



UNIVERSITAS INDONESIA

**KOMPARASI MODEL *VALUE-AT-RISK* ANTARA
BOOTSTRAPPED HISTORICAL SIMULATION DENGAN
MONTE CARLO SIMULATION
TERHADAP EKSPOSUR *FX OPTIONS USD/IDR*
(Menggunakan Data Pasar 1 Januari 2007 – 30 Desember 2011)**

TESIS

**KASTAWA YUDIAATMAJA
1006793731**

**FAKULTAS EKONOMI
PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN
JAKARTA
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KOMPARASI MODEL *VALUE-AT-RISK* ANTARA
BOOTSTRAPPED HISTORICAL SIMULATION DENGAN
MONTE CARLO SIMULATION
TERHADAP EKSPOSUR *FX OPTIONS USD/IDR*
(Menggunakan Data Pasar 1 Januari 2007 – 30 Desember 2011)**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar MM

KASTAWA YUDIAATMAJA

1006793731

**FAKULTAS EKONOMI
PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN
KONSENTRASI MANAJEMEN RISIKO**

JAKARTA

20 Juni 2012

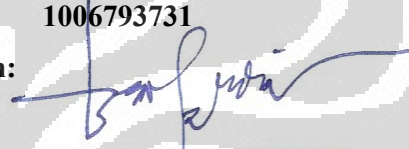
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah karya saya sendiri,
dan sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama: Kastawa Yudiaatmaja

NPM: 1006793731

Tanda Tangan:



Tanggal: 20 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Kastawa Yudiaatmaja
NPM : 1006793731
Program Studi : Manajemen Risiko
Judul Tesis : Komparasi Model *Value-at-Risk* antara
Bootstrapped Historical Simulation dengan
Monte Carlo Simulation terhadap
Eksposur *FX Options USD/IDR*

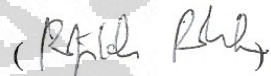
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Manajemen pada Program Studi Magister Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Ir. Roy Sembel, MBA, Ph.D



Penguji : Rofikoh Rokhim S.E., SIP., DEA., Ph.D



Penguji : Ir. Tedy Fardiansyah M.M, FRM



Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 20 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Manajemen Jurusan Manajemen Risiko pada Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Ir. Roy Sembel, MBA, Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Pihak Bank CIMB Niaga yang telah membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (3) Orang tua dan saudara saya, istri saya dan khususnya anak saya Laureen yang telah banyak memberikan dukungan semangat; dan
- (4) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan para praktisi.

Jakarta, 20 Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kastawa Yudiaatmaja
NPM : 1006793731
Program Studi : Manajemen Risiko
Departemen : Magister Manajemen
Fakultas : Ekonomi
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Komparasi Model Value-at-Risk antara Bootstrapped Historical Simulation dengan Monte Carlo Simulation terhadap Eksposur FX Options USD/IDR

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 20 Juni 2012

Yang menyatakan



Kastawa Yudiaatmaja

ABSTRAK

Nama : Kastawa Yudiaatmaja
Program Studi : Manajemen Risiko
Judul : Komparasi Model *Value-at-Risk* antara *Bootstrapped Historical Simulation* dengan *Monte Carlo Simulation* terhadap Eksposur *FX Options USD/IDR*

Tesis ini membahas komparasi model *Value-at-Risk* khususnya *Age-Weighted Bootstrapped Historical Simulation* (HS) dengan *Monte Carlo Simulation* (MCS) terhadap eksposur *FX Options USD/IDR*. Dengan melakukan simulasi sebanyak 300 juta kali dan dari hasil backtest menggunakan *Kupiec Test*, *Conditinal Coverage Test* dan *Mixed Kupiec Test* serta komparasi menggunakan metode *Blanco-Ihle Quadratic Score* dan *Sign Test* diperoleh hasil bahwa metode MCS lebih akurat dibandingkan dengan metode HS. Hanya *backtest* menggunakan *Basel Zone* saja memberikan hasil model HS lebih baik daripada model MCS. Akan tetapi secara rata-rata metode MCS memerlukan waktu 245% lebih lama dibandingkan dengan HS. Juga secara rata-rata, nilai HS VaR lebih tinggi 18% dibandingkan dengan nilai MCS VaR. Nilai *relative percentage*-nya berada pada kisaran -51% sampai dengan 105%.

Kata kunci:

Value-at-Risk, Bootstrapped Historical Simulation, Monte Carlo Simulation, FX Options, USD/IDR

ABSTRACT

Name : Kastawa Yudiaatmaja
Study Program : Manajemen Risiko
Title : A Comparison of VaR Methods between Bootstrapped Historical Simulation and Monte Carlo Simulation for FX Options USD/IDR Exposures

The focus of this study is to analyze and to compare Value-at-Risk method especially between Age-Weighted Bootstrapped Historical Simulation (HS) and Monte Carlo Simulation (MCS) for FX Options USD/IDR exposures. With 300 millions simulations and based on backtest result using Kupiec Test, Conditional Coverage Test and Mixed Kupiec Test and also based on comparison result using Blanco-Ihle Quadratic Score and Sign Test, MCS estimate is more accurate than HS. Only backtest using Basel Zone gives better results for HS model. However, on average MCS takes 245% longer to complete compared to HS. Relative percentage of HS VaR compared to MCS VaR is between -51% and 105%, whereas on average HS VaR is 18% higher than MCS VaR.

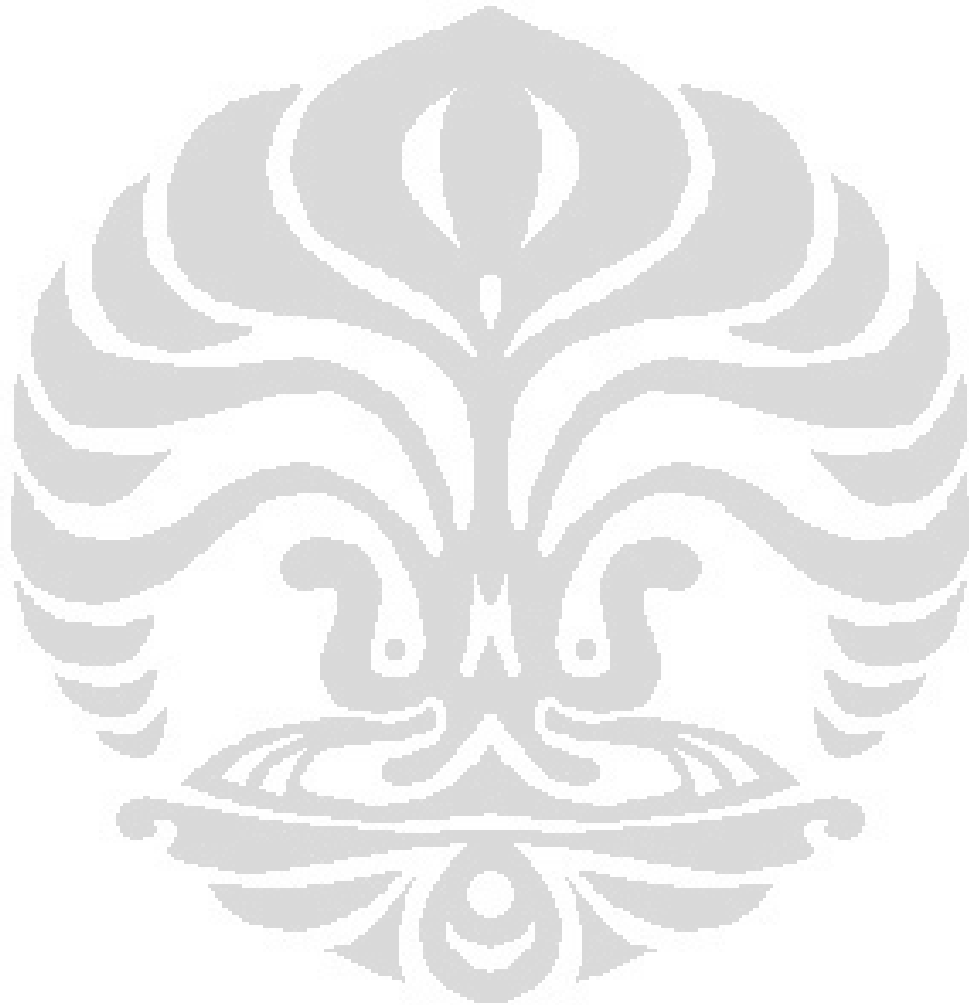
Keywords:

Value-at-Risk, Bootstrapped Historical Simulation, Monte Carlo Simulation, FX Options, USD/IDR

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	7
1.4 Kontribusi Penelitian.....	8
1.5 Pembatasan Masalah	10
1.6 Metode Penelitian.....	10
1.7 Sistematika Penulisan.....	16
BAB 2 LANDASAN TEORI	18
2.1 <i>FX Options</i>	18
2.2 <i>Option Pricing Model – Black-Scholes-Merton (BSM)</i>	19
2.3 Metode <i>Option Pricing</i> Lainnya.....	22
2.4 <i>Value-at-Risk (VaR)</i>	24
2.5 Berbagai Metode VaR.....	27
2.5.1 <i>Variance-Covariance Method (VCM)</i>	28
2.5.2 <i>Historical Simulation</i>	30
2.5.3 <i>Monte Carlo Simulation (MCS)</i>	32
2.6 Kelemahan VaR	37
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	39
3.1 Tahapan Metode Penelitian	39

3.2	Data Yang Digunakan	39
3.3	Pembuatan Portofolio	41
3.4	Perhitungan <i>Value-at-Risk</i>	43
3.5	Metode <i>Backtesting</i>	45
3.6	<i>Kupiec POF Test (Proportion Of Failure)</i>	47
3.7	<i>Traffic Light Approach – Basel Zone</i>	49
3.8	<i>Conditional Coverage Test</i>	50
3.9	<i>Mixed Kupiec Test</i>	51
3.10	<i>Rosenblatt Test dan Berkowitz Test</i>	52
3.11	<i>Blanco-Ihle Quadratic Score</i>	53
3.12	<i>Sign Test</i>	54
BAB 4	HASIL PENELITIAN	57
4.1	Perhitungan <i>Bootstrapped Historical Simulation (HS)</i>	57
4.2	Perhitungan <i>Monte Carlo Simulation (MCS)</i>	58
4.3	Perhitungan <i>Hypothetical Profit/Loss (P/L)</i>	59
4.4	Hasil Empirik	61
4.4.1	<i>Kupiec POF Test</i>	62
4.4.2	<i>Traffic Light Approach – Basel Zone</i>	64
4.4.3	<i>Independence Test</i>	65
4.4.4	<i>Conditional Coverage Test</i>	66
4.4.5	<i>Haas Test</i>	67
4.4.6	<i>Mixed Kupiec Test</i>	68
4.4.7	<i>Blanco-Ihle Quadratic Score</i>	69
4.4.8	Analisis Portofolio	70
4.4.9	Analisis Keakuratan Model VaR	73
4.4.10	Analisis Perbedaan Nilai VaR	76
4.4.11	Analisis Waktu Proses Estimasi VaR	78
4.5	Rangkuman Hasil Empirik	79
BAB 5	SIMPULAN DAN SARAN	82
5.1	Simpulan	82
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		87



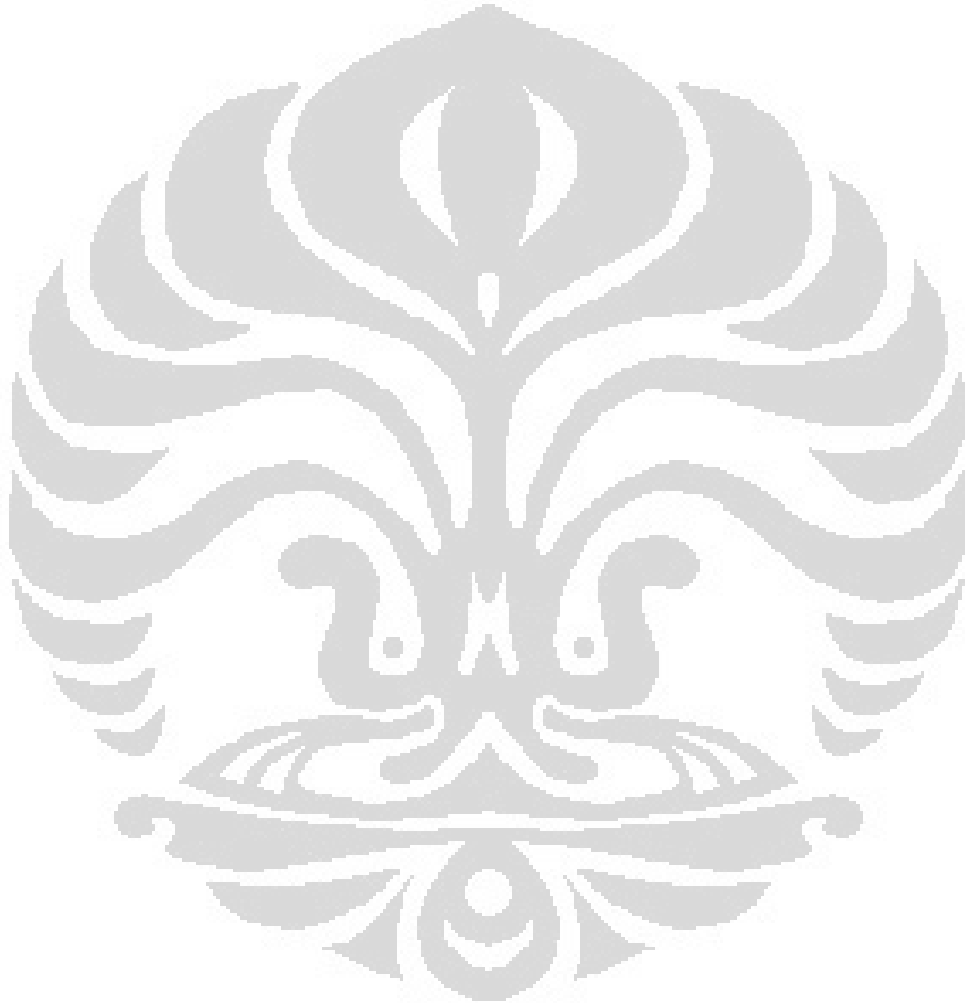
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. <i>Monte Carlo Simulation – Return Spot USD/IDR</i>	3
Gambar 1.2. <i>Monte Carlo Simulation – Return FX Option USD/IDR</i>	4
Gambar 1.3. Berbagai Penelitian VaR.....	9
Gambar 1.4. Grafik Kurs USD/IDR, Suku Bunga USD & IDR 3 Bulan	11
Gambar 1.5. Kurs USD/IDR & <i>At-The-Money Implied Volatility</i> 3 Bulan	12
Gambar 1.6. <i>Gamma vs Spot vs Time To Expiration</i>	13
Gambar 1.7. <i>Gamma vs Spot</i> Untuk Berbagai Jangka Waktu	13
Gambar 1.8. <i>Vega vs Spot vs Time To Expiration</i>	14
Gambar 2.1. Premium Terhadap <i>Spot</i> Dan Tenor.....	22
Gambar 2.2. <i>Implied Volatility</i> Terhadap <i>Strike</i>	23
Gambar 2.3. <i>Volatility Surface FX Option USD/IDR</i>	24
Gambar 2.4. <i>Absolute VaR</i>	25
Gambar 2.5. <i>Negative VaR</i>	26
Gambar 2.6. <i>Value-at-Risk</i>	26
Gambar 2.7. Berbagai Metode VaR.....	27
Gambar 2.8. <i>Delta Normal VaR</i>	28
Gambar 2.9. Pengali VaR z_{α}	29
Gambar 2.10. <i>Bootstrapped Historical Simulation VaR</i>	31
Gambar 2.11. <i>Monte Carlo Simulation VaR</i>	33
Gambar 3.1. Tahapan Metode Penelitian.....	39
Gambar 3.2. Tahapan Perhitungan HS VaR	44
Gambar 3.3. Tahapan Perhitungan MCS VaR.....	45
Gambar 3.4. Berbagai Metode <i>Backtest</i>	46
Gambar 3.5. Metode Komparasi VaR.....	47
Gambar 4.1. Hasil <i>Backtest – Short Vega (Put)</i> Periode 2.....	73
Gambar 4.2. Perbedaan Nilai Relatif Model HS terhadap MCS.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data Historis Awal Periode.....	40
Tabel 3.2. Data Historis Akhir Periode.....	40
Tabel 3.3. Basel II – Penentuan Zona	49
Tabel 3.4. Definisi Christoffersen.....	51
Tabel 4.1. <i>Long Gamma Call</i> (Periode 1) – HS VaR.....	57
Tabel 4.2. <i>Short Vega Put</i> (Periode 4) – MCS VaR.....	59
Tabel 4.3. <i>Long Gamma USD Call / IDR Put</i> (Periode 1) – <i>Greeks</i>	60
Tabel 4.4. <i>Long Gamma USD Call / IDR Put</i> (Periode 1) – <i>Conditional VaR</i>	61
Tabel 4.5. <i>Out-of-The-Money Strike Call</i> (Periode 4) – <i>Exception</i>	62
Tabel 4.6. Hasil <i>Kupiec Test – Long Gamma</i> (Periode 3)	62
Tabel 4.7. <i>Kupiec Test – Selang Exception</i> Yang Diterima.....	63
Tabel 4.8. Hasil <i>Kupiec Test</i> Per Portofolio.....	64
Tabel 4.9. Rangkuman Hasil <i>Kupiec Test</i>	64
Tabel 4.10. Hasil <i>Basel Zone</i> Per Portofolio.....	65
Tabel 4.11. Rangkuman Hasil <i>Basel Zone</i>	65
Tabel 4.12. <i>Christoffersen Test – Short Vega</i> (Periode 4)	66
Tabel 4.13. Hasil <i>Conditional Coverage Test</i> Per Periode	67
Tabel 4.14. Rangkuman <i>Conditional Coverage Test</i>	67
Tabel 4.15. <i>Haas Test – Delta Neutral</i> (Periode 4)	68
Tabel 4.16. Hasil <i>Mixed Kupiec Test</i> Per Periode.....	68
Tabel 4.17. Rangkuman <i>Mixed Kupiec Test</i>	69
Tabel 4.18. Hasil <i>Blanco-Ihle Quadratic Score</i> Per Periode	69
Tabel 4.19. Rangkuman <i>Blanco-Ihle Quadratic Score</i>	70
Tabel 4.20. Rangkuman <i>Total Rejection</i> Per Portofolio – Metode HS.....	70
Tabel 4.21. Rangkuman <i>Total Rejection</i> Per Portofolio – Metode MCS.....	71
Tabel 4.22. Hasil <i>Average Blanco-Ihle Quadratic Score</i> Per Periode.....	72
Tabel 4.23. Rangkuman Rata-rata Banyaknya <i>Exception</i>	74
Tabel 4.24. Rangkuman Hasil <i>Backtest – Total Rejection</i>	74
Tabel 4.25. Rangkuman Hasil <i>Backtest – Sign Test</i>	75

Tabel 4.26. Hasil <i>Quadratic Score</i> Per Periode	76
Tabel 4.27. Rangkuman Perbedaan Nilai VaR	77
Tabel 4.28. Waktu Proses Per Periode (Dalam Detik).....	79
Tabel 4.29. Ringkasan Hasil Penelitian – Masing-Masing Model VaR	80
Tabel 4.30. Ringkasan Hasil Penelitian – Komparasi Model VaR.....	81



DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 1.1. <i>Delta-Neutral Straddle Strike</i>	16
Persamaan 2.1. <i>Ito Process</i>	19
Persamaan 2.2. <i>Ito's Lemma</i>	19
Persamaan 2.3. <i>Stochastic Process</i> Pada Saham.....	19
Persamaan 2.4. <i>Ito's Lemma</i> Pada Saham.....	19
Persamaan 2.5. <i>Stochastic Process</i> Pada Saham Versi Diskret	20
Persamaan 2.6. <i>Ito's Lemma</i> Pada Saham Versi Diskret	20
Persamaan 2.7. Menghilangkan <i>Wiener Process</i>	20
Persamaan 2.8. Perubahan Nilai Portfolio Saham	20
Persamaan 2.9. Perubahan Nilai Portfolio Saham	20
Persamaan 2.10. Perubahan Nilai Portfolio Saham	20
Persamaan 2.11. Persamaan Diferensial <i>Black-Scholes-Merton</i>	21
Persamaan 2.12. <i>Call/Put European Type Stock Option Price</i>	21
Persamaan 2.13. <i>Call/Put European Type FX Option Price</i>	21
Persamaan 2.14. <i>Implied Volatility</i> Terhadap <i>Strike</i>	23
Persamaan 2.15. <i>Heston Process</i>	23
Persamaan 2.16. <i>Value-at-Risk</i>	25
Persamaan 2.17. <i>Value-at-Risk</i>	25
Persamaan 2.18. <i>Delta-Normal VaR</i>	30
Persamaan 2.19. <i>Age-Weighted</i>	32
Persamaan 2.20. <i>Exponentially Weighted Moving Average</i>	34
Persamaan 2.21. <i>EWMA</i>	34
Persamaan 2.22. <i>GARCH(p,q)</i>	34
Persamaan 2.23. <i>GARCH(1,1)</i>	34
Persamaan 2.24. <i>Coefficient of Pearson Correlation</i>	35
Persamaan 2.25. <i>Geometric Brownian Motion</i>	35
Persamaan 2.26. GBM Versi Diskret.....	35
Persamaan 2.27. Simulasi Harga Pasar Di Masa Mendatang	35
Persamaan 2.28. Simulasi Harga Pasar Esok Hari.....	35

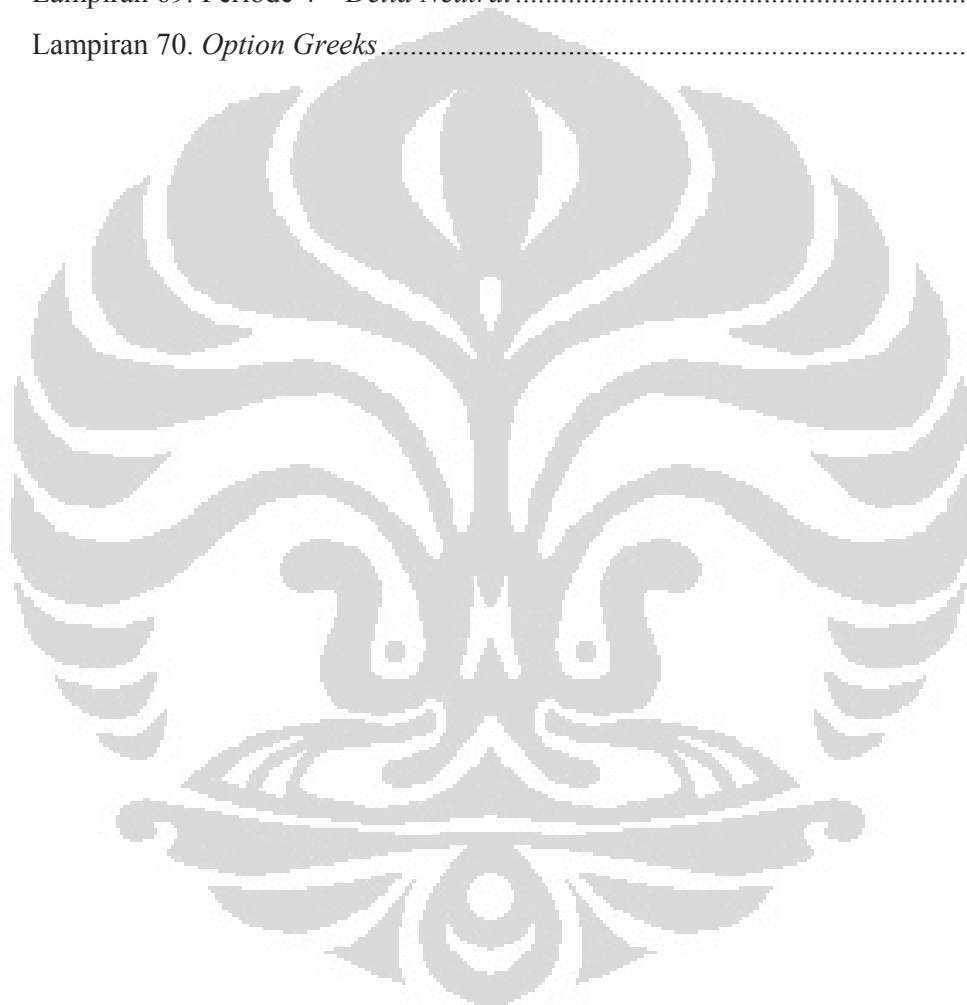
Persamaan 2.29. Faktorisasi <i>Cholesky</i>	36
Persamaan 2.30. <i>Conditional Value-at-Risk</i>	38
Persamaan 2.31. <i>Conditional Value-at-Risk</i>	38
Persamaan 3.1. <i>At-The-Money-Forward Strike</i>	41
Persamaan 3.2. <i>Binomial Distribution Function</i>	48
Persamaan 3.3. <i>Standardized Normal Distribution</i>	48
Persamaan 3.4. <i>Proportion of Failure Test</i>	48
Persamaan 3.5. <i>Likelihood Ratio – Kupiec</i>	48
Persamaan 3.6. Variabel Indikator <i>Christoffersen</i>	50
Persamaan 3.7. <i>Likelihood Ratio – Independence</i>	51
Persamaan 3.8. <i>Likelihood Ratio – Conditional Coverage</i>	51
Persamaan 3.9. <i>Likelihood Ratio – Haas</i>	52
Persamaan 3.10. <i>Likelihood Ratio – Mixed Kupiec</i>	52
Persamaan 3.11. <i>Likelihood Ratio – Berkowitz</i>	53
Persamaan 3.12. <i>Loss Function – Blanco-Ihle</i>	54
Persamaan 3.13. <i>Quadratic Score Function</i>	54
Persamaan 3.14. Proporsi Hasil <i>Backtest</i>	55
Persamaan 3.15. <i>Mean dan Standard Deviation</i> Dari Proporsi	55
Persamaan 3.16. Nilai Statistik <i>z</i>	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Portfolio Return</i> Berbagai Skenario Portofolio	91
Lampiran 2. Hasil <i>Backtest</i> Periode 1 – Portofolio 1 s/d 8	92
Lampiran 3. Hasil <i>Backtest</i> Periode 1 – Portofolio 9 s/d 15	93
Lampiran 4. Hasil <i>Backtest</i> Periode 2 – Portofolio 1 s/d 8	94
Lampiran 5. Hasil <i>Backtest</i> Periode 2 – Portofolio 9 s/d 15	95
Lampiran 6. Hasil <i>Backtest</i> Periode 3 – Portofolio 1 s/d 8	96
Lampiran 7. Hasil <i>Backtest</i> Periode 3 – Portofolio 9 s/d 15	97
Lampiran 8. Hasil <i>Backtest</i> Periode 4 – Portofolio 1 s/d 8	98
Lampiran 9. Hasil <i>Backtest</i> Periode 4 – Portofolio 9 s/d 15	99
Lampiran 10. Periode 1 – <i>Long Gamma USD Call / IDR Put</i>	100
Lampiran 11. Periode 1 – <i>Long Gamma USD Put / IDR Call</i>	101
Lampiran 12. Periode 1 – <i>Short Gamma USD Call / IDR Put</i>	102
Lampiran 13. Periode 1 – <i>Short Gamma USD Put / IDR Call</i>	103
Lampiran 14. Periode 1 – <i>Long Vega USD Call / IDR Put</i>	104
Lampiran 15. Periode 1 – <i>Long Vega USD Put / IDR Call</i>	105
Lampiran 16. Periode 1 – <i>Short Vega USD Call / IDR Put</i>	106
Lampiran 17. Periode 1 – <i>Short Vega USD Put / IDR Call</i>	107
Lampiran 18. Periode 1 – <i>ATM Strike USD Call / IDR Put</i>	108
Lampiran 19. Periode 1 – <i>ATM Strike USD Put / IDR Call</i>	109
Lampiran 20. Periode 1 – <i>OTM Strike USD Call / IDR Put</i>	110
Lampiran 21. Periode 1 – <i>OTM Strike USD Put / IDR Call</i>	111
Lampiran 22. Periode 1 – <i>ITM Strike USD Call / IDR Put</i>	112
Lampiran 23. Periode 1 – <i>ITM Strike USD Put / IDR Call</i>	113
Lampiran 24. Periode 1 – <i>Delta Neutral</i>	114
Lampiran 25. Periode 2 – <i>Long Gamma USD Call / IDR Put</i>	115
Lampiran 26. Periode 2 – <i>Long Gamma USD Put / IDR Call</i>	116
Lampiran 27. Periode 2 – <i>Short Gamma USD Call / IDR Put</i>	117
Lampiran 28. Periode 2 – <i>Short Gamma USD Put / IDR Call</i>	118
Lampiran 29. Periode 2 – <i>Long Vega USD Call / IDR Put</i>	119
Lampiran 30. Periode 2 – <i>Long Vega USD Put / IDR Call</i>	120

Lampiran 31. Periode 2 – <i>Short Vega USD Call / IDR Put</i>	121
Lampiran 32. Periode 2 – <i>Short Vega USD Put / IDR Call</i>	122
Lampiran 33. Periode 2 – <i>ATM Strike USD Call / IDR Put</i>	123
Lampiran 34. Periode 2 – <i>ATM Strike USD Put / IDR Call</i>	124
Lampiran 35. Periode 2 – <i>OTM Strike USD Call / IDR Put</i>	125
Lampiran 36. Periode 2 – <i>OTM Strike USD Put / IDR Call</i>	126
Lampiran 37. Periode 2 – <i>ITM Strike USD Call / IDR Put</i>	127
Lampiran 38. Periode 2 – <i>ITM Strike USD Put / IDR Call</i>	128
Lampiran 39. Periode 2 – <i>Delta Neutral</i>	129
Lampiran 40. Periode 3 – <i>Long Gamma USD Call / IDR Put</i>	130
Lampiran 41. Periode 3 – <i>Long Gamma USD Put / IDR Call</i>	131
Lampiran 42. Periode 3 – <i>Short Gamma USD Call / IDR Put</i>	132
Lampiran 43. Periode 3 – <i>Short Gamma USD Put / IDR Call</i>	133
Lampiran 44. Periode 3 – <i>Long Vega USD Call / IDR Put</i>	134
Lampiran 45. Periode 3 – <i>Long Vega USD Put / IDR Call</i>	135
Lampiran 46. Periode 3 – <i>Short Vega USD Call / IDR Put</i>	136
Lampiran 47. Periode 3 – <i>Short Vega USD Put / IDR Call</i>	137
Lampiran 48. Periode 3 – <i>ATM Strike USD Call / IDR Put</i>	138
Lampiran 49. Periode 3 – <i>ATM Strike USD Put / IDR Call</i>	139
Lampiran 50. Periode 3 – <i>OTM Strike USD Call / IDR Put</i>	140
Lampiran 51. Periode 3 – <i>OTM Strike USD Put / IDR Call</i>	141
Lampiran 52. Periode 3 – <i>ITM Strike USD Call / IDR Put</i>	142
Lampiran 53. Periode 3 – <i>ITM Strike USD Put / IDR Call</i>	143
Lampiran 54. Periode 3 – <i>Delta Neutral</i>	144
Lampiran 55. Periode 4 – <i>Long Gamma USD Call / IDR Put</i>	145
Lampiran 56. Periode 4 – <i>Long Gamma USD Put / IDR Call</i>	146
Lampiran 57. Periode 4 – <i>Short Gamma USD Call / IDR Put</i>	147
Lampiran 58. Periode 4 – <i>Short Gamma USD Put / IDR Call</i>	148
Lampiran 59. Periode 4 – <i>Long Vega USD Call / IDR Put</i>	149
Lampiran 60. Periode 4 – <i>Long Vega USD Put / IDR Call</i>	150
Lampiran 61. Periode 4 – <i>Short Vega USD Call / IDR Put</i>	151
Lampiran 62. Periode 4 – <i>Short Vega USD Put / IDR Call</i>	152

Lampiran 63. Periode 4 – <i>ATM Strike USD Call / IDR Put</i>	153
Lampiran 64. Periode 4 – <i>ATM Strike USD Put / IDR Call</i>	154
Lampiran 65. Periode 4 – <i>OTM Strike USD Call / IDR Put</i>	155
Lampiran 66. Periode 4 – <i>OTM Strike USD Put / IDR Call</i>	156
Lampiran 67. Periode 4 – <i>ITM Strike USD Call / IDR Put</i>	157
Lampiran 68. Periode 4 – <i>ITM Strike USD Put / IDR Call</i>	158
Lampiran 69. Periode 4 – <i>Delta Neutral</i>	159
Lampiran 70. <i>Option Greeks</i>	160



BAB 1

PENDAHULUAN

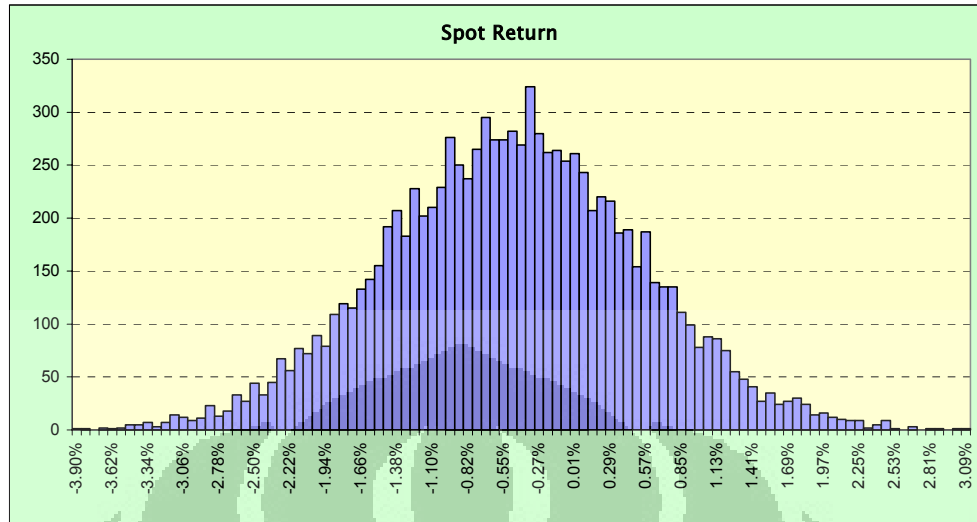
1.1 Latar Belakang

Pasar *foreign exchange* (*FX*) adalah pasar yang paling likuid di seluruh dunia dengan rasio *FX turnover* terhadap GDP mencapai lebih dari 14 kali di Amerika dan Jepang pada tahun 2010 (Michael R., 2010 : 30). Perbankan di setiap negara melakukan transaksi ini untuk kepentingan bank itu sendiri dan nasabahnya yang ingin melakukan pembelian atau penjualan terhadap valuta asing terhadap mata uang domestiknya. Oleh karena itulah pasar *FX* merupakan pasar yang sangat penting dalam ekonomi global. Menurut data dari *Bank for International Settlements* volume rata-rata harian pasar *FX* per April 2010 adalah sebesar USD 3,981 triliun di seluruh dunia yang melibatkan bank sentral dunia, perbankan dunia, perusahaan kecil maupun besar dan institusi lainnya (BIS, 2010: 7). Pada saat minggu bangkrutnya Lehman Brothers, terdapat 4,4 juta transaksi *FX* yang dilakukan oleh bank-bank besar dunia dengan volume mencapai USD 26,5 triliun (Hoflich, 2011: 165).

Transaksi *FX Spot* adalah transaksi dasar dari pasar *foreign exchange*. Pada *FX Spot, settlement* (pembayaran) transaksi ini dilakukan dua hari kerja berikutnya (Commonwealth, 2008: 3). Dari transaksi *FX Spot* banyak diturunkan transaksi lain yang dinamakan *currency derivatives*. Mengacu pada Peraturan Bank Indonesia Nomor 7/31/PBI/2005, transaksi derivatif adalah transaksi yang nilainya merupakan turunan dari instrumen yang mendasari seperti suku bunga, nilai tukar, komoditas, ekuitas, dan indeks, baik yang diikuti dengan pergerakan maupun tanpa pergerakan dana atau instrumen. Salah satu transaksi *currency derivatives* adalah *FX Forward* yaitu transaksi valuta asing yang pembayarannya dilakukan lebih dari dua hari kerja berikutnya. *Currency derivatives* lainnya selain *FX Forward* adalah *currency options* atau *foreign exchange options* disingkat dengan *FX options*. Data pada situs *Bank for International Settlements* (BIS) menunjukkan bahwa nilai *notional amount* yang *outstanding* untuk transaksi *foreign exchange derivatives* per Desember 2011 adalah sebesar USD 63 triliun

yang didominasi oleh mata uang USD kemudian EUR dan JPY. Dari nilai tersebut, USD 10 triliun merupakan transaksi *FX options* (BIS, 2012: A132).

Perbankan di Indonesia juga sudah banyak melakukan transaksi derivatif baik yang berkaitan dengan suku bunga maupun yang berkaitan dengan kurs valuta asing. Hal ini dapat dilihat dari laporan rekening administratif (*off balance sheet*) perbankan pada situs Bank Indonesia per 20 Juni 2012 pukul 8.00 WIB (<http://www.bi.go.id/web/id/Publikasi/Laporan+Keuangan+Publikasi+Bank/Bank/Bank+Umum+Konvensional/>). Salah satu transaksi yang dilakukan adalah *FX options*. Tentu saja yang banyak dilakukan adalah *FX options* dalam mata uang USD (*US Dollar*) terhadap IDR (*Indonesian Rupiah*). Bank melakukan transaksi derivatif ini untuk berbagai macam tujuan. Bank mungkin saja hanya bertindak sebagai perantara, sebagai servis yang diberikan kepada nasabah. Dalam hal ini posisi yang dilakukan dengan nasabah langsung ditutup dengan bank lain (pasar). Selain itu bank melakukan transaksi *FX options* sebagai sarana untuk melakukan lindung nilai (*hedging*). Misalnya nasabah mempunyai pinjaman dalam valuta asing USD dan ingin melakukan lindung nilai terhadap pergerakan kurs USD/IDR maka nasabah dapat melakukannya dengan *FX options*. Bank yang aktif melakukan transaksi *FX options* dengan nasabahnya ada kalanya sengaja membiarkan posisinya terbuka dengan harapan pergerakan kurs di kemudian hari akan lebih menguntungkan bank daripada harus menutup posisinya hari itu juga. Dalam hal ini bank mempunyai tujuan untuk aktivitas *trading*. Menurut Das (2006: 20) *options* dapat digunakan untuk berbagai kepentingan seperti membeli *option* untuk mendapatkan proteksi (*asymmetric exposure*), melakukan kombinasi berbagai posisi *option* untuk menciptakan eksposur tertentu (*structured exposure*), mengambil risiko untuk mendapatkan premium (*yield enhancement*) dan untuk melakukan aktivitas *volatility trading*, yaitu membeli/menjual *option* pada saat *volatility* dianggap rendah/tinggi. Dengan perkembangan kompetisi yang semakin ketat bank dapat juga melakukan *FX option* sebagai salah satu cara untuk memberikan produk alternatif kepada nasabah. Hal ini dilakukan dengan mengombinasikan produk konvensional seperti deposito dengan transaksi *FX options* baik yang sederhana (*plain vanilla*) maupun yang lebih kompleks (*exotic*).

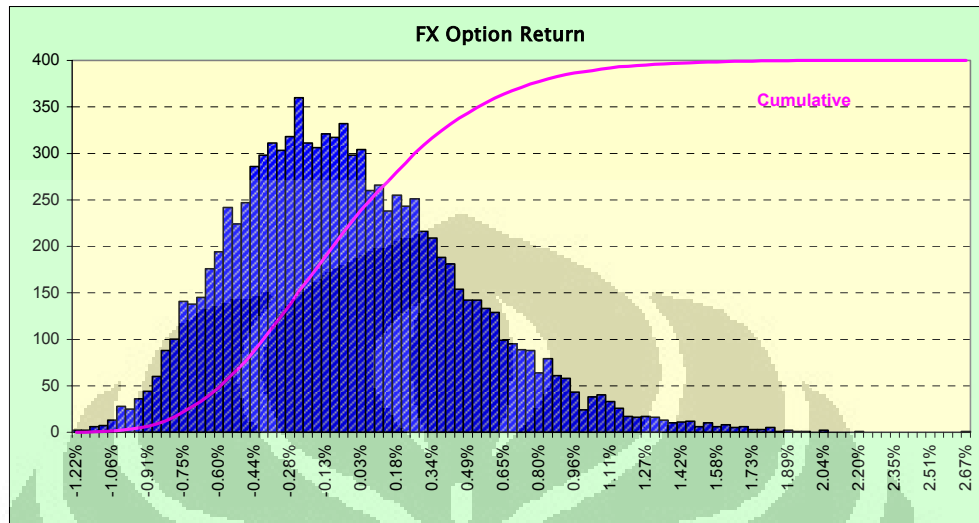


Gambar 1.1. Monte Carlo Simulation – Return Spot USD/IDR

Sumber: Hasil olahan penulis

Berbeda dengan produk derivatif lain seperti *forwards* dan *swaps*, *options* termasuk kategori *non-linear instruments* (Jorion, 2009: 315). Apabila bank mempunyai transaksi FX 3-month Forward USD/IDR dengan kurs 9.000 maka bank akan untung/rugi secara proporsional dengan kenaikan/penurunan kurs USD/IDR. Hal ini tidak terjadi dengan transaksi FX Options. Nilai *option* tidak berbanding lurus dengan nilai yang mendasarinya tetapi mempunyai hubungan yang tidak linier yang tidak sederhana dan bergantung dari banyak faktor (Jorion, 2009: 317). Bahkan apabila kita mengabaikan volatilitas dan faktor lainnya, nilai *option* selalu merupakan fungsi *non-linear* terhadap nilai yang mendasarinya (Alexander, 2008d). Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.1 dan 1.2. Gambar 1.1 memperlihatkan simulasi Monte Carlo dari *return Spot USD/IDR* dengan menggunakan asumsi distribusi *normal*. Apabila kita mempunyai posisi *long USD Call / IDR Put* dengan *strike* dan jangka waktu tertentu dan spot berubah mengacu pada simulasi Monte Carlo yang berdistribusi *normal* maka akan diperoleh *return* dari posisi FX Option tersebut yang ditunjukkan pada Gambar 1.2, yang tidak simetris, yang bukan merupakan distribusi *normal*. Portofolio *return* yang lebih lengkap untuk berbagai portofolio diberikan pada Lampiran 1. Bahkan nilai *options* juga tergantung dari salah satu variabel yang hanya berlaku untuk *options*

dan tidak ada pada *forwards* dan *swaps* yaitu volatilitas. Nilai volatilitas mencerminkan besarnya fluktuasi dari harga pasar.



