

# Implementasi Metode *Fuzzy Black-Scholes Real Options Valuation* pada Rencana Investasi Smelter Nikel

Paiz Jalaludin<sup>1, a)</sup>, Alrafiful Rahman<sup>1, b)</sup> dan Indah Gumala Andirasdini<sup>2, c)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sains Aktuaria, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Darunnajah

<sup>2</sup>Program Studi Sains Aktuaria, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera

<sup>a)</sup> email: [paizjalaludin@darunnajah.ac.id](mailto:paizjalaludin@darunnajah.ac.id)

<sup>b)</sup> email: [alrafifulrahman@darunnajah.ac.id](mailto:alrafifulrahman@darunnajah.ac.id)

<sup>c)</sup> email: [indah.andirasdini@at.itera.ac.id](mailto:indah.andirasdini@at.itera.ac.id)

## Abstrak

Indonesia merupakan negara penghasil nikel terbesar di dunia pada tahun 2022 dengan menyumbang 48,48% dari total produksi nikel dunia. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia memberikan perhatian terhadap pengembangan perusahaan smelter dengan berencana membangun sekitar 53 perusahaan di tahun 2024, dan 56,60 persennya adalah smelter nikel. Potensi smelter nikel tersebut perlu mendapatkan perhatian dari berbagai kalangan khususnya para akademisi dari berbagai disiplin ilmu. Salah satu yang perlu mendapatkan perhatian adalah kajian tentang metode evaluasi nilai ekonomis pada rencana investasi di perusahaan smelter nikel tersebut. Metode DCF meskipun praktis dan banyak digunakan, tetapi masih memiliki kekurangan, yaitu tidak memperhatikan fleksibilitas pengambilan keputusan manajer di tengah periode investasi sedang berlangsung. Sebagai solusinya, metode real options valuation (ROV) memberikan fitur fleksibilitas dalam pengambilan keputusan tersebut. Diantara metode real options yang sering dipakai adalah formula Black-Scholes yang dianggap sebagai metode real options yang paling rigid tetapi lebih praktis. Namun masalah ini bisa diatasi dengan mengimplementasikan metode bilangan *fuzzy* ke dalam metode ROV sehingga membuatnya menjadi lebih fleksibel. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *fuzzy* Black-Scholes ROV merupakan metode yang praktis, dapat memperhitungkan risiko dan unsur fleksibilitas proyek, dan menjadi solusi ketika kurang tersedianya informasi awal tentang karakteristik proyek investasi smelter nikel.

*Kata kunci: real options, Black-Scholes, smelter nikel, fuzzy*

## Abstract

Indonesia is the largest nickel producing country in the world in 2022 by contributing 48.48% of the world's total nickel production. Therefore, the Indonesian government pays attention to the development of smelter companies by planning to build around 53 companies in 2024, and 56.60 percent of them are nickel smelters. The potential of the nickel smelter needs attention from various

circles, especially academics from various disciplines. One that needs attention is the study of the method of evaluating the economic value of the investment plan in the nickel smelter company. The DCF method, although practical and widely used, still has a drawback, which is that it does not pay attention to the flexibility of managers' decision-making in the middle of the ongoing investment period. As a solution, the real options valuation (ROV) method provides flexibility features in making these decisions. Among the real options methods that are often used is the Black-Scholes formula which is considered the most rigid but more practical real options method. However, this problem can be overcome by implementing the fuzzy number method into the ROV method, making it more flexible. The results of this study show that the fuzzy Black-Scholes ROV method is a practical method, can calculate the risks and projects flexibility, and become a solution when initial information is less available about the characteristics of nickel smelter investment projects.

*Keywords: real options, Black-Scholes, nickel smelter, fuzzy*

## Pendahuluan

Terdapat beberapa metode yang sering digunakan untuk mengevaluasi nilai ekonomis pada rencana investasi suatu proyek, diantaranya adalah metode *Discounted Cash Flows* (DCF) dan *Real Options Valuation* (ROV). Metode DCF merupakan metode tradisional yang sederhana, praktis, dan paling populer digunakan dalam valuasi nilai ekonomis rencana investasi suatu proyek [1]. Akan tetapi, metode DCF masih memiliki kekurangan, diantaranya tidak dapat memperhitungkan fleksibilitas proyek dan kurang cocok dalam mengevaluasi rencana investasi yang memiliki tingkat risiko tinggi [2]. Hal ini berbeda dengan metode *Real Options Valuation*, metode tersebut dapat mengakomodir fleksibilitas pengambilan keputusan seorang manajer perusahaan di tengah proyek sedang berjalan [3].

