

PENENTUAN HARGA OPSI *CALL WINDOW RESET* MENGGUNAKAN METODE BINOMIAL *TREE* DAN TRINOMIAL *TREE*

R. MELIYANI¹, E. H. NUGRAHANI², D. C. LESMANA³

Abstrak

Opsi *window reset* merupakan salah satu jenis opsi yang bersifat *path-dependent* sehingga nilai opsi tersebut tidak mempunyai rumus eksak. Oleh karena itu, dibutuhkan metode numerik untuk menentukan nilainya. Penelitian ini membahas tentang penentuan harga opsi *call window reset* dengan menggunakan salah satu metode numerik. Jenis metode numerik tersebut, yakni metode *tree* yang terdiri dari binomial *tree* dan trinomial *tree*. Jika harga saham semakin kecil dan menyentuh *reset strike*, harga *strike* akan di-*reset* ke harga yang baru sehingga nilai opsi pun menjadi semakin meningkat. Sebaliknya jika harga saham tidak menyentuh *reset strike* maka harga *strike* tidak akan berubah sampai masa jatuh tempo opsi. Setelah dilakukan simulasi numerik, harga opsi *call window reset* cenderung sama pada kedua metode *tree* tersebut dan harga opsi *call window reset* cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan harga opsi *call* Eropa standar.

Kata Kunci: binomial *tree*, harga *strike*, opsi *window reset*, *reset strike*, trinomial *tree*.

1 PENDAHULUAN

Harga saham pada masa yang akan datang dapat berubah sesuai dengan kondisi pasar. Hal ini menyebabkan adanya kemungkinan akan terjadi kerugian yang diderita investor. Salah satu cara meminimalisasi kerugian tersebut ialah dengan menggunakan produk derivatif. Penggunaan produk derivatif sebagai sarana investasi di pasar modal telah meningkat seiring dengan berkembangnya pasar keuangan global. Derivatif adalah kontrak atau perjanjian yang nilai atau peluang keuntungannya terkait dengan kinerja aset lain yang mendasari (*underlying asset*). Adapun aset yang mendasarinya dapat berupa nilai tukar mata uang, suku bunga, indeks, atau saham. Produk derivatif yang biasa dikenal adalah *forward*, *future*, *swap* dan opsi.

Opsi memberikan hak kepada pemegang kontrak untuk membeli atau menjual suatu aset sesuai harga dan waktu yang telah disepakati pada kontrak.

¹Mahasiswa S2, Program Studi Matematika Terapan, Sekolah Pascasarjana IPB. E-mail: revi.meliyani@gmail.com

²Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jalan Meranti Kampus IPB Dramaga Bogor, 16680. E-mail: e_nugrahani@ipb.ac.id

³Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jalan Meranti Kampus IPB Dramaga Bogor, 16680. E-mail: donny@yahoo.com

Opsi saham biasanya banyak diperdagangkan di negara-negara yang umumnya memiliki kondisi pasar modal yang sudah maju. Secara umum ada dua jenis opsi berdasarkan tipe kontraknya yaitu opsi *call* dan opsi *put*. Opsi *call* adalah suatu opsi yang memberikan hak kepada pemegang opsi untuk membeli aset pada suatu saat tertentu untuk harga tertentu (harga *strike*/eksekusi), sedangkan opsi *put* adalah suatu opsi yang memberikan hak kepada pemegang opsi untuk menjual aset pada suatu saat tertentu untuk harga tertentu. Berdasarkan waktu eksekusinya, opsi dibedakan atas opsi tipe Eropa yang hanya dapat dieksekusi pada waktu jatuh tempo dan opsi tipe Amerika yang dapat dieksekusi pada sembarang waktu selama masa berlakunya opsi [5].

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak perusahaan menerbitkan opsi saham dengan batasan *reset* tertentu dan pada periode tertentu. Suatu opsi *window reset* adalah opsi *reset* dengan periode *reset* yang kontinu. Harga *strike* pada opsi *window reset* akan di-*reset* menjadi nilai yang baru jika pada periode tertentu harga *underlying asset* melewati batas tertentu [3]. Opsi *reset* merupakan opsi yang bersifat *path-dependent*, yaitu opsi yang nilai *payoff*-nya bergantung pada perjalanan harga aset yang mendasari selama masa hidup opsi. Salah satu bursa yang telah menerapkan opsi *reset* adalah *Chicago Board Options Exchange* (CBOE).

