

PENENTUAN HARGA OPSI JUAL MULTIASSET TIPE AMERIKA DENGAN METODE *LEAST-SQUARE MONTE CARLO*

Indra Utama Sitorus¹, Irma Palupi², Rian Febrian Umbara³

^{1,2,3}Fakultas Informatika Prodi Ilmu Komputasi
Telkom University, Bandung

¹indrautamasitorus@gmail.com, ²irma.palupi@gmail.com, ³rianum123@gmail.com

Abstrak

Opsi saham adalah kontrak resmi yang memberikan hak (tanpa kewajiban) kepada pemilik opsi untuk membeli atau menjual sebuah aset saham pada harga tertentu dalam jangka waktu yang sudah ditentukan. Opsi saham merupakan produk derivatif dari saham bertujuan melindungi nilai dan meningkatkan keuntungan pada aset investasi. Penelitian ini akan menggunakan metode *Least-Square Monte Carlo (LSM)* untuk menentukan harga opsi Amerika. Pertama, LSM diterapkan untuk menentukan harga opsi jual amerika single aset dan dilihat perbandingannya dengan harga pasar. Selain itu, ditentukan juga nilai batas exercise optimal. Hasil penggunaan parameter volatilitas dari harga historis dan implied volatility dibandingkan, dan menunjukkan bahwa nilai dengan parameter implied volatility lebih mendekati harga market daripada nilai dari volatilitas historis. Penentuan nilai opsi jual multiasset dengan LSM menerapkan skema yang sama seperti pada penentuan nilai opsi jual single aset. Pada opsi multiasset, baik nilai dari volatilitas historis maupun implied volatility, tidak memberikan hasil yang berbeda signifikan. Penelitian ini juga memperlihatkan sensitifitas nilai opsi terhadap perubahan parameter volatilitas.

Kata kunci: Opsi Amerika, Opsi Jual, *Least-Square Monte Carlo*, Nilai Bata *Exercise*

Abstract

Stock options is a contract which give the right (without obligation) to the owner to buy or to sell stock asset at certain price during specified time period. Stock option is derivate product of stock, created to hedge and speculate. This research use Least-Square Monte Carlo (LSM) method to estimate American put option price. Firstly, LSM method is applied to determine single asset of American put option price and its optimal exercise boundary. According to parameter volatility, the computation result using implied volatility approach market value better than using estimated volatility from historical data. In determining the value of multiple assets put option, it is used the similar algorithm scheme as single asset put option. The comparison result of multi asset option price either using implied volatility and estimated volatility from historical data, do not give a significant differences. Also, this research observe the sensitivity of option price in changing volatility.

Keywords: American Options, Put Option, *Least-Square Monte Carlo*, Optimal Exercise Boundary

1. Pendahuluan

Banyak para investor yang tertarik berinvestasi pada saham karena keuntungan yang didapatkan. Saham juga mempunyai dampak negatif karena kita tidak dapat mengetahui secara pasti harga disaat mendatang, oleh sebab itu berkembanglah produk derivatif. Produk derivatif ini berupaya melindungi nilai dan meningkatkan keuntungan pada aset investasi. Salah satu produk derivatif adalah opsi.

Opsi saham adalah kontrak resmi yang memberikan hak (tanpa kewajiban) kepada pemilik opsi untuk membeli atau menjual aset saham pada harga tertentu dalam jangka waktu tertentu. Para penerbit opsi disebut writer dan pemegang atau pemilik opsi disebut holder. Batas waktu berlakunya opsi dinamakan dengan waktu jatuh tempo (*expiration date/maturity time*). Dalam opsi terdapat istilah *exercise* yaitu pembelian atau penjualan saham kepada writer berdasarkan kontrak yang telah di sepakati. Berdasarkan jenis hak yang diberikan, opsi dibedakan menjadi dua, yaitu opsi beli (*opsi call*) dan opsi jual (*opsi put*).

Berdasarkan periode waktu penggunaan, opsi dapat dibedakan menjadi empat style (gaya) yaitu opsi Eropa, opsi Amerika, opsi bermuda, dan opsi bersyarat. Opsi Amerika merupakan suatu kontrak opsi yang bisa dilaksanakan (*exercise*) kapan saja di dalam masa berlakunya kontrak opsi. Sedangkan opsi Eropa merupakan suatu kontrak opsi yang hanya bisa di laksanakan (*exercise*) pada hari terakhir saat tanggal jatuh tempo opsi tersebut, kemudian opsi Bermuda merupakan suatu kontrak yang dapat di laksanakan (*exercise*) pada saat jatuh tempo, sebelum atau kapan saja dalam masa berlaku opsi tetapi waktunya sudah di tentukan dalam interval waktu tertentu, opsi Bermuda ini merupakan gabungan opsi Amerika dan opsi Eropa. Opsi bersyarat atau biasa di sebut barrier option merupakan suatu opsi yang mensyaratkan keharusan dicapainya suatu harga tertentu pada aset acuan sebelum pelaksanaan opsi dapat dilakukan.

Metode Monte Carlo dalam opsi merupakan metode numerik yang menggunakan rata-rata payoff opsi dalam suatu keadaan resiko netral untuk menaksir harga opsi. Perhitungan taksiran harga opsi

dalam keadaan resiko netral dilakukan melalui suatu pengambilan sampel acak yang kemudian akan dilakukan diskonto pada suku bunga bebas resiko [5]. Longstaff dan Schwartz (2001) memperkenalkan penggunaan simulasi Monte Carlo dan algoritma least-square untuk menilai opsi amerika menggunakan simulasi Monte Carlo berdasarkan metode *Least-square* atau yang dikenal dengan metode *Least-Square Monte Carlo (LSM)* [7]. Metode ini dapat mengetahui kondisi optimal untuk pelaksanaan (exercise) sebuah opsi.

