

## PEMODELAN MATEMATIKA OPSI SAHAM KARYAWAN MENGGUNAKAN METODE TRINOMIAL BOYLE

**Putri Annafi'u Karomatus Sholikhah**

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [Putriannafiu.19017@mhs.unesa.ac.id](mailto:Putriannafiu.19017@mhs.unesa.ac.id)

**Rudianto Artiono**

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Penulis Korespondensi: [rudiantoartiono@unesa.ac.id](mailto:rudiantoartiono@unesa.ac.id)

### Abstrak

OSK merupakan pengembangan dari opsi beli (call option) yang dapat diartikan penerima OSK mempunyai hak (bukan kewajiban) untuk membeli sejumlah saham perusahaan dengan harga (strike price) dan waktu yang telah ditentukan. OSK termasuk dalam kategori insentif karyawan yang akan masuk dalam laporan keuangan perusahaan. Sebelum OSK diserahkan pada karyawan, perusahaan harus terlebih dahulu mengetahui harga atau nilai OSK tersebut yang akan masuk dalam laporan keuangan perusahaan. Penilaian OSK dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya metode pohon binomial. Tetapi metode pohon binomial memiliki beberapa kelemahan dalam penentuan harga OSK karena dipandang tidak fleksibel dibandingkan dengan situasi pada kenyataannya yang kemungkinan skenarionya berbeda dari pergerakan harga OSK. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemodelan matematika dalam penentuan nilai opsi saham karyawan tipe Eropa menggunakan metode Trinomial yang bergantung pada parameter-parameter yang telah ditentukan. Data saham yang digunakan adalah harga saham harian penutupan (*close*) periode Januari 2023 sampai dengan April 2023, dengan harga saham awal 8613,486842 dengan harga kesepakatan 8500, banyak periode 4, *vesting period* selama 4 bulan, nilai volatilitas 0,43, *exit rate* sebesar 0,01% dan tingkat suku bunga 5,75%. Hasil yang diperoleh berupa pemodelan matematika opsi saham karyawan dan hasil nilai OSK pada periode tersebut adalah 2356,265011.

**Kata Kunci:** opsi saham karyawan, model trinomial, opsi Eropa.

### Abstract

OSK is a development of a call option, meaning that the OSK recipient has the right (not the obligation) to purchase several companies' shares at a predetermined price (strike price) and time. OSK is included in the category of employee incentives that will be included in the company's financial statements. Before the OSK is handed over to employees, the company must first know the price or value of the OSK which will be included in the company's financial statements. OSK assessment can be done using several methods, one of which is the binomial tree method. However, the binomial tree method has several weaknesses in determining OSK prices because it is seen as inflexible compared to the actual situation where the possible scenarios are different from OSK price movements. This study aims to determine the mathematical modeling in determining the value of European-type employee stock options using the Trinomial method which depends on predetermined parameters. The stock data used is the daily closing stock price (*close*) for the period January 2023 to April 2023, with an initial share price of 8613.486842 with a strike price of 8500, many periods of 4, the *vesting period* of 4 months, volatility value of 0.43, the exit rate of 0, 01% and an interest rate of 5.75%. The results obtained are in the form of mathematical modeling of employee stock options and the OSK value for that period is 2356,265011.

**Keywords:** employee stock options, trinomial models, European options.

### PENDAHULUAN

Di era globalisasi ada beberapa perusahaan yang telah melakukan inovasi untuk meningkatkan kualitas pengelolaan tenaga kerja karyawan berupa pemberian insentif. Menurut Gordan (2004), pemberian insentif dapat mendorong semangat kerja karyawan, sehingga hal tersebut sangat berpengaruh pada kualitas kinerja pada perusahaan. Salah satu

bentuk insentif pada perusahaan adalah pemberian kompensasi berupa opsi saham karyawan (*employee stock option*). OSK termasuk dalam kategori insentif karyawan yang akan masuk dalam laporan keuangan perusahaan (Hull & White, 2022).