Metode *Real Options Valuation* pertama kali dikenalkan oleh Myers. Menurutnya nilai pasar suatu bisnis terdiri dari dua komponen, yaitu nilai *present value* dari arus kas yang diharapkan dan peluang pertumbuhan yang ketika berkaitan dengan aset nyata disebut dengan real options [4]. Metode *Real Options Valuation* implementasinya mengadopsi metode penentuan nilai opsi saham pada bidang keuangan. Terdapat setidaknya tiga metode untuk menentukan nilai opsi, yaitu metode *lattice* (binomial dan trinomial), metode simulasi Monte Carlo, dan formula Black-Scholes [5]. Ketiga metode tersebut, yang pada awalnya digunakan untuk penentuan opsi saham, kemudian digunakan untuk penentuan opsi pada aset nyata (*real options*).

Metode Black-Scholes [6] memperkenalkan suatu formula untuk menentukan harga opsi berdasarkan persamaan diferensial parsial yang kemudian diterapkan dalam *Real Options Valuation*. Metode tersebut juga mengasumsikan bahwa suatu arus kas berdistribusi normal yang mungkin belum tentu cocok untuk semua arus kas. Formula Black-Scholes juga mengasumsikan bahwa suatu sekenario proyek hanya memiliki satu opsi, padahal kondisi yang sebenarnya memungkinkan memiliki lebih dari satu opsi [5]. Beberapa asumsi tersebut menunjukkan kekakuan metode Black-Scholes. Oleh karena itu, metode Black-Scholes akan menjadi lebih baik jika dikombinasikan dengan metode lain yang memberikan fleksibilitas terhadap asumsi dan sekenario proyek. Salah satu metode yang ditawarkan adalah metode bilangan *fuzzy*.

Terdapat banyak penelitian yang menerapkan metode *fuzzy*, di antaranya [7] telah menerapkan model *Fuzzy Times Series Markov Chain* untuk meramalkan tingkat inflasi di Bandung, sementara [8]

telah menerapkan metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* dalam masalah optimalisasi produksi kain batik, dan [9] telah menerapkan metode *fuzzy mamdani* untuk menentukan stok produk herbal berdasarkan permintaan dan penjualan. Adapun implementasi metode bilangan *fuzzy* pada real options, khususnya pada formula Black-Scholes, pertama kali diterapkan oleh [10]. Dalam papernya, Carlsson [10] mengasumsikan bahwa nilai sekarang dari arus kas ( $S_0$ ) dan biaya investasi awal ( $X$ ) bersifat samar. Dengan kata lain, kurangnya informasi untuk mengetahui kedua parameter Black-Scholes dengan pasti. Untuk mengatasi hal tersebut, ditawarkan metode bilangan *fuzzy* yang dapat memperhitungkan beberapa nilai yang mungkin sebagai keanggotaan dari himpunan *fuzzy*.

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan himpunan *fuzzy real options valuation* (FROV) sebagai metode evaluasi nilai ekonomis pada rencana investasi berbagai proyek. Diantaranya adalah [5] yang mencoba membandingkan *fuzzy real options valuation* (FROV) dengan metode Trinomial dan Black-Scholes. Hasil penelitian tersebut menunjukkan terdapat perbedaan kurang signifikan yaitu sebesar 2,04% antara FROV Black-Scholes dan FROV Trinomial. Selain itu, [11] mengaplikasikan metode *fuzzy real options valuation* (FROV) dengan formula Black-Scholes pada investasi proyek perminyakan. Ia juga menerapkan metode defuzzifikasi dan melakukan diskritisasi pada tingkat suku bunga.

Berdasarkan [12], Indonesia tercatat sebagai negara penghasil nikel terbesar di dunia dengan jumlah total produksi mencapai 1,6 juta atau mensuplai sekitar 48,48% dari total produksi nikel dunia tahun 2022 lalu. Selain itu, pemerintah Indonesia berencana membangun 53 smelter pada tahun 2024, dan 56,60 persennya adalah smelter nikel [13]. Potensi berkembangnya perusahaan smelter nikel di Indonesia akhir-akhir ini perlu mendapatkan perhatian dari berbagai kalangan, khususnya para akademisi dari berbagai disiplin ilmu. Salah satu yang perlu menjadi perhatian adalah ketersediaan metode untuk mengevaluasi nilai ekonomis pada rencana investasi proyek smelter nikel tersebut.