2. Landasan Teori

2.1 Pasar Modal

Pasar modal (*capital market*) merupakan pasar untuk berbagai instrumen keuangan jangka panjang yang bisa diperjualbelikan, baik surat utang (obligasi), ekuiti (saham), reksa dana, instrumen derivatif maupun instrumen lainnya. Saham merupakan instrument dalam pasar keuangan yang mempunyai nilai turunan, contohnya adalah opsi dan opsi juga diperjualbelikan dipasar modal. Pasar modal sudah diatur Undang-Undang, yaitu Undang-Undang Pasar Modal No. 8 tahun 1995[6].

2.2 Saham

Saham sebagai salah satu alternatif media investasi memiliki potensi tingkat keuntungan dan kerugian yang lebih besar dibandingkan media investasi lainnya dalam jangka waktu panjang. Saham adalah satuan nilai atau pembukuan dalam berbagai instrumen finansial yang mengacu pada bagian kepemilikan sebuah perusahaan. Pengertian saham ini dengan kata lain adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh sebuah perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) atau yang biasa disebut emitmen.

2.3 Model harga saham tanpa pembayaran deviden

Deviden merupakan pembagian keuntungan yang diberikan perusahaan dan berasal dari keuntungan yang dihasilkan perusahaan. Deviden diberikan setelah mendapat persetujuan dari pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Oleh karena itu dapat dibentuk suatu model pergerakan harga saham seperti pada persamaan (1).

Dimana dS merupakan perubahan harga saham, μ nilai ekspektasi return, σ volatilitas harga saham dan dZ mengikuti gerak Brown.

Gerak Brown pada skala diskrit dengan periode yang kecil Δt [5] adalah

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \sqrt{\Delta t} \epsilon \tag{2}$$

Dimana ϵ adalah bilangan random yang berdistribusi normal standar $N(0,1)$.

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \sqrt{\Delta t} \epsilon \tag{3}$$

ΔS adalah perubahan harga saham pada skema diskrit di selang waktu Δt .

2.4 Model harga saham dengan pembayaran deviden

Pembayaran deviden diasumsikan diberikan perusahaan secara rutin dengan tingkat deviden tetap sebesar D . Maka model pergerakan harga saham pada persamaan (1) berubah menjadi

$$dS = (\mu - \delta) S dt + \sigma S dz + D dt$$

Dan juga dapat ditulis sebagai

$$dS = (\mu - \delta) S dt + \sigma S dz + D dt \tag{4}$$

2.5 Opsi Amerika

Opsi Amerika merupakan suatu kontrak opsi yang bisa dilaksanakan (exercise) kapan saja di dalam masa berlakunya kontrak opsi, hal ini berlaku baik untuk Opsi beli Amerika maupun Opsi jual Amerika. Oleh sebab itu opsi Amerika (\mathbb{A}) lebih menarik atau lebih berharga dimata investor dari pada opsi Eropa (\mathbb{E}). Faktor-faktor yang mempengaruhi harga opsi adalah harga aset pokok (S), harga pelaksanaan (*strike price*) (K), periode jangka waktu jatuh tempo (*expiration time*) (T), tingkat suku bunga (r), volatilitas return saham (σ). Dalam opsi terdapat istilah *payoff*, merupakan sejumlah uang tunai yang diterima oleh pemegang saham (holder) saat mengeksekusi opsi tersebut.

Misalkan *payoff* dari opsi Amerika adalah $\mathbb{A}(S, t)$ pada waktu $t < T$. Seorang investor yang rasional akan memilih untuk mengeksekusi opsi amerika jika *payoff* lebih besar dari harga opsi pada waktu tersebut, yaitu $\mathbb{A}(S, t) > \mathbb{A}(S, t)$. Hal ini tidak diperbolehkan dalam pasar yang memegang prinsip tanpa arbitrase [4]. Maka, untuk menghindari adanya arbitrase perlu diberikan syarat harga opsi tidak boleh lebih kecil dari *payoff*-nya.

$$\mathbb{A}(S, t) \geq \mathbb{A}(S, t) \tag{5}$$

Selain itu, agar tidak ada kesempatan untuk arbitrase, maka harga opsi Amerika pada waktu jatuh tempo tidak boleh lebih besar dari nilai *payoff*-nya, karena tidak akan ada investor yang tertarik melaksanakan opsi tersebut, sehingga pada waktu jatuh tempo harus memenuhi

$$\mathbb{A}(S, T) = \mathbb{A}(S, T) \tag{6}$$

2.6 Opsi Jual Amerika

Opsi jual Amerika adalah suatu hak untuk menjual sebuah aset pada harga kesepakatan (*strike price*) dan dalam jangka waktu tertentu yang disepakati, opsi tersebut dapat di eksekusi baik pada akhir masa jatuh tempo ataupun di antara tenggang waktu masa sebelum jatuh tempo. *Payoff* yang diterima pemegang opsi jual amerika adalah

$$Payoff = \max \{ \text{Harga eksekusi } K - \text{Harga saham } S \} \tag{7}$$

Pada opsi jual mempunyai beberapa kondisi yang mungkin bisa di jadikan patokan pada saat mengeksekusi sebuah opsi, diantaranya:

