

## MODEL MATEMATIKA PENILAIAN OPSI SAHAM KARYAWAN MENGUNAKAN METODE POHON BINOMIAL

**Dewi Laily Fitroh**

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [dewilaily.19031@mhs.unesa.ac.id](mailto:dewilaily.19031@mhs.unesa.ac.id)

**Rudianto Artiono**

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya  
Penulis Korespondensi: [rudiantoartiono@unesa.ac.id](mailto:rudiantoartiono@unesa.ac.id)

Berikan tanda bintang untuk email corresponding author

### Abstrak

Opsi Saham Karyawan, yang selanjutnya disebut OSK, merupakan salah satu sistem kompensasi berbentuk pemberian hak oleh perusahaan terhadap karyawan untuk membeli (*call*) sejumlah saham perusahaan pada harga yang telah ditentukan sebelumnya (*strike price*) dalam suatu periode waktu. OSK sendiri termasuk dalam kategori biaya/beban dalam laporan laba-rugi perusahaan. Sebelum OSK dilimpahkan, perusahaan perlu mengetahui harga atau nilai dari OSK tersebut untuk dianggarkan pada laporan tersebut. Metode penilaian yang dapat diterapkan ke opsi saham karyawan dan dibahas pada Skripsi ini adalah metode pohon binomial/*binomial tree*. Metode pohon binomial pertama kali dikembangkan oleh Cox, Ross, dan Ruberstein pada tahun 1979 dengan mengasumsikan bahwa harga saham di masa mendatang akan bergerak naik atau turun.

Hasil simulasi penilaian OSK dari studi kasus salah satu perusahaan yang tercatat pada Bursa Efek Indonesia selama Januari 2023-April 2023 menggunakan Google Sheets adalah 795.8738647. Lalu, untuk hasil simulasi menggunakan Google Colaboratory (*python programming*) dengan data yang sama adalah 797.496987. Berdasarkan analisis pengaruh variabel terhadap nilai OSK yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa nilai variabel durasi OSK dan banyaknya periode berbanding lurus dengan nilai OSK, sedangkan nilai variabel *strike price* dan *exit rate* berbanding terbalik dengan nilai OSK.

**Kata Kunci:** Model Matematika, Penilaian Opsi Saham Karyawan, Opsi Bergaya Eropa, Metode Pohon Binomial Cox-Ross-Ruberstein (CRR).

### Abstract

*Employee Stock Options, hereinafter referred as ESO, are one of compensation system in which a company grants employees the right to buy (call) a certain number of company stocks at a predetermined price (strike price) within a specified period of time. ESO is considered as a cost/expense in the company's profit and loss statement. Before ESO is granted, the company needs to determine the price or value of the ESO for budgeting purposes in the aforementioned statement. The valuation method that will be applied to employee stock options and discussed in this Thesis is the binomial tree method. The binomial tree method was first developed by Cox, Ross, and Rubinstein in 1979, assuming that the future stock price will move up or down.*

*The simulation results of the ESO valuation for the case study of one of the company listed in Indonesia Stock Exchange during Januari 2023 to April 2023 using Google Sheets is 795.8738647. Furthermore, the simulation results using Google Colaboratory (Python programming) with the same data is 797.496987. Based on the analysis of the variables affect on the ESO value, it can be concluded that the duration of ESO and the number of periods are directly proportional to the ESO value, while the strike price and exit rate variables are inversely proportional to the ESO value.*

**Keywords:** Mathematics Model, Employee Stock Option Valuation, European Option, Cox-Ross-Ruberstein (CRR) Binomial Tree Method.

### PENDAHULUAN

Perusahaan kini memiliki beragam cara untuk memberikan insentif kepada karyawannya sebagai apresiasi atas prestasi kerja dan pencapaian

karyawan. Penelitian oleh *Blackhawk Network* (2021) menyatakan bahwa pelimpahan insentif terbukti meningkatkan loyalitas karyawan terhadap perusahaan sebesar 84%. Oleh karena itu, pemberian

insentif dianggap sebagai salah satu strategi terbaik untuk meningkatkan angka retensi karyawan. Salah satu sistem insentif yang diterapkan oleh perusahaan adalah pemberian opsi saham karyawan *employee stock option*.