Phelim Boyle (1986), mengembangkan suatu metode yang memuat tiga kemungkinan skenario pergerakan harga OSK. Metode tersebut dikenal dengan metode pohon trinomial. Metode pohon

trinomial merupakan perluasan dari metode pohon binomial, di mana setiap interval waktu harga OSK diasumsikan dapat bergerak naik, tetap atau turun dengan peluang tertentu, sehingga lebih realistis dalam memperkirakan pergerakan harga atau nilai OSK. Penelitian sebelumnya, Nissa (2020) membahas tentang opsi beli tipe Eropa menggunakan metode Trinomial yang bergantung pada parameter-parameter yang telah ditentukan.

**KAJIAN TEORI**

**OPSI SAHAM**

Menurut Higham (2004), opsi saham adalah suatu hak yang diberikan kepada individu untuk membeli atau menjual suatu instrumen keuangan yang memiliki aset pokok dengan harga dan waktu yang telah ditentukan. Dalam opsi saham beli maupun opsi saham jual terdapat tiga keadaan yang akan terjadi yaitu,  $S_t > K$ ,  $S_t = K$ , atau  $S_t < K$ .

a. Nilai Opsi Saham Beli

Nilai *payoff* opsi saham beli dapat dinyatakan sebagai berikut,

$$C = maks (S_t - K, 0)$$

Dimana C melambangkan nilai opsi saham beli,  $S_t$  menggambarkan harga saham pada waktu jatuh tempo, K merupakan *exercise price*, dan t merupakan waktu saat mencapai jatuh tempo.

b. Nilai Opsi Saham Jual

Nilai *payoff* opsi saham jual dapat dinyatakan sebagai berikut,

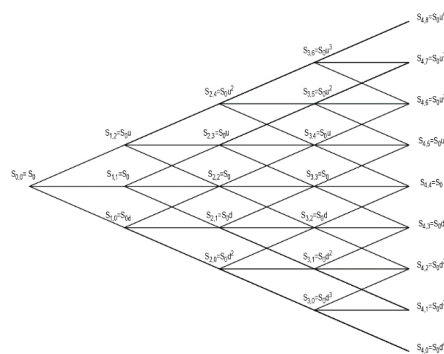
$$P = maks(K - S_t, 0)$$

Dimana P merupakan nilai opsi saham jual.

**PERGERAKAN HARGA SAHAM**

Pada tahun 1998, Hull mengembangkan model trinomial untuk penilaian opsi saham. Dalam hal ini, Hull menyimpulkan bahwa peluang pergerakan harga saham tetap sebesar  $\frac{1}{2}$  dan peluang kenaikan harga saham ditambah peluang penurunan harga saham turun sebesar  $\frac{1}{2}$ . Model trinomial merupakan model diskritasi yang mengubah interval waktu  $[0, T]$  kontinu menjadi partisi waktu T diskrit dengan subinterval waktu yang sama. Dengan demikian, interval waktu  $[0, T]$  dibagi menjadi n subinterval yang sama besar dengan  $0 < t_0 < t_1 < \dots < t_n = T$  sehingga  $\Delta t = \frac{T}{n}$ . Dengan asumsi  $p_u + p_d + p_m = 1$  dan  $u \times d = 1$

Menurut Hull (2012), metode trinomial dalam penilaian opsi saham melibatkan tiga parameter pergerakan harga saham yaitu pergerakan harga saham naik ( $u$ ), harga saham tetap ( $m$ ), dan harga saham turun ( $d$ ), dan tiga peluang terkait dengan pergerakan harga saham yaitu peluang harga saham naik  $p_u$ , peluang harga saham tetap  $p_m$ , dan peluang harga saham turun  $p_d$ . Dengan menggunakan kombinasi dari parameter tersebut, model trinomial memungkinkan penilaian nilai opsi saham secara diskrit dan mengestimasi probabilitas keberhasilan atau kegagalan opsi saham.



Gambar 1. Pohon Trinomial

Berdasarkan pohon trinomial tersebut menunjukkan pada saat  $t_0$ , harga saham awal adalah  $S_0$ . Harga saham awal  $S_0$  bergerak naik dengan peluang  $p_u$  menjadi  $S_0u$ . Harga saham tetap dengan peluang  $p_m$  menjadi  $S_0$  yang memiliki nilai sama dengan harga saham awal  $S_0$ . Harga saham awal  $S_0$  bergerak turun dengan dengan peluang  $p_d$  menjadi  $S_0d$ .

