



STRATEGI CALL RATIO BACK SPREAD DAN LONG STRANGLE DALAM LINDUNG NILAI KONTRAK BERJANGKA NIKEL

ZIFANNY PUTRI AGUSTIN



**PROGRAM STUDI AKTUARIA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Strategi *Call Ratio Back Spread* dan *Long Strangle* dalam Lindung Nilai Kontrak Berjangka Nikel” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2025

Zifanny Putri Agustin
NIM. G5402211010

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

ZIFANNY PUTRI AGUSTIN. Strategi *Call Ratio Back Spread* dan *Long Strangle* dalam Lindung Nilai Kontrak Berjangka Nikel. Dibimbing oleh Dr. Donny Citra Lesmana, S.Si, M.Fin.Math. dan Windiani Erliana M.Si.

Permintaan nikel di pasar sebagai energi terbarukan terus meningkat sehingga harga nikel berfluktuasi. *Hedging* menjadi salah satu solusi untuk mengurangi risiko kerugian di masa depan yang mungkin dialami oleh investor. Dalam penelitian ini dilakukan penyusunan portofolio kontrak berjangka nikel dengan menggunakan dua strategi opsi, yaitu *long strangle* dan *call ratio back spread*. *Long strangle* merupakan strategi yang dapat digunakan dalam keadaan *neutral* sedangkan strategi *call ratio back spread* merupakan strategi yang digunakan dalam keadaan *bullish*. Pada strategi *long strangle*, potensi nilai keuntungan yang diperoleh tidak memiliki batas atas sedangkan potensi kerugian maksimum yang diperoleh sebesar biaya premi opsi yang dikeluarkan. Di samping itu, strategi *call ratio back spread* tidak memiliki batas atas untuk potensi keuntungan yang diperoleh sedangkan potensi kerugian maksimum yang dialami dalam strategi ini besarnya dipengaruhi oleh harga saat jatuh tempo dan nilai kesepakatan yang diambil. Portofolio lengkap disusun dengan menjumlahkan biaya *unsecured position* dengan nilai profit dari kedua strategi dengan dibuat dalam pemilihan nilai kesepakatan. Saat adanya kenaikan harga yang signifikan di masa depan, strategi *call ratio back spread* menjadi strategi yang lebih baik dibandingkan strategi *long strangle*.

Kata kunci: *call ratio back spread*, kontrak berjangka nikel, *long strangle*, opsi

ABSTRACT

ZIFANNY PUTRI AGUSTIN. Call Ratio Back Spread and Long Strangle for Hedging of Nickel Futures. Supervised by Dr. Donny Citra Lesmana, S.Si, M.Fin.Math. and Windiani Erliana M.Si.

The increasing demand for nickel in the renewable energy market has led to fluctuations in nickel prices. Hedging serves as a solution to reduce the risk of future losses that may be faced by investors. This study constructs a nickel futures portfolio using long strangle and call ratio back spread strategy. Long strangle is suitable for neutral market conditions, while call ratio back spread is applied in bullish market conditions. In long strangle, potential profit is unlimited, while maximum potential loss is limited to the total option premium paid. Similarly, call ratio back spread also offers unlimited profit potential. However, potential loss depends on the price at maturity and the selected strike prices. The complete portfolio is built by summing the cost of unsecured positions and the profit values from both strategies, based on the chosen strike prices. In the event of a significant price increase, call ratio back spread proves to be more favorable than long strangle.

Keywords: call ratio back spread, hedging, nickel futures, long strangle, option



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



STRATEGI CALL RATIO BACK SPREAD DAN LONG STRANGLE DALAM LINDUNG NILAI KONTRAK BERJANGKA NIKEL

ZIFANNY PUTRI AGUSTIN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Aktuaria

**PROGRAM STUDI AKTUARIA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1. Nur Agustiani, M.Si.



Judul Skripsi : Strategi *Call Ratio Back Spread* dan *Long Strangle* dalam
Lindung Nilai Kontrak Berjangka Nikel

Nama : Zifanny Putri Agustin
NIM : G5402211010

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Donny Citra Lesmana, M.Fin.Math.

Pembimbing 2:

Windiani Erliana, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. I Gusti Putu Purnaba DEA.

NIP 196512181990021001

Tanggal Ujian:
28 April 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2024 sampai bulan Maret 2025 ini ialah perlindungan asset dengan judul “Strategi *Call Ratio Back Spread* dan *Long Strangle* dalam Lindung Nilai Kontrak Berjangka Nikel”.

Penyusunan karya ilmiah ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Donny Citra Lesmana, S.Si, M.Fin.Math., dan Ibu Windiani Erliana, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan serta ilmu sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik serta kepada Ibu Nur Agustiani, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik serta saran untuk tugas akhir yang telah disusun.
2. Kedua orang tua, adik, dan keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan doa yang tidak pernah putus sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan.
3. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Departemen Matematika atas segala ilmu yang diberikan serta segala bantuan dan saran selama penulis menyelesaikan pendidikan.
4. Teman-teman Aktuaria 58, Bau Hitut (Wawa, Fidi, Fakhira, Adis, Kanaya, Riska, Hana), Bunga, NAKALZ yang telah memberikan semangat serta menemani selama penulis di perkuliahan.
5. David Vijanarco, Dandi Saputra, Tsaqif Erha, Intan Uswatun, Ikhwan Lutfhi, Vanaya, serta teman-teman ASSA IPB Kabinet Gamaleon dan ASSA IPB Kabinet Arunika yang member ikan semangat, dukungan, serta motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.

Bogor, Mei 2025

Zifanny Putri Agustin



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
LANDASAN TEORI	3
2.1 Keuangan Derivatif	3
2.2 Kontrak Berjangka Komoditas	3
2.3 Opsi	3
2.4 Uji Kolmogorov-Smirnov (K-S)	4
2.5 Gerak <i>Brown</i>	5
2.6 <i>Geometric Brownian Motion</i>	5
2.7 Proses Wiener	6
2.8 Persamaan Diferensial Harga Kontrak Berjangka	7
2.9 Proses Stokastik untuk <i>Continuously Compounded Return</i>	9
2.10 Model Black untuk Opsi Berjangka	11
2.11 Strategi Opsi	11
III METODE	13
3.1 Data	13
3.2 Tahapan Penelitian	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Data Penelitian	14
4.2 Penghitungan <i>Return</i> Harga Kontrak Berjangka Nikel dan Uji Normalitas	14
4.3 Volatilitas <i>Return</i> Kontrak Berjangka Nikel	15
4.4 Biaya <i>Unsecured Position</i>	16
4.5 Harga Opsi <i>Vanilla</i> Menggunakan Model <i>Black</i>	16
4.6 Fungsi Profit Strategi <i>Long Strangle</i>	17
4.7 Nilai Portofolio Lengkap Strategi <i>Long Strangle</i>	20
4.8 Fungsi Profit Strategi <i>Call Ratio Back Spread</i>	22
4.9 Nilai Portofolio Lengkap Strategi <i>Call Ratio Back Spread</i>	25
4.10 Perbandingan Strategi <i>Long Strangle</i> dan <i>Call Ratio Back Spread</i>	27
V. SIMPULAN DAN SARAN	32
4.11 Simpulan	32
4.12 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	35
RIWAYAT HIDUP	49



DAFTAR TABEL

1	<i>Payoff</i> opsi	4
2	<i>Payoff</i> dan profit pada strategi <i>long strangle</i>	12
3	<i>Payoff</i> dan profit pada strategi <i>call ratio back spread</i>	12
4	Harga opsi <i>call</i> dan opsi <i>put</i> Eropa	17
5	<i>Initial cash flow</i> strategi <i>long strangle</i>	18
6	Profit pada strategi <i>long strangle</i>	18
7	Nilai portofolio lengkap <i>long strangle</i>	21
8	<i>Initial cash flow</i> strategi <i>call ratio back spread</i>	23
9	Profit pada strategi <i>call ratio back spread</i>	23
10	Nilai portofolio lengkap strategi <i>call ratio back spread</i>	26
11	Penghitungan profit dua strategi untuk kasus I	28
12	Penghitungan profit dua strategi untuk kasus II	30

DAFTAR GAMBAR

1	<i>Plot</i> pergerakan harga kontrak berjangka nikel	14
2	<i>Plot</i> pergerakan <i>return</i> harga kontrak berjangka nikel	15
3	Nilai <i>unsecured position</i>	16
4	Kombinasi <i>strike price</i> dari strategi <i>long strangle</i>	19
5	Profit <i>long strangle</i> menggunakan kombinasi 5	19
6	Profit <i>long strangle</i> menggunakan kombinasi 1	20
7	Nilai portofolio lengkap strategi <i>long strangle</i>	21
8	Fungsi biaya portofolio strategi <i>long strangle</i>	22
9	Kombinasi <i>strike price</i> dari strategi <i>call ratio back spread</i>	24
10	Profit <i>call ratio back spread</i> pada kombinasi 1	24
11	Profit <i>call ratio back spread</i> pada kombinasi 5	25
12	Nilai portofolio lengkap <i>call ratio back spread</i>	26
13	Fungsi biaya portofolio lengkap strategi <i>call ratio back spread</i>	27
14	Perbandingan <i>profit</i> strategi <i>long strangle</i> dan <i>call ratio back spread</i>	28
15	Portofolio <i>secured</i> dan <i>unsecured position</i> untuk kasus I	29
16	Perbandingan profit strategi <i>long strangle</i> dan <i>call ratio back spread</i>	30
17	Portofolio <i>secured</i> dan <i>unsecured position</i> dalam kasus II	31



DAFTAR LAMPIRAN

1	Data historis harga kontrak berjangka nikel	36
2	Pengolahan data dan penghitungan <i>return</i>	39
3	Uji Kolmogorov-Smirnov	40
4	Penghitungan volatilitas	41
5	premi opsi <i>call</i> dan <i>put</i>	42
6	Penghitungan profit untuk strategi <i>call ratio back spread</i>	43
7	Penghitungan premi strategi <i>call ratio back spread</i>	44
8	Biaya portofolio lengkap strategi <i>call ratio back spread</i>	45
9	Penghitungan profit strategi <i>long strangle</i>	46
10	Biaya premi strategi <i>long strangle</i>	47
11	Biaya portofolio lengkap strategi <i>long strangle</i>	48

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
@Hak cipta milik IPB University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi berjalan sangat pesat, salah satunya ditandai dengan meningkatnya penggunaan kendaraan listrik (Zola *et al.* 2023). Kendaraan listrik menjadi alternatif yang semakin diminati karena lebih ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan energi. Kendaraan listrik mendapatkan energi yang bersumberkan dari baterai. Di samping itu, salah satu komponen kunci dalam produksi baterai ini adalah nikel. Nikel merupakan salah satu komoditas logam yang sangat dibutuhkan oleh berbagai industri seperti baja tahan karat (*stainless steel*), baterai, logam paduan, dan pelapisan logam (Radhica 2023).

Harga nikel terus mengalami peningkatan yang disebabkan oleh menurunnya pasokan serta tingginya permintaan di pasar (Yenny dan Wahyudi 2023). Pandemi Covid-19 juga memberikan dampak kuat pada pasar pertambangan global sehingga harga produk mineral mengalami fluktuasi harga. Lonjakan permintaan nikel serta menipisnya persediaan nikel membuat harga nikel terus menaik beberapa tahun terakhir. Terjadi pula gangguan pada rantai pasokan global serta ketidakpastian di negara-negara penghasil nikel utama memperparah volatilitas harga yang menyebabkan harga semakin tidak stabil. Menurut Septiawan (2021), globalisasi dan liberalisasi pasar komoditas mengharuskan pemerintah untuk mengantisipasi fluktuasi harga yang semakin tidak terduga. Indonesia, sebagai salah satu penghasil nikel terbesar perlu merancang sistem manajemen risiko khusus untuk mengelola risiko komoditas terutama risiko harga.

Dalam manajer investasi, volatilitas suatu aset membutuhkan pendekatan yang lebih strategis dalam mengelola portofolio investasi (Hisam 2024). Salah satu instrumen yang dapat digunakan untuk mengelola risiko volatilitas harga aset adalah opsi (McDonald 2006). Opsi memberikan fleksibilitas kepada investor untuk membeli atau menjual aset pada harga dan waktu yang telah ditentukan (Hull 2022). Hak dari opsi adalah hak untuk pembeli opsi, baik itu opsi jual (*put*) maupun opsi beli (*call*), untuk melaksanakan instrumen derivatif berdasarkan tingkat harga, waktu, dan jumlah yang telah disepakati sejak awal. Sehingga fungsi lindung nilai dapat digunakan untuk mengelola ketidakpastian terhadap kenaikan atau penurunan nilai aset dasar yang memiliki risiko (Hendrawan 2017).

Dalam menyusun portofolio investasi menggunakan instrument berupa opsi dilakukan strategi-strategi untuk memperoleh keuntungan. Terdapat dua strategi opsi dengan tujuan lindung nilai yaitu *call ratio back spread* dan *long strangle* (Jabbour dan Budwick 2010). *Call ratio back spread* merupakan strategi yang dapat digunakan ketika seseorang memperkirakan pergerakan harga yang naik disertai dengan meningkatnya volatilitas dengan melibatkan pembelian lebih banyak opsi beli atau *call* dibandingkan opsi jual atau *put* sehingga memberikan profit yang besar jika harga aset dasar meningkat (Saliba *et al.* 2009). Akan tetapi berdasarkan histori harga kontrak berjangka nikel yang terdapat penurunan harga di waktu-waktu tertentu, strategi *strangle* dilakukan untuk memungkinkan pelaku pasar untuk mendapatkan profit dari pergerakan harga yang signifikan ke dua arah (baik naik maupun turun). Strategi ini cocok untuk kondisi pasar dengan volatilitas

tinggi yang mencirikan bahwa harga asset dasar bergerak tajam ke salah satu arah (Harčariková 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas lindung nilai terhadap kontrak berjangka nikel yang rentan terhadap fluktuasi harga. Dua strategi *hedging* yang dibandingkan dalam penelitian ini adalah *call ratio back spread* dan *long strangle* yang diterapkan menggunakan opsi. Perbandingan profit dan kerugian dari kedua strategi tersebut dilakukan untuk menentukan strategi yang lebih efektif dan memberikan tingkat risiko yang lebih rendah dalam menghadapi volatilitas harga kontrak berjangka nikel.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penulisan karya ilmiah ini adalah:

1. Bagaimana potensi profit dan kerugian maksimum yang didapatkan dalam menerapkan strategi *call ratio back spread* dan *long strangle* menggunakan opsi Eropa untuk lindung nilai pada kontrak berjangka nikel.
2. Bagaimana menentukan strategi yang optimal serta mampu memberikan tingkat risiko paling minimum dalam melakukan *hedging* terhadap kontrak berjangka nikel.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan karya ilmiah ini adalah:

1. Menentukan potensi profit dan kerugian maksimum yang didapatkan ketika menerapkan strategi *call ratio back spread* dan *long strangle* menggunakan opsi Eropa untuk lindung nilai pada kontrak berjangka nikel.
2. Menentukan strategi yang optimal dan mampu memberikan tingkat risiko paling minimum dalam melakukan *hedging* terhadap kontrak berjangka nikel.

II LANDASAN TEORI

2.1 Keuangan Derivatif

Keuangan derivatif merupakan perjanjian kontrak aktual yang nilainya bergantung pada aset dasar, seperti saham, obligasi, suku bunga, mata uang, atau komoditas (Giraldo-Prieto *et al.* 2017). Instrumen ini berperan penting dalam manajemen risiko perusahaan, memungkinkan perusahaan untuk melindungi diri dari fluktuasi pasar, berspekulasi terhadap pergerakan harga, atau meningkatkan diversifikasi portofolio (Ogundu 2025). Empat jenis utama derivatif meliputi opsi, *futures*, *forward*, dan *swap*, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam pasar keuangan.

2.2 Kontrak Berjangka Komoditas

Kontrak berjangka komoditas (*commodity futures contract*) adalah perjanjian untuk menyerahkan atau mendapatkan sejumlah komoditas tertentu yang telah ditetapkan selama periode sebelum jatuh tempo dan harganya dibuat melalui lelang terbuka secara berkelanjutan di bursa berjangka (Septiawan 2021). Instrumen keuangan ini sudah populer digunakan menjadi instrumen investasi seperti saham dan obligasi (Cheng dan Xiong 2014). Harga kontrak berjangka komoditas dapat dihitung dengan mengasumsikan tidak ada biaya penyimpanan dan pendapatan (Hull 2022). Penghitungan dapat dilakukan dengan:

$$F_0 = S_0 e^{rT} \quad (1)$$

dengan deskripsi variabel sebagai berikut:

F_0 : harga kontrak berjangka saat ini;

S_0 : harga komoditas yang mendasari kontrak berjangka hari ini;

r : tingkat bunga bebas risiko tanpa kupon per tahun;

T : waktu penyerahan dalam kontrak berjangka.