Opsi saham karyawan (*employee stock option*) yang selanjutnya akan disebut OSK, merupakan suatu kontrak pemberian hak oleh perusahaan terhadap karyawan untuk membeli (melakukan *exercise* opsi) sejumlah saham perusahaan tersebut pada harga yang telah ditentukan sebelumnya (*strike price/exercise price*) dan dalam suatu periode waktu tertentu (*CNN Money, 2017*). Pada praktik perusahaan secara umum, OSK kerap diterbitkan dalam keadaan *at the money*, di mana nilai *strike price* pada OSK akan sama dengan harga saham perusahaan saat OSK tersebut diterbitkan. OSK termasuk dalam kategori insentif karyawan sehingga OSK dituliskan sebagai biaya/beban dalam laporan laba-rugi perusahaan (Hull, 2016). Sistem insentif OSK juga dipandang sebagai salah satu insentif yang menarik serta memiliki berbagai manfaat yang tidak dimiliki oleh insentif lain. Beberapa di antaranya adalah adanya konektivitas karyawan dengan perusahaannya karena saham yang dimiliki melalui sistem ini dan peningkatan angka retensi karyawan perusahaan (*Human Resource Director, 2014*).

OSK merupakan pengembangan dari opsi beli yang merupakan pemberian hak untuk membeli sejumlah saham pada harga dan waktu yang telah ditentukan. Sebuah opsi saham reguler (bukan OSK) umumnya didapatkan melalui transaksi jual beli, di mana penerbit opsi akan menawarkan harga (disebut sebagai premi opsi) kepada calon pembeli. Demi memastikan berapa harga yang pantas untuk ditransaksikan, maka penerbit opsi harus melakukan penilaian terhadap opsi yang akan dijual. Hal ini juga berlaku untuk OSK. Sebelum OSK dilimpahkan, perusahaan perlu mengetahui harga atau nilai dari OSK tersebut untuk dianggarkan pada laporan laba-rugi perusahaan. Salah satu metode penilaian opsi saham adalah metode pohon binomial/*binomial tree*.

Metode pohon binomial pertama kali dikembangkan oleh Cox, Ross, dan Rubenstein pada tahun 1979 dengan mengasumsikan bahwa harga saham di masa mendatang akan bergerak naik atau

turun. Penelitian terdahulu telah dilakukan oleh Agustina (2009) dengan judul *Kekonvergenan Model Binomial Dalam Penentuan Harga Opsi Eropa*, di mana peneliti membuktikan bahwa harga opsi Eropa dengan model binomial yang diskrit konvergen terhadap harga opsi Eropa dengan model Black-Scholes yang kontinu. Selain itu, penelitian lain telah dilakukan oleh Maulida dkk (2019) dengan judul *Penentuan Harga Opsi Tipe Eropa dengan Model Binomial yang menjelaskan bahwa berdasarkan galat akhirnya, model binomial terbukti menghasilkan harga yang lebih mendekati harga opsi pasar dibandingkan model Black-Scholes jika dikaji secara empiris*. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, penelitian OSK ini diputuskan akan mengimplementasikan model binomial. Penerapan metode pohon binomial terhadap OSK tentunya akan lebih kompleks dibandingkan dengan opsi saham reguler. Hal ini dikarenakan OSK memiliki fitur tersendiri yang tidak diterapkan pada opsi saham reguler. Fitur khusus yang akan diperhitungkan pada penelitian ini antara lain:

1. *Vesting Period* (Karyawan dapat melakukan *exercise* OSK setelah melewati *vesting period*/periode pengakuan hak)
2. *Exit Rate* (Karyawan akan kehilangan hak *exercise* opsi jika meninggalkan perusahaan sebelum *vesting period* berakhir)

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik untuk mengkaji lebih dalam mengenai model matematika penilaian OSK menggunakan metode pohon binomial/*binomial tree* dengan mempertimbangkan adanya fitur *vesting period* dan *exit rate*.

## KAJIAN TEORI

### OPSI SAHAM KARYAWAN

Opsi saham karyawan (*employee stock option*), yang selanjutnya disebut OSK, merupakan bentuk pemberian hak oleh perusahaan terhadap karyawan untuk membeli (*call*) sejumlah saham perusahaan pada harga yang telah ditentukan sebelumnya (*strike price*) dalam suatu periode waktu (*CNN Money, 2017*). Dengan kata lain, OSK merupakan pengembangan dari opsi beli (*call option*) di mana OSK diperlakukan sebagai insentif karyawan atas kontribusinya pada perusahaannya bekerja. Pada umumnya, OSK

diterbitkan dalam kondisi *at the money* dan termasuk dalam biaya/beban dalam laporan laba-rugi perusahaan (Hull, 2016).