Ada banyak penelitian mengenai opsi *reset*, di antaranya adalah Cheng dan Zhang [1] yang mengevaluasi opsi *reset* dengan beberapa tanggal *reset* yang diskret. Liao dan Wang [7] memformulasi harga dari opsi *reset* yang kontinu sebagai selisih antara harga opsi *barrier down-and-out* dengan harga *strike* awal dan selisih opsi *barrier down-and-in* dengan harga *strike* yang di-*reset*. Hsiao [3] menentukan harga opsi *window reset* dengan pendekatan masalah nilai batas persamaan diferensial Black-Scholes.

Model Black-Scholes merupakan suatu model pendekatan analitik untuk menghitung harga opsi, namun model ini mempunyai keterbatasan yaitu tidak dapat digunakan untuk menghitung harga opsi yang bersifat *path-dependent*. Oleh karena itu diperlukan metode lain untuk menentukan harga opsi tersebut, salah satunya menggunakan metode *tree* yang terdiri dari binomial *tree* dan trinomial *tree*. Metode ini dikonstruksi untuk menunjukkan semua kemungkinan pergerakan harga saham dasar selama masa hidup opsi.

2 METODE BINOMIAL TREE DAN TRINOMIAL TREE

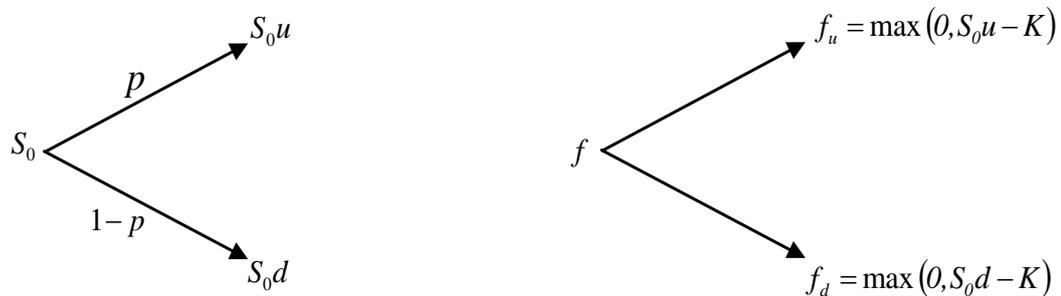
2.1 Metode binomial tree

Model binomial pertama kali diusulkan oleh Cox, Ross dan Rubinstein [2]. Model ini merupakan model komputasi pertama yang digunakan dalam matematika keuangan. Model ini dikonstruksi untuk menunjukkan beberapa kemungkinan pergerakan harga *underlying asset* (yang dalam hal ini adalah saham) yang dapat terjadi pada semua titik waktu selama waktu hidup opsi.

Misalkan masa hidup opsi adalah $[0, T]$. Selama selang waktu tersebut dibagi menjadi n subinterval yang sama panjang dengan $0 < t_0 < t_1 < \dots < t_n = T$ dengan $\Delta t = \frac{T}{n}$. Menurut Cox *et al* [2] dalam selang waktu Δt harga saham dapat bergerak naik dengan peluang p dan faktor u atau bergerak turun dengan peluang $(1 - p)$ dan faktor d di mana $p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$, $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$, $d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$.

Metode binomial tree satu periode

Misalkan waktu hidup opsi *call* selama T dan harga saham awal pada saat $t = 0$ adalah S_0 maka pada waktu T nilai saham akan bergerak naik menjadi S_0u dengan peluang p atau turun menjadi S_0d dengan peluang $(1 - p)$. u dan d masing-masing adalah faktor pergerakan naik dan turun dalam satu periode Δt dengan $d < 1 < u$.