- a. In-the-money adalah harga kesepakatan lebih besar dari harga saham pada saat transaksi

$$(K > S)$$

- b. *At-the-money* adalah harga kesepakatan sama dengan harga saham pada saat transaksi ($K = S$)
- c. *Out-of-the-money* adalah harga kesepakatan kurang dari harga saham pada saat transaksi ($K < S$)

2.7 Metode Monte Carlo

Metode Monte Carlo adalah algoritma komputasi untuk menyimulasikan berbagai sistem. Metode Monte Carlo digunakan dengan istilah sampling statistik karena menggunakan bilangan acak sebagai input yang dibangkitkan melalui suatu distribusi probabilitas. Keuntungan dari metode Monte Carlo adalah dapat dengan mudah diaplikasikan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan rumit serta dapat menghasilkan selang kepercayaan untuk memeriksa

keakuratan taksiran yang dilakukan.

Proses pergerakan harga saham mengikuti persamaan (1), dengan Harga saham adalah resiko netral ($\mu=r$) maka menjadi

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \tag{8}$$

Untuk menyimulasikan lintasan pergerakan harga saham, kita bagi jangka waktu berlakunya opsi (T) menjadi n buah interval, dimana Δt merupakan panjang interval yang pendek, sehingga menjadi

$$dS + \Delta S - S = (\mu S) \Delta t + \sigma S \sqrt{\Delta t} dz \tag{9}$$

Dimana S(t) dinotasikan harga S pada saat t.). Berdasarkan persamaan (2.12), harga saham pada

waktu Δt dapat dihitung berdasarkan harga saham

awal, harga saham pada waktu $2\Delta t$ dapat dihitung berdasarkan harga saham pada waktu Δt , dan

seterusnya.

Pada kenyataannya, simulasi pergerakan harga saham akan lebih untuk menyimulasikan $\ln S$ dari pada S [5]. Dari ito's lemma $\ln S$ mengikuti proses

$$d \ln S = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dz \tag{10}$$

Sehingga didapat persamaan untuk menyimulasikan harga saham

$$S_{t+\Delta t} = S_t \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t} dz \right]; \tag{11}$$

$dz = 0,1,2, \dots$

2.8 Metode Least-Square Monte Carlo

Metode least-square adalah salah satu cara untuk menyelesaikan analisis regresi. Metode least-square akan digunakan untuk mengestimasi β dengan error sekecil mungkin dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat error. Apabila disajikan dalam bentuk matriks maka persamaannya menjadi

$$\hat{\beta} = (X' X)^{-1} X' y \tag{14}$$

Persamaan (14) merupakan aproksimasi fungsi ekspektasi bersyarat *payoff* opsi dimasa mendatang.

Fungsi dari metode ini adalah untuk mengetahui waktu optimal untuk meng-*exercise* opsi jual Amerika setiap lintasan simulasi yang dilakukan, karena opsi Amerika hanya boleh dilaksanakan satu kali selama masa berlakunya opsi maka setiap lintasan simulasi hanya memiliki satu waktu optimal untuk meng-*exercise*. Karena setiap interval waktu (t) akan terdapat lebih dari satu waktu optimal untuk meng-*exercise* opsi jual Amerika maka dengan metode *Least-Square Monte Carlo* akan mencoba mencari harga saham optimal untuk mengeksekusi opsi tersebut, yaitu dengan cara melihat persinggungan atau perpotongan antara garis fungsi dengan fungsi *payoff*.

Metode dimulai dengan mendiskritisasi domain t menjadi n buah interval waktu dengan (t_0, t_1, \dots, t_n), $t_0 = 0, t_1, \dots, t_n$ dan mempersiapkan Nrandom untuk setiap interval waktu dan simulasi. Lakukan pergerakan harga saham berdasarkan diskritisasi yang telah dilakukan sebanyak n, lalu simulasikan saham tersebut sebanyak N kali, dengan k adalah indeks dari N ($k = 1, 2, 3, \dots, N$). k merupakan simulasi yang dilakukan pada saat mendiskontokan *payoff*.

Penentuan harga dilakukan dengan cara *rolling-back*. Misal bahwa $V_{t+1}^k = V(t_{k+1}, S_{t+1}^k) = e^{-r \Delta t} [K - S_{t+1}^k]$. Model ini digunakan untuk mendiskontokan *payoff* menjadi $t=0$ yaitu $V_0 = e^{-rt} [K - S_t]$ sebanyak interval waktu simulasi yang

dilakukan. Setelah itu nilai (V_0) set $X = S_0$

dilakukan. Setelah itu nilai (V_0)

disubstitusikan kedalam Y untuk di regresikan, maka menjadi

$$Y = X_0 + X_1 (S_0)^1 + X_2 (S_0)^2 + X_3 (S_0)^3 \tag{15}$$

Lalu lakukan penurunan terhadap nilai Y sebagai fungsi *Polynomial*, pada penelitian ini akan dicoba menggunakan polonomial derajat 3.

2.9 Opsi jual Amerika pada single Aset

Penentuan dimulai dari menetapkan harga standar opsi jual pada *single* aset dan bagian dari saham non-deviden dimana harganya diatur oleh proses gerak geometrik Brownian. Maka diperoleh

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \tag{16}$$

Dimana S merupakan harga saham pada saat t, dz

$$Y = X\beta + \epsilon \tag{12}$$

Sehingga diperoleh

$$Y = X\beta + \epsilon = (Y - X\beta)' (Y - X\beta) \tag{1.3}$$

Maka diperoleh penaksir (estimator) untuk β , yaitu $\hat{\beta}$ seperti persamaan (14)

harga saham awal, Δ interval waktu, r tingkat suku bunga tanpa resiko.

