fkp berbentuk*

$$f(x) = p^x(1 - p)^{1-x}, \quad x = 0, 1$$

dengan p adalah peluang sukses.

Teorema 2.2.4.15 [2] *Bila peubah acak X memiliki distribusi bernoulli dengan parameter p , maka*

$$E(X) = p$$

$$Var(X) = p(1 - p)$$

Bukti :

Nilai harapan atau mean peubah acak bernoulli adalah

$$\begin{aligned} E(X) &= \sum_{i=1}^n x_i f(x_i) \\ &= \sum_{x=0}^1 xp^x(1-p)^{1-x} \\ &= 0 \cdot (1-p) + 1 \cdot p \\ &= p \end{aligned}$$

Variansi distribusi bernoulli adalah

$$\begin{aligned} Var(X) &= \sigma^2 = E[(X - \mu)^2] \\ &= (0 - p)^2(1-p) + (1 - p)^2p \\ &= p^2(1-p) + (1-p)^2p \\ &= (1-p)(p^2 + p - p^2) \\ &= qp \end{aligned}$$

2.2.5 Distribusi Binomial

Dari beberapa ulangan bernoulli yang saling bebas, kita dapat mendefinisikan sebuah peubah acak baru yang didefinisikan sebagai banyaknya keberhasilan yang muncul dari ulangan-ulangan bernoulli tersebut. Peubah acak tersebut dinamakan sebagai peubah acak Binomial.

Definisi 2.2.5.16 [2] *Peubah acak binomial X menyatakan banyaknya keberhasilan dalam n ulangan bernoulli yang saling bebas.*

Definisi 2.2.5.17 [2] *Dari suatu sekuens n ulangan bernoulli yang saling bebas dengan peluang keberhasilan p untuk setiap ulangan, misalkan X menyatakan banyaknya keberhasilan. Fungsi peluang diskret bagi X diberikan oleh*

$$P(X = x) = f_X(x) = b(x; n, p) = C_x^n p^x (1 - p)^{n-x}, \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$$

dan

$$C_x^n = \binom{n}{x} = \frac{n!}{x! (n - x)!}$$

Teorema 2.2.5.18 Mean dan Variansi Distribusi Binomial [2] *Bila peubah acak X memiliki distribusi binomial dengan banyaknya ulangan n dan peluang keberhasilan p atau ditulis $X \sim \text{BIN}(n, p)$, maka*

$$E(X) = \mu = np$$

$$\text{Var}(X) = \sigma^2 = np(1 - p) = npq$$

Bukti.

Nilai harapan atau mean dari X adalah

$$\begin{aligned} E(X) &= \sum_{x=0}^n x \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \\ &= 0 + \sum_{x=1}^n \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \\ &= \sum_{x=1}^n \frac{n!}{x! (n - x)!} p^{x-1} p (1 - p)^{(n-x)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{x=1}^n x \frac{n(n-1)!}{x(x-1)!((n-1)-(x-1))!} p^{x-1} p(1-p)^{(n-1)-(x-1)} \\
&= np \sum_{x=1}^n \frac{n(n-1)!}{(x-1)!((n-1)-(x-1))!} p^{x-1} (1-p)^{(n-1)-(x-1)}
\end{aligned}$$

Misalkan $i = x - 1$. Jika $x = 1$, maka $i = 0$ dan jika $x = n$, maka $i = n - 1$. Jika dinyatakan $n^* = n - 1$, maka dapat dinyatakan

$$E(X) = np \sum_{i=0}^{n^*} \frac{n^*!}{i!(n^*-i)!} p^i (1-p)^{n^*-1}$$

Perhatikan bahwa suku yang berada di dalam tanda sigma adalah total peluang dari sebuah peubah binom 1 dengan banyak ulangan n^* dan karena itu,

$$\sum_{i=0}^{n^*} \frac{n^*!}{i!(n^*-i)!} p^i (1-p)^{n^*-1} = 1$$

dengan demikian

$$\mu = E(X) = np \sum_{i=0}^{n^*} \frac{n^*!}{i!(n^*-i)!} p^i (1-p)^{n^*-1} = np(1) = np$$

Variansi dari peubah acak binomial dapat diturunkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
E(X^2) &= \sum_{x=0}^n x^2 \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \\
&= 0 + \sum_{x=1}^n x^2 \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x} \\
&= \sum_{x=1}^n x^2 \frac{n(n-1)!}{x(x-1)!((n-1)-(x-1))!} p^{x-1} p(1-p)^{(n-1)-(x-1)} \\
&= np \sum_{x=1}^n x \frac{n(n-1)!}{(x-1)!((n-1)-(x-1))!} p^{x-1} (1-p)^{(n-1)-(x-1)}
\end{aligned}$$

Jika dimisalkan $i = x - 1$, maka $x = i + 1$. Jika $x = 0$, maka $i = -1$ dan jika $x = n$, maka $i = n - 1$. Jika dinyatakan $n^* = n - 1$, maka dapat dinyatakan

$$\begin{aligned} E(X^2) &= np \sum_{i=0}^{n^*} (i+1) \frac{n^*!}{i!(n^*-i)!} p^i (1-p)^{n^*-1} \\ &= np \left[\sum_{i=0}^{n^*} i \frac{n^*!}{i!(n^*-i)!} p^i (1-p)^{n^*-1} + \sum_{i=0}^{n^*} \frac{n^*!}{i!(n^*-i)!} p^i (1-p)^{n^*-1} \right] \end{aligned}$$

Perhatikan bahwa

$$\sum_{i=0}^{n^*} i \frac{n^*!}{i!(n^*-i)!} p^i (1-p)^{n^*-1} = E(X) = n^*p = (n-1)p$$

Karena $\sum_{i=0}^{n^*} \frac{n^*!}{i!(n^*-i)!} p^i (1-p)^{n^*-1} = 1$, dengan demikian,

$$E(X^2) = np[(n-1)p + 1]$$

Sehingga dapat diturunkan variansi dari peubah acak binomial X adalah

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= Var(X) = E(X^2) - [E(X)]^2 \\ &= np[(n-1)p + 1] - (np)^2 \\ &= (np)^2 - np^2 + np - (np)^2 \\ &= np - np^2 = np(1-p) = npq. \end{aligned}$$

2.3 Return Saham

Return saham adalah hasil yang diperoleh sebagai akibat dari investasi yang dilakukan (pengembalian). Return (*simple return*) dihitung dengan logaritma natural rasio harga pada $t + 1$ dengan harga pada waktu t , yang didefinisikan sebagai berikut

Defenisi 2.3.19 [3] *Logaritma natural sampel return pada t hingga $t + 1$, dapat dinyatakan sebagai berikut*

$$R_t = \ln \frac{S_{t+1}}{S_t}$$

Dimana S_t adalah harga saham pada saat waktu ke- t .

2.4 Volatilitas Return Saham

Volatilitas return saham yang dinyatakan dalam σ merupakan standar deviasi dari return yang diberikan oleh saham berjangka 1 tahun. Volatilitas sering digunakan untuk mengukur tingkat risiko dari aset yang digunakan. Tingkat volatilitas berada pada interval yang positif, yaitu antara 0 sampai dengan tak hingga ($0 \leq \sigma \leq \infty$). Tingkat volatilitas yang tinggi menunjukkan bahwa terjadi perubahan harga saham (naik dan turun) sangat cepat. Sedangkan tingkat volatilitas dikatakan rendah jika harga saham tidak mengalami perubahan yang signifikan atau cenderung konstan. Semakin besar *volatilitas* harga saham yang diharapkan maka harga opsi juga semakin tinggi.

Untuk memperoleh nilai *volatilitas return* saham dilakukan dengan menghitung simpangan baku perubahan harga saham harian atau *return* harian harga saham. Dalam hal ini data harga saham merupakan data sampel. Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai *volatilitas return* saham adalah sebagai berikut: [1]

1. Tentukan seluruh harga penutupan saham selama transaksi $(S_1, S_2, S_3, \dots, S_n)$ dimana n adalah banyaknya hari perdagangan saham.
2. Menentukan *natural sampel return* (R_t) hari ke t hingga $t + 1$.

$$R_t = \frac{S_{t+1}}{S_t} \text{ untuk } t = 1, 2, 3, \dots, n-1$$

Dengan S_t adalah harga saham pada waktu ke- t .

3. Menghitung *log natural sampel return* harian, misal \hat{R}_t

$$\hat{R}_t = \ln R_t$$

4. Menghitung *mean* dari *log natural sampel return* harian

$$\bar{R} = \frac{\sum_{t=1}^n \hat{R}_t}{n}$$

5. Menghitung estimasi variansi dari *log natural sampel return* saham harian

$$\hat{R} = \frac{\sum_{t=1}^n (\hat{R}_t - \bar{R})^2}{n-1}$$

6. Menghitung *mean* dari *log natural sampel return* saham tahunan, karena yang digunakan adalah data harian maka jumlah perdagangan harus dinyatakan dalam $T = 1 \text{ hari} = \frac{1}{n} \text{ tahun}$.

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{T} \left[\frac{\sum_{t=1}^n (\hat{R}_t - \bar{R})^2}{n-1} \right] = \frac{1}{\frac{1}{n}} \left[\frac{\sum_{t=1}^n (\hat{R}_t - \bar{R})^2}{n-1} \right] = n \left[\frac{\sum_{t=1}^n (\hat{R}_t - \bar{R})^2}{n-1} \right]$$

7. Menghitung $\hat{\sigma}$ sebagai *volatilitas return* saham dengan pendekatan *volatilitas* atau standar deviasi dari *log natural simple return* tahunan

$$\hat{\sigma} = \sqrt{n \left[\frac{\sum_{t=1}^n (\hat{R}_t - \bar{R})^2}{n-1} \right]}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi kajian tentang penentuan harga opsi saham tipe Amerika menggunakan model binomial, yang terdiri dari beberapa langkah :

1. Menentukan harga saham secara binomial.

Harga saham dapat mengalami kenaikan dengan tingkat kenaikan u dengan syarat $u > 1$ atau dapat turun dengan tingkat penurunan d dengan syarat $0 < d < 1$.

2. Menentukan perubahan harga saham dengan menggunakan model binomial.

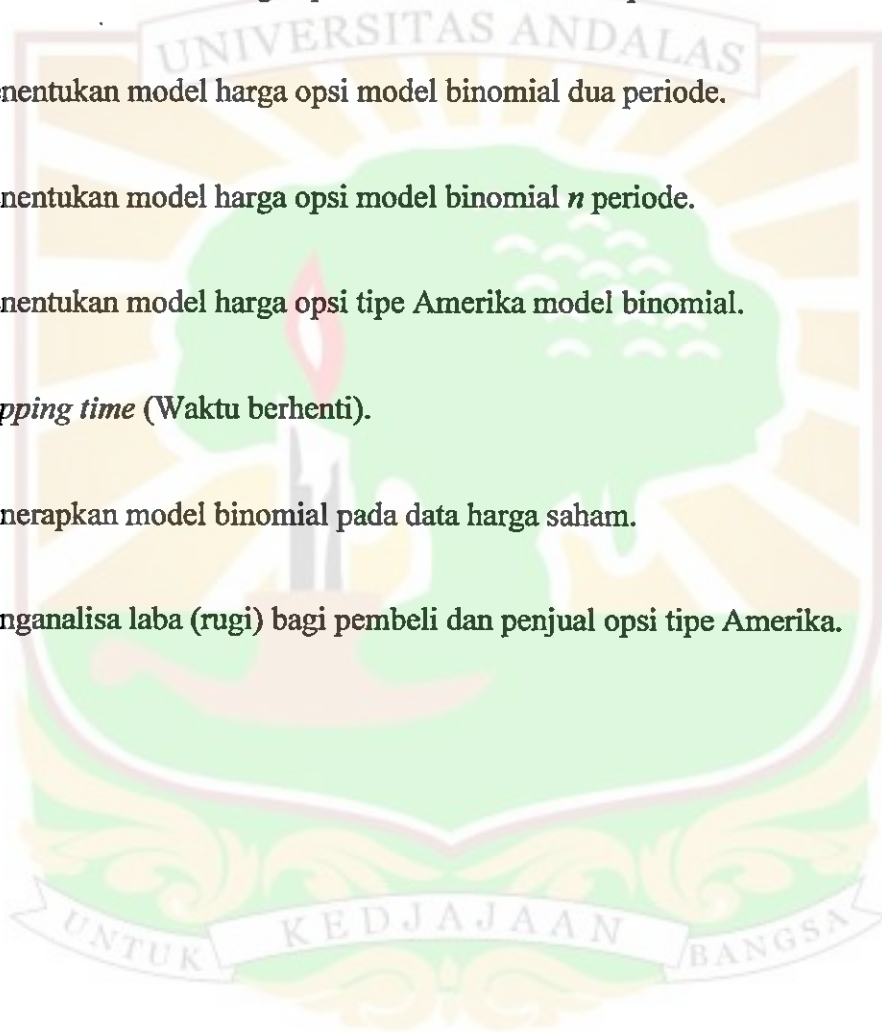
Asumsikan selama interval waktu sampai jatuh tempo, harga saham akan meningkat dengan kenaikan u dan peluang p , atau harga saham akan turun dengan tingkat penurunan d dan peluang $1 - p$, maka harga saham pada waktu S_{t+1} akan berubah menjadi uS_t atau dS_t pada periode mendatang.

3. Menentukan nilai-nilai parameter yaitu probabilitas risiko netral p dan q , tingkat kenaikan harga saham (u), tingkat penurunan harga saham (d) dan harga saham awal S_0 .