Gambar 1 Ilustrasi pergerakan harga saham dan harga opsi *call* dengan binomial tree satu periode

f_u dan f_d adalah nilai opsi *call* pada waktu T yang telah bergerak naik atau turun, sehingga jika f menyatakan harga opsi *call*, maka

$$f = e^{-r\Delta t}(pf_u + (1 - p)f_d). \tag{1}$$

Metode binomial tree n periode

Pergerakan harga saham pada Gambar 1 dapat diperluas menjadi n periode dalam selang waktu T sehingga persamaan (1) dapat diperumum dengan $\Delta t = \frac{T}{n}$, sehingga

$$f = e^{-nr\Delta t} \sum \binom{N}{j} p^j (1 - p)^{N-j} f_{u^j d^{N-j}}$$

$$f = e^{-nr\Delta t} \sum \binom{n}{j} p^j (1 - p)^{n-j} \max(Su^j d^{n-j} - K, 0) \tag{2}$$

dengan $f_{u^j d^{n-j}} = \max(Su^j d^{n-j} - K, 0)$ dan $\binom{n}{j} = \frac{n!}{(n-j)!j!}$ adalah koefisien binomial.

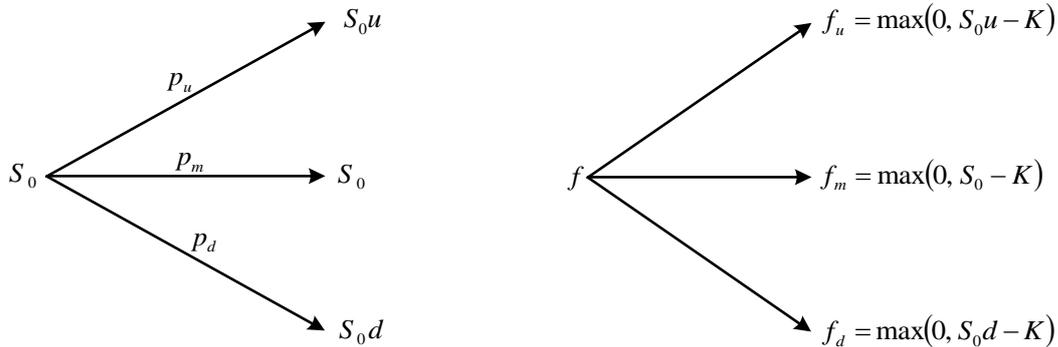
2.2 Metode trinomial tree

Trinomial tree pertama kali diperkenalkan oleh Boyle (1986). Boyle menjabarkan parameter-parameter yang digunakan dalam trinomial tree, sedangkan Hull [5] menentukan nilai parameter penentuan harga opsi yang berbeda dengan Boyle. Pada dasarnya trinomial tree sama dengan metode binomial tree. Trinomial tree memiliki tiga parameter pergerakan harga saham yaitu u , m , dan d yang masing-masing merupakan faktor pergerakan harga saham naik, tetap dan turun serta mempunyai tiga peluang terkait yang masing-masing adalah p_u , p_m , dan p_d . Harga saham naik dengan peluang p_u , harga saham turun dengan peluang p_d , dan harga saham tetap dengan peluang p_m . Dalam Hull [5] ditentukan $p_m = \frac{2}{3}$ dengan $u = e^{\sigma\sqrt{3\Delta t}}$, $d = e^{-\sigma\sqrt{3\Delta t}}$,

$$p_d = -\sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}} \left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) + \frac{1}{6}, p_m = \frac{2}{3}, p_u = \sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}} \left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) + \frac{1}{6}.$$

Metode trinomial tree satu periode

Misalkan opsi call mempunyai waktu hidup $[0, T]$, harga saham sekarang adalah S_0 maka pada saat T harga saham akan naik dengan peluang p_u menjadi S_0u , harga saham tetap dengan peluang p_m dan harga saham turun dengan peluang p_d menjadi S_0d .



Gambar 2 Ilustrasi pergerakan harga saham dan harga opsi call dengan trinomial tree satu periode

Dari ilustrasi Gambar 2, harga opsi call dapat dirumuskan sebagai berikut

$$f = e^{-r\Delta t} (p_u f_u + p_m f_m + p_d f_d) \quad (3)$$

dengan f_u , f_d , f_m adalah nilai dari opsi call pada masing-masing pergerakan naik, turun dan tetap.