Gambar 1.2. Monte Carlo Simulation – Return FX Option USD/IDR

Sumber: Hasil olahan penulis

Mengingat pasar FX merupakan pasar sangat penting dalam ekonomi global dan keunikan dari *FX Options* maka pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap *FX Options*. Penelitian ini memfokuskan pada analisis risiko terhadap *plain vanilla FX options* USD/IDR yaitu posisi *long (short) USD call (put) / IDR put (call)* untuk *European type options*. *European type options* memberikan hak kepada pembeli *option* untuk melakukan *exercise* pada saat jatuh tempo. Untuk transaksi *FX Options* USD/IDR waktu *exercise* mengacu pada waktu 3.00 pm Tokyo cut, artinya *option* tersebut hanya dapat dieksekusi jam 3.00 sore waktu Tokyo atau jam 13.00 WIB. Selain *European type* ada jenis *option* yang lain yaitu *American type options*. *Options* ini memberikan fleksibilitas bagi pembeli *option* untuk melakukan eksekusi mulai dari *value date* (tanggal berlakunya *option*) sampai dengan *expiry date*. Akan tetapi untuk *FX Options* yang paling populer yang diperdagangkan pada pasar *over-the-counter* (OTC) adalah *European type FX Options* (Castagna, 2007: 6).

Bank yang mempunyai eksposur *FX Options* USD/IDR perlu melakukan estimasi risiko untuk kepentingan beban modal (*regulatory capital*) dan untuk manajemen

risiko bank itu sendiri. Untuk *regulatory capital* bagi perbankan yang mengacu pada aturan Basel (2005: 7), terdapat dua metode yang dapat digunakan yaitu *Standardized Measurement Method* dan *Internal Model Method*. Pada *Standardized Measurement Method* bank dapat menggunakan salah satu dari tiga metode yaitu: *Simplified Approach*, *Delta Plus Method* dan *Scenario Approach* (Basel, 2005: 30). Pada pendekatan *Internal Model Method*, bank dapat menggunakan metode *Value-at-Risk* (VaR). VaR adalah konsep yang banyak digunakan dalam pengukuran risiko pasar yaitu risiko terhadap pergerakan suku bunga, kurs valuta asing, saham dan komoditas. Secara sederhana nilai VaR adalah nilai yang menggambarkan besarnya potensi kerugian maksimum (*maximum potential loss*) selama waktu tertentu dengan tingkat kepercayaan yang telah ditetapkan. Misalnya nilai 99% *Daily VaR* sama dengan Rp 100 milyar. Artinya besarnya potensi kerugian esok hari tidak akan lebih dari Rp 100 milyar dengan tingkat keyakinan 99%. Dengan kata lain, besarnya potensi kerugian esok hari melebihi Rp 100 milyar mempunyai probabilitas 1%. Menurut Resti (2007: 112) secara umum terdapat tiga metode yang lazim digunakan oleh bank dalam menghitung nilai *Value-at-Risk*, yaitu *Variance-Covariance Method* (VCM), *Historical Simulation* dan *Monte Carlo Simulation* (MCS).

Metode VCM menggunakan asumsi distribusi *normal* terhadap *return* dari faktor-faktor risikonya. Akan tetapi nilai *options* tidak linier terhadap faktor-faktor risikonya sehingga distribusi portofolio *options* tidak mempunyai distribusi *normal*. Oleh karena itu Zangari (1996a) mencoba untuk melakukan perbaikan terhadap hal ini dengan menggunakan metode *Cornish-Fisher*. Selain itu Zangari (1996b) juga mengusulkan metode *moment matching distribution* (menggunakan empat momen pertama) dengan menggunakan keluarga distribusi *Johnson*. Britten-Jones and Schaefer (1999) menyarankan menggunakan χ^2 *distribution* untuk menyesuaikan tiga momen pertama. Walaupun demikian, seperti yang dijelaskan oleh Alexander (2008d: 309) metode VCM tidak dapat mengukur secara akurat *tail behavior* dari portofolio *options*. Alexander juga menyimpulkan bahwa transaksi *non-linear* khususnya transaksi yang melibatkan *options* paling sesuai diestimasi dengan menggunakan metode *Historical Simulation* atau *Monte Carlo Simulation*. Selain itu Debil (Greg, 2009b: 148) juga mengatakan bahwa

alternatif yang paling realistis untuk estimasi VaR bahkan untuk institusi kecil atau menengah (apalagi institusi besar) adalah dengan menggunakan metode multivariate *Monte Carlo Simulation* dan *Historical Bootstrap*. Metode sederhana (VCM) hanya memberikan solusi elegan secara teoritis tetapi sangat tidak memadai. Oleh karena itulah, penelitian ini difokuskan pada metode *Historical Simulation* (khususnya model *Age-Weighted Bootstrapped Historical Simulation*) dan *Monte Carlo Simulation*.

1.2 Rumusan Masalah

Fokus pada penelitian ini adalah pengukuran risiko pasar terhadap eksposur *FX Options USD/IDR*. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, mengingat model VaR yang lebih sesuai untuk transaksi *non-linear* adalah metode *Bootstrapped Historical Simulation* dan *Monte Carlo Simulation* maka pertanyaan penelitian yang harus dijawab adalah sebagai berikut.

1. Sejauh mana keakuratan metode *Bootstrapped Historical Simulation* dan metode *Monte Carlo Simulation* dengan *confidence level* yang berbeda terhadap berbagai portofolio *European type plain vanilla FX options USD/IDR* dan berbagai periode waktu (krisis / stabil) ?
2. Sejauh mana keakuratan metode *Bootstrapped Historical Simulation* dan metode *Monte Carlo Simulation* terhadap portofolio *European type plain vanilla FX options USD/IDR* yang berbeda dengan berbagai *confidence level* dan berbagai periode waktu (krisis / stabil) ?
3. Manakah diantara ke dua metode tersebut yang lebih tepat diterapkan untuk mengukur risiko pasar dengan berbagai *confidence level*, terhadap berbagai portofolio *European type plain vanilla FX options USD/IDR* dan berbagai periode waktu (krisis / stabil) ?
4. Bagaimanakah perbedaan nilai VaR dari ke dua metode tersebut dalam mengukur risiko pasar dengan berbagai *confidence level*, terhadap

berbagai portofolio *European type plain vanilla FX options USD/IDR* dan berbagai periode waktu (krisis / stabil) ?

5. Bagaimanakah perbedaan waktu yang diperlukan dalam perhitungan nilai VaR dari ke dua metode tersebut ?

Metode yang digunakan untuk menjawab pertanyaan pertama adalah empat metode *backtest* yaitu *Kupiec Test*, *Traffic Light Approach Basel Zone*, *Conditional Coverage Test* dan *Mixed Kupiec Test* serta hasil skor *Blanco-Ihle Quadratic Score*. Untuk menjawab pertanyaan kedua digunakan banyaknya *rejection* dari ke empat metode *backtest* tersebut dan juga hasil skor *Blanco-Ihle Quadratic Score*. Sedangkan untuk menjawab pertanyaan ketiga digunakan hasil *Sign Test* dari empat metode *backtest* di atas dan *Blanco-Ihle Quadratic Score*. Metode yang digunakan untuk membandingkan nilai estimasi model pada pertanyaan keempat adalah *relative percentage*. Dan untuk pertanyaan terakhir atau kelima digunakan perbandingan sederhana dari waktu proses masing-masing model.

1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk membandingkan keakuratan metode *Bootstrapped Historical Simulation* dan *Monte Carlo Simulation* dengan *confidence level* yang berbeda terhadap berbagai *European type plain vanilla FX options USD/IDR* dan berbagai periode waktu (krisis / stabil).
2. Untuk membandingkan keakuratan metode *Bootstrapped Historical Simulation* dan *Monte Carlo Simulation* terhadap *European type plain vanilla FX options USD/IDR* yang berbeda dengan berbagai *confidence level* dan berbagai periode waktu (krisis / stabil).
3. Untuk mengetahui metode VaR mana yang lebih tepat diterapkan untuk mengukur risiko pasar dengan berbagai *confidence level*, terhadap

berbagai portofolio *European type plain vanilla FX options USD/IDR* dan berbagai periode waktu (krisis / stabil).

4. Untuk mengetahui perbedaan nilai VaR dari ke dua metode tersebut dalam mengukur risiko pasar dengan berbagai *confidence level*, terhadap berbagai *portofolio European type plain vanilla FX options USD/IDR* dan berbagai periode waktu (krisis / stabil).
5. Untuk mengetahui perbedaan waktu yang diperlukan dalam perhitungan nilai VaR dari ke dua metode tersebut.

Sehingga dari hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat dalam pemilihan model VaR yang lebih sesuai dengan karakteristik tertentu.

1.4 Kontribusi Penelitian

Penelitian mengenai komparasi metode VaR terhadap *currency derivatives* dan *options* juga sudah banyak dilakukan. Rangkuman penelitian tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.3. Zangari (1996a) membandingkan metode *Delta-Gamma* dan *Full Valuation Monte Carlo Simulation* terhadap *French government bond* dan *FX Options*. Hendricks (1996) membandingkan metode *Variance Covariance Method* dengan *Historical Simulation* terhadap *foreign exchange market*. Mina dan Ulmer (1999) membanding empat metode *Delta-Gamma* untuk portofolio *option* terhadap S&P 500 dan USD/JPY. Engel dan Gizycki (1999) membandingkan beberapa model VaR terhadap eksposur FX dari bank-bank Australia. Pichler dan Selitsch (1999) melakukan komparasi berbagai metode *analytical VaR* terhadap portofolio *options*. Lehar (2000) juga melakukan komparasi metode VaR terhadap *options* di bursa Austria. Reichert (2003) melakukan analisis VaR terhadap *futures, forwards, options, interest rate swaps* dan *currency swaps*. Liu (2004) membanding tiga metode *Monte Carlo Simulation* terhadap option portofolio terhadap S&P 500. Rong-da (2005) membandingkan metode *Fourier-Inversion approach* dengan *Cornish-Fisher Expansions Normal model*. Alexander (2007) melakukan analisis metode VaR dan *Conditional VaR (CVaR)* terhadap *European*

Call dan *Put* dan *Binary Options* pada saham. Nieppola (2009) melakukan penelitian metode *Monte Carlo Simulation* terhadap *equity portfolio*, *a fixed income portfolio* dan *equity options*. Gordon Sirr, John Garvey dan Liam Gallagher (2011) melakukan analisis model *Variance-covariance VaR* terhadap *equity risk* dan *FX risk*. Akan tetapi belum ditemukan penelitian yang dilakukan untuk melakukan komparasi metode VaR terhadap *FX Options USD/IDR*. Oleh karena itu, pada tesis ini akan diteliti komparasi metode VaR khususnya antara metode *Age-Weighted Bootstrapped Historical Simulation* dan *Monte Carlo Simulation* terhadap transaksi *FX Options* yang dilakukan di Indonesia yaitu dalam mata uang USD/IDR.

1996	<ul style="list-style-type: none"> • Peter Zangari • <i>Delta-Gamma</i> dan <i>Full Valuation Monte Carlo Simulation</i> terhadap <i>French government bond</i> dan <i>FX Options</i>
1996	<ul style="list-style-type: none"> • Darryll Hendricks • <i>Variance Covariance Method</i> dan <i>Historical Simulation</i> terhadap <i>foreign exchange market</i>
1999	<ul style="list-style-type: none"> • Jorge Mina dan Andrew Ulmer • metode <i>Delta-Gamma</i> untuk <i>portfolio option</i> terhadap S&P 500 dan USD/JPY
1999	<ul style="list-style-type: none"> • Gizycki • Komparasi model VaR terhadap eksposur FX
1999	<ul style="list-style-type: none"> • Stefan Pichler dan Karl Selitsch • Komparasi berbagai metode <i>analytical VaR</i> terhadap <i>portfolio options</i>
2000	<ul style="list-style-type: none"> • Alfred Lehar • Komparasi metode VaR terhadap <i>options</i> di bursa Austria
2003	<ul style="list-style-type: none"> • Alan Reichert • Analisis VaR terhadap <i>futures, forwards, options, interest rate swaps</i> dan <i>currency swaps</i>
2004	<ul style="list-style-type: none"> • Guochun Liu • Membandingkan tiga metode <i>Monte Carlo Simulation</i> terhadap <i>option portfolio</i> terhadap S&P 500
2005	<ul style="list-style-type: none"> • Chen Rong-da, Wang Tao, Chen Rong-feng • Komparasi metode <i>Fourier-Inversion approach</i> dengan <i>Cornish-Fisher Expansions Normal model</i>
2007	<ul style="list-style-type: none"> • Siddharth Rajan Alexander • Komparasi metode VaR dan CVaR terhadap <i>European Call, Put</i> dan <i>Binary Options</i> Pada Saham
2009	<ul style="list-style-type: none"> • Olli Nieppola • <i>Monte Carlo Simulation VaR</i> terhadap <i>equity portfolio</i>, <i>a fixed income portfolio</i> dan <i>equity options</i>
2011	<ul style="list-style-type: none"> • Gordon Sirr, John Garvey, Liam Gallagher • <i>Variance-covariance VaR</i> terhadap <i>equity risk</i> dan <i>FX risk</i>

Gambar 1.3. Berbagai Penelitian VaR

Sumber: Zangari (1996a), Hendricks (1996), Mina dan Ulmer (1999), Engel dan Gizycki (1999), Pichler dan Selitsch (1999), Lehar (2000), Reichert (2003), Liu (2004), Rong-da (2005), Alexander (2007), Nieppola (2009), Sirr, Garvey dan Gallagher (2011), telah diolah kembali

1.5 Pembatasan Masalah

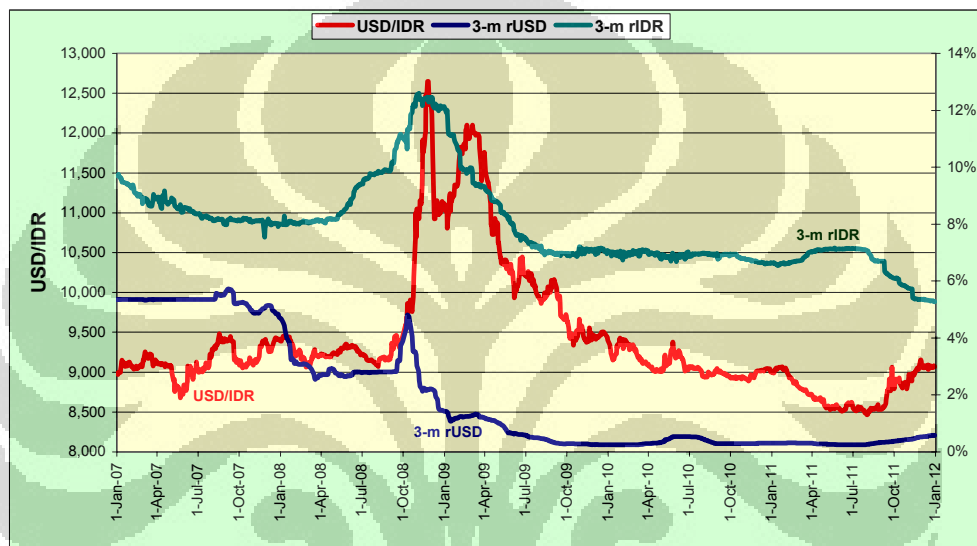
Pada penelitian ini beberapa pembatasan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan adalah data nilai tengah (*mid rate*), tidak memperhitungkan *bid-ask spread* yang merupakan data harian dari tanggal 1 Januari 2007 sampai dengan 30 Desember 2011.
2. Portofolio *FX Options* yang dibahas hanya jenis *plain vanilla European-type USD/IDR*.
3. Valuasi *FX Options* yang digunakan adalah *Black-Scholes-Merton*.
4. Volatilitas yang digunakan hanya mengacu pada *At-The-Money-Forward Volatility*, tidak memperhitungkan *volatility smile (Risk Reversal Volatility dan Butterfly Volatility)*.
5. Metode VaR yang dibahas adalah *Bootstrapped Historical Simulation* dan *Monte Carlo Simulation*.
6. Metode *backtest* yang digunakan adalah *Kupiec Test, Basel Zone, Conditional Coverage Test* dan *Mixed Kupiec Test*.
7. Metode komparasi yang digunakan adalah metode Blanco & Ihle dengan menggunakan *Quadratic Score* serta metode uji *Sign Test*.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian akan dilakukan dengan melakukan studi lapangan dan studi kepustakaan. Studi lapangan dilakukan dengan mengumpulkan data terkait yang diperlukan seperti data historis suku bunga USD dan IDR, kurs valuta asing USD/IDR dan *At The Money Forward (ATMF) implied volatility option USD/IDR*. Sedangkan studi kepustakaan dilakukan untuk menopang penelitian ini dengan dasar-dasar teori yang relevan.

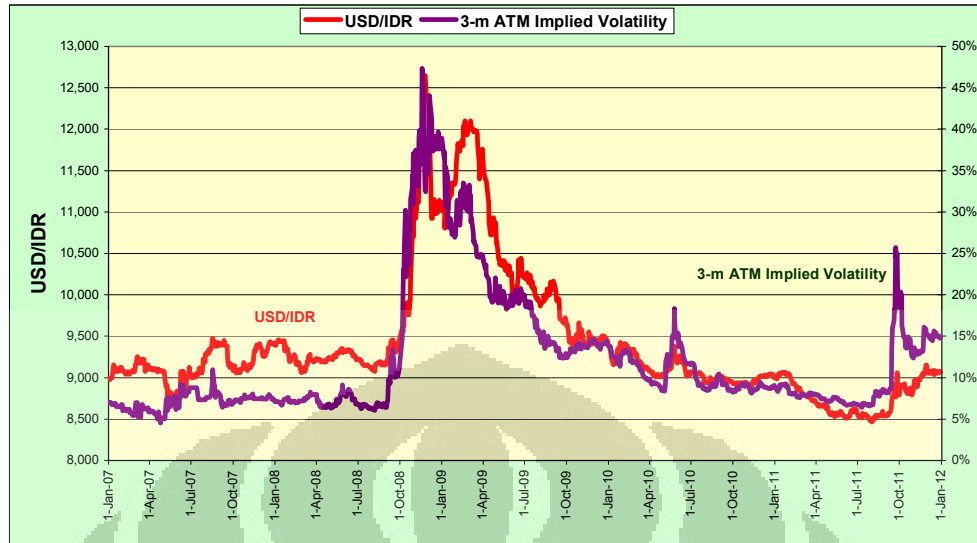
Data historis yang digunakan adalah data kurs *spot* USD/IDR, suku bunga USD, suku bunga IDR, *ATMF implied volatility* USD/IDR dari tanggal 1 Januari 2007 sampai dengan 30 Desember 2011 (lima tahun data atau 1246 data). Sumber data diperoleh dari data historis Bloomberg. Data dipilih selama lima tahun agar cukup representatif yaitu mencakup periode yang stabil dan periode yang bergejolak. Gambar 1.4 menggambarkan data spot USD/IDR, suku bunga tiga bulan USD dan suku bunga 3 bulan untuk IDR.



Gambar 1.4. Grafik Kurs USD/IDR, Suku Bunga USD & IDR 3 Bulan

Sumber: Hasil olahan penulis menggunakan data Bloomberg

Sedangkan Gambar 1.5 menunjukkan *three-month ATMF implied volatility* dan kurs *spot* USD/IDR. Pada grafik terlihat fluktuasi volatilitas sangat tinggi pada periode Oktober-November 2008 yaitu pada saat krisis *sub-prime mortgage* terjadi di Amerika. Nilai *three-month ATMF implied volatility* naik dari di bawah 10% pa menjadi sekitar 50% pa.



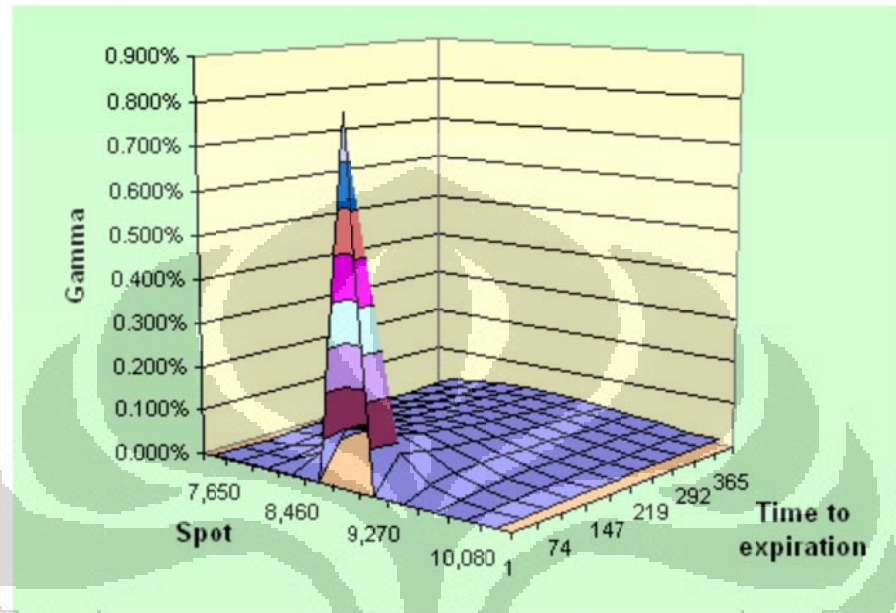
Gambar 1.5. Kurs USD/IDR & *At-The-Money Implied Volatility* 3 Bulan

Sumber: Hasil olahan penulis menggunakan data Bloomberg

Oleh karena *option* merupakan instrumen yang *non-linear* dan dipengaruhi oleh berbagai faktor risiko (adanya *Gamma & Vega effect*, Alexander, 2008d: 248) dan agar dapat dilakukan pengujian metode perhitungan VaR terhadap berbagai kemungkinan risiko eksposur, maka untuk setiap tanggal pada setiap periode tersebut dilakukan perhitungan VaR terhadap 15 portofolio yang dibuat secara acak dengan ketentuan sebagai berikut:

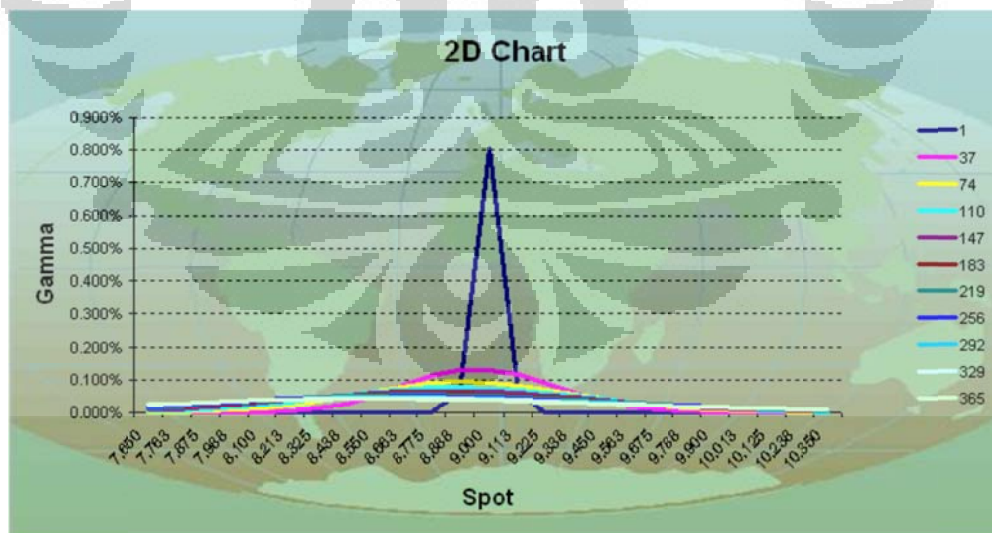
1. Portofolio 1 merupakan kategori “*Long Gamma Call*” yang diperoleh dengan cara beli (*long*) USD *call* (*put*) / IDR *put* (*call*) dengan *strike* sama dengan *ATMF* dengan jangka pendek (satu bulan sampai tiga bulan). *Gamma* adalah sensitivitas nilai *delta* terhadap nilai *spot*, sedangkan nilai *delta* adalah sensitivitas nilai *option* terhadap *spot* USD/IDR. Untuk *at-the-money options*, nilai *gamma* akan menurun dengan semakin panjangnya jangka waktu (Hull, 2012: 392). Nilai *gamma* mempunyai nilai tertinggi pada saat *strike* sama dengan *ATMF* untuk jangka waktu yang semakin pendek (Haug, 2006: 40). Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.6 dan Gambar 1.7.

2. Portofolio 2 merupakan kategori “*Long Gamma Put*” yang diperoleh dengan cara beli (*long*) USD *put* / IDR *call* dengan *strike* sama dengan *ATMF* dengan jangka pendek (satu bulan sampai tiga bulan).



Gambar 1.6. *Gamma vs Spot vs Time To Expiration*

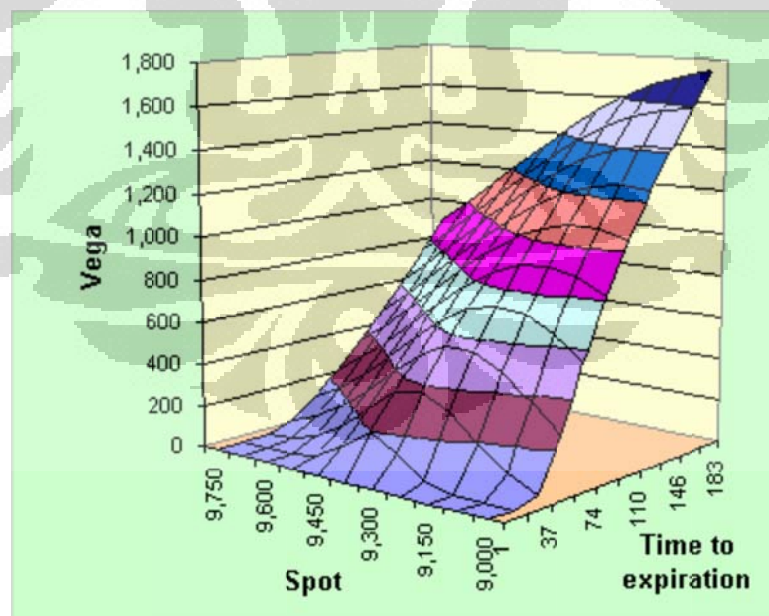
Sumber: Hasil olahan penulis menggunakan formula Black-Scholes-Merton



Gambar 1.7. *Gamma vs Spot Untuk Berbagai Jangka Waktu*

Sumber: Hasil olahan penulis menggunakan formula Black-Scholes-Merton

3. Portofolio 3 merupakan kategori “*Short Gamma Call*” yang merupakan kebalikan dari portofolio 1. Hal ini dapat diperoleh dengan cara jual (*short*) USD *call* / IDR *put* dengan *strike* sama dengan *ATMF* dengan jangka pendek (satu bulan sampai tiga bulan).
4. Portofolio 4 merupakan kategori “*Short Gamma Put*” yang diperoleh dengan cara jual (*short*) USD *put* / IDR *call* dengan *strike* sama dengan *ATMF* dengan jangka pendek (satu bulan sampai tiga bulan).
5. Portofolio 5 merupakan kategori “*Long Vega Call*” yang diperoleh dengan cara beli (*long*) USD *call* (*put*) / IDR *put* (*call*) dengan *strike* sama dengan *ATMF* dengan jangka panjang (enam bulan sampai satu tahun). *Vega* adalah sensitivitas nilai *option* terhadap volatilitas dari *spot* USD/IDR. Nilai *vega* mempunyai nilai *local maximum* pada saat *strike* di sekitar *ATMF* yang dirumuskan oleh persamaan 1.1 (Haug, 2006: 52). Untuk jangka waktu sampai dengan satu tahun diperoleh nilai *vega* akan semakin tinggi untuk jangka waktu yang semakin panjang. Oleh karena itulah untuk portofolio ini dipilih jangka waktu yang lebih panjang. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 1.8.



Gambar 1.8. *Vega vs Spot vs Time To Expiration*

Sumber: Hasil olahan penulis menggunakan formula Black-Scholes-Merton

6. Portofolio 6 merupakan kategori “*Long Vega Put*” yang diperoleh dengan cara beli (*long*) USD *put* / IDR *call* dengan *strike* sama dengan *ATMF* dengan jangka panjang (enam bulan sampai satu tahun).
7. Portofolio 7 merupakan kategori “*Short Vega Call*” yang merupakan kebalikan dari portofolio 5. Hal ini dapat diperoleh dengan cara jual (*short*) USD *call* / IDR *put* dengan *strike* sama dengan *ATMF* dengan jangka panjang (enam bulan sampai satu tahun).
8. Portofolio 8 merupakan kategori “*Short Vega Put*” yang merupakan kebalikan dari portofolio 6. Hal ini dapat diperoleh dengan cara jual (*short*) USD *put* / IDR *call* dengan *strike* sama dengan *ATMF* dengan jangka panjang (enam bulan sampai satu tahun).
9. Portofolio 9 merupakan kategori “*At-The-Money Call*” yang diperoleh dengan cara *long/short* USD *call* / IDR *put* dengan *strike* sama dengan nilai *spot* pada saat transaksi. *At-the-money option* adalah *option* yang mempunyai *strike price* hampir sama dengan nilai *spot*-nya.
10. Portofolio 10 merupakan kategori “*At-The-Money Put*” yang diperoleh dengan cara *long/short* USD *put* / IDR *call* dengan *strike* sama dengan nilai *spot* pada saat transaksi.
11. Portofolio 11 merupakan kategori “*Out-of-The-Money Call*” yang diperoleh dengan cara *long/short* USD *call* / IDR *put* dengan *strike* lebih tinggi dari nilai *spot* pada saat transaksi. *Out-of-the-money option* adalah *option* yang nilai *strike price*-nya di atas/bawah *spot price* untuk *call/put*.
12. Portofolio 12 merupakan kategori “*Out-of-The-Money Put*” yang diperoleh dengan cara *long/short* USD *put* / IDR *call* dengan *strike* lebih rendah dari nilai *spot* pada saat transaksi.
13. Portofolio 13 merupakan kategori “*In-The-Money Call*” yang diperoleh dengan cara *long/short* USD *call* / IDR *put* dengan *strike* lebih rendah dari nilai *spot* pada saat transaksi. *In- the-money option* adalah *option* yang nilai *strike price*-nya di bawah/atas *spot price* untuk *call/put*.

14. Portofolio 14 merupakan kategori “*In-The-Money Put*” yang diperoleh dengan cara *long/short USD put / IDR call* dengan *strike* lebih tinggi dari nilai *spot* pada saat transaksi.
15. Portofolio 15 merupakan kategori “*Delta-Neutral*” yang diperoleh dengan cara beli (*long*) *USD call (put) / IDR put (call)* sekaligus jual (*short*) *USD put (call) / IDR call (put)* dengan *strike* yang diatur menurut aturan tertentu sehingga menghasilkan nilai delta mendekati nol. Menurut Wystrup hal ini dapat dilakukan dengan menetapkan *strike* untuk *call* dan *put* sehingga menyebabkan *delta-neutral straddle* (Haug, 2007: 29) seperti yang ditunjukkan persamaan (1.1). Pada formula tersebut S adalah nilai *Spot*, X adalah *strike*, σ adalah *volatility*, T adalah waktu, r_f adalah *risk-free rate* untuk mata uang asing dan r_d adalah *risk-free rate* untuk mata uang domestik. Posisi *delta neutral* adalah posisi yang sering dilakukan oleh *option trader*. Biasanya bank menjaga agar portofolio *option* yang dipunyai dalam keadaan *delta neutral* sehingga perubahan kecil pada *underlying* tidak akan berpengaruh terhadap nilai portofolio (Alexander, 2008d: 307).

$$X_{call} = X_{put} = Se^{\left(r_d - r_f + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T} \dots\dots\dots(1.1)$$

1.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan karya akhir ini meliputi beberapa bab, yaitu sebagai berikut.

- Bab pertama (Pendahuluan) berisi mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, kontribusi penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penelitian yang merupakan dasar pemikiran atas masalah yang akan dibahas dan metode yang akan digunakan.

- Bab kedua (Landasan Teori) adalah menerangkan pengertian mengenai *FX Options*, *option pricing* dengan metode *Black-Scholes-Merton* dan metode lainnya, berbagai metode perhitungan VaR dan beberapa kelemahan VaR.
- Bab ketiga (Metode Penelitian) membahas mengenai tahapan metode penelitian, data yang digunakan, perhitungan VaR, metode *backtesting* yaitu *Kupiec Test*, *Basel Zone*, *Conditional Coverage Test* dan *Mixed Kupiec Test*. Selain itu juga dibahas metode lainnya yaitu *Rosenblatt Test* dan *Berkowitz Test*. Setelah itu dibahas metode komparasi yaitu dengan menggunakan metode *Blanco-Ihle Quadratic Score* dan *Sign Test*.
- Bab keempat (Hasil Penelitian) membahas hasil yang diperoleh dari simulasi. Dimulai dengan analisis hasil masing-masing metode *backtest*, analisis portofolio, analisis keakuratan model *Bootstrapped Historical Simulation* dan *Monte Carlo Simulation* serta analisis waktu proses dari estimasi nilai VaR tersebut.
- Bab terakhir (Simpulan Dan Saran) memberikan simpulan dari hasil penelitian yang diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan dalam bab pertama sesuai dengan tujuan penelitian ini. Di samping itu diberikan juga saran berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 *FX Options*

Apabila bank membeli (*long*) suatu “plain vanilla” *option* artinya bank membeli proteksi (mempunyai hak). Pada *FX options* perlu dirinci lagi apakah bank ingin mempunyai hak untuk membeli atau menjual sesuatu mata uang tertentu. Oleh karena itu ada istilah *call* dan *put*. *Call option* memberikan hak kepada pemegang *option* untuk membeli aset dengan harga tertentu dan waktu tertentu (Hull, 2012: 194). Apabila bank ingin mempunyai hak untuk membeli USD dan menjual IDR dengan kurs 9.500 maka istilah pada *FX option* adalah *long USD call / IDR put* dengan *strike* 9.500. Jadi *long call option* artinya bank membeli proteksi untuk membeli suatu *underlying* dan *long put option* artinya membeli proteksi untuk menjual suatu *underlying*. Sebaliknya jual (*short*) *call option* artinya bank mempunyai potensi kewajiban untuk menjual suatu *underlying* dan jual (*short*) *put option* artinya mempunyai potensi kewajiban untuk membeli suatu *underlying*. Dikatakan potensi kewajiban dan bukan kewajiban karena pembeli *option* tidak selalu mengajukan klaim (melakukan *exercise*) kepada penjual *option*. Pembeli *option* hanya akan melakukan *exercise* apabila menguntungkan. Pada contoh di atas pembeli *option USD call / IDR put* dengan *strike* 9.500 hanya akan melakukan *exercise* apabila kurs USD/IDR berada di atas 9.500. Apabila kurs USD/IDR berada pada level di bawah 9.500 maka pembeli *option* tidak akan melakukan *exercise* karena apabila bank sebagai pembeli *option* memerlukan USD, bank dapat membeli USD di pasar dengan harga yang lebih murah yaitu di bawah 9.500. Oleh karena pembeli *option* mempunyai hak sehingga dapat melakukan *exercise* dan penjual *option* mempunyai potensi kewajiban membeli/menjual USD/IDR pada harga sesuai dengan *strike price*-nya maka mirip seperti pada asuransi pembeli *option* perlu membayar sejumlah premi (*premium*) kepada penjual *option*. Bagaimana perhitungan premi *option* ini dan apa saja yang mempengaruhinya ? Jawaban pertanyaan tersebut ada pada bagian berikut ini.

2.2 Option Pricing Model – Black-Scholes-Merton (BSM)

Menurut Hull (2012) suatu variabel mengikuti proses *stochastic* apabila variabel tersebut berubah terhadap waktu dengan cara tidak menentu. *Markov process* adalah proses *stochastic* di mana hanya nilai variabel sekarang saja yang mempengaruhi nilai variabel di masa mendatang. Sedangkan *Wiener process* adalah kasus khusus dari *Markov process* di mana besarnya rata-rata (*mean*) dari perubahan nilainya sama dengan nol dan variansinya sebesar 1 per satu periode.

Persamaan 2.1 sampai dengan 2.13 ini bersumber dari buku Hull (2012). Suatu variabel x dikatakan mengikuti *Ito process* apabila memenuhi persamaan berikut:

$$dx = a(x, t)dt + b(x, t)dz \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dalam hal ini dz adalah *Wiener process*, a dan b merupakan suatu fungsi dari x dan waktu t , maka variabel x dikatakan mempunyai *drift rate* a dan *variance rate* b^2 . Menurut *Ito's Lemma*, suatu fungsi G sebagai fungsi dari x dan t akan mengikuti proses:

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial x} a + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} b^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial x} b dz \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Hal ini berimplikasi bahwa harga semua *derivatives* merupakan suatu fungsi dari variabel *stochastic* yang mendasarinya (*underlying*) dan waktu (Hull, 2012). Apabila variabel *stochastic* x itu adalah harga saham S maka proses S yang mengikuti persamaan 2.3 berikut

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

akan mengikuti *Ito process* sehingga fungsi f yaitu harga *call option* terhadap saham S mengikuti *Ito's Lemma* sebagai berikut:

$$df = \left(\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 \right) dt + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S dz \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dalam versi diskrit persamaan (2.3) di atas menjadi

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \Delta z \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Sedangkan persamaan (2.4) menjadi

$$\Delta f = \left(\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 \right) \Delta t + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S \Delta z \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Dari ke dua persamaan di atas terlihat bahwa perubahan harga saham dan perubahan *call option* sama-sama mengandung ketidakpastian *Wiener process dz*. Akan tetapi perbedaannya hanya pada suku df/dS sehingga dapat dibuat suatu portofolio yang terdiri dari saham dan derivatif f sehingga *Wiener process* menjadi hilang. Caranya adalah dengan membuat portofolio berikut:

$$\Pi = -f + \frac{\partial f}{\partial S} S \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Sehingga perubahan nilai portofolio di atas menjadi:

$$\Delta \Pi = -\Delta f + \frac{\partial f}{\partial S} \Delta S \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan melakukan substitusi dari persamaan di atas diperoleh:

$$\Delta \Pi = \left(-\frac{\partial f}{\partial t} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Oleh karena persamaan di atas ini tidak mengandung dz maka portofolio ini merupakan portofolio bebas risiko (*riskless portfolio*) dalam waktu dt . Apabila *risk free rate* adalah r maka persamaan di atas menjadi

$$\Delta \Pi = r \Pi \Delta t \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

Sehingga dengan melakukan substitusi maka diperoleh hasil:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = rf \dots\dots\dots(2.11)$$

Ini adalah merupakan persamaan diferensial *Black-Scholes-Merton* yang terkenal (Hull, 2012: 310). Dengan menggunakan *boundary condition* yang sesuai maka diperoleh harga *call / put European type* P_{ce} dan P_{pe} sebagai berikut.

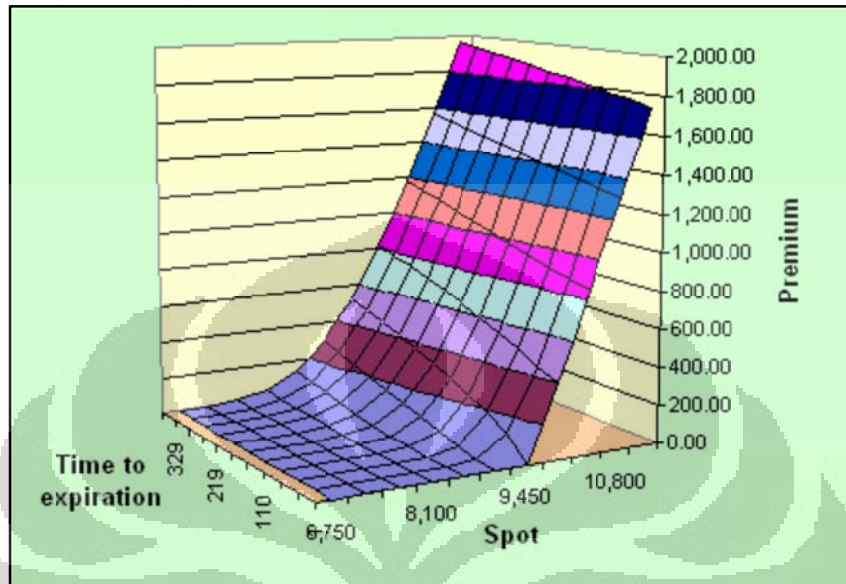
$$\begin{aligned} P_{ce} &= S \times N(d_1) - Xe^{-rT} \times N(d_2) \\ P_{pe} &= Xe^{-rT} \times N(-d_2) - S \times N(-d_1) \\ d_1 &= \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \dots\dots\dots(2.12) \\ d_2 &= \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \end{aligned}$$

Dalam hal ini S adalah nilai *Spot*, X adalah *strike*, σ adalah *volatility*, T adalah waktu dan r adalah *risk free rate*. Dengan sedikit modifikasi maka untuk *FX Options* diperoleh formula:

$$\begin{aligned} P_{ce} &= Se^{-r_f T} \times N(d_1) - Xe^{-r_d T} \times N(d_2) \\ P_{pe} &= Xe^{-r_d T} \times N(-d_2) - Se^{-r_f T} \times N(-d_1) \\ d_1 &= \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r_d - r_f + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \dots\dots\dots(2.13) \\ d_2 &= d_1 - \sigma\sqrt{T} \end{aligned}$$

Di mana r_f adalah *risk-free rate* untuk mata uang asing dan r_d adalah *risk-free rate* untuk mata uang domestik. Pada penelitian ini digunakan *Black-Scholes-Merton option (BSM) pricing model* di atas untuk melakukan valuasi terhadap portoflio *FX Options USD/IDR*.

Gambar 2.1. menunjukkan bagaimana besarnya premi berubah terhadap berbagai *spot price* dan jangka waktu.



