

Tugas Komputasi Keuangan
Perhitungan Harga Opsi Vanilla dengan
Menggunakan Metode Binomial dan Trinomial

Ditujukan untuk memenuhi salah satu tugas mata kuliah Komputasi Keuangan
MA5262 yang diberikan oleh Bapak Kuntjoro A Sidarto

Disusun oleh :
Andre Raymond (10105031)



PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2009

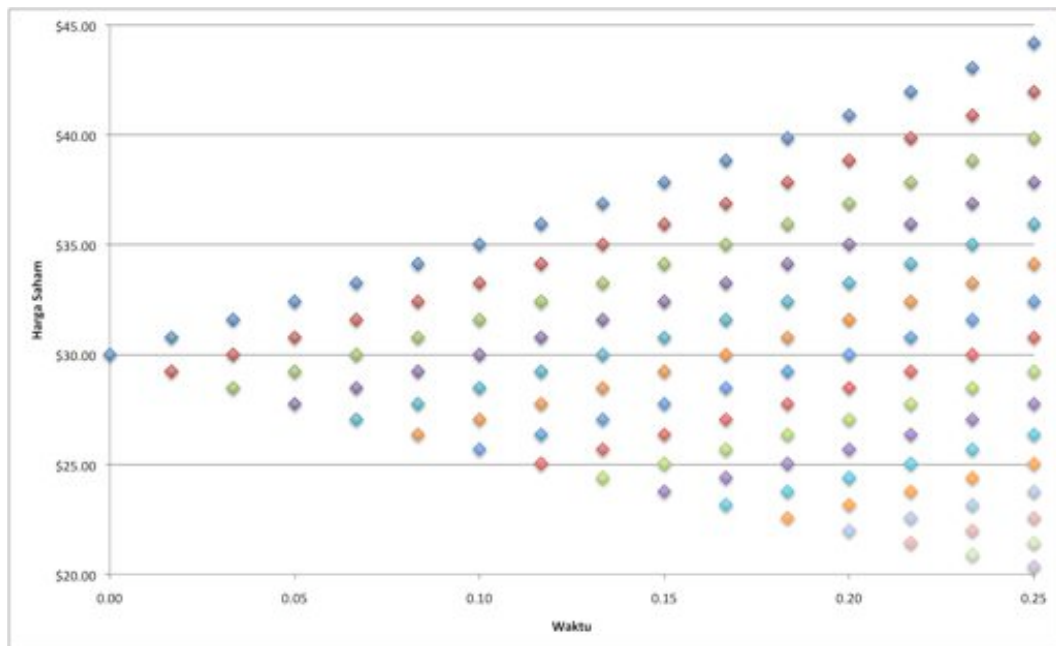
1 Pendahuluan

Rumus perhitungan opsi menggunakan Black-Scholes sangat populer digunakan. Akan tetapi, rumus tersebut memiliki batasan yaitu hanya bisa digunakan untuk menghitung opsi tipe Eropa dan *call* Amerika yang memiliki sifat seperti opsi *call* Eropa. Sedangkan, di bursa saham terdapat opsi-opsi lain yang tidak memiliki rumus eksak untuk menghitungnya. Misalnya, opsi put Amerika yang memiliki fasilitas *early exercise* dan opsi Asian yang nilainya tergantung dari rata-rata harga saham sampai *maturity time*.

Untuk itu, diperlukan metode numerik untuk menghitung harga opsi tersebut. Metode yang paling populer adalah metode *lattice* binomial dan trinomial. Kedua metode numerik tersebut memodelkan pergerakan harga saham hingga *maturity time* secara sederhana untuk menghitung harga opsi pada saat sekarang. Lebih lanjutnya, hasil perhitungan nilai opsi Eropa menggunakan metode binomial akan konvergen menuju nilai opsi Black-Scholes bila banyak langkah yang diambil cukup besar.

2 Metode Binomial

Pada metode binomial, harga opsi dihitung dengan cara mencari *present value* dari ekpektasi *payoff* ketika opsi digunakan pada waktu *maturity time*. Harga saham yang diperlukan untuk menghitung *payoff* dimodelkan secara sederhana menggunakan pohon binomial yang terdiri dari dua kejadian yaitu harga saham naik dan turun.



Gambar 1. Contoh bentuk pohon binomial

Selang waktu $[0, T]$ dibagi menjadi N sub selang yang sama panjang dengan titik bagi $0 = t_0 < t_1 < \dots < t_N = T$ dengan $t_j = j \Delta t$, $\Delta t = T/N$. Selain itu, dimisalkan $S_j = S(t_j)$ adalah harga saham pada saat t_j . Asumsi yang digunakan adalah

1. Dalam selang waktu Δt , harga saham S dapat naik menjadi $S.u$ dan turun menjadi $S.d$ dengan $0 < d < 1 < u$
2. Peluang harga saham naik p dan peluang harga saham turun $1-p$
3. Ekspektasi *return* harga saham dengan *risk-free interest rate* r . $E[S_{j+1}] = S_j e^{r\Delta t}$. Begitupula dengan variansinya.

2.1 Penentuan Nilai Parameter

Dari asumsi di atas, dapat diketahui terdapat tiga buah parameter u , d , dan p yang nilainya belum diketahui. Ketiga nilai parameter tersebut dapat diperoleh dari tiga persamaan. Persamaan pertama dan kedua diperoleh dengan menyamakan ekspektasi dan variansi model binomial dengan model kontinu.