4. Menentukan nilai rasio cegah risiko.

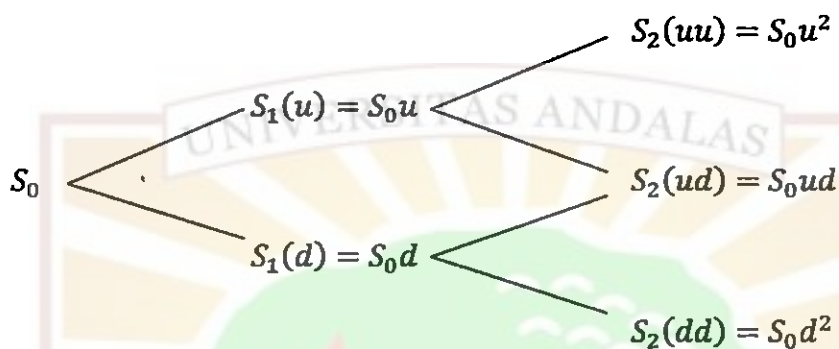
Rasio cegah risiko adalah perbandingan perubahan harga opsi terhadap perubahan harga saham. Nilai rasio cegah risiko dapat dicari dengan terlebih dahulu menentukan nilai intristik dari opsi beli $V_1(u)$ dan $V_1(d)$.

5. Menentukan model harga opsi model binomial satu periode.
6. Menentukan model harga opsi model binomial dua periode.
7. Menentukan model harga opsi model binomial n periode.
8. Menentukan model harga opsi tipe Amerika model binomial.
9. *Stopping time* (Waktu berhenti).
10. Menerapkan model binomial pada data harga saham.
11. Menganalisa laba (rugi) bagi pembeli dan penjual opsi tipe Amerika.

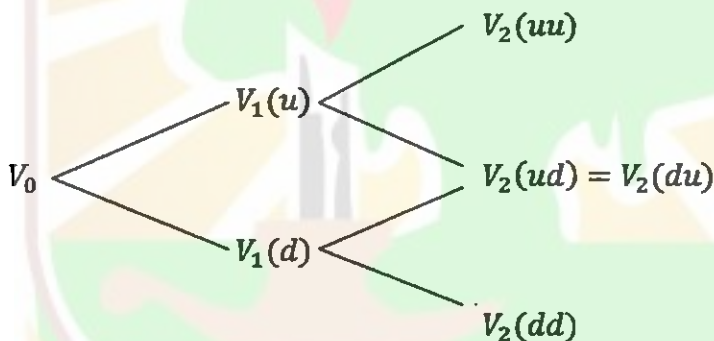


4.6 Penentuan Model Harga Opsi Model Binomial Dua Periode

Model harga opsi dua periode merupakan pengembangan dari model binomial untuk satu periode. Keadaan perubahan saham dan opsi pada dua periode digambarkan dengan pohon binomial dibawah ini.



Gambar 4.6.1 Pohon Binomial Perubahan Harga Saham Dua Periode.



Gambar 4.6.2 Pohon Binomial Perubahan Harga Opsi Dua Periode.

Untuk mendapatkan harga opsi dua periode terlebih dahulu perlu ditentukan nilai intristik opsi saat harga saham naik $V_1(u)$ dan nilai intristik opsi saat harga saham turun $V_1(d)$ yaitu:

$$V_1(u) = \frac{1}{(1+r)} [pV_2(uu) + qV_2(ud)]$$

$$V_1(d) = \frac{1}{(1+r)} [pV_2(du) + qV_2(dd)]$$

Dengan mensubstitusikan nilai intristik opsi dari kedua keadaan sehingga diperoleh model untuk menentukan harga opsi dua periode sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_0 &= \frac{1}{(1+r)} [pV_1(u) + qV_1(d)] \\
 &= \frac{1}{(1+r)} \left[p \left(\frac{1}{(1+r)} [pV_2(uu) + qV_2(ud)] \right) + q \left(\frac{1}{(1+r)} [pV_2(du) + qV_2(dd)] \right) \right] \\
 &= \frac{1}{(1+r)} \left[\frac{1}{(1+r)} (p[pV_2(uu) + qV_2(ud)] + q[pV_2(du) + qV_2(dd)]) \right] \\
 &= \left(\frac{1}{(1+r)} \right)^2 [p^2V_2(uu) + 2pqV_2(ud) + q^2V_2(dd)]
 \end{aligned}$$

Jadi persamaan untuk memperoleh harga opsi dua periode adalah

$$V_0 = \left(\frac{1}{(1+r)} \right)^2 [p^2V_2(uu) + 2pqV_2(ud) + q^2V_2(dd)] \quad (4.23)$$

4.7 Penentuan Model Harga Opsi Model Binomial n Periode

Untuk model penentuan harga opsi model binomial n periode maka akan terdapat $n + 1$ keadaan harga opsi dan harga saham pada akhir periode opsi. Untuk memperoleh model harga opsi n periode dapat ditentukan dengan melihat pola yang terbentuk dari persamaan opsi satu periode, dua periode dan seterusnya.

Harga opsi untuk satu periode adalah

$$V_0 = \frac{1}{(1+r)} [pV_1(u) + qV_1(d)]$$

Harga opsi untuk dua periode adalah

$$V_0 = \left(\frac{1}{1+r} \right)^2 [p^2 V_2(uu) + 2pq V_2(ud) + q^2 V_2(dd)]$$

Dengan terlebih dahulu menentukan nilai intristik opsi sebagai berikut:

$$V_1(u) = \frac{1}{1+r} [p V_2(uu) + q V_2(ud)]$$

$$V_1(d) = \frac{1}{1+r} [p V_2(du) + q V_2(dd)]$$

Untuk menentukan harga opsi tiga periode terlebih dahulu perlu dicari nilai opsi $V_2(uu), V_2(ud), V_2(dd)$ yaitu:

$$V_2(uu) = \frac{1}{1+r} [p V_3(uuu) + q V_3(uud)]$$

$$V_2(ud) = \frac{1}{1+r} [p V_3(udu) + q V_3(udd)]$$

$$V_2(dd) = \frac{1}{1+r} [p V_3(ddd) + q V_3(ddd)]$$

Kemudian untuk memperoleh persamaan harga opsi tiga periode dapat dilakukan dengan cara mensubstitusikan ketiga persamaan diatas ke persamaan

(4.23) sehingga diperoleh rumusan sebagai berikut

$$V_0 = \left(\frac{1}{1+r} \right)^3 [p^3 V_3(uuu) + 3p^2 q V_3(udu) + 3pq^2 V_3(udd) + q^3 V_3(ddd)]$$

Analog dengan langkah-langkah diatas maka dapat diperoleh rumus untuk mencari nilai intristik opsi n periode sebagai berikut

$$V_n(\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n) = \frac{1}{1+r} [p V_{n+1}(\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n u) + q V_{n+1}(\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n d)]$$

Nilai V_n tergantung pada kondisi perubahan harga saham satu periode mendatang apakah harga saham mengalami kenaikan atau penurunan. ω_i adalah kombinasi n kali dari u dan d untuk $i = 1, 2, \dots, n$. $\omega = u$ menunjukkan bahwa

harga saham mengalami kenaikan dan $\omega = d$ menunjukkan harga saham mengalami penurunan. Sedangkan rumus untuk memperoleh harga opsi untuk n periode adalah

$$V_0 = \left(\frac{1}{1+r}\right)^n \sum_{j=0}^n C_j^n p^{n-j} q^j [\text{maks}(S_0 u^j d^{n-j} - K, 0)] \quad (4.24)$$

Persamaan (4.24) merupakan model untuk menghitung nilai opsi beli sedangkan persamaan untuk mendapatkan harga opsi jual adalah

$$V_0 = \left(\frac{1}{1+r}\right)^n \sum_{j=0}^n C_j^n p^{n-j} q^j [\text{maks}(K - S_0 u^j d^{n-j}, 0)]$$

Untuk selanjutnya harga opsi beli dilambangkan dengan C dan harga opsi jual dengan P .

4.8 Penentuan Model Harga Opsi Tipe Amerika Model Binomial

Opsi tipe Amerika merupakan opsi yang dapat dilaksanakan sebelum atau pada saat jatuh tempo. Berdasarkan persamaan untuk memperoleh nilai intristik opsi maka dapat ditentukan Algoritma Amerika untuk menentukan harga opsi. Misalkan g adalah fungsi yang menunjukkan nilai intristik dari suatu opsi yang tergantung dari harga saham pada saat N sehingga fungsi tersebut dapat dinotasikan dengan $g(S_N)$ dan harga opsi V_n sebagai fungsi v_n dari harga saham pada waktu ke- n . Fungsi V_n dapat ditulis sebagai $V_n = v_n(S_n)$ dengan $n = 0, 1, 2, \dots, N$. Algoritma Amerika yang dapat digunakan untuk menentukan harga opsi adalah sebagai berikut:

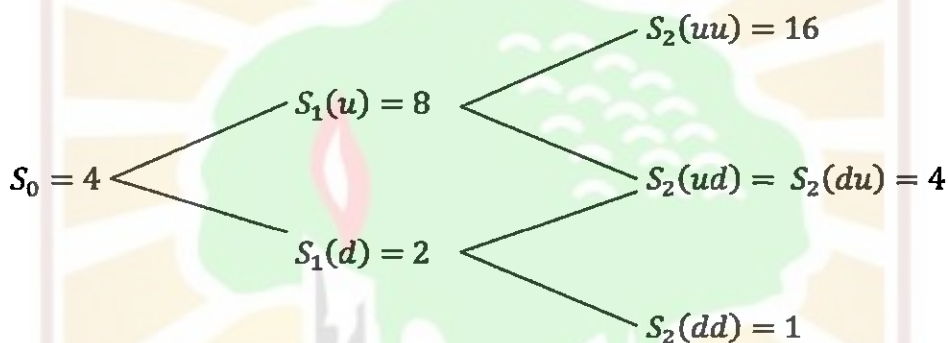
$$v_N(S_N) = \max\{g(S_N), 0\}$$

$$v_N(S_N) = \max\left\{g(S_N), \frac{1}{(1+r)} [pV_{n+1}(us) + qV_{n+1}(ds)]\right\}$$

Dengan $n = N - 1, N - 2, \dots, 0$ dan $p = \frac{1+r-d}{(u-d)}, q = \frac{u-1-r}{(u-d)}$

Jadi $V_n = v_n(S_n)$ merupakan harga opsi untuk opsi tipe Amerika.

Contoh :



Gambar 4.8.1 Pohon Binomial Harga Saham Dua Periode.

Gambar 4.8.2 merupakan gambaran perubahan harga saham untuk opsi jual tipe Amerika dengan waktu jatuh tempo (T) adalah 2 dan harga pelaksanaan adalah 5. Diketahui nilai suku bunga bebas risiko $r = \frac{1}{4}$, dan nilai probabilitas risiko netral $p = q = \frac{1}{2}$. Jika pemilik opsi melaksanakan opsi tersebut pada waktu ke- n maka ia akan menerima keuntungan sebesar $5 - S_n$ sehingga $g(s) = 5 - s$. Berdasarkan algoritma Amerika diperoleh:

$$p_N(s) = \max\{5 - s, 0\}$$

$$p_N(s) = \max\left\{5 - s, \frac{2}{5} \left[V_{n+1}(2s) + V_{n+1}\left(\frac{s}{2}\right) \right]\right\}; \quad n = 0, 1$$

$$p_2(16) = 0$$

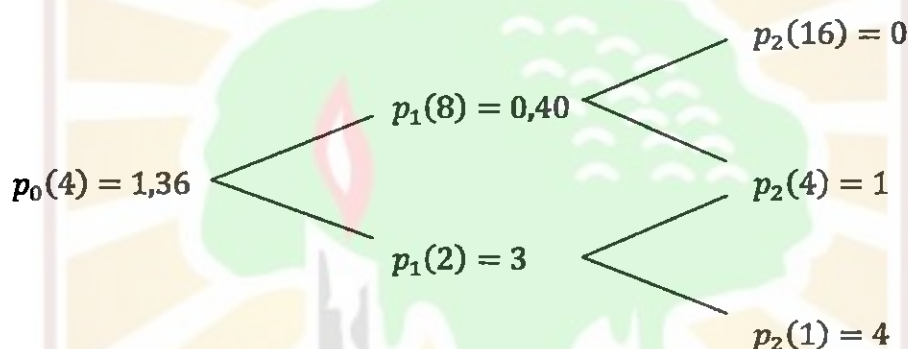
$$p_2(4) = 1$$

$$p_2(1) = 4$$

$$p_1(8) = \max \left\{ 5 - 8, \frac{2}{5} [0 + 1] \right\} = \max \{-3, 0,40\} = 0,40$$

$$p_1(2) = \max \left\{ 5 - 2, \frac{2}{5} [1 + 4] \right\} = \max \{3, 2\} = 3$$

$$p_0(4) = \max \left\{ 5 - 4, \frac{2}{5} [0,40 + 3] \right\} = \max \{-3, 1,36\} = 1,36$$



Gambar 4.8.2 Pohon Binomial Harga Opsi Jual Tipe Amerika 2 Periode.

4.9 *Stopping Time* (Waktu Berhenti)

Pada umumnya waktu untuk melakukan opsi tipe Amerika adalah acak, karena penentuan harga opsi bergantung pada pergerakan harga dari saham yang dijadikan patokan. Sebagai contoh keadaan *stopping time* dapat dianalisis dari Gambar 4.8.1 dan 4.8.2 ketika harga saham awal mengalami kenaikan dari S_0 menjadi $S_0u = 8$ ternyata harga opsi jual saat $t = 1$ mengalami penurunan sehingga investor perlu menunggu untuk melaksanakan opsi sedangkan jika harga saham awal turun menjadi $S_0 = 2$ harga opsi pada saat $t = 1$ lebih besar dari

harga opsi jual awal sehingga opsi dalam keadaan *in the money* artinya jika opsi dilaksanakan maka pemegang opsi jual akan memperoleh keuntungan.

Pada saat harga saham $S_1(u)$ mengalami kenaikan menjadi $S_2(uu)$ menghasilkan harga opsi jual lebih rendah dari harga opsi sebelumnya. Jika pemegang opsi melaksanakan haknya maka pemegang opsi akan mengalami kerugian karena opsi berada pada posisi *out of the money*. Sedangkan jika harga saham $S_1(u)$ turun menjadi $S_2(ud)$ harga opsi mengalami kenaikan dari harga semula sehingga opsi dalam keadaan *in the money*. Berdasarkan uraian diatas maka investor dapat memilih waktu yang paling tepat untuk melaksanakan opsi agar memperoleh keuntungan yang maksimal. Perhatikan gambar berikut. Gambar 3.8 menunjukkan keadaan diatas.