Sistem insentif OSK memiliki beberapa kelebihan maupun kekurangan. *Human Resource Director (2014)* menjelaskan kelebihan dan kekurangan ketika perusahaan menerapkan sistem pemberian OSK antara lain:

1. Kelebihan: Dengan karyawan memegang sejumlah saham, karyawan akan merasa lebih terhubung dengan proses bisnis perusahaannya bekerja; OSK terbilang hemat biaya dan lebih menarik; OSK dapat meningkatkan tingkat retensi karyawan pada perusahaan karena adanya fitur *vesting period*; Karyawan akan lebih berdedikasi dengan pekerjaannya karena ia memahami bahwa kontribusinya dapat mempengaruhi imbalan finansial perusahaan; Karyawan dapat memanfaatkan OSK sebagai investasi jangka panjang tanpa *broker*; OSK cenderung menawarkan beberapa benefit dalam perpajakan saham.
2. Kekurangan: Keterlibatan pajak pada *exercise* OSK cukup rumit; Adanya efek dilusi saham dapat merugikan *holder* dalam jangka panjang; Penilaian OSK lebih rumit daripada opsi saham reguler sebab adanya fitur-fitur khusus; Finansial perusahaan dipengaruhi oleh banyak karyawan dan manajemen sehingga diperlukan kooperatif yang sungguh-sungguh.

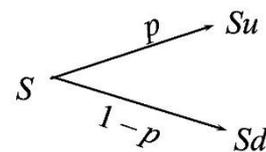
**METODE POHON BINOMIAL (COX-ROSS-RUBINSTEIN)**

Wilmott dkk. (1996) memaparkan metode pohon binomial atau *binomial tree* yang dibangun oleh Cox, Ross, dan Rubinstein pada tahun 1979 sebagai salah satu metode numerik untuk menghitung nilai opsi saham yang diciptakan dengan memperhitungkan pergerakan saham yang acak dan diskrit. Pada metode pohon binomial diberlakukan gagasan bahwa harga saham bergerak acak secara kontinu yang kemudian dimodelkan secara diskrit. Gagasan ini memperhatikan bahwa:

1. Harga saham  $S$  hanya berubah dalam waktu diskrit  $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots, N\Delta t = T$  di mana  $T$  adalah *expiration date* dari opsi;

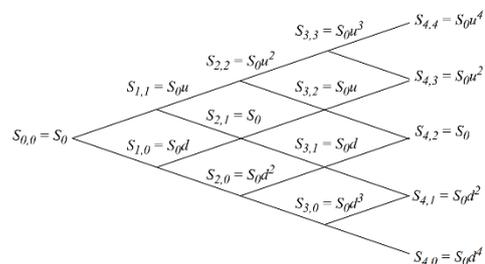
2. Misalkan harga saham pada waktu  $m\Delta t$  adalah  $S_m$ , maka pada waktu  $m + 1\Delta t$  akan terdapat dua kemungkinan harga harga yaitu  $S_mu$  atau  $S_md$  dengan  $0 < d < 1 < u$ . Dengan kata lain, dalam setiap selang waktu harga saham  $S$  dapat naik menjadi  $Su$  atau turun menjadi  $Sd$ ;
3. Probabilitas harga saham naik dan turun diketahui masing-masing sebesar  $p$  dan  $(1 - p)$ .

Berdasarkan gagasan di atas, maka pergerakan harga saham dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Pergerakan Harga Saham dalam Metode Pohon Binomial

Lalu dengan membatasi  $ud = 1$ , maka dapat dibentuk pohon binomial sebagai berikut:



Gambar 2. Plot Pergerakan Harga Saham dengan 4 Periode Waktu

sehingga rumus harga saham pada sub selang waktu ke- $i$  dengan kenaikan sebanyak  $j$  kali adalah

$$S_{i,j} = S_0 u^j d^{i-j} \tag{1}$$

Dengan demikian, perhitungan nilai opsi *call* bergaya Eropa pada saat *expiration date* dengan kenaikan sebanyak  $j$  kali dan *strike price* sebesar  $K$  adalah

$$C_{N,j} = \max(S_{N,j} - K, 0) \tag{2}$$

Pohon Binomial yang diterapkan juga melibatkan asumsi bebas risiko, di mana resiko investasi tidak berhubungan atau tidak mempengaruhi penilaian opsi. Asumsi ini diaplikasikan pada besaran ekspektasi *return* harga saham pada perhitungan, yaitu bernilai sama dengan suku bunga bebas risiko (*risk-free interest rate*). Oleh karena itu, maka dapat dirumuskan nilai opsi *call* bergaya Eropa pada sub