2.10 Opsi jual Amerika pada Multiaset

Opsi pada multiple aset acuan biasanya memiliki *payoff* yang berasal dari fungsi maksimum harga aset, minimum harga aset, atau rata-rata dari harga aset acuan. Pada Penelitian ini akan diasumsikan buah aset yang modelnya merupakan log Brownian, dapat dilihat pada persamaan (17).

$$S_{t+\Delta t} = S_t \exp \left(\left(\frac{\mu - \frac{\sigma^2}{2}}{\Delta t} \right) \Delta t + \sigma \epsilon \sqrt{\Delta t} \right);$$

$$i = 1, \dots, n \quad (17)$$

Kita akan mempertimbangkan harga opsi jual pada beberapa aset dengan *payoff* yang dijelaskan pada persamaan (18)

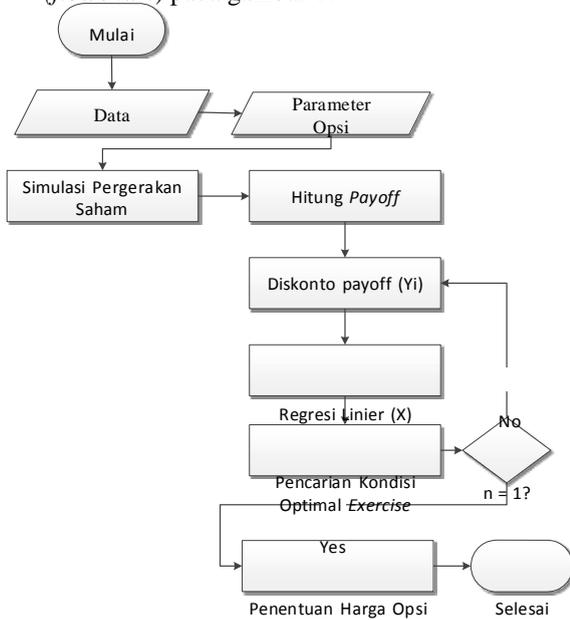
$$P_{t+\Delta t} = \max(K - S_{t+\Delta t}, 0) \quad (18)$$

Diasumsikan harga opsi jual Amerika pada nilai maksimum dari 2 saham berbeda menggunakan prosedur simulasi yang sama pada persamaan (18), opsi jual Amerika memiliki *payoff* seperti pada persamaan (19)

$$P_{t+\Delta t} = \max(K - S_{t+\Delta t}^1, S_{t+\Delta t}^2, 0) \quad (19)$$

3. Perancangan Umum Sistem

Penentuan harga opsi jual Amerika menggunakan metode *Least-Square Monte Carlo* dilakukan sesuai dengan diagram alir (*flowchart*) pada gambar 1.



Gambar 3.1 Flowchart metodologi penelitian

- a) *Input*: data historis saham
Data yang digunakan adalah data *close price* masing-masing saham selama 1 tahun untuk menentukan nilai *volatility*. Data saham Microsoft untuk perhitungan *single* aset dan data saham Apple, BABA grup untuk perhitungan multiaset. Perhitungan *volatility* dengan cara

1. *Return*

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

2. *Variansi*

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2$$

3. *Volatility*

- b) *Parameter Opsi*
Pada tahap ini dilakukan pendefinisian awal variabel - variabel yang berpengaruh terhadap

penentuan harga opsi. Seperti harga kesepakatan (K), waktu jatuh tempo (T), harga saham awal (S_0), suku bunga bebas resiko (r), *volatility* (σ).

- c) *Simulasi pergerakan saham*
Pada tahap ini akan dilakukan simulasi pergerakan saham sebelum menentukan harga opsi. Untuk simulasi *single* aset menggunakan persamaan (17) dan multiaset menggunakan persamaan (18). Simulasi dilakukan sebanyak 1000, 10000, dan 100000 setelah itu akan dipilih hasil terbaik dari ketiga simulasi tersebut.

- d) *Hitung payoff*
Tahap selanjutnya adalah menghitung *payoff* disetiap interval waktu dari semua simulasi. Perhitungan *payoff* *single* aset menggunakan persamaan (7) sedangkan multiaset menggunakan persamaan (19).

- e) *Diskonto payoff*
Selanjutnya diskontokan *payoff* tersebut terhadap nilai simulasi aset pada waktu partisi sebelumnya yaitu t_{n-1} . Hal ini dilakukan karena nilai *payoff* dimasa mendatang dapat dibandingkan dengan nilai saat ini jika di pandang pada waktu yang sama. Pendiskontoan *single* aset menggunakan formula $P_t = \frac{P_{t+\Delta t}}{e^{-r\Delta t}}$ dan $P_t = \frac{P_{t+\Delta t}}{e^{-r\Delta t}}$ untuk multiaset.

- f) *Regresi linier*
Proses selanjutnya adalah meregresikan harga saham pada saat t_{n-1} menggunakan polinomial derajat 3 pada persamaan (15). Untuk mencari koefisiennya menggunakan t_{n-1} sebagai *single* aset dan $P_t = \frac{P_{t+\Delta t}}{e^{-r\Delta t}}$ untuk multiaset sebagai variabel tak bebas.