Gambar 4.9.1 Kondisi *Stopping Time*.

4.10 Penerapan Model Binomial Pada Data Harga Saham

Dalam menerapkan model binomial diperlukan sebuah data yang dapat dianalisis untuk mengetahui harga dari opsi saham tersebut. Data saham yang digunakan dalam pembahasan ini adalah data penutupan harga saham perusahaan Rio Tinto Plc (RIO). Rio Tinto plc (RIO) adalah perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan dan pengolahan sumber daya mineal. Perusahaan ini

beroperasi di Australia, Amerika Utara, Amerika Selatan, Asia, Eropa, dan Afrika Selatan. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1873 dan bermarkas di London, Inggris. Rio Tinto plc adalah anak perusahaan dari Rio Tinto Group. Data saham yang dikumpulkan adalah data frekuensi harian (kecuali hari libur dan *non trading days*) pada periode 18 Januari 2011 sampai 20 Januari 2012 dengan total pengamatan sebanyak 255 data. Data ini dapat digunakan untuk menghitung nilai *volatilitas* harga saham. Harga saham Rio Tinto Plc (RIO) diambil dari www.yahoofinance.com pada tanggal 20 Januari 2012.

Dalam hal ini harga saham merupakan peubah acak yang diasumsikan mempunyai dua hasil yang mungkin terjadi pada periode yang akan datang yaitu harga saham akan naik atau harga saham akan turun sehingga dapat dianalisis perubahan harga saham dengan menggunakan model binomial. Dari harga tersebut akan dapat diprediksi pergerakan harga saham untuk menentukan harga opsi beli dan harga opsi jual serta dapat menganalisisnya untuk memberikan rekomendasi bagi investor dalam melakukan investasi.

Berdasarkan Lampiran 2 yaitu tabel harga opsi beli saham Rio Tinto Plc (RIO) di pasar berdasarkan waktu jatuh tempo, diketahui bahwa harga saham awal pada tanggal 20 Januari 2012 yang dimisalkan S_0 adalah \$57.34. Pada perhitungan harga opsi ini hanya akan dihitung ketika harga pelaksanaan (K) adalah \$47.50, harga pelaksanaan yang lain dapat dilihat pada lampiran 2. Tingkat suku bunga bebas risiko (r) yang sedang berlaku di Amerika sebesar 0,25%. Tingkat suku bunga diambil dari www.firststate-futures.com.

Dari perhitungan yang telah dilakukan diketahui nilai volatilitas harga saham sebesar 48.36% dan misalnya masa jatuh tempo opsi diambil salah satu dari waktu yang telah dicantumkan sebagai pilihan pada Lampiran 2 dan untuk penerapan model harga opsi, dipilih waktu jatuh tempo opsi pada 20 April 2012 yang berarti 3 bulan lagi. Jadi semakin lama usia opsi maka semakin besar harga opsi beli dan opsi jual. Setelah mengetahui nilai variabel-variabel yang diperlukan maka dapat dilakukan perhitungan harga opsi untuk satu periode dan dua periode.

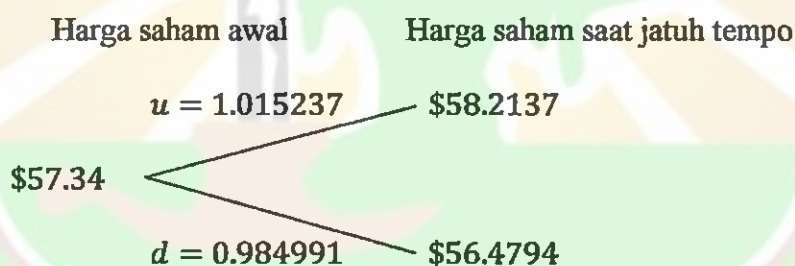
Tabel 4.10.1 Tabel *Input* dan *Output* Nilai Parameter.

Variabel	1 Periode	2 Periode
<i>INPUT</i>		
Harga Saham Awal (S_0)	57.34	57.34
Harga Pelaksanaan (K)	47.50	47.50
Tingkat suku bunga (r)	0.0025	0.0025
Waktu Jatuh Tempo (T)	0.249	0.125
Volatilitas (σ)	0.4836	0.4836
<i>OUTPUT</i>		
u	1.015237	1.010751
d	0.984991	0.989364
p	0.578875	0.614221
q	0.421125	0.385779

4.10.1 Opsi 1 Periode

Waktu untuk melaksanakan opsi tipe Amerika satu periode sama dengan waktu untuk melaksanakan opsi tipe Eropa karena perubahan harga opsi dihitung pada saat jatuh tempo opsi saja. Pada tanggal jatuh tempo opsi yaitu 20 April 2012 harga saham perusahaan Rio Tinto Plc (RIO) dapat mengalami kenaikan atau penurunan dari harga saham semula. Harga saham perusahaan Rio Tinto Plc (RIO) dapat naik menjadi S_0u atau turun menjadi S_0d dengan terlebih dahulu menentukan nilai parameter u , d , p , dan q . Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Perubahan harga saham Rio Tinto Plc (RIO) untuk satu periode dapat disajikan dalam pohon binomial seperti dibawah ini:



Gambar 4.10.1. Pohon Binomial Perubahan Harga Saham Rio Tinto Plc (RIO).

Harga saham perusahaan Rio Tinto Plc (RIO) saat jatuh tempo yaitu tanggal 20 April 2012 mengalami kenaikan menjadi \$58.2137 dengan tingkat kenaikan $u = 1.015237$ atau turun menjadi \$56.4794 dengan tingkat penurunan sebesar $d = 0.984991$.

a. Harga Opsi Beli 1 Periode

Diketahui harga saham Rio Tinto Plc (RIO) di pasar (20 Januari 2012) berada pada harga \$57.34 per lembar, dengan nilai volatilitas harga saham adalah 48,36%, tingkat suku bunga Amerika pada saat ini adalah 0,25%, harga pelaksanaan \$47.50 dan waktu jatuh tempo opsi saham tersebut sampai tanggal 20 April 2012. Maka harga opsi beli dapat dicari dengan menggunakan Algoritma Amerika sebagai berikut:

$$C_N = maks\{S_T - K, 0\}$$

$$C_N = maks\left\{S_T - K, \frac{1}{(1+r)} [pV_{n+1}(us) + qV_{n+1}(ds)]\right\}$$

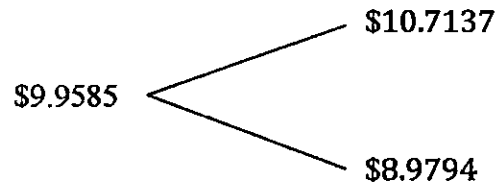
Hasil perhitungan dengan menggunakan Algoritma tersebut adalah

$$C_1(58.2137) = maks\{58.2137 - 47.50, 0\} = \$10.7137$$

$$C_1(56.4794) = maks\{56.4794 - 47.50, 0\} = \$8.9794$$

$$\begin{aligned} C_1(57.34) &= maks\left\{57.34 - 47.50, \frac{1}{1+0.0025} ((0.578875 \times 10.7137) + (0.421125 \times 8.9794))\right\} \\ &= \$9.9585 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan diatas maka dapat digambarkan pohon binomial untuk perubahan harga opsi satu periode perusahaan Rio Tinto Plc (RIO) sebagai berikut:



Gambar 4.10.2 Pohon Binomial Harga Opsi Beli 1 Periode.

Berdasarkan perhitungan dengan Algoritma Amerika diperoleh harga opsi beli saham Rio Tinto Plc (RIO) untuk satu periode sebesar \$9.9585.

b. Harga Opsi Jual 1 Periode

Diketahui harga saham Rio Tinto Plc (RIO) di pasar (20 Januari 2012) berada pada harga \$57.34 per lembar, dengan nilai volatilitas harga saham adalah 48,36%, tingkat suku bunga Amerika pada saat ini adalah 0,25%, harga pelaksanaan \$47.50 dan waktu jatuh tempo opsi saham tersebut sampai tanggal 20 April 2012. Maka harga opsi jual dapat pula ditentukan dengan menggunakan Algoritma Amerika

$$p_N = \max\{K - S_T, 0\}$$

$$p_n = \max\left\{K - S_T, \frac{1}{(1+r)} [pV_{n+1}(us) + qV_{n+1}(ds)]\right\}$$

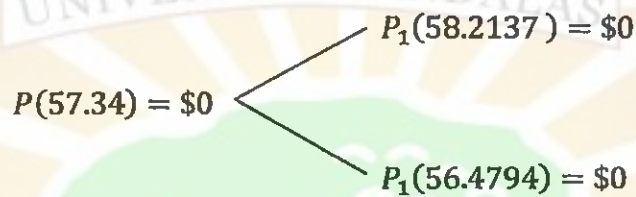
Hasil perhitungan yang diperoleh adalah

$$p_1(58.2137) = \max\{47.50 - 58.2137, 0\} = \$0$$

$$p_1(56.4794) = \max\{47.50 - 56.4794, 0\} = \$0$$

$$p(57.34) = \max \left\{ 47.50 - 57.34, \frac{1}{1+0.0025} \left((0.578875 \times 0) + (0.421125 \times 0) \right) \right\} = \$0$$

Setelah melakukan perhitungan maka dapat digambarkan pohon binomial satu periode untuk perubahan harga opsi saham Rio Tinto Plc (RIO) sebagai berikut:



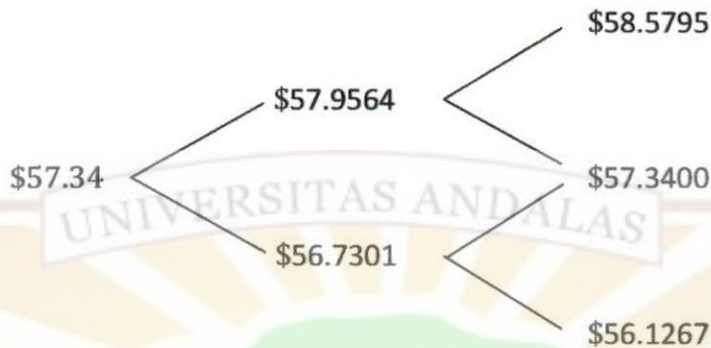
Gambar 4.10.3 Pohon Binomial Harga Opsi Beli 1 Periode.

Harga opsi jual pada saham Rio Tinto Plc (RIO) bernilai nol karena nilai intristik opsi bernilai 0, artinya pembeli dan penjual opsi jual tidak akan memperoleh keuntungan.

4.10.2 Opsi 2 Periode

Dalam melaksanakan opsi tipe Amerika model binomial dua periode. Pemegang opsi dapat memilih salah satu dari dua alternatif perubahan harga opsi berdasarkan perubahan harga saham yang diperoleh saat $t = 1$ dan $t = 2$. Berdasarkan waktu jatuh tempo opsi tanggal 20 April 2012 atau 3 bulan lagi, maka jika diasumsikan setiap bulan hanya terdiri dari 30 hari, maka $t = 1$ merupakan setengah dari banyaknya hari sampai selang waktu jatuh tempo opsi. Jadi jika pemegang opsi akan melaksanakan opsi pada $t = 1$, maka tanggal yang disarankan adalah 16 Maret 2012. Dari Tabel 4.1 yaitu tabel input dan output nilai

parameter diperoleh nilai $u = 1.010751$ dan $d = 0.989364$. Sehingga perubahan harga saham untuk dua periode digambarkan dengan pohon binomial sebagai berikut:



Gambar 4.10.4 Pohon Binomial Perubahan Harga Saham 2 Periode.

Harga saham Rio Tinto Plc (RIO) untuk 2 periode dapat meningkat mencapai \$58.5795 atau turun menjadi \$56.1267. Berikut ini perhitungan opsi untuk 2 periode.

a. Harga Opsi Beli 2 Periode

Dengan menggunakan Algoritma Amerika diperoleh harga opsi beli sebagai berikut:

$$C_2(58.5795) = \max\{58.5795 - 47.50, 0\} = \$11.0795$$

$$C_2(57.3400) = \max\{57.3400 - 47.50, 0\} = \$9.8400$$

$$C_2(56.1267) = \max\{56.1267 - 47.50, 0\} = \$8.6267$$

$$\begin{aligned}
 C_1(57.9564) &= \max\left\{57.9564 - 47.50, \frac{1}{1+0.0025} \left((0.614221 \times 11.0795) + (0.385779 \times 9.8400)\right)\right\} \\
 &= \$10.5749
 \end{aligned}$$

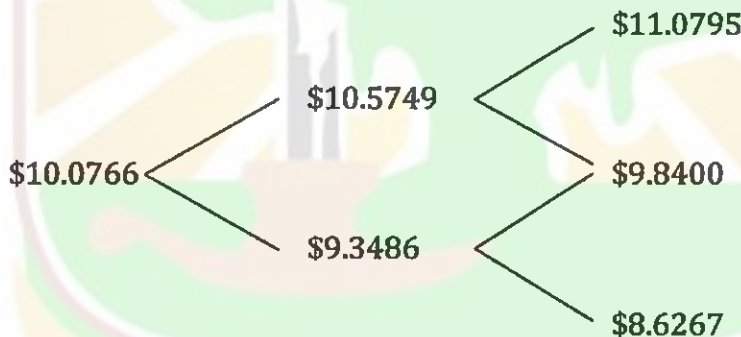
$$C_1(56.7301) = \max \left\{ 56.7301 - 47.50, \frac{1}{1+0.0025} \left((0.614221 \times 9.8400) + (0.385779 \times 8.6267) \right) \right\}$$

$$= \$9.3486$$

$$C(57.34) = \max \left\{ 57.34 - 47.50, \frac{1}{1+0.0025} \left((0.614221 \times 10.5749) + (0.385779 \times 9.3486) \right) \right\}$$

$$= \$10.0766$$

Selanjutnya dari hasil perhitungan diatas maka dapat disajikan gambar pohon binomial perubahan harga opsi saham Rio Tinto Plc (RIO) untuk 2 periode sebagai berikut:



Gambar 4.10.5 Pohon Binomial Opsi Beli 2 Periode.

Sehingga harga opsi beli untuk dua periode dari saham Rio Tinto Plc (RIO) adalah sebesar \$10.0766.