2.3 Opsi

Opsi merupakan suatu hak yang diberikan kepada pemegangnya atas suatu aset pada harga yang telah ditentukan sebelum atau saat tanggal kedaluwarsa yang ditetapkan (Saliba *et al.* 2009). Berdasarkan hak yang diberikan kepada pemegangnya, opsi dibagi menjadi opsi *call* dan opsi *put*. Opsi *call* merupakan hak yang diberikan berupa membeli suatu aset pada harga yang disepakati sedangkan opsi *put* merupakan hak yang diberikan berupa menjual suatu aset pada harga yang disepakati (Hull 2022). Dalam perdagangan opsi, waktu eksekusi bergantung pada jenis opsi yang dipilih yaitu opsi Amerika dan opsi Eropa. Opsi Amerika adalah jenis opsi yang dapat dieksekusi kapan saja sebelum tanggal kedaluwarsa, memberikan fleksibilitas kepada pemegangnya untuk menjalankan haknya kapan pun di antara waktu pembelian hingga masa akhir kontrak. Sebaliknya, opsi Eropa hanya dapat dieksekusi pada periode waktu tertentu yang mendekati atau tepat pada tanggal kedaluwarsa, sehingga pemegang opsi hanya bisa menjalankan haknya pada waktu yang terbatas. Perbedaan utama antara

keduanya terletak pada fleksibilitas waktu eksekusi, di mana opsi Amerika lebih fleksibel dibandingkan opsi Eropa yang lebih terbatas (Thomsett 2018).

2.3.1 Posisi Opsi

Terdapat dua posisi yang dapat diambil oleh investor dalam perdagangan opsi, posisi *long* dan posisi *short*. Posisi *long* berupa posisi investor berupa membeli opsi sedangkan posisi *short* berupa posisi investor berupa menjual opsi ((Hull 2022). Berdasarkan posisi ini, terdapat empat tipe investor dalam pasar opsi yaitu *long* opsi *call*, *short* opsi *call*, *long* opsi *put*, dan *short* opsi *put* (Thomsett 2018).

2.3.2 Payoff

Payoff adalah besar profit yang diperoleh oleh pemegang opsi pada saat opsi tersebut dieksekusi (Thomsett 2018). Untuk setiap jenis opsi Eropa dengan harga kesepakatan K dengan harga pada saat jatuh tempo sebesar S_T memiliki persamaan umum dari *payoff* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Payoff bagi opsi call} &= \begin{cases} S_T - K, & \text{jika } S_T > K \\ 0, & \text{jika } S_T \leq K \end{cases} \\ \text{Payoff bagi opsi put} &= \begin{cases} 0, & \text{jika } S_T \geq K \\ K - S_T, & \text{jika } S_T < K. \end{cases} \end{aligned}$$

Posisi opsi yang dipilih oleh pemegang opsi juga memberikan pengaruh terhadap besarnya *payoff* dari opsi tersebut. *Payoff* untuk masing-masing posisi opsi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 *Payoff* opsi

Posisi Opsi	$S_T < K$	$S_T \geq K$
<i>Long Call</i>	0	$S_T - K$
<i>Short Call</i>	0	$-(S_T - K)$
<i>Long Put</i>	$K - S_T$	0
<i>Short Put</i>	$-(K - S_T)$	0

2.4 Uji Kolmogorov-Smirnov (K-S)

Uji Kolmogorov-Smirnov (K-S *test*) adalah uji nonparametrik yang digunakan untuk membandingkan distribusi probabilitas kontinu satu dimensi yang dapat digunakan untuk mengukur seberapa baik sebaran peubah acak terhadap sebaran teoritisnya (Genov dan Dimitrova 2022). Uji ini membandingkan *empirical cumulative distribution function* (ECDF) dari sampel dengan *cumulative distribution function* (CDF) dari distribusi normal. Hipotesis nol (H_0) dalam uji ini menyatakan bahwa data mengikuti distribusi normal, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa data tidak mengikuti distribusi normal. Statistik uji K-S dihitung sebagai nilai maksimum dari perbedaan absolut antara ECDF dan CDF, dengan formula (Kini *et al.* 2024):

$$D = \max |F_n(x) - F(x)|$$

di mana $F_n(x)$ adalah distribusi normal kumulatif empiris dari sampel dan $F(x)$ adalah distribusi kumulatif teoritis dari distribusi normal.

Interpretasi dari uji Kolmogorov-Smirnov dapat ditinjau dengan melihat nilai p -value dari suatu taraf signifikansi. P -value yang lebih kecil dibandingkan dengan tingkat signifikansinya akan memberikan interpretasi bahwa hipotesis nol ditolak yang berarti data tidak mengikuti distribusi normal sedangkan ketika p -value lebih besar dari tingkat signifikansi, maka tidak ada bukti untuk menolak hipotesis nol sehingga data dianggap menyebar secara normal.

2.5 Gerak Brown

Gerak Brown merupakan suatu proses stokastik yang dinotasikan dengan $\{W(t), t \geq 0\}$ dan memiliki karakteristik atau sifat sebagai berikut:

- 1) $W(0) = 0$;
- 2) Untuk setiap rangkaian waktu $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n$, variabel acak $W(t_i) - W(t_{i-1})$ adalah independent satu sama lain atau saling bebas ($i = 1, 2, \dots, n$);
- 3) Untuk setiap $t > 0$, $W(t)$ menyebar normal dengan rata-rata 0 dan varian $\sigma^2 t$.

Gerak Brown dengan mean μt dan variansi $\sigma^2 t$ disebut juga sebagai gerak Brown dengan drift rate μ dan variance rate σ^2 (Hull 2022). Ketika $\sigma = 1$, $W(t)$ disebut dengan gerak Brown standar. Jika $\{W(t), t \geq 0\}$ adalah gerak Brown standar dan

$$X(t) = \mu t + \sigma W(t)$$

maka $\{X(t), t \geq 0\}$ juga merupakan gerak Brown dengan μ menyatakan nilai *expected return* dan σ ialah volatilitas dari *return* (Peng dan Simon 2024).

2.6 Geometric Brownian Motion

Gerak Brown (*Brownian motion*) dapat memiliki nilai negatif, sehingga tidak selalu cocok untuk memodelkan harga saham karena harga saham tidak bisa bernilai negatif. Oleh karena itu, digunakan *Geometric Brownian Motion* yang merupakan variasi non-negatif (Peng dan Simon 2024). Menurut Hull (2021), *Geometric Brownian motion* sering digunakan untuk memodelkan harga aset karena logaritma dari variabel yang mendasarinya diasumsikan mengikuti proses Wiener yang diperumum, sehingga cocok untuk merepresentasikan dinamika stokastik dari pergerakan harga aset. Ketika *Geometric Brownian Motion* digunakan untuk harga aset yang mendasarinya, secara komputasi akan lebih efisien untuk menggunakan metode beda hingga dengan $\ln S$ daripada S sebagai variabel yang mendasarinya. Model ini dapat didefinisikan dalam model berikut:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

atau dalam bentuk diskretnya didefinisikan sebagai berikut:

$$\Delta S = \mu S dt + \sigma S \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

dengan ΔS merupakan perubahan aset S pada jangka waktu tertentu (Δt) dan ε menyebar normal baku dengan nilai harapan 0 dan varians 1, serta μ merupakan nilai harapan *return* dan σ adalah standar deviasi *return* (Hull 2022).

2.7 Proses Wiener

Proses Wiener merupakan proses stokastik dengan *drift rate* sebesar 0 dan *variance rate* sebesar 1 per tahun. Suatu proses stokastik z mengikuti proses Wiener jika memenuhi karakteristik berikut (Hull 2022):

- 1) Perubahan Δz selama interval waktu Δt adalah:

$$\Delta z = \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$
 di mana ε menyebar normal baku $\phi(0,1)$.
- 2) Nilai Δz dari dua interval waktu singkat Δt dan tidak beririsan adalah independen satu sama lain atau saling bebas.

Berdasarkan karakteristik pertama, dapat ditunjukkan bahwa Δz menyebar normal dengan:

$$\begin{aligned} \text{rataan } \Delta z &= 0 \\ \text{standar deviasi } \Delta z &= \sqrt{\Delta t} \\ \text{ragam } \Delta z &= \Delta t. \end{aligned}$$

Karakteristik kedua menunjukkan bahwa proses Wiener mengikuti proses Markov. Perubahan nilai z selama periode waktu (T) dapat dinyatakan sebagai $z(T) - z(0)$. Ini dapat dipandang sebagai total perubahan z dalam N interval waktu kecil dengan panjang Δt , di mana

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

sehingga

$$z(T) - z(0) = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i \sqrt{\Delta t}$$

di mana ε_i ($i = 1, 2, \dots, N$) berdistribusi $\phi(0,1)$.

Berdasarkan karakteristik kedua, dapat diketahui bahwa ε_i independen satu sama lain. oleh karena itu, $z(T) - z(0)$ menyebar normal dengan:

$$\begin{aligned} \text{rataan } z(T) - z(0) &= 0 \\ \text{standar deviasi } z(T) - z(0) &= \sqrt{N \Delta t} = \sqrt{T} \\ \text{ragam } z(T) - z(0) &= T. \end{aligned}$$

dengan $dx = a dt$ adalah notasi yang digunakan untuk menunjukkan bahwa $\Delta x = a \Delta t$ dalam limit saat $\Delta t \rightarrow 0$ (Hull 2022). Sehingga, Δz sebagai proses Wiener yang dimaksud bahwa ia memiliki sifat-sifat Δz yang diberikan sebelumnya dalam limit $\Delta t \rightarrow 0$.

2.7.1 Lema Itô

Setiap derivatif memiliki harga yang merupakan fungsi dari variabel stokastik yang mendasarinya serta waktu (Hull 2022). Oleh karena itu, dalam

konteks persamaan diferensial stokastik, harga dari derivatif tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$dX(X(t), t) = \mu(X(t), t)dt + \sigma(X(t), t)dz$$

dengan dz ialah proses Wiener (gerak Brown), μ melambangkan koefisien *drift rate*, dan σ sebagai *variance rate*. Misalkan nilai variabel x proses Itô

$$dx = a(x, t)dt + b(x, t)dz$$

di mana a dan b adalah fungsi dari x dan t . Variabel x memiliki tingkat *drift rate* a dan tingkat varians b^2 .

Misalkan $f(x, t)$ adalah sebuah fungsi kontinu dengan turunan parsial $\frac{\partial f}{\partial t}$, $\frac{\partial f}{\partial x}$, dan $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$ juga sebuah proses Itô, maka $f(X(t), t)$ juga proses Itô dan mengikuti proses

$$df = \left\{ \frac{\partial f}{\partial x} a + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} b^2 \right\} dt + \frac{\partial f}{\partial x} b dz$$

di mana dz merupakan proses Wiener yang sama. Dengan demikian, f juga mengikuti proses Itô dengan *drift rate* $\frac{\partial f}{\partial x} a + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} b^2$ dan *variance rate* $\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 b^2$.

2.8 Persamaan Diferensial Harga Kontrak Berjangka

Kontrak berjangka dipandang memiliki perilaku yang mirip dengan saham yang memberikan dividen. Hal ini disebabkan karena kontrak berjangka tidak menghasilkan arus kas selama masa berlakunya, sehingga harga kontrak berjangka dianggap sebagai harga saham yang telah disesuaikan dengan pembayaran dividen. (Hull 2022) mengungkapkan bahwa kontrak berjangka dapat dimodelkan dengan pendekatan yang serupa, di mana harga kontrak berjangka mengikuti gerak Brownian Geometris. Proses stokastik ini dinyatakan sebagai:

$$dF = \mu F dt + \sigma F dz$$

dengan μ merupakan nilai *expected return* dari kontrak berjangka, σ merupakan volatilitas harga kontrak berjangka dan konstan, dan dz adalah proses wiener. Karena f merupakan fungsi dari F dan t ($f = \ln F$), menurut lema Itô

$$df = \left(\frac{\partial f}{\partial F} \mu F + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial F^2} \sigma^2 F^2 \right) dt + \frac{\partial f}{\partial F} \sigma F dz.$$

Pertimbangkan portofolio yang terdiri *short position* sebuah derivatif dan *long position* pada sebuah kontrak berjangka

−1 : derivatif
+ $\frac{\partial f}{\partial F}$: kontrak berjangka.

Definisikan Π sebagai nilai portofolio dan biarkan $\Delta\Pi$, Δf , dan ΔF menjadi perubahan Π , f , dan F dalam waktu Δt . Mengingat tidak ada biaya untuk memasuki kontrak berjangka,

$$\Pi = -f$$

di mana dalam periode waktu Δt pemegang portofolio memperoleh profit modal sebesar $-\Delta f$ dari derivatif dan pendapatan sebesar

$$\frac{\partial f}{\partial F} \Delta F$$

dari kontrak berjangka. Definisikan ΔW sebagai total perubahan kekayaan pemegang portofolio dalam waktu Δt sehingga

$$\Delta W = \frac{\partial f}{\partial F} \Delta F - \Delta f.$$

Persamaan diskret dari dF dan df adalah

$$\Delta F = \mu F \Delta t + \sigma F \Delta z$$

dan

$$\Delta f = \left(\frac{\partial f}{\partial F} \mu F + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial F^2} \sigma^2 F^2 \right) \Delta t + \frac{\partial f}{\partial F} \sigma F \Delta z$$

di mana $\Delta z = \varepsilon \sqrt{\Delta t}$ dan ε adalah sampel acak dari distribusi normal baku. Maka,

$$\Delta W = \left(-\frac{\partial f}{\partial t} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial F^2} \sigma^2 F^2 \right) \Delta t$$

merupakan bebas risiko (Hull 2022). Oleh karena itu, harus benar juga bahwa

$$\Delta W = r \Pi \Delta t$$

sehingga

$$\left(-\frac{\partial f}{\partial t} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial F^2} \sigma^2 F^2 \right) \Delta t = -rf \Delta t$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial F^2} \sigma^2 F^2 = rf \quad (2)$$

dengan rf menggambarkan *return* yang diharapkan dari harga derivatif f dalam kondisi risk-neutral, di mana *return* ini harus setara dengan tingkat bunga bebas risiko r . Ini mengonfirmasi bahwa untuk tujuan penilaian derivatif, harga kontrak berjangka dapat diperlakukan dengan cara yang sama seperti saham yang memberikan dividen dengan tingkat r (Hull 2022).

2.9 Proses Stokastik untuk *Continuously Compounded Return*

2.9.1 Model Waktu Diskret Harga Kontrak Berjangka

Misalkan harga kontrak berjangka F mengikuti proses gerak Brown geometris

$$dF = \mu F dt + \sigma F dz$$

dengan memisalkan $f(t) = \ln(F(t))$, maka

$$\frac{\partial f}{\partial F} = \frac{1}{F}, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial F^2} = -\frac{1}{F^2}, \quad \frac{\partial f}{\partial t} = 0$$

sehingga menurut lema ito dan berdasarkan Persamaan (2)

$$\begin{aligned} df &= \left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial F^2} \sigma^2 F^2 \right) dt + \frac{\partial f}{\partial F} \sigma F dz \\ df &= \left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dz \end{aligned} \quad (3)$$

dimana versi diskret dari Persamaan (3) ialah

$$\Delta f = \left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \Delta z$$

sehingga,

$$\begin{aligned} f(t + \Delta t) - f(t) &= \left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \Delta z \\ \ln(F(t + \Delta t)) - \ln(F(t)) &= \left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \Delta z \end{aligned}$$

di mana $\Delta z = \varepsilon \sqrt{\Delta t}$ dengan ε berdistribusi normal standar. Dengan mengambil interval waktu $\Delta t = T$, maka

$$\begin{aligned} \ln(F(t)) - \ln(F(0)) &= \left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) T + \sigma \varepsilon \sqrt{T} \\ \ln\left(\frac{F(t)}{F(0)}\right) &= \left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) T + \sigma \varepsilon \sqrt{T} \end{aligned}$$

eksponensialkan kedua sisi sehingga

$$\begin{aligned} \frac{F(t)}{F(0)} &= \exp \left[\left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) T + \sigma \varepsilon \sqrt{T} \right] \\ F(t) &= F(0) \exp \left[\left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) T + \sigma \varepsilon \sqrt{T} \right] \end{aligned}$$

atau

$$F_T = F_0 \exp \left[\left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) T + \sigma \varepsilon \sqrt{T} \right]$$

Dengan ε menyebar normal baku (0,1). Formula ini dapat digunakan dalam simulasi Monte Carlo untuk memodelkan harga kontrak berjangka F_T dengan melakukan banyak simulasi dari proses Wiener $\varepsilon \sqrt{t}$.

2.9.2 Log-return

Harga suatu aset umumnya diamati dalam interval waktu tertentu, yang memungkinkan penghitungan nilai volatilitas *return* kontrak berjangka secara empiris. Menurut Hull (2022), penghitungan *return* dari data historis dapat dilakukan dengan cara:

$$u_i = \ln \left(\frac{F_i}{F_{i-1}} \right) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dengan F_i adalah harga kontrak berjangka pada interval waktu ke- i .