- g) *Kondisi optimal exercise*
Pencarian kondisi optimal exercise yaitu dengan cara membandingkan *payoff* pada waktu $t=n$ dengan regresi diskonto *payoff* pada waktu $t=n+1$. Langkah diskonto *payoff* (Yi) dan regresi linier akan diulangi sampai pada kondisi interval waktu $t = 1$, setelah itu akan didapat kondisi optimal exercise untuk semua lintasan

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}$$

simulasi N. Selanjutnya adalah menentukan batas exercise untuk setiap interval waktu (t), yaitu dengan cara melihat persinggungan atau perpotongan antara garis fungsi dengan fungsi payoff yang disimpan pada fungsi Sf

h) Penentuan harga opsi

selanjutnya menggunakan rata-rata dari nilai diskonto seluruh payoff di setiap lintasan kondisi optimal exercise ke waktu t (waktu saat ini) untuk menaksir nilai eksak opsi jual pada waktu t , dengan pembagi banyaknya lintasan (M)

$$S(t) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M S_i(t)$$

4. Pengujian Sistem

4.1 Skenario 1 (penentuan harga opsi jual single aset)

Dalam skenario ini, penentuan harga opsi jual amerika saham Microsoft dengan jumlah simulasi 1000,10000,100000 dan jumlah interval waktu sebanyak 300. Hasil menggunakan *volatilty* data saham historis dan *implied volatility* dimarket akan dibandingkan dengan harga opsi di market (28 November 2014). Harga Setelah itu akan dicari batas harga saham optimal *exercise*. Pengujian sensitivitas juga dilakukan untuk melihat pengaruh *volatility* terhadap nilai opsi.

4.1.1 Pengujian Data Historis (28 November 2013-28 November 2014)

Tabel.1 hasil pengujian sigle aset data historis

T = 60/252, n = 300, S(0) = 47.81, σ = 0.0177, r = 0.0025				
Strike Price	Harga Opsi LSM (\$)			Harga Market (\$)
	1000	10000	100000	
47	0.0041	0.0029	0.0025	1.5
48	0.1898	0.1935	0.1901	2.04
49	1.1907	1.1900	1.1899	2.62
50	2.1897	2.1899	2.1899	3.23
50	7.1889	7.1898	7.1899	6

Dari Tabel 1 dan melalui pengujian yang dilakukan bahwa semakin banyak jumlah simulasi tentunya running time program akan semakin lama. Ketika selang $S(0)$ dengan K berbeda cukup jauh estimasi nilai opsi yang dihasilkan semakin dekat dengan market. Sebaliknya, jika semakin kecil harga kesepakatan, maka harga harga estimasi yang dihasilkan cenderung tidak akurat.

4.1.2 Pengujian dengan implied volatility dimarket (28 November 2014)

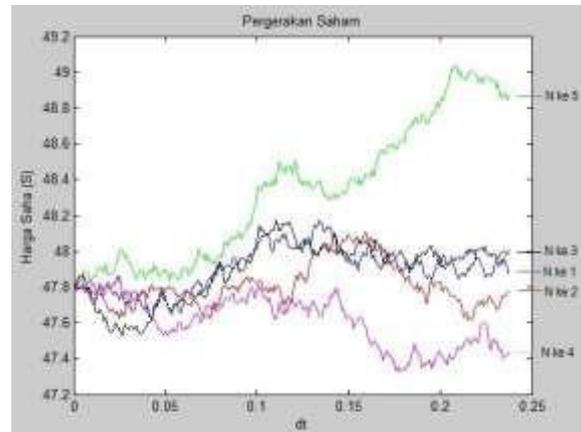
Tabel.2 hasil pengujian dengan implied volatility

T = 60/252, n = 300, N = 100000, S(0) = 47.81, r = 0.0025				
Strike Price	Time running(s)	σ	Harga Opsi LSM	Marga Market (\$)
47	106.68470	20.75%	1.4671	1.5
48	119.26940	20.56%	1.9531	2.04
49	118.93520	20.56%	2.5345	2.62
50	113.59040	21.29%	3.2056	3.23

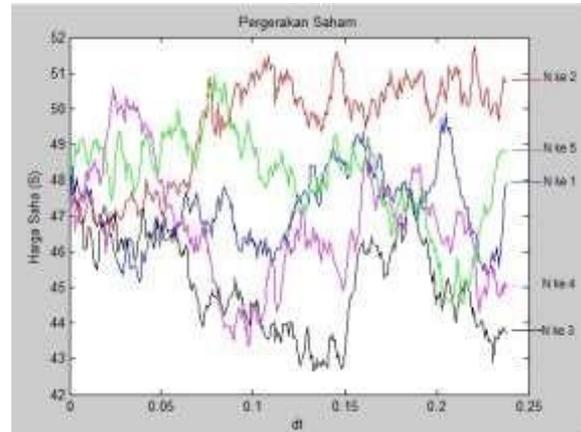
55	118.25050	27.01%	7.3527	6
----	-----------	--------	--------	---

Dari Tabel 2, memperlihatkan bahwa estimasi nilai opsi jual yang dihasilkan metode *LSM* dengan *implied volatility* mendekati nilai opsi dimarket. Hal ini menunjukkan bahwa *volatility* berpengaruh terhadap nilai opsi.

Gambar 1 dan 2 akan memperlihatkan pengaruh *volatility* terhadap pergerakan saham.