Gambar 2.1. Premium Terhadap *Spot* Dan Tenor

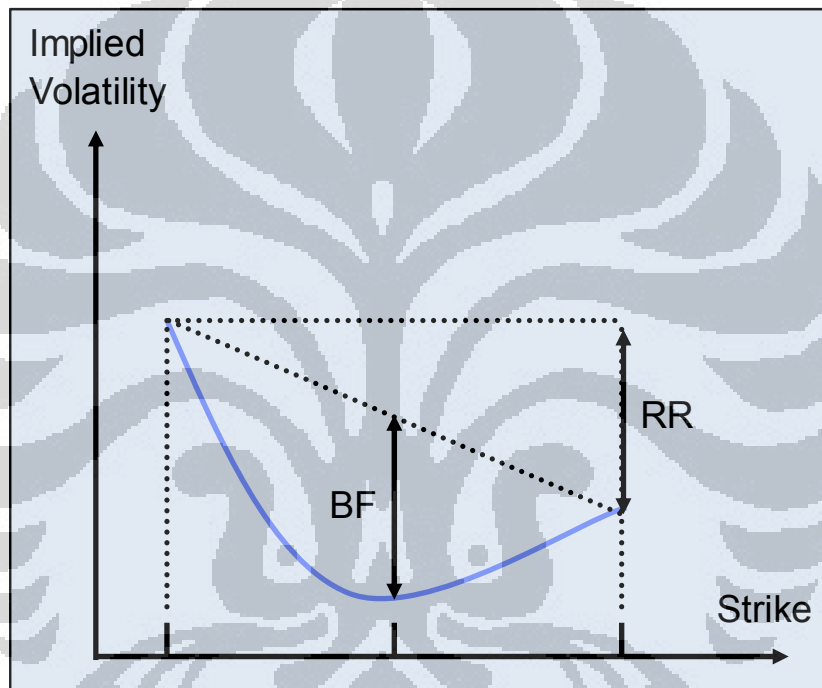
Sumber: Hasil olahan penulis menggunakan formula Black-Scholes-Merton

2.3 Metode *Option Pricing* Lainnya

Metode lain yang dapat digunakan dalam menetapkan *option pricing* adalah dengan menggunakan *Binomial Model* dan *Monte Carlo Simulation*. Selain itu, salah satu metode yang populer untuk mengkonstruksi *implied volatility curves* pada *option market* adalah *Vanna-Volga option pricing* (Castagna, 2007). Metode ini banyak digunakan khususnya untuk melakukan pricing terhadap *exotic FX options*, yaitu *FX options* yang kompleks. Metode yang dikenal juga dengan istilah *traders' rule of thumb* adalah prosedur empirik yang digunakan untuk mendapatkan *implied volatility* dari tiga kuotasi pasar per jangka waktu (Uwe, 2008: 2). Tiga kuotasi tersebut adalah *at-the-money* (ATM) *volatility*; *risk reversal* (RR) *volatility* dan (*vega weighted*) *butterfly* (BF) *volatility*. Dari ketiga *volatility* ini akan dihasilkan *implied volatility* yang berbeda tergantung *strike* yang ditetapkan. Hal ini dikenal dengan istilah *volatility smile* seperti yang

ditunjukkan oleh Gambar 2.2. Menurut Castagna (2007) dengan menggunakan metode *Vanna-Volga* dapat diperoleh *volatility surface* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Sedangkan formula perhitungannya mengacu pada rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 RR &= \sigma_+ - \sigma_-, & BF &= \frac{\sigma_+ + \sigma_-}{2} - ATM \\
 \sigma_+ &= ATM + BF + \frac{1}{2}RR, & \sigma_- &= ATM + BF - \frac{1}{2}RR
 \end{aligned}
 \tag{2.14}$$



Gambar 2.2. *Implied Volatility Terhadap Strike*

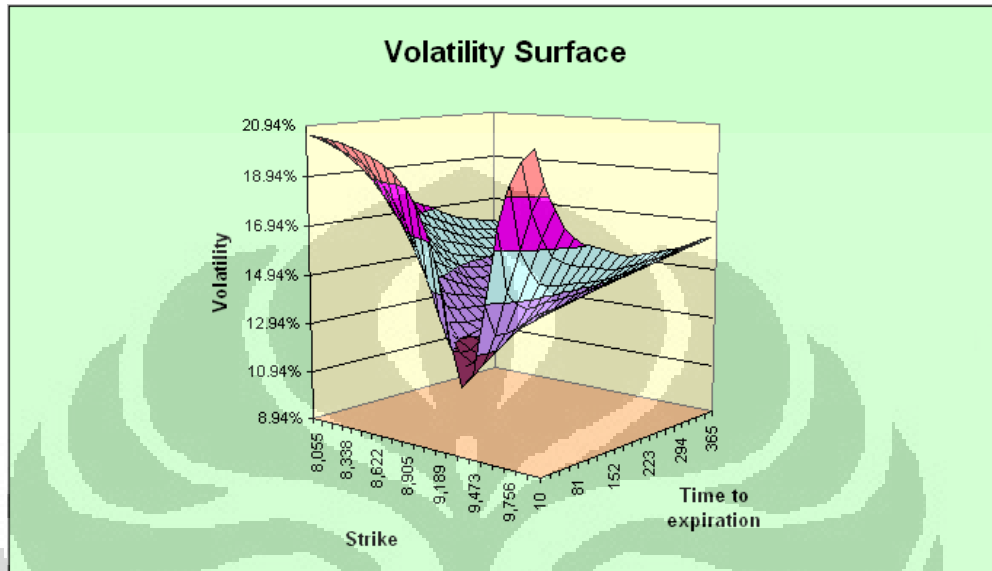
Sumber: Uwe (2008: 2), telah diolah kembali

Heston (1993) melakukan perbaikan terhadap model *Black-Scholes-Merton* dengan memperlakukan *volatility* suatu *stochastic process* yang berubah terhadap waktu (Greg, 2009a: 452). Heston menetapkan *underlying asset* mengikut proses

$$dS_t = \mu S_t + \sqrt{V_t} S_t dW_t
 \tag{2.15}$$

Dalam hal ini W_t adalah merupakan suatu proses Wiener. Metode *option pricing* ini dikenal dengan istilah *Heston volatility option pricing model*. Perbedaan

dengan model BSM adalah bahwa pada model Heston diperlukan tambahan informasi yaitu *volatility* dari *volatility*. Akan tetapi pada tesis ini yang digunakan sebagai acuan valuasi adalah menggunakan formula BSM.



Gambar 2.3. *Volatility Surface FX Option USD/IDR*

Sumber: Castagna (2007: 111), telah diolah kembali

2.4 Value-at-Risk (VaR)

Value-at-Risk mempunyai dua parameter utama yaitu *significance level* α (atau *confidence level* $1-\alpha$) dan *risk horizon* h yang biasanya dinyatakan dalam hari (Alexander, 2008d: 13). Secara sederhana nilai VaR adalah nilai yang menggambarkan besarnya potensi kerugian maksimum (*maximum potential loss*) selama waktu tertentu dengan tingkat kepercayaan yang telah ditetapkan. Misalnya nilai 99% *Daily VaR* sama dengan Rp 100 milyar. Artinya besarnya potensi kerugian esok hari tidak akan lebih dari Rp 100 milyar dengan tingkat keyakinan 99%. Dengan kata lain, besarnya potensi kerugian esok hari melebihi Rp 100 milyar mempunyai probabilitas 1%.

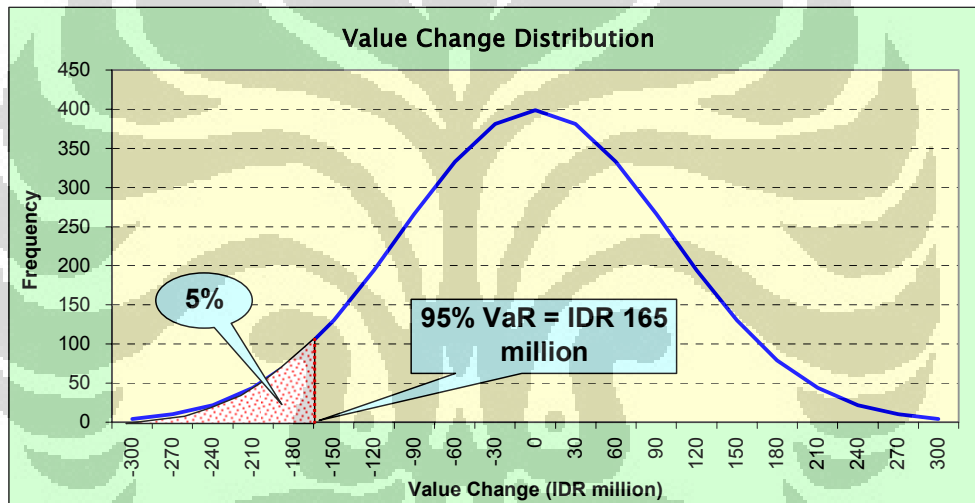
Apabila V_0 adalah nilai portofolio pada waktu $t = 0$ sedangkan V_h nilai present value portofolio pada waktu $t = h$ maka $1-\alpha$ *h-day VaR* adalah besarnya potensi

kerugian yang hanya akan dilampaui dalam waktu h hari dengan probabilitas α yang dinyatakan dalam formula matematis (Alexander, 2008d: 17):

$$P(V_h - V_0 < -VaR) = \alpha \dots\dots\dots(2.16)$$

Selain definisi di atas, VaR juga dapat didefinisikan dari *density function of return* f sebagai berikut (Greg, 2009a: 6) :

$$\int_{-\infty}^{-VaR} f(x)dx = \alpha \text{ atau } \int_{-VaR}^{+\infty} f(x)dx = 1 - \alpha \dots\dots\dots(2.17)$$

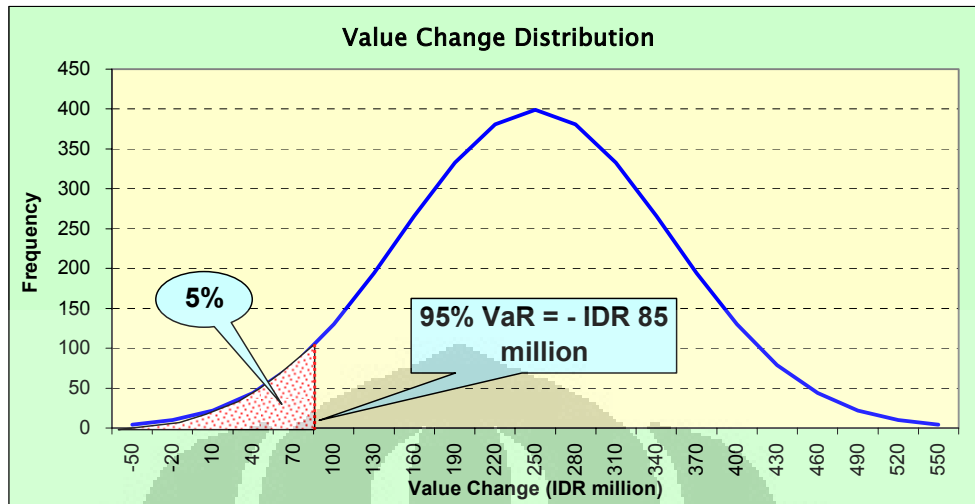


Gambar 2.4. Absolute VaR

Sumber: Crouhy (2001), telah diolah kembali

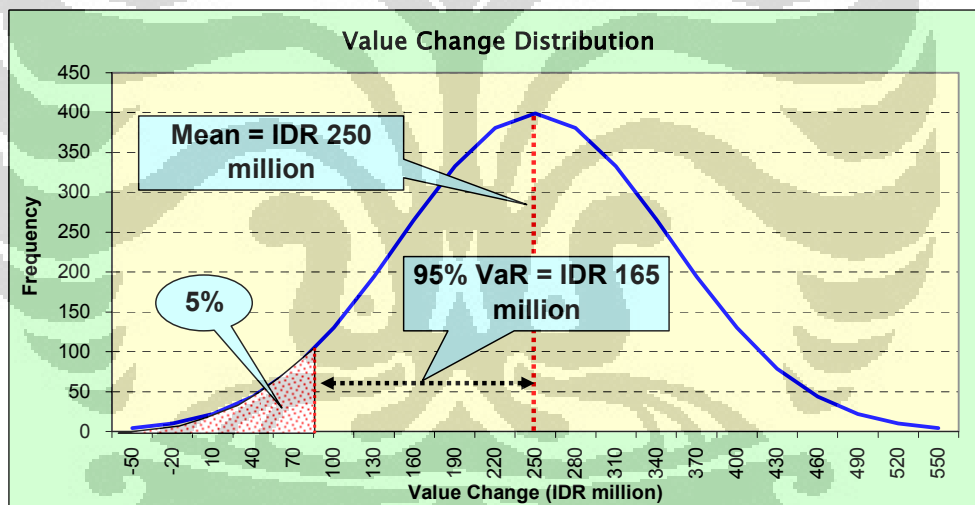
Untuk contoh di atas 99% Daily VaR maka nilai α adalah 1%. Sedangkan apabila 95% Daily VaR maka nilai α adalah 5% seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4

Nilai VaR di atas disebut juga dengan istilah *absolute VaR* (Crouhy, 2001: 189). Akan tetapi apabila kita mempunyai distribusi *value change* seperti pada Gambar 2.5 maka nilai VaR akan menjadi negatif.



Gambar 2.5. *Negative VaR*

Sumber: Crouhy (2001: 189), telah diolah kembali



Gambar 2.6. *Value-at-Risk*

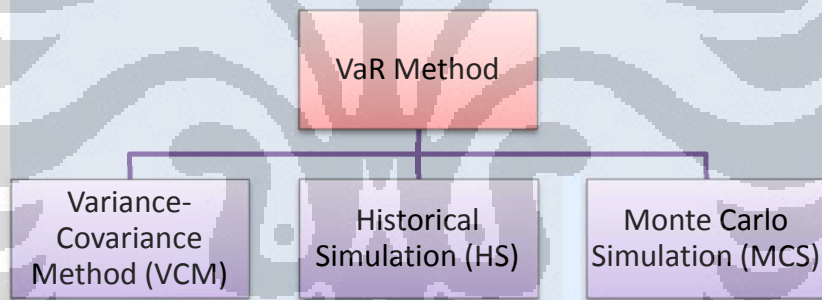
Sumber: Crouhy (2001: 189), telah diolah kembali

Untuk menghindari nilai VaR yang negatif, nilai VaR dapat dihitung dari simpangan terhadap nilai rata-ratanya (*mean*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. Selain untuk menghindari nilai VaR yang negatif, definisi VaR ini juga konsisten dengan *economic capital attribution* dan perhitungan *Risk Adjusted Return On Capital* atau disingkat RAROC (Crouhy, 2001). Akan tetapi untuk

risiko pasar *mean return* dapat diasumsikan nol (Petrescu, 2006: 16) sehingga nilai VaR yang dihasilkan hamper sama untuk ke dua definisi VaR di atas.

2.5 Berbagai Metode VaR

Secara umum terdapat tiga metode yang lazim digunakan oleh bank dalam menghitung nilai *Value-at-Risk*, yaitu *Variance-Covariance Method* (VCM), *Historical Simulation* (HS) dan *Monte Carlo Simulation* (MCS) (Jorion, 2009: 364). Metode VCM juga dinamakan *Delta-Normal VaR* (Jorion, 2009: 364) atau *Normal Linear VaR* (Alexander, 2008d: 41) atau *Analytical / Parametric Method* (Mina, 2001 dan juga Resti, 2007: 112). Gambar 2.7 memperlihatkan berbagai model VaR tersebut.



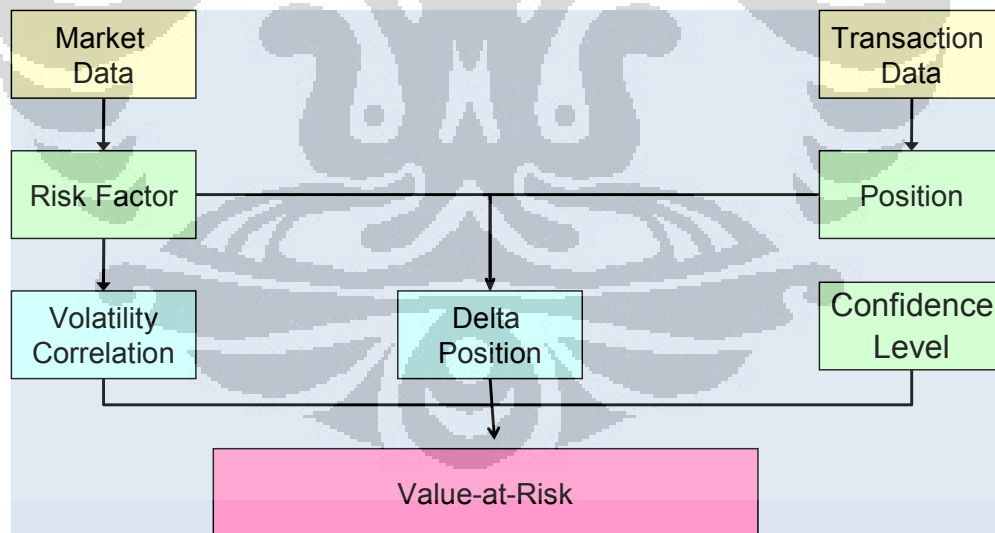
Gambar 2.7. Berbagai Metode VaR

Sumber: Jorion (2009: 364-365), telah diolah kembali

Selain tiga kategori VaR tersebut, beberapa penulis menambahkan *Delta Gamma VaR* (Greg, 2009a: 341) sebagai kategori tambahan. Hal ini merupakan pengembangan dari model *Normal Linear VaR*, mengingat asumsi linier tidak realistis. Oleh karena itu fungsi linier diganti dengan fungsi kuadrat sehingga distribusi *normal* diganti menjadi distribusi χ^2 (*Chi-Squared*).

2.5.1 Variance-Covariance Method (VCM)

Pada metode VCM yang dipopulerkan oleh RiskMetrics, risiko pasar dihitung dengan mengasumsikan *return* dari faktor risiko pasar (*risk factor*) yang mempengaruhi nilai portofolio berdistribusi *normal* (Jorion, 2009: 364). Apabila nilai portofolio merupakan kombinasi linier dari faktor-faktor risikonya maka nilai portofolio tersebut juga akan mempunyai distribusi *normal*. Dengan menghitung standar deviasi dari *return* masing-masing faktor risiko ini maka akan diperoleh besarnya volatilitas dari masing-masing faktor risiko. Oleh karena diasumsikan distribusi *normal* maka dengan *confidence level* yang telah ditetapkan maka kita dapat menentukan nilai pengali untuk volatilitas sehingga diperoleh nilai *Undiversified VaR* dari masing-masing faktor risiko. Nilai *Undiversified VaR* adalah besarnya risiko portofolio akibat perubahan setiap faktor risiko tanpa memperhitungkan kaitan antara faktor-faktor risikonya. Untuk dapat menghitung risiko keseluruhan dengan memperhitungkan kaitan antara faktor risiko atau nilai *Diversified VaR*, terlebih dahulu harus diestimasi nilai korelasi antara masing-masing faktor risiko (Jorion, 2009: 364).



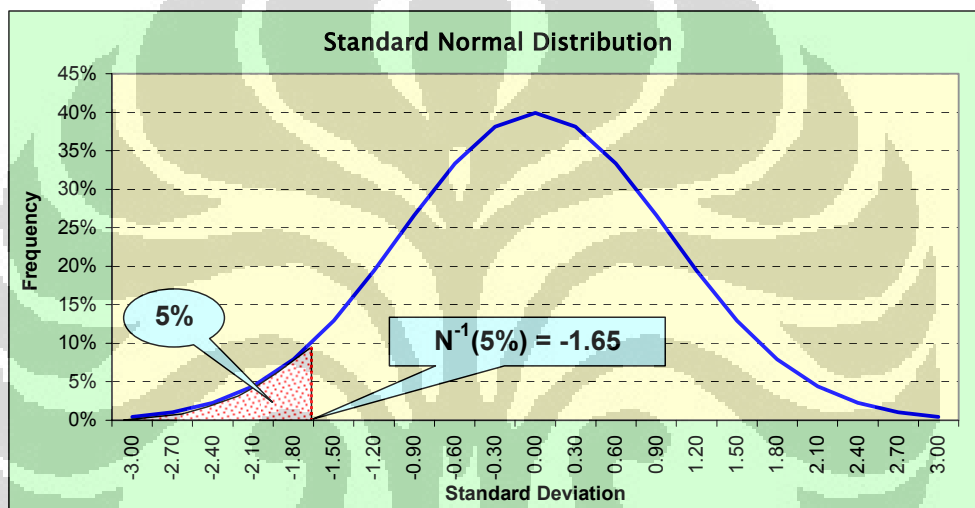
Gambar 2.8. Delta Normal VaR

Sumber: Jorion (2009: 364), telah diolah kembali

Nilai korelasi mencerminkan hubungan linier antara dua variabel, nilainya dari -1 sampai dengan 1. Nilai korelasi positif menunjukkan kecenderungan bahwa

apabila variabel ke satu naik/turun maka variabel ke dua juga naik/turun. Nilai korelasi negatif menunjukkan kebalikannya yaitu kecenderungan bahwa apabila variabel ke satu naik/turun maka variabel ke dua akan turun/naik. Metode VCM ini dirangkumkan pada Gambar 2.8.

Dari data pasar, dihitung volatilitas dan korelasi dari *market factor*. Sedangkan dari data transaksi diperoleh posisi. Dari posisi yang diperoleh dihitung *Delta position* sesuai dengan *market factor* yang ada. *Delta position* adalah sensitivitas posisi terhadap perubahan kecil yang terjadi pada *market factor* yang ada.



Gambar 2.9. Pengali VaR z_α

Sumber: Analisis penulis

Misalnya dengan menggunakan pendekatan *Delta Normal* untuk transaksi *long USD Call / IDR Put* sebesar USD 1,000,000 dengan jangka waktu satu bulan dan nilai *Delta* sama dengan 50% maka ada empat *market factor* yang berpengaruh, yaitu kurs *spot* USD/IDR, suku bunga IDR berjangka waktu 1 bulan, suku bunga USD berjangka waktu satu bulan dan *one-month ATM Volatility*. Untuk mendapatkan besarnya nilai *Spot* perlu dilakukan *present value*. Apabila jangka waktu berada diantara satu bulan dan tiga bulan misalnya diperlukan suatu cara untuk mendapatkan besarnya *cash flow* untuk yang satu bulan dan tiga bulan. Metode untuk melakukan *decompose* suatu *cash flow* pada jangka waktu yang berada diantara dua titik ini dinamakan *cash flow mapping*. Ada beberapa model

yang dapat digunakan untuk melakukan *cash flow mapping* seperti misalnya menggunakan metode RiskMetrics (Mina, 2001: 44). Apabila menggunakan asumsi *return* kurs spot USD/IDR, *one-month* IDR dan *one-month* USD berdistribusi *normal* maka dapat dihitung besarnya risiko yang diakibatkan oleh masing-masing *market factor* tersebut dengan tingkat keyakinan tertentu dengan mengalikan standar deviasi masing-masing *market factor* tersebut dengan pengali α -quantile of the standard normal distribution sebesar $z_\alpha = N^{-1}(1-\alpha) = -N^{-1}(\alpha)$, di mana N^{-1} adalah *inverse* dari *standard normal distribution*. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.9. Untuk mendapatkan nilai VaR yang diakibatkan oleh ketiga *market factor* tersebut perlu diperhitungkan korelasinya. Hal ini dilakukan dengan formula sebagai berikut:

$$VaR = N^{-1}(1-\alpha)\sqrt{V^T \Lambda V} \dots\dots\dots(2.18)$$

Di mana V adalah vektor dari nilai VaR masing-masing *market factor* dan Λ adalah matrik korelasi dari *market factor* tersebut (Alexander, 2008d).

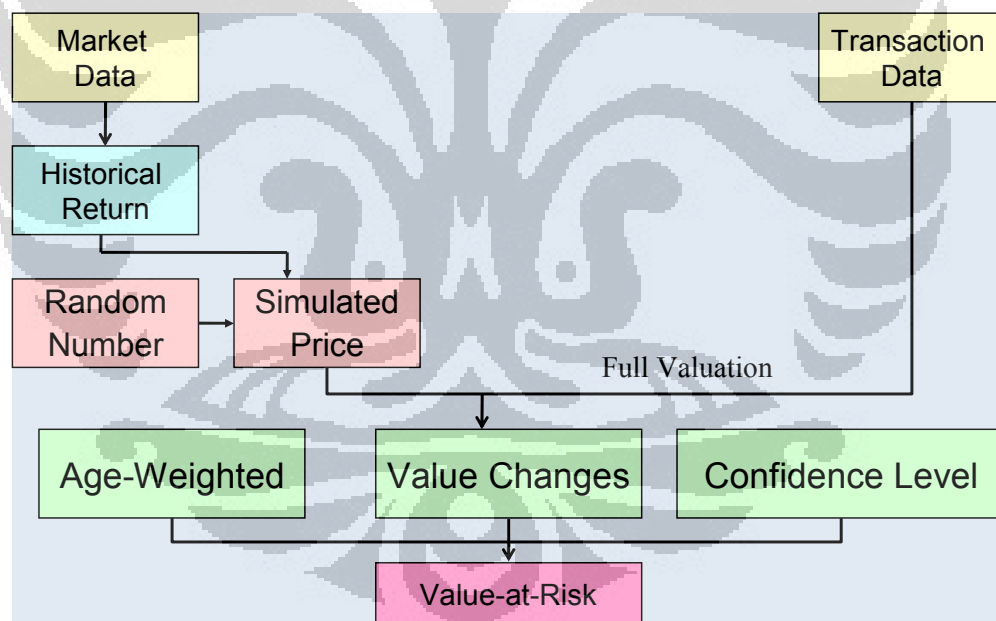
2.5.2 Historical Simulation

Pada metode *Historical Simulation*, *return* dari faktor risiko pasar langsung menggunakan data historis. Jadi tidak lagi diasumsikan faktor risiko pasar berdistribusi *normal*. Dengan menggunakan data historis dengan periode tertentu, dihitung *market return* dari masing-masing faktor risiko. Kemudian dengan asumsi *market return* pada masing-masing tanggal pada periode yang dipilih, dihitung perubahan nilai portofolio sekarang dengan nilai portofolio awal (*value change*). Dengan mengurutkan dari yang terkecil (nilai yang paling rugi) sampai dengan yang terbesar, nilai VaR dapat dihitung dari nilai persentil sesuai dengan tingkat keyakinan yang telah ditetapkan (Alexander, 2008d: 143).

Metode *Bootstrapped Historical Simulation* (HS) adalah merupakan variasi dari metode *Historical Simulation* di mana simulasi pada metode HS pergerakan harga pasar di masa mendatang diperoleh dengan melakukan *sampling* secara acak dari data historis sebanyak iterasi yang diinginkan Dowd (2005: 85-86). Dengan menghitung selisih nilai portofolio dibandingkan nilai portofolio awal maka kita

akan memperoleh kumpulan *value change* sebanyak iterasi *bootstrap* yang dilakukan. Dan dari kumpulan *value change* tersebut dengan *confidence level* yang sesuai maka diperoleh nilai VaR. Awal penggunaan metode *Bootstrap* ini mungkin sudah digunakan ratusan tahun lampau (Dowd, 2005: 105) tetapi ide ini dikembangkan dan dipopulerkan oleh Efron (1979). Efron juga yang memberi nama *bootstrap* sebagai bentuk dari “*trick*” statistik. Dengan mengulang proses ini ribuan kali, maka hasil dari *Bootstrap* ini akan konvergen ke *theoretical distribution*. Kelebihan dari metode ini adalah dapat digunakan untuk data yang relatif sedikit. Walaupun demikian metode ini juga mempunyai kelemahan yaitu hasil VaR yang diperoleh sangat sensitif terhadap periode sampel data pasar yang dipilih. Penggunaan metode *Bootstrap* ini juga dapat digunakan terhadap hasil *backtest* yang dijelaskan oleh Dowd (2002).

Metode HS ini dapat dirangkumkan dengan diagram sebagai berikut:



Gambar 2.10. *Bootstrapped Historical Simulation VaR*

Sumber: Dowd (2005: 85-86), telah diolah kembali

Dari data pasar, terlebih dahulu dihitung *return* dari masing-masing *market factor*. Untuk mendapatkan simulasi harga pasar dilakukan dengan cara mengambil secara acak data *historical return* yang ada. Nilai *return* ini disimulasikan

terhadap harga pasar sekarang. Pengambilan secara acak ini dilakukan berulang kali (dalam penelitian ini dilakukan iterasi 10.000 kali) sehingga diperoleh simulasi harga pasar 10.000 buah. Dari simulasi harga pasar ini dihitung nilai portofolio untuk setiap simulasi. Valuasi yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *Full Valuation*, dalam hal ini menggunakan metode *Black-Scholes-Merton option pricing model*. Dinamakan *Full Valuation* karena *repricing* portofolio secara penuh dilakukan untuk setiap iterasi. Setelah itu dihitung perubahan nilai dari nilai portofolio awal sehingga diperoleh nilai *value change* iterasi pertama sampai iterasi 10.000. Kemudian nilai ini diurutkan dari nilai *value change* (VC) terkecil ke yang terbesar. Misalnya untuk tanggal D_i diperoleh VC_i maka besarnya bobot w_i pada tanggal D_i adalah sebesar:

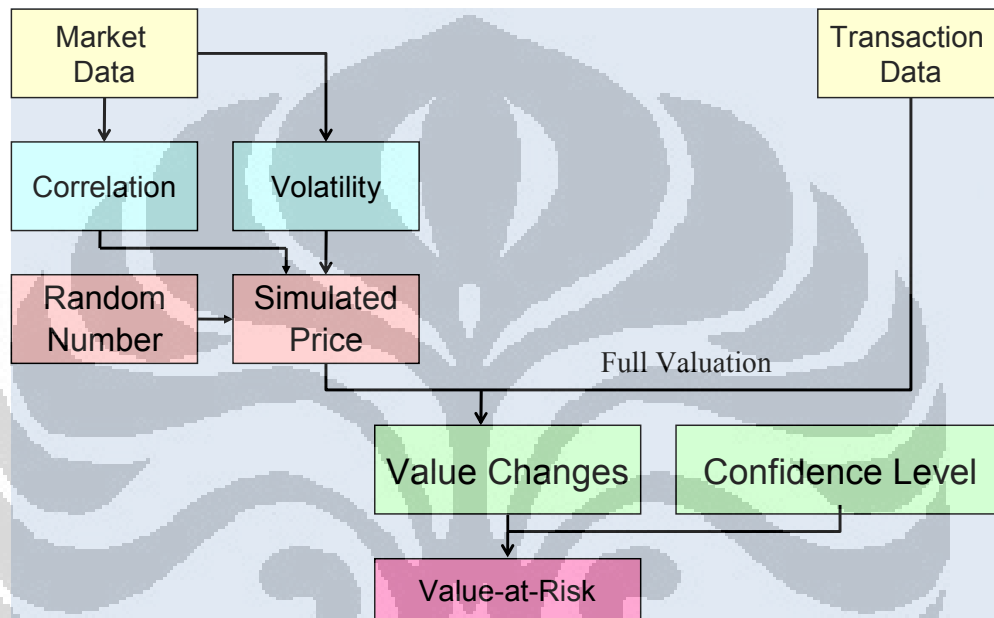
$$w_i = \frac{D_i - D_1 + 1}{\sum_{j=1}^n D_j - D_1 + 1} \quad (2.19)$$

Metode pembobotan *Age-Weighted* ini merupakan penyederhanaan metode *Boudoukh-Richardson-Whitelaw* (Dowd, 2005: 93) sehingga tidak memerlukan penentuan *decay factor* λ . Nilai VaR dapat ditentukan dari persentil sesuai dengan tingkat keyakinan yang telah ditetapkan.

2.5.3 Monte Carlo Simulation (MCS)

Metode *Monte Carlo Simulation* mirip dengan metode *Historical Simulation*. Perbedaan dari ke dua model ini adalah bahwa pada model MCS simulasi harga di masa mendatang diperoleh dari *random generator* yang menghasilkan nilai antara 0 sampai dengan 1. Dengan menggunakan asumsi *return* dari *market factor* berdistribusi tertentu maka diperoleh simulasi harga pasar. Misalnya apabila menggunakan asumsi distribusi $normal(\mu, \sigma)$ maka *market return* dari masing-masing faktor risiko dapat ditentukan dengan menghitung nilai *inverse* dari distribusi kumulatif-nya. Pada *Microsoft Excel*, dapat menggunakan fungsi $norminv(rand(), \mu, \sigma)$. Hal ini dilakukan berulang-ulang agar nilai VaR yang diperoleh konvergen ke nilai tertentu, misalnya pada penelitian ini dilakukan

iterasi sebanyak 10.000 kali. Setelah itu sama dengan model HS, dari simulasi harga pasar ini dihitung nilai portofolio untuk setiap simulasi. Kemudian dihitung perubahan nilai dari nilai portofolio awal sehingga diperoleh nilai *value change* iterasi pertama sampai iterasi 10.000. Dengan mengurutkan nilai *value change* dari yang terkecil ke yang terbesar maka diperoleh nilai VaR dari persentil sesuai dengan tingkat keyakinan yang telah ditetapkan.



Gambar 2.11. *Monte Carlo Simulation VaR*

Sumber: Alexander (2008d: 216), telah diolah kembali

Kemudian dengan hasil *market return* yang diperoleh ini dihitung perubahan nilai portofolio terhadap nilai awal (*value change*). Dengan mengurutkan dari yang terkecil (nilai yang paling rugi) sampai dengan yang terbesar, nilai VaR dapat dihitung dari nilai persentil sesuai dengan tingkat keyakinan yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini digunakan metode multivariate *normal Monte Carlo Simulation* yaitu mengasumsikan *return* dari faktor risiko pasar berdistribusi *normal*. Gambar 2.11 merangkumkan metode MCS ini.

Tahap pertama yang dilakukan adalah mengestimasi volatilitas dan korelasi dari masing-masing *market factor*. Volatilitas pada penelitian ini adalah menggunakan

metode *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Metode EWMA didefinisikan sebagai berikut (Alexander, 2008b):

$$\hat{\sigma}_t^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda^{i-1} r_{t-i}^2}{\sum_{i=1}^n \lambda^{i-1}} = \frac{r_{t-1}^2 + \lambda r_{t-2}^2 + \lambda^2 r_{t-3}^2 + \dots + \lambda^{n-1} r_{t-n}^2}{1 + \lambda + \lambda^2 + \dots + \lambda^{n-1}} \dots\dots(2.20)$$

Di mana λ dinamakan *decay factor* dan bernilai $0 < \lambda < 1$. Apabila n semakin besar maka λ^n semakin mendekati 0 sehingga formula di atas disederhanakan menjadi (Alexander, 2008b):

$$\hat{\sigma}_t^2 = (1 - \lambda)r_{t-1}^2 + \lambda\hat{\sigma}_{t-1}^2 \dots\dots(2.21)$$

Metode estimasi volatilitas lain yang juga banyak digunakan adalah GARCH(p,q) (*generalized autoregressive conditional heteroskedasticity*) yang menggunakan *lagged volatility* sebagai komponennya sebagai berikut (Danielsson, 2011: 38):

$$\hat{\sigma}_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i r_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \hat{\sigma}_{t-j}^2 \dots\dots(2.22)$$

Versi yang paling populer adalah GARCH(1,1) yang hanya menggunakan satu *lag* sehingga persamaan tersebut menjadi:

$$\hat{\sigma}_t^2 = \omega + \alpha \times r_{t-1}^2 + \beta \times \hat{\sigma}_{t-1}^2 \dots\dots(2.23)$$

Akan tetapi pada penelitian ini metode yang digunakan adalah EWMA sesuai dengan *RiskMetrics* yang merupakan kasus khusus dari GARCH di atas.

Sedangkan korelasi linier mengacu pada *Coefficient of Pearson Correlation* dihitung menggunakan formula:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{Cov}(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y} \dots\dots\dots(2.24)$$

Setelah diestimasi volatilitas dan korelasi masing-masing *market factor*, langkah berikutnya adalah menentukan simulasi harga pasar berdasarkan *random generator* dan nilai volatilitas dan korelasi. Mengacu pada *Geometric Brownian Motion* (GBM) harga pasar mengikuti model sebagai berikut (Hull, 2012):

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \text{ atau } \frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz \dots\dots\dots(2.25)$$

Di mana dz adalah *Wiener process*. Dalam versi diskret model GBM menjadi:

$$\frac{\Delta S}{S} = \mu \Delta t + \sigma \Delta z = \mu \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t} \dots\dots\dots(2.26)$$

Simbol ε adalah *standardized normal distribution* $N(0,1)$. Dengan asumsi *drift rate* μ sama dengan 0 (RiskMetrics, 1996: 151) maka simulasi harga pasar S_t di masa t hari mendatang sebagai fungsi dari harga pasar sekarang S_0 dan volatilitas harian σ diberikan oleh:

$$\frac{\Delta S}{S} = \sigma \sqrt{\Delta t} \varepsilon$$

$$S_t \approx S_0 e^{\sigma \sqrt{\Delta t} \varepsilon} \dots\dots\dots(2.27)$$

Sedangkan untuk simulasi harga pasar esok hari formula di atas menjadi:

$$S_1 \approx S_0 e^{\sigma \varepsilon} \dots\dots\dots(2.28)$$

Hasil di atas dapat digunakan untuk melakukan simulasi harga pasar esok hari. Langkah pertama yang diperlukan adalah pilih nilai acak u antara 0 dan 1 dari *random generator*. Untuk mendapatkan nilai ε , nilai u dari distribusi *uniform* ini perlu ditransformasi dengan cara mencari nilai *inverse* dari *standardized normal*

distribution yaitu $\varepsilon = N^l(u)$ sehingga diperoleh simulasi harga pasar esok hari misalnya untuk kurs USD/IDR dengan menggunakan formula di atas. Dengan cara yang sama maka diperoleh simulasi harga pasar esok hari untuk suku bunga USD satu bulan. Akan tetapi hasil yang diperoleh dari simulasi ini mungkin tidak sesuai dengan kenyataan di lapangan karena tidak memperhitungkan korelasi antara kurs USD/IDR dengan suku bunga USD satu bulan. Untuk memperhitungkan korelasi ini diperlukan penyesuaian dari ε untuk suku bunga USD satu bulan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan salah satu dari tiga metode yang tersedia (RiskMetrics, 1996: 253) yaitu:

- *Cholesky Decomposition* (CD)
- *Eigenvalue Decomposition* (ED)
- *Singular Value Decomposition* (SVD)

Pada analisis ini digunakan metode CD mengingat metode ini yang paling populer dan relatif sederhana untuk dihitung (Dowd, 2005: 216). Metode CD ini memerlukan tiga langkah sebagai berikut (RiskMetrics, 1996: 151):

- Dekomposisikan matrik korelasi Λ menggunakan faktorisasi *Cholesky* sedemikian sehingga $\Lambda = A \times A^T$
- Bangun vektor $Y_{n \times 1}$ dari *standardized normal distribution*
- Matrik $Z = A \times Y$ merupakan *standard normal matrix* yang memberikan σ sama dengan 1 dan korelasi sesuai dengan matriks Λ

Penentuan matrik A dapat dilakukan secara rekursif dengan menggunakan formula sebagai berikut (Dowd, 2005: 216-217):

$$\begin{aligned}
 a_{11} &= \sqrt{c_{11}} \text{ dan } a_{j1} = \frac{c_{j1}}{a_{11}} \text{ untuk } j = 2, \dots, n \\
 a_{jj} &= \sqrt{c_{jj} - \sum_{s=1}^{j-1} a_{js}^2} \text{ untuk } j = 2, \dots, n \\
 a_{pj} &= \frac{1}{a_{jj}} \sqrt{c_{pj} - \sum_{s=1}^{j-1} a_{js} a_{ps}} \text{ untuk } p = j+1, \dots, n; j \geq 2
 \end{aligned}
 \tag{2.29}$$

Dengan melakukan hal ini berulang kali (10.000 kali) maka akan diperoleh simulasi harga pasar sebanyak 10.000 buah. Setelah itu dihitung nilai portofolio berdasarkan simulasi harga pasar tersebut. Valuasi yang digunakan juga dengan menggunakan metode *Full Valuation*, dalam hal ini menggunakan metode *Black-Scholes-Merton option pricing model*. Setelah itu dihitung perubahan nilai dari nilai portofolio awal sehingga diperoleh nilai *value change* untuk simulasi pertama sampai dengan simulasi 10.000. Nilai ini diurutkan dari nilai *value change* terkecil sampai yang terbesar sehingga nilai VaR dapat ditentukan dari persentil sesuai dengan tingkat keyakinan yang telah ditetapkan.

2.6 Kelemahan VaR

Nilai VaR mengestimasi besarnya potensi kerugian di masa yang akan datang dengan tingkat keyakinan tertentu. Akan tetapi, nilai VaR tidak memberikan informasi mengenai seberapa besar potensi kerugian apabila nilai VaR dilampaui (Alexander, 2008d: 35). Nilai 99% *Daily VaR* sama dengan Rp 100 milyar yang artinya besarnya potensi kerugian esok hari melebihi Rp 100 milyar mempunyai probabilitas 1%. Seberapa besar melebihi Rp 100 milyar, apakah Rp 150 milyar, apakah Rp 500 milyar tidak dijelaskan oleh VaR. Oleh karena itu hal ini merupakan salah satu kelemahan metode VaR. Selain itu kelemahan VaR adalah VaR bukan merupakan pengukuran yang memenuhi sifat *coherent risk measure*, yaitu tidak memenuhi hukum *sub-additivity*. Dalam hal ini nilai VaR gabungan portofolio A dan portofolio B dapat melebihi penjumlahan VaR portofolio A dan VaR portofolio B (Alexander, 2008d: 41). Hal ini dapat terjadi pada saat distribusi dari value change mempunyai bentuk *tail* yang *super fat* (Danielsson, 2011: 83). Kelemahan VaR yang lain adalah VaR dapat dimanipulasi dengan menggunakan *put option*. Dalam hal ini nilai VaR yang dilaporkan akan turun tetapi sebenarnya risikonya naik (Danielsson, 2011: 84).

Oleh karena itulah maka nilai VaR perlu ditambahkan *stress testing* untuk menganalisis besarnya kerugian di atas nilai VaR. Selain itu untuk mengatasi kelemahan hukum *sub-additivity* maka dikembangkan metode lain seperti

Expected Tail Loss atau *Conditional VaR* (Alexander, 2008d: 36). Menurut Acerbi dan Tasche (Greg, 2009a: 317, Greg, 2009b: 76) hubungan *Conditional VaR* (CVaR) dengan VaR adalah:

$$CVaR_{\alpha} = \frac{1}{1-\alpha} \int_{\alpha}^1 VaR_u du = \frac{1}{\alpha} \int_0^{\alpha} VaR_u du \dots\dots\dots(2.30)$$

Untuk *discrete probability distribution* di mana k adalah banyaknya observasi, x adalah observasi yang sudah diurutkan menaik dan $[\alpha k]$ adalah bagian bilangan bulat dari αk maka persamaan di atas menjadi (Greg, 2009b: 78):

$$CVaR = -\frac{1}{\alpha k} \left(\sum_{i=1}^{[\alpha k]} x_i + (\alpha k - [\alpha k]) x_{[\alpha k]+1} \right) \dots\dots\dots(2.31)$$

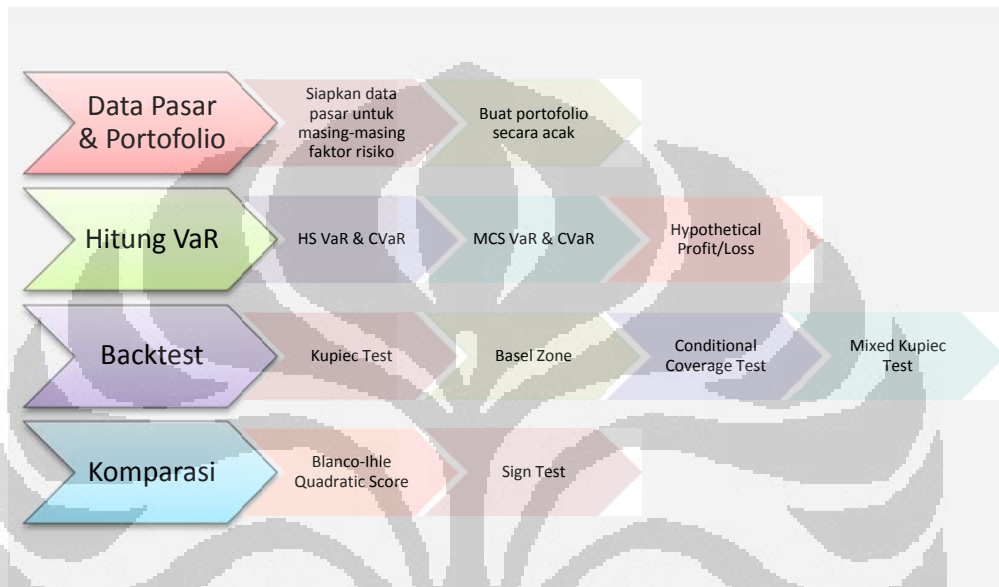
Metode lain yang juga banyak dikembangkan sebagai alternatif untuk mengatasi berbagai kelemahan pada metode sebelumnya antara lain sebagai berikut.