Kajian terkait metode evaluasi nilai ekonomis untuk perusahaan smelter nikel di Indonesia telah dilakukan oleh Husin [14], penelitian tersebut menerapkan opsi real dengan metode binomial menggunakan data yang tersedia pada sebuah perusahaan smelter nikel di Indonesia. Akan tetapi, tidak selamanya data yang kita peroleh dari suatu rencana investasi merupakan data yang pasti. Terkadang ada beberapa parameter yang mengandung unsur ketidakpastian sedemikian rupa sehingga data yang diperoleh terdiri dari beberapa data yang mungkin. Metode himpunan *fuzzy* merupakan metode yang tepat untuk mengatasi hal tersebut. Berdasarkan hal tersebut, penulis mencoba mengimplementasikan metode *fuzzy real options* pada rencana investasi smelter nikel.

## Metode

Penelitian ini menerapkan metode *Real Options Valuation* dengan metode Black-Scholes dan metode *Real Options Valuation* dengan Black-Scholes yang dikombinasikan dengan himpunan *fuzzy* untuk mengevaluasi nilai ekonomis rencana investasi perusahaan smelter nikel. Data yang digunakan merupakan data arus kas pada investasi proyek smelter nikel salah satu perusahaan smelter di Indonesia yang didapatkan dari hasil penelitian [14].

### 1. Metode *Black Scholes Real Options Valuation*

Metode Black Scholes pada awalnya digunakan pada *options pricing* [6]. Namun, seiring berjalannya waktu metode Black Scholes banyak digunakan sebagai *Real Options Valuation* (ROV).

$$ROV = S_0 e^{-\delta T} N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2) \quad (1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \text{ dan } d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (2)$$

dengan  $S_0$  menotasikan nilai sekarang dari *expected cash flows*,  $X$  adalah nilai sekarang dari *fixed cost*,  $\sigma$  merupakan ketidakpastian dari *expected cash flows*,  $r$  menotasikan *risk-free interest rate*,  $t$  menyatakan waktu jatuh tempo, dan  $N(d)$  merupakan fungsi distribusi normal kumulatif.

## 2. Metode Fuzzy Black Scholes Real Options Valuation

Dalam mengevaluasi nilai suatu proyek, kita tidak selalu mendapatkan data yang lengkap dan akurat. Dengan kata lain, terdapat kondisi dimana data yang lengkap dan akurat mengenai arus kas dan parameter-parameter proyek sulit didapatkan. Oleh karena itu, pendekatan *fuzzy* dapat menjadi solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut. Pendekatan *fuzzy* diterapkan oleh [10] dalam real options valuation, dimana *present value* dari *expected cash flows*,  $\hat{S}_0 = (s_1, s_2, \alpha, \beta)$  dan *expected fixed costs*,  $\hat{X} = (x_1, x_2, \alpha', \beta')$  diestimasi sebagai bilangan *fuzzy trapesium*.

Suatu himpunan *fuzzy*  $\hat{H}$  didefinisikan sebagai  $\hat{H} = \{x \in \mathbb{R} \mid \mu_{\hat{H}}(x)\}$  dengan  $x$  terdefinisi pada garis real  $\mathbb{R}$  dan  $\mu_{\hat{H}}(x)$  merupakan fungsi kontinu yang memetakan  $\mathbb{R}$  ke interval tutup  $[0,1]$ . Bilangan *fuzzy trapesium* dapat dinotasikan sebagai  $\hat{M} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ , dimana  $m_1 \leq m_2 \leq m_3 \leq m_4$  dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu_{\hat{M}}(x) = \begin{cases} \frac{x - m_1}{m_2 - m_1}, & x \in [m_1, m_2] \\ 1, & x \in [m_2, m_3] \\ \frac{m_4 - x}{m_4 - m_3}, & x \in [m_3, m_4] \\ 0, & x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (3)$$