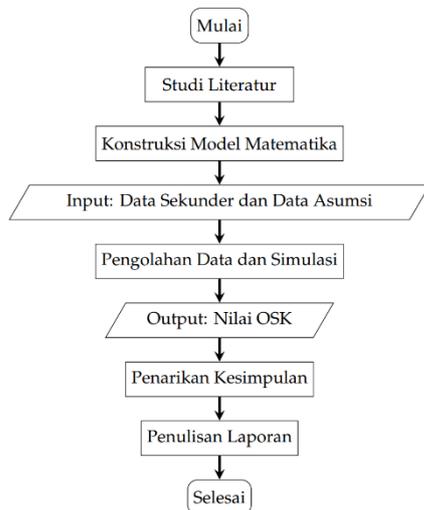
selang waktu ke- $i$  dengan kenaikan sebanyak  $j$  kali sebagai berikut

$$C_{i,j} = e^{-r\Delta t} (p C_{i+1,j+1} + (1-p)C_{i+1,j}) \quad (3)$$

di mana  $r$  adalah suku bunga bebas resiko.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur yang mengungkap teori-teori dari penelitian terdahulu. Berikut diagram alir tahapan penelitian ini:



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Perusahaan yang menjadi target simulasi model matematika penilaian OSK adalah salah satu perusahaan yang tercatat pada Bursa Efek Indonesia. OSK yang dinilai merupakan opsi bergaya Eropa, yang berarti OSK hanya dapat di-*exercise* saat *vesting period* berakhir/saat *expiration date*. Return dari harga saham diekspektasikan memiliki besaran yang sama dengan suku bunga bebas risiko (*free-risk interest rate*). Data yang digunakan merupakan data publik periode Januari 2023-April 2023 berikut ini:

1. Harga Saham Awal (sumber: *Yahoo! Finance*)
2. Volatilitas (sumber: *Yahoo! Finance*)
3. Suku Bunga (sumber: *BI 7-day Repo Rate*)

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data *Exit Rate* yang diambil dari *Company Sustainability Report 2022* dan menggunakan asumsi untuk variabel lainnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### MODEL POHON BINOMIAL UNTUK MENILAI OSK

Model pohon binomial untuk penilaian OSK dibangun dengan prinsip model pohon binomial CRR (Cox-Ross-Rubinstein). Model yang dibangun membagi durasi OSK  $[0, T]$  menjadi  $N$  periode diskrit dengan panjang yang sama yaitu  $\Delta t$ , menghasilkan pembagian waktu sebagai berikut

$$0 = 0\Delta t < 1\Delta t < 2\Delta t < \dots < N\Delta t = T$$

di mana  $T$  merupakan *expiration date* atau *vesting period* dari OSK.

Harga saham  $S$  dimodelkan untuk meningkat sebesar faktor  $u$  atau menurun sebesar faktor  $d$  di setiap periode waktu  $i\Delta t$  dengan peluang harga saham meningkat sebesar  $p$ , di mana  $0 < d < 1 < p$  dan  $u = \frac{1}{d}$  terpenuhi. Adanya diskritisasi pada model menyatakan bahwa parameter  $u$ ,  $d$ , dan  $p$  dapat dikalkulasikan dengan penyamaan nilai ekspektasi dan variansi dari harga saham model diskrit dan kontinu. Nilai dari ekspektasi dan variansi dari model diskrit dan kontinu antara lain:

$$E(S)_{diskrit} = pS_i u + (1-p)S_i d \quad (4)$$

$$Var(S)_{diskrit} = p(S_i u)^2 + (1-p)(S_i d)^2 - S_i^2 (pu + (1-p)d)^2 \quad (5)$$

$$E(S)_{kontinu} = S_i e^{r\Delta t} \quad (6)$$

$$Var(S)_{kontinu} = S_i^2 e^{2r\Delta t} (e^{\sigma^2 \Delta t} - 1) \quad (7)$$