Dengan menyamakan ekspektasi model binomial dengan model kontinu diperoleh

$$\begin{aligned} E[S_{i+1}] &= pS_i u + (1-p)S_i d \\ \Leftrightarrow e^{r\Delta t} &= pu + (1-p)d \end{aligned} \quad (1)$$

Dari (1) dapat diketahui nilai $p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$. Sementara itu, dengan

menyamakan variansi kedua model diperoleh

$$\begin{aligned} \text{Var}[S_{i+1}] &= E[S_{i+1}^2] - (E[S_{i+1}])^2 \\ \Leftrightarrow e^{2r\Delta t}(e^{\sigma^2\Delta t} - 1) &= pu^2 + (1-p)d^2 - e^{2r\Delta t} \\ \Leftrightarrow e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} &= pu^2 + (1-p)d^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Sedangkan persamaan ketiga ditentukan sendiri. Pilihan yang sering digunakan adalah

$$ud=1 \text{ atau } p=\frac{1}{2} \quad (3)$$

Solusi untuk $ud=1$ adalah

$$\begin{aligned} u &= \beta + \sqrt{\beta^2 - 1}, \quad d = \beta - \sqrt{\beta^2 + 1}, \quad \text{dan } p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \\ \beta &= \frac{1}{2}(e^{-r\Delta t} + e^{(r+\sigma^2)\Delta t}) \end{aligned} \quad (4)$$

dan solusi untuk $p=\frac{1}{2}$ adalah

$$u = e^{r\Delta t} \left(1 + \sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1}\right), \quad d = e^{r\Delta t} \left(1 - \sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1}\right), \quad \text{dan } p = \frac{1}{2} \quad (5)$$

Kedua solusi di atas dapat dicari dengan menggunakan rumus solusi persamaan kuadrat pada persamaan yang terbentuk. Jika $\Delta t \rightarrow 0$, maka

dengan menggunakan ekspansi $e^x \approx 1 + x + \frac{x^2}{2}$ dan mengabaikan suku

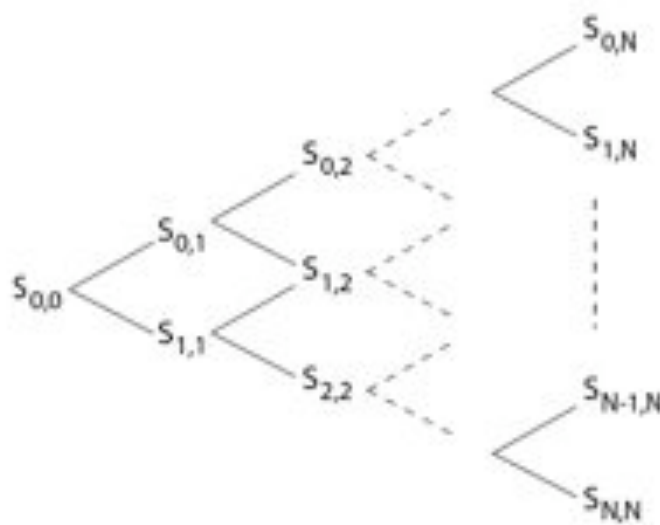
$\Delta t^n, n \geq 2$ diperoleh

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad \text{dan } p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \quad (6)$$

yang merupakan model Cox, Ross, Rubenstein (1979)

2.2 Penentuan Harga Opsi

Seperti yang disebutkan pada pendahuluan mengenai metode binomial, harga opsi dihitung dengan mencari *present value* dari ekpektasi *payoff* ketika opsi digunakan pada waktu *maturity time*. Untuk menghitung *payoff* diperlukan harga saham dan harga *exercise*. Harga saham hingga *maturity time* dimodelkan dengan menggunakan metode binomial N langkah. Model tersebut dapat diilustrasikan seperti gambar di bawah



Gambar 2. Ilustrasi pergerakan harga saham

dengan

$$S_{i,j} = S_{0,0} u^j d^{i-j} \quad \forall j = 0, 1, \dots, N \text{ dan } i = 0, 1, \dots, j \quad (7)$$

merupakan harga saham pada saat t_j yang telah mengalami kenaikan sebanyak j kali dan penurunan sebanyak i kali dari harga awalnya.

Ekspektasi dari nilai *payoff* pada saat *maturity time* sama dengan nilai *payoff* itu sendiri. Nilai *payoff* pada saat *maturity time* untuk sebuah opsi *call* dihitung dengan menggunakan rumus

$$C_{i,N} = \max\{S_{i,N} - K\} \quad \forall i = 0, 1, \dots, N \quad (8)$$

Sedangkan untuk opsi *put* dihitung dengan menggunakan rumus

$$P_{i,N} = \max\{K - S_{i,N}\} \quad \forall i = 0, 1, \dots, N \quad (9)$$

Selanjutnya berdasarkan pergerakan saham, metode binomial bergerak mundur dari $i = N-1$ ke $i=0$ secara rekursif. Harga suatu opsi pada saat ke i dihitung dengan menggunakan rumus

$$V_{i,j} = e^{-r\Delta t} (pV_{i,j+1} + (1-p)V_{i+1,j+1}) \quad \forall i = 0, 1, \dots, j \text{ dan } j = N-1, N-2, \dots, 0 \quad (10)$$

dengan $V_{i,j} = C_{i,j}$ untuk perhitungan opsi *call* dan $V_{i,j} = P_{i,j}$ untuk perhitungan opsi *put*. $V_{i,j}$ merupakan nilai *present value* dari harga opsi pada saat indeks $j+1$. Nilai $V_{0,0}$ yang diperoleh merupakan harga opsi tersebut pada saat sekarang.