1. *Cornish-Fisher expansion* (Zangari, 1996a).
2. *Extreme Value Theory* (McNeil, 1996, Bystrom, 2004 dan Brooks, 2005).
3. *Conditional Autoregressive VaR, Quasi-maximum likelihood GARCH* (Petrescu, 2006).
4. *Non-Gaussian VaR* (Bormetti, 2007).
5. *ARCH-based VaR* (Taniai, 2008).
6. *Pareto Distribution VaR* (Chin, 2008).
7. *Kernel-based VaR, Harrell–Davis Tail Smoothing* (Jadhav, 2009).
8. *Weibull Distribution VaR* (Gebizlioglu, 2011).
9. *GARCH-based VaR* (Orhan, 2012).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Metode Penelitian

Tahapan metode penelitian ditunjukkan pada *Flow Chart* di bawah ini:



Gambar 3.1. Tahapan Metode Penelitian

Sumber: Analisis penulis

Penjelasan dari setiap tahapan di atas diberikan pada bagian selanjutnya.

3.2 Data Yang Digunakan

Data historis yang digunakan adalah data kurs *spot* USD/IDR, suku bunga USD, suku bunga IDR, *At The Money (ATM) implied volatility* USD/IDR dari tanggal 1 Januari 2007 sampai dengan 30 Desember 2011 (sekitar 5 tahun data atau 1246 data). Data daripada 1 Januari 2007 sampai dengan 31 Januari 2007 ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.1. Data Historis Awal Periode

No	Date	USD/IDR	1 Month			3 Months			6 Months			1 Year		
			i _{USD}	i _{IDR}	Volatility	i _{USD}	i _{IDR}	Volatility	i _{USD}	i _{IDR}	Volatility	i _{USD}	i _{IDR}	Volatility
1	1-Jan-07	8,952	5,280	9,250	1,50	5,300	11,560	7,00	5,325	11,750	8,25	5,290	11,685	10,00
2	2-Jan-07	8,952	5,310	9,250	1,50	5,310	11,560	7,00	5,315	11,750	8,25	5,300	11,685	10,00
3	3-Jan-07	8,967	5,310	9,125	1,50	5,330	9,125	7,00	5,315	11,750	8,25	5,245	11,685	10,00
4	4-Jan-07	8,990	5,310	9,125	5,50	5,300	9,125	7,00	5,315	11,750	8,25	5,230	11,685	10,00
5	5-Jan-07	9,010	5,280	9,125	5,50	5,310	8,875	7,00	5,335	8,875	8,25	5,300	11,685	10,00
6	8-Jan-07	9,035	5,310	9,125	5,88	5,330	8,825	6,75	5,335	8,825	8,25	5,320	8,875	10,00
7	9-Jan-07	9,033	5,270	8,250	5,88	5,330	8,250	6,75	5,325	8,250	8,00	5,280	8,825	9,73
8	10-Jan-07	9,070	5,260	8,750	6,20	5,320	8,250	6,75	5,335	8,250	8,00	5,260	8,250	10,05
9	11-Jan-07	9,100	5,310	9,125	5,60	5,310	9,125	6,88	5,355	8,250	8,00	5,320	8,250	9,95
10	12-Jan-07	9,155	5,300	9,125	6,70	5,340	9,125	6,88	5,335	8,250	8,00	5,360	8,250	10,35
11	15-Jan-07	9,110	5,260	9,125	5,88	5,300	9,125	6,88	5,355	8,250	8,25	5,310	8,250	10,25
12	16-Jan-07	9,103	5,260	8,750	5,50	5,310	9,125	6,88	5,335	8,250	7,88	5,325	8,250	9,73
13	17-Jan-07	9,080	5,300	6,125	5,18	5,290	8,250	6,50	5,325	8,250	7,75	5,310	8,250	9,75
14	18-Jan-07	9,096	5,300	6,125	5,25	5,330	8,250	6,50	5,355	8,250	7,75	5,320	8,250	9,73
15	19-Jan-07	9,078	5,260	6,125	5,00	5,290	8,250	6,50	5,335	8,250	7,75	5,380	8,250	9,75
16	22-Jan-07	9,083	5,300	6,125	5,00	5,330	8,250	6,50	5,345	8,250	7,75	5,360	8,250	9,73
17	23-Jan-07	9,080	5,290	7,875	4,75	5,320	8,075	6,50	5,345	8,075	7,75	5,390	8,250	9,73
18	24-Jan-07	9,077	5,300	7,875	4,75	5,320	8,075	6,50	5,355	8,075	7,75	5,370	8,075	8,70
19	25-Jan-07	9,092	5,300	7,875	4,50	5,340	8,075	6,50	5,355	8,075	7,75	5,390	8,075	9,48
20	26-Jan-07	9,117	5,300	7,875	4,63	5,340	8,075	6,50	5,355	8,075	7,75	5,390	8,075	9,48
21	29-Jan-07	9,123	5,290	8,250	5,00	5,330	8,250	6,75	5,365	8,250	7,75	5,430	8,075	9,75
22	30-Jan-07	9,092	5,310	8,250	5,00	5,340	8,250	6,75	5,365	8,250	7,75	5,400	8,250	9,88
23	31-Jan-07	9,097	5,310	8,250	5,00	5,310	8,250	6,75	5,355	8,250	7,75	5,370	8,250	8,70

Sumber: Hasil olahan penulis menggunakan data Bloomberg

Sedangkan data pada bulan terakhir ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.2. Data Historis Akhir Periode

No	Date	USD/IDR	1 Month			3 Months			6 Months			1 Year		
			i _{USD}	i _{IDR}	Volatility	i _{USD}	i _{IDR}	Volatility	i _{USD}	i _{IDR}	Volatility	i _{USD}	i _{IDR}	Volatility
1225	1-Dec-11	9,090	0,270	4,800	13,93	0,485	5,150	15,15	0,715	5,250	15,61	1,075	5,500	16,13
1226	2-Dec-11	9,085	0,225	4,775	13,84	0,505	5,250	15,12	0,755	5,375	15,53	1,075	5,575	15,94
1227	5-Dec-11	9,030	0,225	4,775	13,77	0,505	5,050	15,00	0,795	5,250	15,48	1,075	5,425	16,00
1228	6-Dec-11	9,060	0,250	3,810	13,46	0,235	3,875	14,74	0,515	3,925	15,18	0,770	5,000	15,88
1229	7-Dec-11	9,055	0,250	3,810	13,56	0,235	3,875	14,85	0,515	3,925	15,29	0,770	5,000	15,78
1230	8-Dec-11	9,050	0,250	3,810	13,35	0,235	3,875	14,81	0,515	3,925	15,29	0,770	5,000	15,78
1231	9-Dec-11	9,090	0,250	3,810	13,55	0,235	3,875	15,06	0,515	3,925	15,47	0,770	5,000	15,93
1232	12-Dec-11	9,060	0,250	3,810	12,81	0,235	3,875	14,44	0,515	3,925	15,13	0,770	5,000	15,77
1233	13-Dec-11	9,060	0,250	3,810	12,99	0,235	3,875	14,85	0,515	3,925	15,62	0,770	5,000	16,13
1234	14-Dec-11	9,060	0,250	3,810	13,44	0,235	3,875	14,88	0,515	3,925	15,46	0,770	5,000	15,97
1235	15-Dec-11	9,180	0,250	3,810	14,26	0,235	3,875	15,63	0,515	3,925	16,26	0,770	5,000	17,28
1236	16-Dec-11	9,030	0,250	3,810	14,22	0,235	3,875	15,59	0,515	3,925	16,22	0,770	5,000	17,23
1237	19-Dec-11	9,100	0,250	3,810	14,08	0,235	3,875	15,43	0,515	3,925	16,00	0,770	5,000	16,71
1238	20-Dec-11	9,070	0,250	3,810	13,66	0,235	3,875	15,26	0,515	3,925	15,84	0,770	5,000	16,68
1239	21-Dec-11	9,065	0,250	3,810	13,62	0,235	3,875	15,20	0,515	3,925	15,68	0,770	5,000	16,57
1240	22-Dec-11	9,060	0,250	3,810	13,24	0,235	3,875	14,97	0,515	3,925	15,49	0,770	5,000	16,44
1241	23-Dec-11	9,030	0,250	3,810	13,22	0,235	3,875	14,99	0,515	3,925	15,50	0,770	5,000	16,43
1242	26-Dec-11	9,030	0,250	3,810	13,20	0,235	3,875	14,94	0,515	3,925	15,42	0,770	5,000	16,36
1243	27-Dec-11	9,070	0,250	3,810	13,18	0,235	3,875	14,86	0,515	3,925	15,33	0,770	5,000	16,28
1244	28-Dec-11	9,060	0,250	3,810	13,17	0,235	3,875	14,91	0,515	3,925	15,39	0,770	5,000	16,33
1245	29-Dec-11	9,090	0,250	3,810	12,92	0,235	3,875	14,77	0,515	3,925	15,38	0,770	5,000	16,30
1246	30-Dec-11	9,060	0,250	3,810	12,94	0,235	3,875	14,96	0,515	3,925	15,47	0,770	5,000	16,41

Sumber: Hasil olahan penulis menggunakan data Bloomberg

Untuk konsistensi sumber data yang digunakan semuanya bersumber dari BloombergTM. Data yang digunakan adalah kurs *spot* USD/IDR, suku bunga USD dan suku bunga IDR serta *at-the-money-forward (ATMF) implied volatility FX Option USD/IDR* berjangka waktu satu bulan, tiga bulan, enam bulan dan satu tahun. Data dipilih selama lima tahun agar cukup representatif yaitu mencakup periode yang stabil dan periode yang bergejolak.

Banyaknya data untuk perhitungan volatilitas dan korelasi adalah 250 hari. Oleh karena itu 250 data historis awal dari tanggal 1 Januari 2007 sampai dengan 14

Desember 2007 tidak dipergunakan untuk data *backtesting*. Data *backtesting* dimulai dari tanggal 17 Desember 2007 sampai dengan 29 Desember 2011 (tanggal 30 Desember 2011 adalah data terakhir sehingga apabila dilakukan *backtesting* akan diperlukan data hari berikutnya lagi). *Backtesting* dilakukan dengan menggunakan 250 data, maka nilai VaR dihitung dari tanggal 17 Desember 2007 sampai dengan 29 Desember 2011 (1000 data) yang dibagi menjadi empat periode sehingga dapat dilakukan *backtesting* untuk masing-masing 250 data sesuai dengan petunjuk pada Basel sebagai berikut.

- Periode 1 adalah dari tanggal 17 Desember 2007 sampai dengan tanggal 19 Desember 2008 (mencakup awal krisis).
- Periode 2 adalah dari tanggal 22 Desember 2009 sampai dengan tanggal 4 Januari 2010 (mencakup periode krisis).
- Periode 3 adalah dari tanggal 5 Januari 2010 sampai dengan tanggal 5 Januari 2011 (periode stabil).
- Periode 4 adalah dari tanggal 30 Desember 2010 sampai dengan tanggal 29 Desember 2011 (periode krisis mini).

3.3 Pembuatan Portofolio

Untuk mempermudah membaca hasil, besarnya posisi ditetapkan sama dengan USD 1000. Pembuatan Portofolio 1 sampai dengan Portofolio 15 dilakukan secara acak untuk setiap tanggal dan periode sebagai berikut.

- Portofolio 1 adalah *long USD Call / IDR Put* sebesar USD 1000 dengan jangka waktu acak antara satu bulan sampai tiga bulan dan membuat *strike price* berada pada kisaran *At-The-Money-Forward* yaitu *strike X* sama dengan:

$$X = S \times e^{(r_d - r_f) \times \frac{\text{days}}{365}} \dots\dots\dots(3.1)$$

- Portofolio 2 dibuat sama dengan Portofolio 1 tetapi untuk *long USD Put / IDR Call*.
- Portofolio 3 dibuat sama dengan Portofolio 1 tetapi untuk *short USD Call / IDR Put*.
- Portofolio 4 dibuat sama dengan Portofolio 2 tetapi untuk *short USD Put / IDR Call*.
- Portofolio 5 adalah *long USD Call / IDR Put* sebesar USD 1000 dengan jangka waktu acak antara enam bulan sampai satu tahun dan membuat *strike price* berada pada kisaran *At-The-Money-Forward* seperti pada persamaan 3.1.
- Portofolio 6 dibuat sama dengan Portofolio 5 tetapi untuk *long USD Put / IDR Call*.
- Portofolio 7 dibuat sama dengan Portofolio 5 tetapi untuk *short USD Call / IDR Put*.
- Portofolio 8 dibuat sama dengan Portofolio 6 tetapi untuk *short USD Put / IDR Call*.
- Portofolio 9 adalah *long/short* (ditetapkan secara acak) *USD Call / IDR Put* sebesar USD 1000 dengan jangka waktu acak antara satu bulan sampai satu tahun dan membuat *strike price* sama dengan *Spot*.
- Portofolio 10 dibuat sama dengan Portofolio 9 tetapi untuk *long USD Put / IDR Call*.
- Portofolio 11 adalah *long/short* (ditetapkan secara acak) *USD Call / IDR Put* sebesar USD 1000 dengan jangka waktu acak antara satu bulan sampai satu tahun dan membuat *strike price* secara acak antara *Spot* dan $Spot \times Exp(+0.15)$ atau naik sekitar 15%.
- Portofolio 12 adalah *long/short* (ditetapkan secara acak) *USD Put / IDR Call* sebesar USD 1000 dengan jangka waktu acak antara satu bulan

sampai satu tahun dan membuat *strike price* secara acak antara *Spot* dan $Spot \times Exp(-0.15)$ atau turun sekitar 15%.

- Portofolio 13 adalah *long/short* (ditetapkan secara acak) *USD Call / IDR Put* sebesar USD 1000 dengan jangka waktu acak antara satu bulan sampai satu tahun dan membuat *strike price* secara acak antara *Spot* dan $Spot \times Exp(-0.15)$ atau turun sekitar 15%.
- Portofolio 14 adalah *long/short* (ditetapkan secara acak) *USD Put / IDR Call* sebesar USD 1000 dengan jangka waktu acak antara satu bulan sampai satu tahun dan membuat *strike price* secara acak antara *Spot* dan $Spot \times Exp(+0.15)$ atau naik sekitar 15%.
- Portofolio 15 adalah kombinasi *long/short* (ditetapkan secara acak) *USD Put / IDR Call* sebesar USD 1000 dan sekaligus *long/short USD Put / IDR Call* sebesar USD 1000 dengan jangka waktu acak antara satu bulan sampai satu tahun dan membuat *strike price* ke dua posisi tersebut sesuai dengan persamaan 1.1.

3.4 Perhitungan *Value-at-Risk*

Perhitungan VaR dilakukan terhadap portofolio yang dibuat secara acak dengan mengacu pada 15 jenis portofolio, yaitu *Gamma positif Call/Put*, *Gamma negatif Call/Put*, *Vega positif Call/Put*, *Vega negatif Call/Put*, *ATM Strike Call/Put*, *OTM Strike Call/Put*, *ITM Strike Call/Put* dan *Delta Neutral*. Seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya perhitungan *backtesting* juga dilakukan menggunakan 250 data dari tanggal *17-Dec-2007* sampai *29-Dec-2011* dan dibagi menjadi empat kelompok periode, yaitu: *17-Dec-2007* sampai dengan *19-Dec-2008*, *22-Dec-2008* sampai dengan *04-Jan-2010*, *05-Jan-2010* sampai dengan *05-Jan-2011*, dan *30-Dec-2010* sampai dengan *29-Dec-2011*. Valuasi untuk *plain vanilla European FX options* USD/IDR dilakukan dengan menggunakan *Black-Scholes-Merton*. Sedangkan penentuan nilai suku bunga dan *ATM implied volatility* pada *broken date* dilakukan dengan menggunakan interpolasi linier.

Perhitungan *Value-at-Risk* untuk metode *Bootstrapped Historical Simulation* menggunakan iterasi sebanyak 10.000 kali dan dengan menggunakan metode *age-weighted* dari data yang digunakan. Artinya data yang lebih baru diberikan bobot yang lebih tinggi. Sedangkan perhitungan *Value-at-Risk* untuk metode *Monte Carlo Simulation* menggunakan iterasi sebanyak 10.000 kali di mana estimasi volatilitas menggunakan metode *Exponentially-Weighted Moving Average* dengan *decay factor* sebesar 0.94 sesuai dengan acuan *RiskMetrics*.

Estimasi *Value-at-Risk* menggunakan tiga *confidence level* yaitu 95% sesuai dengan *RiskMetrics*, 99% mengacu pada Basel II. Serta nilai antara-nya yaitu 97,5%. Sedangkan *holding period* yang digunakan adalah satu hari sesuai dengan arahan *backtesting* Basel.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan HS ini ditunjukkan pada langkah berikut ini.

- 1 • Tetapkan periode HS = 250, banyaknya iterasi = 10.000, pilih periode backtest (periode 1 – 4), pilih portofolio (portofolio 1 – 15)
- 2 • Baca return data historis untuk masing-masing faktor risiko
- 3 • Buat portofolio secara acak sesuai dengan pilihan pada langkah ke-1
- 4 • Hitung nilai awal portofolio V_0
- 5 • Lakukan bootstrap terhadap return data historis sebanyak 10.000 kali dan hitung nilai portofolionya untuk masing-masing simulasi ini sehingga diperoleh V_1 sampai V_{10000}
- 6 • Hitung selisih $V_1 - V_0$ sampai dengan $V_{10000} - V_0$ sehingga diperoleh nilai value change VC_1 sampai VC_{10000}
- 7 • Urutkan dari yang terkecil dan hitung nilai VaR dan CVaR sesuai dengan confidence level yang ditetapkan
- 8 • Lakukan langkah 3 sampai dengan 7 sebanyak 250 kali sesuai dengan periode yang dipilih

Gambar 3.2. Tahapan Perhitungan HS VaR

Sumber: Analisis penulis

Sedangkan langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan MCS ini adalah sebagai berikut.

- 1 •Tetapkan periode HS = 250, banyaknya iterasi = 10.000, λ untuk EWMA = 0.94, periode volatility dan korelasi = 250, pilih periode backtest (periode 1 – 4), pilih portofolio (portofolio 1 – 15)
- 2 •Hitung vektor volatility dan matrik korelasi berdasarkan parameter pada langkah ke-1
- 3 •Buat portofolio secara acak sesuai dengan pilihan pada langkah ke-1
- 4 •Hitung nilai awal portofolio V_0
- 5 •Simulasikan return data historis sebanyak 10.000 kali secara acak berdasarkan vektor volatility dan matrik korelasi dengan menggunakan faktorisasi Cholesky
- 6 •Hitung nilai portofolionya untuk masing-masing simulasi ini sehingga diperoleh V_1 sampai V_{10000}
- 7 •Hitung selisih $V_1 - V_0$ sampai dengan $V_{10000} - V_0$ sehingga diperoleh nilai value change VC_1 sampai VC_{10000}
- 8 •Urutkan dari yang terkecil dan hitung nilai VaR dan CVaR sesuai dengan confidence level yang ditetapkan
- 9 •Lakukan langkah 3 sampai dengan 8 sebanyak 250 kali sesuai dengan periode yang dipilih

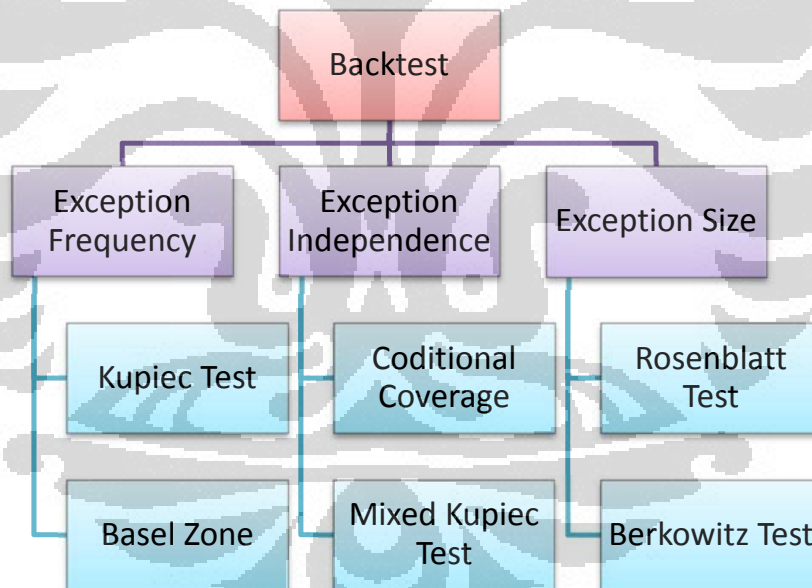
Gambar 3.3. Tahapan Perhitungan MCS VaR

Sumber: Analisis penulis

3.5 Metode *Backtesting*

Pada Bab 2 sudah dijelaskan berbagai metode perhitungan VaR. Juga dijelaskan bahwa untuk portofolio yang mengandung options metode VCM kurang akurat dalam melakukan estimasi VaR. Selain itu pada akhir Bab 2 juga dikemukakan berbagai kelemahan VaR. Tentu saja menarik untuk diketahui bagaimana menguji keakuratan nilai VaR ini. Oleh karena salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai keakuratan model VaR serta komparasi dari ke dua metode tersebut, maka perlu dijelaskan alat yang dapat digunakan untuk menguji metode manakah dari ke dua metode tersebut yang lebih baik dalam melakukan estimasi risiko pasar. Untuk itulah diperlukan *backtesting*. *Backtesting* adalah suatu metode statistika yang digunakan untuk melakukan pengujian keakuratan model

VaR dengan cara membandingkan profit/loss di masa mendatang dengan prediksi VaR sesuai dengan *risk horizon* dan *confidence level*-nya. Misalnya apabila 99% *daily VaR* menghasilkan nilai Rp 100 milyar maka diperkirakan bahwa akan terjadi kerugian melebihi nilai Rp 100 milyar satu hari untuk setiap 100 hari transaksi *trading*. Bagaimana apabila kerugian melebihi nilai Rp 100 milyar terjadi dua kali (dua hari) untuk setiap 100 hari transaksi *trading* (2 kali *exception*). Apakah metode VaR kita tetap dianggap akurat ? Untuk melakukan pengujian berdasarkan banyaknya *exception* dapat digunakan metode *Unconditional Coverage Test*. Selain itu juga perlu dilakukan pengujian *Conditional Coverage Test*. Apakah *exception* yang terjadi *independent*, tidak terjadi berurutan ? Dan pengujian lain yang juga digunakan adalah pengujian berdasarkan besarnya *exception* yang terjadi. Hal ini dirangkumkan pada diagram berikut:



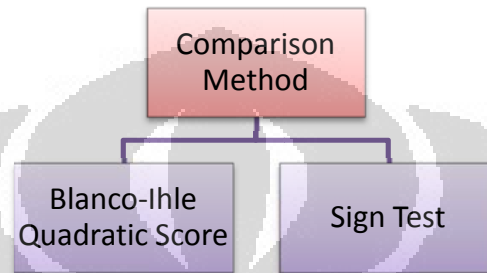
Gambar 3.4. Berbagai Metode *Backtest*

Sumber: Dowd (2005: 323-334), telah diolah kembali

Karena keterbatasan waktu maka untuk penelitian ini hanya memfokuskan pada *frequency test* dan *independence test* saja. Oleh karena itu pada penilaian ini keakuratan model VaR dianalisis menggunakan metode *Unconditional Kupiec*

Test, *Basel Zone Traffic Light Approach*, *Conditional Coverage Test* dan *Mixed Kupiec Test*.

Sedangkan untuk komparasi metode VaR digunakan metode *Blanco-Ihle* (Dowd, 2005) yang menggunakan *quadratic score function* serta *Sign Test* seperti yang ditunjukkan pada diagram berikut.



Gambar 3.5. Metode Komparasi VaR

Sumber: Dowd (2005: 338), telah diolah kembali

3.6 *Kupiec POF Test (Proportion Of Failure)*

Metode pengujian yang paling sederhana adalah menghitung banyaknya *exception* yang terjadi. Apabila banyaknya *exception* yang terjadi kurang dari seharusnya sesuai dengan *confidence interval*-nya maka estimasi VaR dianggap *overestimated*. Begitu pula sebaliknya apabila banyaknya *exception* yang terjadi melebihi dari seharusnya maka estimasi VaR dianggap *underestimated*. Untuk menentukan apakah melebihi atau kurang secara statistika maka diperlukan pengujian statistika.

Misalnya banyaknya *exception* adalah x dari total banyaknya observasi N , maka rasio x/N dinamakan *failure rate*. Apabila model akurat maka 99% *Daily VaR* misalnya akan mempunyai *failure rate* yang konvergen ke angka 1% dengan semakin banyaknya observasi (Jorion, 2001). Banyaknya *exception* ini mengikuti distribusi *binomial* dengan fungsi distribusi:

$$f(x) = \binom{N}{x} p^x (1-p)^{N-x} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan semakin banyaknya observasi maka distribusi tersebut dapat diaproksimasi dengan distribusi *normal*:

$$z = \frac{x - pN}{\sqrt{p(1-p)N}} \approx N(0,1) \dots\dots\dots(3.3)$$

Di mana pN adalah nilai *mean* dan $p(1-p)N$ adalah variansinya (Jorion, 2001). Metode yang paling populer untuk pengujian didasarkan dari *failure rates* adalah *Kupiec Test* atau dikenal juga dengan sebutan *POF Test (proportion of failure)* (Kupiec, 1995). Hipotesis nol untuk *POF Test* ini adalah:

$$H_0 : p = \hat{p} = \frac{x}{N} \dots\dots\dots(3.4)$$

Idenya adalah apakah *failure rate* \hat{p} berbeda secara statistik dengan p . Untuk menguji hal ini Kupiec menggunakan nilai *likelihood-ratio (LR)* sebagai berikut:

$$LR_{POF} = -2 \ln \left(\frac{(1-p)^{N-x} p^x}{\left(1 - \frac{x}{N}\right)^{N-x} \left(\frac{x}{N}\right)^x} \right) \dots\dots\dots(3.5)$$

Nilai *LR* ini secara asimtot berdistribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* satu. Apabila nilai *LR* melebihi *critical value* dari *Chi-Squared* maka H_0 ditolak sehingga model dianggap tidak akurat.

Kupiec sendiri mengatakan bahwa pengujian ini cenderung lemah untuk sampel yang sedikit sesuai anjuran Basel (250 data). Selain itu kelemahan dari metode ini adalah tidak memperhitungkan kapan *exception* tersebut terjadi. Apakah *exception independent* atau tidak dengan *exception* sebelumnya. Oleh karena itulah

backtesting seharusnya tidak hanya bergantung pada *Unconditional Coverage* (Campbell, 2005 dan Nieppola, 2009).

3.7 Traffic Light Approach – Basel Zone

Mengacu pada metode zona hijau/kuning/merah Basel, kategori penggolongan zona ditunjukkan oleh Tabel 3.3 untuk masing-masing *confidence level* dengan menggunakan 250 data sampel. Untuk *coverage level* 99% misalnya probabilitas dari model akurat untuk tidak mendapatkan *exception* adalah 8,1% ($\text{binomdist}(0,250,1\%,\text{true})$ pada *Microsoft Excel*). Hal ini diperoleh dengan menghitung *Binomial probability* dengan *number of success* sama dengan 0, banyaknya *trial* sama dengan 250 dan *probability* sama dengan 1%.

Tabel 3.3. Basel II – Penentuan Zona

95.0%	Number Of Exception	Cumulative Probability	97.5%	Number Of Exception	Cumulative Probability	99.0%	Number Of Exception	Cumulative Probability
Green	0	0.00%	Green	0	0.18%	Green	0	8.11%
	1	0.00%		1	1.32%		1	28.58%
	2	0.03%		2	4.97%		2	54.32%
	3	0.13%		3	12.70%		3	75.81%
	4	0.46%		4	24.95%		4	89.22%
	5	1.31%		5	40.40%	5	95.88%	
	6	3.14%		6	56.57%	6	98.63%	
	7	6.50%		7	71.03%	7	99.60%	
	8	11.86%		8	82.29%	8	99.89%	
	9	19.46%		9	90.05%	9	99.97%	
	10	29.09%	10	94.85%	10	99.99%		
	11	40.16%	Yellow	11	97.53%	Red	10	99.99%
	12	51.75%		12	98.90%			
	13	62.93%		13	99.54%			
	14	72.88%		14	99.82%			
	15	81.13%		15	99.94%			
	16	87.50%		16	99.98%			
17	92.12%	17		99.99%				
Yellow	18	95.26%						
	19	97.29%						
	20	98.51%						
	21	99.22%						
	22	99.61%						
	23	99.81%						
	24	99.91%						
	25	99.96%						
	26	99.98%						
	27	99.99%						
Red								

Sumber: BCBS (1996: 7), telah diolah kembali

Zona kuning dimulai dari nilai *exception* sedemikian rupa sehingga besarnya probabilitas untuk mendapatkan banyaknya *exception* sama dengan nilai tersebut atau kurang dari nilai tersebut sama dengan atau melebihi 95%. Sedangkan zona merah dimulai dari nilai *exception* sedemikian rupa sehingga besarnya probabilitas untuk mendapatkan banyaknya *exception* sama dengan nilai tersebut atau kurang dari nilai tersebut sama dengan atau melebihi 99,99%.

Mengacu pada Basel II bank yang menggunakan Internal Model Method perlu melakukan *backtest* 250 data harian terakhir terhadap perhitungan 99% *daily VaR* dengan cara membandingkan nilai VaR tersebut dengan nilai *profit/loss* aktivitas *trading*-nya.

3.8 *Conditional Coverage Test*

Seperti dikatakan pada bagian sebelumnya bahwa *Unconditional Coverage Test* menitikberatkan perhatian pada banyaknya *exception* yang terjadi. Akan tetapi selain itu juga perlu untuk diuji apakah *exception* yang terjadi berurutan, apakah ada kecenderungan terjadinya *exception* akan diikuti oleh *exception* berikutnya (*clustering*). Untuk itu perlu dilakukan *Conditional Coverage Test* yang diusulkan oleh Christoffersen (1998). Pada metode ini dilakukan pengujian apakah *exception* yang terjadi dipengaruhi oleh *exception* sebelumnya. Untuk itu didefinisikan suatu variabel indikator:

$$I_t = \begin{cases} 0 & \text{apabila tidak terjadi exception} \\ 1 & \text{apabila terjadi exception} \end{cases} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dengan mendefinisikan n_{ij} adalah banyaknya hari terjadinya kondisi j dan terjadinya kondisi i pada hari sebelumnya maka diperoleh skenario sebagai berikut:

Tabel 3.4. Definisi Christoffersen

	$I_{t-1} = 0$	$I_{t-1} = 1$	
$I_t = 0$	n_{00}	n_{01}	$n_{00} + n_{01}$
$I_t = 1$	n_{10}	n_{11}	$n_{10} + n_{11}$
	$n_{00} + n_{10}$	$n_{01} + n_{11}$	N

Sumber: Christoffersen (1998), telah diolah kembali

Apabila model akurat maka *exception* yang terjadi hari ini tidak bergantung apakah terjadi *exception* atau tidak pada hari sebelumnya. *Likelihood-ratio* (LR) *test* untuk metode ini juga berdistribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* satu sebagai berikut:

$$LR_{ind} = -2 \ln \left(\frac{(1 - \pi)^{n_{00} + n_{10}} \pi^{n_{01} + n_{11}}}{(1 - \pi_0)^{n_{00}} \pi_0^{n_{01}} (1 - \pi_1)^{n_{10}} \pi_1^{n_{11}}} \right)$$

$$\pi_0 = \frac{n_{01}}{n_{00} + n_{01}}$$

$$\pi_1 = \frac{n_{11}}{n_{10} + n_{11}} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$\pi = \frac{n_{01} + n_{11}}{n_{00} + n_{01} + n_{10} + n_{11}}$$

Dengan menggabungkan LR_{POF} seperti bagian sebelumnya maka kita mendapatkan *LR Conditional Coverage* (LR_{CC}) yang berdistribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* dua sebagai berikut:

$$LR_{CC} = LR_{POF} + LR_{ind} \dots \dots \dots (3.8)$$

3.9 Mixed Kupiec Test

Metode *Conditional Coverage Test* dari Christoffersen (1998) hanya didasarkan dari ketergantungan *exception* hari ini dan hari kemarin. Akan tetapi metode ini tidak memperhitungkan ketergantungan dari *exception* yang sebelum-sebelumnya.

Adalah hal yang mungkin saja terjadi bahwa *exception* hari ini tidak tergantung dari *exception* kemarin tetapi mungkin saja tergantung dari terjadinya *exception* beberapa hari sebelumnya. Mengacu pada Campbell (2005) dari hasil studi empirik ditemukan bahwa metode Christoffersen (1998) tidak memadai untuk menguji ketergantungan antara *exception*. Oleh karena itu Haas (2001) mengusulkan metode *Mixed Kupiec Test* yang menggunakan banyaknya hari dari satu *exception* ke *exception* berikutnya sebagai acuan sehingga diharapkan bisa menangkap ketergantungan yang berlaku lebih umum tidak hanya berlaku untuk *exception* dua hari yang beruntun saja. *Likelihood-ratio* (LR) *test* untuk metode ini juga berdistribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* x sebagai berikut:

$$LR_{Haas} = \sum_{i=1}^x \left[-2 \ln \left(\frac{p(1-p)^{v_i-1}}{\frac{1}{v_i} \left(1 - \frac{1}{v_i}\right)^{v_i-1}} \right) - 2 \ln \left(\frac{p(1-p)^{v-1}}{\frac{1}{v} \left(1 - \frac{1}{v}\right)^{v-1}} \right) \right] \dots\dots(3.9)$$

Di mana x adalah banyaknya *exception* dan v_i adalah banyaknya hari antara *exception* i dan $i-1$. Dengan menggabungkan LR_{Haas} ini dengan LR_{POF} diperoleh LR_{mix} yang berdistribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* $x+1$ sebagai berikut:

$$LR_{Mix} = LR_{POF} + LR_{Haas} \dots\dots\dots(3.10)$$

3.10 Rosenblatt Test dan Berkowitz Test

Metode yang sudah dibicarakan pada bagian sebelumnya hanya didasarkan pada banyaknya *exception* yang terjadi. Akan tetapi metode tersebut tidak memperhitungkan besarnya perbedaan dari VaR dan kerugian yang terjadi. Untuk itu Rosenblatt (1952) mengusulkan untuk melakukan evaluasi terhadap keseluruhan distribusi dengan cara membandingkan prediksi distribusi *value change* dengan hasil aktual yang terjadi. Untuk itu dilakukan transformasi

hypothetical profit/loss atau *actual profit/loss* dengan prediksi distribusi *value change* menjadi distribusi *Uniform* (0, 1). Pada uji hipotesis ini ditetapkan H_0 adalah model memadai sedangkan H_1 model tidak memadai. Model VaR yang bagus akan mempunyai nilai persentil empirik yang berdistribusi *uniform* (0, 1). Tentu saja dapat dimungkinkan bahwa apabila kita hanya berfokus pada *tail distribution* saja maka model VaR yang bagus akan mempunyai nilai persentil empirik yang berdistribusi *uniform* (0, $1-\alpha$).

Berkowitz (2001) mengusulkan agar dilakukan transformasi ke dua, yaitu dari distribusi *uniform* ke distribusi *normal*. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menghitung nilai *inverse* distribusi *normal*-nya. Untuk pengujian hipotesisnya digunakan *Likelihood Ratio test* sebagai berikut:

$$LR = -2 \left[L(0,1,0) - L(\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2, \hat{\rho}) \right] \quad (3.11)$$

di mana $\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2, \hat{\rho}$ adalah estimasi maximum likelihood

Nilai *LR statistic* berdistribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* tiga. Transformasi yang ke dua ini sangat berguna karena memberikan pengujian yang lebih luas terhadap distribusi *standard normal* dibandingkan dengan distribusi *uniform* (Christodoulakis, 2008).

3.11 Blanco-Ihle Quadratic Score

Untuk melakukan komparasi dari dua model dapat digunakan *loss score*. Metode ini bukan merupakan tes statistika tetapi metode ini bertujuan untuk memberikan peringkat dari suatu model. Menurut Dowd (2005: 336) diperlukan empat hal dalam pemeringkatan model ini yaitu sebagai berikut.

- Observasi dari data kerugian pada periode yang dipilih;
- Penetapan fungsi kerugian (*loss function*) yang membandingkan besarnya estimasi VaR dengan kerugian yang terjadi;

- Penentuan suatu *benchmark* untuk dapat dijadikan acuan untuk mengkategorikan model yang baik; dan
- *Score function* sebagai fungsi dari nilai VaR dan kerugian yang terjadi

Blanco dan Ihle (1998) mengusulkan menggunakan *loss function* berikut:

$$C_t = \begin{cases} (L_t - VaR_t) / VaR_t & \text{if } L_t < -VaR_t \\ 0 & \text{if } L_t \geq -VaR_t \end{cases} \dots\dots\dots(3.12)$$

Benchmark yang dapat digunakan adalah selisih dari *Conditional VaR* dan VaR dibagi dengan VaR. Dan *score function* digunakan *quadratic score function* sebagai berikut:

$$Score = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n (C_t - CVaR_t)^2 \dots\dots\dots(3.13)$$

Nilai *score* yang semakin kecil menunjukkan model yang semakin baik.

3.12 Sign Test

Untuk melakukan perbandingan terhadap dua keadaan (model) yaitu apakah satu keadaan lebih baik dibandingkan dengan keadaan yang lain, metode statistika non parametrik yang dapat digunakan adalah *Sign Test* (Lind, 2012: 664). Metode ini dapat kita gunakan untuk menentukan apakah model MCS lebih baik dari model HS dilihat dari hasil pengujian *backtest*. Untuk itu perlu dilakukan konversi nilai positif, negatif dan nol untuk semua hasil *backtest* yang dilakukan untuk setiap periode. Untuk setiap periode hasil *backtest* dari 15 portofolio yang berbeda ditetapkan tandanya. Penentuan tanda dilihat dari semua hasil *backtest* yang terdiri dari *Kupiec Test*, *Basel Zone*, *Conditional Coverage Test* dan *Kupiec Mixed Test*. Apabila pada simulasi untuk portofolio tertentu dan periode tertentu untuk *Kupiec Test* misalnya memberikan hasil “*Accept*” untuk metode MCS dan hasil “*Reject*” untuk metode HS maka diberikan nilai 1 sedangkan apabila

sebaliknya ditetapkan nilai -1. Untuk hasil yang sama, yaitu “*Accept*” untuk metode HS dan “*Accept*” untuk metode MCS, atau “*Reject*” untuk metode HS dan “*Reject*” untuk metode MCS diberikan nilai nol dan diabaikan pada perhitungan. Apabila tidak terjadi perbedaan hasil *backtest* maka probabilitas p hasil *backtest* MCS lebih baik dari hasil HS akan sama dengan 50%. Oleh karena itu hipotesis yang dilakukan (Lind, 2010: 665) adalah:

- $H_0: p \leq 0,5$ (hasil *backtest* MCS tidak lebih baik dari HS)
- $H_1: p > 0,5$ (hasil *backtest* MCS lebih baik dari HS)

Dengan asumsi banyaknya sampel adalah n , k adalah banyaknya hasil *backtest* MCS dan l adalah banyaknya hasil *backtest* HS maka

$$\begin{aligned} \bar{p} &= \frac{k}{n} \text{ (proporsi hasil backtest MCS lebih baik dari HS)} \\ \bar{q} &= \frac{l}{n} \text{ (proporsi hasil backtest HS lebih baik dari MCS)} \end{aligned} \dots\dots\dots(3.14)$$

Uji statistik ini mengikuti distribusi *binomial* (Lind, 2010: 666). Untuk menentukan apakah hasil *backtest* MCS lebih baik dari HS dilakukan *one-tailed (right-tailed) hypothesis test*. Untuk itu perlu terlebih dahulu dihitung *p-value* dari *cumulative probability* distribusi *binomial*(n,p). Pada *Microsoft Excel* *p-value* dapat dihitung menggunakan fungsi *1-binomdist*($k-1, n, 0.5, true$) (Lind, 2010: 667). Apabila nilai *p-value* lebih kecil dari *significance level* α maka H_0 ditolak atau hasil *backtest* MCS lebih baik dari HS. Sebaliknya apabila nilai *p-value* lebih besar dari *significance level* α maka H_0 tidak ditolak atau hasil *backtest* MCS tidak lebih baik dari HS dengan *significance level* α .

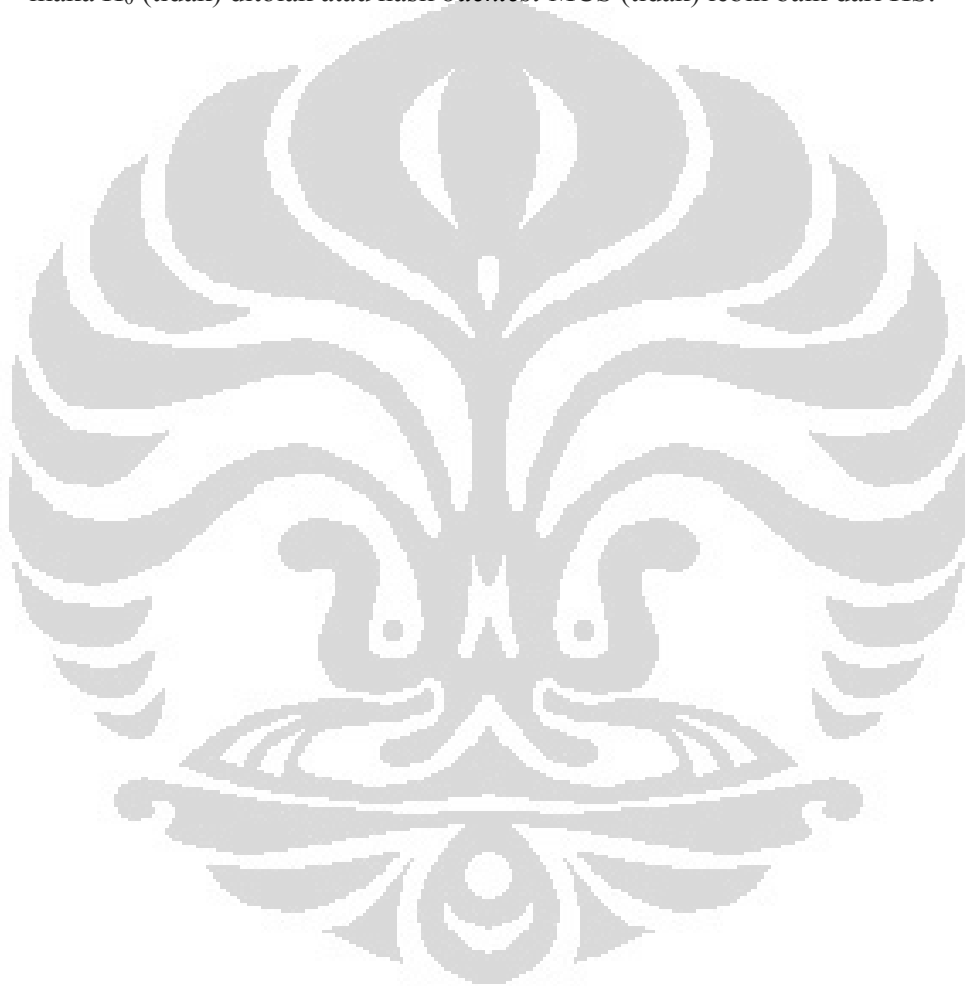
Apabila banyaknya n lebih dari 10 maka distribusi *normal* dapat digunakan untuk menghampiri distribusi *binomial*. Besarnya nilai *mean* dan *standard deviation* dari proporsi dihitung dengan menggunakan formula berikut (Lind, 2010: 669):

$$\begin{aligned} \mu &= np = 0.5 \times n \\ \sigma &= \sqrt{npq} = 0.5 \times \sqrt{n} \end{aligned} \dots\dots\dots(3.15)$$

Setelah itu dihitung nilai statistik z sebagai berikut (Lind, 2010: 669):

$$z = \frac{(k-p) - \mu}{\sigma} = \frac{(k-0.5) - 0.5 \times n}{0.5 \times \sqrt{n}} \dots\dots\dots(3.16)$$

Dengan menggunakan *Microsoft Excel* nilai p -value dapat menggunakan formula $1-normsdist(z)$. Apabila nilai p -value lebih kecil (besar) dari *significance level* α maka H_0 (tidak) ditolak atau hasil *backtest* MCS (tidak) lebih baik dari HS.