Berdasarkan penyamaan persamaan (4) dengan (6) dan persamaan (5) dengan (7) maka diperoleh:

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} = \frac{e^{(2r + \sigma^2)\Delta t} - d^2}{u^2 - d^2} \quad (8)$$

Persamaan (8) memberikan hubungan  $u$  dan  $d$ . Karena telah diketahui bahwa  $d \leq e^{r\Delta t} \leq u$ , maka dapat dipilih nilainya sebagai berikut

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (9)$$

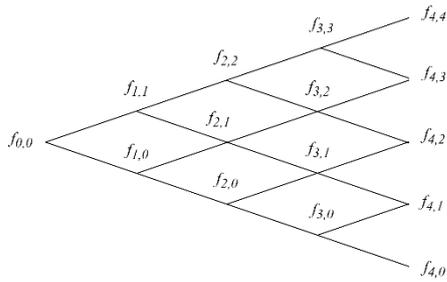
$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (10)$$

dengan  $\sigma$  merupakan volatilitas.

Fitur-fitur OSK yang diperhitungkan pada model antara lain

1. *Vesting Period*, di mana angka *vesting period* sama dengan *expiration date* (*vest period* =  $T = N\Delta t$ ).
2. *Exit Rate* ( $w$ ), peluang karyawan tetap bekerja di perusahaan pada saat *vesting period* dinyatakan dengan  $e^{-w\Delta t}$ .

Sehingga dapat dibangun model pohon binomial untuk penilaian OSK sebagai berikut



Gambar 4. Plot Pergerakan Nilai OSK dengan 4 periode waktu

dengan nilai untuk tiap simpul pohon mengikuti aturan di bawah ini.

1. Saat *vesting period* berakhir atau *expiration date*

Nilai OSK pada periode terakhir akan memiliki nilai yang sama dengan nilai intrinsiknya, yang berarti

- a. Jika harga saham ( $S$ ) > *strike price* ( $K$ ), maka nilai intrinsiknya adalah  $S_{N,j} - K$
- b. Jika harga saham ( $S$ ) ≤ *strike price* ( $K$ ), maka OSK tidak akan di-*exercise*, sehingga nilainya adalah 0

Dengan memperhitungkan 2 skenario tersebut, maka dirumuskan nilai intrinsik OSK adalah

$$\max(S_{N,j} - K, 0)$$

Model penilaian OSK juga memperhitungkan probabilitas karyawan tetap bekerja di perusahaan sebesar  $e^{-w\Delta t}$  dan probabilitas karyawan keluar dari perusahaan sebesar  $(1 - e^{-w\Delta t})$ .

- a. Jika karyawan tetap bekerja di perusahaan saat *vesting period* berakhir, maka OSK akan bernilai  $\max(S_{N,j} - K, 0)$
- b. Jika karyawan keluar dari perusahaan saat *expiration date*, dengan asumsi bahwa salah satu isi kontrak OSK menjelaskan bahwa karyawan akan kehilangan hak *exercise* OSK jika keluar dari perusahaan tepat saat *vesting period* berakhir, maka OSK akan bernilai 0

Dengan demikian, maka rumus nilai opsi pada saat *vesting period* berakhir atau *expiration date* adalah

$$f_{\{N,j\}} = e^{-w\Delta t} \cdot \max(S_{\{N,j\}} - K, 0) + (1 - e^{-w\Delta t}) \cdot 0 \quad (11)$$

2. Selama *vesting period*

Model penilaian selama *vesting period* mengadaptasi model pohon binomial CRR untuk opsi *call* bergaya Eropa, yaitu persamaan (3)

Kemudian, karena model ini meramalkan nilai OSK saat ini dengan *backward recursion* dari harga saham di masa depan yang telah diestimasi, maka diperlukan penyesuaian diskon waktu sebesar  $e^{-r\Delta t}$ . Model penilaian OSK juga memperhitungkan probabilitas karyawan tetap bekerja di perusahaan sebesar  $e^{-w\Delta t}$  dan probabilitas karyawan keluar dari perusahaan sebesar  $1 - e^{-w\Delta t}$ . Dengan demikian, maka rumus nilai opsi pada selama *vesting period* adalah

$$f_{i,j} = e^{-w\Delta t} \cdot e^{-r\Delta t} \cdot (pf_{i+1,j+1} + (1 - p)f_{i+1,j}) + (1 - e^{-w\Delta t}) \cdot e^{-r\Delta t} \cdot 0 \quad (12)$$