2.9.3 Volatilitas

Estimasi standar deviasi log *return* (s) untuk u_i berupa persamaan log-*return* diberikan oleh

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}$$

atau

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n u_i^2 - \frac{1}{n(n-1)} \left(\sum_{i=1}^n u_i \right)^2}$$

di mana $\bar{u}$ adalah rata-rata dari u_i .

Volatilitas per tahun (σ) dapat dihitung dari volatilitas harian kontrak berjangka, di mana

$$\begin{aligned} s^2 &= \text{Var}(u_i) = \text{Var} \left(\ln \left(\frac{F_i}{F_{i-1}} \right) \right) \\ &= \text{Var}(\ln(F_i) - \ln(F_{i-1})) \\ &= \text{Var} \left(\left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \Delta z \right) \\ &= \text{Var} \left(\left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t} \right) \end{aligned}$$

mengingat varians dari suatu konstanta adalah 0, maka

$$\begin{aligned} s^2 &= \text{Var}(\sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}) \\ s^2 &= \sigma^2 \Delta t \text{Var}(\varepsilon) \end{aligned}$$

di mana ε menyebar normal baku, sehingga

$$s^2 = \sigma^2 \Delta t$$

atau

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{\Delta t}} \quad (4)$$

dengan s merupakan standar deviasi log *return* dan Δt adalah panjang interval waktu dalam satu tahun.

2.10 Model Black untuk Opsi Kontrak Berjangka

Penghitungan opsi dilakukan dengan rumus yang pertama kali dikemukakan oleh Fisher Black dalam sebuah makalah yang diterbitkan pada tahun 1976 (Hull 2022). Dengan mengasumsikan bahwa harga kontrak berjangka mengikuti proses log normal, harga opsi berupa opsi *call* Eropa dan opsi *put* Eropa untuk kontrak berjangka dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$c = F_0 e^{-rT} N(d_1) \quad (5)$$

$$p = F_0 e^{-rT} N(-d_1) \quad (6)$$

di mana

$$d_1 = \frac{\ln(F_0/K) - \sigma^2(T/2)}{\sigma\sqrt{T}}$$

dan σ adalah volatilitas *return* berjangka. Ketika biaya *carry* dan *convenience yield* adalah fungsi dari waktu, dapat ditunjukkan bahwa volatilitas *return* berjangka sama dengan volatilitas aset yang mendasarinya (Hull 2022).

2.11 Strategi Opsi

Strategi opsi adalah metode yang digunakan oleh investor atau pedagang opsi untuk mencapai tujuan tertentu dalam perdagangan opsi. Strategi ini bisa melibatkan pengambilan posisi pada dua atau lebih opsi, baik yang sejenis maupun berbeda jenis (Hull 2022). Strategi dilakukan untuk melindungi nilai asset yang mendasari dari risiko yang berkaitan dengan fluktuasi harga untuk menghindari kerugian yang mungkin akan terjadi di masa depan. Pemilik opsi dapat mengoptimalkan keuntungan dan mengurangi risiko kerugian dari aset yang diperdagangkan dengan menerapkan strategi lindung nilai (Fadhilla dan Artiono 2021).

2.11.1 Strategi Long Strangle

Long Strangle adalah strategi yang menempatkan investor akan mengalami pergerakan harga yang besar, tetapi tidak yakin akan arah pergerakan harganya. Dalam strategi *long strangle*, investor membeli dua opsi dengan *strike price* yang berbeda yaitu satu opsi *call* dan satu opsi *put*. Keduanya memiliki tanggal kedaluwarsa yang sama, tetapi *strike price*-nya berbeda. Investor akan mendapat profit jika harga saham bergerak jauh dari *strike price*, baik ke atas (naik) maupun ke bawah (turun) (Hull 2022). *Long Strangle* memiliki *payoff*, profit, dan *initial cash flow* yang disajikan pada Tabel 2.



Tabel 2 *Payoff* dan profit pada strategi *long strangle*

	$S_T < K_1$	$K_1 \leq S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
Long 1 opsi put (K_1)	$K_1 - S_T$	0	0
Long 1 opsi call (K_2)	0	0	$S_T - K_2$
Payoff	$K_1 - S_T$	0	$S_T - K_2$
Initial cash flow	$-P_{1b} - c_{2b}$	$-P_{1b} - c_{2b}$	$-P_{1b} - c_{2b}$
Profit	$K_1 - S_T - P_{1b} - c_{2b}$	$-P_{1b} - c_{2b}$	$S_T - K_2 - P_{1b} - c_{2b}$

2.11.2 Strategi *Call Ratio Back Spread*

Call ratio back spread adalah strategi opsi yang bersifat *bullish*, digunakan oleh investor yang mengharapkan pergerakan harga saham yang signifikan ke arah atas. Dalam strategi ini, investor menjual satu opsi *call* di dalam uang (ITM) dengan harga *strike* yang lebih rendah dan membeli dua opsi *call* di luar uang (OTM) dengan harga *strike* yang lebih tinggi, biasanya dalam rasio 1:2 atau 2:3. Penjualan opsi *call* yang lebih rendah membantu mendanai pembelian opsi *call* yang lebih banyak, sehingga posisi ini dapat dibuka dengan sedikit atau tanpa biaya, atau bahkan dengan kredit bersih (Jabbour dan Budwick 2010). *Call ratio back spread* memiliki *payoff*, profit, dan *initial cash flow* yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 *Payoff* dan profit pada strategi *call ratio back spread*

	$S_T < K_1$	$K_1 \leq S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
Short 1 opsi call (K_1)	0	$-(S_T - K_1)$	$-(S_T - K_1)$
Long 2 opsi call (K_2)	0	0	$2(S_T - K_2)$
Payoff	0	0	$2(S_T - K_2)$
Initial cash flow	$C_{1b} - 2P_{2b}$	$C_{1b} - 2P_{2b}$	$C_{1b} - 2P_{2b}$
Profit	$C_{1b} - 2P_{2b}$	$-(S_T - K_1) + C_{1b} - 2P_{2b}$	$-(S_T - K_1) + C_{1b} - 2P_{2b}$

III METODE

3.1 Data

Penelitian ini menggunakan data harga kontrak berjangka pada komoditas nikel yang permintaannya semakin meningkat setiap tahun karena nikel digunakan sebagai bahan baku pembuatan baterai yang menjadi sumber energi dari kendaraan listrik. Data diambil dari periode 3 Januari 2023 hingga 29 Desember 2023 yang diperoleh dari www.investing.com. Pemilihan data harga kontrak berjangka mengikuti asumsi dari model *Black*, di mana data *return* kontrak berjangka diharapkan mengikuti sebaran normal. Harga kontrak berjangka yang digunakan adalah harga penutupan dari kontrak berjangka nikel yang telah disebutkan.

3.2 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian dalam karya ilmiah ini adalah:

1. Menghitung *continuous compounding return* (R_t) yang merupakan logaritma natural dari perbandingan antara harga kontrak berjangka nikel saat ini (F_t) dan harga kontrak berjangka nikel di satu periode sebelumnya (F_{t-1}). Persamaan untuk mencari *return* tersebut dinyatakan sebagai:

$$R_t = \ln \left(\frac{F_t}{F_{t-1}} \right).$$

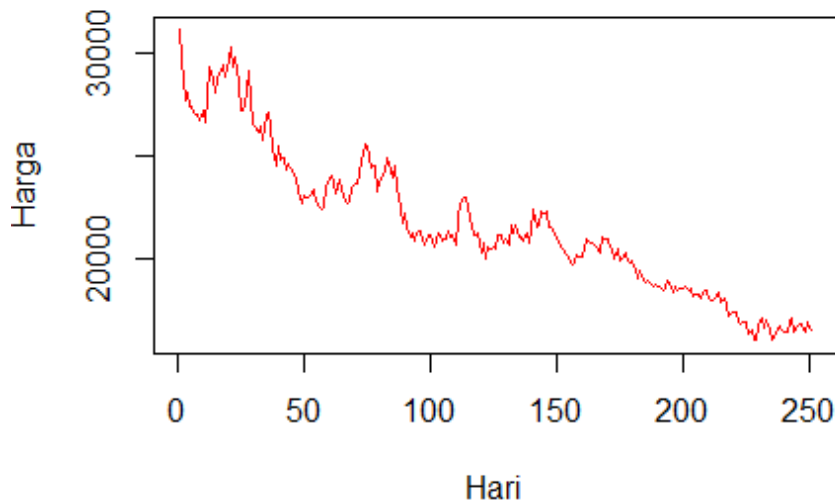
2. Melakukan uji normalitas terhadap *return* kontrak berjangka nikel menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*.
3. Dilakukan penghitungan volatilitas historis dari standar deviasi *log return* dan jangka waktu data dengan bantuan perangkat lunak *R-Studio* dengan mengikuti Persamaan (4).
4. Menghitung harga opsi vanilla yaitu opsi *call* dan opsi *put* menggunakan model *Black* yang dinyatakan dalam Persamaan (5) dan Persamaan (6).
5. Menyusun fungsi profit dan biaya untuk strategi *call ratio back spread* dan *long strangle* yang dibentuk dengan menggunakan opsi vanilla yang telah dihitung menggunakan model *Black*.
6. Menghitung potensi profit dan kerugian maksimum untuk setiap kombinasi nilai kesepakatan yang dibuat dari strategi *call ratio back spread* dan *long strangle* berdasarkan data harga kontrak berjangka nikel.
7. Menyusun portofolio lengkap untuk masing-masing strategi berdasarkan kombinasi yang telah dibuat.
8. Membandingkan hasil profit dan kerugian dari kedua strategi untuk kontrak berjangka nikel dan menentukan strategi mana yang optimal.



IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data riwayat harga kontrak berjangka dari komoditas nikel sebanyak 252 data yang diambil dari tanggal 3 Januari 2023 hingga 29 Desember 2023. Data yang digunakan adalah data harian yang diperoleh dari investing.com. Data harga kontrak berjangka nikel harian disajikan pada Gambar 1.

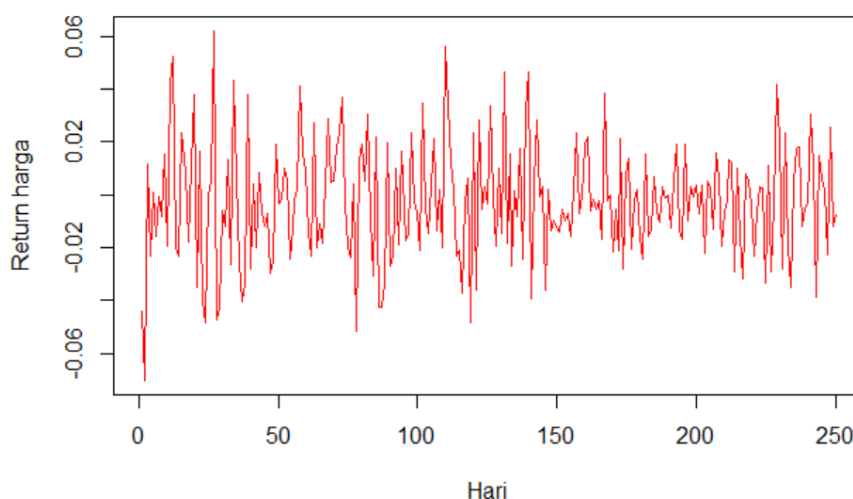


Gambar 1 *Plot* pergerakan harga kontrak berjangka nikel

Gambar 1 menunjukkan pergerakan dari harga kontrak berjangka nikel yang berada dalam kisaran USD 15.000 hingga USD 30.000 dalam periode satu tahun. Harga kontrak berjangka nikel cenderung fluktuatif bergerak menurun. Tingkat bunga yang digunakan dalam penghitungan harga opsi diambil dari tingkat bunga *Three-Year Treasury* sebesar 4,25%.

4.2 Penghitungan *Return* Harga Kontrak Berjangka Nikel dan Uji Normalitas

Return harga kontrak berjangka nikel dihitung untuk melakukan uji normalitas. Hasil dari penghitungan *return* harian harga kontrak berjangka nikel berkisar diantara $-0,06$ hingga $0,06$ yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 *Plot* pergerakan *return* harga kontrak berjangka nikel

Uji Kolmogorov-Smirnov merupakan uji yang dilakukan dalam pengujian normalitas pada penelitian ini. Data yang diuji adalah nilai *return* dari harga kontrak berjangka nikel dengan hipotesis ujinya yaitu

H_0 : *return* harga kontrak berjangka nikel berdistribusi normal

H_1 : *return* harga kontrak berjangka nikel tidak berdistribusi normal.

Uji Kolmogorov-Smirnov dengan bantuan *function* pada *software* RStudio menghasilkan nilai *p-value* sebesar 0,6828. Oleh karena itu, tidak ada bukti untuk menolak H_0 yang menyatakan bahwa *return* harian harga kontrak berjangka nikel mengikuti distribusi normal.

4.3 Volatilitas *Return* Kontrak Berjangka Nikel

Volatilitas dihitung untuk mengukur tingkat ketidakpastian perubahan harga suatu aset di masa depan. Nilai volatilitas dapat dihitung dengan persamaan (2) yang ada dengan menggunakan data *log return* dari harga kontrak berjangka nikel yang telah dihitung sebelumnya.

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{\Delta t}}.$$

Nilai standar deviasi *log return* diperoleh sebesar 0,0218 serta nilai Δt sebesar $\frac{1}{252}$. Dengan substitusi nilai standar deviasi serta besarnya selang waktu yang digunakan, volatilitas dapat dihitung sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{0,0218}{\sqrt{\frac{1}{252}}}$$

sehingga diperoleh nilai volatilitas dari kontrak berjangka nikel sebesar 34,6% per tahun. Angka 34,6% per tahun mengindikasikan adanya ketidakpastian dalam

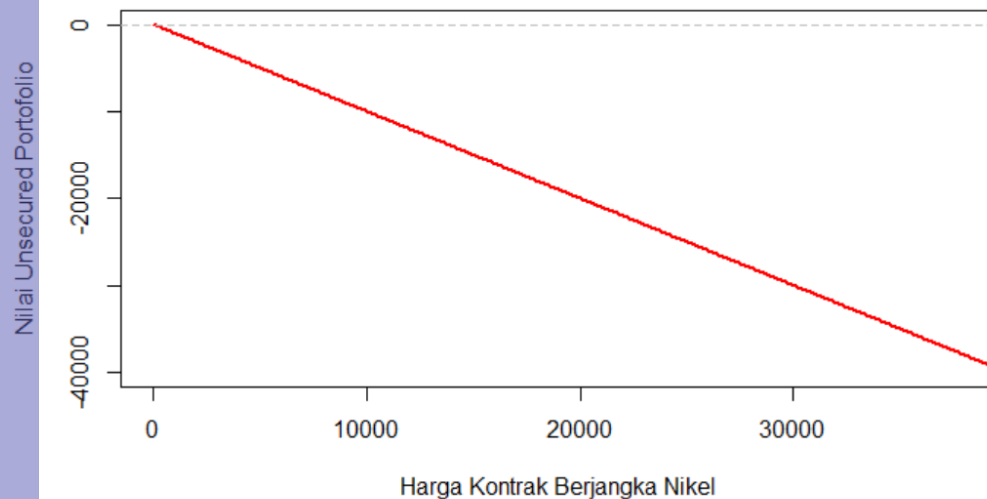
pergerakan kontrak berjangka nikel, baik mengalami kenaikan maupun penurunan sebesar 34,6%. Oleh karena itu, diperlukan strategi *hedging* terhadap kontrak berjangka nikel.

4.4 Nilai *Unsecured Position*

Unsecured position adalah posisi dalam investasi yang tidak dilindungi oleh strategi lindung nilai. Nilai *unsecured position* dapat diilustrasikan pada waktu T dengan harga kontrak berjangka sebesar F_T dan akan dibeli sebanyak n buah, Nilai *unsecured position* dapat diilustrasikan dalam persamaan sebagai berikut:

$$C_{UP} = -nF_T.$$

persamaan ini merupakan nilai yang harus dikeluarkan oleh investor yang besarnya dipengaruhi oleh harga kontrak berjangka di waktu T . Grafik nilai *unsecured position* digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Nilai *unsecured position*

Nilai akan bergerak searah dengan pergerakan harga kontrak berjangka. Semakin tinggi harga kontrak berjangka di masa depan maka nilai dari biaya yang dikeluarkan oleh investor semakin besar.

4.5 Harga Opsi *Vanilla* Menggunakan Model *Black*

Penghitungan harga opsi *call* dan *put* dilakukan menggunakan model *Black* pada persamaan (3) dan (4). Penghitungan dilakukan dengan diketahui nilai-nilai berikut:

Harga kontrak berjangka awal (F_0) : 19.250,06.
Tingkat suku bunga bebas risiko (r) : 0,045.
Waktu tempo (T) : 3 tahun.