Pemegang opsi beli tipe Amerika dapat melaksanakan haknya pada saat atau sebelum jatuh tempo. Berdasarkan Gambar 4.10.5 dapat dilihat bahwa untuk perubahan harga opsi 2 periode, harga opsi perusahaan Rio Tinto Plc (RIO)

mengalami kenaikan untuk periode-periode mendatang sehingga waktu yang tepat bagi pemegang opsi beli tipe Amerika untuk melaksanakan opsinya saat $t = 2$ yaitu pada tanggal 20 April 2012 karena opsi berada pada posisi *in the money*.

b. Harga Opsi Jual 2 Periode

Dengan menggunakan Algoritma Amerika diperoleh harga opsi jual sebagai berikut:

$$p_1(58.5795) = \max\{47.50 - 58.5795, 0\} = \$0$$

$$p_1(57.3400) = \max\{47.50 - 57.3400, 0\} = \$0$$

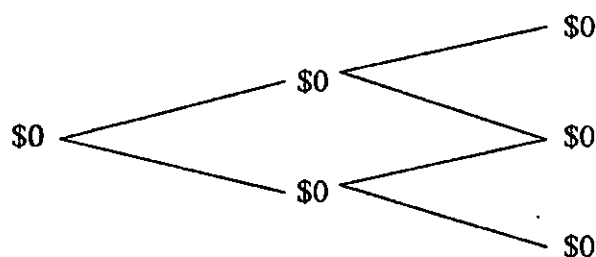
$$p_1(56.1267) = \max\{47.50 - 56.1267, 0\} = \$0$$

$$p_1(57.9564) = \max\left\{47.50 - 57.9564, \frac{1}{1+0.0025} \left((0.614221 \times 0) + (0.385779 \times 0)\right)\right\} = \$0$$

$$p_1(56.7301) = \max\left\{47.50 - 56.7301, \frac{1}{1+0.0025} \left((0.614221 \times 0) + (0.385779 \times 0)\right)\right\} = \$0$$

$$p(57.34) = \max\left\{47.50 - 57.34, \frac{1}{1+0.0025} \left((0.614221 \times 0) + (0.385779 \times 0)\right)\right\} = \$0$$

Pohon binomial harga opsi jual saham Rio Tinto Plc (RIO) dapat digambarkan seperti dibawah ini:



Gambar 4.10.6 Pohon Binomial Harga Opsi Jual 2 Periode.

Dapat dilihat pada gambar pohon binomial perubahan harga opsi jual untuk dua periode. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa harga opsi bernilai nol sehingga tidak dapat ditentukan kapan pemegang opsi jual melaksanakan opsinya.

4.10.3 Analisis Laba (Rugi) Bagi Pembeli dan Penjual Opsi Tipe Amerika

Pada perdagangan opsi, laba yang diperoleh bagi pembeli opsi merupakan kerugian yang diderita oleh penjual opsi. Begitu pula sebaliknya, kerugian yang diderita pembeli opsi merupakan keuntungan yang diperoleh penjual opsi.

a. Opsi Beli Tipe Amerika

Investor akan mengalami keuntungan atau kerugian tergantung dari besarnya harga saham pada saat opsi dilaksanakan. Harga saham pada saat opsi dilaksanakan dapat lebih besar atau lebih kecil dari harga pelaksanaan yang telah disepakati di awal. Jika harga saham saat opsi dilaksanakan lebih tinggi dari harga pelaksanaan dan pemegang opsi melaksanakan opsinya maka pembeli opsi akan mendapat keuntungan. Namun, jika harga saham pada saat pelaksanaan opsi lebih kecil dari harga pelaksanaan maka pemegang opsi disarankan untuk tidak melaksanakan opsinya sehingga pemegang opsi hanya mengalami kerugian

sebesar harga opsi yang telah dibayarkan. Pembeli opsi beli tidak akan mendapatkan laba atau mengalami kerugian jika harga saham saat opsi dilaksanakan sebesar \$57.6271, karena pada saat itu nilai intristik sama dengan nilai premi opsi (*at the money*).

Keuntungan dan kerugian pembeli dan penjual opsi beli 2 periode pada saat opsi dilaksanakan untuk prediksi harga saham yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.10.2.

Tabel 4.10.2 Laba (Rugi) Pembeli dan Penjual Opsi Beli Saham Rio Tinto Plc (RIO) (Data Harga dalam Dollar).

Prediksi Saham Jatuh Tempo	Harga Pelaksanaan	Nilai Intristik	Harga Opsi Beli	Laba (Rugi) Pembeli	Laba (Rugi) Penjual
35.00	47.50	0	10.0766	(10.0766)	10.0766
37.50	47.50	0	10.0766	(10.0766)	10.0766
40.00	47.50	0	10.0766	(10.0766)	10.0766
42.50	47.50	0	10.0766	(10.0766)	10.0766
45.00	47.50	0	10.0766	(10.0766)	10.0766
47.50	47.50	0	10.0766	(10.0766)	10.0766
50.00	47.50	2.50	10.0766	(7.5766)	7.5766
52.50	47.50	5.00	10.0766	(5.0766)	5.0766
55.00	47.50	7.50	10.0766	(2.5766)	2.5766
57.50	47.50	10.00	10.0766	(0.0766)	0.0766
57.5766	47.50	10.0766	10.0766	0	0
60.00	47.50	12.50	10.0766	2.4234	(2.4234)
62.50	47.50	15.00	10.0766	4.9234	(4.9234)
65.00	47.50	17.50	10.0766	7.4234	(7.4234)
67.50	47.50	20.00	10.0766	9.9234	(9.9234)
70.00	47.50	22.50	10.0766	12.4234	(12.4234)
75.00	47.50	27.50	10.0766	17.4234	(17.4234)
80.00	47.50	32.50	10.0766	22.4234	(22.4234)
85.00	47.50	37.50	10.0766	27.4234	(27.4234)
90.00	47.50	42.50	10.0766	32.4234	(32.4234)

Berdasarkan Tabel 4.10.2 pembeli opsi beli memperoleh keuntungan maksimal sebesar \$32.4234. Kerugian maksimal yang akan ditanggung oleh pembeli opsi hanya sebesar harga opsi yang dibayarkan yaitu \$10.0766. Hal sebaliknya terjadi pada penjual opsi.

b. Opsi Jual Tipe Amerika

Jika harga saham pada saat opsi dilaksanakan lebih rendah dari harga pelaksanaan dan pemegang opsi melaksanakan opsinya maka pembeli opsi jual akan mendapatkan keuntungan. Namun, jika harga saham pada saat opsi dilaksanakan lebih tinggi dari harga pelaksanaan, maka pemegang opsi disarankan untuk tidak melaksanakan opsinya, sehingga pemegang opsi hanya mengalami kerugian sebesar harga premi yang telah dibayarkan.

Pembeli opsi jual tidak akan mendapatkan laba atau rugi jika harga saham opsi dilaksanakan sebesar \$47.50, karena pada saat itu nilai intristik sama dengan nilai premi opsi (*at the money*). Keuntungan dan kerugian pembeli dan penjual opsi jual untuk harga opsi 2 periode saat opsi tidak dilaksanakan berdasarkan harga saham jatuh tempo yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.10.3.

Tabel 4.10.3 Laba (Rugi Pembeli dan Penjual Opsi Jual Saham Rio Tinto Plc (RIO) (Data Harga dalam Dollar).

Prediksi Saham Jatuh Tempo	Harga Pelaksanaan	Nilai Intristik	Harga Opsi Jual	Laba (Rugi Pembeli)	Laba (Rugi) Penjual
25.00	47.50	22.50	0	22.50	(22.50)
27.50	47.50	20.00	0	20.00	(20.00)
30.00	47.50	17.50	0	17.50	(17.50)
32.50	47.50	15.00	0	15.00	(15.00)
35.00	47.50	12.50	0	12.50	(12.50)
37.50	47.50	10.00	0	10.00	(10.00)
40.00	47.50	7.50	0	7.50	(7.50)
42.50	47.50	5.00	0	5.00	(5.00)
45.00	47.50	2.50	0	2.50	(2.50)
47.50	47.50	0	0	0	0
50.00	47.50	0	0	0	0
52.50	47.50	0	0	0	0
55.00	47.50	0	0	0	0
57.50	47.50	0	0	0	0
60.00	47.50	0	0	0	0
62.50	47.50	0	0	0	0
65.00	47.50	0	0	0	0
67.50	47.50	0	0	0	0
70.00	47.50	0	0	0	0
75.00	47.50	0	0	0	0
80.00	47.50	0	0	0	0
85.00	47.50	0	0	0	0
90.00	47.50	0	0	0	0

Dalam hal ini pembeli opsi jual tidak memperoleh keuntungan dan kerugian maksimal, yang ditanggungkan oleh pembeli opsi hanya sebesar harga opsi yang dibayarkan. Hal sebaliknya terjadi pada penjual opsi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan dapat dimodelkan harga opsi saham tipe Amerika dengan model binomial sebagai berikut

$$v_N(S_N) = \max\{g(S_N), 0\}$$

$$v_N(S_N) = \max\left\{g(S_N), \frac{1}{(1+r)} [pV_{n+1}(us) + qV_{n+1}(ds)]\right\}$$

dimana

$g(S_N)$ = fungsi yang menunjukkan nilai intristik dari suatu opsi yang bergantung dari harga saham pada saat N .

$v_N(S_N)$ = fungsi yang menunjukkan harga opsi yang bergantung pada harga saham pada saat N .

$V_{n+1}(us)$ = nilai intristik dari suatu opsi pada waktu $n + 1$ pada saat harga saham naik.

$V_{n+1}(ds)$ = nilai intristik dari suatu opsi pada waktu $n + 1$ pada saat harga saham turun.

Model harga opsi saham tipe Amerika dengan model binomial diterapkan pada saham perusahaan Rio Tinto Plc (RIO) yang digunakan dalam mengambil keputusan untuk melakukan investasi pada opsi, sehingga para investor dapat memilih waktu yang tepat untuk melaksanakan opsi.

Berdasarkan perhitungan opsi untuk satu periode dan dua periode pemegang opsi beli disarankan untuk melaksanakan opsinya pada saat $t = 2$ yaitu pada tanggal 20 April 2012. Karena harga saham perusahaan Rio Tinto Plc (RIO) mengalami kecenderungan naik maka opsi beli lebih menguntungkan dibandingkan opsi jual, sehingga bagi pemegang opsi jual disarankan untuk menjual opsi yang dimiliki. Berdasarkan hasil perhitungan akan diperoleh hasil laba (rugi) sebagai berikut:

- a. Pemegang opsi beli akan memperoleh keuntungan jika harga saham saat opsi dilaksanakan lebih besar dari harga pelaksanaan atau $S_T > K$. Setelah dibandingkan dengan besarnya harga opsi beli maka pembeli opsi beli memperoleh keuntungan maksimal \$32.4234, sedangkan kerugian yang diperoleh penjual opsi beli sebesar keuntungan pembeli opsi. Jadi semakin tinggi harga saham saat opsi dilaksanakan keuntungan yang diperoleh pembeli opsi beli semakin besar.
- b. Pembeli opsi jual akan memperoleh keuntungan jika harga pelaksanaan lebih besar dari harga saat opsi dilaksanakan atau $K > S_T$. Setelah dibandingkan dengan nilai pada opsi jual maka laba maksimal yang diperoleh pembeli opsi jual adalah sebesar \$22.50 sebaliknya penjual opsi jual mengalami kerugian sebesar \$22.50. Jadi semakin kecil harga saham saat opsi dilaksanakan dibandingkan harga pelaksanaan maka keuntungan yang diperoleh pembeli semakin besar.

5.2 Saran

Pada skripsi ini hanya dibahas menentukan harga opsi dengan model binomial dengan tidak memperhatikan jumlah dividen. Untuk pembahasan lebih lanjut pembaca dapat membahas mengenai harga opsi tipe Amerika dengan memperhitungkan deviden atau dengan model trinomial atau dapat juga membahas mengenai harga opsi dengan tipe yang lainnya seperti tipe Eropa.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Adams, A.** 2003. *Investment Mathematics*. Canada: John Wiley & Sons Ltd.
- [2] **Bain.** 1992. *Introduction to Probability and Mathematical Stochastic*. Second edition. California: Duxbury Press.
- [3] **Capinski, M. dan T. Zastawniak.** 2004. *Mathematics for Finance: an introduction to financial engineering*. Springer undergraduate mathematics series. United States of America: Springer-Verlag.
- [4] **Halim, A.** 2005. *Analisis Investasi*. Edisi Kedua. Jakarta: Salemba Empat.
- [5] **Husnan, S.** 1998. *Dasar-Dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas*. Edisi ketiga. Yogyakarta: AMP.
- [6] **Popoulis, A. dan U. Pilai.** 2002. *Probability: Random Variabel and Stochastic Processes (4th ed)*. Boston: Mc Graw Hill.
- [7] **Tandelilin, E.** 2001. *Analisis Investasi dan Manajemen Portofolio*. Edisi Pertama. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.
- [8] **Walpole, R.E.** 1993. *Pengantar Statistika*. Edisi Ke-3. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Lampiran I :

Harga Penutupan Saham Harian Rio Tinto Plc (RIO)

Periode 18 Januari 2011 – 20 Januari 2012

(Data Harga dalam Dollar)