**DATA SIMULASI**

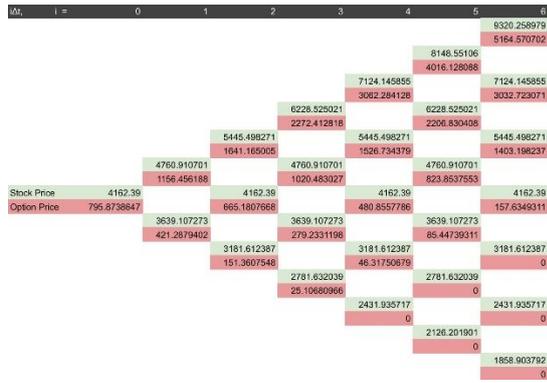
Diketahui data salah satu perusahaan yang tercatat pada Bursa Efek Indonesia untuk diterapkan pada simulasi model penilaian OSK sebagai berikut (Januari 2023 – April 2023):

Tabel 1. Data Simulasi

No.	Notasi	Keterangan	Nilai	Sumber Data
1.	$S_0$	Harga Saham Awal	Rp4162.39	Yahoo! Finance
2.	$v$ atau $\sigma$	Volatilitas	0.19	Yahoo! Finance
3.	$w$	Exit Rate	0.0594	Company Sustainability Report 2022
4.	$r$	Suku Bunga	0.0575	BI 7-Day Repo Rate
5.	$T$ atau <i>vest</i>	Vesting Period	3 Tahun	Asumsi
6.	$N$	Banyaknya Periode	6	Asumsi
7.	$K$	Strike Price	Rp4000	Asumsi

**SIMULASI MODEL MENGGUNAKAN GOOGLE SHEETS**

Berdasarkan data tersedia, maka dapat dibentuk implementasi pohon binomial menggunakan Google Sheets seperti berikut:



Gambar 5. Simulasi Model menggunakan Google Sheets

Berdasarkan simulasi model di atas, maka disimpulkan bahwa nilai OSK perusahaan tersebut adalah Rp795.8738647.

**SIMULASI MODEL MENGGUNAKAN GOOGLE COLABORATORY (PYTHON PROGRAMMING)**

Meskipun penggunaan Google Sheets untuk simulasi berhasil memberikan hasil penilaian OSK yang diinginkan, perhitungannya memerlukan usaha yang lebih tinggi serta waktu yang bervariasi. Hal ini dikarenakan dalam penilaian OSK menggunakan model pohon binomial secara praktikal tidak hanya terbatas pada 6 periode opsi saja. Selain itu, simulasi menggunakan Google Sheets lebih beresiko mendapati terjadinya *human error*. Untuk mengatasi ketidakefisienan tersebut, maka dibangun sebuah implementasi dari model pohon binomial untuk menilai OSK menggunakan Google Colaboratory (*Python Programming*). Algoritme yang diterapkan antara lain: seperti berikut:

1. Membaca variabel bebas/masukan ( $S_0, v, r, T, N, w, K$ )
2. Mengkalkulasikan variabel terikat ( $\Delta t, u, d, p, disc, exit\_adj$ )
3. Membangun 2 array sebagai representasi model pohon pergerakan harga saham dan pohon harga OSK
4. Menghitung harga saham pada setiap simpul
5. Menghitung nilai OSK saat *vesting period* berakhir atau saat *expiration date*
6. Menghitung mundur nilai OSK sebelum *expiration date* atau selama *vesting period*
7. Mengambil nilai OSK saat periode ke-0
8. Membangun tabel untuk model pohon harga saham dan pohon harga OSK (opsional)

Dengan data yang sama, maka dapat diperoleh pohon harga saham dan pohon harga OSK sebagai berikut:

Tabel 2. Simulasi Model Harga Saham menggunakan Google Colaboratory

ij	0	1	2	3	4	5	6
0	4162.39						
1	3639.11	4760.914					
2	3181.615	4162.39	5445.502				
3	2781.634	3639.11	4760.914	6228.53			
4	2431.938	3181.615	4162.39	5445.502	7124.151		
5	2126.203	2781.634	3639.11	4760.914	6228.53	8148.557	
6	1858.905	2431.938	3181.615	4162.39	5445.502	7124.151	9320.266