Penghitungan dilakukan dengan bantuan *software* RStudio dengan sepuluh nilai *strike price* (K) yang diambil dari rasio perbandingan terhadap nilai *spot price* kontrak berjangka nikel dengan mengasumsikan adanya penurunan harga sebesar 10% – 50% serta mengalami kenaikan harga sebesar 10% – 50%. Hasil penghitungan harga opsi *put* dan opsi *call* untuk kontrak berjangka nikel disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Harga opsi *call* dan opsi *put* Eropa

<i>Strike Price</i> (K)	Opsi <i>Call</i> (c)	Opsi <i>Put</i> (p)
9.625,03	13.522,61	3.296,47
11.550,04	11.933,47	4.885,61
13.475,04	10.360,15	6.458,93
15.400,05	8.893,97	7.925,11
17.325,05	7.578,66	9.240,42
21.175,06	5.435,88	11.383,20
23.100,07	4.591,01	12.228,07
25.025,08	3.876,06	12.943,02
26.950,08	3.273,66	13.545,42
28.875,09	2.767,39	14.051,69

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penghitungan harga opsi, didapatkan hasil bahwa semakin tinggi nilai *strike price* (K) yang digunakan dalam penghitungan opsi maka nilai opsi *call* akan semakin rendah. Akan tetapi, hal ini berbanding terbalik dengan hasil penghitungan harga opsi *put* yang bergerak semakin tinggi seiring dengan penambahan harga *strike price* (K).

4.6 Fungsi Profit Strategi *Long Strangle*

Strategi *long strangle* dalam penelitian ini menggunakan *long* satu buah opsi *put* dengan nilai *strike price* pertama (K_1) dan *long* satu buah opsi *call* dengan nilai *strike price* kedua (K_2) dengan ketentuan $K_1 < K_2$. Fungsi profit (P_{LS}) pada strategi *long strangle* dapat dinyatakan dalam persamaan umum berikut:

$$P_{LS} = \begin{cases} K_1 - F_T - (p_{L1} + c_{L2}), & F_T < K_1 \\ -(p_{L1} + c_{L2}), & K_1 \leq F_T < K_2 \\ F_T - K_2 - (p_{L1} + c_{L2}), & F_T \geq K_2. \end{cases}$$

dengan

T = waktu jatuh tempo;

F_T = harga kontrak berjangka pada waktu T ;

K = *strike price*;

p = premi opsi *put*;

c = premi opsi *call*.

Kedua *strike price* yang digunakan dalam strategi ini berpengaruh terhadap profit yang diberikan dalam strategi. Dibuat lima kombinasi dalam penerapan kedua strategi yang digunakan dalam penelitian ini. Kombinasi dibuat berdasarkan perbedaan dua nilai kesepakatan yang digunakan, dimulai dari selisih kedua nilai kesepakatannya yang besar hingga selisih kedua nilai kesepakatannya

kecil. Adanya kombinasi ini membuat *initial cash flow* dari strategi *long strangle* memiliki nilai berbeda-beda. Besarnya *initial cash flow* dari strategi *long strangle* diperoleh dengan menjumlahkan biaya yang dikeluarkan diawal strategi untuk membeli 1 opsi *put* dengan K_1 dan membeli 1 opsi *call* dengan K_2 . Penghitungan premi strategi *long strangle* tiap kombinasi ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5 *Initial cash flow* strategi *long strangle*

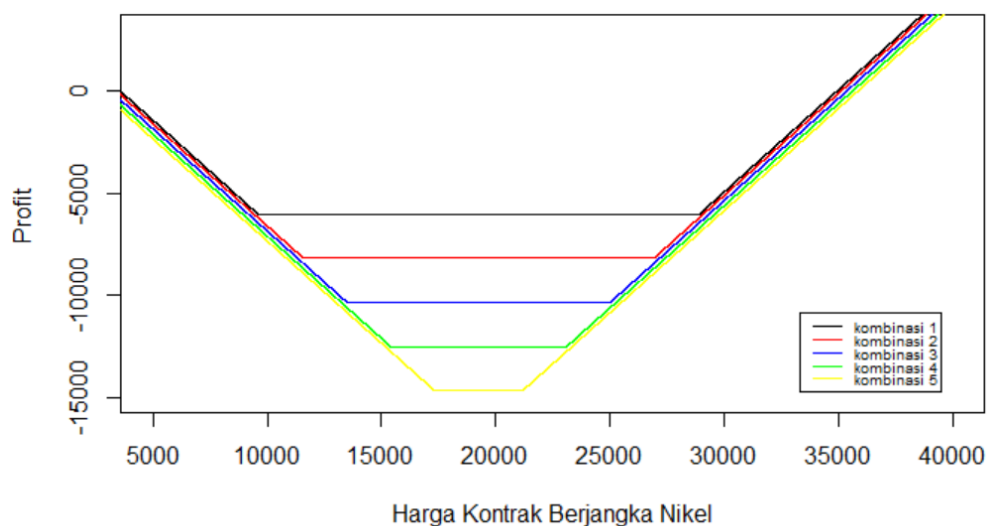
Kombinasi	Strike Price (K_1)	Strike Price (K_2)	Initial Cash flow
1	9.625,03	28.875,09	-6.063,86
2	11.550,04	26.950,08	-8.159,27
3	13.475,04	25.025,08	-10.334,99
4	15.400,05	23.100,07	-12.516,13
5	17.325,05	21.175,06	-14.676,31

Diperoleh bahwa semakin besar nilai selisih antara kedua *strike price* yang digunakan maka biaya premi opsi akan semakin rendah. Penghitungan profit strategi *long strangle* dilakukan pada 5 kombinasi yang telah dibuat menggunakan biaya premi opsi yang telah dihitung pada Tabel 5 sehingga diperoleh hasil profit masing-masing kondisi pada tiga kondisi harga jatuh tempo (F_T) yang ditampilkan pada Tabel 6 dengan urutan nomor merupakan urutan kombinasi yang telah dibuat.

Tabel 6 Profit pada strategi *long strangle*

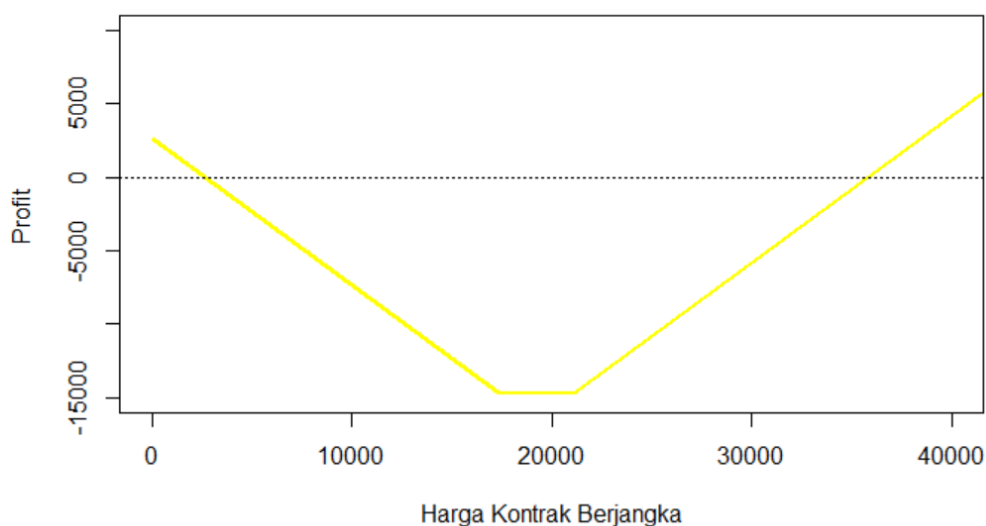
No.	Strike Price (K_1)	Strike Price (K_2)	Profit pada Strategi Long Strangle		
			$F_T < K_1$	$K_1 \leq F_T < K_2$	$F_T \geq K_2$
1	9.625,03	28.875,09	$3.561,17 - F_T$	-6.063,86	$F_T - 34.938,95$
2	11.550,04	26.950,08	$3.390,76 - F_T$	-8.159,27	$F_T - 35.109,36$
3	13.475,04	25.025,08	$3.140,05 - F_T$	-10.334,99	$F_T - 35.360,06$
4	15.400,05	23.100,07	$2.883,92 - F_T$	-12.516,13	$F_T - 35.616,37$
5	17.325,05	21.175,06	$2.648,74 - F_T$	-14.676,31	$F_T - 35.851,37$

Diperoleh bahwa tiap kombinasi memberikan nilai profit dan kerugian maksimum yang berbeda-beda pada tiga kondisi harga jatuh tempo (F_T). Ditampilkan ilustrasi perbandingan tiap kombinasi untuk melihat perbedaan yang terdapat pada setiap kombinasinya pada Gambar 4.



Gambar 4 Kombinasi *strike price* dari strategi *long strangle*

Gambar 4 menunjukkan bahwa perbedaan besarnya nilai selisih antara kedua nilai kesepakatan yang digunakan memberikan pengaruh pada besarnya nilai kerugian minimum bagi *investor* dalam melakukan lindung nilai. Kombinasi 1 merupakan kombinasi yang memiliki nilai selisih kedua nilai kesepakatan paling besar diantara kombinasi lain dengan nilai K_1 sebesar 9.625,03 dan K_2 sebesar 28.875,09 yang memberikan nilai profit paling tinggi dibandingkan keempat strategi lainnya pada setiap kondisi harga jatuh tempo. Sedangkan kombinasi 5 yang merupakan kombinasi yang memberikan nilai selisih dari kedua nilai kesepakatan paling kecil dengan nilai K_1 sebesar 17.325,05 dan K_2 sebesar 21.175,06 memberikan nilai profit paling rendah dibandingkan keempat strategi lain pada setiap kondisi harga jatuh tempo. Dibuat ilustrasi untuk kombinasi 5 pada Gambar 5 Profit *long strangle* menggunakan kombinasi 5.

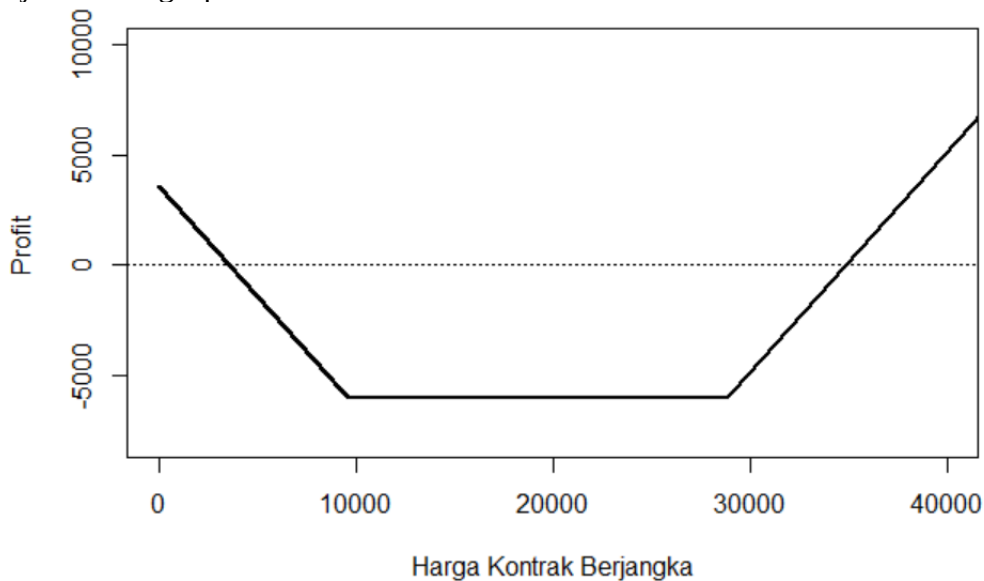


Gambar 5 Profit *long strangle* menggunakan kombinasi 5

Berdasarkan Gambar 5 diperoleh bahwa pada kombinasi ini akan memberikan nilai profit diatas nol atau bernilai positif pada saat $F_T \leq 2.648,74$ atau ketika $F_T \geq 35.851,37$. Dibuat fungsi profit pada kombinasi ini dapat disajikan dalam fungsi berikut.

$$P_{LS5} = \begin{cases} 2.648,74 - F_T, & F_T < 17.325,05 \\ -14.676,31, & 17.325,05 \leq F_T < 21.175,06 \\ F_T - 35.851,37, & F_T \geq 21.175,06. \end{cases}$$

Sedangkan untuk kombinasi yang memiliki nilai selisih kedua nilai kesepakatan paling besar diantara kombinasi lain dengan K_1 sebesar 9.625,03 dan K_2 sebesar 28.875,09 memberikan nilai kerugian maksimum paling rendah dibandingkan kombinasi lain pada setiap kondisi nilai jatuh tempo. Gambar 6 menunjukkan fungsi profit kombinasi 1.



Gambar 6 Profit *long strangle* menggunakan kombinasi 1

Pada Gambar 6 diperoleh bahwa pada kombinasi ini akan memberikan nilai profit diatas nol atau bernilai positif pada saat $F_T \leq 3.561,17$ atau ketika $F_T \geq 34.938,95$. Dibuat fungsi profit pada kombinasi ini dapat disajikan dalam fungsi berikut.

$$P_{LS1} = \begin{cases} 3.561,17 - F_T, & F_T < 9.625,03 \\ -6.063,86, & 9.625,03 \leq F_T < 28.875,09 \\ F_T - 34.938,95, & F_T \geq 28.875,09. \end{cases}$$

4.7 Nilai Portofolio Lengkap Strategi Long Strangle

Fungsi dari nilai portofolio lengkap strategi *long strangle* didapatkan dari penjumlahan fungsi harga beli pada *unsecured position* dengan fungsi profit strategi *long strangle* menggunakan opsi Eropa. Fungsi nilai portofolio lengkap dalam strategi *long strangle* (BP_{LS}) dapat dilihat pada persamaan berikut:

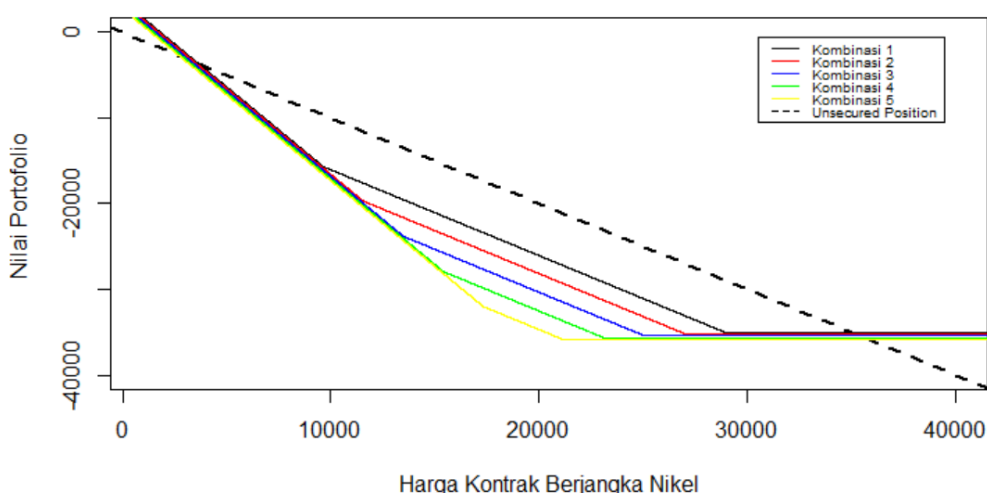
$$BP_{LS} = \begin{cases} K_1 - 2F_T - (p_{L1} + c_{L2}), & F_T < K_1 \\ -F_T - (p_{L1} + c_{L2}), & K_1 \leq F_T < K_2 \\ -K_2 - (p_{L1} + c_{L2}), & F_T \geq K_2. \end{cases}$$

Penghitungan nilai portofolio lengkap pada kontrak berjangka nikel dilakukan terhadap lima kombinasi terhadap interval dua nilai kesepakatan dalam strategi ini. Tiap kombinasi memiliki nilai biaya atau premi opsi yang berbeda-beda. Hasil penghitungan tiap kombinasi disajikan dalam Tabel 7 dengan urutan nomor merupakan urutan kombinasi yang telah dibuat.