BAB 4
HASIL PENELITIAN

4.1 Perhitungan *Bootstrapped Historical Simulation* (HS)

Mengacu pada langkah-langkah yang dijelaskan pada Gambar 3.2, misalnya pada langkah pertama yang dipilih sebagai periode *backtest* adalah periode 1 (17-Dec-2007 sampai dengan 19-Dec-2008) dengan portoflio 1 (*long gamma USD Call / IDR Put*) maka tabel berikut menunjukkan contoh hasilnya:

Tabel 4.1. Long Gamma Call (Periode 1) – HS VaR

No	Date	Call (USD)	Call Strike	Tenor	P/L (IDR)	95% VaR	97.5% VaR	99% VaR
1	17-Dec-07	1,000	9,418	49	12,483	28,781	42,150	57,641
2	18-Dec-07	1,000	9,453	67	6,428	28,698	46,737	59,944
3	19-Dec-07	1,000	9,485	81	4,155	30,213	42,272	60,531
4	20-Dec-07	1,000	9,483	66	(1,447)	28,678	46,062	59,783
5	21-Dec-07	1,000	9,503	85	(14,703)	30,104	38,583	60,172
6	24-Dec-07	1,000	9,484	84	(2,246)	30,278	38,512	59,618
7	25-Dec-07	1,000	9,442	36	(3,259)	28,041	39,466	54,995
8	26-Dec-07	1,000	9,448	43	(1,050)	29,058	37,439	56,147
9	27-Dec-07	1,000	9,452	45	(2,276)	28,810	37,770	56,103
10	28-Dec-07	1,000	9,479	79	(14,550)	28,326	40,511	59,287
11	31-Dec-07	1,000	9,463	82	(3,075)	29,689	38,365	58,483
12	2-Jan-08	1,000	9,418	37	8,349	28,033	35,667	54,777
13	3-Jan-08	1,000	9,447	48	7,374	28,386	38,038	55,934
14	4-Jan-08	1,000	9,480	66	16,643	27,235	32,629	58,236
15	7-Jan-08	1,000	9,496	46	(1,397)	27,799	34,720	56,978
16	8-Jan-08	1,000	9,502	52	2,404	26,937	35,231	57,048
17	9-Jan-08	1,000	9,545	87	(17,373)	28,651	37,121	59,610
18	11-Jan-08	1,000	9,490	60	(1,170)	27,188	33,856	57,654
19	14-Jan-08	1,000	9,489	56	(1,130)	26,904	31,300	57,078
20	15-Jan-08	1,000	9,497	58	(1,335)	26,999	31,269	56,884

Sumber: Hasil olahan penulis

Dari tabel di atas langkah ke-3 pada tanggal 17-Dec-2007 yang diperoleh adalah posisi *long USD Call / IDR Put* sebesar USD 1.000 dengan strike 9.418 (tepatnya 9.417,83) dan jangka waktu 49 hari. Dari portofolio ini diperoleh hasil 95% HS VaR adalah Rp 28.781, nilai 97,5% HS VaR adalah Rp 42.150 dan 99% HS VaR sama dengan 57.641. Nilai awal portofolio pada langkah ke-4 diperoleh dengan menggunakan data historis pada tanggal 17-Dec-2007 seperti pada Tabel 4.4 kolom *Market_t*, dan formula BSM yang diberikan pada persamaan 2.13 diperoleh nilai -105.763. Nilainya negatif karena posisinya adalah *long option* (beli option)

sehingga keluar premium sebesar Rp 105.763. Adapun detail perhitungannya untuk USD 1 adalah sebagai berikut:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{9380}{9418}\right) + \left(7.956\% - 4.958\% + \frac{7.77\%^2}{2}\right) \frac{49}{365}}{7.77\% \times \sqrt{\frac{49}{365}}} = 0.0142$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 0.0142 - 7.77\% \times \sqrt{\frac{49}{365}} = -0.0142$$

$$P_{ce} = 9380 \times e^{-4.958\% \frac{49}{365}} \times N(d_1) - 9418 \times e^{-7.956\% \frac{49}{365}} \times N(d_2) = 105.763$$

Dengan menggunakan *random generator* dan *bootstrap* sebanyak 10.000 kali diperoleh hasil seperti Tabel 4.1 di atas.

Untuk mendapatkan hasil secara keseluruhan, metode HS memerlukan simulasi sebanyak 10.000 (iterasi HS) x 15 (banyaknya portofolio) x 250 (banyaknya data backtest per periode) x 4 (banyaknya periode) sama dengan 150 juta simulasi.

4.2 Perhitungan Monte Carlo Simulation (MCS)

Mengacu pada langkah-langkah yang dijelaskan pada Gambar 3.3, misalnya pada langkah pertama yang dipilih sebagai periode *backtest* adalah periode 4 (30-Dec-2010 sampai dengan 29-Dec-2011) dengan portoflio *Short Vega USD Put / IDR Call* diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Langkah ke-2 dilakukan dengan menghitung *volatility* dan korelasi sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Dari Tabel 4.2 tersebut langkah ke-3 pada tanggal 30-Dec-2010 yang diperoleh adalah posisi *short USD Put / IDR Call* sebesar USD 1.000 dengan *strike* sama dengan 9.550 dengan jangka waktu 340 hari. Dari portoflio ini diperoleh hasil 95% VaR adalah Rp 9.987, nilai 97,5% VaR adalah Rp 12.016 dan 99% VaR sama dengan Rp 14.052. Nilai awal portofolio pada langkah ke-4 diperoleh dengan menggunakan data historis pada tanggal 30-Dec-2010 yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 kolom Market, dan dengan menggunakan formula BSM. Dengan menggunakan *random generator* dan melakukan *Monte Carlo*

Simulation (menggunakan volatilitas dan korelasi dari langkah ke-2) sebanyak 10.000 kali diperoleh hasil yang contohnya ditunjukkan pada Tabel 4.2. Perhitungan P/L diperoleh dengan cara yang sama seperti pada metode *Bootstrapped Historical Simulation* di atas.

Tabel 4.2. *Short Vega Put* (Periode 4) – MCS VaR

No	Date	Put (USD)	Put Strike	Tenor	P/L (IDR)	95% VaR	97.5% VaR	99% VaR
1	30-Dec-10	(1,000)	9,550	340	14,604	9,987	12,016	14,052
2	31-Dec-10	(1,000)	9,419	249	(9,987)	10,730	12,756	15,429
3	3-Jan-11	(1,000)	9,411	257	(1,572)	10,309	12,315	14,505
4	4-Jan-11	(1,000)	9,562	355	(997)	9,644	11,221	13,665
5	5-Jan-11	(1,000)	9,513	326	9,735	9,849	11,893	14,000
6	6-Jan-11	(1,000)	9,557	345	15,922	11,077	13,160	15,794
7	7-Jan-11	(1,000)	9,558	327	3,562	11,523	13,800	16,567
8	10-Jan-11	(1,000)	9,546	305	(12,936)	11,558	13,679	15,960
9	11-Jan-11	(1,000)	9,528	298	(3,562)	12,101	14,428	16,964
10	12-Jan-11	(1,000)	9,548	319	10,909	11,851	14,170	16,981
11	13-Jan-11	(1,000)	9,523	291	1,773	11,658	13,908	16,233
12	14-Jan-11	(1,000)	9,586	330	(104)	11,742	14,040	16,452
13	17-Jan-11	(1,000)	9,618	344	(6,143)	11,315	13,450	16,099
14	18-Jan-11	(1,000)	9,643	364	(527)	10,944	13,058	15,514
15	19-Jan-11	(1,000)	9,625	354	8,814	10,527	12,681	14,839
16	20-Jan-11	(1,000)	9,432	228	(2,800)	10,477	12,473	14,706
17	21-Jan-11	(1,000)	9,392	203	(9,929)	10,545	12,699	15,230
18	24-Jan-11	(1,000)	9,654	364	(13,236)	10,931	12,925	15,312
19	25-Jan-11	(1,000)	9,464	263	2,833	10,993	12,974	15,603
20	26-Jan-11	(1,000)	9,620	361	2,705	10,516	12,601	15,039

Sumber: Hasil olahan penulis

Untuk mendapatkan hasil secara keseluruhan, metode MCS memerlukan simulasi sebanyak 10.000 (iterasi MCS) x 15 (banyaknya portofolio) x 250 (banyaknya data backtest per periode) x 4 (banyaknya periode) sama dengan 150 juta simulasi.

4.3 Perhitungan *Hypothetical Profit/Loss* (P/L)

Perhitungan *Hypothetical P/L* diperoleh dari data yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. Kolom $Market_t$ dan $Market_{t+1}$ adalah data pasar pada saat t dan satu hari kerja berikutnya. Misalnya untuk tanggal *17-Dec-2007* diperoleh nilai awal portofolio dengan menggunakan formula BSM sama dengan – Rp 105.763 (biaya premi yang harus dibayar karena posisi *long*) dan menggunakan data hari berikutnya

pada kolom $Market_{t+1}$ dan dengan mengurangi jangka waktunya satu hari maka diperoleh nilai portofolio sebesar Rp 118.246 (pendapatan premi yang diterima apabila posisi long dijual). Dari ke dua nilai portofolio ini maka besarnya keuntungan keesokan harinya adalah sama dengan Rp 118.246 – Rp 105.763 sama dengan untung sebesar Rp 12.483 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 kolom P/L (IDR) di atas.

Tabel 4.3. Long Gamma USD Call / IDR Put (Periode 1) – Greeks

Date	Market _t					Market _{t+1}					Greeks		
	Spot USD/IDR	r _{USD}	r _{IDR}	Vol	Value	Spot	r _{USD}	r _{IDR}	Vol	Value	Delta	Gamma	Vega
17-Dec-07	9,380	4,958	7,956	7,77	(105,763)	9,400	4,942	8,011	8,00	118,246	502,32	1,48476	13,619
18-Dec-07	9,400	4,935	8,021	8,00	(127,369)	9,420	4,919	8,005	7,84	133,796	502,27	1,22689	15,920
19-Dec-07	9,420	4,914	8,022	7,82	(136,868)	9,430	4,886	8,022	7,82	141,023	501,84	1,13749	17,508
20-Dec-07	9,430	4,889	8,004	7,84	(124,325)	9,433	4,861	8,012	7,72	122,878	502,19	1,25747	15,854
21-Dec-07	9,433	4,858	8,024	7,74	(139,018)	9,415	4,844	8,016	7,48	124,316	501,74	1,11897	17,953
24-Dec-07	9,415	4,844	8,015	7,48	(133,226)	9,413	4,844	8,015	7,48	130,980	501,53	1,16806	17,816
25-Dec-07	9,413	4,854	7,962	7,32	(85,910)	9,414	4,854	7,873	7,17	82,652	502,18	1,83474	11,736
26-Dec-07	9,414	4,852	7,878	7,19	(92,186)	9,416	4,842	7,930	7,12	91,137	502,05	1,70667	12,816
27-Dec-07	9,416	4,841	7,932	7,14	(93,560)	9,412	4,655	7,962	7,14	91,285	501,99	1,68073	13,110
28-Dec-07	9,412	4,710	8,000	7,33	(126,760)	9,393	4,682	8,000	7,08	112,210	501,66	1,22996	17,289
31-Dec-07	9,393	4,687	8,004	7,09	(124,519)	9,386	4,664	7,992	7,17	121,444	501,39	1,25129	17,573
2-Jan-08	9,386	4,583	7,951	7,02	(83,337)	9,405	4,552	7,959	7,01	91,686	502,12	1,89198	11,866
3-Jan-08	9,405	4,571	7,967	7,03	(95,070)	9,422	4,546	7,949	7,03	102,444	502,06	1,65388	13,524
4-Jan-08	9,422	4,577	7,968	7,06	(111,895)	9,455	4,501	7,962	7,06	128,538	501,82	1,39879	15,850
7-Jan-08	9,455	4,468	7,937	7,03	(93,556)	9,455	4,436	7,917	7,03	92,158	502,14	1,68195	13,314
8-Jan-08	9,455	4,445	7,926	7,04	(99,539)	9,458	4,397	8,227	7,04	101,943	502,11	1,57863	14,146
9-Jan-08	9,458	4,438	8,279	7,09	(129,290)	9,433	4,256	7,974	6,94	111,917	501,57	1,20498	18,225
11-Jan-08	9,433	4,247	7,933	6,87	(104,145)	9,434	4,068	7,857	6,80	102,975	502,04	1,50682	15,150
14-Jan-08	9,434	4,070	7,841	6,80	(99,618)	9,438	4,012	7,959	6,59	98,488	502,17	1,57763	14,649
15-Jan-08	9,438	4,011	7,961	6,60	(98,367)	9,437	3,972	7,962	6,61	97,033	502,03	1,59726	14,913

Sumber: Hasil olahan penulis

Kolom kanan pada Tabel 4.3 menunjukkan sensitivitas (*Greeks*) portofolio yang dihitung menggunakan formula pada Lampiran 70. Nilai sensitivitas *Delta* sebesar 502,32 artinya nilai portofolio akan naik sebesar Rp 502,32 apabila *spot* USD/IDR naik sebesar Rp 1. Nilai *Gamma* 1,48476 artinya nilai *Delta* akan naik sebesar 1,48476 apabila *spot* USD/IDR naik sebesar Rp 1. Sedangkan nilai *Vega* sebesar 13.619 berarti nilai portofolio akan naik sebesar Rp 13.619 apabila volatilitas naik sebesar 1%.

Tabel 4.4. Long Gamma USD Call / IDR Put (Periode 1) – Conditional VaR

No	Date	95.0% Daily CVaR		97.5% Daily CVaR		99.0% Daily CVaR	
		HS (IDR)	MCS (IDR)	HS (IDR)	MCS (IDR)	HS (IDR)	MCS (IDR)
1	17-Dec-07	45,606	32,184	58,641	35,720	71,221	40,013
2	18-Dec-07	46,702	31,608	60,384	35,146	73,352	39,152
3	19-Dec-07	48,390	30,836	62,336	34,398	75,061	38,497
4	20-Dec-07	48,472	30,170	62,183	33,596	76,019	37,620
5	21-Dec-07	46,249	30,182	59,111	34,089	71,820	38,979
6	24-Dec-07	45,524	29,210	57,824	32,729	69,176	36,660
7	25-Dec-07	42,813	27,208	54,117	30,326	64,923	33,973
8	26-Dec-07	42,532	27,066	53,419	30,226	64,931	33,623
9	27-Dec-07	42,151	25,891	53,136	28,923	64,280	32,459
10	28-Dec-07	45,159	27,109	57,904	30,247	69,948	34,089

Sumber: Hasil olahan penulis

Tabel 4.4 memperlihatkan besarnya nilai CVaR (*Conditional VaR*) untuk berbagai *confidence level*.

4.4 Hasil Empirik

Backtesting digunakan untuk menilai keakuratan dari model VaR. Metode *backtesting* yang digunakan adalah metode *Kupiec POF Test* (1995), lampu hijau/kuning/merah *Basel Zone*, *Conditional Coverage Test* (Christoffersen, 1998) dan *Mixed Kupiec Test* (Haas, 2001). Untuk itu terlebih dahulu perlu diperiksa apakah terjadi suatu *exception* atau tidak. Hal ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai *hypothetical profit/loss* (*P/L*) dengan estimasi nilai VaR (*Value-at-Risk*). Apabila nilai $P/L < -VaR$ maka *exception* terjadi (nilai 1 pada *cell* dengan warna latar belakang merah). Sebaliknya maka tidak ada *exception* (nilai 0 pada *cell* dengan warna latar belakang hijau). Hal ini bisa dilihat dari contoh hasil *backtest* yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Dari tabel tersebut pada tanggal 7-Jan-2011 terjadi *exception* pada metode 95% MCS VaR karena $P/L = -12.167 < -95\%$ MCS VaR = -9.746. Akan tetapi tidak ada *exception* untuk 95% HS VaR karena $P/L = -12.167 > -95\%$ HS VaR = -17.039. Begitu juga untuk metode 99% HS VaR dan 99% MCS VaR sehingga tidak ada *exception*. Untuk periode 30-Dec-2010 sampai 29-Dec-2011 terdapat 9 *exception* untuk metode 95% HS, 8 *exception* untuk metode 95% MCS. Sedangkan baik 99% HS VaR dan 99% MCS

VaR tidak ada *exception* untuk portofolio *Out-of-The-Money Strike USD Call / IDR Put* pada periode tersebut.

Tabel 4.5. *Out-of-The-Money Strike Call (Periode 4) – Exception*

No	Date	P/L (IDR)	95.0% Daily VaR		99.0% Daily VaR		95.0% Daily VaR		99.0% Daily VaR	
			HS (IDR)	MCS (IDR)	HS (IDR)	MCS (IDR)	9	8	0	0
1	30-Dec-10	(1,727)	9,422	6,832	16,998	9,004	0	0	0	0
2	31-Dec-10	11,556	22,466	13,421	52,186	19,007	0	0	0	0
3	3-Jan-11	1,706	4,558	2,905	13,178	4,073	0	0	0	0
4	4-Jan-11	2,039	23,703	11,288	50,857	15,802	0	0	0	0
5	5-Jan-11	1,225	5,942	3,893	16,820	5,621	0	0	0	0
6	6-Jan-11	5,760	12,150	9,060	23,993	12,129	0	0	0	0
7	7-Jan-11	(12,167)	17,039	9,746	42,999	13,688	0	1	0	0
8	10-Jan-11	(1,060)	1,542	1,269	4,571	1,936	0	0	0	0
9	11-Jan-11	14,074	28,351	18,062	66,736	25,733	0	0	0	0
10	12-Jan-11	2,151	14,594	12,142	24,651	16,285	0	0	0	0
241	16-Dec-11	5,619	29,932	37,551	72,875	52,585	0	0	0	0
242	19-Dec-11	318	34,839	30,131	103,737	43,451	0	0	0	0
243	20-Dec-11	(8,551)	28,193	32,753	61,755	44,708	0	0	0	0
244	21-Dec-11	8,444	41,963	36,562	124,064	52,714	0	0	0	0
245	22-Dec-11	7,033	51,139	40,815	158,404	57,960	0	0	0	0
246	23-Dec-11	(3,385)	25,268	26,358	58,584	36,373	0	0	0	0
247	26-Dec-11	(4,614)	39,204	30,399	128,642	41,959	0	0	0	0
248	27-Dec-11	(2,000)	28,628	30,886	69,558	42,833	0	0	0	0
249	28-Dec-11	(1,121)	26,440	25,977	61,977	35,443	0	0	0	0
250	29-Dec-11	(2,321)	30,189	29,610	67,999	40,948	0	0	0	0

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.1 Kupiec POF Test

Keputusan menerima atau menolak keakuratan model mengacu pada *Kupiec POF Test (proportion of failures)* didasarkan dari *Likelihood Ratio (LR_{POF})*. Apabila LR_{POF} melebihi nilai *critical value* maka model ditolak. Begitu pula sebaliknya. Apabila LR_{POF} lebih kecil dari nilai *critical value* maka model tidak ditolak. Hal ini diperlihatkan pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6. Hasil *Kupiec Test – Long Gamma (Periode 3)*

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Expected Exceptions	Actual Exceptions	Time Until First Failure	LR _{POF}	Critical Value $\chi^2(1)$	Kupiec Test
Long Gamma (Call)	HS	95.0%	12.5	5	86	6.07	3.84	Reject
		97.5%	6.3	3	86	2.14	5.02	Accept
		99.0%	2.5	0	0	5.03	6.63	Accept
	MCS	95.0%	12.5	7	4	3.01	3.84	Accept
		97.5%	6.3	0	0	12.66	5.02	Reject
		99.0%	2.5	0	0	5.03	6.63	Accept

Sumber: Hasil olahan penulis

Time Until First Failure (TUFF) adalah informasi tambahan yaitu angka yang menunjukkan banyaknya hari sampai terjadi *exception* yang pertama. Dari tabel di

atas untuk metode HS VaR dengan *confidence level* 95% diperoleh data sebagai berikut:

- $x = 5$ (banyaknya *exception*)
- $N =$ (banyaknya data) $= 250$
- $p = 0.05$ (*significance level*)

Dengan menggunakan formula (3.5) diperoleh $LR_{POF} = 6,07$ seperti ditunjukkan pada perhitungan berikut:

$$LR_{POF} = -2 \ln \left(\frac{(1-p)^{N-x} p^x}{\left(1 - \frac{x}{N}\right)^{N-x} \left(\frac{x}{N}\right)^x} \right) = -2 \ln \left(\frac{(1-0.05)^{250-5} 0.05^5}{\left(1 - \frac{5}{250}\right)^{250-5} \left(\frac{5}{250}\right)^5} \right) = 6.07$$

Sedangkan *critical value* (CV) dihitung dengan menggunakan distribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* satu $\chi^2_{(1)}$ dan dengan *significance level* 5% atau dari fungsi *Microsoft Excel* $CHIINV(0.05, 1)$ diperoleh nilai 3,84. Oleh karena nilai LR_{POF} lebih dari nilai CV maka H_0 ditolak. Akan tetapi H_0 tidak ditolak untuk 95% MCS VaR karena menghasilkan nilai LR_{POF} sama dengan 3,01 dengan banyaknya *exception* 7 (lebih banyak daripada metode HS dengan 5 *exception*). Oleh karena itu pada *Kupiec Test* apabila banyaknya *exception* terlalu sedikit juga dapat mengakibatkan H_0 ditolak. Tabel 4.7 memperlihatkan kisaran banyaknya *exception* yang diterima dengan menggunakan *Kupiec Test*.

Tabel 4.7. *Kupiec Test* – Selang *Exception* Yang Diterima

Kupiec Test				
Significance Level (p)	(1-p)	T = 250	T = 500	T = 1000
5.0%	95.0%	$6 < x < 20$	$16 < x < 36$	$37 < x < 65$
2.5%	97.5%	$1 < x < 13$	$5 < x < 22$	$14 < x < 37$
1.0%	99.0%	$x < 8$	$0 < x < 12$	$3 < x < 20$

Sumber: Hasil olahan penulis

Hasil lengkap dari *Kupiec Test* ditunjukkan pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9. Pada Tabel 4.8 untuk metode HS terlihat bahwa VaR dengan *confidence level* 99% memberikan hasil yang paling baik dengan tidak ada *rejection* sama sekali. Sedangkan untuk metode MCS, banyaknya *rejection* menggunakan *Kupiec Test* hampir sama untuk semua *confidence level* yaitu dua dan tiga dari 60 data. Hal ini dapat dilihat pada rangkuman hasil *Kupiec Test* yang ditunjukkan pada table 4.9.

Tabel 4.8. Hasil *Kupiec Test* Per Portofolio

HS	17-Dec-2007 ~ 19-Dec-2008			22-Dec-2008 ~ 04-Jan-2010			05-Jan-2010 ~ 05-Jan-2011			30-Dec-2010 ~ 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Gamma (Put)	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Gamma (Call)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Gamma (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept
Short Vega (Call)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept
ATM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
ATM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
OTM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
OTM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
ITM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ITM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept
Delta Neutral	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
MCS	17-Dec-2007 ~ 19-Dec-2008			22-Dec-2008 ~ 04-Jan-2010			05-Jan-2010 ~ 05-Jan-2011			30-Dec-2010 ~ 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Gamma (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Gamma (Call)	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Gamma (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Vega (Call)	Reject	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ATM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ATM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
OTM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
OTM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ITM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ITM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept
Delta Neutral	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept

Sumber: Hasil olahan penulis

Tabel 4.9. Rangkuman Hasil *Kupiec Test*

HS	Kupiec Test ~ HS			MCS	Kupiec Test ~ MCS		
	95.0%	97.5%	99.0%		95.0%	97.5%	99.0%
Accept	33	43	60	Accept	58	57	58
Reject	27	17	0	Reject	2	3	2

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.2 *Traffic Light Approach – Basel Zone*

Hasil lengkap dari *Basel Zone* ditunjukkan pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11. Baik metode HS dan MCS, tidak ada yang mendapatkan zona merah. Akan tetapi yang paling sedikit mendapatkan zona kuning adalah untuk metode HS dengan

confidence level 99% yaitu sebanyak satu. Sedangkan untuk metode MCS yang paling sedikit mendapat zona kuning adalah metode MCS dengan *confidence level* 95% yaitu sebanyak tiga saja dari 60 data. Hal ini dapat dilihat pada rangkuman hasil *Basel Zone* yang ditunjukkan pada table 4.11.

Tabel 4.10. Hasil *Basel Zone* Per Portofolio

HS	17-Dec-2007 ~ 19-Dec-2008			22-Dec-2008 ~ 04-Jan-2010			05-Jan-2010 ~ 05-Jan-2011			30-Dec-2010 ~ 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green
Long Gamma (Put)	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green
Short Gamma (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Short Gamma (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Long Vega (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Long Vega (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Short Vega (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Short Vega (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green
ATM Strike (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
ATM Strike (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
OTM Strike (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
OTM Strike (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
ITM Strike (Call)	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green
ITM Strike (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green
Delta Neutral	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
MCS	17-Dec-2007 ~ 19-Dec-2008			22-Dec-2008 ~ 04-Jan-2010			05-Jan-2010 ~ 05-Jan-2011			30-Dec-2010 ~ 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Long Gamma (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Short Gamma (Call)	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Short Gamma (Put)	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Long Vega (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Long Vega (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Short Vega (Call)	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Short Vega (Put)	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
ATM Strike (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
ATM Strike (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
OTM Strike (Call)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
OTM Strike (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
ITM Strike (Call)	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
ITM Strike (Put)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
Delta Neutral	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow

Sumber: Hasil olahan penulis

Tabel 4.11. Rangkuman Hasil *Basel Zone*

HS	Basel Zone ~ HS			MCS	Basel Zone ~ MCS		
	95.0%	97.5%	99.0%		95.0%	97.5%	99.0%
Green	56	58	59	Green	57	55	51
Yellow	4	2	1	Yellow	3	5	9
Red	0	0	0	Red	0	0	0

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.3 Independence Test

Untuk dapat melakukan *Conditional Coverage Test* perlu terlebih dahulu menghitung LR_{ind} menggunakan formula 3.7. Contoh hasil *Chistoffersen's Independence Test* ditunjukkan pada Tabel 4.12. Nilai n_{00} menunjukkan banyaknya hari di mana hari sebelumnya tidak terjadi *exception* dan hari ini juga tidak terjadi *exception*. Nilai n_{01} menunjukkan banyaknya hari di mana hari

sebelumnya tidak terjadi *exception* dan hari ini terjadi *exception*. Nilai n_{10} menunjukkan banyaknya hari di mana hari sebelumnya terjadi *exception* dan hari ini tidak terjadi *exception*. Nilai n_{11} menunjukkan banyaknya hari di mana hari sebelumnya dan juga hari ini terjadi *exception*. Nilai π_0 , π_1 , π dan LR_{ind} dihitung dari formula 3.7. Misalnya untuk metode HS dengan *confidence level* 97.5% diperoleh nilai LR_{ind} sama dengan 6,75. Sedangkan *critical value* (CV) dihitung dengan menggunakan distribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* satu dan *significance level* 2,5% atau dari fungsi *Microsoft Excel* $CHIINV(0.025, 1)$ diperoleh nilai 5,02. Oleh karena nilai LR_{ind} lebih dari nilai CV maka H_0 ditolak.

Tabel 4.12. *Christoffersen Test – Short Vega (Periode 4)*

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	n_{00}	n_{01}	n_{10}	n_{11}	π_0	π_1	π	LR_{ind}	Critical Value $\chi^2(1)$	Christoffersen Test
Short Vega (Call)	HS	95.0%	227	10	10	3	4.22%	23.08%	5.20%	5.25	3.84	Reject
		97.5%	238	5	5	2	2.06%	28.57%	2.80%	6.75	5.02	Reject
		99.0%	244	3	3	0	1.21%	0.00%	1.20%	0.00	6.63	Accept
	MCS	95.0%	230	9	9	2	3.77%	18.18%	4.40%	3.11	3.84	Accept
		97.5%	240	4	4	2	1.64%	33.33%	2.40%	8.15	5.02	Reject
		99.0%	244	3	3	0	1.21%	0.00%	1.20%	0.00	6.63	Accept

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.4 *Conditional Coverage Test*

Nilai *likelihood ratio* dari *Conditional Coverage Test* LR_{CC} diperoleh dengan menggabungkan nilai LR_{POF} dan nilai LR_{ind} seperti pada persamaan 3.8. Nilai LR_{CC} ini berdistribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* dua. Hasil lengkap *Conditional Coverage Test* ditunjukkan pada Tabel 4.13 dan Tabel 4.14. Dari tabel terlihat bahwa HS VaR dengan *confidence level* 99% memberikan hasil yang paling baik dengan tidak ada *rejection*. Sedangkan untuk model MCS ternyata dengan menggunakan *confidence level* 99% juga memberikan hasil yang paling baik dengan banyaknya *rejection* paling sedikit yaitu sebanyak satu kali.

Tabel 4.13. Hasil *Conditional Coverage Test* Per Periode

HS	17-Dec-2007 ~ 19-Dec-2008			22-Dec-2008 ~ 04-Jan-2010			05-Jan-2010 ~ 05-Jan-2011			30-Dec-2010 ~ 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Gamma (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Gamma (Call)	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Gamma (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Vega (Call)	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept
ATM Strike (Call)	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
ATM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept
OTM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
OTM Strike (Put)	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ITM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ITM Strike (Put)	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept
Delta Neutral	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept
MCS	17-Dec-2007 ~ 19-Dec-2008			22-Dec-2008 ~ 04-Jan-2010			05-Jan-2010 ~ 05-Jan-2011			30-Dec-2010 ~ 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Gamma (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Gamma (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept
Short Gamma (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Vega (Call)	Reject	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept
Short Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ATM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ATM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
OTM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
OTM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ITM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ITM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept
Delta Neutral	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept

Sumber: Hasil olahan penulis

Tabel 4.14. Rangkuman *Conditional Coverage Test*

HS	Conditional Coverage			MCS	Conditional Coverage		
	95.0%	97.5%	99.0%		95.0%	97.5%	99.0%
Accept	28	51	60	Accept	56	54	59
Reject	32	9	0	Reject	4	6	1

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.5 Haas Test

Untuk dapat melakukan *Mixed Kupiec Test* perlu terlebih dahulu menghitung LR_{Haas} menggunakan formula 3.9. Contoh hasil *Haas Test* ditunjukkan pada Tabel 4.15. Misalnya untuk metode HS dengan *confidence level* 95% diperoleh nilai LR_{Haas} sama dengan 31,68. Sedangkan *critical value* (CV) dihitung dengan menggunakan distribusi *Chi-Squared* dengan *degree of freedom* 15 (sesuai dengan banyaknya *exception*) dan *significance level* 5% atau dari fungsi *Microsoft Excel* $CHINV(0.05, 15)$ diperoleh nilai sama dengan 25,00. Oleh karena nilai LR_{Haas} lebih dari nilai CV maka H_0 ditolak.

Tabel 4.15. Haas Test – Delta Neutral (Periode 4)

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Actual Exceptions	LR _{Haas}	Critical Value $\chi^2(x)$	Haas Test
Delta Neutral	HS	95.0%	15	31.68	25.00	Reject
		97.5%	9	33.56	19.02	Reject
		99.0%	3	4.57	11.34	Accept
	MCS	95.0%	9	10.08	16.92	Accept
		97.5%	9	13.98	19.02	Accept
		99.0%	5	8.28	15.09	Accept

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.6 Mixed Kupiec Test

Hasil lengkap dari *Mixed Kupiec Test* ditunjukkan pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17. Baik metode HS dan MCS keduanya menunjukkan bahwa 99% VaR memberikan banyaknya *rejection* yang paling sedikit, yaitu masing-masing sebanyak dua kali dan tiga kali.

Tabel 4.16. Hasil *Mixed Kupiec Test* Per Periode

HS	17-Dec-2007 – 19-Dec-2008			22-Dec-2008 – 04-Jan-2010			05-Jan-2010 – 05-Jan-2011			30-Dec-2010 – 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Gamma (Put)	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept
Short Gamma (Call)	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept
Short Gamma (Put)	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Call)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept
Long Vega (Put)	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept
Short Vega (Call)	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept
Short Vega (Put)	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept
ATM Strike (Call)	Reject	Reject	Reject	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept
ATM Strike (Put)	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept
OTM Strike (Call)	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept
OTM Strike (Put)	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept
ITM Strike (Call)	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept
ITM Strike (Put)	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept
Delta Neutral	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept
MCS	17-Dec-2007 – 19-Dec-2008			22-Dec-2008 – 04-Jan-2010			05-Jan-2010 – 05-Jan-2011			30-Dec-2010 – 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Gamma (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Short Gamma (Call)	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept
Short Gamma (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Call)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
Long Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept
Short Vega (Call)	Reject	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject	Accept
Short Vega (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept
ATM Strike (Call)	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ATM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept
OTM Strike (Call)	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
OTM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept
ITM Strike (Call)	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
ITM Strike (Put)	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Reject	Reject	Accept
Delta Neutral	Reject	Reject	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept

Sumber: Hasil olahan penulis

Tabel 4.17. Rangkuman *Mixed Kupiec Test*

HS	Mixed Test ~ HS			MCS	Mixed Test ~ MCS		
	95.0%	97.5%	99.0%		95.0%	97.5%	99.0%
Accept	10	25	58	Accept	39	49	57
Reject	50	35	2	Reject	21	11	3

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.7 *Blanco-Ihle Quadratic Score*

Hasil lengkap dari *Blanco-Ihle Quadratic Score* ditunjukkan pada Tabel 4.18. Nilai yang lebih kecil menunjukkan hasil yang lebih baik. Sedangkan rangkuman nilai rata-rata *Quadratic Score* ditunjukkan pada Tabel 4.19. Untuk metode HS, nilai rata-rata *Blanco-Ihle Quadratic Score* adalah 0,28 (95%), 0,21 (97,5%) dan 0,16 (99%). Oleh karena itu maka hasil yang paling baik adalah metode 99% HS VaR. Sedangkan untuk metode MCS, nilai rata-rata *Blanco-Ihle Quadratic Score* adalah 0,08 (95%), 0,05 (97,5%) dan 0,03 (99%) sehingga hasil yang paling baik adalah juga metode 99% MCS VaR.

Tabel 4.18. Hasil *Blanco-Ihle Quadratic Score* Per Periode

HS	17-Dec-2007 ~ 19-Dec-2008			22-Dec-2008 ~ 04-Jan-2010			05-Jan-2010 ~ 05-Jan-2011			30-Dec-2010 ~ 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	0.19	0.15	0.10	0.21	0.12	0.11	0.10	0.06	0.03	0.21	0.14	0.12
Long Gamma (Put)	0.18	0.09	0.04	0.22	0.13	0.03	0.17	0.10	0.05	0.18	0.14	0.19
Short Gamma (Call)	0.28	0.19	0.12	0.24	0.12	0.06	0.29	0.18	0.09	0.34	0.25	0.12
Short Gamma (Put)	0.34	0.21	0.08	0.35	0.27	0.31	0.27	0.22	0.14	0.34	0.34	0.19
Long Vega (Call)	0.17	0.13	0.12	0.26	0.21	0.11	0.11	0.09	0.04	0.24	0.15	0.15
Long Vega (Put)	0.28	0.23	0.22	0.29	0.19	0.10	0.18	0.12	0.06	0.19	0.18	0.21
Short Vega (Call)	0.46	0.46	0.56	0.21	0.10	0.05	0.23	0.14	0.04	0.35	0.20	0.10
Short Vega (Put)	0.48	0.49	0.61	0.28	0.26	0.17	0.30	0.24	0.21	0.44	0.44	0.24
ATM Strike (Call)	0.27	0.22	0.21	0.23	0.14	0.09	0.19	0.11	0.05	0.30	0.20	0.13
ATM Strike (Put)	0.41	0.37	0.37	0.28	0.23	0.14	0.23	0.17	0.13	0.36	0.32	0.18
OTM Strike (Call)	0.40	0.38	0.37	0.23	0.15	0.08	0.22	0.15	0.06	0.32	0.22	0.17
OTM Strike (Put)	0.50	0.46	0.44	0.27	0.22	0.15	0.24	0.18	0.16	0.37	0.32	0.18
ITM Strike (Call)	0.28	0.18	0.14	0.23	0.15	0.13	0.20	0.12	0.06	0.27	0.18	0.14
ITM Strike (Put)	0.32	0.25	0.24	0.29	0.21	0.13	0.23	0.16	0.11	0.30	0.27	0.21
Delta Neutral	0.45	0.41	0.38	0.30	0.24	0.12	0.25	0.14	0.07	0.42	0.31	0.12
MCS	17-Dec-2007 ~ 19-Dec-2008			22-Dec-2008 ~ 04-Jan-2010			05-Jan-2010 ~ 05-Jan-2011			30-Dec-2010 ~ 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	0.06	0.04	0.02	0.06	0.04	0.02	0.06	0.04	0.02	0.06	0.04	0.02
Long Gamma (Put)	0.07	0.04	0.03	0.07	0.04	0.02	0.07	0.04	0.03	0.07	0.04	0.03
Short Gamma (Call)	0.11	0.07	0.04	0.10	0.06	0.04	0.10	0.06	0.04	0.10	0.06	0.04
Short Gamma (Put)	0.10	0.06	0.04	0.09	0.06	0.04	0.09	0.06	0.04	0.09	0.06	0.04
Long Vega (Call)	0.07	0.04	0.03	0.07	0.05	0.03	0.07	0.05	0.03	0.07	0.04	0.03
Long Vega (Put)	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03
Short Vega (Call)	0.13	0.08	0.05	0.09	0.06	0.04	0.09	0.05	0.03	0.10	0.06	0.04
Short Vega (Put)	0.09	0.06	0.04	0.08	0.05	0.03	0.09	0.06	0.04	0.09	0.06	0.03
ATM Strike (Call)	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.09	0.06	0.03
ATM Strike (Put)	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.09	0.06	0.03	0.08	0.05	0.03
OTM Strike (Call)	0.09	0.06	0.04	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.04	0.08	0.05	0.03
OTM Strike (Put)	0.10	0.06	0.04	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.04
ITM Strike (Call)	0.09	0.06	0.03	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03
ITM Strike (Put)	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03
Delta Neutral	0.12	0.08	0.05	0.08	0.05	0.03	0.08	0.05	0.03	0.09	0.06	0.03

Sumber: Hasil olahan penulis

Tabel 4.19. Rangkuman *Blanco-Ihle Quadratic Score*

Quadratic Score ~ HS			Quadratic Score ~ MCS		
95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
0.28	0.21	0.16	0.08	0.05	0.03

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.8 Analisis Portofolio

Hasil *backtesting* dilakukan menggunakan empat pengujian yaitu *Kupiec Test*, *Basel Zone*, *Conditional Coverage Test* dan *Mixed Kupiec Test*. Pada bagian ini akan dilihat hasil *backtest* terhadap masing-masing portofolio baik untuk metode HS dan MCS. Tabel 4.20 menunjukkan banyaknya hasil “*rejection*” untuk metode HS. Dari hasil ini portofolio *Long Vega USD Call / IDR Put* dan *In-The-Money Strike USD Call / IDR* memberikan hasil yang paling baik karena menghasilkan banyaknya *rejection* yang paling sedikit, yaitu sebanyak tujuh kali. Sedangkan portofolio *In-The-Money Strike USD Put / IDR Call* memberikan hasil yang paling buruk karena menghasilkan banyaknya *rejection* yang paling banyak, yaitu sebanyak delapan belas kali.

Tabel 4.20. Rangkuman *Total Rejection* Per Portofolio – Metode HS

HS	Kupiec Test	Basel Zone	Conditional	Mixed Test	Total
Long Gamma (Call)	2	1	2	3	8
Long Gamma (Put)	5	2	2	7	16
Short Gamma (Call)	2	0	3	6	11
Short Gamma (Put)	3	0	3	3	9
Long Vega (Call)	1	0	2	4	7
Long Vega (Put)	4	0	3	7	14
Short Vega (Call)	3	0	3	6	12
Short Vega (Put)	5	1	4	6	16
ATM Strike (Call)	2	0	3	7	12
ATM Strike (Put)	4	0	4	7	15
OTM Strike (Call)	3	0	1	6	10
OTM Strike (Put)	3	0	4	6	13
ITM Strike (Call)	0	2	0	5	7
ITM Strike (Put)	5	1	5	7	18
Delta Neutral	2	0	2	7	11

Sumber: Hasil olahan penulis

Tabel 4.21 menunjukkan banyaknya hasil “*rejection*” untuk metode MCS. Dari hasil ini portofolio *Long Gamma USD Put / IDR Call* dan *Out-of-The-Money*

USD Call / IDR Put memberikan hasil yang paling baik karena tidak menghasilkan *rejection* sama sekali. Sedangkan portofolio *Short Vega USD Call / IDR Put* memberikan hasil yang paling buruk karena menghasilkan banyaknya *rejection* yang paling banyak, yaitu sebanyak sembilan belas kali.