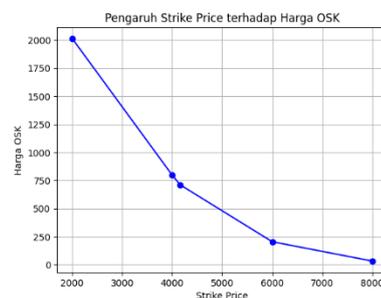
Tabel 3. Simulasi Model Nilai OSK menggunakan Google Colaboratory

ij	0	1	2	3	4	5	6
0	797.497						
1	425.3302	1156.459					
2	161.4339	665.1831	1641.168				
3	25.10729	279.2348	1020.486	2272.417			
4	0	46.31839	480.8582	1526.738	3062.289		
5	0	0	85.44902	823.8571	2206.835	4016.134	
6	0	0	0	157.6379	1403.202	3032.728	5164.577

Berdasarkan simulasi model di atas, maka disimpulkan bahwa nilai OSK perusahaan tersebut (pada periode waktu ke-0) adalah Rp797.496987.

**ANALISIS PENGARUH VARIABEL STRIKE PRICE TERHADAP NILAI OSK**

Berikut ditunjukkan ilustrasi pengaruh variabel *strike price* terhadap nilai OSK:



Gambar 6. Pengaruh *Strike Price* terhadap nilai OSK

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin besar nilai *strike price*, maka harga OSK akan semakin menurun. Pernyataan ini sesuai dengan kondisi sebenarnya karena OSK merupakan pengembangan dari opsi beli, yaitu sebuah opsi beli akan berada dalam kondisi *in the money* jika *strike price* lebih kecil daripada harga saham. Oleh karena itu, peningkatan *strike price* dianggap dapat menurunkan nilai OSK.

**ANALISIS PENGARUH VARIABEL DURASI OSK TERHADAP NILAI OSK**

Berikut ditunjukkan ilustrasi pengaruh variabel durasi OSK terhadap nilai OSK:

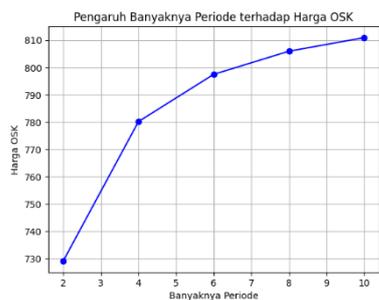


Gambar 7. Pengaruh Durasi OSK terhadap nilai OSK

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin besar angka durasi OSK, maka harga OSK akan semakin meningkat. Pernyataan ini sesuai dengan kondisi sebenarnya di dunia nyata. Durasi OSK yang lebih lama merepresentasikan nilai waktu yang lebih besar sehingga dapat menghasilkan nilai OSK yang lebih tinggi.

**ANALISIS PENGARUH VARIABEL BANYAKNYA PERIODE OSK TERHADAP NILAI OSK**

Berikut ditunjukkan ilustrasi pengaruh variabel banyaknya periode OSK terhadap nilai OSK:



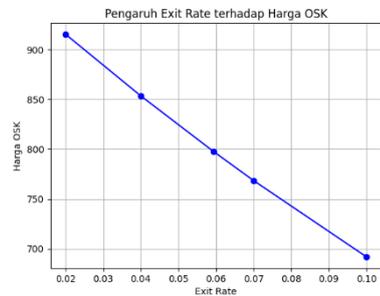
Gambar 8. Pengaruh banyaknya periode OSK terhadap nilai OSK

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar angka periode OSK, maka harga OSK akan semakin meningkat. Pernyataan ini sesuai dengan kondisi sebenarnya di dunia nyata. Angka periode OSK yang lebih besar menunjukkan keakuratan yang lebih tinggi dengan memperhitungkan pergerakan harga saham yang lebih mendekati fluktuasi yang sebenarnya. Dengan banyaknya periode dengan

waktu yang lebih singkat mengakibatkan peningkatan nilai OSK.