Perhitungan untuk opsi Amerika memerlukan sedikit modifikasi. Karena pada opsi Amerika terdapat fasilitas *early exercise*, persamaan (10) harus ditambahkan dengan memasukkan perbandingan *gain* yang diperoleh jika *exercise* dilakukan pada saat sekarang dan ditangguhkan hingga sub selang berikutnya. Sehingga untuk opsi Amerika, diperoleh untuk opsi *call* Amerika

$$C_{i,j} = \max \left\{ \underbrace{0, S_{i,j} - K}_{\text{early exercise}}, \underbrace{e^{-r\Delta t} (pC_{i,j+1} + (1-p)C_{i+1,j+1})}_{\text{tidak diexercise}} \right\} \quad (11)$$

$\forall i = 0, 1, \dots, 2j+1 \text{ dan } j = N-1, N-2, \dots, 0$

dan untuk opsi *put* Amerika

$$P_{i,j} = \max \left\{ \underbrace{0, K - S_{i,j}}_{\text{early exercise}}, \underbrace{e^{-r\Delta t} (pP_{i,j+1} + (1-p)P_{i+1,j+1})}_{\text{tidak diexercise}} \right\} \quad (12)$$

$\forall i = 0, 1, \dots, j \text{ dan } j = N-1, N-2, \dots, 0$

2.3 Kekonvergenan Metode Binomial

Berikut adalah pembuktian kekonvergenan metode binomial terhadap rumus Black-Scholes. Kita bentuk terlebih dahulu rumus perhitungan harga opsi *call* Eropa pada saat sekarang dengan menggunakan ekspektasi *payoff*nya pada *maturity time*.

$$\begin{aligned}
C_{0,0} &= e^{-rn\Delta t} \left(\sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p^j (1-p)^{n-j} (S_{0,0} u^j d^{n-j} - K) \right) \\
&= S_{0,0} \underbrace{\sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (p^*)^j (q^*)^{n-j}}_{N(d_1)?} - K e^{-rn\Delta t} \underbrace{\sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p^j q^{n-j}}_{N(d_2)?}
\end{aligned} \tag{13}$$

$$q = (1-p), \quad p^* = e^{-r\Delta t} pu, \quad \text{dan} \quad q^* = e^{-r\Delta t} qd$$

Selanjutnya kita ketahui bahwa j merupakan banyak kenaikan saham dalam suatu periode. Misalkan $P(j \geq k)$ adalah peluang minimal harga saham naik sebanyak k kali dalam suatu periode. Menurut Teorema Limit Pusat diperoleh

$$P(j \geq k) = P\left(z \geq \frac{k - np}{\sqrt{npq}}\right), z \sim N(0,1) \tag{14}$$

Kita ketahui bahwa k yang diinginkan membentuk harga saham sedemikian sehingga pada saat *maturity time*, opsi dapat diexercise.

$$\begin{aligned}
S_{0,0} u^k d^{n-k} &> K \\
\Leftrightarrow \left(\frac{u}{d}\right)^k &> \frac{K}{S_{0,0} d^n} \\
\ln\left(\frac{K}{S_{0,0}}\right) - n \ln d & \\
\Leftrightarrow k &> \frac{\ln\left(\frac{K}{S_{0,0}}\right) - n \ln d}{\ln u - \ln d}
\end{aligned} \tag{15}$$

Kita gunakan u dan d dari (6) untuk menyederhanakan (15) sehingga diperoleh

$$\Leftrightarrow k > \frac{\ln\left(\frac{K}{S_{0,0}}\right) + n\sigma\sqrt{\Delta t}}{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \tag{16}$$

sehingga persamaan (14) dapat ditulis menjadi

$$P\left(z \geq \frac{k - np}{\sqrt{npq}}\right) = P\left(z \geq \frac{\ln\left(\frac{K}{S_{0,0}}\right) + \frac{T\sigma}{\sqrt{\Delta t}}(1-2p)}{2\sigma\sqrt{Tpq}}\right), T = n\sqrt{\Delta t} \tag{17}$$

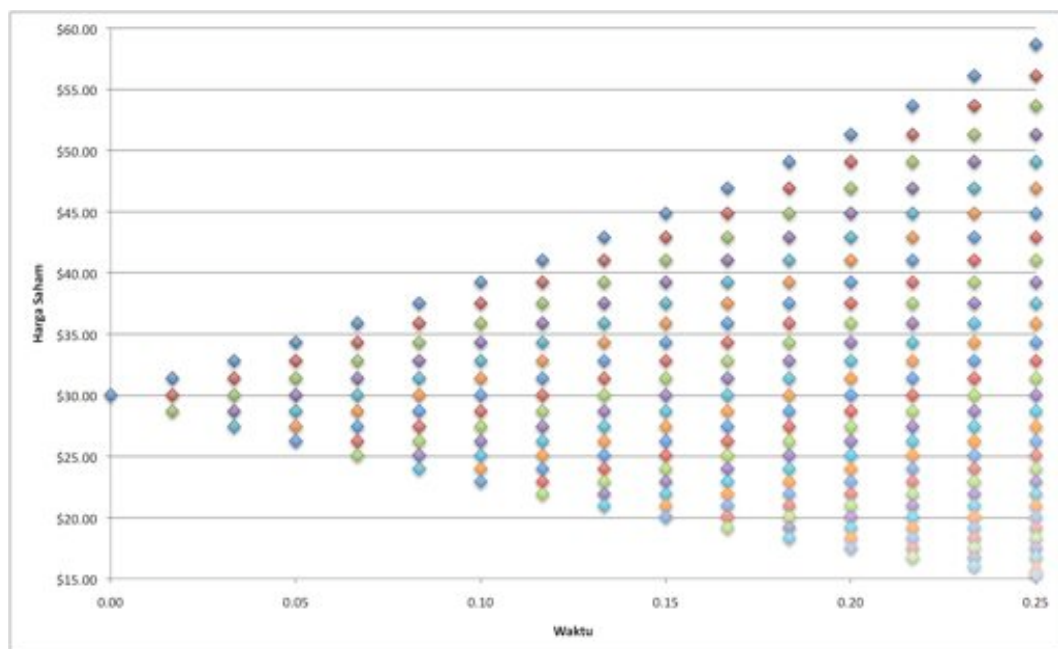
Dengan mengambil banyak langkah yang besar, $\Delta t \rightarrow 0$, dapat dibuktikan bahwa