Seperti halnya binomial tree, trinomial tree pada Gambar 2 juga dapat diperluas menjadi n periode dengan T adalah waktu jatuh tempo maka besarnya $\Delta t = \frac{T}{n}$, sehingga harga opsi call untuk n periode dapat digeneralisasi menjadi

$$f = e^{-nr\Delta t} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{n!}{i!j!(n-i-j)!} p_u^i p_m^j p_d^{n-i-j} \max(Su^i m^j d^{n-i-j} - K, 0).$$

2.3 Opsi reset

Pemegang opsi *call* mempunyai hak untuk membeli saham dengan harga yang telah ditentukan pada saat jatuh tempo. Di samping itu, investor selalu ingin membeli opsi dengan harga terbaik. Akibatnya muncullah opsi yang bersifat *path-dependent* yang memungkinkan harga *strike* berubah. Opsi *reset* merupakan salah satu jenis opsi yang bersifat *path-dependent*. Tujuan dari opsi *reset* adalah untuk menghindari investor dari risiko *downside* yang mempengaruhi harga *underlying asset* selama pasar keuangan tak menentu, sehingga harga aset tidak akan turun secara signifikan. Opsi *window reset* adalah opsi *reset* dengan *window reset* terus menerus secara parsial, artinya jika diberikan *window reset* (t_a, t_b) maka selama jangka waktu tersebut harga *strike* disesuaikan ke nilai yang baru jika harga saham di bawah ambang batas tertentu. Misalkan suatu opsi *call* dengan harga *strike* K , *reset strike* αK dan α adalah level *reset*, $0 < \alpha < 1$. *Payoff* dari opsi *call window reset* pada waktu T menurut Hsiao [3] dinyatakan pada persamaan (4), yaitu

$$c(S, T) = \begin{cases} S - K^* & , S \geq K^* \\ 0 & , S \leq K^* \end{cases} \quad (4)$$

dengan

$$K^* = \begin{cases} K & S > \alpha K, \forall t \in (t_a, t_b) \\ \alpha K & S \leq \alpha K, \exists t \in (t_a, t_b). \end{cases}$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

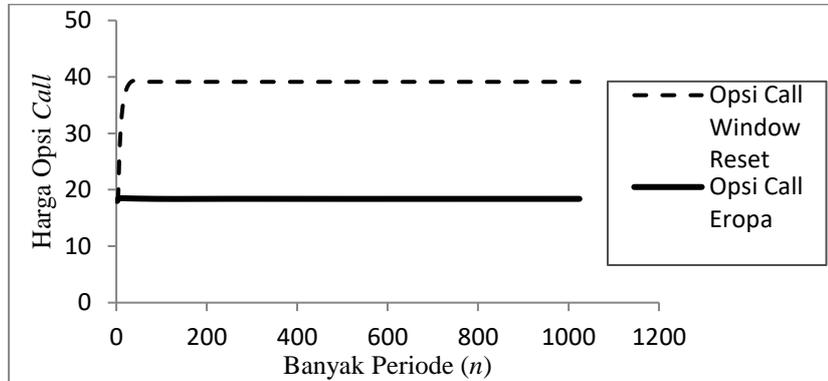
Dengan adanya opsi *call window reset* maka harga opsi mempunyai batasan tertentu. Jika harga saham lebih kecil atau sama dengan nilai *reset strike* selama selang waktu (t_a, t_b) maka harga *strike* akan di-*reset* menjadi nilai yang baru yaitu sebesar αK dan *payoff* opsi *call*-nya adalah sebesar pengurangan dari harga saham dengan harga *strike reset* yaitu $\max\{S - \alpha K, 0\}$. Sebaliknya, jika harga saham pada selang waktu (t_a, t_b) lebih besar dari nilai *reset strike* maka harga *strike* tidak akan di-*reset* dan *payoff*-nya menjadi $\max\{S - K, 0\}$.

Ketika *binomial tree* dan *trinomial tree* diperluas dengan n periode maka sulit sekali untuk mencari harga opsi *call window reset* secara manual. Oleh karena itu, diperlukan simulasi numerik untuk menentukan harga opsi *call window reset* ini. Pada karya ilmiah ini, simulasi dilakukan menggunakan *software* Matlab.