Hari Perdagangan	Tanggal	Harga Penutupan	Nilai Return	Volatilitas
1	18-Jan-11	71.72	-0.021136	48.36%
2	19-Jan-11	70.22	-0.028456	
3	20-Jan-11	68.25	-0.000733	
4	21-Jan-11	68.20	0.033594	
5	24-Jan-11	70.53	-0.028183	
6	25-Jan-11	68.57	0.036232	
7	26-Jan-11	71.10	-0.005642	
8	27-Jan-11	70.70	-0.038497	
9	28-Jan-11	68.03	0.021090	
10	31-Jan-11	69.48	0.024875	
11	1-Feb-11	71.23	0.027281	
12	2-Feb-11	73.20	0.005314	
13	3-Feb-11	73.59	-0.006134	
14	4-Feb-11	73.14	0.013984	
15	7-Feb-11	74.17	0.032629	
16	8-Feb-11	76.63	-0.019103	
17	9-Feb-11	75.18	-0.014605	
18	10-Feb-11	74.09	0.002427	
19	11-Feb-11	74.27	0.021710	
20	14-Feb-11	75.90	-0.029550	
21	15-Feb-11	73.69	-0.003262	
22	16-Feb-11	73.45	-0.002590	
23	17-Feb-11	73.26	-0.023758	
24	18-Feb-11	71.54	-0.030658	
25	22-Feb-11	69.38	-0.012327	
26	23-Feb-11	68.53	-0.006001	
27	24-Feb-11	68.12	0.021063	
28	25-Feb-11	69.57	0.021473	
29	28-Feb-11	71.08	-0.017170	
30	1-Mar-11	69.87	0.001430	
31	2-Mar-11	69.97	0.021911	
32	3-Mar-11	71.52	-0.013939	
33	4-Mar-11	70.53	-0.031689	
34	7-Mar-11	68.33	-0.012666	
35	8-Mar-11	67.47	-0.010879	
36	9-Mar-11	66.74	-0.048663	
37	10-Mar-11	63.57	0.015144	

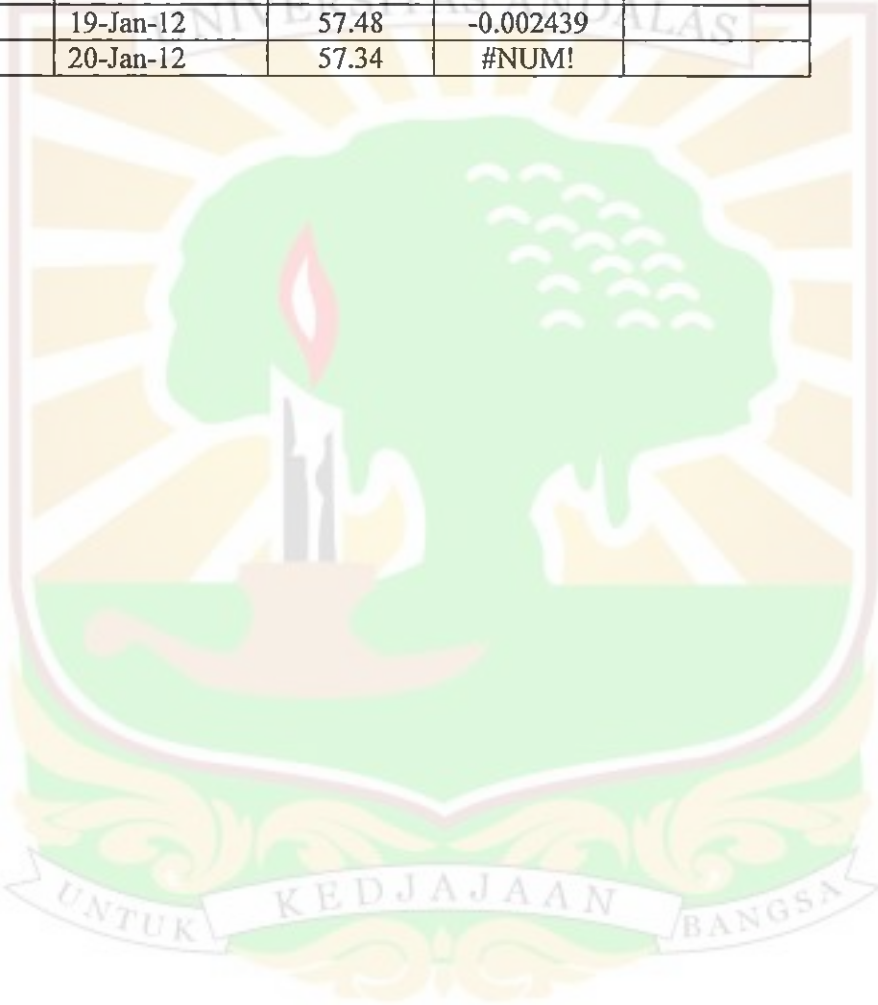
38	11-Mar-11	64.54	0.008947	
39	14-Mar-11	65.12	-0.010497	
40	15-Mar-11	64.44	-0.038600	
41	16-Mar-11	62.00	0.041235	
42	17-Mar-11	64.61	0.009244	
43	18-Mar-11	65.21	0.023341	
44	21-Mar-11	66.75	-0.009332	
45	22-Mar-11	66.13	0.020801	
46	23-Mar-11	67.52	0.015723	
47	24-Mar-11	68.59	-0.004676	
48	25-Mar-11	68.27	-0.001466	
49	28-Mar-11	68.17	0.028203	
50	29-Mar-11	70.12	0.020328	
51	30-Mar-11	71.56	-0.006168	
52	31-Mar-11	71.12	0.008122	
53	1-Apr-11	71.70	0.013025	
54	4-Apr-11	72.64	-0.004553	
55	5-Apr-11	72.31	0.009086	
56	6-Apr-11	72.97	-0.007566	
57	7-Apr-11	72.42	0.020636	
58	8-Apr-11	73.93	-0.001489	
59	11-Apr-11	73.82	-0.023160	
60	12-Apr-11	72.13	-0.006537	
61	13-Apr-11	71.66	0.000558	
62	14-Apr-11	71.70	-0.011079	
63	15-Apr-11	70.91	-0.026001	
64	18-Apr-11	69.09	0.013514	
65	19-Apr-11	70.03	0.025518	
66	20-Apr-11	71.84	0.017934	
67	21-Apr-11	73.14	-0.005896	
68	25-Apr-11	72.71	0.002335	
69	26-Apr-11	72.88	0.005746	
70	27-Apr-11	73.30	-0.007394	
71	28-Apr-11	72.76	0.006166	
72	29-Apr-11	73.21	-0.012093	
73	2-May-11	72.33	-0.031744	
74	3-May-11	70.07	-0.017274	
75	4-May-11	68.87	-0.031416	
76	5-May-11	66.74	0.011175	
77	6-May-11	67.49	0.023286	
78	9-May-11	69.08	0.008361	
79	10-May-11	69.66	-0.027359	
80	11-May-11	67.78	-0.001181	
81	12-May-11	67.70	-0.021953	
82	13-May-11	66.23	0.010962	
83	16-May-11	66.96	0.006401	
84	17-May-11	67.39	0.012241	
85	18-May-11	68.22	-0.011944	
86	19-May-11	67.41	-0.012239	
87	20-May-11	66.59	-0.015741	
88	23-May-11	65.55	0.015140	

89	24-May-11	66.55	0.014618	
90	25-May-11	67.53	0.017468	
91	26-May-11	68.72	0.012581	
92	27-May-11	69.59	0.007587	
93	31-May-11	70.12	-0.019731	
94	1-Jun-11	68.75	-0.002767	
95	2-Jun-11	68.56	-0.016471	
96	3-Jun-11	67.44	-0.005651	
97	6-Jun-11	67.06	0.024016	
98	7-Jun-11	68.69	-0.014813	
99	8-Jun-11	67.68	0.018591	
100	9-Jun-11	68.95	-0.034677	
101	10-Jun-11	66.60	0.003148	
102	13-Jun-11	66.81	0.021911	
103	14-Jun-11	68.29	-0.035170	
104	15-Jun-11	65.93	-0.004561	
105	16-Jun-11	65.63	0.005470	
106	17-Jun-11	65.99	0.005742	
107	20-Jun-11	66.37	0.032318	
108	21-Jun-11	68.55	-0.005265	
109	22-Jun-11	68.19	-0.007064	
110	23-Jun-11	67.71	-0.001182	
111	24-Jun-11	67.63	0.013074	
112	27-Jun-11	68.52	0.021370	
113	28-Jun-11	70.00	0.011223	
114	29-Jun-11	70.79	0.021383	
115	30-Jun-11	72.32	0.013596	
116	1-Jul-11	73.31	-0.016504	
117	5-Jul-11	72.11	0.003184	
118	6-Jul-11	72.34	0.017675	
119	7-Jul-11	73.63	-0.012436	
120	8-Jul-11	72.72	-0.031004	
121	11-Jul-11	70.50	-0.008690	
122	12-Jul-11	69.89	0.011664	
123	13-Jul-11	70.71	-0.005673	
124	14-Jul-11	70.31	0.005956	
125	15-Jul-11	70.73	-0.017399	
126	18-Jul-11	69.51	0.018671	
127	19-Jul-11	70.82	0.009556	
128	20-Jul-11	71.50	0.004744	
129	21-Jul-11	71.84	0.006521	
130	22-Jul-11	72.31	-0.005547	
131	25-Jul-11	71.91	0.010788	
132	26-Jul-11	72.69	-0.020149	
133	27-Jul-11	71.24	-0.004220	
134	28-Jul-11	70.94	0.000564	
135	29-Jul-11	70.98	-0.009769	
136	1-Aug-11	70.29	-0.047042	
137	2-Aug-11	67.06	0.001043	
138	3-Aug-11	67.13	-0.102336	
139	4-Aug-11	60.60	-0.023542	

140	5-Aug-11	59.19	-0.121464	
141	8-Aug-11	52.42	0.132219	
142	9-Aug-11	59.83	-0.080363	
143	10-Aug-11	55.21	0.056343	
144	11-Aug-11	58.41	0.024521	
145	12-Aug-11	59.86	0.028816	
146	15-Aug-11	61.61	-0.013070	
147	16-Aug-11	60.81	0.013881	
148	17-Aug-11	61.66	-0.068113	
149	18-Aug-11	57.60	-0.028528	
150	19-Aug-11	55.98	-0.005194	
151	22-Aug-11	55.69	0.043913	
152	23-Aug-11	58.19	0.001202	
153	24-Aug-11	58.26	-0.022391	
154	25-Aug-11	56.97	0.028551	
155	26-Aug-11	58.62	0.031567	
156	29-Aug-11	60.50	0.001652	
157	30-Aug-11	60.60	0.009198	
158	31-Aug-11	61.16	-0.012339	
159	1-Sep-11	60.41	-0.020740	
160	2-Sep-11	59.17	-0.028804	
161	6-Sep-11	57.49	0.038726	
162	7-Sep-11	59.76	-0.027483	
163	8-Sep-11	58.14	-0.029676	
164	9-Sep-11	56.44	-0.005151	
165	12-Sep-11	56.15	0.010453	
166	13-Sep-11	56.74	-0.005656	
167	14-Sep-11	56.42	0.025721	
168	15-Sep-11	57.89	-0.007456	
169	16-Sep-11	57.46	-0.041576	
170	19-Sep-11	55.12	-0.007466	
171	20-Sep-11	54.71	-0.064551	
172	21-Sep-11	51.29	-0.107334	
173	22-Sep-11	46.07	0.007999	
174	23-Sep-11	46.44	0.020039	
175	26-Sep-11	47.38	0.033824	
176	27-Sep-11	49.01	-0.046996	
177	28-Sep-11	46.76	-0.007513	
178	29-Sep-11	46.41	-0.051509	
179	30-Sep-11	44.08	-0.041219	
180	3-Oct-11	42.30	0.036444	
181	4-Oct-11	43.87	0.036701	
182	5-Oct-11	45.51	0.054726	
183	6-Oct-11	48.07	0.011171	
184	7-Oct-11	48.61	0.055614	
185	10-Oct-11	51.39	-0.007618	
186	11-Oct-11	51.00	0.026126	
187	12-Oct-11	52.35	-0.002678	
188	13-Oct-11	52.21	0.024595	
189	14-Oct-11	53.51	-0.045693	
190	17-Oct-11	51.12	-0.003527	

191	18-Oct-11	50.94	-0.061742	
192	19-Oct-11	47.89	0.000626	
193	20-Oct-11	47.92	0.051252	
194	21-Oct-11	50.44	0.077783	
195	24-Oct-11	54.52	-0.045595	
196	25-Oct-11	52.09	0.023151	
197	26-Oct-11	53.31	0.085697	
198	27-Oct-11	58.08	0.001720	
199	28-Oct-11	58.18	-0.073447	
200	31-Oct-11	54.06	-0.039620	
201	1-Nov-11	51.96	0.034241	
202	2-Nov-11	53.77	0.040279	
203	3-Nov-11	55.98	0.001071	
204	4-Nov-11	56.04	0.003029	
205	7-Nov-11	56.21	0.025469	
206	8-Nov-11	57.66	-0.063730	
207	9-Nov-11	54.10	0.005714	
208	10-Nov-11	54.41	0.019475	
209	11-Nov-11	55.48	-0.026298	
210	14-Nov-11	54.04	0.023952	
211	15-Nov-11	55.35	-0.036990	
212	16-Nov-11	53.34	-0.029876	
213	17-Nov-11	51.77	-0.002708	
214	18-Nov-11	51.63	-0.053917	
215	21-Nov-11	48.92	-0.013583	
216	22-Nov-11	48.26	-0.041029	
217	23-Nov-11	46.32	0.000432	
218	25-Nov-11	46.34	0.054998	
219	28-Nov-11	48.96	-0.007586	
220	29-Nov-11	48.59	0.088194	
221	30-Nov-11	53.07	-0.017296	
222	1-Dec-11	52.16	0.000767	
223	2-Dec-11	52.20	0.013510	
224	5-Dec-11	52.91	-0.006066	
225	6-Dec-11	52.59	0.003796	
226	7-Dec-11	52.79	-0.054699	
227	8-Dec-11	49.98	0.021574	
228	9-Dec-11	51.07	-0.039135	
229	12-Dec-11	49.11	-0.014356	
230	13-Dec-11	48.41	-0.025313	
231	14-Dec-11	47.20	-0.010650	
232	15-Dec-11	46.70	0.014878	
233	16-Dec-11	47.40	-0.027809	
234	19-Dec-11	46.10	0.056917	
235	20-Dec-11	48.80	-0.000820	
236	21-Dec-11	48.76	0.016072	
237	22-Dec-11	49.55	-0.001616	
238	23-Dec-11	49.47	-0.004863	
239	27-Dec-11	49.23	-0.032621	
240	28-Dec-11	47.65	0.011684	
241	29-Dec-11	48.21	0.014620	

242	30-Dec-11	48.92	0.067384	
243	3-Jan-12	52.33	-0.000765	
244	4-Jan-12	52.29	-0.009994	
245	5-Jan-12	51.77	-0.010290	
246	6-Jan-12	51.24	0.002534	
247	9-Jan-12	51.37	0.030860	
248	10-Jan-12	52.98	0.010888	
249	11-Jan-12	53.56	0.021792	
250	12-Jan-12	54.74	-0.008070	
251	13-Jan-12	54.30	0.031720	
252	17-Jan-12	56.05	0.027105	
253	18-Jan-12	57.59	-0.001912	
254	19-Jan-12	57.48	-0.002439	
255	20-Jan-12	57.34	#NUM!	