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} P \left(z \geq \frac{\ln\left(\frac{K}{S_{0,0}}\right) + \frac{T\sigma}{\sqrt{\Delta t}}(1-2p)}{2\sigma\sqrt{Tpq}} \right) = P \left(z \geq \frac{\ln\left(\frac{S_{0,0}}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \right) = N(d_2) \quad (18)$$

Cara yang serupa dapat digunakan untuk membuktikan bagian $N(d_1)$.

3 Metode Trinomial Standar

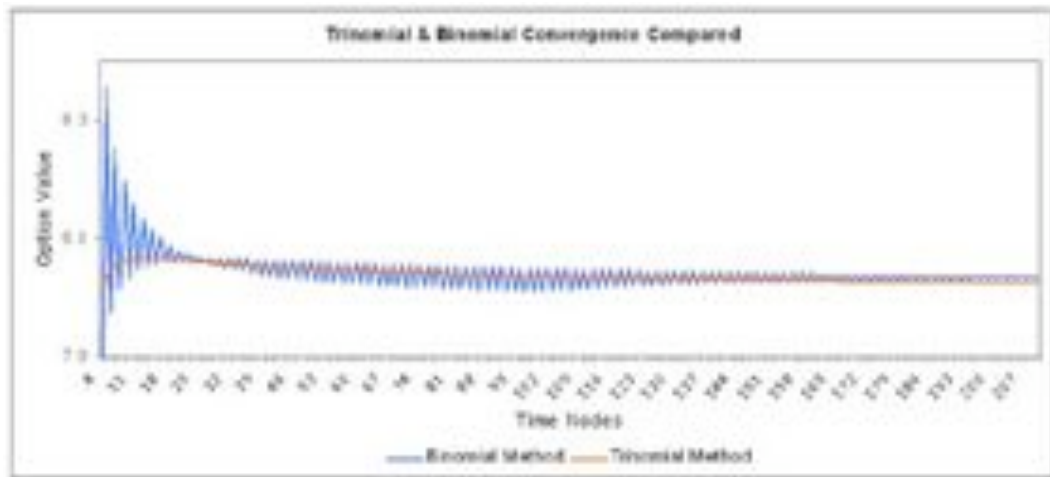
Prinsip perhitungan menggunakan metode trinomial sama dengan metode binomial. Yang membedakan hanyalah model pergerakan harga sahamnya. Pada model trinomial, terdapat tiga kejadian yaitu harga saham naik, tetap, dan turun. Selain itu, dengan besar N yang sama seperti binomial, kemungkinan harga saham saat *maturity time* akan berjumlah $2N+1$, lebih banyak $N+1$ buah dari binomial.



Gambar 3. Contoh bentuk pohon trinomial

Dengan demikian, perhitungan harga opsi dengan menggunakan metode trinomial akan lebih baik daripada metode binomial dengan banyak

langkah yang sama. Akan tetapi, metode trinomial ini tidak dapat dibuktikan kekonvergenannya ke rumus Black-Scholes walaupun secara grafis nilainya akan mendekati Black-Scholes jika diambil banyak langkah yang cukup besar.



Gambar 4. Kekonvergenan perhitungan harga opsi Call Eropa dengan $S = 100$, $K = 102$, $\sigma = 20\%$, dan $r = 8\%$. Grafik yang bergelombang merupakan grafik metode binomial. Grafik trinomial terletak di dalamnya. Sumber : glob alderivatives.com

3.1 Penentuan Nilai Parameter

Misalkan p_1 , p_2 , dan p_3 secara berurutan adalah peluang harga saham naik, tetap, dan turun. Maka dengan menyamakan model trinomial dengan model kontinu diperoleh

$$\begin{aligned} e^{r\Delta t} &= p_1 u + p_2 + p_3 d \\ e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} &= p_1 u^2 + p_2 + p_3 d^2 \end{aligned} \quad (19)$$

Selanjutnya dipilih persamaan lain yaitu

$$p_1 + p_2 + p_3 = 1 \text{ dan } ud=1 \quad (20)$$

dan nilai p_2 yang ditentukan. Dalam Hull(2002) diusulkan $p_2 = \frac{2}{3}$. Solusi yang didapatkan adalah

$$u = \frac{e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} - \frac{1}{3}}{2e^{r\Delta t} - \frac{4}{3}} + \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{\frac{1}{3} - e^{(2r+\sigma^2)\Delta t}}{e^{r\Delta t} - \frac{2}{3}} \right)^2 - 1}, \quad d = \frac{1}{u}, \quad p_1 = \frac{e^{r\Delta t} - \frac{1}{3}e^{-\sigma\sqrt{3\Delta t}} - \frac{2}{3}}{e^{\sigma\sqrt{3\Delta t}} - e^{-\sigma\sqrt{3\Delta t}}}, \quad (21)$$

$$p_2 = \frac{2}{3}, \quad \text{dan } p_3 = \frac{\frac{1}{3}e^{-\sigma\sqrt{3\Delta t}} + \frac{2}{3} - e^{r\Delta t}}{e^{\sigma\sqrt{3\Delta t}} - e^{-\sigma\sqrt{3\Delta t}}}$$