Hasil simulasi pada binomial tree

Kondisi simulasi diatur dengan menggunakan parameter-parameter berikut: $S_0 = 100$, $K = 95$, $r = 0.08$, $\sigma = 0.3$, $T = 1$ tahun. Berdasarkan parameter

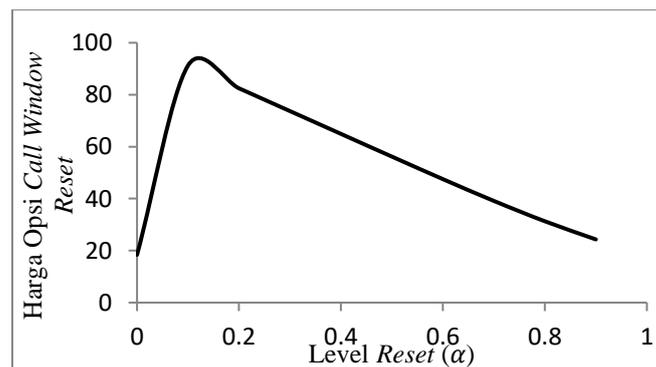
tersebut, diperoleh nilai analitik untuk opsi *call* Eropa adalah sebesar 18.3871. Setelah dilakukan simulasi untuk metode binomial *tree* dengan banyak periode 2 sampai 1024, $\alpha = 0.7$ dan *window reset* (0,0.5) diperoleh Gambar 3.



Gambar 3 Hubungan antara banyaknya periode terhadap harga opsi *call* dengan menggunakan metode binomial *tree*

Dari Gambar 3 terlihat bahwa harga opsi *call* Eropa dengan metode binomial *tree* akan semakin konvergen ke solusi analitik yaitu sebesar 18.3871 untuk n yang semakin besar. Setelah dilakukan simulasi untuk penentuan harga opsi *call window reset* menggunakan metode binomial *tree* terlihat adanya perbedaan nilai yang sangat signifikan, yaitu harga opsi *call window reset* cenderung lebih tinggi dan cenderung menjauhi nilai analitik jika dibandingkan dengan harga opsi *call* Eropa standar.

Dengan menggunakan parameter yang sama, hasil simulasi pengaruh level *reset* terhadap harga opsi *call window reset* disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan antara level *reset* dengan harga opsi *call window reset* dengan menggunakan binomial *tree*

Dari Gambar 4, terlihat bahwa semakin besar level *reset* maka semakin kecil harga opsi *call window reset*. Namun, dari grafik terlihat pula perbedaan yang sangat signifikan pada saat level *reset*-nya adalah nol. Level *reset* sebesar nol

adalah harga opsi *call* Eropa standar. Dengan demikian, pengaruh level *reset* terhadap harga opsi *call window reset* sangat besar yaitu semakin kecil level *reset* maka semakin besar nilai dari opsi *call window reset*.

Selanjutnya, dengan menggunakan parameter-parameter yang sama dilakukan pula simulasi numerik untuk melihat pengaruh *window reset* dan banyak periode terhadap harga opsi *call window reset*. Adapun *window reset* yang digunakan masing-masing adalah (0,0.25), (0,0.5) dan (0,0.75).

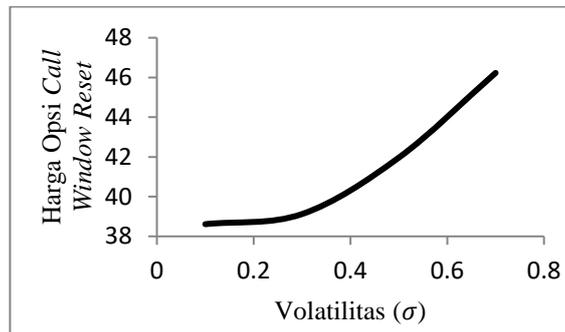
Tabel 1

Hubungan *window reset* dan banyaknya periode terhadap harga opsi *call window reset* dengan menggunakan *binomial tree*.