**PENENTUAN HARGA OPSI SAHAM MODEL TRINOMIAL**

Dalam menentukan harga opsi, terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan, termasuk harga saham awal ( $S_0$ ), strike price (K), expiry date (T), selang waktu ( $\Delta t$ ), volatilitas ( $\sigma$ ), dan tingkat suku bunga bebas risiko ( $r$ ) pada waktu ( $t$ ) = 0. Penentuan harga opsi memiliki perbedaan antara tipe Eropa dan tipe Amerika. Opsi Amerika melibatkan nilai intrinsik, sementara opsi Eropa tidak melibatkan nilai intrinsik. Terdapat algoritma khusus yang perlu diperhatikan dalam penentuan harga opsi Eropa, yang meliputi:

1. Input nilai-nilai parameter ( $K, T, r, n, \sigma, S_0$ ).
2. Tentukan parameter ( $u, d, p_m, p_u, p_d$ ).

3. Hitung harga saham pada setiap periode mulai dari waktu  $t = 0$  sampai  $t = T$  (*expiry date*) menggunakan pohon trinomial.
4. Hitung nilai *payoff* pada saat *expiry date* berdasarkan perbedaan antara harga saham dan *strike price*.
5. Dengan menggunakan algoritma *backward*, hitung harga opsi dengan memperhitungkan nilai *payoff* pada setiap periode dan melakukan perhitungan mundur dari waktu *expiry date* hingga waktu awal.
6. Algoritma *backward induction* akan menghasilkan nilai harga opsi pada waktu  $t = 0$ , yaitu  $f_{i,0}$ , di mana  $i$  menunjukkan simpul dalam pohon trinomial.

Dalam pohon trinomial, harga saham dapat ditentukan untuk setiap simpul dengan menggunakan persamaan yang sesuai.

$$S_{ij} = S_0 u^i d^{j-i}; i = 0, 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, 2i + 1$$

dengan  $S_0$  adalah harga saham awal,  $j$  adalah indeks kemungkinan harga saham dan  $i$  adalah interval waktu. Diperoleh harga saham dari setiap selang waktu. Ketika  $j = 0$  dan  $i = 0$  maka ditulis  $S_{0,0}$ , ketika  $j = 0$  dan  $i = 1$ , maka ditulis  $S_{0,1}$ , ketika  $J = 1$  dan  $i = 1$ , maka ditulis  $S_{1,1}$ , dan seterusnya.

Model trinomial selanjutnya bekerja secara mundur (*backward*) untuk memperoleh nilai opsi pada saat  $t_0 = 0$ . Sehingga diperoleh harga opsi saham beli adalah

$$C_{i,j} = e^{-r\Delta t} (P_u C_{i+2,j+2} + P_m C_{i+1,j+1} + P_d C_{i+1,j})$$

### OPSI SAHAM KARYAWAN

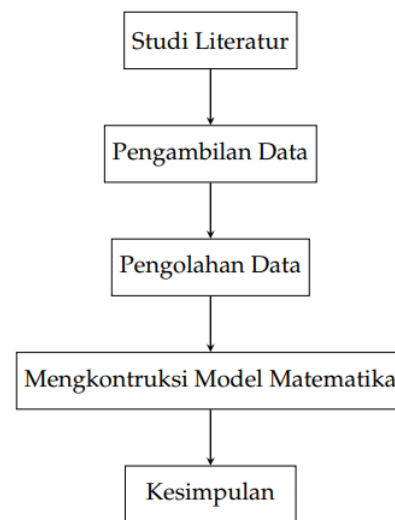
Menurut Artiono (2009), OSK merupakan pengembangan dari konsep opsi beli (*call option*), di mana penerima OSK memiliki hak (bukan kewajiban) untuk membeli sejumlah saham perusahaan dengan harga yang telah ditetapkan (*strike price*) pada saat opsi diberikan, dan opsi tersebut memiliki masa jatuh tempo (*maturity time*) yang telah ditentukan. Cox & Rubinstein (1979), mengungkapkan bahwa OSK memiliki hal-hal khusus yang berbeda dengan opsi yang ditransaksi melalui pasar reguler (opsi reguler), yaitu:

1. OSK merupakan opsi call.
2. OSK memiliki masa tunggu atau *vesting period*.
3. OSK yang dimiliki oleh karyawan tidak dapat dijual.