Dengan menyederhanakan persamaan menggunakan ekspansi

$e^x \approx 1 + x + \frac{x^2}{2}$ dan mengabaikan suku $\Delta t^n, n \geq 2$ pada (21) diperoleh

$$u = e^{\sigma\sqrt{3\Delta t}}, \quad d = e^{-\sigma\sqrt{3\Delta t}}, \quad p_1 = \frac{1}{6} + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) \sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}}, \quad p_2 = \frac{2}{3}, \quad (22)$$

$$\text{dan } p_3 = \frac{1}{6} - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) \sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}}$$

3.2 Penentuan Harga Opsi

Penentuan harga opsi dengan menggunakan metode trinomial sama dengan metode binomial. Hanya saja terdapat tiga ruas dalam perhitungan ekspektasi *payoff*-nya seperti yang terlihat di bawah

$$V_{i,j} = e^{-r\Delta t} (p_1 V_{i,j+1} + p_2 V_{i+1,j+1} + p_3 V_{i+2,j+1}) \quad (23)$$

$$\forall i = 0, 1, \dots, 2j+1 \text{ dan } j = N-1, N-2, \dots, 0$$

Sedangkan untuk opsi *call* Amerika diperoleh

$$C_{i,j} = \max \left\{ \underbrace{0, S_{i,j} - K}_{\text{early exercise}}, \underbrace{e^{-r\Delta t} (p_1 C_{i,j+1} + p_2 C_{i+1,j+1} + p_3 C_{i+2,j+1})}_{\text{tidak diexercise}} \right\} \quad (24)$$

$$\forall i = 0, 1, \dots, 2j+1 \text{ dan } j = N-1, N-2, \dots, 0$$

dan untuk opsi *put* Amerika

$$P_{i,j} = \max \left\{ \underbrace{0, K - S_{i,j}}_{\text{early exercise}}, \underbrace{e^{-r\Delta t} (p_1 P_{i,j+1} + p_2 P_{i+1,j+1} + p_3 P_{i+2,j+1})}_{\text{tidak diexercise}} \right\} \quad (25)$$

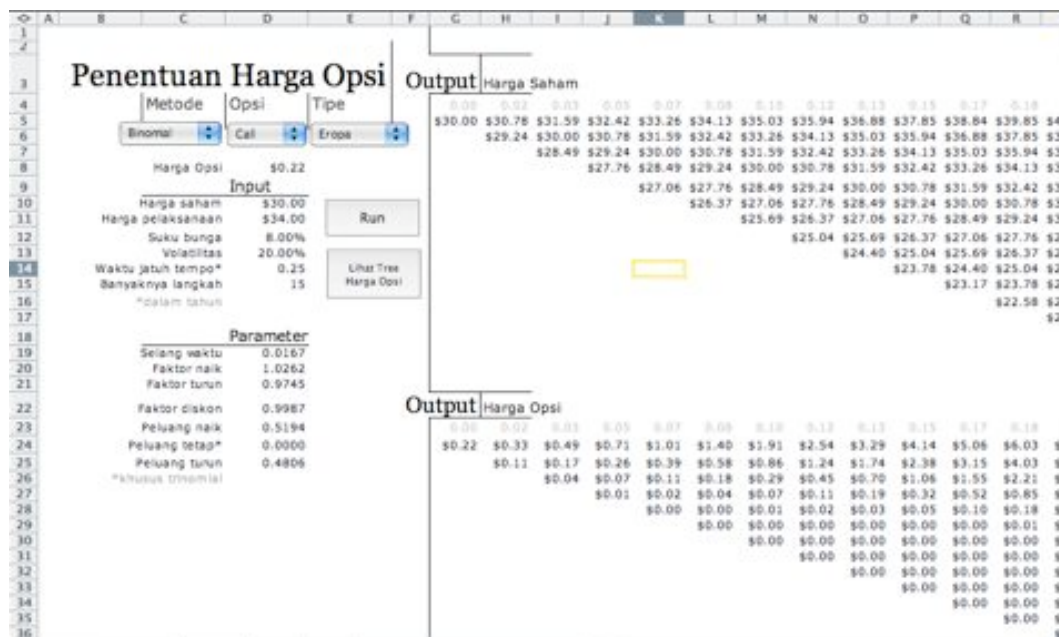
$$\forall i = 0, 1, \dots, 2j+1 \text{ dan } j = N-1, N-2, \dots, 0$$

Perlu diperhatikan bahwa harga saham $S_{i,j}$ tidak bisa dihitung dengan menggunakan (7) karena adanya kemungkinan harga saham nilai tetap.

4 Deskripsi Program

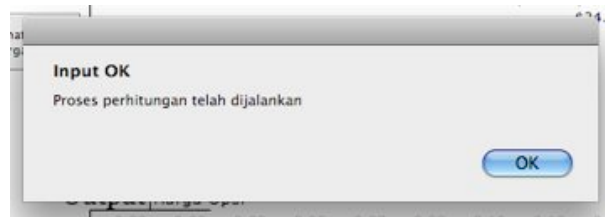
Program yang dibuat memiliki kemampuan untuk menghitung opsi *put* dan *call* untuk tipe Amerika dan Eropa menggunakan metode binomial dan trinomial dengan jumlah baris kode seminimal mungkin. Jika terdapat input yang *invalid*, program akan memberitahu dengan cara memberi *highlight* merah pada input yang nilainya salah.