Gambar 1. Pergerakan saham dengan T = 60/252, (K) = 47.81, r = 0.0025, K=50, n=300, σ = 0.0177



Gambar 2. Pergerakan saham dengan T = 60/252, (K) = 47.81, r = 0.0025, K=50, n=300, σ = 0.0177

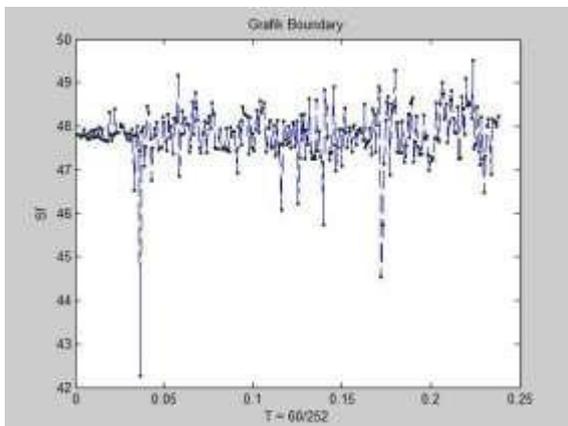
Simulasi pada Gambar 1 dan 2 dilakukan sebanyak 5, agar dapat melihat lebih jelas pergerakan saham tersebut. Berdasarkan simulasi yang dilakukan bahwa gambar 2 ketika menggunakan *implied volatility* pergerakan saham yang dihasilkan lebih fluktuatif dibandingkan dengan Gambar 1.

4.1.3 Penentuan batas exercise (menggunakan volatility data saham historis)

Selanjutnya adalah menentukan batas exercise. Hal ini dilakukan karena setiap interval waktu (t) terdapat kondisi optimal S untuk meng-exercise. Akan dicari Sf yang merupakan batas *exercise* opsi,

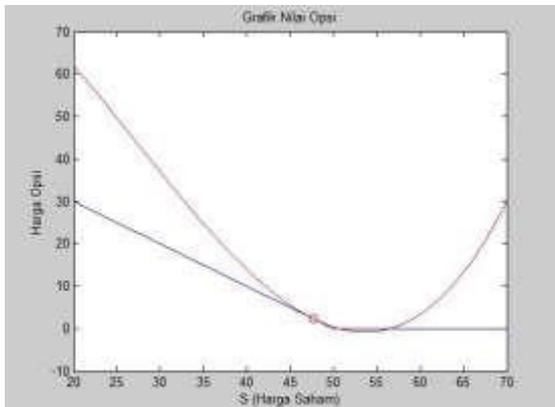
yang membagi daerah S menjadi daerah exercise dan daerah menahan opsi, yaitu dengan cara melihat

persinggungan atau perpotongan antara garis fungsi dengan fungsi *payoff*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan $T = 60/252$, $(\sigma) = 47.81$, $r = 0.0025$ $K=50$, $N=100000$, $n=300$.

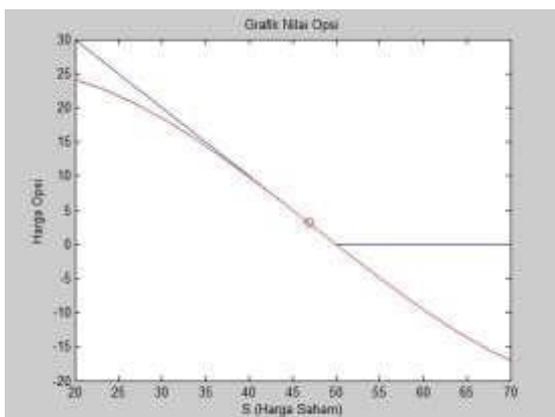


Gambar 3. Batas *exercise* untuk $K=50$ dengan $\sigma = 0.0177$

Garis fungsi (S) yang dipilih \$20 samapai \$70 dengan rentang nilai 0.01, nilai ini diyakini dapat mewakili seluruh kemungkinan harga saham Microsoft. Nilai batas *exercise* yang dihasilkan sangat fluktuatif dan hasil grafik tidak *smooth*, hal ini mungkin disebabkan karena nilai random yang dihasilkan belum optimal dan nilai tersebut hanya dilakukan satu kali pengujian. Dalam kasus ini simulasi belum memasukkan kondisi $\frac{1}{2}(\sigma) \geq \sigma$ untuk hasil kurva LSM.



Gambar 4 perpotongan pada interval waktu $n=3$

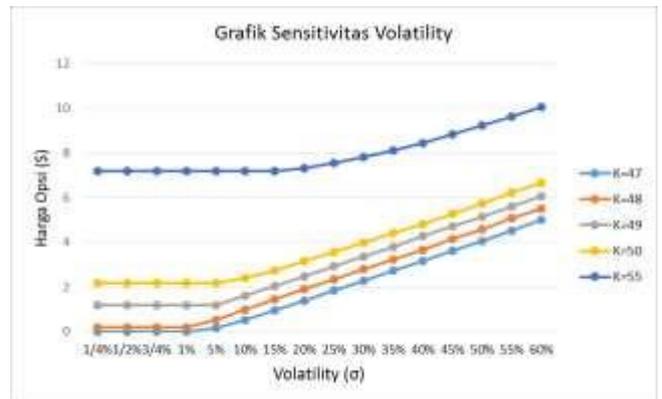


Gambar 5 perpotongan pada interval waktu $n = 222$

Pada Gambar 4 perpotongan nilai saham pada saat $n=3$ adalah 47.75 sedangkan pada gambar 5 perpotongan pada saat $n=222$ adalah 46.81. Dari hasil tersebut memberikan kita informasi bahwa harga saham Microsoft optimal unuk melaksanakan opsi pada interval waktu $n=3$ adalah maksimal 47.75.