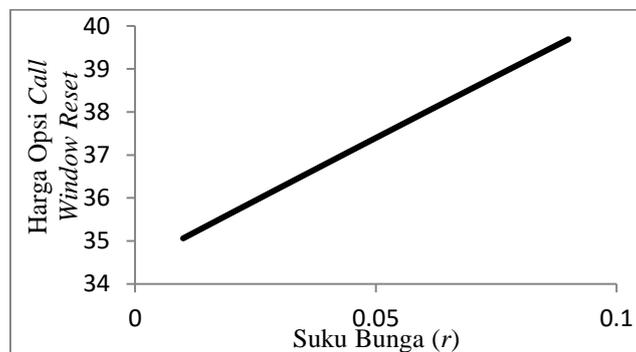
<i>n</i>	Harga Opsi <i>Call Window Reset</i>		
	<i>Window</i> (0,0.25)	<i>Window</i> (0,0.5)	<i>Window</i> (0,0.75)
2	-	18.0148	-
4	18.3732	18.3732	19.9161
8	18.4922	28.2908	28.2908
16	18.4978	35.7642	35.7642
32	39.0759	39.0759	39.0759
64	39.1262	39.1262	39.1262
128	39.123	39.123	39.123
256	39.1202	39.1202	39.1202
512	39.122	39.122	39.122
1024	39.1215	39.1215	39.1215

Dari Tabel 1, panjang interval *window reset* tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap penentuan harga opsi *call window reset*. Pada beberapa pembagian waktu (periode) awal, harga opsi *call window reset* berbeda pada masing-masing *window* yang berbeda. Pada saat $n = 2$ sampai $n = 16$ harga opsi *call window reset* pada masing-masing *window* yang berbeda mempunyai nilai yang terus meningkat seiring meningkatnya periode. Namun pada saat $n = 32$ harga opsi *call window reset* mulai konstan pada masing-masing *window*. Semakin diperbesar periodenya maka harga opsi pada masing-masing *window* adalah sama. Terjadinya perbedaan harga opsi *call reset* pada awal-awal periode dipengaruhi oleh level *reset*.

Beberapa faktor lain yang memengaruhi harga opsi adalah volatilitas dan suku bunga. Gambar 5 merupakan hasil simulasi untuk beberapa volatilitas yang berbeda. Volatilitas harga saham adalah ukuran ketidakpastian mengenai pergerakan harga saham pada masa yang akan datang. Semakin tinggi nilai volatilitas maka semakin tinggi pula kemungkinan harga aset menjadi naik sehingga harga opsipun meningkat. Kenaikan volatilitas ini akan menaikkan risiko saham. Hal ini memengaruhi investor untuk menjual saham tersebut dalam jangka waktu yang cepat.



Gambar 5 Harga opsi *call window reset* menggunakan beberapa volatilitas yang berbeda dengan menggunakan binomial *tree*



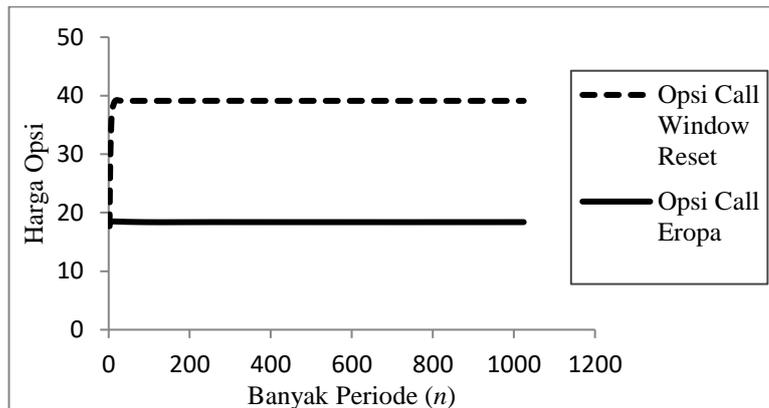
Gambar 6 Hubungan antara suku bunga bebas risiko terhadap harga opsi *call window reset* dengan menggunakan binomial *tree*

Dari Gambar 6, dapat dilihat bahwa suku bunga bebas risiko mempunyai hubungan yang linier terhadap harga opsi *call window reset*. Peningkatan suku bunga akan mengakibatkan penurunan nilai tunai dari harga *strike*, sehingga harga opsi *call window reset* akan semakin meningkat.