Lampiran II :

Data Harga Opsi Beli Saham Rio Tinto Plc (RIO) Di Pasar

Pengamatan Tanggal 20 Januari 2012

(Data Harga dalam dollar)

Call Options		Expire at close Friday, April 20, 2012					
Strike	Symbol	Last	Chg	Bid	Ask	Vol	Open Int
5.00	RIO120421C00035000	22.80	0.00	18.30	19.60	16	17
7.50	RIO120421C00037500	20.20	0.00	16.00	16.70	2	2
10.00	RIO120421C00040000	17.20	0.00	14.00	14.20	7	19
12.50	RIO120421C00042500	14.60	0.00	11.00	11.70	10	10
15.00	RIO120421C00045000	8.80	↓0.83	9.10	9.30	2	8
17.50	RIO120421C00047500	11.60	0.00	6.20	7.20	960	5
20.00	RIO120421C00050000	4.32	0.00	4.50	4.70	10	357
22.50	RIO120421C00052500	2.45	↓0.10	2.60	2.75	14	393
25.00	RIO120421C00055000	1.25	↑0.05	1.20	1.25	106	2,667
27.50	RIO120421C00057500	0.44	↑0.04	0.40	0.45	109	3,059
30.00	RIO120421C00060000	0.11	↑0.01	0.10	0.15	13	5,890
32.50	RIO120421C00062500	0.05	0.00	N/A	0.05	232	2,515
35.00	RIO120421C00065000	0.10	0.00	N/A	0.10	1	2,204
37.50	RIO120421C00067500	0.02	0.00	N/A	0.05	3	764
40.00	RIO120421C00070000	0.05	0.00	N/A	0.05	21	702
42.50	RIO120421C00075000	0.05	0.00	N/A	0.05	40	228
45.00	RIO120421C00080000	0.20	0.00	N/A	0.05	15	108
47.50	RIO120421C00085000	0.60	0.00	N/A	0.05	N/A	51
50.00	RIO120421C00090000	0.25	0.00	N/A	0.05	80	110

Lampiran III :

Data Harga Opsi Jual Saham Rio Tinto Plc (RIO) Di Pasar

Pengamatan Tanggal 20 Januari 2012

(Data Harga dalam dollar)

Put Options		Expire at close Friday, April 20, 2012					
Strike	Symbol	Last	Chg	Bid	Ask	Vol	Open Int
5.00	RIO120421P00025000	0.05	0.00	N/A	0.05	40	284
7.50	RIO120421P00027500	0.35	0.00	N/A	0.05	25	289
10.00	RIO120421P00030000	0.03	0.00	N/A	0.05	15	171
12.50	RIO120421P00032500	1.10	0.00	N/A	0.05	41	124
15.00	RIO120421P00035000	0.10	0.00	N/A	0.10	2	133
17.50	RIO120421P00037500	0.15	0.00	N/A	0.10	20	211
20.00	RIO120421P00040000	0.16	0.00	N/A	0.15	20	321
22.50	RIO120421P00042500	0.05	0.00	N/A	0.15	1	405
25.00	RIO120421P00045000	0.20	0.00	0.05	0.15	1	640
27.50	RIO120421P00047500	0.20	↓0.05	0.15	0.25	5	2,046
30.00	RIO120421P00050000	0.55	↓0.05	0.45	0.55	70	6,693
32.50	RIO120421P00052500	1.10	↓0.15	1.00	1.15	578	2,640
35.00	RIO120421P00055000	2.20	↓0.27	2.10	2.25	13	5,129
37.50	RIO120421P00057500	4.20	0.00	3.80	4.00	1	1,299
40.00	RIO120421P00060000	7.26	0.00	5.90	6.20	5	872
42.50	RIO120421P00062500	8.74	0.00	8.30	8.60	3	338
45.00	RIO120421P00065000	8.15	0.00	10.70	11.50	2	173
47.50	RIO120421P00067500	13.00	0.00	13.30	13.60	2	34
50.00	RIO120421P00070000	12.42	0.00	15.30	16.50	1	24
52.50	RIO120421P00075000	17.70	0.00	20.30	21.50	1	5
55.00	RIO120421P00080000	21.90	0.00	25.40	26.60	32	32
57.50	RIO120421P00085000	26.50	0.00	30.30	31.70	1	94
60.00	RIO120421P00090000	31.50	0.00	34.80	36.80	1	1

Lampiran IV :

Harga Opsi Beli 1 Periode dengan Model Binomial
(Data Harga dalam Dollar)

0	K	T	r	u	d	p	(1-P)= q	j	n	Sjn	(Vu) dan (Vd)	Call Option (C)
.34	35.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	22.3400	22.5396
.34	35.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	21.4794	
.34	35.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	23.2137	
.34	37.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	19.8400	20.0333
.34	37.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	18.9794	
.34	37.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	20.7137	
.34	40.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	17.3400	17.5271
.34	40.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	16.4794	
.34	40.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	18.2137	
.34	42.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	14.8400	15.0208
.34	42.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	13.9794	
.34	42.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	15.7137	
.34	45.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	12.3400	12.5146
.34	45.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	11.4794	
.34	45.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	13.2137	
.34	47.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	9.8400	10.0083
.34	47.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	8.9794	
.34	47.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	10.7137	
.34	50.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	7.3400	7.5021
.34	50.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	6.4794	
.34	50.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	8.2137	
.34	52.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	4.8400	4.9958
.34	52.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	3.9794	
.34	52.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	5.7137	
.34	55.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	2.3400	2.4896
.34	55.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	1.4794	
.34	55.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	3.2137	
.34	57.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
.34	57.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	
.34	57.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0.7137	
.34	60.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
.34	60.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	

34	60.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	62.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
34	62.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	
34	62.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	65.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
34	65.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	
34	65.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	67.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
34	67.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	
34	67.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	70.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
34	70.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	
34	70.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	75.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
34	75.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	
34	75.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	80.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
34	80.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	
34	80.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	85.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
34	85.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	
34	85.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	90.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	0
34	90.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	
34	90.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	



Lampiran V :

Harga Opsi Jual 1 Periode dengan Model Binomial

(Data Harga dalam Dollar)

	K	T	r	u	d	p	q	j	n	S_{jn}	(Vu) dan (Vd)	Put Option (P)
34	25.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	25.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	25.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	27.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	27.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	27.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	30.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	30.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	30.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	32.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	32.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	32.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	35.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	35.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	35.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	37.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	37.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	37.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	40.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	40.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	40.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	42.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	42.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	42.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	45.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	45.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	45.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	47.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	47.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
34	47.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
34	50.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
34	50.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0

4	50.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
4	52.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
4	52.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
4	52.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
4	55.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0	
4	55.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	0	0
4	55.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
4	57.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	0.1600	
4	57.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	1.0206	0.0167
4	57.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	0	
4	60.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	2.6600	
4	60.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	3.5206	2.5229
4	60.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	1.7863	
4	62.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	5.1600	
4	62.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	6.0206	5.0292
4	62.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	4.2863	
4	65.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	7.6600	
4	65.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	8.5206	7.5354
4	65.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	6.7863	
4	67.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	10.1600	
4	67.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	11.0206	10.0417
4	67.50	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	9.2863	
4	70.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	12.6600	
4	70.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	13.5206	12.5479
4	70.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	11.7863	
4	75.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	17.6600	
4	75.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	18.5206	17.5604
4	75.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	16.7863	
4	80.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	22.6600	
4	80.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	23.5206	22.5729
4	80.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	21.7863	
4	85.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	27.6600	
4	85.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	28.5206	27.5854
4	85.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	26.7863	
4	90.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	0	57.3400	32.6600	
4	90.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	0	1	56.4794	33.5206	32.5979
4	90.00	0.249	0.25%	1.015237	0.984991	0.578875	0.421125	1	1	58.2137	31.7863	

Lampiran VI :

Harga Opsi Beli 2 Periode dengan Model Binomial

(Data Harga dalam Dollar)

S0	K	T	r	u	D	p	q	j	n	Sjn	(Vu) dan (Vd) (2)	(Vu) dan (Vd) (1)	Call Option
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	22.3400	23.0437	22.6271
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		21.8174	
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	23.5795		
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	22.3400		
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	21.1267		
57.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	19.8400	20.5500	20.1271
57.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		19.3236	
57.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	21.0795		
57.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	19.8400		
57.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	18.6267		
57.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	17.3400	18.0562	17.6271
57.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		16.8299	
57.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	18.5795		
57.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	17.3400		
57.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	16.1267		
57.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	14.8400	15.5624	15.1271
57.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		14.3361	
57.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	16.0795		
57.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	14.8400		
57.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	13.6267		
57.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	12.3400	13.0687	12.6271
57.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		11.8423	
57.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	13.5795		
57.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	12.3400		
57.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	11.1267		
57.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	9.8400	10.5749	10.1271
57.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		9.3486	
57.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			

57.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	11.0795		
57.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	9.8400		
57.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	8.6267		
57.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	7.3400	8.0811	7.6271
57.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		6.8548	
57.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	8.5795		
57.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	7.3400		
57.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	6.1267		
57.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	4.8400	5.5874	5.1271
57.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		4.3610	
57.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	6.0795		
57.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	4.8400		
57.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	3.6267		
57.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	2.3400	3.0936	2.6271
57.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		1.8673	
57.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	3.5795		
57.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	2.3400		
57.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	1.1267		
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	0.0000	0.6614	0.4073
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		0.0000	
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	1.0795		
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	0.0000	0.0000	0.0000
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		0.0000	
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	0.0000	0.0000	0.0000
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		0.0000	
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	0	57.3400	0.0000	0.0000	0.0000
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	1	1	57.9564		0.0000	
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	0	1	56.7301			
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.989364	0.614221	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		

Lampiran VII :

Harga Opsi Jual 2 Periode dengan Model Binomial
(Data Harga dalam Dollar)

S ₀	K	T	r	u	d	p	q	j	n	S _{jn}	(Vu) dan (Vd) (2)	(Vu) dan (Vd) (1)	Put Option
57.34	25.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
57.34	25.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
57.34	25.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	25.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
57.34	25.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
57.34	25.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
57.34	27.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
57.34	27.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
57.34	27.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	27.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
57.34	27.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
57.34	27.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
57.34	30.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
57.34	30.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
57.34	30.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	30.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
57.34	30.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
57.34	30.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
57.34	32.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
57.34	32.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
57.34	32.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	32.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
57.34	32.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
57.34	32.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
57.34	35.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
57.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
57.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	

7.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
7.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
7.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
7.34	37.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
7.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
7.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
7.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
7.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
7.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
7.34	40.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
7.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
7.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
7.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
7.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
7.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
7.34	42.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
7.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
7.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
7.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
7.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
7.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
7.34	45.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
7.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
7.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
7.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
7.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
7.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
7.34	47.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
7.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
7.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
7.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
7.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
7.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
7.34	50.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
7.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
7.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
7.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
7.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
7.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
7.34	52.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
7.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.0000	0.0000
7.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0000	
7.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			

57.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	0.0000		
57.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.0000		
57.34	55.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		0.9030	0.5939
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		0.0980	
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	1.3733		
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	0.1600		
57.34	57.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	0.0000		
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		3.3967	2.9333
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		2.1764	
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	3.8733		
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	2.6600		
57.34	60.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	1.4205		
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		5.8905	5.4333
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		4.6701	
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	6.3733		
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	5.1600		
57.34	62.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	3.9205		
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		8.3843	7.9333
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		7.1639	
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	8.8733		
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	7.6600		
57.34	65.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	6.4205		
57.34	67.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		10.8780	10.4333
57.34	67.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		9.6577	
57.34	67.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	67.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	11.3733		
57.34	67.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	10.1600		
57.34	67.50	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	8.9205		
57.34	70.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400	12.6600	13.3718	12.9333
57.34	70.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301	13.2699	12.1514	
57.34	70.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564	12.0436		
57.34	70.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	13.8733		
57.34	70.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	12.6600		
57.34	70.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	11.4205		
57.34	75.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		18.3593	17.9333
57.34	75.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		17.1390	
57.34	75.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	75.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	18.8733		

57.34	75.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	17.6600		
57.34	75.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	16.4205		
57.34	80.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		23.3469	22.9333
57.34	80.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		22.1265	
57.34	80.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	80.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	23.8733		
57.34	80.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	22.6600		
57.34	80.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	21.4205		
57.34	85.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		28.3344	27.9333
57.34	85.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		27.1140	
57.34	85.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	85.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	28.8733		
57.34	85.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	27.6600		
57.34	85.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	26.4205		
57.34	90.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	0	57.3400		33.3219	32.9333
57.34	90.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	1	56.7301		32.1016	
57.34	90.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	1	57.9564			
57.34	90.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	0	2	56.1267	33.8733		
57.34	90.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	1	2	57.3400	32.6600		
57.34	90.00	0.125	0.25%	1.010751	0.98936375	0.614221045	0.385779	2	2	58.5795	31.4205		



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis dilahirkan di Padang pada tanggal 28 Desember 1989. Anak pertama dari pasangan Desmukibri Sy dan Rifda Anis, S.Pd. Penulis memulai pendidikannya di TK Aisyiah Air Bangis Kec. Sei. Beremas Kab. Pasaman Barat tahun 1993-1994. Pada tahun 1995, penulis melanjutkan pendidikannya di SDN 03 Pasar Baru Air Bangis Kec. Sei. Beremas Kab.