4.1 Interface



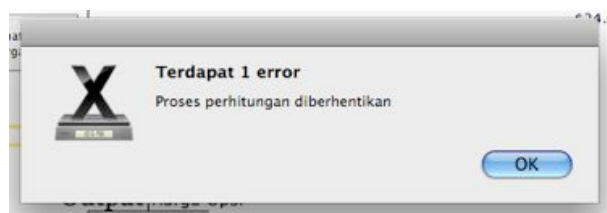
Gambar 5. Interface program perhitungan harga opsi

Untuk menjalankan program, tekan tombol Run setelah input dimasukkan. Jika program berhasil dijalankan, maka akan muncul kotak pemberitahuan



Gambar 6. Pemberitahuan program telah sukses dieksekusi

Sedangkan jika ada input yang salah, program akan memberi peringatan



Gambar 7. Pemberitahuan terdapat input yang salah

dan menandai input yang *invalid* dengan menggunakan *highlight* merah.

Input	
Harga saham	\$30.00
Harga pelaksanaan	\$34.00
Suku bunga	8.00%
Volatilitas	20.00%
Waktu jatuh tempo*	0
Banyaknya langkah	15

*dalam tahun

Gambar 8. Contoh *highlight* pada input yang *invalid*

Pengecekan input ini juga berguna untuk mengatasi kemungkinan terjadinya *crash* atau *infinite loop* pada program karena kesalahan pengisian input.

4.2 Kode Program

Terdapat 8 kombinasi opsi dengan metode perhitungan dan tipe opsi. Cara paling mudah untuk menghitung harga opsi tersebut adalah dengan menggunakan 8 buah perintah `if` bersarang. Akan tetapi, cara tersebut sangat melelahkan untuk dikerjakan dan tidak efisien. Terdapat beberapa trik yang bisa dilakukan untuk menghemat jumlah baris kode program.

Perhatikan (8) dan (9). Nilai *payoff* dari opsi *put* merupakan negasi dari opsi *call*. Salah satu implementasinya dalam program adalah sebagai berikut

```

1 If Opsi = 2 Then Multi = -1 Else Multi = 1
2 For j = 0 To nBar
3     Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + nKol) =
        Application.WorksheetFunction.Max(Multi * (K - Cells(5 +
            j, 7 + nKol)), 0)
4 Next j

```

Kemudian kita perhatikan bentuk perhitungan binomial dan trinomial.

Untuk binomial

$$V_{i,j} = e^{-r\Delta t} (pV_{i,j+1} + (1-p)V_{i+1,j+1}) \quad (26)$$

dan untuk trinomial

$$V_{i,j} = e^{-r\Delta t} (p_1V_{i,j+1} + p_2V_{i+1,j+1} + p_3V_{i+2,j+1}) \quad (27)$$

Bentuk (26) dapat kita perumum dalam bentuk p_1 , p_2 , dan p_3 menjadi

$$V_{i,j} = e^{-r\Delta t} (p_1V_{i,j+1} + p_2V_{i+1,j+1} + p_3V_{i+2,j+1}) \quad (28)$$

dengan $p_1 = p$ dan $p_3 = (1-p)$. Ingat bahwa pada binomial, p_2 bernilai 0 sehingga persamaan (28) akan kembali menjadi (26). Perhatikan bahwa indeks i pada V pada suku p_2 dan p_3 pada (28) lebih kecil dari (27) sebesar 1 sub selang. Pola ini dapat digunakan untuk mereduksi jumlah *if*. Kita berikan nilai variabel `Metode=1` pada metode binomial dan `Metode=2` pada metode trinomial. Implementasinya dalam kode program adalah

```

1 If Metode = 2 Then Min = 0 Else Min = 1
2 For i = nKol - 1 To 0 Step -1
3     Cells(5 + nBar + 3, 7 + i) = i * (T / nKol) 'step
4     For j = 0 To i * (2 - Min) 'Jumlah baris Trinomial 2n+1
5         Nilai = pU * Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + i + 1)
6         Nilai = Nilai + pM * Cells(5 + nBar + 4 + j + 1 - Min, 7
            + i + 1)
7         Nilai = Nilai + pD * Cells(5 + nBar + 4 + j + 2 - Min, 7
            + i + 1)
8         Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + i) = Nilai * diskon
9     Next j
10 Next i

```

Selain itu dengan memberikan nilai variabel `Negara=1` pada tipe Eropa dan nilai `Negara=2` pada tipe Amerika., dapat dicari bentuk umum dari (11), (12), (24), dan (25). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari kode berikut.

```

1 For i = nKol - 1 To 0 Step -1
2     Cells(5 + nBar + 3, 7 + i) = i * (T / nKol) 'step
3     For j = 0 To i * (2 - Min) 'Jumlah baris Trinomial i*(2-0)
4         Nilai1 = pU * Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + i + 1)
5         Nilai1 = Nilai1 + pM * Cells(5 + nBar + 4 + j + 1 - Min,
6             7 + i + 1)
7         Nilai1 = Nilai1 + pD * Cells(5 + nBar + 4 + j + 2 - Min,
8             7 + i + 1)
9         Nilai1 = diskon * Nilai1
10        Nilai2 = (Negara - 1) *
11            Application.WorksheetFunction.Max(Multi * (K - Cells(5
12                + j, 7 + i)), 0)
13        Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + i) =
14            Application.WorksheetFunction.Max(Nilai1, Nilai2)
15    Next j
16 Next i