Dari semua hasil simulasi di atas, dapat disimpulkan bahwa harga opsi *call window reset* cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan harga opsi *call Eropa*. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh level *reset* yang menyebabkan harga *strike* di-*reset* menjadi nilai yang baru jika melewati batas tertentu pada periode tertentu sehingga berakibat pada meningkatnya harga opsi. Selain itu, harga opsi *call window reset* juga dipengaruhi oleh tingkat suku bunga bebas risiko dan volatilitas. Adapun untuk panjang interval *window reset* tidak berpengaruh besar terhadap harga opsi *call window reset*.

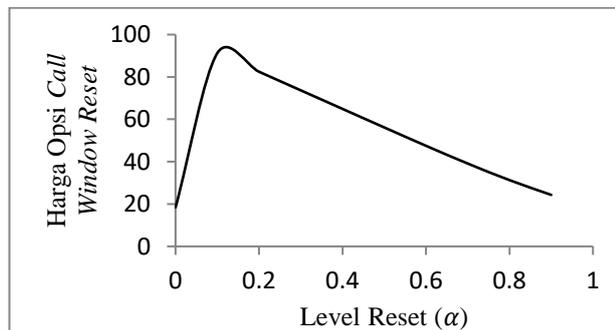
Hasil simulasi pada trinomial *tree*

Kondisi simulasi diatur dengan menggunakan parameter-parameter berikut: $S_0 = 100$, $K = 95$, $r = 0.08$, $\sigma = 0.3$, $T = 1$ tahun, $\alpha = 0.7$ dan *window reset* (0,0.5)



Gambar 7 Hubungan antara banyaknya periode terhadap harga opsi call dengan menggunakan trinomial tree

Dari Gambar 7 terlihat bahwa harga opsi call window reset cenderung lebih tinggi dibanding harga opsi call Eropa standar. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh level reset sehingga pada batasan tertentu harga strike akan di-reset ke nilai baru dan menyebabkan harga opsi menjadi semakin besar. Gambar 8 merupakan hasil simulasi pengaruh level reset dengan harga opsi call window reset.



Gambar 8 Hubungan antara level reset terhadap harga opsi call window reset dengan menggunakan trinomial tree

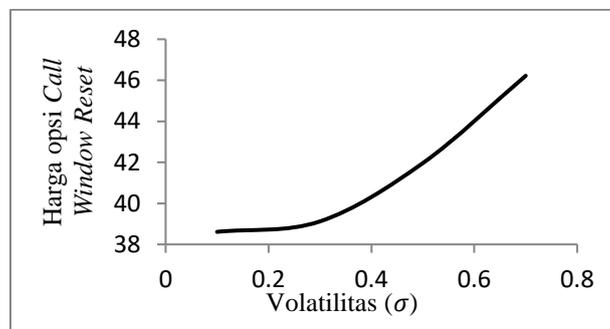
Gambar 8 menunjukkan bahwa level reset yang sangat kecil, dalam hal ini level reset-nya nol maka harga opsi call window reset sama dengan harga opsi call Eropa standar, namun setelah level reset diperbesar 0.1 maka harga opsi call window reset meningkat secara signifikan dan setelah level reset diperbesar 0,1 kembali maka harga opsi call window reset lama kelamaan semakin kecil seiring dengan semakin meningkatnya level reset.

Tabel 2

Hubungan *window reset* dan banyaknya periode terhadap harga opsi *call window reset* dengan menggunakan *trinomial tree*.

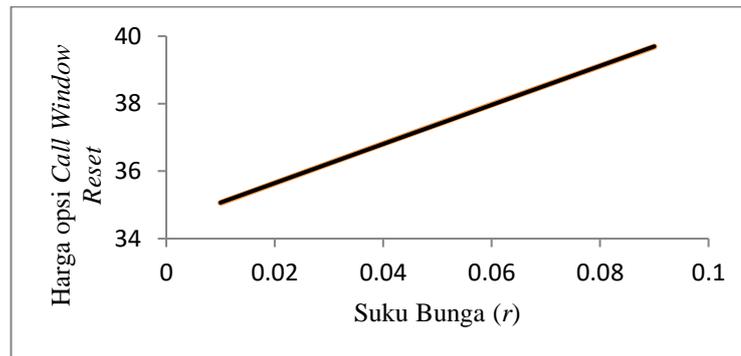
n	Harga Opsi <i>Call Window Reset</i>		
	<i>Window</i> (0,0.25)	<i>Window</i> (0,0.5)	<i>Window</i> (0,0.75)
2	-	17.6866	-
4	18.242	29.4799	29.4799
8	18.4185	37.1189	37.1189
16	39.098	39.098	39.098
32	39.1278	39.1278	39.1278
64	39.1218	39.1218	39.1218
128	39.1193	39.1193	39.1193
256	39.1224	39.1224	39.1224
512	39.1215	39.1215	39.1215
1024	39.1212	39.1212	39.1212