Pasaman Barat. Pada tahun 2001, penulis melanjutkan pendidikannya di MTsN Air Bangis Kec. Sei. Beremas Kab. Pasaman Barat. Pada tahun 2004, penulis melanjutkan pendidikannya di MAN Air Bangis Kec. Sei. Beremas Kab. Pasaman Barat dan tamat pada tahun 2007. Pada tahun yang sama, penulis diterima menjadi mahasiswa Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Andalas. Selama di bangku perkuliahan penulis menjadi anggota HIMATIKA periode 2008-2012 dan aktif di berbagai kegiatan HIMATIKA. Untuk syarat meraih gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Matematika FMIPA UNAND, penulis pernah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Jorong Galagah, Nagari Alahan Panjang, Kecamatan Lembah Gumanti, Kabupaten Solok pada bulan Juli s/d Agustus 2010.

BAB IV

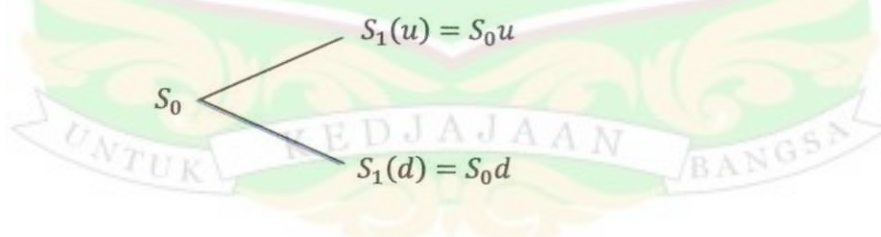
PEMBAHASAN

Bab ini berisi kajian tentang penentuan harga opsi saham tipe Amerika menggunakan model binomial, yang terdiri dari beberapa langkah:

4.1 Penentuan Harga Saham Secara Binomial

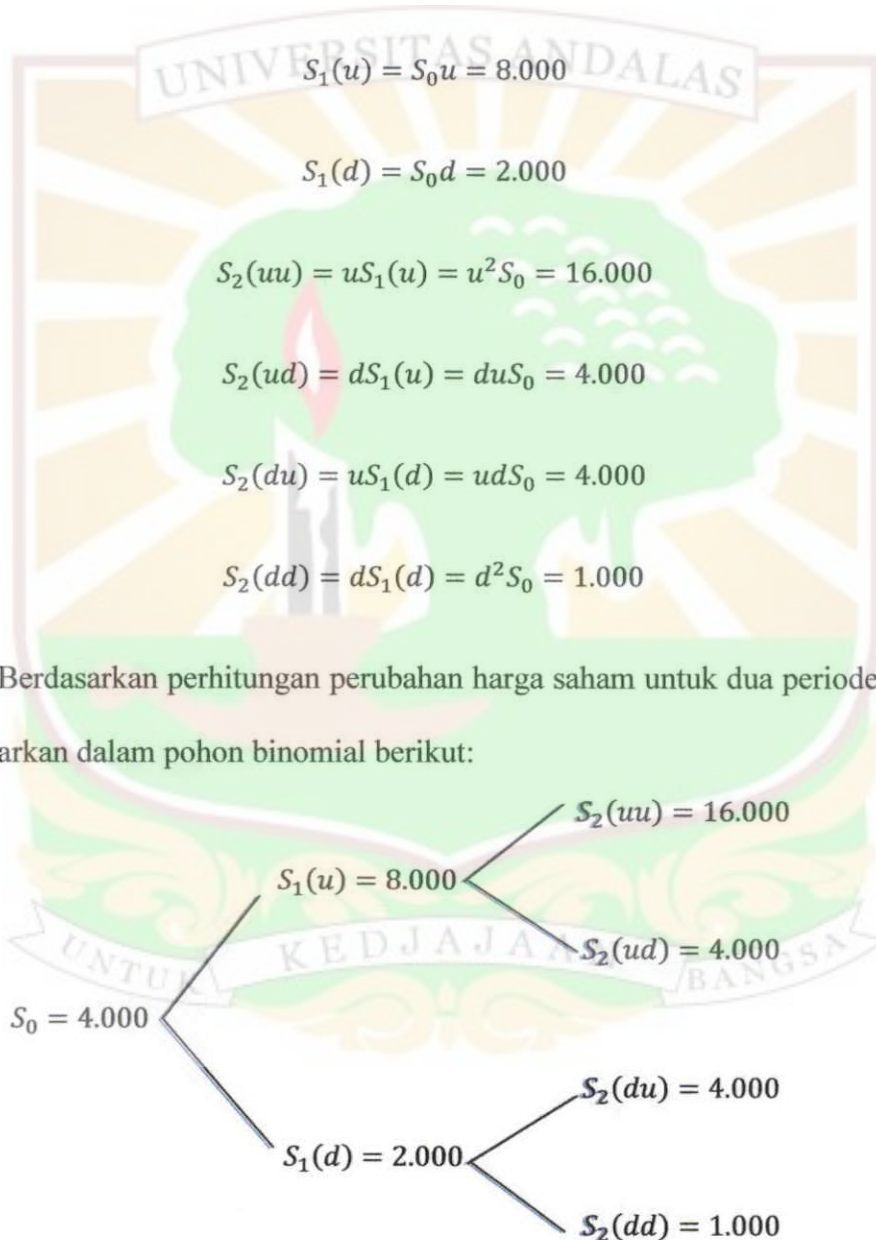
Harga saham merupakan nilai diskret yang akan mengalami perubahan harga saham pada periode mendatang yaitu harga saham akan naik atau harga saham turun yang sesuai dengan asumsi distribusi binomial. Harga saham dapat mengalami kenaikan dengan tingkat kenaikan u dengan syarat $u > 1$ atau dapat turun dengan tingkat penurunan d dengan syarat $0 < d < 1$.

Jika S_0 merupakan harga saham awal maka pada satu periode mendatang S_0 akan memiliki dua kemungkinan nilai yaitu $S_1(u)$ atau $S_1(d)$ pada saat $t = 1$, perubahan harga saham dapat diilustrasikan sebagai berikut



Gambar 4.1.1 Pohon Binomial Harga Saham Untuk Satu Periode.

Sebagai contoh, harga saham perusahaan A di pasar saat ini adalah Rp 4.000,00. Pada periode mendatang harga saham awal tersebut dapat mengalami perubahan yaitu naik atau turun. Jika dimisalkan tingkat kenaikan harga saham u adalah 2 dan tingkat penurunan harga saham d adalah $\frac{1}{2}$, maka perubahan harga saham dapat dihitung sebagai berikut:



Gambar 4.1.2 Pohon Binomial Harga Saham Untuk Dua Periode.

4.2 Perubahan Harga Saham dengan Model Binomial

Harga saham dapat mengalami kenaikan atau penurunan, begitu juga dengan harga opsi. Harga saham satu periode mendatang bisa mengalami peningkatan atau penurunan dari harga saham sebelumnya. Jika diasumsikan selama interval waktu sampai jatuh tempo, harga saham akan meningkat dengan kenaikan u dan peluang p , atau harga saham akan turun dengan tingkat penurunan d dan peluang $1 - p$, maka harga saham pada waktu S_{t+1} akan berubah menjadi uS_t atau dS_t pada periode mendatang.

Selama waktu sampai jatuh tempo (T), T dapat dibagi menjadi n periode sehingga menghasilkan lama waktu $\frac{T}{n}$ [1]. Pada akhir periode harga saham bisa naik atau turun. Sehingga pada akhir periode pertama harga saham akan menjadi

$$S_{t+1} = \begin{cases} S_t u & \text{dengan peluang } p \\ S_t d & \text{dengan peluang } 1 - p \end{cases}$$

Selanjutnya setelah interval ke-2, harga saham pada akhir periode kedua menjadi

$$S_{t+2} = \begin{cases} S_t u^2 & \text{dengan peluang } p^2 \\ S_t u d & \text{dengan peluang } 2p(1 - p) \\ S_t d^2 & \text{dengan peluang } (1 - p)^2 \end{cases}$$

Pada akhir periode kedua ada tiga hasil yang mungkin terjadi, yaitu harga saham meningkat pada dua interval, harga saham meningkat kemudian menurun atau sebaliknya dan harga saham turun pada dua interval.

Misalkan J menyatakan frekuensi kenaikan harga saham yang muncul pada n periode perubahan harga saham. Dengan kata lain, J merupakan peubah acak diskret. Maka proses selanjutnya, pada akhir periode keempat terdapat lima hasil yang mungkin terjadi dan seterusnya. Jadi setelah waktu ke- n , akan terdapat $n + 1$ perubahan harga saham, sehingga harga saham pada akhir periode $t + n$ adalah

$$S_{t+n} = S_0 u^j d^{(n-j)} ; j = 0, 1, 2, \dots, n \quad (4.1)$$

dengan fkp $f(j)$ sebagai berikut:

$$f(j) = C_j^n p^j (1-p)^{(n-j)} ; j = 0, 1, 2, \dots, n$$

Harga saham saat mencapai jatuh tempo T sama nilainya ketika harga saham S_t berubah pada akhir periode ke- n sehingga $S_T = S_{t+n}$.

Dari persamaan (4.1), maka harga saham pada waktu jatuh tempo T dapat dituliskan sebagai berikut

$$S_T = S_0 u^j d^{(n-j)} \text{ dengan peluang } C_j^n p^j (1-p)^{(n-j)}, j = 0, 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

Seorang investor menginvestasikan dana pada sejumlah saham dengan harga saham saat $t = 0$ adalah S_0 maka pada saat $t = 1$ harga saham yang dipengaruhi suku bunga bebas risiko mempunyai nilai ekspektasi $S_0(1+r)$.

Berdasarkan Gambar 4.1.1 maka nilai ekspektasi dan variansi harga saham pada saat jatuh tempo untuk satu periode perubahan harga saham adalah:

- a. Nilai ekspektasi harga saham dapat dicari dengan menggunakan definisi 2.2.3.10 yaitu

$$E(X) = \mu = \sum_{i=1}^n x_i f(x_i)$$

Sehingga nilai ekspektasi harga saham saat jatuh tempo S_T adalah

$$E[S_T] = \sum_{T=1}^n s_T f(s_T) = pS_0u + (1-p)S_0d \quad (4.3)$$

Nilai dari ekspektasi harga saham adalah $S_0(1+r)$ maka persamaan (4.3) menjadi

$$E[S_T] = pS_0u + (1-p)S_0d$$

$$S_0(1+r) = pS_0u + (1-p)S_0d$$

Dengan membagi S_0 pada kedua ruas, diperoleh

$$pu + (1-p)d = (1+r)$$

Jadi,

$$E[S_T] = pu + (1-p)d = (1+r) \quad (4.4)$$

- b. Nilai variansi dari harga saham

$$\begin{aligned} \text{var}[S_T] &= E[S_T^2] - (E[S_T])^2 \\ &= pu^2 + (1-p)d^2 - [pu + (1-p)d]^2 \\ &= pu^2 + (1-p)d^2 - p^2u^2 - 2u d p(1-p) - (1-p)^2d^2 \\ &= pu^2(1-p) + (1-p)d^2(1-1+p) - 2u d p(1-p) \\ &= p(1-p)(u^2 + d^2 - 2u d) \\ &= p(1-p)(u-d)^2 \end{aligned} \quad (4.5)$$

4.3 Penentuan Nilai-nilai Parameter Harga Opsi

Terdapat 4 parameter penting untuk menentukan harga saha maupun harga opsi dengan menggunakan model binomial yaitu probabilitas risiko netral p dan q , tingkat kenaikan harga saham (u), tingkat penurunan harga saham (d) dan harga saham awal S_0 .

4.3.1 Penentuan Nilai Parameter Tingkat Perubahan Harga Saham u dan d .

Sebelum menentukan model untuk mencari harga opsi dengan model binomial maka perlu diketahui besarnya tingkat kenaikan saham (u) dan tingkat penurunan harga saham (d). Dari persamaan (4.2) diperoleh harga saham saat $t = T$ sebagai berikut

$$S_T = S_0 u^j d^{n-j},$$

sehingga dapat dituliskan

$$\frac{S_T}{S_0} = u^j d^{n-j},$$

sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} \ln \left(\frac{S_T}{S_0} \right) &= \ln (u^j d^{n-j}) \\ &= j \ln u + (n - j) \ln d \\ &= j \ln \left(\frac{u}{d} \right) + n \ln d. \end{aligned} \tag{4.6}$$

Karena J merupakan peubah acak diskret dan berdistribusi binomial maka

$$E(J) = np$$

$$\text{var}(J) = np(1 - p)$$

Sehingga ekspektasi dan nilai variansi dari $\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)$ adalah

$$\begin{aligned} E\left[\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)\right] &= E\left[J \ln\left(\frac{u}{d}\right) + n \ln d\right] \\ &= E[J] \ln\left(\frac{u}{d}\right) + n \ln d. \end{aligned}$$

Diketahui sebelumnya bahwa $E[J] = np$, maka

$$E\left[\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)\right] = np \ln\left(\frac{u}{d}\right) + n \ln d. \quad (4.7)$$

Berdasarkan persamaan (4.5) untuk mencari nilai variansi harga saham maka nilai variansi untuk n periode adalah $\text{var}[S_T] = np(1 - p)(u - d)^2$.