Misalkan  $\hat{M}$  dan  $\hat{N}$  merupakan himpunan bilangan *fuzzy trapesium*, dengan  $\hat{M} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$  dan  $\hat{N} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ , maka operasi dasar dari himpunan tersebut diberikan dalam persamaan (4)-(9)

$$\hat{M} \otimes \hat{N} \cong (m_1 \times n_1, m_2 \times n_2, m_3 \times n_3, m_4 \times n_4) \quad (4)$$

$$\hat{M} \oplus \hat{N} \cong (m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3, m_4 + n_4) \quad (5)$$

$$\hat{M} \ominus \hat{N} \cong (m_1 - n_4, m_2 - n_3, m_3 - n_2, m_4 - n_1) \quad (6)$$

$$\frac{\hat{M}}{\hat{N}} \cong \left(\frac{m_1}{m_4}, \frac{m_2}{m_3}, \frac{m_3}{m_2}, \frac{m_4}{m_1}\right) \quad (7)$$

Selain itu, nilai ekspektasi dan variansi posibilitistik dari bilangan *fuzzy*  $\hat{M}$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan (8) dan (9)

$$E(\hat{M}) = \frac{m_1 + m_2}{2} + \frac{m_4 - m_3}{6} \quad (8)$$

$$\sigma^2(\hat{M}) = \frac{(m_2 - m_1)^2}{4} + \frac{(m_2 - m_1)(m_3 + m_4)}{6} + \frac{(m_3 + m_4)^2}{24} \quad (9)$$

Dengan menggunakan aturan pada persamaan-persamaan di atas, *fuzzy real option value* (FROV) dapat ditentukan dengan formula pada persamaan (10)-(12)

$$FROV = \hat{S}_0 e^{-\delta T} N(d_1) - \hat{X} e^{-rT} N(d_2) \quad (10)$$

$$FROV = (s_1, s_2, \alpha, \beta) e^{-\delta T} N(d_1) - (x_1, x_2, \alpha', \beta') e^{-rT} N(d_2)$$

$$FROV = \left( s_1 e^{-\delta T} N(d_1) - x_2 e^{-rT} N(d_2), s_2 e^{-\delta T} N(d_1) - x_1 e^{-rT} N(d_2), \alpha e^{-\delta T} N(d_1) \right. \\ \left. + \beta' e^{-rT} N(d_2), \beta e^{-\delta T} N(d_1) + \alpha' e^{-rT} N(d_2) \right) \quad (11)$$

dengan

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{E(\hat{S}_0)}{E(\hat{X})}\right) + \left(r - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad \text{dan} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (12)$$

dengan  $\hat{S}_0$  adalah nilai yang mungkin untuk *present value* dari *expected cash flows*,  $\hat{X}$  menotasikan nilai yang mungkin dari biaya tetap,  $E(\hat{S}_0)$  merupakan ekspektasi nilai yang mungkin untuk *present value* dari *expected cash flows*,  $E(\hat{X})$  menotasikan ekspektasi nilai yang mungkin dari biaya investasi, dan  $\sigma(\hat{S}_0)$  merupakan variansi positifistik *present value* dari *expected cash flows*.

### Hasil dan Diskusi

Pada penelitian sebelumnya, Husin [14] telah mengimplementasikan metode *Discounted Cash Flows* (DCF) dan metode *Binomial Real Options Valuation* pada rencana investasi pembangunan smelter jenis produk *Nickel Pig Iron* (NPI) di salah satu perusahaan smelter nikel di Indonesia. Data arus kas selama 20 tahun yang digunakan tersedia pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Arus Kas Investasi Smelter Nikel

Tahun	Investasi (USD)	Aliran Kas (USD)	Tahun	Investasi (USD)	Aliran Kas (USD)
0	112,942,384.00	- 112,942,384.00	11	7,379,380.89	- 7,379,380.89
1		14,945,438.50	12		40,606,264.89
2		31,301,224.23	13		40,606,264.89
3		31,301,224.23	14		40,606,264.89
4		31,301,224.23	15		40,606,264.89
5		31,301,224.23	16		40,606,264.89
6		31,301,224.23	17		40,606,264.89
7		31,301,224.23	18		40,606,264.89
8		31,301,224.23	19		40,606,264.89
9		31,301,224.23	20		40,606,264.89
10		31,301,224.23			

Nilai NPV terlebih dahulu dihitung menggunakan metode DCF. Nilai diskon yang digunakan pada metode DCF adalah *Weighted Average Cost Of Capital* (WACC). Dengan menggunakan asumsi-asumsi yang diberikan oleh [14], diperoleh nilai market pasar proyek dengan metode DCF sebesar \$170.332.745 dan nilai aset pokok sebesar \$316.502.013. Setelah itu, akan dihitung nilai market pasar proyek dengan menggunakan metode ROV. Adapun parameter *real options* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Parameter *Real Options*