Tabel 4.21. Rangkuman *Total Rejection* Per Portofolio – Metode MCS

MCS	Kupiec Test	Basel Zone	Conditio nal	Mixed Test	Total
Long Gamma (Call)	1	0	1	2	4
Long Gamma (Put)	0	0	0	0	0
Short Gamma (Call)	1	3	2	6	12
Short Gamma (Put)	0	1	1	1	3
Long Vega (Call)	0	0	0	1	1
Long Vega (Put)	0	0	0	2	2
Short Vega (Call)	3	3	5	8	19
Short Vega (Put)	0	3	0	1	4
ATM Strike (Call)	0	0	0	2	2
ATM Strike (Put)	0	0	0	1	1
OTM Strike (Call)	0	0	0	0	0
OTM Strike (Put)	1	0	1	2	4
ITM Strike (Call)	0	1	0	3	4
ITM Strike (Put)	1	2	1	3	7
Delta Neutral	0	4	0	3	7

Sumber: Hasil olahan penulis

Tabel 4.22 memperlihatkan nilai rata-rata *Blanco-Ihle Quadratic Score* untuk masing-masing portofolio. Dari tabel terlihat bahwa untuk metode HS posisi *Long Gamma USD Put / IDR Call* memberikan hasil yang paling baik karena mempunyai nilai *Blanco-Ihle Quadratic Score* yang paling kecil (0.127) dan portofolio *Short Vega USD Put / IDR Call* memberikan hasil yang paling buruk. Sedangkan untuk metode MCS posisi *Long Gamma USD Call / IDR Put* memberikan hasil yang paling baik dengan nilai *score* sebesar 0.041 dan portofolio *Short Gamma USD Call / IDR Put* memberikan hasil yang paling buruk.

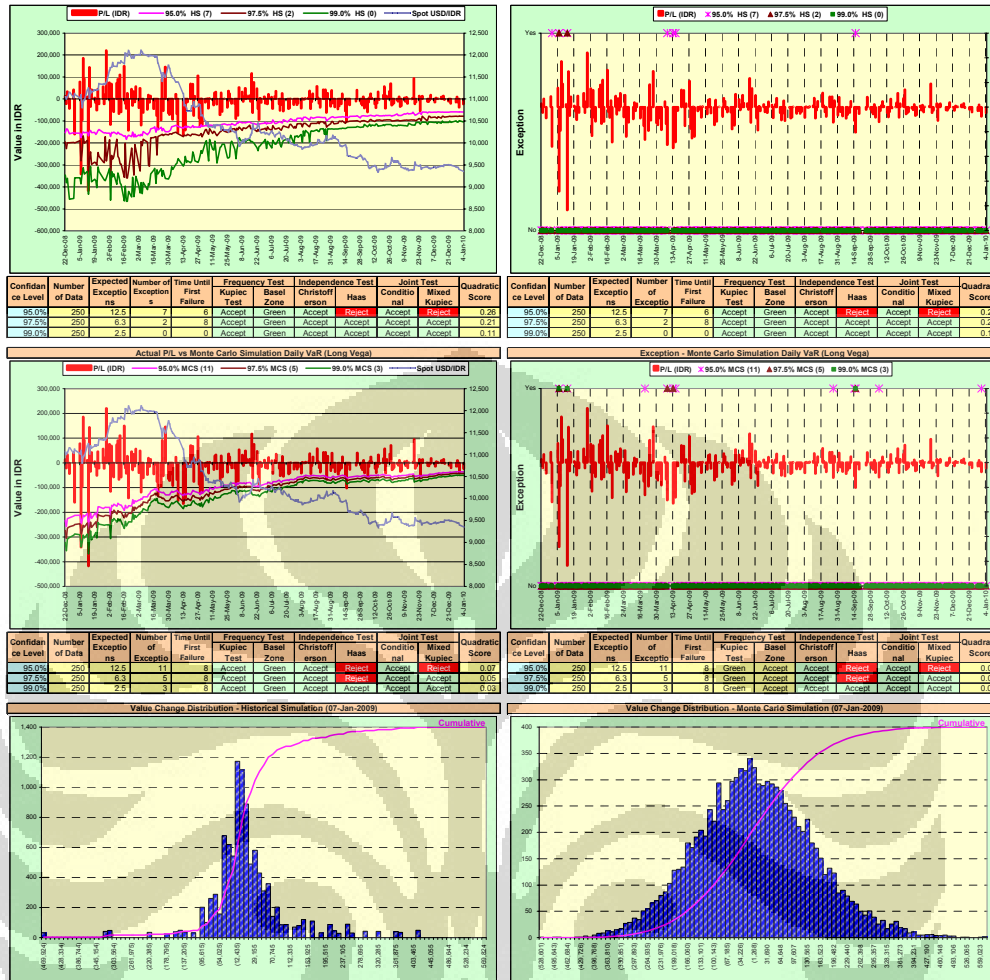
Tabel 4.22. Hasil *Average Blanco-Ihle Quadratic Score* Per Periode

HS	HS	MCS
Long Gamma (Call)	0.130	0.041
Long Gamma (Put)	0.127	0.045
Short Gamma (Call)	0.190	0.069
Short Gamma (Put)	0.257	0.065
Long Vega (Call)	0.147	0.048
Long Vega (Put)	0.187	0.052
Short Vega (Call)	0.243	0.067
Short Vega (Put)	0.346	0.060
ATM Strike (Call)	0.179	0.055
ATM Strike (Put)	0.266	0.056
OTM Strike (Call)	0.228	0.058
OTM Strike (Put)	0.290	0.059
ITM Strike (Call)	0.173	0.055
ITM Strike (Put)	0.225	0.054
Delta Neutral	0.268	0.062

Sumber: Hasil olahan penulis

Rangkuman hasil *backtest* dan *Blanco-Ihle Quadratic Score* dalam bentuk tabel untuk setiap portofolio dan *confidence level* dapat dilihat pada Lampiran 2 sampai dengan Lampiran 9. Sedangkan hasil detil per portofolio dalam bentuk grafik ditunjukkan pada Lampiran 10 sampai dengan Lampiran 69. Gambar 4.1 memperlihatkan contoh hasil metode HS dan MCS untuk portofolio *Short Vega USD Call / IDR Put* pada periode 2 (22-Dec-2008 sampai dengan 4-Jan-2010).

Grafik paling atas pada Gambar 4.1 memperlihatkan hasil *backtest* dan *Blanco-Ihle Quadratic Score* untuk metode HS (kiri) dan *binary indicator* dari terjadinya *exception* untuk metode HS (kanan). Gambar di tengah memperlihatkan hasil *backtest* dan *Blanco-Ihle Quadratic Score* untuk metode MCS (kiri) dan *binary indicator* dari terjadinya *exception* untuk metode MCS (kanan). Sedangkan grafik paling bawah memperlihatkan *value change distribution* untuk metode HS (kiri) dan metode MCS (kanan) untuk tanggal dengan perubahan absolut kurs USD/IDR terbesar. Pada periode tersebut ditunjukkan *value change distribution* untuk tanggal 7 Januari 2009 karena perubahan absolut kurs USD/IDR paling besar yaitu sebesar 2,60%.



Gambar 4.1. Hasil Backtest – Short Vega (Put) Periode 2

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.9 Analisis Keakuratan Model VaR

Pada bagian sebelumnya dilakukan analisis dari masing-masing model VaR. Pada bagian ini dilakukan analisis komparasi metode HS dan MCS. Untuk membandingkan keakuratan ke dua metode tersebut digunakan *Blanco-Ihle Quadratic Score* dan *Sign Test*. Selain itu dilakukan analisis perbedaan nilai estimasi VaR terhadap ke dua model tersebut serta komparasi waktu yang diperlukan untuk melakukan estimasi nilai VaR yang akan dijelaskan pada bagian berikutnya.

Tabel 4.23. Rangkuman Rata-rata Banyaknya *Exception*

Period	HS			MCS		
	95%	97.5%	99%	95%	97.5%	99%
17-Dec-2007 - 19-Dec-2008	12.9	6.4	2.5	11.5	7.2	4.2
22-Dec-2008 - 04-Jan-2010	4.7	1.1	0.0	9.2	4.3	1.2
05-Jan-2010 - 05-Jan-2011	5.1	1.8	0.3	9.3	5.3	2.5
30-Dec-2010 - 29-Dec-2011	15.7	8.6	2.0	12.8	7.8	2.6
Total Exception	38.3	17.9	4.8	42.8	24.7	10.5

Sumber: Hasil olahan penulis

Adapun rata-rata banyaknya *exception* model HS dan MCS untuk masing-masing periode ditunjukkan pada Tabel 4.23. Terlihat bahwa secara rata-rata banyaknya *exception* untuk metode HS lebih sedikit dibandingkan dengan metode MCS untuk semua *confidence level*. Sedangkan rangkuman banyaknya *rejection* dari hasil *backtesting* ditunjukkan pada Tabel 4.24. Hasil ini bertolak belakang dengan hasil banyaknya *exception* seperti pada Table 4.23. Walaupun secara rata-rata banyaknya *exception* untuk model HS lebih sedikit daripada model MCS, akan tetapi justru banyaknya *rejection* untuk model HS lebih banyak (179) daripada model MCS (70).

Tabel 4.24. Rangkuman Hasil *Backtest* – *Total Rejection*

Period	Kupiec Test		Basel Zone		Conditional Coverage Test		Mixed Kupiec Test		Total Rejection	
	HS	MCS	HS	MCS	HS	MCS	HS	MCS	HS	MCS
17-Dec-2007 - 19-Dec-2008	1	4	2	10	5	3	24	11	32	28
22-Dec-2008 - 04-Jan-2010	24	1	0	0	16	2	26	5	66	8
05-Jan-2010 - 05-Jan-2011	17	1	0	1	16	4	19	9	52	15
30-Dec-2010 - 29-Dec-2011	2	1	5	6	4	2	18	10	29	19
Total Rejection	44	7	7	17	41	11	87	35	179	70

Sumber: Hasil olahan penulis

Pada tabel definisi *rejection* untuk *Basel Zone* adalah apabila berada pada zona kuning atau merah. *Total Rejection* (banyaknya *rejection* keseluruhan) pada metode HS lebih besar dibandingkan dengan metode MCS untuk semua periode data. Bahkan untuk Periode 2 (22-Dec-2008 sampai 4-Jan-2010), banyaknya *rejection* untuk metode HS sekitar delapan kali lipat dibanding banyaknya *rejection* untuk metode MCS (66 *rejection* dibandingkan dengan delapan *rejection*).

Tabel 4.25. Rangkuman Hasil *Backtest* – *Sign Test*

Period	Kupiec Test		Basel Zone		Conditional Coverage Test		Mixed Kupiec Test		Sign Test (Overall)	
	HS	MCS	HS	MCS	HS	MCS	HS	MCS	HS	MCS
17-Dec-2007 - 19-Dec-2008	4	1	9	1	2	4	3	16	18	22
22-Dec-2008 - 04-Jan-2010	0	23	0	0	0	14	0	21	0	58
05-Jan-2010 - 05-Jan-2011	1	17	1	0	3	15	3	13	8	45
30-Dec-2010 - 29-Dec-2011	1	2	4	3	2	4	2	10	9	19
All Periods	6	43	14	4	7	37	8	60	35	144
Sign Test p-value	0.0%		1.5%		0.0%		0.0%		0.0%	

Sumber: Hasil olahan penulis

Pada metode *Sign Test* dihitung banyaknya hasil *backtest* yang lebih baik untuk masing-masing metode. Apabila pada periode tertentu dan portofolio tertentu diperoleh hasil “*Accept*” untuk metode HS tetapi hasil “*Reject*” untuk metode MCS maka dalam kejadian ini dianggap metode HS lebih baik dari metode MCS. Begitu pula sebaliknya. Sedangkan apabila mempunyai hasil yang sama maka hasilnya diabaikan (*tie*). Tabel 4.25 menunjukkan rangkuman hasil *Sign Test*. Dari tabel terlihat bahwa dengan menggunakan *Kupiec Test*, terdapat enam kasus di mana banyaknya hasil *Kupiec Test* lebih baik untuk metode HS dibandingkan dengan metode MCS. Sedangkan banyaknya hasil *Kupiec Test* yang lebih baik untuk metode MCS dibandingkan dengan metode HS ada 43 kasus. Dari hasil ini diperoleh nilai *p-value* adalah sebesar 0,0% untuk *Kupiec Test*, *Conditional Coverage Test* dan *Mixed Kupiec Test*. Hal ini artinya bahwa dengan *significance level* sebesar 5%, kita menolak H_0 yaitu $p \leq 0,5$ dan menerima H_1 yaitu $p > 0,5$, di mana p adalah besarnya probabilitas metode MCS lebih baik dari metode HS. Atau dapat disimpulkan bahwa dengan *significance level* sebesar 5% bahkan 1% pun, metode MCS lebih baik dari metode HS berdasarkan *Kupiec Test*, *Conditional Coverage Test* dan *Mixed Kupiec Test*. Untuk *Basel Zone Test* nilai *p-value* sebesar 1,5% yang artinya dengan *significance level* sebesar 5%, kita menolak H_0 yaitu $p \leq 0,5$ dan menerima H_1 yaitu $p > 0,5$. Akan tetapi nilai p di sini adalah besarnya probabilitas metode HS lebih baik dari metode MCS karena metode HS mempunyai 14 kejadian yang lebih baik dibandingkan dengan metode MCS sedangkan metode MCS hanya mempunyai 4 kejadian yang lebih baik dibandingkan dengan metode HS. Oleh karena itu, untuk *Basel Zone* dapat disimpulkan bahwa dengan *significance level* sebesar 5%, metode HS lebih baik dari metode MCS. Sedangkan apabila kita gabungkan semua *backtest* tersebut

diperoleh hasil bahwa terdapat 35 kasus di mana banyaknya hasil *backtest* lebih baik untuk metode HS dibandingkan dengan metode MCS dan terdapat 144 kasus di mana banyaknya hasil *backtest* lebih baik untuk metode MCS dibandingkan dengan metode HS. Nilai *p-value* adalah sebesar 0,0% yang artinya secara keseluruhan (*overall*) dengan *significance level* sebesar 5% bahkan 1% pun, metode MCS lebih baik dari metode HS.

Tabel 4.26. Hasil *Quadratic Score* Per Periode

Period	Quadratic Score	
	HS	MCS
17-Dec-2007 - 19-Dec-2008	0	45
22-Dec-2008 - 04-Jan-2010	0	45
05-Jan-2010 - 05-Jan-2011	0	45
30-Dec-2010 - 29-Dec-2011	0	45
All Periods	0	180
Sign Test p-value	0.0%	

Sumber: Hasil olahan penulis

Dari Tabel 4.19 terlihat jelas bahwa metode MCS mempunyai nilai *Blanco-Ihle Quadratic Score* jauh lebih kecil dibandingkan dengan metode HS untuk semua *confidence level*. Sedangkan Tabel 4.26 menunjukkan hasil *Sign Test* terhadap nilai *Blanco-Ihle Quadratic Score*. Dari tabel ini diperoleh nilai *p-value* sama dengan 0%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan dengan *significance level* 5% atau bahkan 1% pun metode MCS lebih baik dibandingkan dengan metode HS dengan menggunakan *Blanco-Ihle Quadratic Score*.

4.4.10 Analisis Perbedaan Nilai VaR

Tabel 4.27 memperlihatkan *relative percentage* estimasi nilai VaR dalam prosentase. Untuk portofolio *Long Gamma* pada Periode 1 dengan *confidence level* 95% menunjukkan nilai negatif 37% yang artinya bahwa nilai 95% HS VaR lebih rendah 37% dibandingkan dengan nilai 95% MCS VaR. Hal ini juga sama artinya bahwa nilai HS VaR sama dengan 63% dari nilai MCS VaR. Dari table juga terlihat bahwa nilai rata-rata 95% HS VaR dan 97,5% HS VaR lebih rendah pada periode 1 dan periode 4 saja. Sedangkan untuk periode 3 dan periode 4, nilai HS VaR lebih tinggi dari nilai MCS VaR untuk semua *confidence level*. Nilai

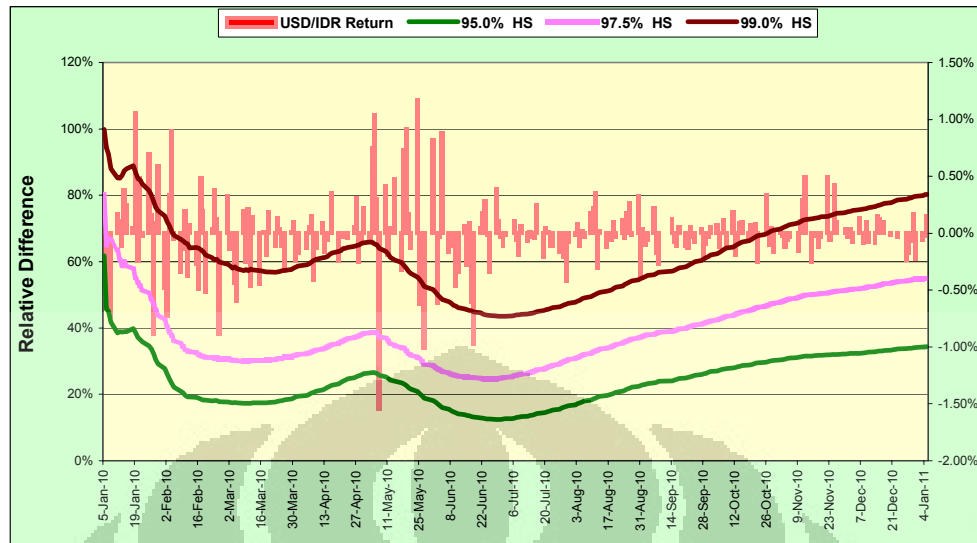
relative percentage HS VaR dibandingkan dengan MCS VaR berada pada selang -51% sampai dengan 105%. Hal ini berarti juga bahwa nilai HS VaR berada antara 49% sampai dengan 205% dari nilai MCS VaR. Akan tetapi secara rata-rata, nilai HS VaR sama dengan 118% dari nilai MCS VaR atau lebih tinggi 18%. Dari hasil ini tidak mengherankan apabila ternyata secara rata-rata banyaknya *exception* metode HS lebih sedikit dibandingkan dengan model MCS.

Tabel 4.27. Rangkuman Perbedaan Nilai VaR

HS vs MCS	17-Dec-2007 ~ 19-Dec-2008			22-Dec-2008 ~ 04-Jan-2010			05-Jan-2010 ~ 05-Jan-2011			30-Dec-2010 ~ 29-Dec-2011		
	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%	95.0%	97.5%	99.0%
Long Gamma (Call)	-37%	-32%	-18%	6%	26%	37%	32%	39%	39%	-33%	-23%	-12%
Long Gamma (Put)	-28%	-11%	2%	18%	37%	71%	25%	40%	55%	-22%	-17%	-15%
Short Gamma (Call)	-6%	4%	13%	45%	59%	70%	37%	56%	91%	-14%	5%	56%
Short Gamma (Put)	-20%	2%	24%	17%	41%	59%	38%	51%	82%	-27%	-22%	30%
Long Vega (Call)	-31%	-25%	-15%	11%	31%	66%	26%	32%	43%	-30%	-19%	-12%
Long Vega (Put)	-29%	-14%	11%	11%	37%	78%	19%	30%	43%	-29%	-28%	-22%
Short Vega (Call)	0%	14%	23%	38%	57%	62%	34%	55%	80%	-19%	14%	45%
Short Vega (Put)	-12%	1%	14%	24%	36%	86%	27%	43%	67%	-38%	-30%	36%
ATM Strike (Call)	-15%	-5%	4%	27%	44%	57%	33%	47%	66%	-22%	-4%	20%
ATM Strike (Put)	-24%	-9%	16%	20%	39%	82%	20%	33%	48%	-38%	-32%	18%
OTM Strike (Call)	-20%	-9%	2%	24%	44%	62%	29%	42%	62%	-25%	-2%	18%
OTM Strike (Put)	-32%	-18%	8%	20%	41%	81%	15%	26%	39%	-51%	-40%	18%
ITM Strike (Call)	-20%	-9%	1%	25%	40%	52%	37%	52%	70%	-21%	-4%	16%
ITM Strike (Put)	-21%	-3%	17%	19%	40%	75%	29%	43%	62%	-26%	-21%	2%
Delta Neutral	-19%	-5%	22%	35%	56%	105%	11%	29%	47%	-35%	-16%	51%
Minimum	-37%	-32%	-18%	6%	26%	37%	11%	26%	39%	-51%	-40%	-22%
Maximum	0%	14%	24%	45%	59%	105%	38%	56%	91%	-14%	14%	56%
Average	-21%	-8%	8%	23%	42%	70%	27%	41%	60%	-29%	-16%	17%
Minimum	-51%											
Maximum	105%											
Average	18%											

Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 10 sampai dengan Lampiran 69 memperlihatkan grafik *relative percentage* metode HS relatif terhadap metode MCS. Gambar 4.2 adalah contoh untuk portofolio *Short Vega USD Call / IDR Put* pada Periode 3. Sumbu vertikal kiri menunjukkan perbedaan *relative percentage*, sedangkan sumbu vertikal kanan menunjukkan *USD/IDR return*. Nilainya untuk *confidence level* 95% adalah sekitar 35%, 97,5% sekitar 55% dan 99% sekitar 80%. Artinya secara rata-rata 95% HS VaR kira-kira sama dengan 135% dari 95% MCS VaR, 97,5% HS VaR kira-kira sama dengan 155% dari 97,5% MCS VaR dan 99% HS VaR kira-kira sama dengan 180% dari 99% MCS VaR. Dari hasil simulasi secara keseluruhan diperoleh bahwa untuk semua kasus, semakin tinggi *confidence level* maka nilai *relative percentage* HS VaR dibandingkan dengan MCS VaR juga semakin tinggi.



Gambar 4.2. Perbedaan Nilai Relatif Model HS terhadap MCS

Sumber: Hasil olahan penulis

4.4.11 Analisis Waktu Proses Estimasi VaR

Tabel 4.28 menunjukkan waktu yang diperlukan untuk melakukan perhitungan masing-masing sebanyak 250 hari. Nilai *Sum* adalah waktu yang diperlukan dalam detik untuk menyelesaikan semua portofolio untuk masing-masing metode. Nilai *Average* adalah waktu rata-rata yang diperlukan dalam detik untuk masing-masing metode dan masing-masing periode. Nilai *Total Average* adalah waktu rata-rata yang diperlukan dalam detik untuk masing-masing metode terhadap semua periode. Metode HS memerlukan waktu rata-rata 5,66 detik untuk melakukan simulasi 250 hari, di mana setiap hari dilakukan iterasi sebanyak 10.000 kali. Sedangkan Metode MCS memerlukan waktu rata-rata 19,52 detik untuk melakukan simulasi 250 hari, di mana setiap hari juga dilakukan iterasi sebanyak 10.000 kali. Oleh karena itu secara rata-rata waktu proses metode MCS memerlukan waktu $19,52/5,66$ sama dengan 3,45 kali lipat dibandingkan dengan metode HS.

Tabel 4.28. Waktu Proses Per Periode (Dalam Detik)

Process Time	Period 1		Period 2		Period 3		Period 4	
	HS	MCS	HS	MCS	HS	MCS	HS	MCS
Long Gamma (Call)	5.45	19.39	5.61	19.44	5.62	19.44	5.48	19.41
Long Gamma (Put)	5.48	19.39	5.54	19.36	5.71	19.47	5.48	19.41
Short Gamma (Call)	5.48	19.45	5.50	19.47	5.56	19.50	5.44	19.50
Short Gamma (Put)	5.47	19.38	5.40	19.45	5.55	19.36	5.55	19.44
Long Vega (Call)	5.68	19.44	5.63	19.47	5.69	19.50	5.55	19.39
Long Vega (Put)	5.62	19.37	5.51	19.42	5.60	19.39	5.55	19.50
Short Vega (Call)	5.62	19.42	5.55	19.52	5.61	19.38	5.61	19.45
Short Vega (Put)	5.49	19.44	5.63	19.36	5.67	19.44	5.63	19.53
ATM Strike (Call)	5.55	19.42	5.61	19.38	5.65	19.47	5.56	19.47
ATM Strike (Put)	5.61	19.44	5.48	19.38	5.63	19.45	5.50	19.46
OTM Strike (Call)	5.53	19.22	5.63	19.41	5.57	19.36	5.52	19.39
OTM Strike (Put)	5.37	19.19	5.37	19.35	5.44	19.31	5.51	19.36
ITM Strike (Call)	5.51	19.24	5.62	19.39	5.58	19.21	5.53	19.39
ITM Strike (Put)	5.57	19.24	5.54	19.50	5.44	19.38	5.52	19.34
Delta Neutral	6.98	21.07	7.00	21.18	7.26	21.01	7.33	21.12
Sum	84.40	292.09	84.60	293.07	85.58	292.64	84.76	293.16
Average	5.63	19.47	5.64	19.54	5.71	19.51	5.65	19.54
Total Average	5.66	19.52	5.66	19.52	5.66	19.52	5.66	19.52

Sumber: Hasil olahan penulis

4.5 Rangkuman Hasil Empirik

Dari hasil empirik di atas maka rangkuman hasil dari penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.29 dan Tabel 4.30. Tabel 4.29 memberikan rangkuman hasil *backtest* dan *Blanco-Ihle Quadratic Score* per masing-masing model VaR. Sedangkan komparasi dari model HS dan model MCS dirangkumkan pada Tabel 4.30.

Tabel 4.29. Ringkasan Hasil Penelitian – Masing-Masing Model VaR

		Tujuan	Metode	Hasil
Masing-Masing Model VaR	1	Perbandingan keakuratan metode HS dengan berbagai <i>confidence level</i> terhadap berbagai portofolio dan periode	<i>Kupiec</i>	<i>Confidence level</i> 99% memberikan hasil yang terbaik
			<i>Basel Zone</i>	<i>Confidence level</i> 99% memberikan hasil yang terbaik
			<i>Conditional Coverage</i>	<i>Confidence level</i> 99% memberikan hasil yang terbaik
			<i>Mixed Test</i>	<i>Confidence level</i> 99% memberikan hasil yang terbaik
			<i>Quadratic Score</i>	<i>Confidence level</i> 99% memberikan hasil yang terbaik
		Perbandingan keakuratan metode MCS dengan berbagai <i>confidence level</i> terhadap berbagai portofolio dan periode	<i>Kupiec</i>	Semua <i>confidence level</i> memberikan hasil yang hampir sama
	<i>Basel Zone</i>		<i>Confidence level</i> 95% memberikan hasil yang terbaik	
	<i>Conditional Coverage</i>		<i>Confidence level</i> 99% memberikan hasil yang terbaik	
	<i>Mixed Test</i>		<i>Confidence level</i> 99% memberikan hasil yang terbaik	
	2	Perbandingan keakuratan metode HS dengan berbagai portofolio terhadap berbagai <i>confidence level</i> dan periode	Banyaknya <i>Rejection</i>	Portofolio <i>Long Vega</i> USD Call / IDR Put dan <i>In-The-Money Strike</i> USD Call / IDR memberikan hasil terbaik. Sedangkan portofolio <i>In-The-Money Strike</i> USD Put / IDR Call memberikan hasil yang terburuk.
			<i>Blanco-Ihle Quadratic Score</i>	Portofolio <i>Long Gamma</i> USD Put / IDR Call memberikan hasil terbaik. Sedangkan portofolio <i>Short Vega</i> USD Put / IDR Call memberikan hasil yang terburuk.
		Perbandingan keakuratan metode MCS dengan berbagai portofolio terhadap berbagai <i>confidence level</i> dan periode	Banyaknya <i>Rejection</i>	Portofolio <i>Long Gamma</i> USD Put / IDR Call dan <i>Out-of-The-Money</i> USD Call / IDR Put memberikan hasil terbaik. Sedangkan portofolio <i>Short Vega</i> USD Call / IDR Put memberikan hasil terburuk.
<i>Blanco-Ihle Quadratic Score</i>			Portofolio <i>Long Gamma</i> USD Call / IDR Put memberikan hasil terbaik. Sedangkan portofolio <i>Short Gamma</i> USD Call / IDR Put memberikan hasil yang terburuk.	

Sumber: Hasil olahan penulis

Tabel 4.30. Ringkasan Hasil Penelitian – Komparasi Model VaR

Tujuan		Metode	Hasil	
Komparasi Model VaR	3	Perbandingan keakuratan metode HS dengan MCS untuk berbagai <i>confidence level</i> , portofolio dan periode	<i>Kupiec</i>	Metode MCS memberikan hasil yang lebih akurat
			<i>Basel Zone</i>	Metode HS memberikan hasil yang lebih akurat
			<i>Conditional Coverage</i>	Metode MCS memberikan hasil yang lebih akurat
			<i>Mixed Test</i>	Metode MCS memberikan hasil yang lebih akurat
			<i>Quadratic Score</i>	Metode MCS memberikan hasil yang lebih akurat
			Keseluruhan	Metode MCS memberikan hasil yang lebih akurat
	4	Perbandingan nilai estimasi HS relatif terhadap MCS untuk berbagai <i>confidence level</i> , portofolio dan periode	<i>Relative Percentage</i>	Nilai <i>relative percentage</i> HS VaR dibandingkan dengan MCS VaR berada pada selang -51% sampai dengan 105%. Hal ini berarti juga bahwa nilai HS VaR berada antara 49% sampai dengan 205% dari nilai MCS VaR. Akan tetapi secara rata-rata, nilai HS VaR sama dengan 118% dari nilai MCS VaR atau lebih tinggi 18%.
				Semakin tinggi <i>confidence level</i> maka nilai <i>relative percentage</i> HS VaR dibandingkan dengan MCS VaR juga semakin tinggi.
	5	Perbandingan waktu yang diperlukan dalam perhitungan nilai VaR untuk metode HS dan MCS	Rasio Waktu Proses	Secara rata-rata model MCS memerlukan waktu 3,45 kali lipat dibandingkan dengan model HS. Atau model MCS memerlukan waktu 245% lebih lama dibandingkan dengan model HS.

Sumber: Hasil olahan penulis

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan dari penelitian ini terhadap model *Age-Weighted Bootstrapped Historical Simulation* (HS) dan *Monte Carlo Simulation* (MCS) dibagi menjadi lima bagian sesuai dengan tujuan penelitian pada bagian 1.3 seperti di bawah ini.

1. Perbandingan keakuratan HS dan MCS dengan berbagai *confidence level* terhadap berbagai portofolio dan berbagai periode adalah sebagai berikut.
 - Dari hasil *Kupiec Test*, 99% HS VaR memberikan hasil yang paling baik. Sedangkan untuk model MCS memberikan hasil yang hampir sama untuk semua *confidence level*.
 - Dari hasil *Traffic Light Approach Basel Zone*, metode HS dengan *confidence level* 99% memberikan hasil yang paling baik. Sedangkan untuk metode MCS, *confidence level* 95% memberikan hasil yang paling baik.
 - Dari hasil *Conditional Coverage Test*, baik 99% HS VaR dan 99% MCS VaR keduanya memberikan hasil yang paling baik.
 - Dari hasil *Mixed Kupiec Test*, baik 99% HS VaR dan 99% MCS VaR keduanya memberikan hasil yang paling baik.
 - Dari hasil *Blanco-Ihle Quadratic Score*, baik 99% HS VaR dan 99% MCS VaR keduanya memberikan hasil yang paling baik.
2. Perbandingan keakuratan model HS dan MCS terhadap berbagai portofolio dengan berbagai *confidence level* dan periode adalah sebagai berikut.
 - Berdasarkan banyaknya *rejection* dari hasil *backtest* disimpulkan bahwa untuk model HS, portofolio *Long Vega USD Call / IDR Put* dan *In-The-Money Strike USD Call / IDR Put* memberikan hasil terbaik.

Sedangkan portofolio *In-The-Money USD Put / IDR Call* memberikan hasil yang terburuk. Sedangkan untuk model MCS, portofolio *Long Gamma USD Put / IDR Call* dan *Out-of-The-Money USD Call / IDR Put* memberikan hasil terbaik. Sedangkan portofolio *Short Vega USD Call / IDR Put* memberikan hasil terburuk.

- Berdasarkan hasil *Blanco-Ihle Quadratic Score*, untuk model HS, portofolio *Long Gamma USD Put / IDR Call* memberikan hasil terbaik dan portofolio *Short Vega USD Put / IDR Call* memberikan hasil yang terburuk. Sedangkan untuk model MCS, portofolio *Long Gamma USD Call / IDR Put* memberikan hasil terbaik dan portofolio *Short Gamma USD Call / IDR Put* memberikan hasil yang terburuk.
3. Simpulan perbandingan keakuratan model HS dengan model MCS untuk berbagai *confidence level*, portofolio dan periode adalah sebagai berikut.
- Semua metode *backtest* memberikan hasil model MCS lebih baik kecuali apabila menggunakan metode *Basel Zone* di mana metode HS memberikan hasil yang lebih baik.
 - Berdasarkan hasil *Sign Test* terhadap *Kupiec Test*, *Conditional Coverage Test* dan *Mixed Kupiec Test* diperoleh simpulan bahwa dengan *significance level* sebesar 5% (bahkan 1%) model MCS lebih baik dibandingkan dengan model HS. Sedangkan untuk *Basel Zone* diperoleh hasil yang berkebalikan yaitu bahwa dengan *significance level* sebesar 5%, metode HS justru lebih baik dibandingkan dengan metode MCS. Hasil *Sign Test* terhadap *Blanco-Ihle Quadratic Score*, dengan *significance level* sebesar 5% (bahkan 1%) menunjukkan bahwa model MCS lebih baik dibandingkan dengan model HS. Dan akhirnya dari hasil *Sign Test* keseluruhan terhadap ke empat metode *backtest* dan *Blanco-Ihle Quadratic Score* dengan *significance level* sebesar 5% (bahkan 1%) juga menunjukkan bahwa model MCS lebih baik dibandingkan dengan model HS.

4. Simpulan perbandingan nilai estimasi model HS relatif terhadap model MCS untuk berbagai *confidence level*, portofolio dan periode adalah sebagai berikut.

- Estimasi HS VaR tidak berbeda secara signifikan dengan estimasi MCS VaR. Oleh karena secara rata-rata, nilai HS VaR sama dengan 118% dari nilai MCS VaR atau nilai HS VaR lebih tinggi 18%. Nilai *relative percentage* HS VaR dibandingkan dengan MCS VaR berada pada selang -51% sampai dengan 105%. Hal ini berarti juga bahwa nilai HS VaR berada antara 49% sampai dengan 205% dari nilai MCS VaR.
- Semakin tinggi *confidence level* maka nilai *relative percentage* HS VaR dibandingkan dengan MCS VaR juga semakin tinggi.

5. Simpulan perbandingan waktu yang diperlukan dalam perhitungan pada model HS dan model MCS untuk berbagai *confidence level*, portofolio dan periode adalah sebagai berikut.

- Secara rata-rata model MCS memerlukan waktu 3,45 kali lipat dibandingkan dengan model HS. Atau dengan kata lain model MCS memerlukan waktu 245% lebih lama dibandingkan dengan model HS.

5.2 Saran

Adapun saran dari hasil penelitian di atas kepada pengawas perbankan, perbankan, institusi lain serta para peneliti yang berkepentingan adalah sebagai berikut.

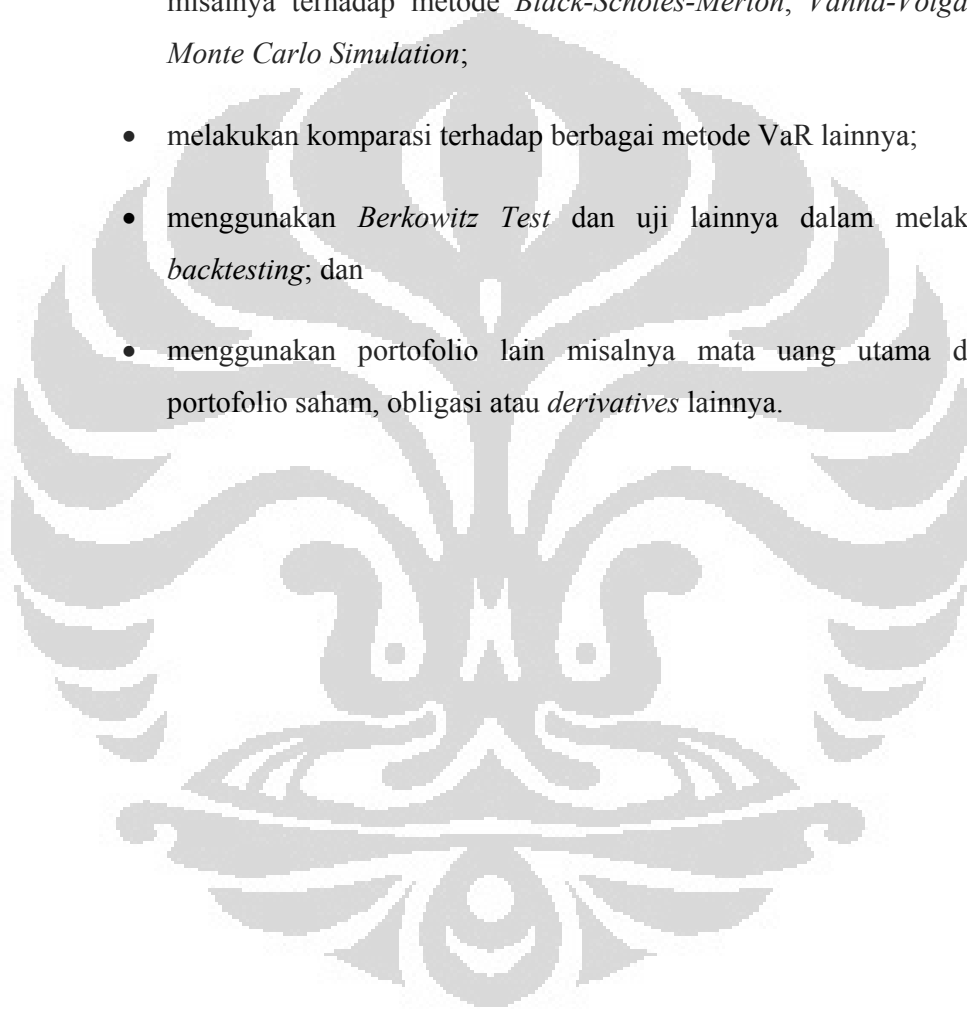
1. Pengawas perbankan khususnya di Indonesia perlu untuk lebih mencermati hasil *backtest* yang dilakukan perbankan karena dengan berbagai alasan sangat mungkin banyak bank melakukan *backtest* hanya berdasarkan satu metode saja sehingga belum tentu mencerminkan keakuratan secara keseluruhan. Sebaiknya *backtest* yang dilakukan tidak

hanya berdasarkan banyaknya *exception* yang terjadi, tetapi juga independensinya dan juga besarnya *exception* tersebut. Selain itu, perlu disarankan kepada perbankan untuk melakukan pengujian model tidak hanya terhadap transaksi yang telah dilakukan tetapi juga terhadap berbagai transaksi yang mungkin dilakukan di masa mendatang sehingga hasil pengujian akurasi model lebih antisipatif.

2. Bank-bank di Indonesia yang akan menggunakan *Internal Model Method* dengan hasil *backtesting* mengacu pada *Traffic Light Approach – Basel Zone* disarankan untuk perlu melakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan besarnya *confidence level* karena apabila menggunakan *confidence level 99%* khususnya untuk model MCS memberikan hasil yang paling buruk. Selain itu dari hasil penelitian ini ternyata model HS lebih baik dibandingkan dengan model MCS.
3. Institusi yang banyak melakukan transaksi FX Options khususnya terhadap USD/IDR disarankan menggunakan metode MCS untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat berdasarkan analisis *Sign Test* terhadap empat metode *backtest* dan *Blanco-Ihle Quadratic Score*. Selain itu perlu dilakukan analisis *cost/benefit* mengingat waktu yang diperlukan untuk perhitungan MCS VaR lebih dari tiga kali lipat dibandingkan dengan perhitungan HS VaR, tentu saja apabila transaksi yang dilakukan sangat banyak dan melibatkan banyak transaksi *derivatives* yang lebih kompleks.
4. Institusi yang akan memilih suatu metode perhitungan VaR sebaiknya melakukan penelitian terlebih dahulu mengenai karakteristik transaksi yang akan dilakukan sehingga dapat menetapkan model VaR yang paling sesuai untuk institusinya. Yang perlu diperhatikan antara lain pemilihan metode VaR, penentuan parameter dalam model VaR, penetapan *confidence level* dengan memperhitungkan berbagai kemungkinan transaksi yang dilakukan serta memperhitungkan berbagai kondisi pasar yang mungkin terjadi.