Tabel 7 Nilai portofolio lengkap *long strangle*

No.	Strike Price (K_1)	Strike Price (K_2)	Nilai Portofolio Long Strangle		
			$F_T < K_1$	$K_1 \leq F_T < K_2$	$F_T \geq K_2$
1	9.625,03	28.875,09	$3.561,17 - 2F_T$	$-6.063,86 - F_T$	$-34.938,95$
2	11.550,04	26.950,08	$3.390,76 - 2F_T$	$-8.159,27 - F_T$	$-35.109,36$
3	13.475,04	25.025,08	$3.140,05 - 2F_T$	$-10.334,99 - F_T$	$-35.360,06$
4	15.400,05	23.100,07	$2.883,92 - 2F_T$	$-12.516,13 - F_T$	$-35.616,37$
5	17.325,05	21.175,06	$2.648,74 - 2F_T$	$-14.676,31 - F_T$	$-35.851,37$

Ditampilkan ilustrasi tiap kombinasi yang telah dibuat dengan membandingkan besar harga beli tiap kondisi nilai jatuh tempo kontrak berjangka nikel menggunakan strategi *long strangle* dengan biaya beli tanpa menggunakan lindung nilai atau strategi apapun. Ilustrasi ditampilkan pada Gambar 7.

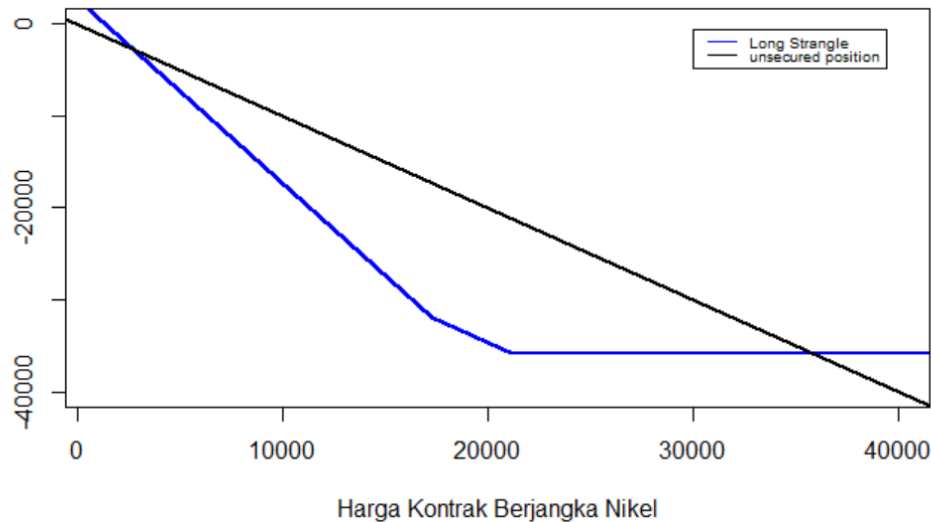


Gambar 7 Nilai portofolio lengkap strategi *long strangle*

Diasumsikan, seorang *investor* akan berinvestasi dengan mengasumsikan bahwa tidak adanya pergerakan harga yang signifikan sehingga dilakukan investasi dengan kombinasi 5 yang memberikan nilai selisih kedua nilai kesepakatan paling sempit dengan membeli satu kontrak berjangka menggunakan lindung nilai strategi *long strangle* dengan nilai K_1 sebesar 17,325.052 dan nilai K_2 sebesar 21,175.064. Dalam strategi ini dilakukan pembelian satu opsi *put* sebesar 8.833,82 dan pembelian satu opsi *call* sebesar 5.569,21 maka didapatkan fungsi biaya portofolio yang diperoleh dari strategi *long strangle* sebagai berikut:

$$BP_{LS} = \begin{cases} 2.648,74 - 2F_T, & F_T < 17.325,052 \\ -F_T - 14.676,31, & 17.325,05 \leq F_T < 21.175,06 \\ -35.851,37, & F_T \geq 21.175,06. \end{cases}$$

Dilakukan penghitungan pada strategi *long strangle* menggunakan opsi vanilla serta dibandingkan dengan kondisi *unsecured position* yang ditunjukkan pada grafik pada Gambar 8.



Gambar 8 Fungsi biaya portofolio strategi *long strangle*

Gambar 8 menunjukkan bahwa biaya portofolio lengkap dengan strategi *long strangle* memberikan biaya lebih rendah dibandingkan *unsecured position* pada saat harga jatuh tempo kontrak berjangka nikel pada kondisi $F_T < 1.324,37$ atau pada kondisi $F_T > 35.851,37$.

4.8 Fungsi Profit Strategi *Call Ratio Back Spread*

Strategi *call ratio back spread* dalam penelitian ini menggunakan *short* satu buah opsi *call* dalam kondisi *in the money* dan *long* dua buah opsi *call* dalam kondisi *out the money*. Fungsi profit pada strategi *call ratio back spread* dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P_{CRB} = \begin{cases} c_{L1} - 2c_{L2}, & F_T < K_1 \\ -F_T + K_1 + c_{L1} - 2c_{L2}, & K_1 \leq F_T < K_2 \\ F_T + K_1 - 2K_2 + c_{L1} - 2c, & F_T \geq K_2 \end{cases}$$

dengan

T = waktu jatuh tempo;

F_T = harga kontrak berjangka pada waktu T ;

K = *strike price*;

c = premi opsi *call*.

Profit dan kerugian maksimum dari strategi *call ratio back spread* ditentukan oleh dua nilai yang disepakati oleh *investor* pada saat jatuh tempo. Dibuat lima kombinasi pada kedua nilai kesepakatan yang penghitungan biaya

untuk *hedged position* pada strategi *call ratio back spread*. Adanya kombinasi ini membuat nilai *initial cash flow* dari strategi *call ratio back spread* berbeda tiap kombinasinya. Nilai *initial cash flow* diperoleh dengan menjumlahkan penerimaan dari penjualan 1 opsi *call* dengan K_1 dan pengeluaran untuk pembelian 2 opsi *call* dengan K_2 . Penghitungan premi strategi *long strangle* tiap kombinasi ditampilkan dalam Tabel 8.

Tabel 8 *Initial cash flow* strategi *call ratio back spread*

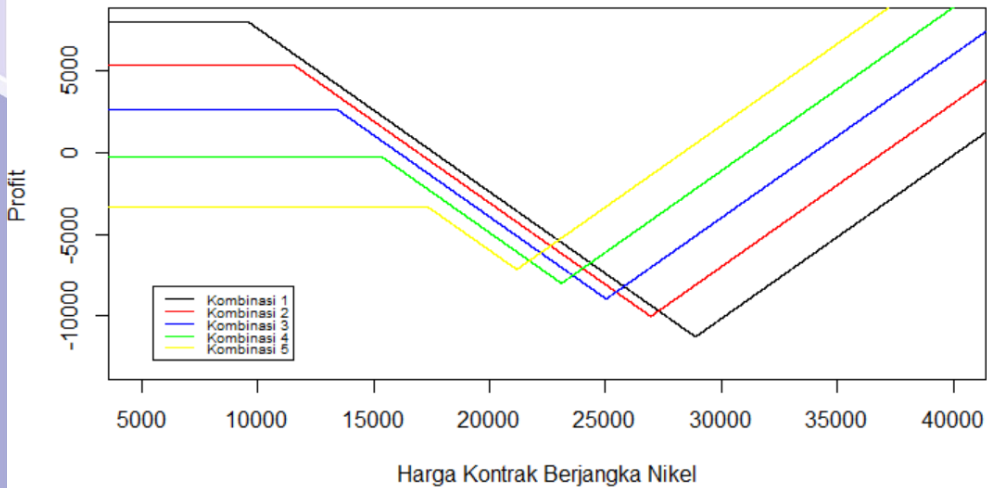
Kombinasi	Strike Price (K_1)	Strike Price (K_2)	Initial cash flow
1	9.625,03	28.875,09	7.987,83
2	11.550,04	26.950,08	5.386,14
3	13.475,04	25.025,08	2.608,04
4	15.400,05	23.100,07	-288,06
5	17.325,05	21.175,06	-3.293,11

Tabel 8 menunjukkan bahwa adanya kombinasi terhadap dua nilai kesepakatan yang ditentukan dalam strategi ini memberikan pengaruh terhadap besarnya biaya premi strategi *call ratio back spread*. Semakin besar selisih dari kedua nilai *strike price* yang digunakan dalam pemilihan dua nilai kesepakatan dalam strategi *call ratio back spread*, nilai dari *initial cash flow* yang dihasilkan akan bernilai positif dan semakin besar. Hal ini dibuktikan dalam kombinasi 1 dengan selisih dari nilai kesepakatan yang digunakan lebih besar dibandingkan kombinasi lain memberikan nilai *initial cash flow* yang semakin besar. Penghitungan profit dilakukan dalam lima kombinasi yang telah dibuat dengan biaya premi yang sudah ditampilkan dalam Tabel 8. Hasil penghitungan disajikan dalam Tabel 9 dengan urutan nomor merupakan urutan kombinasi yang telah dibuat.

Tabel 9 Profit pada strategi *call ratio back spread*

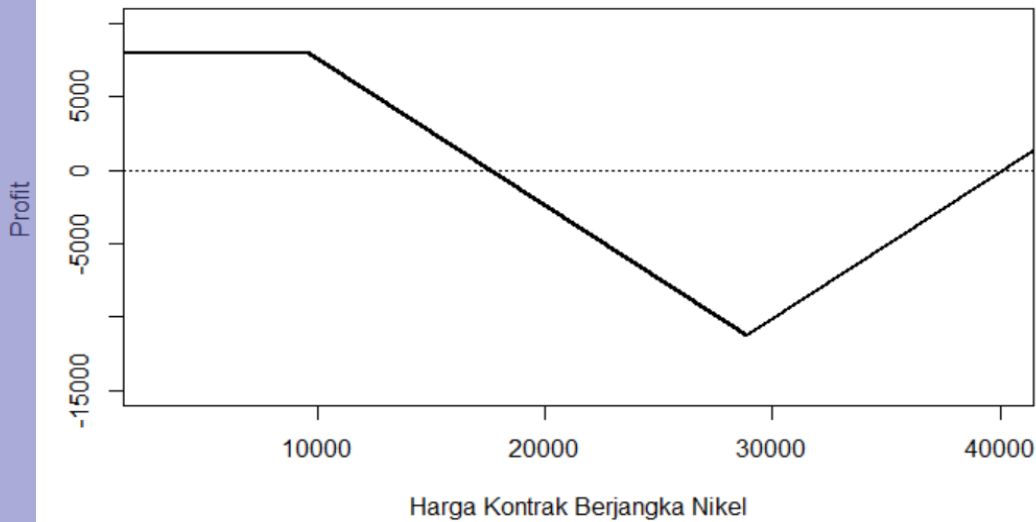
No.	Strike Price (K_1)	Strike Price (K_2)	Profit pada strategi <i>call ratio back spread</i>		
			$F_T < K_1$	$K_1 \leq F_T < K_2$	$F_T \geq K_2$
1	9.625,03	28.875,09	7.987,83	$-F_T + 17.612,86$	$F_T - 40.137,32$
2	11.550,04	26.950,08	5.386,14	$-F_T + 16.936,18$	$F_T - 36.963,98$
3	13.475,04	25.025,08	2.608,04	$-F_T + 16.083,08$	$F_T - 3.967,07$
4	15.400,05	23.100,07	-288,06	$-F_T + 15.111,99$	$F_T - 31.088,15$
5	17.325,05	21.175,06	-3.293,11	$-F_T + 14.031,94$	$F_T - 28.318,19$

Setiap kombinasi memberikan nilai profit dan kerugian maksimum yang berbeda-beda. Perbandingan tiap kombinasi diilustrasikan dalam Gambar 9 dengan mengasumsikan harga F_0 sama tiap kombinasi untuk penghitungan biaya strateginya.



Gambar 9 Kombinasi *strike price* dari strategi *call ratio back spread*

Gambar 9 menunjukkan bahwa pada strategi *call ratio back spread*, besarnya selisih dari kedua harga kesepakatan mempengaruhi nilai kerugian minimum yang berpotensi dialami oleh *investor* pada semua kondisi nilai F_T . Kombinasi 1 dengan nilai selisih dari kedua nilai kesepakatan paling besar merupakan kombinasi yang memberikan nilai profit paling besar dibandingkan kombinasi lainnya pada kondisi $F_T < 22.965,52$, sedangkan diluar kondisi tersebut, kombinasi 1 memberikan nilai profit paling rendah dibandingkan kombinasi lain. Berikut adalah visualisasi dari kombinasi 1 yang ditampilkan pada Gambar 10.

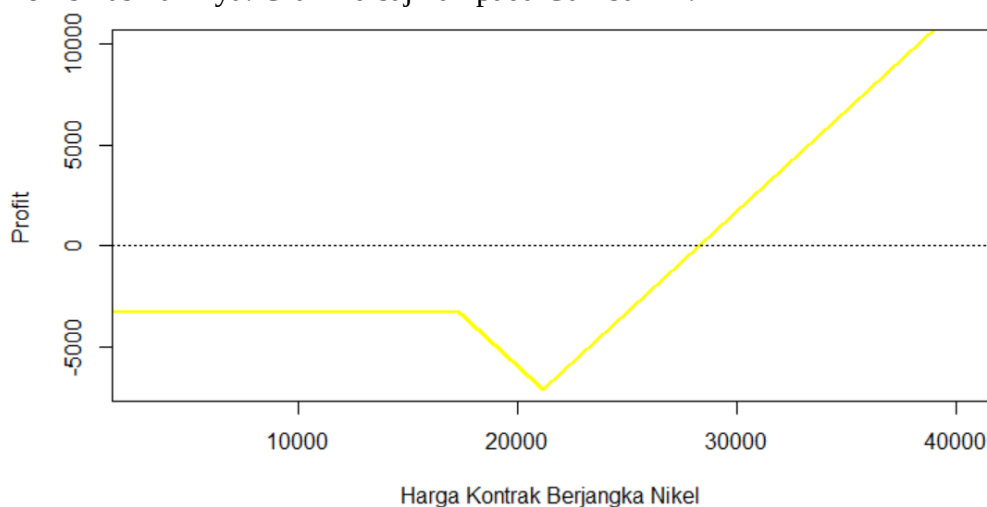


Gambar 10 Profit *call ratio back spread* pada kombinasi 1

Kombinasi 1 merupakan kombinasi dengan nilai selisih dari kedua nilai kesepakatannya paling besar dibandingkan kombinasi lain dengan K_1 sebesar 9.625,03 dan K_2 sebesar 28.875,09. Kombinasi ini mampu memberikan nilai profit yang positif saat $F_T < 12.612,86$ atau $F_T > 40.137,32$. Akan tetapi ketika diluar dari kondisi tersebut, kombinasi ini memberikan potensi nilai kerugian maksimum paling besar dibandingkan dengan kombinasi lain.

$$P_{CRB1} = \begin{cases} 7.987,83, & F_T < 9.625,03 \\ -F_T + 17.612,86, & 9.625,03 \leq F_T < 28.875,09 \\ F_T - 40.137,32, & F_T \geq 28.875,09. \end{cases}$$

Sebagai pembanding, diambil kombinasi 5 yang merupakan kombinasi dengan nilai selisih antara kedua nilai kesepakatan paling kecil pada seluruh kombinasi yang dibuat dengan K_1 sebesar 17.325,05 dan K_2 sebesar 21.175,06 menyebabkan profit bernilai negatif dan paling rendah dari seluruh kombinasi pada saat $F_T < K_1$. Meskipun demikian, di luar dari kondisi tersebut kombinasi ini mampu memberikan nilai kerugian maksimum paling rendah dibandingkan kombinasi lainnya. Grafik disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11 Profit *call ratio back spread* pada kombinasi 5

Fungsi harga beli pada kombinasi 5 disajikan dalam fungsi berikut.

$$P_{CRB5} = \begin{cases} -4.538,31, & F_T < 17.325,05 \\ -F_T + 12.786,74, & 17.325,05 \leq F_T < 21.175,06 \\ F_T - 29.563,39, & F_T \geq 21.175,06. \end{cases}$$

4.9 Nilai Portofolio Lengkap Strategi *Call Ratio Back Spread*

Fungsi dari nilai portofolio lengkap dalam strategi *call ratio back spread* didapatkan dari penjumlahan fungsi harga beli pada *unsecured position* dengan fungsi profit strategi *call ratio back spread* menggunakan opsi Vanilla. Fungsi harga portofolio lengkap dalam strategi *call ratio back spread* dapat dilihat pada persamaan HP_{CRB} berikut:

$$HP_{CRB} = \begin{cases} -F_T + c_{L1} - 2c_{L2}, & F_T < K_1 \\ -2F_T + K_1 + c_{L1} - 2c_{L2}, & K_1 \leq F_T < K_2 \\ K_1 - 2K_2 + c_{L1} - 2c_{L2}, & F_T \geq K_2. \end{cases}$$

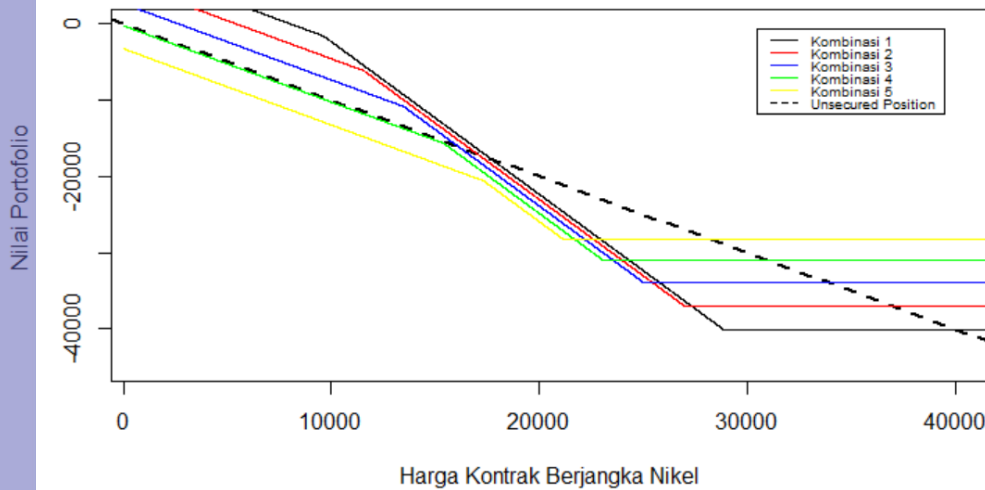
Penghitungan nilai portofolio lengkap pada kontrak berjangka nikel dilakukan terhadap lima kombinasi yang telah dibuat. Tiap kombinasi memiliki

nilai portofolio yang berbeda-beda pada tiga kondisi harga jatuh temponya. Hasil penghitungan tiap kombinasi disajikan dalam Tabel 10 dengan urutan nomor merupakan urutan kombinasi yang telah dibuat.