**ANALISIS PENGARUH ANGKA EXIT RATE TERHADAP NILAI OSK**

Berikut ditunjukkan ilustrasi pengaruh variabel exit rate terhadap nilai OSK:



Gambar 9. Pengaruh Exit Rate terhadap nilai OSK

Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin besar angka exit rate, maka harga OSK akan semakin menurun. Pernyataan ini sesuai dengan kondisi sebenarnya di dunia nyata. Nilai exit rate yang tinggi merepresentasikan kurangnya keinginan karyawan untuk bertahan di perusahaan. Hal ini berarti jika terdapat karyawan yang keluar dari perusahaan sebelum vesting period berakhir, maka mereka tidak akan mendapatkan hak dari OSK tersebut. Kasus ini dapat mengakibatkan penurunan nilai OSK sebagai insentif karyawan.

**PENUTUP**

**KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dihasilkan dari pertanyaan penelitian yang telah disusun antara lain:

1. Model matematika yang dibangun untuk penilaian harga OSK menggunakan metode pohon binomial mengadaptasi model pohon binomial CRR (Cox-Ross-Rubinstein), dengan waktu kadaluarsa OSK sama dengan vesting period dan mempertimbangkan probabilitas karyawan tetap bekerja di perusahaan sebesar  $e^{-w\Delta t}$ , maka model dirumuskan sebagai berikut
  - a. Saat vesting period berakhir
 
$$f_{\{N,j\}} = e^{-w\Delta t} \cdot \max(S_{\{N,j\}} - K, 0) + (1 - e^{-w\Delta t}) \cdot 0$$
  - b. Selama vesting period

$$f_{i,j} = e^{-w\Delta t} \cdot e^{-r\Delta t} \cdot (pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i+1,j}) + (1 - e^{-w\Delta t}) \cdot e^{-r\Delta t} \cdot 0$$

2. Solusi model matematika penilaian OSK diperoleh melalui studi kasus, di mana pada penelitian ini model matematika disimulasikan ke salah satu perusahaan yang tercatat pada Bursa Efek Indonesia. Data simulasi diambil pada periode Januari 2023 – April 2023, antara lain: harga saham awal = Rp4162.39; volatilitas = 0.19; *exit rate* = 0.0594; suku bunga = 0.0575; durasi OSK = 3 tahun; banyaknya periode = 6; *strike price* = Rp4000. Nilai OSK yang diperoleh menggunakan Google Sheets adalah Rp795.8738647, sedangkan nilai OSK yang diperoleh menggunakan Google Colaboratory adalah Rp797.496987. Setelah mendapatkan nilai OSK, pengaruh beberapa variabel dianalisis dan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:
- Semakin besar angka *strike price*, maka nilai OSK akan semakin menurun.
  - Semakin besar angka durasi OSK, maka nilai OSK akan semakin meningkat.
  - Semakin besar angka periode OSK, maka nilai OSK akan semakin meningkat.
  - Semakin besar angka *exit rate*, maka nilai OSK akan semakin menurun.

## SARAN

Melalui penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa pertimbangan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

- Meneliti model penilaian OSK dengan metode lain, seperti metode Black-Scholes atau metode monte carlo untuk selanjutnya dilakukan perbandingan atas hasil yang diperoleh.
- Menambah karakteristik OSK yang lebih banyak dan bervariasi agar model lebih mendekati keadaan di dunia nyata, seperti *reprice*, efek dilusi, *backdating*, dll.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, F. (2009). Kekonvergenan model binomial dalam penentuan opsi eropa. Dalam Prosiding Seminar Nasional Matematika. Bandung.
- Blackhawk Network (2021). How to build a rewards program. <https://blackhawknetwork.com/sites/default/files/2021-02/0121-How-to-Build-a-Rewards-Program-WL.pdf>. Diakses 14 Februari 2023.
- CNN Money (2017). Employee stock options: What you need to know. <https://money.cnn.com/pf/money-essentials-employee-stock-options/index.html>. Diakses 14 Februari 2023.
- Hull, J. C. (2016). Options, Futures, and Other Derivatives. Pearson Education.
- Human Resource Director (2014). The pros and cons of offering employee stock options. <https://www.hcamag.com/ca/archived/the-pros-and-cons-of-offering-employee-stock-options/127502>. Diakses 14 Februari 2023.
- Maulida, V., Siswanah, E., dan Nisa, E. K., 2019. Penentuan harga opsi tipe eropa dengan model binomial. SQUARE : Journal of Mathematics and Mathematics Education, 1r, 65–72.
- Wilmott, P., Howison, S., dan Dewynne, J., 1996. The Mathematics of Financial Derivatives: A Student Introduction. Cambridge University Press.