5. Mengingat pembatasan yang dilakukan pada penelitian ini adalah menarik untuk dilakukan penelitian lanjutan sebagai berikut:

- memperhitungkan *volatility smile* dalam melakukan valuasi portofolio *FX Options*;
- melakukan komparasi terhadap berbagai metode valuasi *FX options* misalnya terhadap metode *Black-Scholes-Merton*, *Vanna-Volga* dan *Monte Carlo Simulation*;
- melakukan komparasi terhadap berbagai metode VaR lainnya;
- menggunakan *Berkowitz Test* dan uji lainnya dalam melakukan *backtesting*; dan
- menggunakan portofolio lain misalnya mata uang utama dunia, portofolio saham, obligasi atau *derivatives* lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

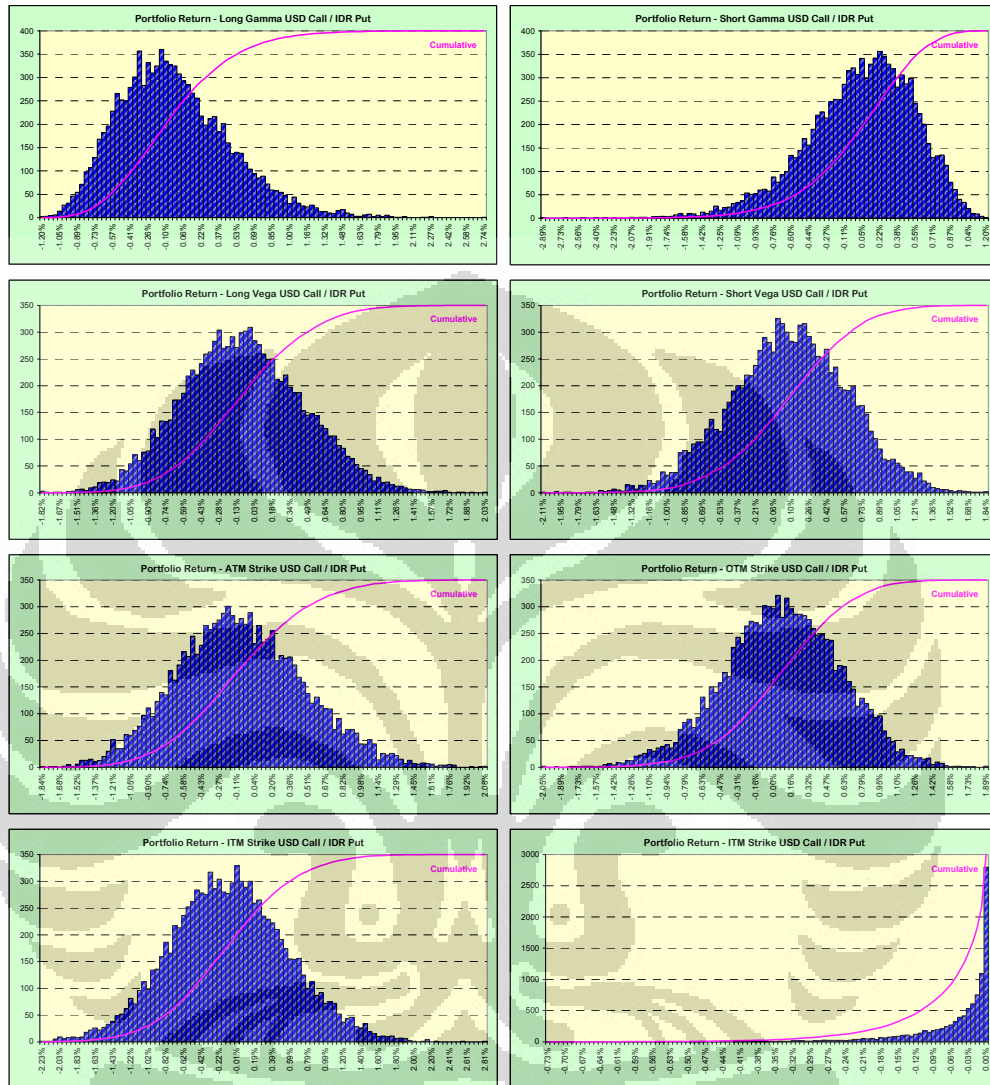
- Alexander, Carol (2008a). *Market risk analysis I, quantitative methods in finance*, Wiley.
- Alexander, Carol (2008b). *Market risk analysis II, practical financial econometrics*, Wiley.
- Alexander, Carol (2008c). *Market risk analysis III, hedging and trading financial instruments*, Wiley.
- Alexander, Carol (2008d). *Market risk analysis IV, Value-at-Risk models*, Wiley.
- Alexander, S., T.F. Coleman, Y. Li (2006). Minimizing CVaR and VaR for a portfolio of derivatives. *Journal of Banking & Finance*, 30, 583–605. Elsevier.
- Alexander, Siddharth Rajan (January 2007). CVaR and VaR for a portfolio of derivatives. *Dissertations and Theses*. ProQuest.
- Bader, Tanya Styblo (September/October 1995). VaR: seductive but dangerous, *Financial Analysts Journal*.
- Bank for International Settlements (Desember 2010). *Triennial central bank survey, report on global foreign exchange market activity in 2010*. <http://www.bis.org/publ/rpfx10t.pdf>.
- Basel Committee on Banking Supervision (January 1996). *Supervisory framework for the use of “backtesting” in conjunction with the internal models approach to market risk capital requirements*.
- Basel Committee on Banking Supervision (November 2005). *Amendment to the capital accord to incorporate market risks*.
- BIS Quarterly Review (June 2012). *Amounts outstanding of OTC foreign exchange derivatives*. <http://www.bis.org/statistics/otceder/dt20b20c.pdf>.
- Bormetti, Giacomo, Enrica Cisanaa, Guido Montagnaa, Oreste Nicosini (2007). A non-gaussian approach to risk measures. *Physica A*, 376, 532–542. Elsevier.
- Britten-Jones, Mark, Stephen M. Schaefer (1999). Non-linear Value-at-Risk, *European Finance Review*.
- Brooks, C., A.D. Clare, J.W. Dalle Molle, G. Persand (2005). A comparison of extreme value theory approaches for determining Value at Risk. *Journal of Empirical Finance*, 12, 339– 352. Elsevier.
- Bystrom, Hans N.E. (2004). Managing extreme risks in tranquil and volatile markets using Conditional Extreme Value Theory. *International Review of Financial Analysis*, 13, 133– 152. Elsevier.
- Castagna, Antonio, Fabio Mercurio (2007). The Vanna-Volga Method for Implied Volatilities. *Risk Magazine*.

- Chen, Rong-da, Wang Tao, Chen Rong-feng (2005). *Risk Measurement of FX Options Based on Delta-Gamma-Theta-Fourier-Inversion Model*. School of Management, Huazhong Univ. Of Science and Technology.
- Chin, Wen Cheong (2008). Heavy-tailed Value-at-Risk analysis for Malaysian Stock Exchange. *Physica A*, 387, 4285–4298. Elsevier.
- Chriss, Neil (1997). *Black-Scholes and beyond – option pricing models*. Irwin.
- Christodoulakis, George, Stephen Satchell (2008). *The analytics of risk model validation*. Elsevier.
- Commonwealth Bank of Australia (12 June 2008). *What you need to know foreign exchange*. <http://www.commbank.com.au/business/pds/ADB2632.pdf>.
- Contreas, Patricio (October 2010). Is VaR a useful tool in volatile markets. *Risk Magazine*.
- Costello, Alexandra, Ebenezer Asem, Eldon Gardner (2008). Comparison of historically simulated VaR: evidence from oil prices. *Energy Economics*, 30, 2154–2166. Elsevier.
- Crouhy, Michel, Dan Galai, Robert Mark (2001). *Risk management*. McGraw-Hill.
- Danielsson, Jon (2011). *Financial risk forecasting*. Wiley.
- Das, Satyajit (2006). *Structured products volume 1* (3rd edition). Wiley.
- Dowd, Kevin (2002). A bootstrap backtest. *Risk Magazine*, October 2002.
- Dowd, Kevin (2005). *Measuring market risk* (2nd edition). Wiley.
- Efron, B. (1979). Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Annals of Statistics*, 7 (1): 1-26.
- Engle, James, Marianne Gizycki (1999). Conservatism accuracy and efficiency - comparing VaR models. *Reserve Bank Of Australia*.
- Finger, Christopher (May 2005). Back to backtesting. *RiskMetrics Group*.
- Finger, Christopher (April 2006). How historical simulation made me lazy. *RiskMetrics Group*.
- Gebizlioglu, Omer L., Birdal Şenoğlu, Yeliz Mert Kantar (2011). Comparison of certain Value-at-Risk estimation methods for the two-parameter Weibull loss distribution. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 235, 3304-3314. Elsevier.
- Gregoriou, Greg (2009a). *The VaR implementation handbook*, McGraw-Hill.
- Gregoriou, Greg (2009b). *The VaR modeling handbook*, McGraw-Hill.
- Hendrics, Darryll (April 1996). Evaluation of Value-at-Risk models using historical data. *FRBNY Economic Policy Review*.
- Haug, Espen Gaarder (2007). *The complete guide to option pricing formulas* (2nd edition). McGraw Hill
- Hoflich, Peter (2011). *Banks at Risk* (1st edition). Wiley.

- Hull, John C. (2012). *Options, futures & other derivatives* (8th edition). Prentice Hall.
- Jadhav, Deepak, T. V. Ramanathan (2009). Parametric and non-parametric estimation of Value-at-Risk, *The Journal of Risk Model Validation*, 51-71.
- Jorion, Philippe (2009). *Financial Risk Manager Handbook* (5th edition). Wiley.
- Jorion, Philippe (2001). *Value at Risk – The New Benchmark for Managing Financial Risk* (2nd edition), McGraw Hill.
- King, Michael R., Dagfinn Rime (December 2010), The \$4 trillion question: what explains FX growth since the 2007 survey ? *BIS Quarterly Review*
- Kroese, Dirk, Thomas Taimre, Zdravko I. Botev (2011). *Handbook of Monte Carlo methods*. Wiley.
- Lehar, Alfred (Jan 2000). *Alternative Value-at-Risk models for options*. Department of Business Administration – University of Vienna.
- Lehikoinen, Kimmo (May 2007). *Development of systematic backtesting processes of Value-at-Risk*. Helsinki University of Technology.
- Levin, Richard L, David S. Rubin, (1998). *Statistics for management*. Prentice-Hall.
- Lima, Luiz Renato, Breno Pinheiro N’eri (May 2007). Comparing Value-at-Risk methodologies. *Brazilian Review of Econometrics*.
- Liu, Guochun (2004). *Value at Risk models for a nonlinear hedged portfolio*. Worcester Polytechnic Institute.
- Lind, Douglas A., William G. Marchal, Samuel A. Wathen (2010). *Statistical techniques in business and economics*. McGraw Hill.
- Lu, Chiuling, Sheng-Ching Wu, Lan-Chih Ho (2009). Applying VaR to REITs: a comparison of alternative methods. *Review of Financial Economics*, 18, 97-102. Elsevier.
- Marrison, Chris (2002). *The fundamentals of risk measurement*. McGraw-Hill.
- McMillan, David G., Dimos Kambouroudis (2009). Are RiskMetrics forecasts good enough? Evidence from 31 stock markets. *International Review of Financial Analysis*, 18, 117-124. Elsevier.
- McNeil, Alexander (1996). *Estimating the tails of loss severity distributions using Extreme Value Theory*. Departement Mathematik – ETH Zentrum, Zurich.
- Mina, Jorge, Andrew Ulmer (1999). Delta-Gamma fourways. *RiskMetrics Group*.
- Mina, Jorge, Jerry Yi Xiao (2001). Return to RiskMetrics: the evolution of a standard. *RiskMetrics Group*.
- Morgan Guaranty Trust Company (1996). *RiskMetrics technical document* (4th edition).
- Nieppola, Olli (2009). Backtesting Value-at-Risk models. *Department of Economics – Helsinki School Of Economics*.

- Orhan, Mehmet, Bülent Köksal (2012). A comparison of GARCH models for VaR estimation. *Expert Systems with Applications*, 39, 3582-3592. Elsevier.
- Pearson, Neil (2002). *Risk budgeting*. Wiley.
- Penza, Pietro, Vipul K. Bansal (2001). *Measuring market risk with Value At Risk*. Wiley.
- Petrescu, Mircea (November 2006). A study on the accuracy of reduced-form VaR methods. *Dissertations and Theses*. ProQuest.
- Pichler, Stefan, Karl Selitsch (April 1999). *A comparison of analytical VaR methodologies for portfolios that include options*. Department of Finance - Vienna University of Technology.
- Reichert, Alan, Yih-Wen Shyu (2003). Derivative activities and the risk of international banks: a market index and VaR approach. *International Review of Financial Analysis*, 12, 489–511. Elsevier.
- Resti, Andrea, Adrea Sironi (2007). *Risk management and shareholders' value in banking*. Wiley.
- Shonkwiler, Ronald, Franklin Mendivil (2009). *Explorations in Monte Carlo methods*. Springer.
- Sirr, Gordon, John Garvey, Liam Gallagher (2011). Emerging markets and portfolio foreign exchange risk: an empirical investigation using a Value-at-Risk decomposition technique. *Journal of International Money and Finance*, 30, 1749-1772. Elsevier.
- Taniai, Hiroyuki, Masanobu Taniguchi (2008). Statistical estimation errors of VaR under ARCH returns. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 138, 3568-3577. Elsevier.
- Wilmott, Paul (2006a). *Quantitative finance volume I, mathematical and financial foundation; basic theory of derivatives; risk and return* (2nd edition). Wiley.
- Wilmott, Paul (2006b). *Quantitative finance volume II, exotic contracts and path dependency; fixed income modeling and derivatives; credit risk* (2nd edition). Wiley.
- Wilmott, Paul (2006c). *Quantitative finance volume III, advance topics; numerical methods and programs* (2nd edition). Wiley.
- Wystup, Uwe (2006). *FX options and structured products*. Wiley.
- Wystup, Uwe (2008). *Vanna-Volga pricing*. MathFinance.
- Xiaohua, Fang (2010). *Informativeness of Value-at-Risk disclosure in the banking industry*. University of Toronto.
- Zangari, Peter (1st quarter 1996a). A VaR methodology for portfolios that include options. *RiskMetrics Monitor*.
- Zangari, Peter (3rd quarter 1996b). How accurate is the delta-gamma methodology? *RiskMetrics Monitor*.

Lampiran 1. *Portfolio Return* Berbagai Skenario *Portfolio*



Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 2. Hasil *Backtest* Periode 1 – Portofolio 1 s/d 8

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Kupiec Test	Basel Zone	Christoffersen Test	Conditional Coverage Test	Haas Test	Mixed Test	Quadratic Score
Long Gamma (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.19
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.15
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.10
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.02
Long Gamma (Put)	HS	95.0%	Reject	Yellow	Accept	Accept	Reject	Reject	0.18
		97.5%	Accept	Green	Reject	Accept	Reject	Reject	0.09
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.07
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Short Gamma (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.28
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.19
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.12
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.11
		97.5%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.07
		99.0%	Reject	Yellow	Accept	Accept	Reject	Reject	0.04
Short Gamma (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.34
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.21
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.10
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
Long Vega (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.17
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.13
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.12
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.07
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Long Vega (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.28
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.23
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.22
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Short Vega (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.46
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.46
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.56
	MCS	95.0%	Reject	Yellow	Accept	Reject	Reject	Reject	0.13
		97.5%	Reject	Yellow	Accept	Reject	Reject	Reject	0.08
		99.0%	Reject	Yellow	Accept	Reject	Reject	Reject	0.05
Short Vega (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.48
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.49
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.61
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04

Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 3. Hasil *Backtest* Periode 1 – Portofolio 9 s/d 15

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Kupiec Test	Basel Zone	Christoffersen Test	Conditional Coverage Test	Haas Test	Mixed Test	Quadratic Score
ATM Strike (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.27
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.22
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.21
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ATM Strike (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.41
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.37
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.37
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
OTM Strike (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.40
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.38
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.37
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
OTM Strike (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.50
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.46
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.44
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.10
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
ITM Strike (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.28
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.18
		99.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.14
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.06
		99.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ITM Strike (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.32
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.25
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.24
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Delta Neutral	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.45
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.41
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Reject	0.38
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.12
		97.5%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Reject	Reject	0.08
		99.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Reject	Reject	0.05

Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 4. Hasil *Backtest* Periode 2 – Portofolio 1 s/d 8

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Kupiec Test	Basel Zone	Christoffersen Test	Conditional Coverage Test	Haas Test	Mixed Test	Quadratic Score
Long Gamma (Call)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.21
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.12
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.11
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.02
Long Gamma (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.22
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.13
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.07
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.02
Short Gamma (Call)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.24
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.12
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.10
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
Short Gamma (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.35
		97.5%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.27
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.31
	MCS	95.0%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
Long Vega (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.26
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.21
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.11
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Reject	0.07
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Long Vega (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.29
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.19
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.10
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Short Vega (Call)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.21
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.10
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Reject	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
Short Vega (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.28
		97.5%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.26
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.17
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03

Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 5. Hasil *Backtest* Periode 2 – Portofolio 9 s/d 15

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Kupiec Test	Basel Zone	Christoffersen Test	Conditional Coverage Test	Haas Test	Mixed Test	Quadratic Score
ATM Strike (Call)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.23
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.14
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ATM Strike (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.28
		97.5%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.23
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.14
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
OTM Strike (Call)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.23
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Accept	Reject	0.15
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
OTM Strike (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.27
		97.5%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.22
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.15
	MCS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ITM Strike (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.23
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.15
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.13
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ITM Strike (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.29
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.21
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.13
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Reject	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Delta Neutral	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.30
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Accept	Reject	0.24
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.12
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03

Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 6. Hasil *Backtest* Periode 3 – Portofolio 1 s/d 8

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Kupiec Test	Basel Zone	Christoffersen Test	Conditional Coverage Test	Haas Test	Mixed Test	Quadratic Score
Long Gamma (Call)	HS	95.0%	Reject	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.10
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		97.5%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.02
Long Gamma (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.17
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Accept	Reject	0.10
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.07
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Short Gamma (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.29
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.18
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
	MCS	95.0%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.10
		97.5%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
Short Gamma (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Accept	0.27
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.22
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.14
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
Long Vega (Call)	HS	95.0%	Reject	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.11
		97.5%	Accept	Green	Reject	Reject	Accept	Reject	0.09
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.07
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Long Vega (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.18
		97.5%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.12
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Short Vega (Call)	HS	95.0%	Reject	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.23
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.14
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
	MCS	95.0%	Accept	Green	Reject	Accept	Reject	Reject	0.09
		97.5%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Short Vega (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Accept	0.30
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Accept	Reject	0.24
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.21
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04

Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 7. Hasil *Backtest* Periode 3 – Portofolio 9 s/d 15

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Kupiec Test	Basel Zone	Christoffersen Test	Conditional Coverage Test	Haas Test	Mixed Test	Quadratic Score
ATM Strike (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.19
		97.5%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.11
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ATM Strike (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.23
		97.5%	Reject	Green	Accept	Accept	Accept	Reject	0.17
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.13
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
OTM Strike (Call)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.22
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.15
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
OTM Strike (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.24
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.18
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.16
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ITM Strike (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.20
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.12
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ITM Strike (Put)	HS	95.0%	Reject	Green	Accept	Reject	Reject	Reject	0.23
		97.5%	Reject	Green	Accept	Reject	Accept	Reject	0.16
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.11
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Delta Neutral	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.25
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.14
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.07
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03

Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 8. Hasil *Backtest* Periode 4 – Portofolio 1 s/d 8

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Kupiec Test	Basel Zone	Christoffersen Test	Conditional Coverage Test	Haas Test	Mixed Test	Quadratic Score
Long Gamma (Call)	HS	95.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.21
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.14
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.12
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.02
Long Gamma (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.18
		97.5%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Reject	Reject	0.14
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.19
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.07
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Short Gamma (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.34
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.25
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.12
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.10
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.06
		99.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
Short Gamma (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.34
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.34
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.19
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
Long Vega (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.24
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.15
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.15
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.07
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Long Vega (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Accept	0.19
		97.5%	Accept	Green	Reject	Accept	Reject	Reject	0.18
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.21
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Short Vega (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Reject	Accept	Reject	Reject	0.35
		97.5%	Accept	Green	Reject	Accept	Reject	Reject	0.20
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.10
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.10
		97.5%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
Short Vega (Put)	HS	95.0%	Reject	Yellow	Reject	Reject	Reject	Reject	0.44
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.44
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.24
	MCS	95.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Reject	0.09
		97.5%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03

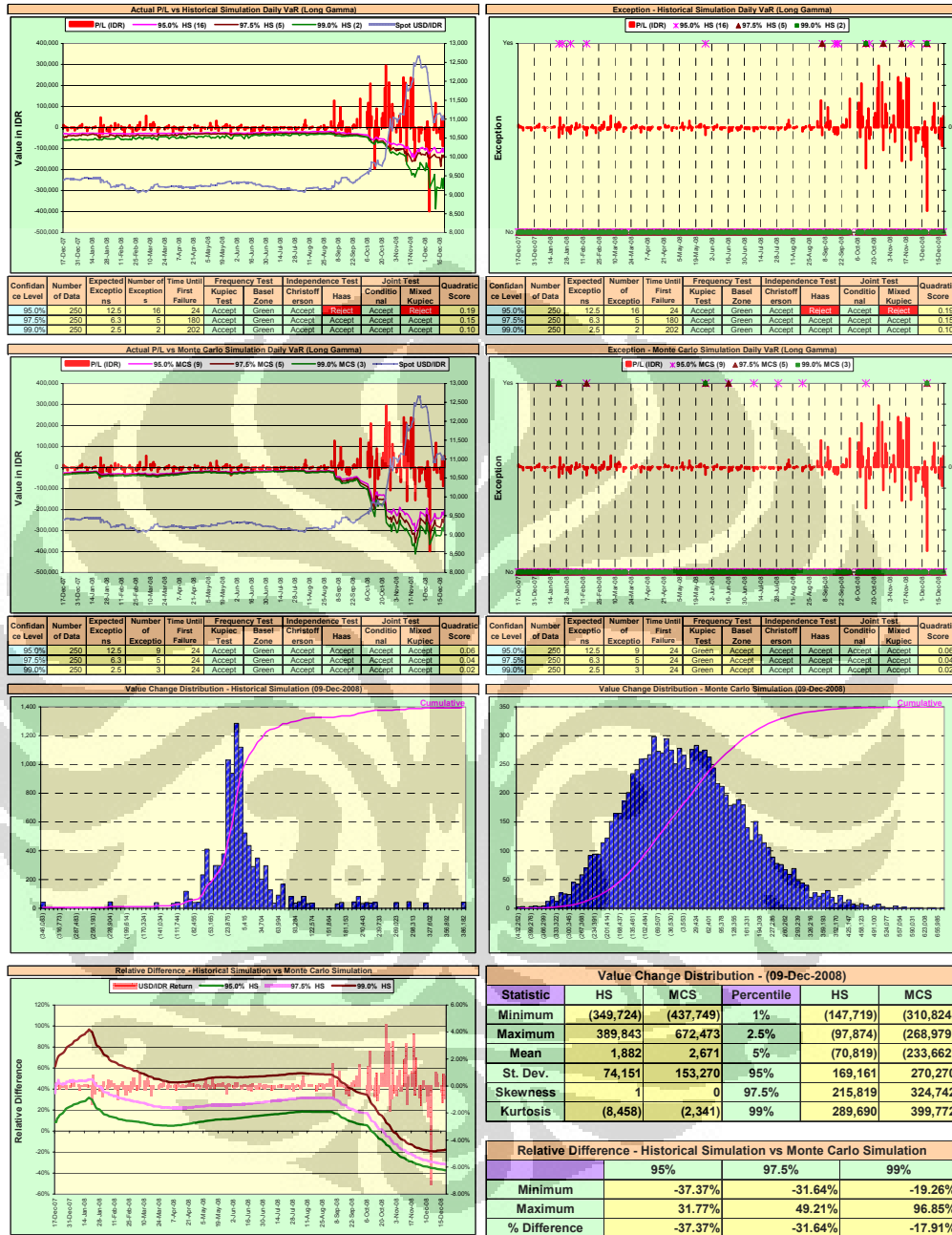
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 9. Hasil *Backtest* Periode 4 – Portofolio 9 s/d 15

Portfolio	VaR Method	Confidence Level	Kupiec Test	Basel Zone	Christoffersen Test	Conditional Coverage Test	Haas Test	Mixed Test	Quadratic Score
ATM Strike (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Reject	Accept	Reject	Reject	0.30
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.20
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.13
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
		97.5%	Accept	Green	Reject	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ATM Strike (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.36
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.32
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.18
	MCS	95.0%	Accept	Green	Reject	Accept	Reject	Reject	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
OTM Strike (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.32
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.22
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.17
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
OTM Strike (Put)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.37
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.32
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.18
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.04
ITM Strike (Call)	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.27
		97.5%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Reject	Reject	0.18
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.14
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.08
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
ITM Strike (Put)	HS	95.0%	Reject	Yellow	Accept	Reject	Reject	Reject	0.30
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.27
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.21
	MCS	95.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Reject	Reject	0.08
		97.5%	Reject	Yellow	Accept	Reject	Reject	Reject	0.05
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03
Delta Neutral	HS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Reject	Reject	0.42
		97.5%	Accept	Green	Reject	Reject	Reject	Reject	0.31
		99.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.12
	MCS	95.0%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.09
		97.5%	Accept	Green	Accept	Accept	Accept	Accept	0.06
		99.0%	Accept	Yellow	Accept	Accept	Accept	Accept	0.03

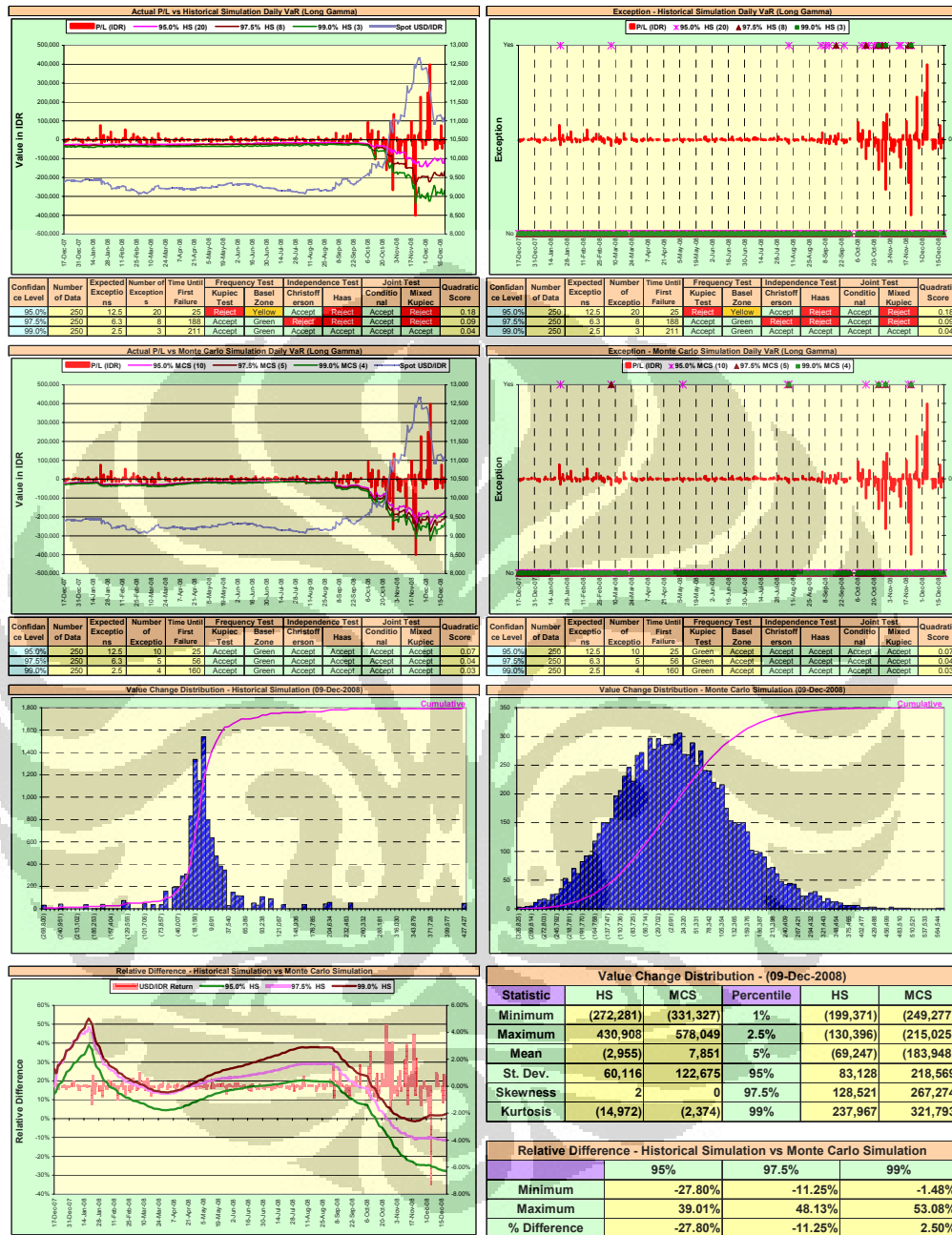
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 10. Periode 1 – Long Gamma USD Call / IDR Put



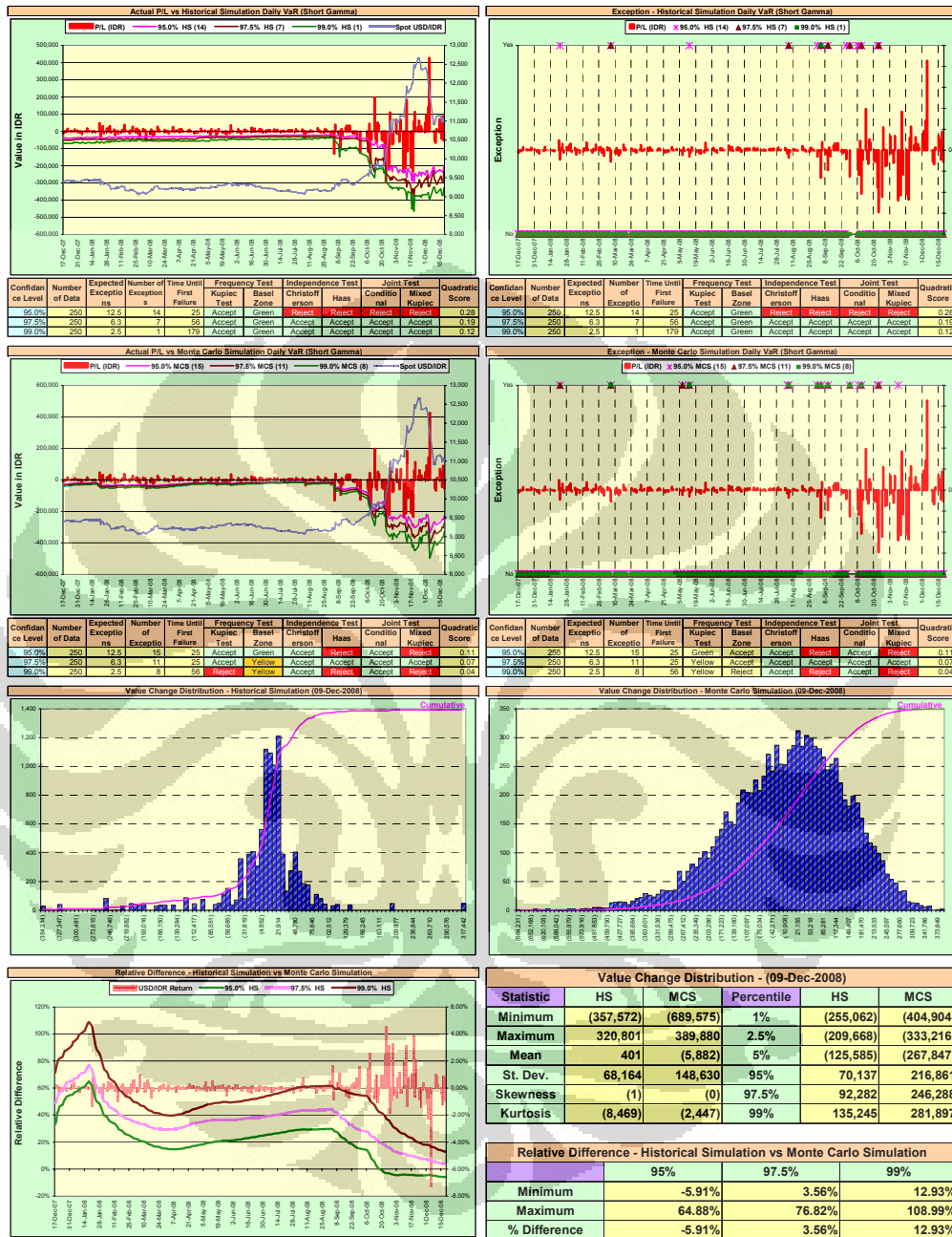
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 11. Periode 1 – Long Gamma USD Put / IDR Call



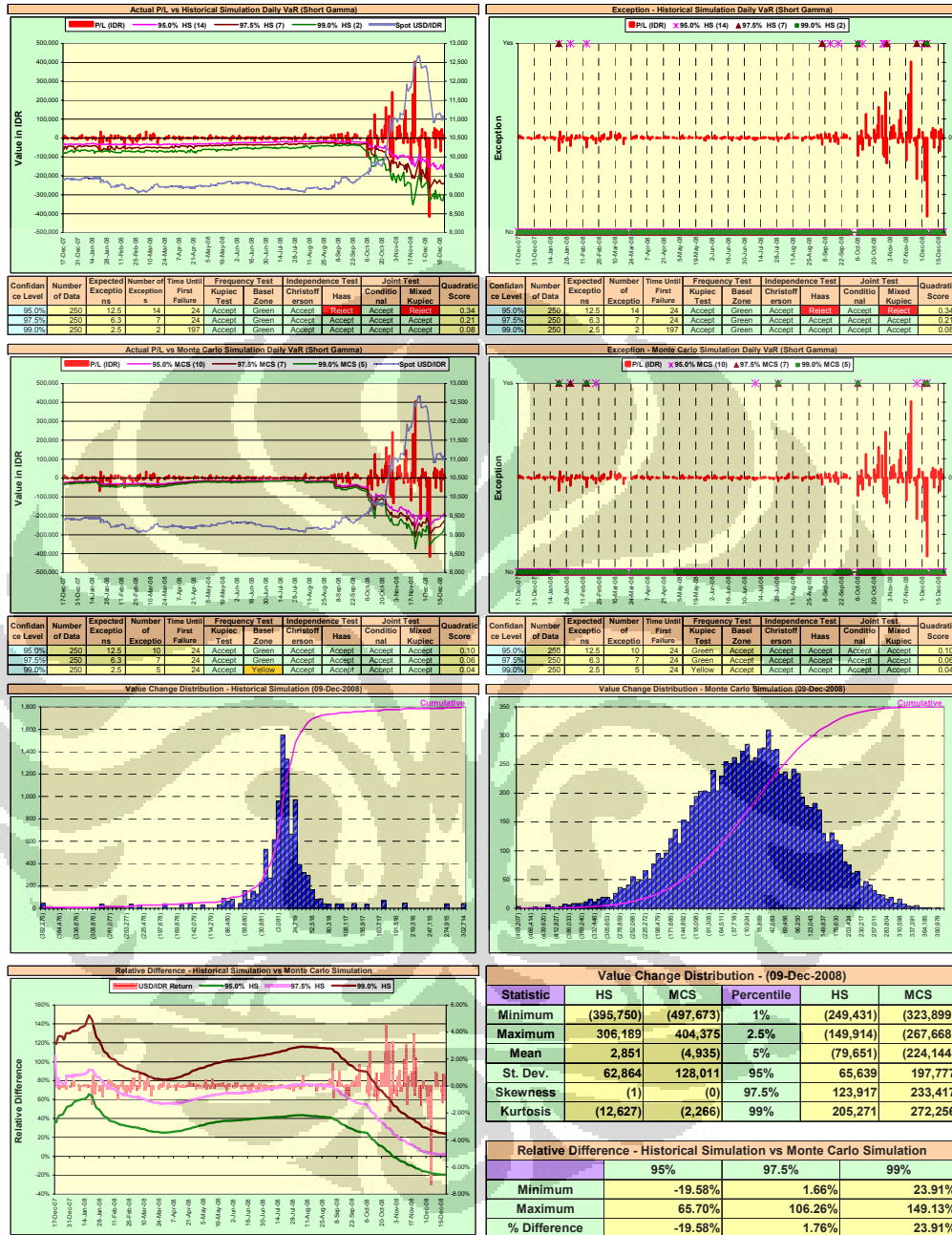
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 12. Periode 1 – Short Gamma USD Call / IDR Put



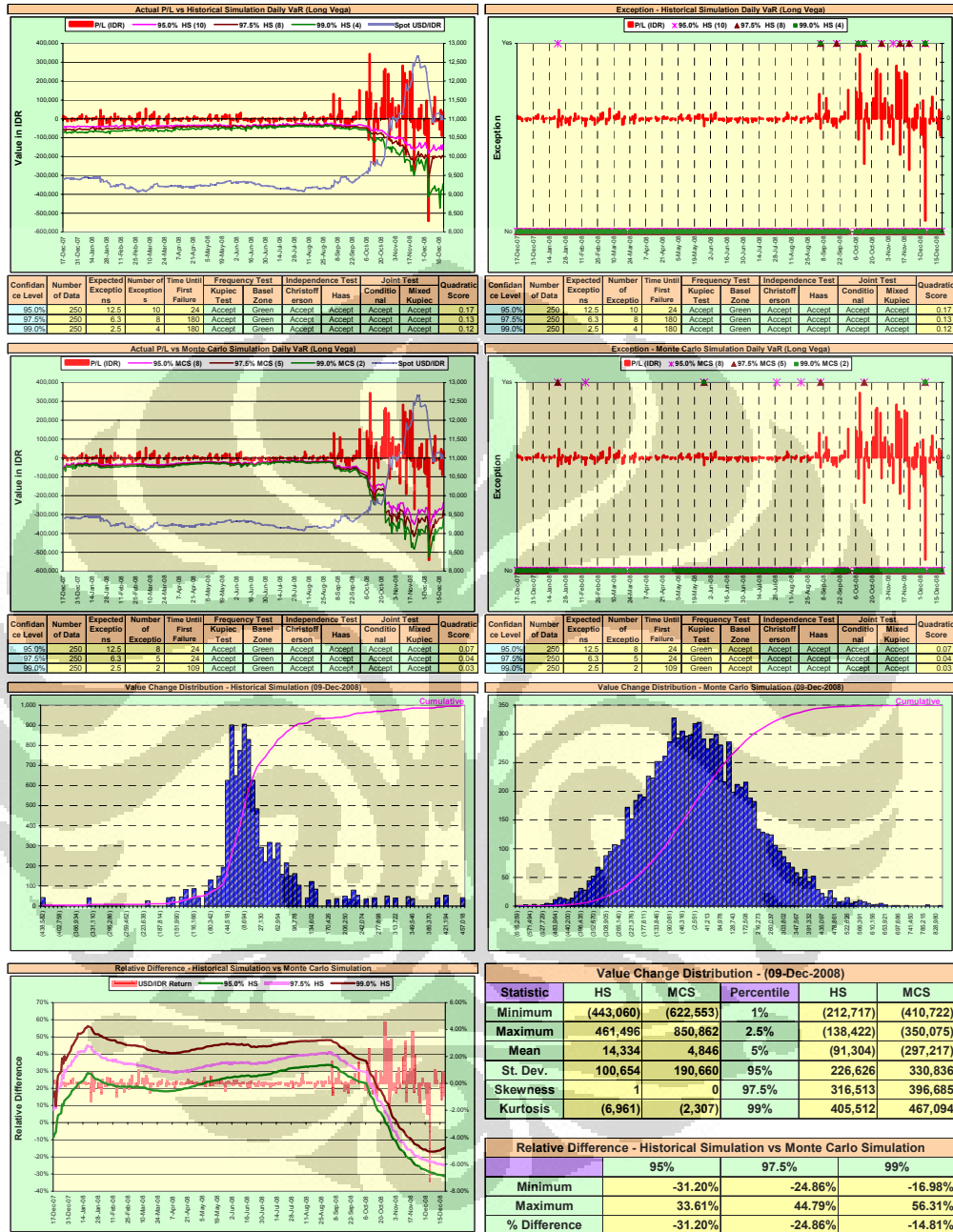
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 13. Periode 1 – Short Gamma USD Put / IDR Call



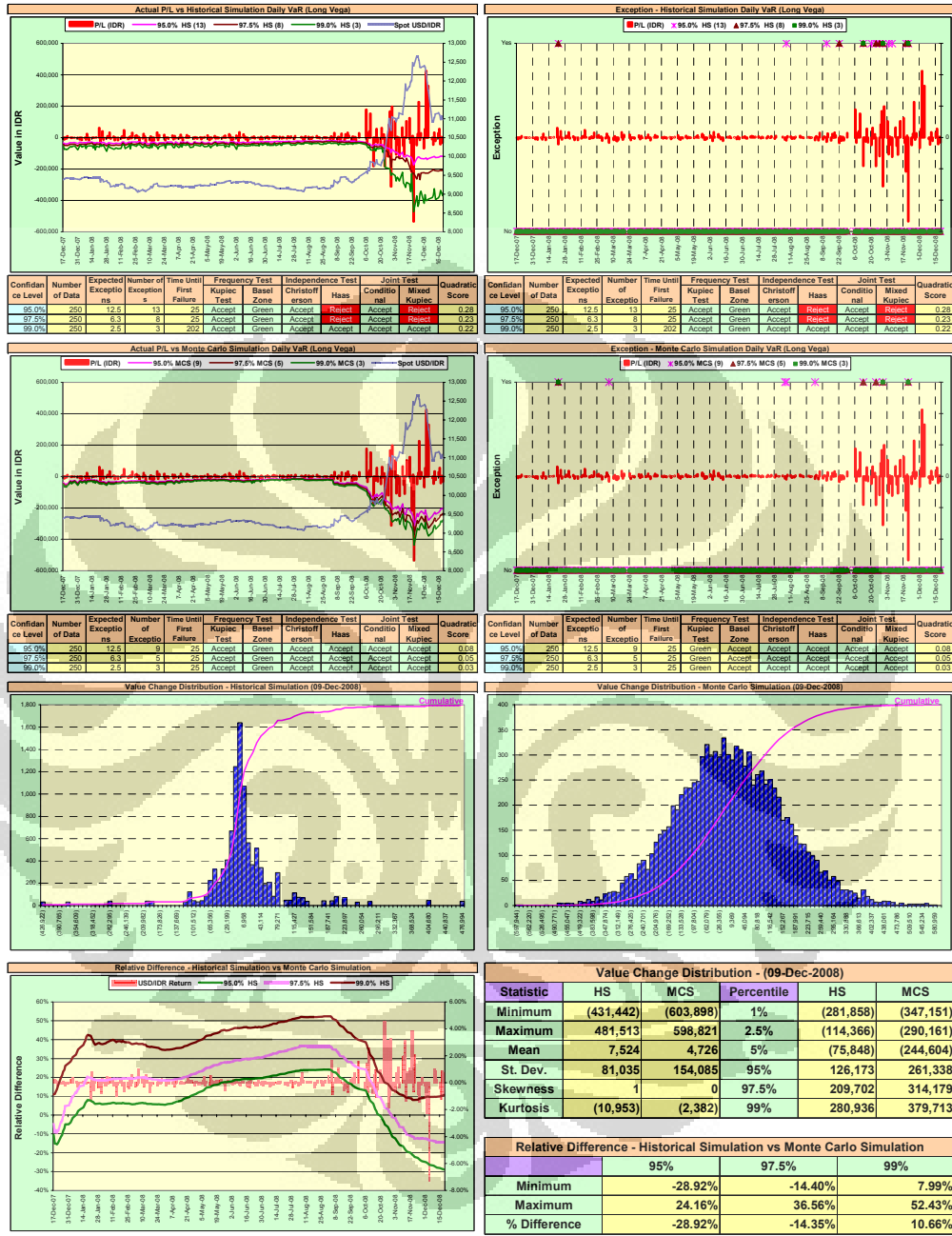
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 14. Periode 1 – Long Vega USD Call / IDR Put