Sehingga,

$$\text{var}\left[\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)\right] = np(1 - p) \left(\ln\left(\frac{u}{d}\right)\right)^2 \quad (4.8)$$

Nilai mean dan variansi return saham adalah μT dan $\sigma^2 T$, sehingga [3]

$$E\left[\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)\right] = \mu T \quad (4.9)$$

$$\text{var}\left[\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)\right] = \sigma^2 T \quad (4.10)$$

Dengan menyamakan persamaan (4.7) dengan persamaan (4.9) dan kemudian dengan mengasumsikan $u = \frac{1}{d}$, diperoleh

$$np \ln\left(\frac{u}{d}\right) + n \ln d = \mu T$$

$$n \left[p \ln \left(\frac{u}{d} \right) + \ln d \right] = \mu T$$

$$p \ln \left(\frac{u}{d} \right) + \ln d = \frac{\mu T}{n}$$

$$p \ln \left(\frac{1}{d} \right) + \ln d = \frac{\mu T}{n}$$

$$p \ln \left(\frac{1}{d^2} \right) + \ln d = \frac{\mu T}{n}$$

$$p \ln(d^{-2}) + \ln d = \frac{\mu T}{n}$$

$$-2p \ln d + \ln d = \frac{\mu T}{n}$$

$$(1 - 2p) \ln d = \frac{\mu T}{n}$$

$$\ln d = \frac{\mu T}{(1-2p)n}$$

$$(\ln d)^2 = \frac{\mu^2 T^2}{(1-2p)^2 n^2} \quad (4.11)$$

Dari persamaan (4.8) dan (4.10) diperoleh

$$np(1-p) \left(\ln \left(\frac{u}{d} \right) \right)^2 = \sigma^2 T$$

$$\left(\ln \left(\frac{u}{d} \right) \right)^2 = \frac{\sigma^2 T}{np(1-p)}$$

$$\left(\ln \left(\frac{1}{d} \right) \right)^2 = \frac{\sigma^2 T}{np(1-p)}$$

$$\left(\ln \left(\frac{1}{d^2} \right) \right)^2 = \frac{\sigma^2 T}{np(1-p)}$$

$$(\ln d^{-2})^2 = \frac{\sigma^2 T}{np(1-p)}$$

$$\begin{aligned}
 (-2 \ln d)^2 &= \frac{\sigma^2 T}{np(1-p)} \\
 4(\ln d)^2 &= \frac{\sigma^2 T}{np(1-p)} \\
 (\ln d)^2 &= \frac{\sigma^2 T}{4np(1-p)} \tag{4.12}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (4.11) dan (4.12) seperti dibawah ini

$$\frac{\mu^2 T^2}{(1-2p)^2 n^2} = \frac{\sigma^2 T}{4np(1-p)}$$

akan diperoleh $p = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{\mu}{\sigma} \sqrt{\frac{T}{n}}$ (4.13)

Dalam hal ini, untuk n yang semakin besar atau n mendekati tak hingga nilai empiris untuk μn dan $\sigma^2 n$ yaitu $\mu n \rightarrow \mu T$ dan $\sigma^2 n \rightarrow \sigma^2 T$ untuk $n \rightarrow \infty$. [3]
 Sehingga persamaan 4.11 menjadi

$$\begin{aligned}
 (\ln d)^2 &= \frac{\mu^2 n^2}{(1-2p)^2 n^2} \\
 \ln d &= \frac{\mu n}{(1-2p)n}
 \end{aligned}$$

Kemudian dengan mensubstitusikan persamaan 4.13 diperoleh

$$\ln d = \frac{\mu n}{\left(1 - 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{\mu}{\sigma} \sqrt{\frac{T}{n}}\right)\right) n}$$

$$\ln d = -\sigma \sqrt{\frac{T}{n}}$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{\frac{T}{n}}}$$

Karena $d = \frac{1}{u}$ maka $u = e^{\sigma\sqrt{\frac{T}{n}}}$.

Karena penyelesaian diatas maka diperoleh tingkat kenaikan dan tingkat penurunan saham sebagai berikut

$$u = e^{\sigma\sqrt{\frac{T}{n}}} \quad \text{dan} \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\frac{T}{n}}}$$

4.3.2 Probabilitas Risiko Netral

Probabilitas risiko netral p dan $(1 - p) = q$ adalah nilai probabilitas yang sebenarnya dari kenaikan harga saham setelah investor memperkirakan besarnya nilai saham pada kondisi harga saham naik S_0u atau harga saham turun S_0d . Nilai probabilitas risiko netral p dan q dapat dicari dengan menggunakan persamaan (4.4). Dari persamaan (4.4) diperoleh

$$pu + (1 - p)d = 1 + r$$

$$pu - dp + d = 1 + r$$

$$p(u - d) = 1 + r - d$$

$$p = \frac{1+r-d}{(u-d)} \quad (4.14)$$

Jika r adalah suku bunga bebas risiko maka nilai probabilitas risiko netral q yang bersesuaian dengan harga saham binomial adalah

$$q = \frac{u-1-r}{(u-d)} \quad (4.15)$$

4.4 Penentuan Nilai Rasio Cegah Risiko

Investor harus siap menerima risiko yang diperoleh ketika memutuskan untuk berinvestasi untuk mengurangi kerugian yang diderita, investor perlu membentuk portofolio yang terdiri dari posisi beli sejumlah saham dan posisi jual opsi beli yang disebut portofolio cegah risiko. Portofolio yang terdiri dari posisi beli saham dan posisi jual opsi beli tidak memiliki risiko dan akan menghasilkan pengembalian yang sama dengan suku bunga bebas risiko, karena ketika investor menjual opsi beli yang dimiliki kepada investor lain maka besarnya nilai saham yang dihasilkan akan sama ketika pembeli opsi beli melaksanakan atau tidak haknya. Harga opsi beli hanya akan mempengaruhi besarnya hasil yang akan diterima oleh investor. Rasio cegah risiko adalah perbandingan perubahan harga opsi terhadap perubahan harga saham. Dengan kata lain, rasio cegah risiko merupakan sejumlah saham yang dibeli untuk setiap opsi beli yang dijual.

Untuk lebih memahami tentang keadaan cegah risiko maka akan diberikan contoh sebagai ilustrasi keadaan cegah risiko sebagai berikut:

Seorang investor A memiliki $\frac{3}{5}$ unit saham perusahaan MMD dengan harga Rp 10.000,00 per lembar saham. Saham MMD memiliki opsi beli dengan harga pelaksanaan Rp 10.000,00 dan waktu jatuh tempo 3 bulan lagi. Karena opsi beli pada keadaan *at the money* yang artinya tidak akan memberikan keuntungan bagi investor A jika ia melaksanakan opsinya. Oleh karena itu, investor A memutuskan untuk menjual opsi beli yang dimiliki kepada investor lain. Tiga bulan mendatang diasumsikan harga saham akan mengalami kenaikan menjadi Rp 11.800,00 per lembar saham atau turun menjadi Rp 8.800,00 per lembar saham.

1. **Keadaan pertama**, jika harga saham 3 bulan lagi mengalami kenaikan menjadi $S_0u = Rp\ 11.800,00$ maka pembeli opsi beli akan melaksanakan opsi beli tersebut. Berarti A harus memberikan 1 unit saham sebagai ganti harga pelaksanaan $Rp\ 10.000,00$. Karena investor hanya memiliki $\frac{3}{5}(\Delta_1)$ unit saham MMD maka investor A harus membeli $\frac{2}{5}(\Delta_2)$ unit saham tambahan dengan harga $Rp\ 4.720,00$ yang diperoleh dari banyaknya dana yang dikeluarkan untuk pembelian $\frac{2}{5}$ unit saham tambahan terhadap harga saham pada saat harga saham naik.

Biaya yang dikeluarkan untuk membeli $\frac{2}{5}$ unit saham adalah

$$B = \Delta \times S_0u = \frac{2}{5} \times Rp\ 11.800,00 = Rp\ 4.720,00$$

Dan hasil yang akan diterima oleh A adalah

$$H(u) = K - B + V_0 = Rp\ 10.000,00 - Rp\ 4.750,00 + V_0$$

Dimana: (K) = Harga pelaksanaan

V_0 = Harga jual opsi beli pertama kali

2. **Keadaan Kedua**, jika harga saham turun menjadi $S_0d = Rp\ 8.800,00$, maka pembeli opsi beli tidak akan melaksanakan opsi belinya, sehingga A hanya memiliki $\frac{3}{5}(\Delta_1)$ unit saham MMD. Pada harga $Rp\ 8.800,00$, nilai dari $\frac{3}{5}$ saham adalah,

$$V = \Delta_1 \times S_0 d = \frac{3}{5} \times Rp\ 8.800,00 = Rp\ 5.280,00$$

Sehingga hasil yang diterima A adalah $H(d) = Rp\ 5.280,00 + V_0$.

Terlihat bahwa ketika harga saham mengalami peningkatan atau penurunan akan memberikan perlindungan terhadap harga saham. Harga opsi hanya mempengaruhi besar kecilnya hasil yang diterima. Dalam memperoleh rasio cegah risiko, diperlukan komponen-komponen untuk mendapatkan nilainya yaitu:

S_0 = harga saham yang berlaku

u = tingkat kenaikan saham

d = tingkat penurunan saham

r = suku bunga cegah risiko

V_0 = harga opsi

V_ω = nilai intristik opsi yang tergantung dari nilai ω

K = harga pelaksanaan

Δ = rasio cegah risiko

Untuk memperkecil risiko yang diderita oleh investor, maka investor akan membentuk portofolio cegah risiko yang terdiri dari dua posisi yaitu posisi beli sejumlah saham dan posisi jual opsi beli, sehingga biaya portofolio awal adalah biaya pembelian sejumlah Δ saham dikurangi harga yang diterima dari penjualan opsi beli. Δ merupakan rasio cegah risiko. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut

Jumlah dana yang diinvestasikan dalam saham $B = \Delta S_0$.

Sehingga, biaya portofolio cegah risiko awal $F_0 = \Delta S_0 - V_0$

Jika jumlah investasi pada portofolio awal adalah F_0 maka jumlah portofolio yang akan diperoleh satu periode mendatang yang dipengaruhi oleh tingkat bunga bebas risiko adalah $F_1 = (1 + r)(\Delta S_0 - V_0)$.

Portofolio cegah risiko pada awal akan mengalami perubahan pada kedua keadaan.

Keadaan 1. Hasil portofolio jika harga saham naik :

$$F_1(u) = u\Delta S_0 - V_1(u) \quad (4.16)$$

2. Hasil portofolio jika harga saham turun :

$$F_1(d) = d\Delta S_0 - V_1(d) \quad (4.17)$$

Portofolio cegah risiko dapat menghapus risiko jika hasil portofolio saat harga saham naik sama dengan harga portofolio saat harga saham turun sehingga

$$F_1(u) = F_1(d)$$

$$u\Delta S_0 - V_1(u) = d\Delta S_0 - V_1(d)$$

$$(u - d)\Delta S_0 = V_1(u) - V_1(d)$$

Dengan menyederhanakan persamaan diatas dapat diperoleh nilai rasio cegah risiko sebagai berikut

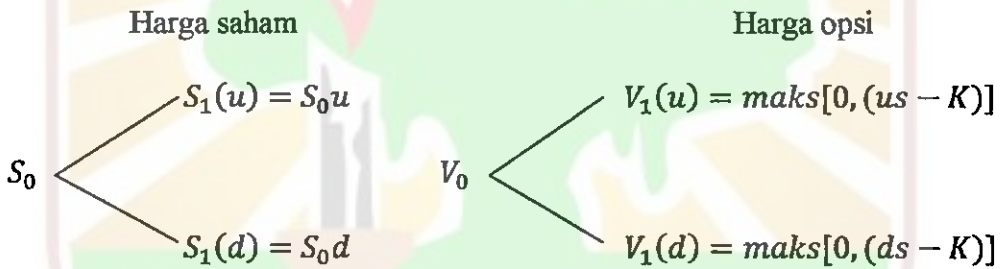
$$\Delta = \frac{V_1(u) - V_1(d)}{(u - d)S_0} = \frac{V_1(u) - V_1(d)}{S_1(u) - S_1(d)} \quad (4.18)$$

Nilai rasio cegah risiko dapat dicari dengan terlebih dahulu menentukan nilai intristik dari opsi beli $V_1(u)$ dan $V_1(d)$. Nilai intristik opsi merupakan selisih antara harga saham dengan harga pelaksanaan dalam kedua keadaan. Nilai intristik minimal dari opsi beli pada kedua keadaan adalah nol. Secara matematis dapat dijelaskan sebagai berikut

Jika harga saham meningkat : $V_1(u) = maks[0, (uS_0 - K)]$ (4.19)

Jika harga saham menurun : $V_1(d) = maks[0, (dS_0 - K)]$ (4.20)

Gambar dibawah ini menunjukkan nilai-nilai dalam perhitungan nilai opsi dengan model binomial satu periode.



Gambar 4.4.1 Perhitungan Harga Opsi Satu Periode.

4.5 Penentuan Model Harga Opsi Model Binomial Satu Periode

Dalam menentukan model untuk menentukan harga opsi maka dapat digunakan prinsip dasar bahwa pengembalian portofolio cegah risiko sama dengan suku bunga bebas risiko, sehingga hasil portofolio periode mendatang harus sama dengan biaya portofolio cegah risiko yang diterima periode mendatang. Hasil

portofolio cegah risiko akan sama baik ketika harga saham meningkat atau menurun, maka dapat digunakan salah satu keadaan hasil portofolio cegah risiko. Dari persamaan diperoleh

$$(1+r)(\Delta S_0 - V_0) = n\Delta S_0 - V_1(n) \tag{4.21}$$

Dengan menyederhanakan dan mensubstitusikan nilai rasio cegah risiko Δ pada

persamaan (4.20) maka diperoleh

$$(1+r) \left(\frac{V_1(n)-V_1(d)}{V_1(n)-V_1(d)} S_0^{n-d} - V_0 \right) = n \left(\frac{V_1(n)-V_1(d)}{V_1(n)-V_1(d)} S_0^{n-d} - V_1(n) \right)$$

$$(1+r)V_0 = (1+r)V_1(d) - n \frac{V_1(n)-V_1(d)}{V_1(n)-V_1(d)} + V_1(n)$$

$$(1+r)V_0 = (1+r)V_1(d) - n + V_1(n)$$

$$(1+r)V_0 = (1+r)V_1(d) - n + V_1(n)$$

$$(1+r)V_0 = (1+r)V_1(d) - n + V_1(n)$$

Sedangkan $p = \frac{(1+r-d)^{n-d}}{(1+r-d)^{n-d}}$ dan $q = \frac{(1+r-d)^{n-d}}{(1+r-d)^{n-d}}$, sehingga untuk memperoleh harga opsi

satu periode adalah

$$(1+r)V_0 = pV_1(n) + qV_1(d)$$

$$V_0 = \frac{1}{1+r} [pV_1(n) + qV_1(d)] \tag{4.22}$$

$V_1(n)$ = nilai intristik opsi pada saat harga saham naik

$V_1(d)$ = nilai intristik opsi pada saat harga saham turun