```

Perhatikan pada baris 8. Isi dari variable `Nilai2` akan selalu bernilai 0 pada opsi Eropa sehingga nilai `Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + i)` pada baris 9 selalu sama dengan sesuai `Nilai1`. Ini sesuai dengan bentuk persamaan (11) dan (12). Sedangkan ketika menghitung nilai harga opsi Amerika, nilai variabel `Nilai2` sama dengan *payoff* yang diperoleh jika opsi diexercise pada saat itu. Akibatnya rumus untuk mencari `Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + i)` sama dengan (24) dan (25).

Daftar Pustaka

- Cox, J., Ross, S., & Rubinstein M., "Option Pricing: A Simplified Approach" *Journal of Financial Economics*, 7. (Sept 1979).
- Hull, J., "Options, Futures & Other Derivatives", 5th Edition 2002 - Chapter 12, 13, 2
- Sidarto, Kuntjoro A. "Catatan Seputar Model Penentuan Harga Saham Tipe Eropa dan Amerika". 2008
- Walkenbach, John. 2007. "Excel 2007 VBA Programming for Dummies". USA : Willey Publishing, Inc.

LAMPIRAN I

SOURCE CODE VBA UTAMA

```

1      Public S As Double          'Harga saham
2      Public K As Double          'Exercise
3      Public r As Double          'interest rate
4      Public sigma As Double      'volatility
5      Public T As Double          'Maturity time
6      Public nKol As Integer      'banyak kolom
7      Public nBar As Integer      'banyak baris
8      Public Metode As Integer
9
10     Sub Hitung()
11     Application.ScreenUpdating = False
12     Application.Calculation = xlCalculationManual
13     SedotInput
14     CekInput
15     FormatWorksheet
16     HitungHargaSaham
17     HitungHargaOpsi
18     Try = TulisanOutput(3, 7, "Harga Saham")
19     Try2 = TulisanOutput(5 + nBar + 2, 7, "Harga Opsi")
20     Application.ScreenUpdating = True
21     Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
22 End Sub
23
24     Sub HitungHargaSaham()
25     u = Range("D20").Value 'besar kenaikan harga saham
26     d = Range("D21").Value 'besar penurunan harga saham
27     Cells(4, 7) = 0
28     Cells(5, 7) = S
29     If Metode = 1 Then
30         For i = 1 To nKol
31             Cells(4, 7 + i) = i * (T / nKol)
32             Cells(5, 7 + i) = Cells(5, 7 + i - 1) * u
33             For j = 1 To i
34                 Cells(5 + j, 7 + i) = Cells(5 + j - 1, 7 + i
35                     - 1) * d
36             Next j
37         Next i
38     Else
39         For i = 1 To nKol
40             Cells(4, 7 + i) = i * (T / nKol)
41             Cells(5, 7 + i) = Cells(5, 7 + i - 1) * u
42             For j = 1 To (i * 2) - 1
43                 Cells(5 + j, 7 + i) = Cells(5 + j - 1, 7 + i
44                     - 1)
45             Next j
46             Cells(5 + (i * 2), 7 + i) = Cells(5 + (i * 2) -
47                 2, 7 + i - 1) * d
48         Next i
49     End If
50     Columns("G:HH").EntireColumn.AutoFit
51 End Sub

```

```

49
50 Sub HitungHargaOpsi ()
51     Opsi = Range("C35").Value      '1=Put, 2=Call
52     Negara = Range("D35").Value   '1=Eropa, 2 = Amerika
53     diskon = Range("D22").Value   'diskon
54     pU = Range("D23").Value       'peluang naik
55     pM = Range("D24").Value       'pada binomial = 0
56     pD = Range("D25").Value       'peluang turun
57
58     'Jika Opsi = Call jadi S - K
59     If Opsi = 2 Then Multi = -1 Else Multi = 1
60     'Hitung kolom ke N
61     For j = 0 To nBar
62         Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + nKol) =
            Application.WorksheetFunction.Max(Multi * (K -
            Cells(5 + j, 7 + nKol)), 0)
63     Next j
64
65     'Jika Metode Trinomial, naikan indeks perhitungan
66     If Metode = 2 Then Min = 0 Else Min = 1
67
68     For i = nKol - 1 To 0 Step -1
69         Cells(5 + nBar + 3, 7 + i) = i * (T / nKol)      'step
70         'Jumlah baris Trinomial i*(2-0)
71         For j = 0 To i * (2 - Min)
72             Nilai1 = pU * Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + i + 1)
73             Nilai1 = Nilai1 + pM * Cells(5 + nBar + 4 + j +
                1 - Min, 7 + i + 1)
74             Nilai1 = Nilai1 + pD * Cells(5 + nBar + 4 + j +
                2 - Min, 7 + i + 1)
75             Nilai1 = diskon * Nilai1
76             'Jika negara Eropa, Nilai2 selalu 0
77             Nilai2 = (Negara - 1) *
                Application.WorksheetFunction.Max(Multi * (K -
                Cells(5 + j, 7 + i)), 0)
78             Cells(5 + nBar + 4 + j, 7 + i) =
                Application.WorksheetFunction.Max(Nilai1,
                Nilai2)
79         Next j
80     Next i
81
82     'Cetak output harga saat T=0 di kolom yang disiapkan
83     Cells(8, 4) = Cells(5 + nBar + 4, 7)
84 End Sub
85
86 Sub SedotInput ()
87     S = Range("D10").Value
88     K = Range("D11").Value
89     r = Range("D12").Value
90     sigma = Range("D13").Value
91     T = Range("D14").Value
92     nKol = Range("D15").Value
93     Metode = Range("B35").Value
94     'Jika Trinomial maka jumlah baris 2n+1
95     If Metode = 2 Then nBar = 2 * nKol Else nBar = nKol
96 End Sub