4. Perhitungan OSK perlu dilakukan terlebih dahulu, agar perusahaan dapat menentukan berapa aset yang harus dialokasikan di awal pembuatan kontrak.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur untuk mengeksplorasi konsep dan teori yang terkait dengan masalah yang akan dibahas dalam penelitian. Rancangan penelitian yang akan dilakukan disusun dan disajikan dalam diagram alur berikut:



Gambar 2. Alur Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### PENENTUAN PARAMETER

Pada model trinomial terdapat beberapa parameter yang berpengaruh yaitu  $u, d, m, p_u, p_d, p_m$ , untuk menentukan parameter tersebut dibutuhkan tiga asumsi, yaitu:

1. Asumsi pertama menyatakan bahwa ekspektasi dari model harga saham diskrit sama dengan ekspektasi harga saham model kontinu
2. Asumsi kedua menyatakan bahwa variansi model harga saham diskrit sama dengan variansi model harga saham kontinu
3. Asumsi ketiga menyatakan bahwa  $p_u + p_m + p_d = 1$  dan  $u \times d = 1$

Diketahui ekspektasi model harga saham diskrit adalah sebagai berikut:

$$E(S_{i+1}) = p_u u S_i + p_m m S_i + p_d d S_i$$

Dan ekspektasi harga saham model harga saham kontinu adalah sebagai berikut:

$$E(S_{i+1}) = S_i e^{r\Delta t}$$

Berdasarkan asumsi 1 maka diperoleh:

$$p_u u + p_m m + p_d d = e^{r\Delta t}$$

Selanjutnya, diketahui varians harga saham kontinu adalah sebagai berikut:

$$Var(S_{i+\Delta t}) = S_i^2 e^{2r\Delta t} (e^{\sigma^2 \Delta t} - 1)$$

Dan varians harga saham diskrit adalah sebagai berikut:

$$Var(S_{i+\Delta t}) = P_u(S_i u)^2 + P_m(S_i m)^2 + P_d(S_i d)^2 - S_i^2 (e^{r\Delta t})^2$$

Berdasarkan asumsi 2 maka diperoleh:

$$e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} = P_u u^2 + P_m m^2 + P_d d^2$$

Setelah asumsi terpenuhi, maka parameter model trinomial dapat ditentukan. Pada penentuan parameter model trinomial Boyle ini akan mengasumsikan,

$$m = 1, \quad p_m = \frac{1}{2}, \quad p_d + p_u = \frac{1}{2}$$

Sehingga untuk model trinomial menurut Boyle dengan asumsi diatas maka didapatkan parameter u, d, p\_u, p\_d, p\_m adalah sebagai berikut

$$u = e^{\sigma\sqrt{2\Delta t}} \quad d = e^{-\sigma\sqrt{2\Delta t}} \quad p_m = \frac{1}{2}$$

$$p_u = \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right) \sqrt{\frac{\Delta t}{8\sigma^2}} + \frac{1}{4}$$

$$p_d = \frac{1}{4} - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right) \sqrt{\frac{\Delta t}{8\sigma^2}}$$

### MODEL TRINOMIAL OSK

Metode penentuan harga OSK Trinomial ini didasarkan pada model penentuan harga OSK yang diusulkan oleh John Hull dan Alan White pada tahun 2004. Metode ini menggunakan pendekatan Binomial CRR. Beberapa asumsi yang digunakan dalam penentuan harga OSK adalah sebagai berikut:

1. Opsi dapat dilaksanakan pada tanggal jatuh tempo (*expiry date*).
2. Asumsi mengenai peluang karyawan meninggalkan perusahaan dalam setiap periode adalah  $(1 - e^{-\lambda\Delta t})$ . Jika seorang karyawan meninggalkan perusahaan, opsi yang dimilikinya menjadi tidak berlaku.
3. Tingkat keluarnya karyawan (*exit rate*) merupakan persentase dari jumlah karyawan yang meninggalkan perusahaan dan dimodelkan sebagai proses Poisson dengan tingkat (*rate*) ( $\lambda$ ).