Tabel 10 Nilai portofolio lengkap strategi *call ratio back spread*

No.	Strike Price (K_1)	Strike Price (K_2)	Nilai portofolio pada strategi <i>call ratio back spread</i>		
			$F_T < K_1$	$K_1 \leq F_T < K_2$	$F_T \geq K_2$
1	9.625,03	28.875,09	$7.987,83 - F_T$	$-2F_T + 17.612,86$	$-40.137,32$
2	11.550,04	26.950,08	$5.386,14 - F_T$	$-2F_T + 16.936,18$	$-36.963,98$
3	13.475,04	25.025,08	$2.608,04 - F_T$	$-2F_T + 16.083,08$	$-3.967,07$
4	15.400,05	23.100,07	$-288,06 - F_T$	$-2F_T + 15.111,99$	$-31.088,15$
5	17.325,05	21.175,06	$-3.293,11 - F_T$	$-2F_T + 14.031,94$	$-28.318,19$

Ditampilkan ilustrasi tiap kombinasi yang telah dibuat dengan membandingkan besar harga beli tiap kondisi nilai jatuh tempo kontrak berjangka nikel menggunakan strategi *call ratio back spread* dengan biaya beli tanpa menggunakan lindung nilai atau strategi apapun. Ilustrasi ditampilkan pada Gambar 12.

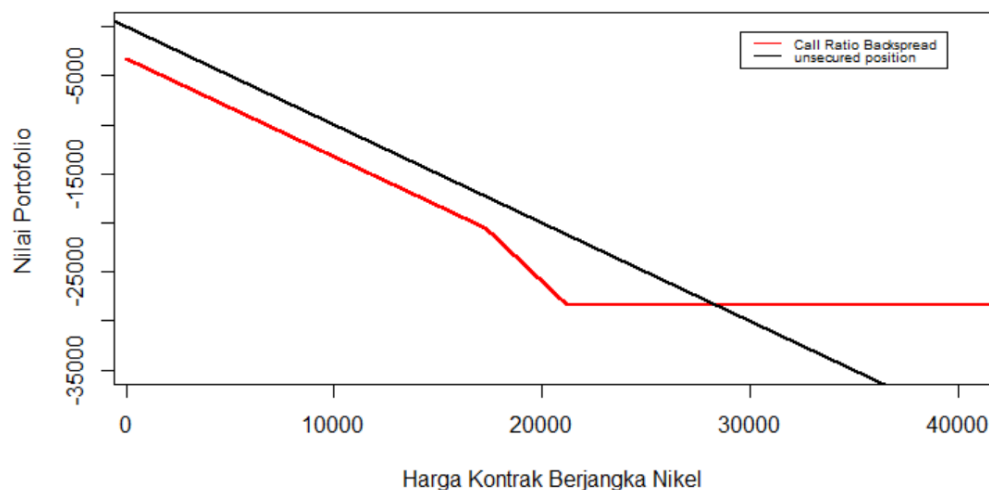


Gambar 12 Nilai portofolio lengkap *call ratio back spread*

Diasumsikan, seorang *investor* berinvestasi dengan mengasumsikan bahwa tidak ada pergerakan harga yang signifikan sehingga dilakukan investasi dengan strategi *call ratio back spread* pada kombinasi 5 untuk membeli 1 kontrak berjangka menggunakan strategi *call ratio back spread* dengan nilai K_1 sebesar 17,325.052 dan nilai K_2 sebesar 21,175.064 sehingga dalam menjalankan strategi ini *investor* memiliki biaya premi opsi sebesar 4.338,61. Didapatkan fungsi biaya portofolio dengan strategi *call ratio back spread* dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$HP_{CRB} = \begin{cases} -3.293,11 - F_T, & F_T < 17.325,05 \\ -2F_T + 14.031,94, & 17.325,05 \leq F_T < 21.175,06 \\ -28.318,19, & F_T \geq 21.175,06. \end{cases}$$

Dilakukan penghitungan pada strategi *call ratio back spread* menggunakan opsi Eropa serta dibandingkan dengan kondisi *unsecured position* yang ditunjukkan pada grafik pada Gambar 13.



Gambar 13 Fungsi biaya portofolio lengkap strategi *call ratio back spread*

Gambar 13 menunjukkan bahwa fungsi biaya portofolio lengkap dengan strategi *call ratio back spread* menggunakan opsi vanilla akan bernilai lebih tinggi dari *unsecured position* jika $F_T > -28.318,19$. Namun di luar dari kondisi tersebut, untuk kemungkinan semua nilai F_T , biaya beli strategi *call ratio back spread* akan bernilai lebih rendah dari *unsecured position*.

4.10 Perbandingan Strategi Long Strangle dan Call Ratio Back Spread

Pembuatan kombinasi dari selisih dua nilai kesepakatan (K) yang digunakan dalam melakukan strategi *call ratio back spread* dan *long strangle* memberikan pengaruh terhadap profit serta nilai dari portofolio lengkap kontrak berjangka nikel. Dibuat dua kasus untuk membandingkan antara kedua strategi ini berdasarkan penentuan nilai kesepakatan dalam melindungi nilai kontrak berjangka nikel. Kasus I dibuat dengan mengambil kombinasi 1 yang memberikan nilai selisih kedua kombinasi yang paling besar dibandingkan kombinasi lain dengan nilai K_1 sebesar 9.625,03 dan K_2 sebesar 28.875,09 sedangkan dibuat kasus II sebagai pembanding dengan mengambil kombinasi 5 dengan nilai selisih dari kedua nilai kesepakatan paling kecil dibandingkan kombinasi lain dengan nilai K_1 sebesar 17,325.052 dan nilai K_2 sebesar 21,175.064.

4.10.1 Kasus I

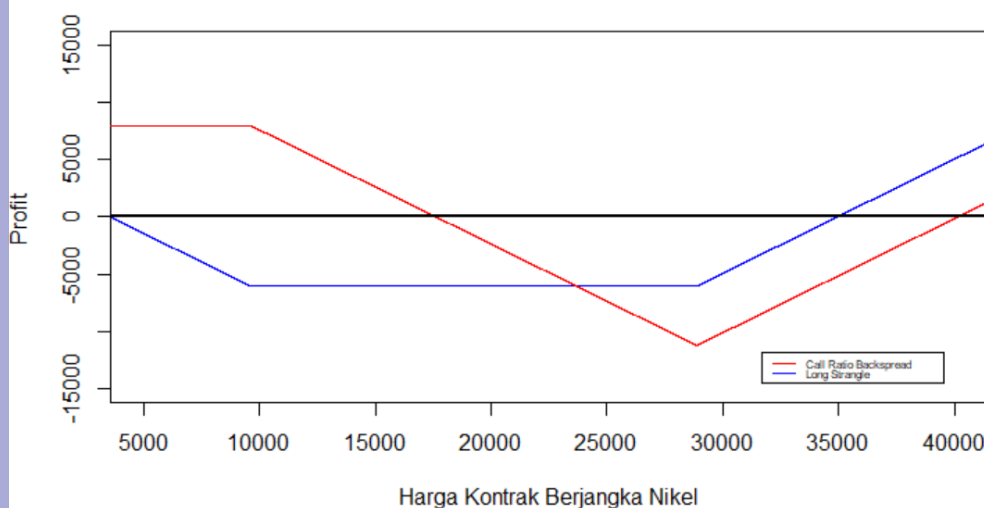
Kasus ini dibuat dengan mengambil kombinasi 1 yang memberikan nilai selisih kedua kombinasi yang paling besar. Nilai kesepakatan pertama (K_1) dipilih saat kondisi *out the money* atau berada di bawah nilai F_0 sedangkan untuk nilai kesepakatan kedua (K_2) dipilih saat kondisi *in the money* atau berada di atas nilai F_0 . Dilakukan penghitungan profit dari strategi *call ratio back spread* dan *long strangle* dengan nilai kesepakatan yang telah ditentukan serta penghitungan dilakukan dengan mengasumsikan nilai awal (F_0) dari

kontrak berjangka nikel bernilai sama. Hasil perbandingan dua strategi ini ditampilkan dalam Tabel 11.

Tabel 11 Penghitungan profit dua strategi untuk kasus I

Strategi	Initial cash flow	Profit		
		$F_T < K_1$	$K_1 \leq F_T < K_2$	$F_T \geq K_2$
Long strangle	-7.015,35	$2.609,03 - F_T$	-7.015,35	$F_T - 35.890,44$
Call ratio back spread	2.770,96	2.770,96	$-F_T + 12.395,98$	$F_T - 45.354,19$

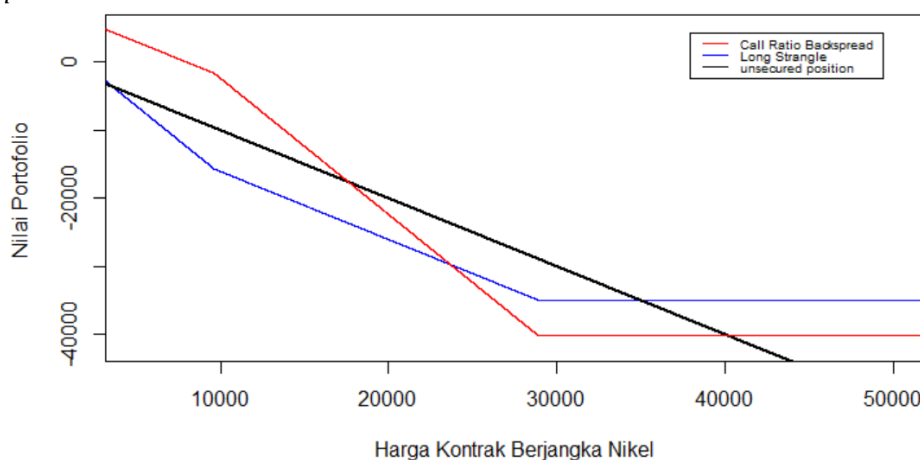
Diperoleh bahwa biaya premi opsi kedua strategi ini berbanding terbalik yaitu pada strategi *long strangle* memberikan nilai negatif sedangkan strategi *call ratio back spread* bernilai positif. Perbandingan kedua strategi ini diilustrasikan dalam Gambar 14.



Gambar 14 Perbandingan *profit* strategi *long strangle* dan *call ratio back spread*

Gambar 14 menunjukkan bahwa strategi *long strangle* dan strategi *call ratio back spread* akan memberikan nilai profit dengan tren naik pada kondisi harga jatuh tempo lebih besar dari harga kesepakatan kedua atau $F_T \geq K_2$ sedangkan saat nilai jatuh tempo $F_T < K_1$ strategi *call ratio back spread* memberikan profit konstan diatas nol sedangkan strategi *long strangle* memberikan nilai profit dengan tren turun dibawah nol. Kondisi lain yaitu ketika nilai jatuh tempo (F_T) berada di kondisi $K_1 \leq F_T < K_2$ nilai profit pada strategi *long strangle* bernilai tetap yaitu sebesar -7.015,35 sedangkan untuk strategi *call ratio back spread* nilai profitnya menurun seiring dengan pertambahan harga jatuh tempo di masa depan. Berdasarkan grafik diatas, diperoleh bahwa saat $F_T < 23.676,72$ strategi *call ratio back spread* memberikan nilai profit yang lebih besar dibandingkan strategi *long strangle*. Sedangkan pada kondisi lain strategi *long strangle* memberikan profit yang lebih besar dibandingkan strategi *call ratio back spread*.

Dilakukan perbandingan kedua strategi ini terhadap nilai portofolio lengkap serta dibandingkan dengan *unsecured position* yang memiliki nilai $C_{up} = -F_T$.



Gambar 15 Portofolio *secured* dan *unsecured position* untuk kasus I

Gambar 15 menampilkan perbandingan dari kedua strategi sebagai *secured position* dan *unsecured position*. Dengan membandingkan kedua strategi, dalam kasus ini strategi *call ratio back spread* memiliki nilai portofolio lengkap lebih tinggi dibandingkan dengan strategi *long strangle* dalam kondisi $F_T < 19.411,33$. Terdapat titik potong antara kedua strategi yaitu pada saat $F_T = 23.676,72$. Dengan adanya titik potong ini, strategi *call ratio back spread* memberikan nilai portofolio lebih kecil dibandingkan strategi *long strangle* ketika $F_T < 23.676,72$. Secara keseluruhan didapatkan bahwa *secured position* cenderung memberikan nilai yang lebih menguntungkan hanya pada saat harga kontrak berjangka bergerak ke atas secara signifikan yaitu ketika $F_T \geq 35.890,44$ bagi strategi *call ratio back spread* dan $F_T \geq 45.354,19$. Dalam kasus ini yaitu pada strategi *call ratio back spread* terlihat lebih menguntungkan dibandingkan *unsecured position* pada saat ketika harga kontrak berjangka menjadi $F_T < 2.609,03$.

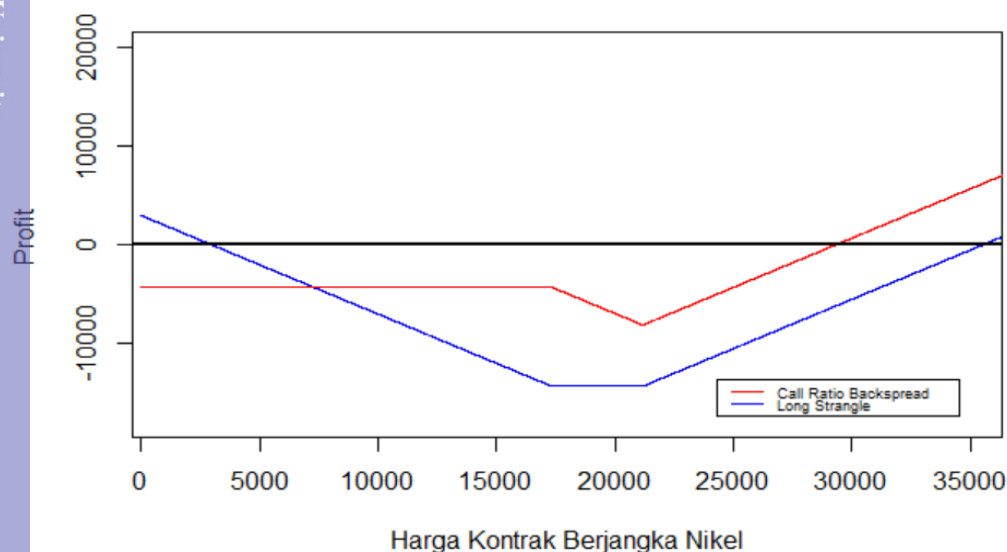
4.10.2 Kasus II

Kasus ini dibuat dengan mengambil kombinasi 5 yang memberikan nilai selisih kedua kombinasi yang paling kecil dibandingkan kombinasi lain dengan nilai K_1 sebesar 17,325.052 dan nilai K_2 sebesar 21,175.064. Nilai kesepakatan pertama (K_1) dipilih saat kondisi *out the money* atau berada di bawah nilai F_0 sedangkan untuk nilai kesepakatan kedua (K_2) dipilih saat kondisi *in the money* atau berada di atas nilai F_0 . Dilakukan enghitungan profit dari strategi *call ratio back spread* dan *long strangle* dengan nilai kesepakatan yang telah ditentukan serta penghitungan dilakukan dengan mengasumsikan nilai awal (F_0) dari kontrak berjangka nikel bernilai sama. Hasil perbandingan dua strategi ini ditampilkan dalam Tabel 12.