Parameter	Deskripsi	Nilai
$S_0$	PV aset pokok	\$316.502.013
$X$	PV biaya kapital	\$112.942.384
$\delta$	<i>Convenience yield</i>	0,0208
$T$	<i>Maturity time</i>	20
$r$	<i>risk-free interest rate</i> [15]	5,75%
$\sigma$	Volatilitas NPV	34,01%

Dengan menggunakan parameter *real options* pada Tabel 2 dan menggunakan persamaan (1) dan (2), diperoleh nilai market pasar (*market value*) proyek dengan metode *Black-Scholes Real Options Valuation* (ROV) sebesar \$176.565.782.

Selanjutnya akan dihitung nilai market pasar proyek dengan metode *Black-Scholes Fuzzy Real Options Valuation* (FROV). Nilai sekarang dari aset pokok dan biaya kapital akan dilakukan fuzzifikasi sedemikian rupa sehingga nilai volatilitas NPV memiliki nilai  $\sigma = 34,01$ . Tahap berikutnya adalah menghitung nilai market pasar proyek dengan metode *Fuzzy Real Options Valuation* (FROV) pada (10)-(12), sebagai berikut.

$$S_0 = \$316502013, \quad \hat{S}_0 = (\$300676912, \$332327114, \$231046469, \$231046469)$$

$$X = \$112942384 \quad \hat{X} = (\$107295265, \$118589503, \$82447940, \$82447940)$$

Tahap berikutnya adalah menentukan  $E(\hat{S}_0)$  dengan menggunakan persamaan (8)

$$E(\hat{S}_0) = \frac{s_1 + s_2}{2} + \frac{\beta - \alpha}{6}$$

$$E(\hat{S}_0) = \frac{300676912 + 332327114}{2} + \frac{231046469 - 231046469}{6}$$

$$E(\hat{S}_0) = 316502013$$

Selanjutnya akan dicari nilai  $\sigma(\hat{S}_0)$  dengan menggunakan persamaan (9) dengan menentukan terlebih dahulu nilai-nilai berikut

$$s_2 - s_1 = 332327114 - 300676912 = 31650202$$

$$\alpha + \beta = 231046469 + 231046469 = 462092938$$

$$\sigma(\hat{S}_0) = \frac{\sqrt{\frac{(s_2 - s_1)^2}{4} + \frac{(s_2 - s_1)(\alpha + \beta)}{6} + \frac{(\alpha + \beta)^2}{24}}}{E(\hat{S}_0)}$$

$$\sigma(\hat{S}_0) = \frac{\sqrt{\frac{(31650202)^2}{4} + \frac{(31650202)(462092938)}{6} + \frac{(462092938)^2}{24}}}{316502013}$$

$$\sigma(\hat{S}_0) = \frac{107633954}{316502013} = 34,01\%$$

Kemudian akan dicari nilai  $E(\hat{X})$  dengan menggunakan persamaan (8)

$$E(X) = \frac{x_1 + x_2}{2} + \frac{x_4 - x_5}{6}$$

$$E(X) = \frac{107295265 + 118589503}{2} + \frac{82447940 - 82447940}{6}$$

$$E(X) = 112942384$$

Tahap berikutnya adalah menentukan nilai  $N(d_1)$  dan  $N(d_2)$  dengan menggunakan persamaan (2)

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{316502013}{112942384}\right) + \left(0,0575 - 0,0208 + \frac{(0,3401)^2}{2}\right)20}{(0,3401)\sqrt{20}} = \frac{2,9211}{1,5209} = 1,9206$$

sehingga  $N(d_1) = 0,9726$  dan  $d_2 = 1,9206 - (0,3401)\sqrt{20} = 0,3996$ , dengan demikian nilai  $N(d_2) = 0,6553$ .