Jika membagi masa berlakunya Opsi Saham Karyawan (OSK) menjadi N interval waktu yang sama, dengan panjang setiap interval  $\Delta t$ , maka  $S_{i,j}$  akan mewakili harga saham pada saat  $j\Delta t$  pada simpul ke-i, dengan  $j = 0,1,2, \dots, N$  dan  $i = 0,1,2, \dots, j$ . Selanjutnya,  $f_{i,j}$  akan mewakili harga OSK pada saat harga sahamnya adalah  $S_{i,j}$ . Saat periode tunggu (*vesting period*) berakhir, diwakili oleh  $v$ , dan suku bunga bebas risiko adalah  $r$ , sedangkan  $K$  adalah harga pelaksanaan (*strike price*). Pada saat jatuh tempo ( $j=N$ ) untuk setiap simpul di ujung pohon trinomial harga saham, harga opsi diberikan oleh nilai intrinsik opsi yang dinyatakan sebagai berikut:

$$f_{i,N} = \max(S_{i,N} - K, 0)$$

Untuk simpul-simpul lain pada pohon Trinomial dengan  $0 \leq j \leq N - 1$ , berlaku aturan berikut (dengan melakukan proses mundur pada pohon trinomial). Selama periode masa tunggu (*vesting period*) yaitu saat  $j\Delta t < v$ , aturan dalam interval waktu  $\Delta t$  adalah sebagai berikut:

1. Jika karyawan tidak meninggalkan perusahaan dengan peluang  $(1 - e^{-\lambda\Delta t})$ .
2. Jika karyawan meninggalkan perusahaan dengan peluang sebesar  $(e^{-\lambda\Delta t})$ , maka karyawan tidak mendapat kompensasi atas OSK tersebut. OSK dinyatakan hangus.
3. Dari dua kasus tersebut maka harga OSK pada masa tunggu (*vesting period*) yaitu

$$f_{i,j} = (1 - e^{-\lambda\Delta t}) \times e^{-r\Delta t} [p_u f_{i+1,j+2} + p_m f_{i+1,j+1} + p_d f_{i+1,j}] + (e^{-\lambda\Delta t} \times 0)$$

Pada akhirnya akan diproses dengan memperoleh harga OSK yang dicari diberikan oleh nilai  $f_{0,0}$ .

### PENENTUAN HARGA OSK

Data yang digunakan bersumber dari <https://finance.yahoo.com> periode waktu pada bulan Januari 2023 sampai dengan bulan April 2023 dan jatuh tempo bulan April.

Table 1. Data Nilai Parameter

No	Keterangan	Nilai
1	Harga Saham Awal ( $S_0$ )	8613,486842.
2	Harga Kesepakatan (K)	8500
3	Suku Bunga Bebas Resiko (r)	0,0575
4	Volatilitas ( $\sigma$ )	0,43
5	Durasi OSK (T)	4
6	Exit Rate ( $\lambda$ )	0,0001
7	Bayak Periode (N)	4

Dari data-data tersebut akan ditentukan harga Opsi Saham Karyawan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung selang waktu

$$\Delta t = \frac{T}{N} = \frac{4}{4} = 1$$

2. Menghitung parameter ( $u, d, p_u, p_m, p_d$ )

$$u = e^{\sigma\sqrt{2\Delta t}} = 2,363160694$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{2\Delta t}} = 0,423162082$$

$$p_m = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$p_u = \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right) \sqrt{\frac{\Delta t}{8\sigma^2}} + \frac{1}{4} = 0,244686623$$

$$p_d = \frac{1}{4} - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right) \sqrt{\frac{\Delta t}{8\sigma^2}} = 0,255313377$$

3. Menghitung harga saham pada saat waktu  $t = 0$  sampai  $t = T$  (*expirydate*)

$$S_{ij} = S_0 u^i d^{j-i}$$

$$i = 0,1,2, \dots, n;$$

$$j = 1,2, \dots, 2i + 1.$$

4. Kalkulasi dari harga saham  $S_0 u^i d^{j-i}$  dihitung dengan menggunakan persamaan di atas yaitu:

$$S_{0,0} = S_0 = 8613.486842$$

$$S_{0,1} = S_0 d = 4688.990811$$

...