Tabel 12 Penghitungan profit dua strategi untuk kasus II

Strategi	Initial cash flow	Profit		
		$F_T < K_1$	$K_1 \leq F_T < K_2$	$F_T \geq K_2$
Long strangle	-14.403,03	$2.922,02 - F_T$	-14.403,03	$F_T - 35.578,09$
Call ratio back spread	-4.338,614	-4.338,614	$-F_T + 12.986,44$	$F_T - 29.363,69$

Diperoleh bahwa biaya premi opsi kedua strategi ini keduanya memiliki nilai negatif namun strategi *long strangle* memiliki nilai biaya premi lebih besar dibandingkan strategi *call ratio back spread*. Perbandingan kedua strategi ini diilustrasikan dalam Gambar 16.

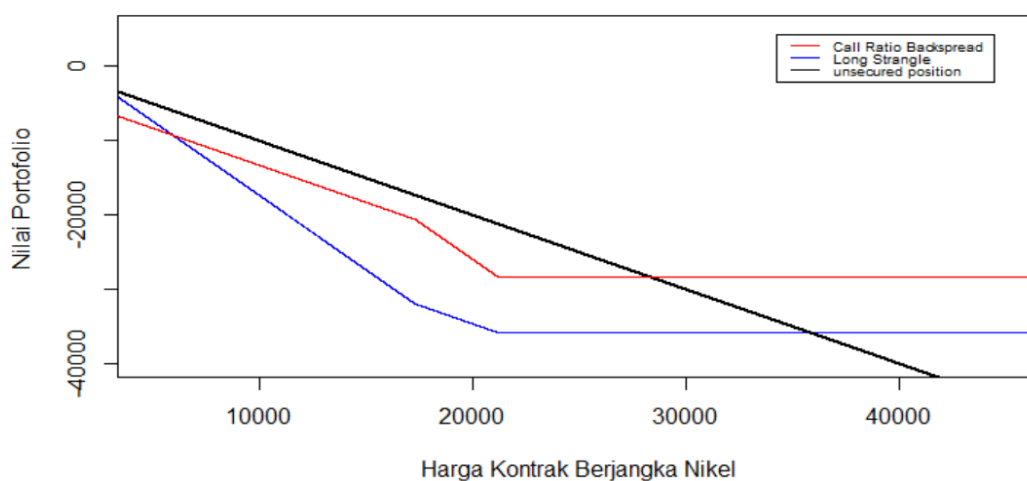


Gambar 16 Perbandingan profit strategi *long strangle* dan *call ratio back spread*

Gambar 16 menunjukkan bahwa strategi *long strangle* dan strategi *call ratio back spread* akan memberikan nilai profit dengan tren naik pada kondisi harga jatuh tempo lebih besar dari harga kesepakatan kedua atau $F_T \geq K_2$ sedangkan saat nilai jatuh tempo (F_T) di kondisi lain yaitu ketika $F_T < K_1$ strategi *call ratio back spread* memberikan profit konstan namun bernilai negatif sedangkan strategi *long strangle* memberikan nilai profit dengan tren turun. Kondisi lain yaitu ketika nilai jatuh tempo (F_T) berada di kondisi $K_1 \leq F_T < K_2$ nilai profit pada strategi *long strangle* bernilai tetap yaitu sebesar -14.676,31 sedangkan untuk strategi *call ratio back spread* nilai profitnya menurun seiring dengan pertambahan harga jatuh tempo di masa depan.

Strategi *call ratio back spread* akan menghasilkan nilai profit positif atau diatas nol pada saat $F_T < 2.648,74$ atau $F_T > 35.851,37$ sedangkan strategi *long strangle* akan memberikan nilai profit positif atau diatas nol pada saat $F_T > 28.318,19$. Dengan membandingkan kedua strategi, strategi *call ratio back spread* akan memiliki nilai profit lebih tinggi dibandingkan strategi *long strangle* pada saat $F_T > 5.941,85$.

Dilakukan perbandingan kedua strategi ini terhadap nilai portofolio lengkap serta dibandingkan dengan *unsecured position* yang memiliki nilai $C_{up} = -F_T$.



Gambar 17 Portofolio *secured* dan *unsecured position* dalam kasus II

Gambar 17 menampilkan perbandingan dari kedua strategi sebagai *secured position* dan *unsecured position*. Dengan membandingkan kedua strategi, dalam kasus ini strategi *call ratio back spread* memiliki nilai portofolio lengkap lebih tinggi dibandingkan dengan strategi *long strangle* dalam kondisi $F_T > 5.941,85$. Di samping itu untuk kondisi lain, nilai portofolio lengkap dari strategi *long strangle* bernilai lebih tinggi. Secara keseluruhan didapatkan bahwa *secured position* cenderung memberikan nilai yang lebih menguntungkan hanya pada saat harga kontrak berjangka bergerak ke atas secara signifikan yaitu ketika $F_T \geq 28.318,19$ bagi strategi *call ratio back spread* dan $F_T \geq 35.851,37$ bagi strategi *long strangle*.



V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Strategi *long strangle* dan *call ratio back spread* merupakan dua strategi yang cocok digunakan saat harga kontrak berjangka nikel bergerak signifikan di masa depan. Hal ini dapat dilihat bahwa kedua strategi ini akan memberikan nilai profit positif pada saat harga bergerak secara signifikan dari harga awal atau *spot price* baik saat kondisi interval nilai kesepakatan yang sempit maupun yang lebar. Penentuan nilai kesepakatan ini akan berpengaruh pada biaya portofolio masing-masing strategi. Saat nilai kesepakatan yang ditentukan memiliki interval yang lebar, strategi *call ratio back spread* mampu memberikan nilai beli portofolio lengkap lebih rendah dibandingkan biaya *unsecured position* apabila terjadi penurunan harga kontrak berjangka nikel yang sangat signifikan.

Penentuan harga kesepakatan untuk masing-masing strategi memberikan hasil yang berbeda terhadap nilai profit yang didapatkan. Berdasarkan kombinasi nilai kesepakatan yang sudah dibuat dalam penelitian ini, strategi *call ratio back spread* dengan nilai kesepakatan yang memiliki interval lebar dibandingkan kombinasi lain memberikan nilai kerugian maksimum paling tinggi sedangkan untuk strategi *long strangle* dengan nilai kesepakatan yang ditentukan memiliki interval lebih sempit dari seluruh strategi yang akan memberikan nilai kerugian maksimum paling tinggi dibandingkan kombinasi lainnya.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan strategi lain yang mampu memberikan nilai profit lebih besar serta dibuat kombinasi atau variasi lain terhadap nilai kesepakatan. Penelitian ini juga dapat dikembangkan dengan menggunakan jenis opsi lain yaitu opsi Amerika yang memiliki hak dieksekusi sebelum jatuh tempo.

@Hak cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR PUSTAKA

- Cheng IH, Xiong W. 2014. Financialization of commodity markets. *Annu Rev Financ Econ*. 6:419–941. doi:10.1146/annurev-financial-110613-034432.
- Fadhilla P, Artiono R. 2021. Penggunaan strategi *hedging* (lindung nilai) pada pemodelan opsi saham karyawan yang mengalami pergerakan perdagangan secara statis dan dinamis. *MATHunesa J Ilm Mat*. 9(3):532–541. doi:10.26740/mathunesa.v9n3.p532-541.
- Genov K, Dimitrova M. 2022. Correlation between cognitive abilities and social functioning in patients with multiple sclerosis. *Folia Med (Plovdiv)*. 64(1):33–40. doi:10.3897/folmed.64.e58611.
- Giraldo-Prieto CA, González Uribe GJ, Vesga Bermejo C, Ferreira Herrera DC. 2017. Financial hedging with derivatives and its impact on the colombian market value for listed companies. *Contaduría y Adm*. 62(5):1572–1590. doi:10.1016/j.cya.2017.04.009.
- Harčariková M. 2018. Managing price risk in the corn market using option strategies. *Acta Univ Agric Silv Mendeliana Brun*. 66(3):767–779. doi:10.11118/actaun201866030767.
- Hendrawan R. 2017. Forward, forward option and no hedging which one is the best for managing currency risk?. *J Keuang dan Perbank*. 21(3). doi:10.26905/jkdp.v21i3.1428.
- Hisam M. 2024. Menavigasi volatilitas pasar: wawasan tentang instrumen keuangan dan strategi investasi. *Curr J Ekon dan Perbank Syariah*. 2(2):315–328. doi:10.32806/ke534p70.
- Hull JC. 2022. *Options, Futures, and Other Derivatives*. Edisi ke-11. Toronto (US): Pearson Education.
- Jabbour MG, Budwick PH. 2010. *The Option Trader Handbook*. Edisi ke-2. New Jersey (US): John Wiley & Sons, Inc.
- Kini KR, Harrou F, Madakyaru M, Sun Y. 2024. Enhanced data-driven monitoring of wastewater treatment plants using the Kolmogorov-Smirnov test. *Environ Sci Water Res Technol*. 10(6):1464–1480. doi:10.1039/d3ew00829k.
- McDonald RL. 2006. *Derivatives Market*. Edisi ke-2. Boston (US): Pearson Education.
- Ogundu PG. 2025. The strategic implications of financial derivatives in hedging corporate exposure to global economic volatility. *World Journal of Advance Research and Reviews*. doi:10.30574/wjarr.2025.25.2.0482.
- Peng C, Simon C. 2024. Financial modeling with geometric brownian motion. *Open J Bus Manag*. 12(02):1240–1250. doi:10.4236/ojbm.2024.122065.
- Radhica DD. 2023. Proteksionisme nikel Indonesia dalam perdagangan dunia. *Cendekia Niaga*. 7(1):74–84. doi:10.52391/jcn.v7i1.821.
- Saliba AJ, Corona JC, Johnson KE. 2009. *Option Spread Strategies : Trading Up, Down, and Sideways Markets*. New York (US) : Bloomberg Press.
- Septiawan RA. 2021. Legal protection of broker company's customers against commodity futures trading in eview of law number 10 Year 2011 (Case Study Of PT. Kontak Perkasa Future). *J Law Sci*. 3(3):119–129. doi:10.35335/jls.v3i3.1676.

Thomsett MC. 2018. *Options: The Essential Guide for Getting Started in Derivatives Trading*. Ed ke-10. Boston: Walter de Gruyter Inc.

Yenny, Wahyudi I. 2023. Keterkaitan antara harga nikel, indeks harga. *J Ilm Manajemen, Ekon Akunt*. 7(3):2023. <https://doi.org/10.31955/mea.v7i3.3322>.

Zola G, Siska , Nugraheni D, Andhien , Rosiana A, Dzamar , Pambudy A, Agustanta N. 2023. Inovasi kendaraan listrik sebagai upaya meningkatkan kelestarian lingkungan dan mendorong pertumbuhan ekonomi hijau di Indonesia. *Ekonomi Sumber dan Lingkung*. 11(3):2303–1220.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

LAMPIRAN

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1 Data historis harga kontrak berjangka nikel

<i>Date</i>	<i>Price</i>	<i>Return</i>	<i>Date</i>	<i>Price</i>	<i>Return</i>
01/03/2023	31,118.00	0.0179	07/05/2023	21,207.00	0.0335
01/04/2023	29,768.00	-0.0444	07/06/2023	21,209.00	0.0001
01/05/2023	27,748.00	-0.0703	07/07/2023	20,804.00	-0.0193
01/06/2023	28,079.00	0.0119	07/10/2023	21,014.00	0.0100
01/09/2023	27,434.00	-0.0232	07/11/2023	20,704.00	-0.0149
01/10/2023	27,466.00	0.0012	07/12/2023	21,685.00	0.0463
01/11/2023	27,039.00	-0.0157	07/13/2023	21,294.00	-0.0182
01/12/2023	27,013.00	-0.0010	07/14/2023	21,630.00	0.0157
01/13/2023	26,795.00	-0.0081	07/17/2023	21,054.00	-0.0270
01/16/2023	27,217.00	0.0156	07/18/2023	21,084.00	0.0014
01/17/2023	26,690.00	-0.0196	07/19/2023	20,907.00	-0.0084
01/18/2023	27,844.00	0.0423	07/20/2023	21,280.00	0.0177
01/19/2023	29,346.00	0.0525	07/21/2023	20,769.00	-0.0243
01/20/2023	28,771.00	-0.0198	07/24/2023	21,428.00	0.0312
01/23/2023	28,110.00	-0.0232	07/25/2023	22,450.00	0.0466
01/24/2023	28,782.00	0.0236	07/26/2023	21,590.00	-0.0391
01/25/2023	29,182.00	0.0138	07/27/2023	21,689.00	0.0046
01/26/2023	29,427.00	0.0084	07/28/2023	22,307.00	0.0281
01/27/2023	28,902.00	-0.0180	07/31/2023	22,293.00	-0.0006
01/30/2023	29,219.00	0.0109	08/01/2023	22,358.00	0.0029
01/31/2023	30,344.00	0.0378	08/02/2023	21,560.00	-0.0363
02/01/2023	29,296.00	-0.0351	08/03/2023	21,607.00	0.0022
02/02/2023	29,790.00	0.0167	08/04/2023	21,310.00	-0.0138
02/03/2023	28,612.00	-0.0403	08/07/2023	21,102.00	-0.0098
02/06/2023	27,258.00	-0.0485	08/08/2023	20,841.00	-0.0124
02/07/2023	27,248.00	-0.0004	08/09/2023	20,554.00	-0.0139
02/08/2023	27,390.00	0.0052	08/10/2023	20,441.00	-0.0055
02/09/2023	29,142.00	0.0620	08/11/2023	20,241.00	-0.0098
02/10/2023	27,794.00	-0.0474	08/14/2023	20,093.00	-0.0073
02/13/2023	26,627.00	-0.0429	08/15/2023	19,780.00	-0.0157
02/14/2023	26,459.00	-0.0063	08/16/2023	19,804.00	0.0012
02/15/2023	26,143.00	-0.0120	08/17/2023	20,277.00	0.0236
02/16/2023	26,489.00	0.0131	08/18/2023	20,131.00	-0.0072
02/17/2023	25,793.00	-0.0266	08/21/2023	20,119.00	-0.0006
02/20/2023	26,932.00	0.0432	08/22/2023	20,504.00	0.0190
02/21/2023	27,105.00	0.0064	08/23/2023	20,956.00	0.0218
02/22/2023	26,431.00	-0.0252	08/24/2023	20,829.00	-0.0061
02/23/2023	25,387.00	-0.0403	08/25/2023	20,795.00	-0.0016
02/24/2023	24,554.00	-0.0334	08/29/2023	20,683.00	-0.0054
02/27/2023	25,505.00	0.0380	08/30/2023	20,631.00	-0.0025
02/28/2023	24,794.00	-0.0283	08/31/2023	20,289.00	-0.0167
03/01/2023	24,890.00	0.0039	09/03/2023	21,085.00	0.0385
03/02/2023	24,395.00	-0.0201	09/04/2023	21,040.00	-0.0021