```

```

97
98   Sub FormatWorksheet()
99       'Bersihkan input
100      Dim Sel As String
101      For i = 10 To 15
102          Sel = "D" + CStr(i)
103          Range(Sel).Select
104          Selection.Font.ColorIndex = 0
105          Selection.Interior.ColorIndex = 2
106      Next i
107
108      'Bersihkan output dan fomate ulang
109      Range("G3:HH1000").Clear
110      Range("G3:HH1000").Select
111      Selection.NumberFormat = "$#,##0.00"
112      Selection.Interior.ColorIndex = 2
113
114      'warna keterangan step dibuat abu
115      Range(Cells(4, 7), Cells(4, 7 + nKol)).Select
116      Selection.Font.ColorIndex = 15
117      Selection.NumberFormat = "0.00"
118      Range(Cells(5 + nBar + 3, 7), Cells(5 + nBar + 3, 7 +
119          nKol)).Select
120      Selection.Font.ColorIndex = 15
121      Selection.NumberFormat = "0.00"
122  End Sub
123  Sub CekInput()
124      shd = 0
125      Title = "Input OK"
126      Msg = "Proses perhitungan telah dijalankan. Untuk langkah
127          yang besar, proses update data akan berlangsung cukup
128          lama."
129      Config = vbOKOnly
130      'Penandaan input yang error
131      If S <= 0 Then shd = shd + Shade("D10")
132      If K <= 0 Then shd = shd + Shade("D11")
133      If r <= 0 Then shd = shd + Shade("D12")
134      If T <= 0 Then shd = shd + Shade("D13")
135      If sigma <= 0 Then shd = shd + Shade("D14")
136      If nKol < 1 Then shd = shd + Shade("D15")
137      If shd > 0 Then 'shd>0 berarti ada error
138          Title = "Terdapat " & shd & " error"
139          Msg = "Proses perhitungan diberhentikan"
140          Config = vbCritical
141      End If
142      Ans = MsgBox(Msg, Config, Title)
143  End Sub

```

LAMPIRAN II

SOURCE CODE VBA INTERFACE

```
1  Function Shade(x)
2      Range(x).Select
3      Selection.Interior.ColorIndex = 3
4      Selection.Font.ColorIndex = 2
5      Shade = 1
6  End Function
7
8  Sub GoToOpsi ()
9      nKol = Range("D15").Value
10     Metode = Range("B35").Value
11     'Jika Trinomial maka jumlah baris 2n+1
12     If Metode = 2 Then nBar = 2 * nKol Else nBar = nKol
13     Cells(5 + nBar + 4, 7).Select
14 End Sub
15
16 Function TulisanOutput(x, y, txt)
17     Cells(x, y).Select
18     ActiveCell.FormulaR1C1 = "Output"
19     With Selection.Font
20         .Name = "Georgia"
21         .Size = 20
22         .Strikethrough = False
23         .Superscript = False
24         .Subscript = False
25         .OutlineFont = False
26         .Shadow = False
27         .Underline = xlUnderlineStyleNone
28         .ColorIndex = xlAutomatic
29     End With
30     With Selection
31         .HorizontalAlignment = xlRight
32         .VerticalAlignment = xlBottom
33         .WrapText = False
34         .Orientation = 0
35         .AddIndent = False
36         .ShrinkToFit = False
37         .MergeCells = False
38     End With
39     Cells(x, y + 1).Select
40     ActiveCell.FormulaR1C1 = txt
41     With Selection.Font
42         .Name = "Verdana"
43         .Size = 12
44         .Strikethrough = False
45         .Superscript = False
46         .Subscript = False
47         .OutlineFont = False
48         .Shadow = False
49         .Underline = xlUnderlineStyleNone
50         .ColorIndex = xlAutomatic
51     End With
52     Cells(x, y).Select
```

```

53     Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
54     Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
55     With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
56         .LineStyle = xlContinuous
57         .Weight = xlThin
58         .ColorIndex = xlAutomatic
59     End With
60     Selection.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlNone
61     Selection.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlNone
62     With Selection.Borders(xlEdgeRight)
63         .LineStyle = xlContinuous
64         .Weight = xlThin
65         .ColorIndex = xlAutomatic
66     End With
67     Range(Cells(x, y), Cells(x, y + 1)).Select
68     Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
69     Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
70     With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
71         .LineStyle = xlContinuous
72         .Weight = xlThin
73         .ColorIndex = xlAutomatic
74     End With
75     With Selection.Borders(xlEdgeTop)
76         .LineStyle = xlContinuous
77         .Weight = xlThin
78         .ColorIndex = xlAutomatic
79     End With
80     With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
81         .LineStyle = xlContinuous
82         .Weight = xlThin
83         .ColorIndex = xlAutomatic
84     End With
85     With Selection.Borders(xlEdgeRight)
86         .LineStyle = xlContinuous
87         .Weight = xlThin
88         .ColorIndex = xlAutomatic
89     End With
90     TulisanOutput = 1
91 End Function

```