Dari Tabel 2 terlihat bahwa panjang interval *window reset* tidak begitu berpengaruh pada harga opsi *call window reset*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada awal-awal periode waktu harga opsi *call window reset* berbeda pada masing-masing *window*. Pada saat $n = 2$ sampai $n = 8$ harga opsi *call window reset* mempunyai nilai yang berbeda pada masing-masing *window* berbeda. Namun pada saat $n = 16$ dan seterusnya terlihat harga opsi *call window reset* mulai konstan. Semakin banyak periode, harga opsi *call window reset*-nya menjadi sama untuk semua *window*.



Gambar 9 Hubungan antara volatilitas terhadap harga opsi *call window reset* dengan menggunakan *trinomial tree*

Sama halnya dengan harga opsi *call* Eropa standar, pada Gambar 9 terlihat bahwa harga opsi *call window reset* juga dipengaruhi oleh volatilitas. Harga opsi *call window reset* akan cenderung naik dengan semakin meningkatnya volatilitas. Selain volatilitas, suku bunga bebas risiko juga mempengaruhi harga opsi *call window reset*. Gambar 10 menunjukkan adanya pengaruh positif suku bunga bebas risiko terhadap harga opsi *call window reset* yaitu adanya kecenderungan bahwa meningkatnya suku bunga bebas risiko akan meningkatkan harga opsi *call window reset*.



Gambar 10 Hubungan antara suku bunga bebas risiko terhadap harga opsi *call window reset* dengan menggunakan *trinomial tree*

4 SIMPULAN

Opsi *window reset* merupakan opsi saham dengan batasan *reset* tertentu dan pada periode tertentu. Jika selama *window reset* harga saham lebih kecil atau sama dengan nilai *reset strike* maka harga *strike* akan di-*reset* menjadi nilai yang baru. Sebaliknya jika harga saham selama *window reset* lebih besar daripada nilai *reset strike* maka harga *strike* tidak akan di-*reset*.

Dalam menentukan harga opsi *call window reset* menggunakan metode binomial *tree* maupun trinomial *tree* tidak terdapat perbedaan harga yang signifikan. Pada kedua metode tersebut menunjukkan bahwa harga opsi *call window reset* mempunyai nilai yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan harga opsi *call* Eropa standar. Hal ini disebabkan oleh pengaruh level *reset* dan *window reset*. Selain itu, harga opsi *call window reset* juga dipengaruhi oleh nilai volatilitas dan suku bunga bebas risiko. Pada trinomial *tree* harga opsi *call window reset* lebih cepat konvergen menuju nilai analitik dibandingkan dengan binomial *tree*. Hal ini disebabkan oleh pergerakan harga saham pada masing-masing metode berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cheng W, Zhang S. 2000. The Analytics of Reset Options. *Journal of Derivatives*. 8(1):59-71.
- [2] Cox JC, Ross SA, Rubinstein M. 1979. Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*. 7:229-263.
- [3] Hsiao YL. 2013. A Simple Method to Price Window Reset Options. *Journal of Mathematical Finance*. 3: 96-102.
- [4] Hsiao YL, Wang AML, Chen CY. 2011. Pricing an Arithmetic Average Reset Option Using the Green Function Method. *Asia Pacific Management Review*. 18(2) 125-142.
- [5] Hull JC. 2006. *Options, Futures, and Other Derivatives*. Sixth Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

- [6] Hull J, White A. 1987. The Pricing of Option on Asset with Stochastic Volatilities. *The Journal of Finance*. 42(2):281-300.
- [7] Liao SL, Wang CW. The Valuation of Reset Options with Multiple Strike Reset and Reset Dates. *The Journal of Futures and Markets*. 23: 87-107.