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

<i>Date</i>	<i>Price</i>	<i>Return</i>	<i>Date</i>	<i>Price</i>	<i>Return</i>
03/03/2023	24,597.00	0.0082	09/05/2023	21,039.00	0.0000
03/06/2023	24,430.00	-0.0068	09/06/2023	20,593.00	-0.0214
03/07/2023	24,145.00	-0.0117	09/07/2023	20,482.00	-0.0054
03/08/2023	23,974.00	-0.0071	09/08/2023	20,052.00	-0.0212
03/09/2023	23,269.00	-0.0298	09/11/2023	20,485.00	0.0214
03/10/2023	22,684.00	-0.0255	09/12/2023	19,923.00	-0.0278
03/13/2023	23,123.00	0.0192	09/13/2023	20,069.00	0.0073
03/14/2023	23,040.00	-0.0036	09/14/2023	20,343.00	0.0136
03/15/2023	23,003.00	-0.0016	09/15/2023	19,924.00	-0.0208
03/16/2023	23,236.00	0.0101	09/18/2023	19,877.00	-0.0024
03/17/2023	23,364.00	0.0055	09/19/2023	19,919.00	0.0021
03/20/2023	22,797.00	-0.0246	09/20/2023	19,593.00	-0.0165
03/21/2023	22,514.00	-0.0125	09/21/2023	19,123.00	-0.0243
03/22/2023	22,461.00	-0.0024	09/22/2023	19,418.00	0.0153
03/23/2023	22,517.00	0.0025	09/25/2023	19,120.00	-0.0155
03/24/2023	23,468.00	0.0414	09/26/2023	18,877.00	-0.0128
03/27/2023	23,843.00	0.0159	09/27/2023	19,003.00	0.0067
03/28/2023	24,074.00	0.0096	09/28/2023	18,887.00	-0.0061
03/29/2023	23,743.00	-0.0138	09/29/2023	18,694.00	-0.0103
03/30/2023	23,199.00	-0.0232	10/02/2023	18,749.00	0.0029
03/31/2023	23,838.00	0.0272	10/03/2023	18,728.00	-0.0011
04/03/2023	23,372.00	-0.0197	10/04/2023	18,723.00	-0.0003
04/04/2023	23,124.00	-0.0107	10/05/2023	18,490.00	-0.0125
04/05/2023	22,706.00	-0.0182	10/06/2023	18,582.00	0.0050
04/06/2023	22,800.00	0.0041	10/09/2023	18,939.00	0.0190
04/11/2023	23,472.00	0.0290	10/10/2023	18,682.00	-0.0137
04/12/2023	23,579.00	0.0045	10/11/2023	18,371.00	-0.0168
04/13/2023	23,698.00	0.0050	10/12/2023	18,728.00	0.0192
04/14/2023	24,132.00	0.0181	10/13/2023	18,546.00	-0.0098
04/17/2023	24,701.00	0.0233	10/16/2023	18,602.00	0.0030
04/18/2023	25,633.00	0.0370	10/17/2023	18,593.00	-0.0005
04/19/2023	25,551.00	-0.0032	10/18/2023	18,655.00	0.0033
04/20/2023	25,061.00	-0.0194	10/19/2023	18,520.00	-0.0073
04/21/2023	24,477.00	-0.0236	10/20/2023	18,588.00	0.0037
04/24/2023	24,582.00	0.0043	10/23/2023	18,177.00	-0.0224
04/25/2023	23,341.00	-0.0518	10/24/2023	18,274.00	0.0053
04/26/2023	23,646.00	0.0130	10/25/2023	18,317.00	0.0024
04/27/2023	24,099.00	0.0190	10/26/2023	18,079.00	-0.0131
04/28/2023	24,219.00	0.0050	10/27/2023	18,374.00	0.0162
05/02/2023	24,965.00	0.0303	10/30/2023	18,489.00	0.0062
05/03/2023	24,743.00	-0.0089	10/31/2023	18,130.00	-0.0196
05/04/2023	23,997.00	-0.0306	11/01/2023	18,014.00	-0.0064
05/05/2023	24,531.00	0.0220	11/02/2023	17,979.00	-0.0019
05/09/2023	23,507.00	-0.0426	11/03/2023	18,223.00	0.0135
05/10/2023	22,531.00	-0.0424	11/06/2023	18,445.00	0.0121

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Date	Price	Return	Date	Price	Return
05/11/2023	21,780.00	-0.0339	11/07/2023	17,912.00	-0.0293
05/12/2023	22,217.00	0.0199	11/08/2023	18,094.00	0.0101
05/15/2023	21,622.00	-0.0271	11/09/2023	17,813.00	-0.0157
05/16/2023	21,122.00	-0.0234	11/10/2023	17,257.00	-0.0317
05/17/2023	21,334.00	0.0100	11/13/2023	17,398.00	0.0081
05/18/2023	20,934.00	-0.0189	11/14/2023	17,487.00	0.0051
05/19/2023	21,278.00	0.0163	11/15/2023	17,421.00	-0.0038
05/22/2023	21,413.00	0.0063	11/16/2023	17,020.00	-0.0233
05/23/2023	21,047.00	-0.0172	11/17/2023	16,904.00	-0.0068
05/24/2023	20,732.00	-0.0151	11/20/2023	16,952.00	0.0028
05/25/2023	21,228.00	0.0236	11/21/2023	16,992.00	0.0024
05/26/2023	21,162.00	-0.0031	11/22/2023	16,435.00	-0.0333
05/30/2023	21,027.00	-0.0064	11/23/2023	16,619.00	0.0111
05/31/2023	20,588.00	-0.0211	11/24/2023	16,138.00	-0.0294
06/01/2023	21,318.00	0.0348	11/27/2023	16,079.00	-0.0037
06/02/2023	21,211.00	-0.0050	11/28/2023	16,766.00	0.0418
06/05/2023	20,898.00	-0.0149	11/29/2023	17,122.00	0.0210
06/06/2023	20,968.00	0.0033	11/30/2023	16,645.00	-0.0283
06/07/2023	21,417.00	0.0212	12/01/2023	17,042.00	0.0236
06/08/2023	21,132.00	-0.0134	12/04/2023	16,714.00	-0.0194
06/09/2023	21,170.00	0.0018	12/05/2023	16,143.00	-0.0348
06/12/2023	20,755.00	-0.0198	12/06/2023	16,218.00	0.0046
06/13/2023	21,952.00	0.0561	12/07/2023	16,508.00	0.0177
06/14/2023	22,720.00	0.0344	12/08/2023	16,806.00	0.0179
06/15/2023	22,993.00	0.0119	12/11/2023	16,607.00	-0.0119
06/16/2023	23,034.00	0.0018	12/12/2023	16,520.00	-0.0053
06/19/2023	22,503.00	-0.0233	12/13/2023	16,468.00	-0.0032
06/20/2023	22,039.00	-0.0208	12/14/2023	16,972.00	0.0301
06/21/2023	21,238.00	-0.0370	12/15/2023	17,150.00	0.0104
06/22/2023	21,182.00	-0.0026	12/18/2023	16,502.00	-0.0385
06/23/2023	21,311.00	0.0061	12/19/2023	16,747.00	0.0147
06/26/2023	20,305.00	-0.0484	12/20/2023	16,854.00	0.0064
06/27/2023	20,789.00	0.0236	12/21/2023	16,888.00	0.0020
06/28/2023	20,056.00	-0.0359	12/22/2023	16,509.00	-0.0227
06/29/2023	20,634.00	0.0284	12/27/2023	16,938.00	0.0257
06/30/2023	20,516.00	-0.0057	12/28/2023	16,734.00	-0.0121
07/03/2023	20,580.00	0.0031	12/29/2023	16,603.00	-0.0079
07/04/2023	20,508.00	-0.0035	12/29/2023	16,603.00	-0.5916

Lampiran 2 Pengolahan data dan penghitungan *return*

```
library(readr)

n <- length(DATA$Price)
log_return<-c()
plot(DATA$Price, type = "l", main = "Pergerakan Harga Kontrak Berjangk
a Nikel", xlab = "Hari", ylab = "Harga", col='red')

log_return <- diff(log(DATA$Price))
plot(log_return, type = "l", main = "Pergerakan Return Harga Kontrak B
erjangka Nikel", col='red',xlab = " ", ylab = " ")

hist(log_return, col = "blue", main = "Histogram dari Return Harga Ko
ntrak Berjangka Nikel")
```

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 3 Uji Kolmogorov-Smirnov

```
ks.test(log_return, "pnorm", mean = mean(log_return), sd = sd(log_return))

##
## Asymptotic one-sample Kolmogorov-Smirnov test
##
## data: log_return
## D = 0.045347, p-value = 0.6828
## alternative hypothesis: two-sided

mean(log_return)
## [1] -0.002512812

sd(log_return)
## [1] 0.02181031
```

@ Hak cipta milik IPB University

Lampiran 4 Penghitungan volatilitas

```
F0= 19.062,50
K1=0.9*S0
K2=1.1*S0
r=0.06
delta_t=1/252
standar_deviasi<-sd(log_return)
vola = standar_deviasi/((delta_t)^0.5)
vola

## [1] 0.3462279
```

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 5 premi opsi *call* dan *put*

```

bs_call=function(S, K, r, v, T){
  d1_call = (log(S/K)-(v^2*(T/2)))/(v*sqrt(T))
  p_c=S*(exp(-r*T))*pnorm(d1_call)
  return(p_c)
}

bs_put=function(S, K, r, v, T){
  d1_put = (log(S/K)-(v^2*(T/2)))/(v*sqrt(T))
  p_p=S*(exp(-r*T))*pnorm(-d1_put)
  return(p_p)
}

sk <- c(0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5)

harga_call <- numeric(length(sk))
harga_put <- numeric(length(sk))
for (i in seq_along(sk)) {
  harga_call[i] <- bs_call(S = S0, K = sk[i] * S0, r = r, v = vola, T = 3)
  harga_put[i] <- bs_put(S = S0, K = sk[i] * S0, r = r, v = vola, T = 3)
}

tabel_harga <- data.frame(
  Strike = sk * S0,
  Call = harga_call,
  Put = harga_put
)
print(tabel_harga)

##      Strike      Call      Put
## 1  9625.029 10498.830 3151.415
## 2 11550.035  9382.899 4670.632
## 3 13475.041  8403.863 6174.722
## 4 15400.046  7547.992 7576.387
## 5 17325.052  6799.799 8833.823
## 6 21175.064  5569.207 10882.308
## 7 23100.070  5062.390 11690.003
## 8 25025.075  4614.475 12373.499
## 9 26950.081  4217.293 12949.386
## 10 28875.087  3863.937 13433.379

```

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 6 Penghitungan profit untuk strategi *call ratio back spread*

```

biaya_rc <- function(S0,K1,K2,ST,v,r){
  res <- c()
  i=0
  price.call1<-bs_call(S=S0,K=K1,r=r,v=vola,T=3)
  price.call2<-bs_call(S=S0,K=K2,r=r,v=vola,T=3)
  price.hedging <- -(2*price.call2)+(price.call1)
  while (i < ST) {
    if(i<K1){
      res = c(res,0+price.hedging)
    }else if(i>=K2){
      res = c(res,i+K1-(2*K2)+price.hedging)
    }else{
      res = c(res,-i+K1+price.hedging)
    }
    i <- i + 1
  }
  return(res)
}

harga_rc <- function(S0, K1, K2, ST, v, r) {
  price.call1<-bs_call(S=S0,K=K1,r=r,v=vola,T=3)
  price.call2<-bs_call(S=S0,K=K2,r=r,v=vola,T=3)
  price.hedging <- -(2*price.call2)+(price.call1)
  return(price.hedging)
}

sk <- c(0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9)
N = 100000
hedging_rc1<-biaya_rc(S0=S0,K1=sk[1]*S0,K2=(2-sk[1])*S0,ST=N,v=vola,r=
r)
hedging_rc2<-biaya_rc(S0=S0,K1=sk[2]*S0,K2=(2-sk[2])*S0,ST=N,v=vola,r=
r)
hedging_rc3<-biaya_rc(S0=S0,K1=sk[3]*S0,K2=(2-sk[3])*S0,ST=N,v=vola,r=
r)
hedging_rc4<-biaya_rc(S0=S0,K1=sk[4]*S0,K2=(2-sk[4])*S0,ST=N,v=vola,r=
r)
hedging_rc5<-biaya_rc(S0=S0,K1=sk[5]*S0,K2=(2-sk[5])*S0,ST=N,v=vola,r=
r)

```


Lampiran 7 Penghitungan premi strategi *call ratio back spread*

```

harga_rc <- function(S0, K1, K2, ST, v, r)
{
  price.call1<-bs_call(S=S0,K=K1,r=r,v=vola,T=3)
  price.call2<-bs_call(S=S0,K=K2,r=r,v=vola,T=3)
  price.hedging <- -(2*price.call2)+(price.call1)
  return(price.hedging)
}

sk <- c(0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9)

harga_rc1<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[1]*S0,K2=(2-
sk[1])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_rc2<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[2]*S0,K2=(2-
sk[2])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_rc3<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[3]*S0,K2=(2-
sk[3])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_rc4<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[4]*S0,K2=(2-
sk[4])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_rc5<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[5]*S0,K2=(2-
sk[5])*S0,ST=N,v=vola,r=r)

```

@Hak cipta milik IPB University



Lampiran 8 Biaya portofolio lengkap strategi *call ratio back spread*

```

harga_rc <- function(S0, K1, K2, ST, v, r) {
  price.call1<-bs_call(S=S0,K=K1,r=r,v=vola,T=3)
  price.call2<-bs_call(S=S0,K=K2,r=r,v=vola,T=3)
  price.hedging <- -(2*price.call2)+(price.call1)
  return(price.hedging)
}

sk <- c(0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9)

harga_rc1<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[1]*S0,K2=(2-sk[1])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_rc2<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[2]*S0,K2=(2-sk[2])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_rc3<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[3]*S0,K2=(2-sk[3])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_rc4<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[4]*S0,K2=(2-sk[4])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_rc5<-harga_rc(S0=S0,K1=sk[5]*S0,K2=(2-sk[5])*S0,ST=N,v=vola,r=r)

```

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Lampiran 9 Penghitungan profit strategi *long strangle*

```

biaya_str <- function(S0,K1,K2,ST,v,r){
  res <- c()
  i=0
  price.put1<-bs_put(S=S0,K=K1,r=r,v=vola,T=3)
  price.call2<-bs_call(S=S0,K=K2,r=r,v=vola,T=3)
  price.hedging <- -price.put1 -price.call2
  while (i < ST) {
    if(i<=K1){
      res = c(res,K1-i+price.hedging)
    }else if(i>=K2){
      res = c(res,i-K2+price.hedging)
    }else{
      res = c(res,0+price.hedging)
    }
    # Increment the value of i
    i <- i + 1
  }
  return(res)
}

N = 100000
hedging_str1<-biaya_str(S0=S0,K1=sk[1]*S0,K2=(2-sk[1])*S0,ST=N,v=vola,
r=r)
hedging_str2<-biaya_str(S0=S0,K1=sk[2]*S0,K2=(2-sk[2])*S0,ST=N,v=vola,
r=r)
hedging_str3<-biaya_str(S0=S0,K1=sk[3]*S0,K2=(2-sk[3])*S0,ST=N,v=vola,
r=r)
hedging_str4<-biaya_str(S0=S0,K1=sk[4]*S0,K2=(2-sk[4])*S0,ST=N,v=vola,
r=r)
hedging_str5<-biaya_str(S0=S0,K1=sk[5]*S0,K2=(2-sk[5])*S0,ST=N,v=vola,
r=r)

```

@Hak cipta milik IPB University

Lampiran 10 Biaya premi strategi *long strangle*

```

harga_str <- function(S0, K1, K2, ST, v, r) {
  price.put1<-bs_put(S=S0,K=K1,r=r,v=vola,T=3)
  price.call2<-bs_call(S=S0,K=K2,r=r,v=vola,T=3)
  price.hedging <- -price.put1 -price.call2
  return(price.hedging)
}

```

```

sk <- c(0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9)

```

```

harga_str1<-harga_str(S0=S0,K1=sk[1]*S0,K2=(2-
sk[1])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_str2<-harga_str(S0=S0,K1=sk[2]*S0,K2=(2-
sk[2])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_str3<-harga_str(S0=S0,K1=sk[3]*S0,K2=(2-
sk[3])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_str4<-harga_str(S0=S0,K1=sk[4]*S0,K2=(2-
sk[4])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
harga_str5<-harga_str(S0=S0,K1=sk[5]*S0,K2=(2-
sk[5])*S0,ST=N,v=vola,r=r)

```



Lampiran 11 Biaya portofolio lengkap strategi *long strangle*

```

res <- c()
i=0
price.put1<-bs_put(S=S0,K=K1,r=r,v=vola,T=3)
price.call2<-bs_call(S=S0,K=K2,r=r,v=vola,T=3)
price.hedging <- -price.put1 -price.call2
while (i < ST) {
  if(i<K1){
    res = c(res,(K1-(2*i)+price.hedging))
  }else if(i>=K2){
    res = c(res,(-K2+price.hedging))
  }else{
    res = c(res,-i+price.hedging)
  }
  # Increment the value of i
  i <- i + 1
}
return(res)
}
beli_str5<-beli_str(S0=S0,K1=sk[5]*S0,K2=(2-sk[5])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
beli_str1<-beli_str(S0=S0,K1=sk[1]*S0,K2=(2-sk[1])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
beli_str2<-beli_str(S0=S0,K1=sk[2]*S0,K2=(2-sk[2])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
beli_str3<-beli_str(S0=S0,K1=sk[3]*S0,K2=(2-sk[3])*S0,ST=N,v=vola,r=r)
beli_str4<-beli_str(S0=S0,K1=sk[4]*S0,K2=(2-sk[4])*S0,ST=N,v=vola,r=r)

```

@Hak cipta milik IPB University

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kabupaten Bogor pada tanggal 26 April 2003 sebagai anak pertama dari pasangan bapak Agus dan Ibu Neti. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 3 Bogor dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa program sarjana (S-1) di Program Studi Aktuaria di IPB,

Selama mengikuti program S-1, penulis aktif mengikuti organisasi yang ada di IPB. Penulis mengikuti organisasi saat masa PKU yaitu Eksekutif Ormawa PKU IPB sebagai staff dari departemen Akademik dan Prestasi. Setelah memasuki departemen, penulis aktif mengikuti organisasi himpunan prodi yaitu ASSA FMIPA IPB sebagai wakil bendahara umum dan ditahun kedua berorganisasi, penulis memiliki tanggung jawab sebagai bendahara umum ASSA FMIPA IPB. Penulis melaksanakan magang di PT. AXA Mandiri Financial Services dan PT. Prudential Life Assurance Indonesia sebagai syarat dari magang profesi.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.