...

$$S_{i,j} = S_0 u^N d^{2N} = S_0 d^8$$

Setelah menghitung harga saham  $S_{i,j}$ , maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai opsi saham beli model trinomial tipe Eropa dengan menggunakan algoritma *Backward*:

$$C_{i,j} = e^{-r\Delta t} (p_u C_{i+1,j+2} + p_m C_{i+1,j+1} + p_d C_{i+1,j})$$

5. Menghitung nilai *payoff* harga opsi dengan menggunakan algoritma *Backward*

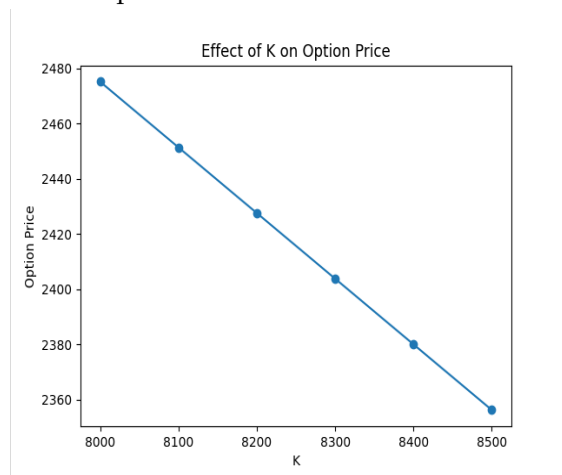
$$f_{i,j} = e^{-\lambda\Delta t} e^{-r\Delta t} [p_u f_{i+1,j+2} + p_m f_{i+1,j+1} + p_d f_{i+1,j}]$$

Berdasarkan dari perhitungan tersebut didapatkan harga Opsi Saham Karyawan model Trinomial dari data harga saham tersebut adalah 2356,265011.

Table 2. Pengaruh nilai K terhadap OSK

Simulasi ke-	$S_0$	K	r	$\sigma$	T	$\lambda$	N	Nilai OSK
1	8613,48 6842	85 00	0,05 75	0, 43	4	0.00 01	4	2356.26 5011
2	8613,48 6842	84 00	0,05 75	0, 43	4	0.00 01	4	2380.03 8075
3	8613,48 6842	83 00	0,05 75	0, 43	4	0.00 01	4	2403.81 114
4	8613,48 6842	82 00	0,05 75	0, 43	4	0.00 01	4	2427.58 4204
5	8613,48 6842	81 00	0,05 75	0, 43	4	0.00 01	4	2451.35 7269
6	8613,48 6842	80 00	0,05 75	0, 43	4	0.00 01	4	2475.13 0334
7	8613,48 6842	85 00	0,05 75	0, 43	4	0.00 01	4	2356.26 5011

Pada Tabel 2, ditunjukkan data simulasi pengaruh harga kesepakatan (*exercise price*) atau K pada simulasi pemodelan OSK.



Gambar 4. Pengaruh nilai K terhadap nilai OSK

Pada Gambar 5, menunjukkan bahwa semakin kecil nilai K maka semakin besar harga OSK.

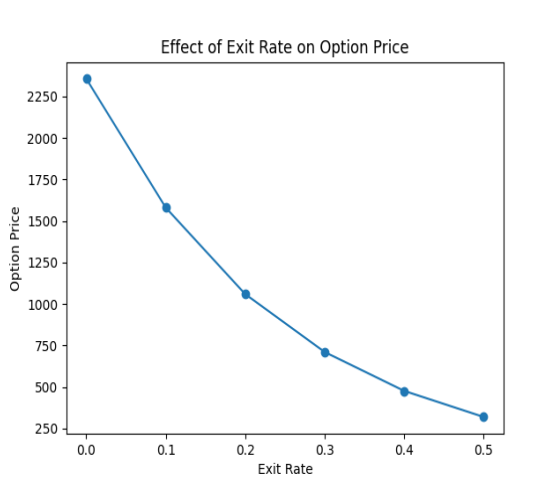
Table 3. Pengaruh nilai Exit Rate terhadap OSK.

Simulasi ke-	$S_0$	K	r	$\sigma$	T	$\lambda$	N	Nilai OSK
1	8613,48 6842	85 00	0,05 75	0, 43	4	0.00 01	4	2356.26 5011
2	8613,48 6842	85 00	0,05 75	0, 43	4	0.1	4	1580.08 3578
3	8613,48 6842	85 00	0,05 75	0, 43	4	0.2	4	1059.16 1696
4	8613,48 6842	85 00	0,05 75	0, 43	4	0.3	4	709.977 3172
5	8613,48 6842	85 00	0,05 75	0, 43	4	0.4	4	475.912 0279
6	8613,48 6842	85 00	0,05 75	0, 43	4	0.5	4	319.013 3725



7	8613,48 6842	85 00	0,05 75	0, 43	4	0.00 01	4	2356.26 5011
---	-----------------	----------	------------	----------	---	------------	---	-----------------

Pada Tabel 3, ditunjukkan data simulasi pengaruh *Exit Rate* pada simulasi pemodelan OSK.