4.1.4 Pengujian sensitivitas volatility

Pengujian dilakukan dengan menggunakan $T = 60/252$, $(\sigma) = 47.81$, $\sigma = 0.0177$, $r = 0.0025$. Tetapi menggunakan volatility yang berbeda-beda.



Gambar 6 Grafik sensitivitas volatility

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa pengaruh volatility sangat besar terhadap penentuan harga opsi. Untuk strike price 47, 48, 49, 50 ketika nilai volatilitas diperbesar maka nilai opsi juga akan mengalami perubahan yang signifikan. Namun untuk strike price 55 ketika nilai volatilitas diperbesar perubahan nilai opsi tidak terjadi secara signifikan, hal tersebut dapat dilihat pada grafik strike price 55 yang mengalami perubahan nilai lebih smooth.

4.2 Skenario 2 (penentuan harga opsi jual Multiaset)

Dalam skenario ini, penentuan harga opsi jual multiaset menggunakan saham Apple Inc dan BABA Group. Waktu pengamatan data untuk perusahaan Apple Inc (AAPL) selama satu tahun sedangkan perusahaan Alibaba Group Holding Limited (BABA) selama 2 bulan karena perusahaan tersebut tergolong masi baru di bursa saham. Hasil antra menggunakan volatility data saham historis akan dibandingkan dengan implied volatility, tetapi hasil tersebut tidak bisa dibandingkan dengan harga dimarket. Karena sesungguhnya opsi jual multiaset belum tersedia dipasar modal.

4.2.1 Pengujian Data Historis (28 November 2013-28 November 2014)

Tabel.3 hasil pengujian Multiaset data historis

$T = 100/252$, $n = 500$, $r = 0.0025$, $\sigma_1 = 0.1226$, $\sigma_2 = 0.0223$, $S_1(0) = 118.93$, $S_2(0) = 111.64$		
Strike Price	Time Running (s)	Harga Opsi LSM (\$)

	1000	10000	100000	1000	10000	100000
115	3.35	12.26	84.40	1.28	1.22	1.20
120	5.45	22.45	195.24	3.93	3.95	3.87
125	5.47	28.58	289.12	7.72	7.24	7.36
130	5.52	30.67	305.19	11.50	11.08	11.55
135	6.09	31.64	319.20	16.40	16.27	16.07
140	5.83	31.54	351.18	21.09	21.07	21.07
145	5.99	30.91	340.01	26.07	26.07	26.07
150	5.57	30.65	339.67	31.40	31.07	31.07
155	5.91	30.92	327.83	36.33	36.07	36.07

Dari hasil pengujian pada Tabel 3, bahwa antara nilai opsi dari 1000, 10000, atau 100000 kali simulasi tidak memiliki perbedaan nilai yang signifikan. Memang dari segi waktu running program sudah pasti simulasi 100000 kali memakan waktu yang lebih lama.

4.2.2 Pengujian dengan implied volatility dimarket (28 November 2014)

Data implied volatility didapat dari market untuk nilai opsi single asset. Tetapi akan diterapkan dalam kasus multiasset.

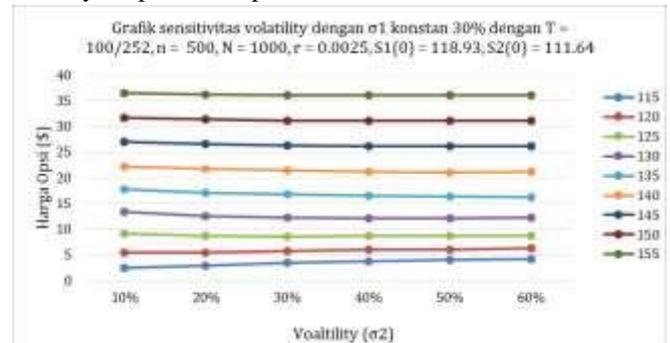
Tabel.4 hasil pengujian dengan implied volatility

T = 100/252, n = 500, r = 0.0025, S1(0) = 118.93, S2(0) = 111.64					
Strike Price	Implied Volatility		Harga Opsi LSM (\$) menggunakan Implied		
	$\sigma_1 =$	$\sigma_2 =$	1000	10000	100000
115	26.45%	41.13%	3.506	3.339	3.314
120	26.23%	41.35%	5.509	5.456	5.291
125	26.52%	41.96%	8.127	8.165	8.108
130	26.45%	42.37%	11.912	11.957	11.799
135	26.87%	42.73%	16.398	16.284	16.298
140	27.88%	43.63%	21.256	21.109	21.116
145	28.71%	44.39%	26.189	26.094	26.083
150	29.64%	46.17%	31.059	31.076	31.109
155	31.03%	47.61%	36.079	36.095	36.073

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa untuk harga kesepakatan 125 sampai 155, harga opsi yang di hasilkan tidak jauh berbeda jika menggunakan volatility data saham historis (Tabel 3) dengan menggunakan implied volatility (Tabel 4). Hal ini memperjelas pengujian sebelumnya pada single asset, bahwa ketika selang S(0) dengan K berbeda cukup jauh estimasi nilai opsi yang dihasilkan semakin baik. hal ini dikarenakan opsi tersebut adalah opsi jual dan sudah dijamin dapat dijual dengan harga yang tinggi. Memang ada terjadi perubahan harga jika volatilitasnya diperbesar tetapi perubahan harga tersebut tidak terlalu signifikan.