Berikutnya akan dicari nilai *Fuzzy Real Options Valuation* dengan menggunakan persamaan (12)

$$FROV = \left( s_1 e^{-\delta T} N(d_1) - x_2 e^{-rT} N(d_2), s_2 e^{-\delta T} N(d_1) - x_1 e^{-rT} N(d_2), \alpha e^{-\delta T} N(d_1) + \beta' e^{-rT} N(d_2), \beta e^{-\delta T} N(d_1) + \alpha' e^{-rT} N(d_2) \right) = (FROV_1, FROV_2, FROV_3, FROV_4)$$

sehingga diperoleh

$$FROV_1 = (300676912)e^{-(0,0208)(20)}(0,9726) - (118589503)e^{-(0,0575)(20)}(0,6553) = \$168309437$$

$$FROV_2 = (332327114)e^{-(0,0208)(20)}(0,9726) - (107295265)e^{-(0,0575)(20)}(0,6553) = \$190959831$$

$$FROV_3 = (231046469)e^{-(0,0208)(20)}(0,9726) + (82447940)e^{-(0,0575)(20)}(0,6553) = \$165347871$$

$$FROV_4 = (231046469)e^{-(0,0208)(20)}(0,9726) + (82447940)e^{-(0,0575)(20)}(0,6553) = \$165347871$$

Jadi nilai *FROV* adalah

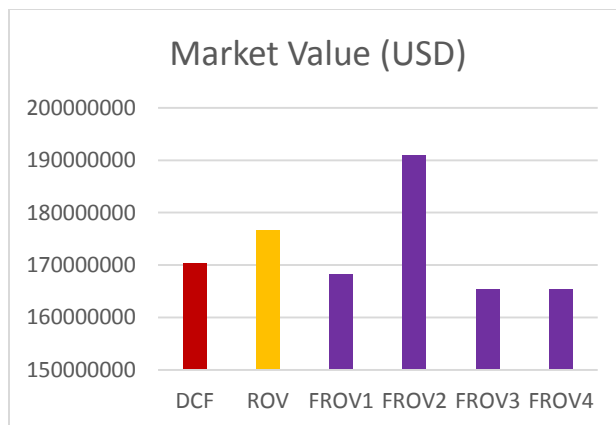
$$FROV = (\$168309437, \$190959831, \$165347871, \$165347871)$$

Hasil tersebut menunjukkan terdapat empat kemungkinan nilai market pasar pada rencana investasi smelter nikel \$168.309.437, \$190.959.831, \$165.347.871, dan \$165.347.871.

Tabel 3 dan Gambar 1 menunjukkan ringkasan nilai pasar proyek dengan metode DCF, ROV, dan FROV.

**Tabel 3.** Ringkasan Nilai Market Value

Metode	Market Value (USD)		
<i>Discounted Cash Flows (DCF)</i>	\$170.332.745		
<i>Real Options Valuation (ROV)</i>	\$176.565.782		
<i>Fuzzy Real Options Valuation (FROV)</i>	(\$168309437,	\$190959831,	\$165347871,
	\$165347871)		



**Gambar 1.** Market Value

Berdasarkan hasil di atas, nilai market pasar proyek dengan metode ROV relatif lebih tinggi dari pada nilai market pasar dengan metode DCF. Hal ini disebabkan karena metode DCF tidak memperhitungkan aspek-aspek fleksibilitas dan risiko yang terjadi saat proyek dijalankan. Sementara itu, hasil perhitungan nilai market pasar dengan metode FROV memberikan beberapa kemungkinan nilai proyek. Hal ini menunjukkan bahwa metode FROV bisa mengatasi masalah ketika data awal tentang karakteristik proyek tidak diketahui dengan pasti. Dalam keadaan tersebut, seorang manajer masih tetap bisa mengevaluasi nilai proyek dengan metode tersebut.

### Kesimpulan

Metode *Real Options Valuation* (ROV) dapat dikatakan lebih baik dari metode DCF dalam hal fleksibilitas pengambilan keputusan, Gambar 3 cukup untuk menunjukkan hal tersebut. Penerapan metode *fuzzy* pada ROV, sehingga menjadi metode FROV, menambah fleksibilitas yang dimiliki oleh metode ROV. Dalam hal ini, metode Black-Scholes yang dianggap metode ROV yang paling kaku dapat menjadi lebih fleksibel dengan adanya implementasi metode *fuzzy* pada metode tersebut. Selain itu, metode FROV juga memberikan solusi ketika data awal tentang proyek tidak tersedia dengan pasti. Implementasi metode FROV pada rencana investasi smelter nikel diharapkan dapat memperkaya khazanah kajian tentang metode valuasi pada investasi perusahaan smelter nikel di Indonesia yang sedang berkembang dan mendapatkan perhatian.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini, khususnya kepada LP3M Universitas Darunnajah.