Gambar 5. Pengaruh *Exit Rate* ( $\lambda$ ) Terhadap Nilai OSK

Pada Gambar 6, menunjukkan bahwa semakin besar nilai *Exit Rate* ( $\lambda$ ) maka semakin kecil harga OSK yang didapatkan.

## PENUTUP

### SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah

1. Diperoleh pemodelan matematika pada penentuan harga opsi saham karyawan adalah

$$f_{i,j} = (1 - e^{-\lambda \Delta t}) \times e^{-r \Delta t} [p_u f_{i+1,j+2} + p_m f_{i+1,j+1} + p_d f_{i+1,j}] + (e^{-\lambda \Delta t} \times 0)$$

dengan peluang sebesar  $(1 - e^{-\lambda \Delta t})$  jika karyawan tidak meninggalkan perusahaan dan peluang sebesar  $(e^{-\lambda \Delta t} \times 0 = 0)$  jika karyawan meninggalkan perusahaan.

2. Solusi dari penerapan studi kasus pada <https://finance.yahoo.com> untuk opsi saham karyawan tipe Eropa dengan jangka waktu 4 bulan, nilai opsi saham karyawan dapat dihitung menggunakan model trinomial. Dalam kasus ini setelah konvergensi, nilai opsi saham karyawan yang diperoleh adalah 2356,2650109026063. Pendekatan model trinomial ini dapat digunakan untuk mengestimasi nilai opsi saham karyawan secara diskritisasi.

- A. Pengaruh nilai  $K$  terhadap harga OSK bahwa semakin kecil nilai  $K$  maka semakin besar harga OSK.
- B. Pengaruh nilai *Exit Rate* ( $\lambda$ ) yang mempengaruhi harga OSK bahwa semakin besar nilai *Exit Rate* ( $\lambda$ ) maka semakin kecil harga OSK yang didapatkan.

## SARAN

Pada penelitian selanjutnya penulis menyarankan untuk menggunakan pemilihan opsi Amerika dan menggunakan tambahn beberapa fitur seperti pembagian deviden yang dapat mempengaruhi harga opsi saham karyawan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Artiono, R., 2009. *Penentuan Harga Opsi Saham Karyawan Model VERR*. Tesis, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Telnologi Bandung, Bandung.
- Boyle, P., 1986. *A lattice framework for option pricing with two states variables*. Dalam *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 23, (hal. 1-12).
- Cox, S. R., J.C., dan Rubinstein, M., 1979. *Optional pricing: A simplified approach*. Dalam *Journal of Financial Economics*, vol. 17, (hal. 229-264).
- Dharmawan, K., 2016. *Matematika Finansial I*. Denpasar: Jurusan Matematika FMIPA UNUD.
- Gordan, 2004. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Singaraja: STIE Satya Dharma.
- Hartono, J., 2017. *Teori Portofloio dan Analisis Investasi*. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta, 11<sup>st</sup> ed.
- Higham, D. J., 2004. *An Introduction to Financial Option Valuation*. UK: Cambridge University Press.
- Hull, 2012. *Option, Future and Other Derivatives*. New Jersey: Pearson Prentice, 8<sup>th</sup> ed.
- Hull, J., dan White, A., 2002. *Determining The Value of Employee Stock Options*. New Jersey: Prentice-Hall, 7<sup>th</sup> ed.
- Kuntjoro Adji Sidarto, N. S., Muhammad Syamsuddin., 2019. *Matematika Keuangan*. Bandung: ITB PRESS.
- Nissa, S. N. P. H., Q., 2020. *Penentuan Harga Opsi Beli Tipe Eropa Menggunakan Metode Trinomial*. Pontianak: Bimaster.
- Wild, S. K. H. R., J., 2005. *Financial Statement Analysis*. Jakarta: Salemba Empat.