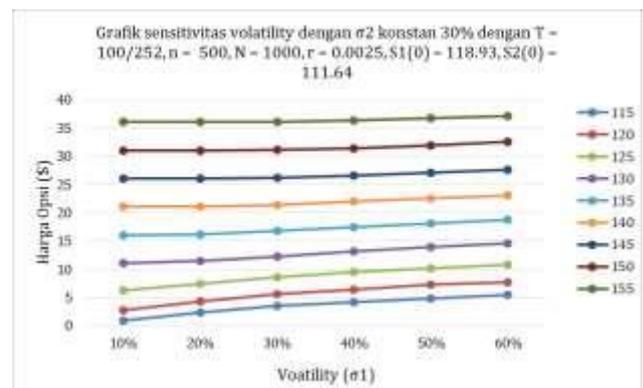
4.2.3 Pengujian sensitivitas volatility

Pengujian ini dilakukan untuk melihat pengaruh masing-masing volatility terhadap nilai opsi. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8



Gambar 7 Grafik Sensitivitas Multiasset dengan σ_1 Konstan 30%

Pengujian dilakukan untuk melihat pengaruh volatility σ_2 yaitu data saham Alibaba Group Holding Limited (BABA) terhadap nilai opsi, dengan cara volatility σ_1 dianggap konstan 30% dan σ_2 menggunakan range 10% sampai dengan 60%. Hasilnya (gambar 7) volatility σ_2 tidak berpengaruh signifikan terhadap estimasi nilai opsi. Hal ini mungkin disebabkan karena banyak nilai strike price (K) yang memiliki selisih yang jauh terhadap nilai saham awal (S).



Gambar 8 Grafik Sensitivitas Multiasset dengan σ_2 Konstan 30%

Pengujian dilakukan untuk melihat pengaruh volatility σ_1 yaitu data saham Apple Inc (AAPL) terhadap nilai opsi, dengan cara volatility σ_2 dianggap konstan 30% dan σ_1 menggunakan range 10% sampai dengan 60%. Berdasarkan hasil pengujian bahwa volatility σ_1 juga tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai opsi multiasset. Untuk strike price 115 memang terjadi perubahan nilai opsi multiasset ketika nilai volatility σ_1 di perbesar, namun tidak signifikan. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 8.

5. Kesimpulan & Saran

5.1 Kesimpulan

1. Hasil terbaik metode *Least-Square Monte Carlo* menggunakan *volatility* data saham historis diperoleh dari jumlah simulasi 100000, dengan mean selisih 1,3894 dari data market
2. Hasil batas *exercise* yang didapat untuk satu kali simulasi belum menghasilkan nilai yang baik dan grafik batas *exercise* juga tidak terlihat *smooth*. Hal ini dikarenakan dalam kasus ini simulasi belum memasukkan kondisi $\frac{1}{2}(\sigma^2) \geq \frac{1}{2}(\sigma^2)$ untuk hasil kurva *LSM*.
3. Penerapan Metode *Least-Square Monte Carlo* dapat digunakan untuk penentuan harga opsi jual (*put option*) Amerika multiaset.
4. Berdasarkan hasil perhitungan opsi jual Amerika menggunakan metode *Least-Square Monte Carlo*, diketahui bahwa semakin besar harga kesepakatan hasil estimasi harga opsi yang dihasilkan semakin dekat dengan nilai market. Sebaliknya, jika semakin kecil harga kesepakatan, maka harga estimasi yang dihasilkan cenderung tidak akurat.

5.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan yang dapat dilakukan pada penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan *volatility* yang digunakan dapat mendekati nilai *implied volatility* di market.
2. Pada penelitian selanjutnya dalam menentukan batas *exercise* yang optimal, sebaiknya sebelum memplot grafik atau menentukan batas *exercise* simulasi dilakukan berulang-ulang kemudian diperoleh mean dari batas *exercise* Sf. Namun kendalanya adalah waktu komputasi yang lama, sehingga muncul permasalahan bagaimana membuat skema perhitungan yang lebih cepat.
3. Ketika pencarian estimasi parameter regresi sebaiknya memasukkan kondisi $\frac{1}{2}(\sigma^2) \geq \frac{1}{2}(\sigma^2)$.

Daftar Pustaka

- [1] <http://finance.yahoo.com/options/> diakses pada: 28 November 2014, 21:45
- [2] <http://finance.yahoo.com/stock-center/> diakses pada: 28 November 2014, 21:36
- [3] [http://www.global-rates.com/interest-rates/central-banks/central-bank-](http://www.global-rates.com/interest-rates/central-banks/central-bank-america/fed-interest-rate.aspx)

america/fed-interest-rate.aspx diakses pada: 2 November 2014, 09:21

- [4] Higham, Desmond J. 2003. An Introduction to Financial Option Valuation. United State. Cambridge University
- [5] Hull, John. (2009). Option, Future, and Financial Other Derivatives seventh Edition. Canada: Person Education, Inch
- [6] www.idx.co.id/id-id/beranda/informasi/bagiinvestor/pengantarparasarmodal.aspx diakses pada: 13 Mei 2014, 21:15
- [7] Jia, Quiyi. (2009). Pricing American Option using Monte Carlo. Departement of Mathematics Uppsala University
- [8] Longstaf A., Francis and Schwart S., Eduardo. (2001). Valuing American Option by Simulation: A Simple Least-Square Approach
- [9] Sridadi, Bambang. 2009. Pemodelan dan Simulasi Sistem. Indonesia. Informatika