### Referensi

- [1] H. Cheong, B. Kim, and I. U. Vaquero, "A Data Valuation Model to Estimate the Investment Value of Platform Companies: Based on Discounted Cash Flow," *J. Risk Financ. Manag.*, vol. 16, no. 6, p. 293, 2023, doi: 10.3390/jrfm16060293.
- [2] B. K. Laras Kemala and T. Simatupang, "Real Option Analysis Approach for Pharmaceutical Project Portfolio Optimization Model Considering Multi-project Dependencies," *2020 7th Int. Conf. Front.*



- Ind. Eng. ICFIE 2020*, pp. 40–47, 2020, doi: 10.1109/ICFIE50845.2020.9266740.
- [3] P. Jalaludin and K. P. Romantica, “Estimasi Nilai Proyek Bioteknologi dengan Metode Learning Options yang Dimodifikasi,” vol. 3, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://journal.ebisma.net/index.php/ojs/article/view/30/26>
- [4] P. Guj and A. Chandra, “Comparing different real option valuation approaches as applied to a copper mine,” *Resources Policy*, vol. 61, pp. 180–189, 2019. doi: 10.1016/j.resourpol.2019.01.020.
- [5] A. Çağrı Tolga, C. Kahraman, and M. L. Demircan, “A comparative fuzzy real options valuation model using trinomial lattice and Black-Scholes approaches: A call center application,” *J. Mult. Log. Soft Comput.*, vol. 16, no. 1–2, pp. 135–154, 2010, [Online]. Available: <https://web.s.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=15423980&AN=48170285&h=Fjml7%2Bml62cV489SV46qWQOd7CjJhRuhASdF73SviJoam5JetYzt9I7X%2FDk5z%2BIJoOLn4Uxk3F41zz8MwWqjQ%3D%3D&url=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLoc>
- [6] F. Black and M. Scholes, “The pricing of options and corporate liabilities,” *J. Polit. Econ.*, vol. 81, pp. 637–654, 1973, [Online]. Available: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/260062>
- [7] S. A. Pratiwi, D. Rachmatin, and R. Marwati, “Distribution Based Fuzzy Time Series Markov Chain Models for forecasting Inflation in Bandung,” *KUBIK J. Publ. Ilm. Mat.*, vol. 7, no. 1, pp. 11–18, 2022, doi: 10.15575/kubik.v7i1.18156.
- [8] F. Hanesti, W. Syafmen, and S. Rozi, “The Optimization Problem of Batik Cloth Production with Fuzzy Multi-Objective Linear Programming and Application of Branch and Bound Method,” *KUBIK J. Publ. Ilm. Mat.*, vol. 7, no. 1, pp. 19–30, 2022, doi: 10.15575/kubik.v7i1.18432.
- [9] A. H. Nasyuha, M. Hutasuhut, and M. Ramadhan, “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Menentukan Stok Produk Herbal Berdasarkan Permintaan dan Penjualan,” *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 3, no. 4, p. 313, 2019, doi: 10.30865/mib.v3i4.1354.
- [10] C. Carlsson and R. Fullér, “A fuzzy approach to real option valuation,” *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 139, no. 2, pp. 297–312, 2003, doi: 10.1016/S0165-0114(02)00591-2.
- [11] I. Uçal and C. Kahraman, “Fuzzy Real Options Valuation FOR Oil Investments,” *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 15, no. 4, pp. 646–669, 2009, doi: 10.3846/1392-8619.2009.15.646-669.
- [12] E. F. Santika, “Deretan Negara Penghasil Nikel Terbesar di Dunia pada 2022, Indonesia Nomor Satu!,” Databoks. Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/03/02/deretan-negara-penghasil-nikel-terbesar-di-dunia-pada-2022-indonesia-nomor-satu>
- [13] E. F. Santika, “Pemerintah Berambisi Bangun 53 Smelter pada 2024, Ini Rinciannya,” Databoks. Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/04/27/pemerintah-berambisi-bangun-53-smelter-pada-2024-ini-rinciannya>
- [14] M. K. E. Husin, A. P. Wibowo, and F. A. Rosyid, “Aplikasi Metode Evaluasi Ekonomi Real Option Pada Rencana Investasi Smelter Nickel Pig Iron,” *Pros. Tpt Xxix Perhapi 2020*, pp. 337–350, 2020, [Online]. Available: <https://www.prosiding.perhapi.or.id/index.php/prosiding/article/view/165>
- [15] BPS, “BI Rate 2023.” Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/13/379/1/bi-rate.html>