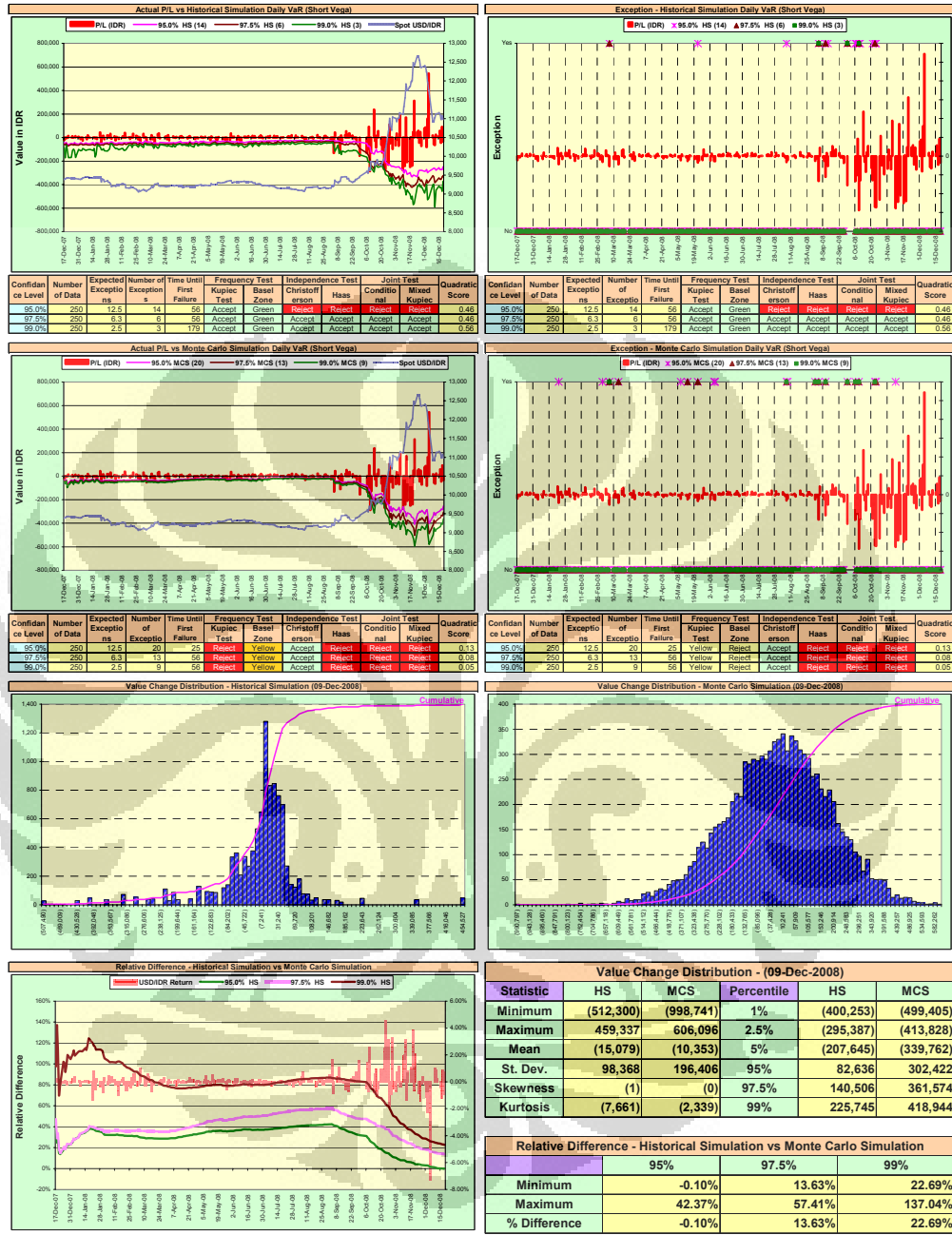
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 15. Periode 1 – Long Vega USD Put / IDR Call



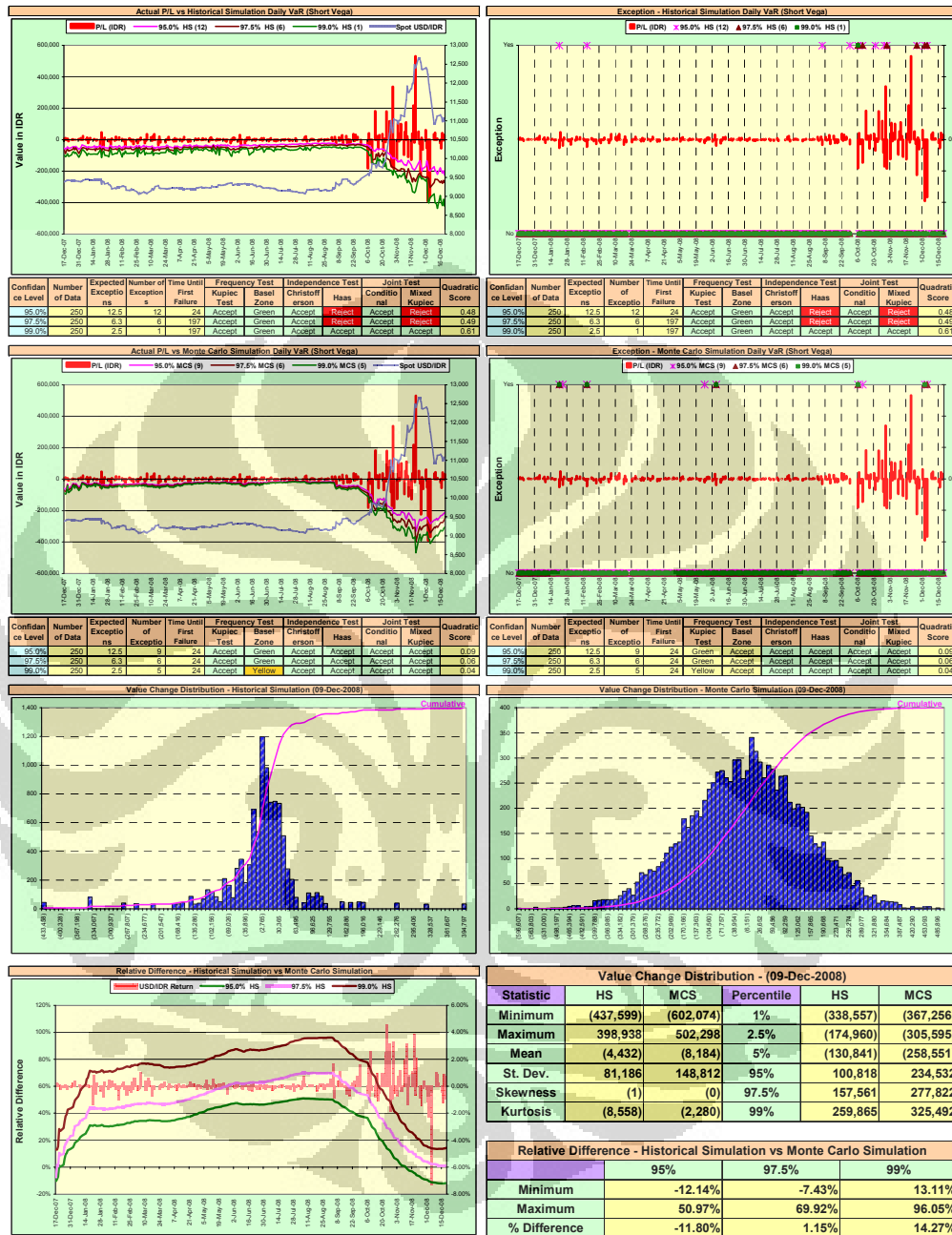
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 16. Periode 1 – Short Vega USD Call / IDR Put



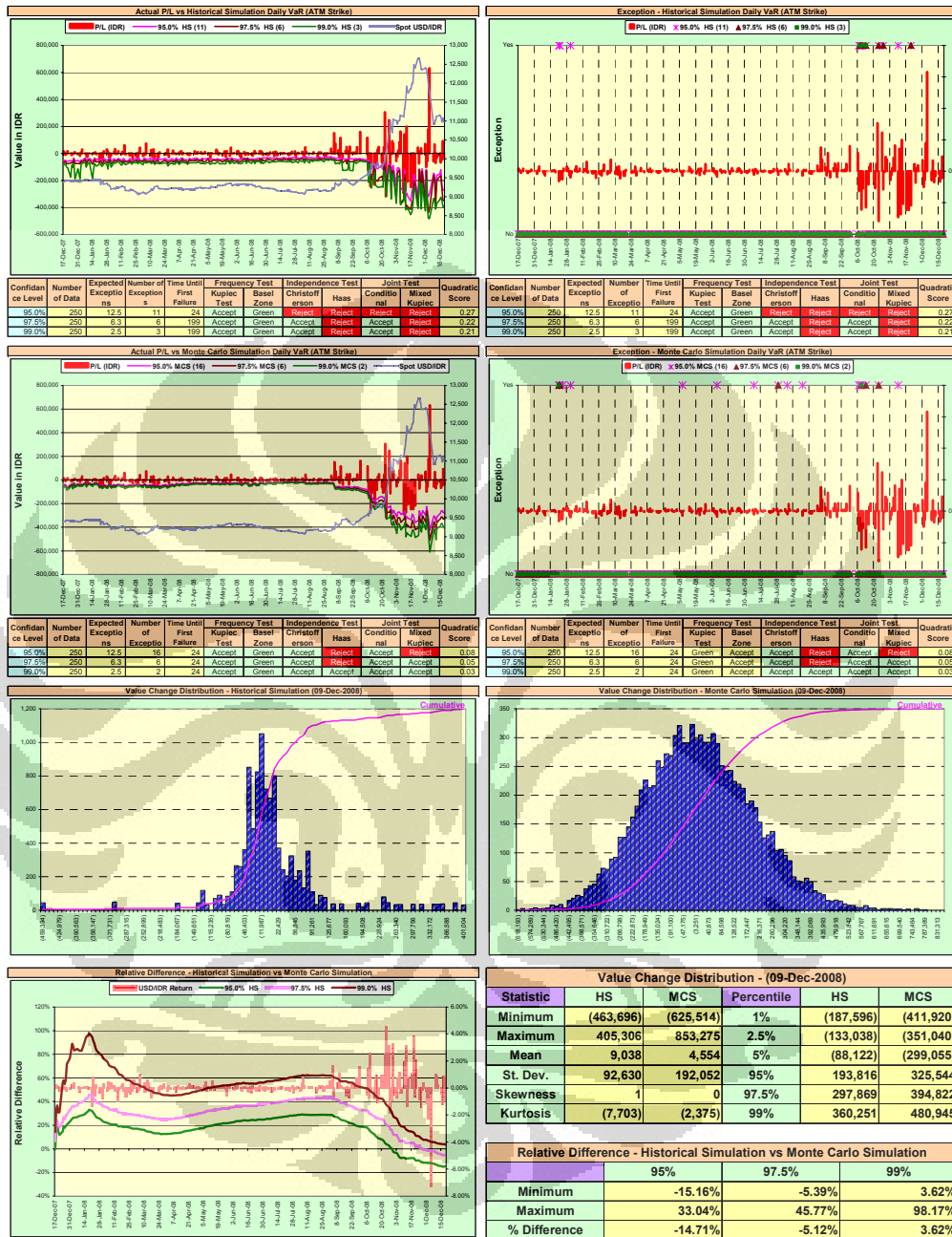
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 17. Periode 1 – Short Vega USD Put / IDR Call



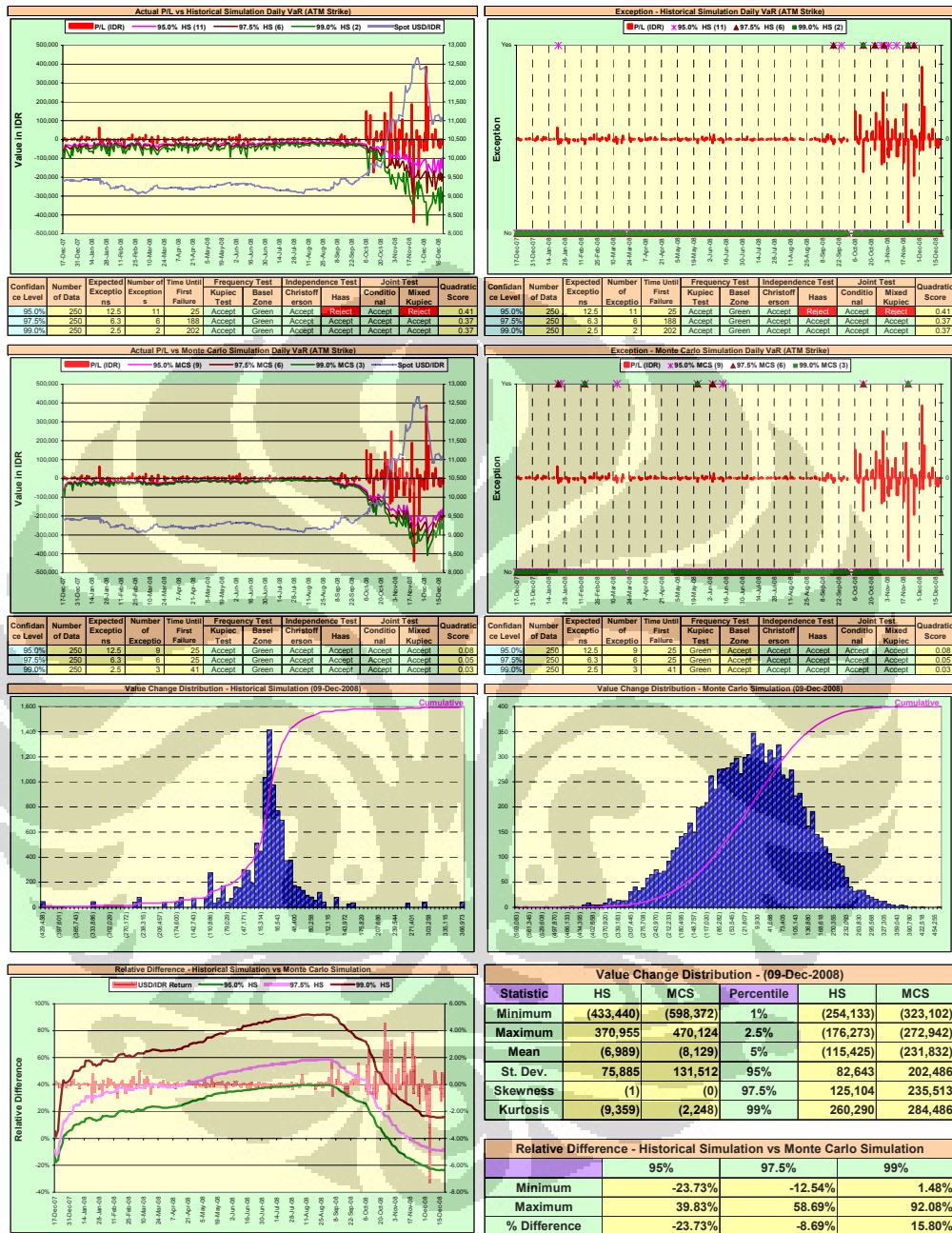
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 18. Periode 1 – ATM Strike USD Call / IDR Put



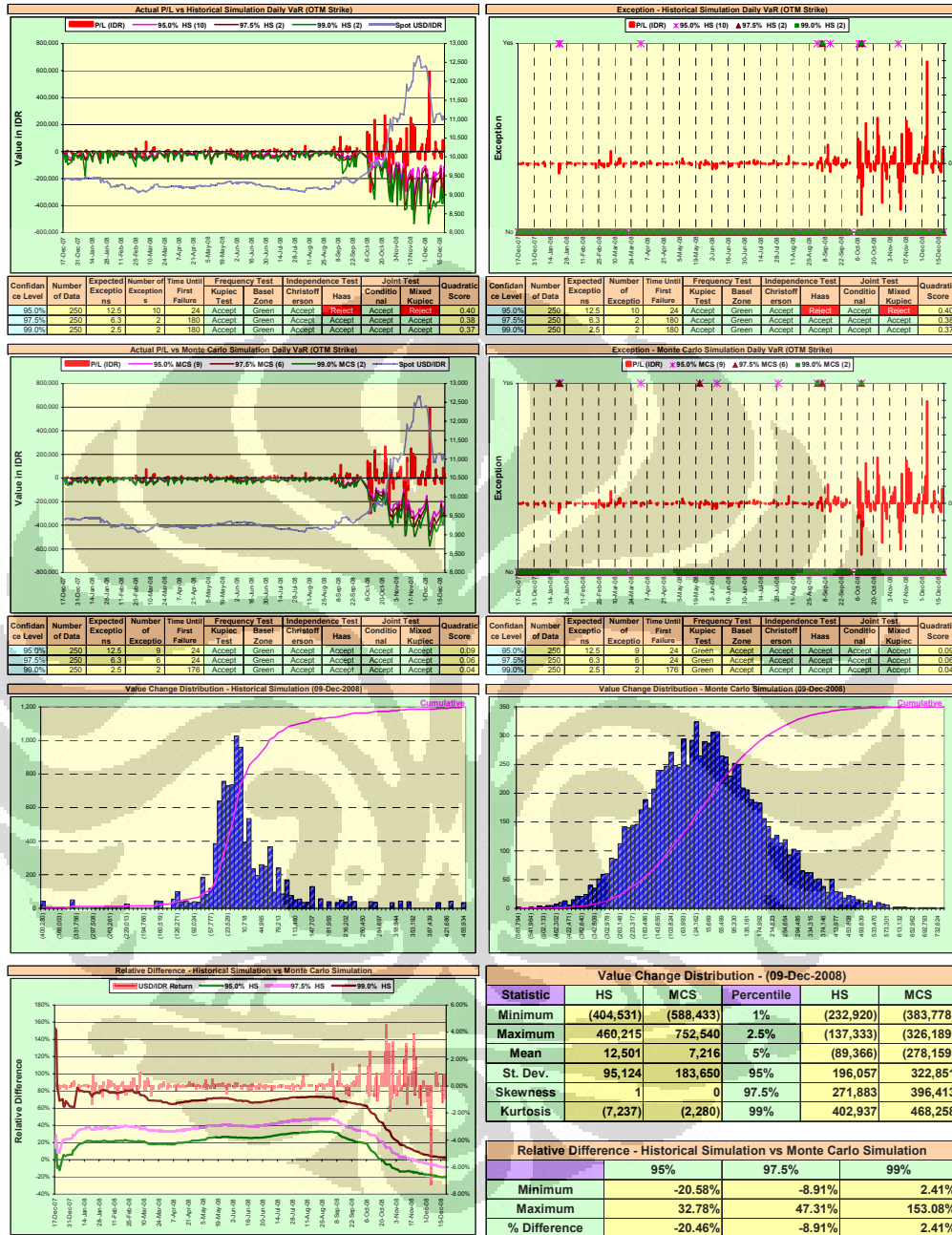
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 19. Periode 1 – ATM Strike USD Put / IDR Call



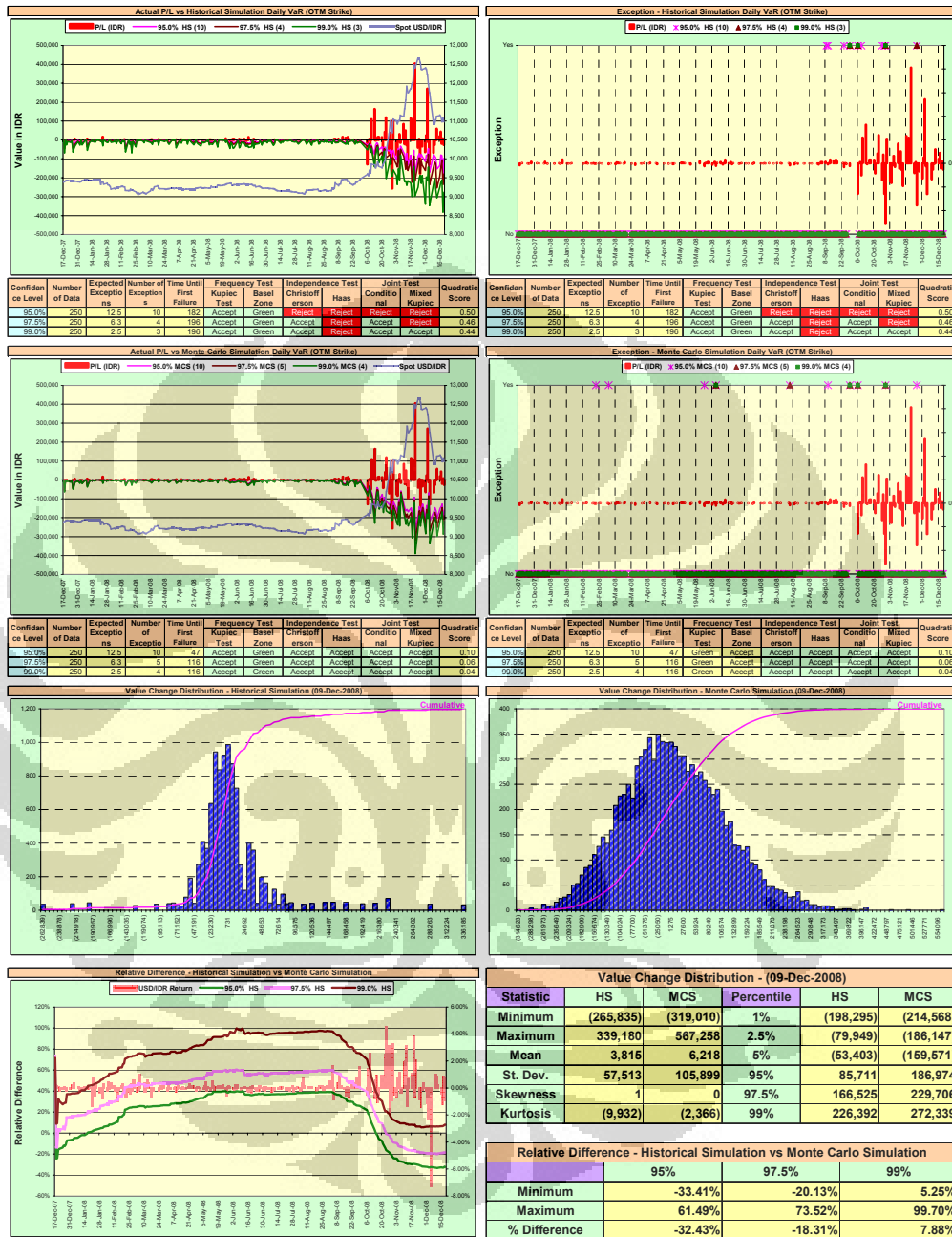
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 20. Periode 1 – OTM Strike USD Call / IDR Put



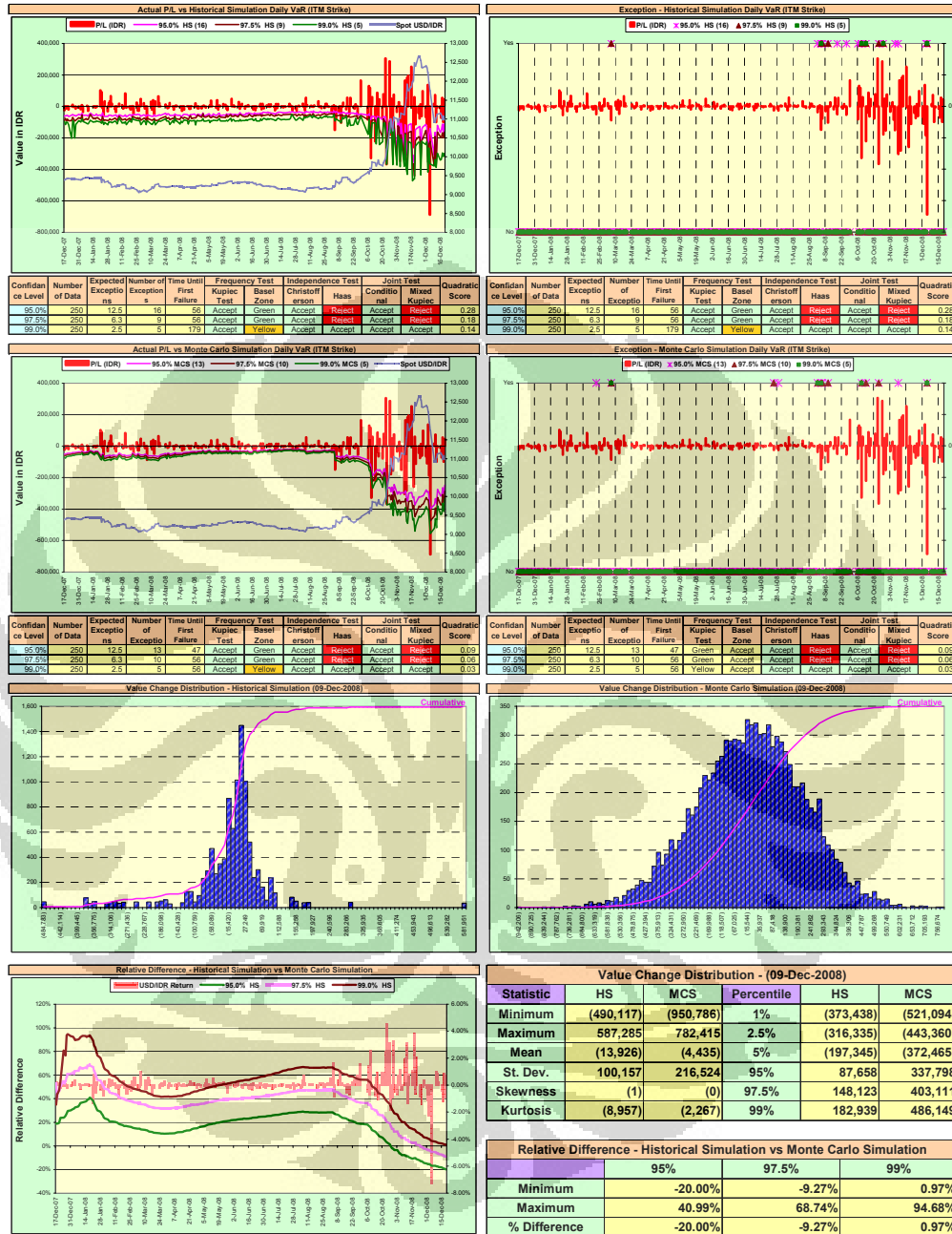
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 21. Periode 1 – OTM Strike USD Put / IDR Call



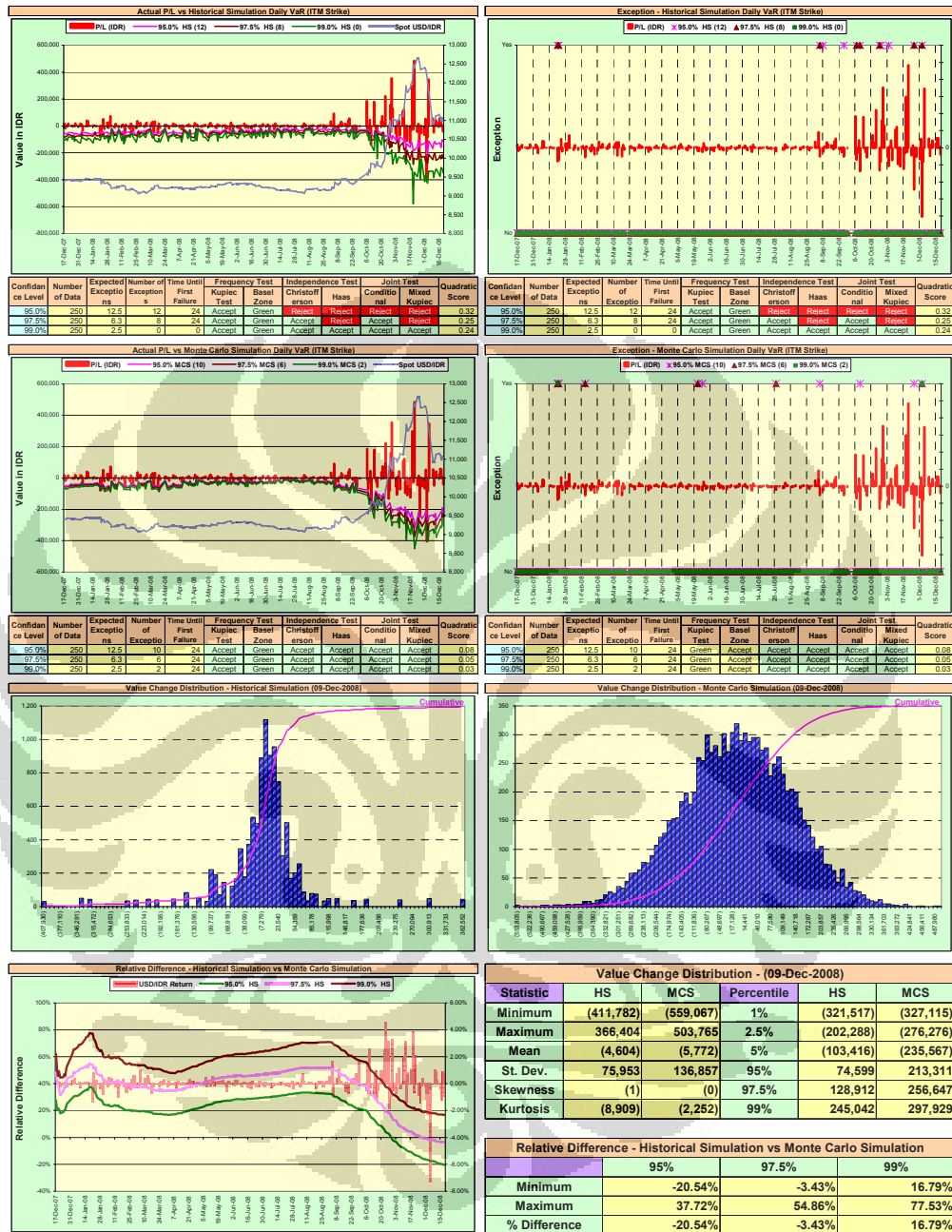
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 22. Periode 1 – ITM Strike USD Call / IDR Put



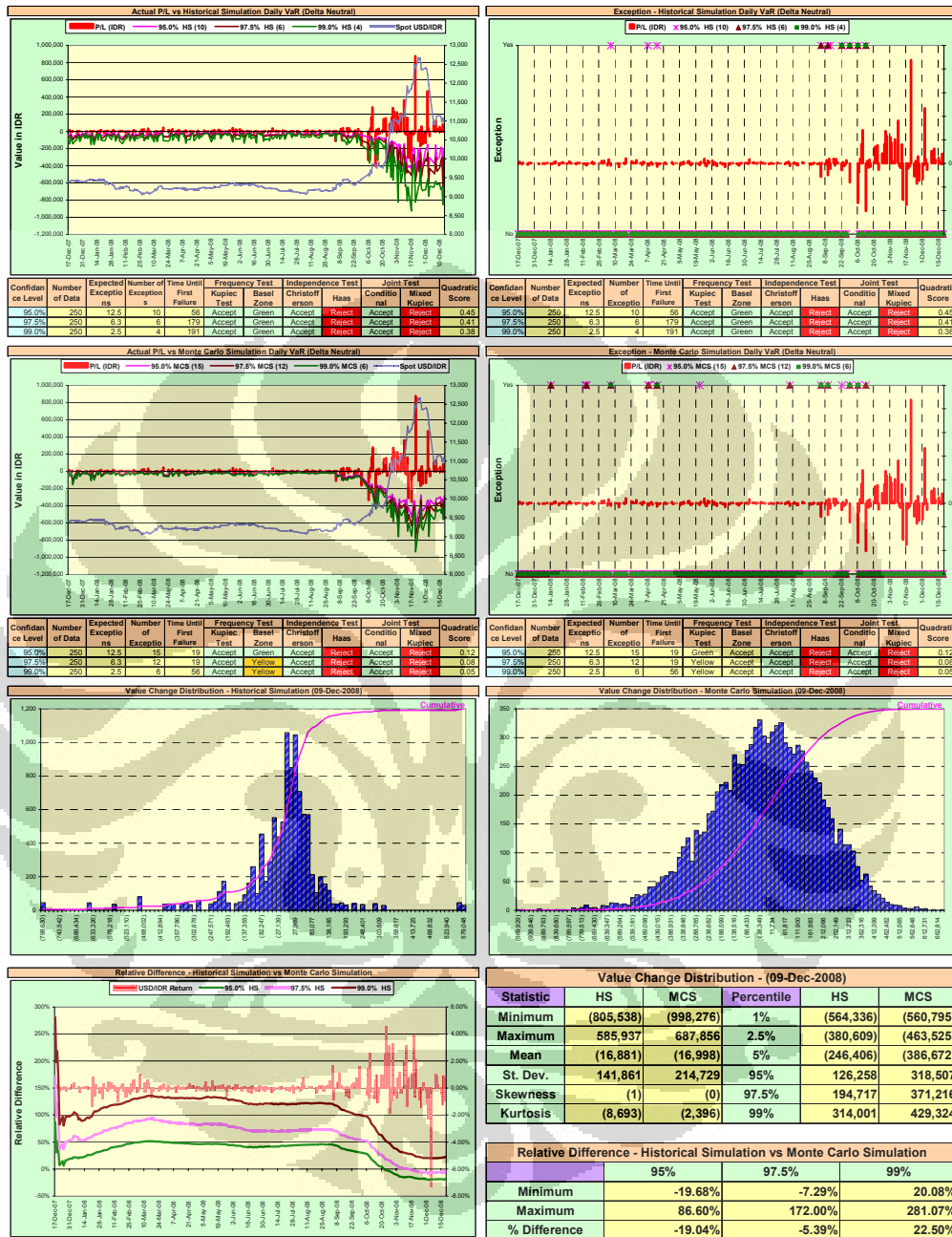
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 23. Periode 1 – ITM Strike USD Put / IDR Call



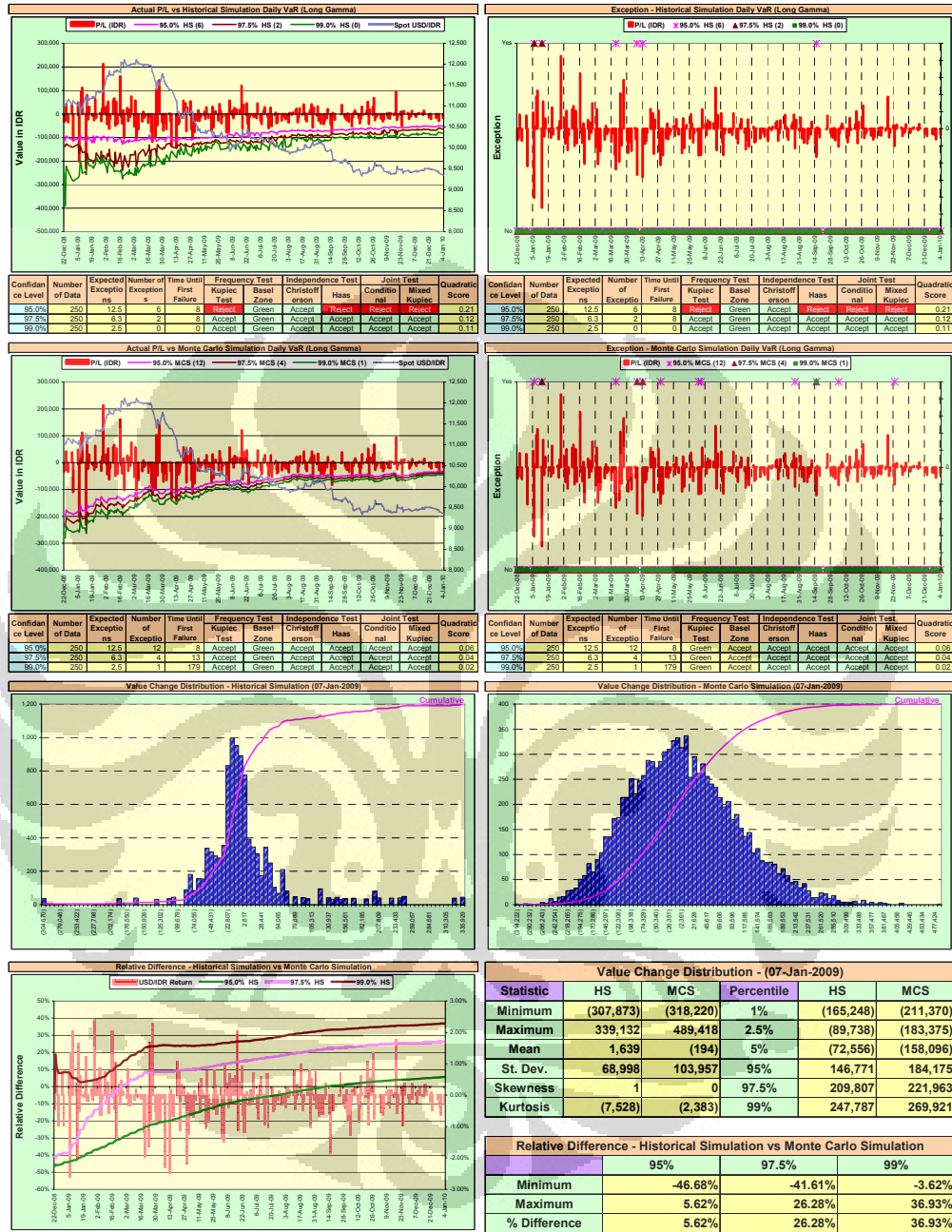
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 24. Periode 1 – Delta Neutral



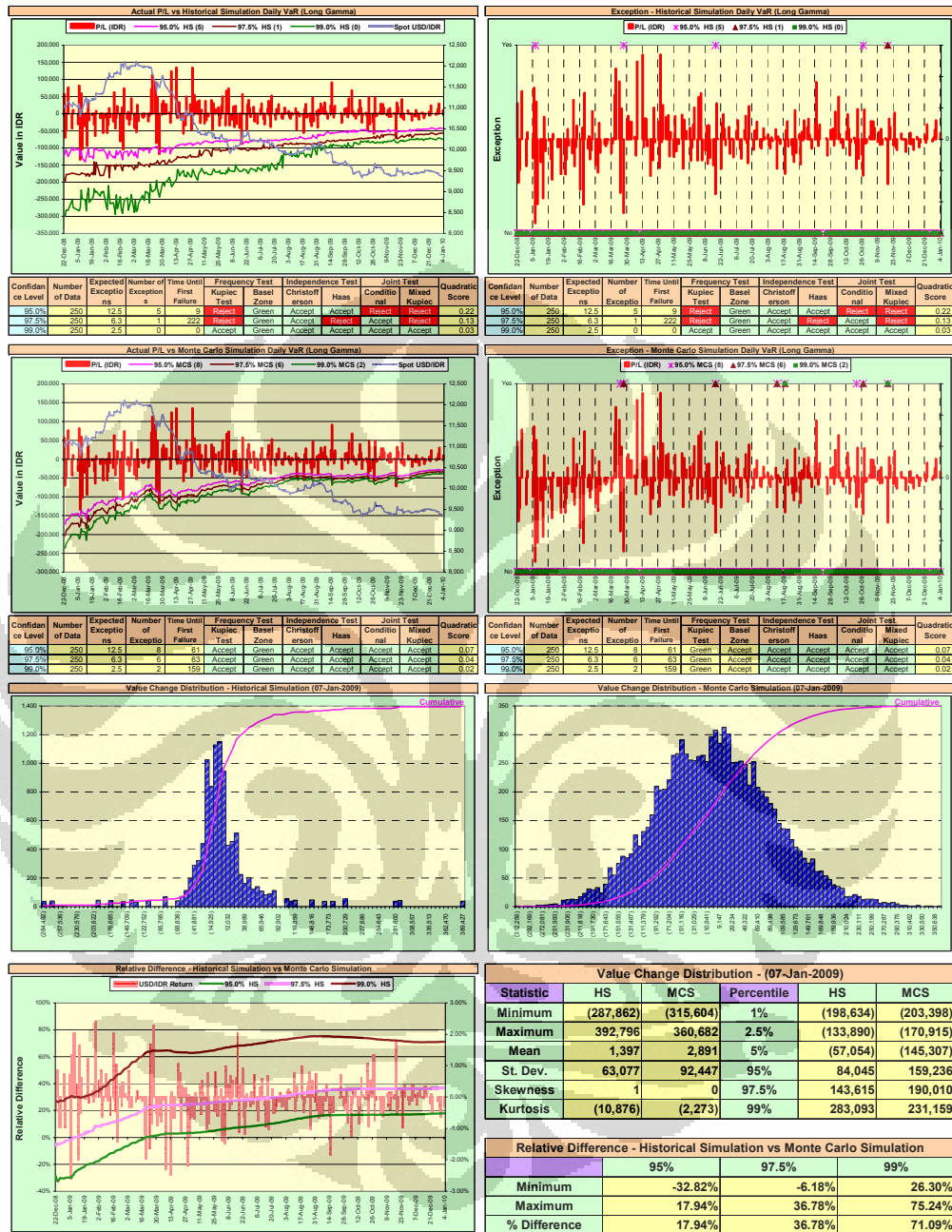
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 25. Periode 2 – Long Gamma USD Call / IDR Put



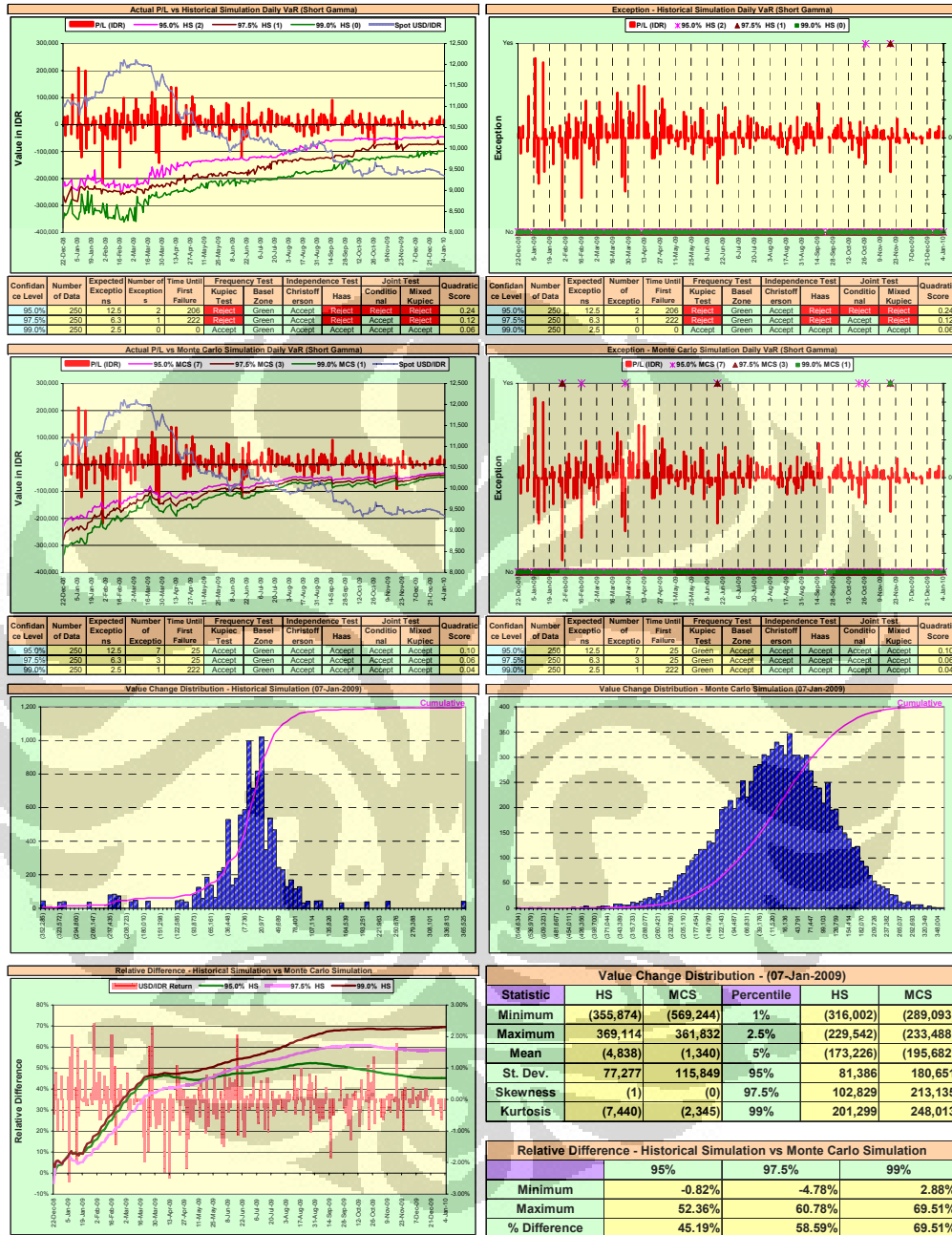
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 26. Periode 2 – Long Gamma USD Put / IDR Call



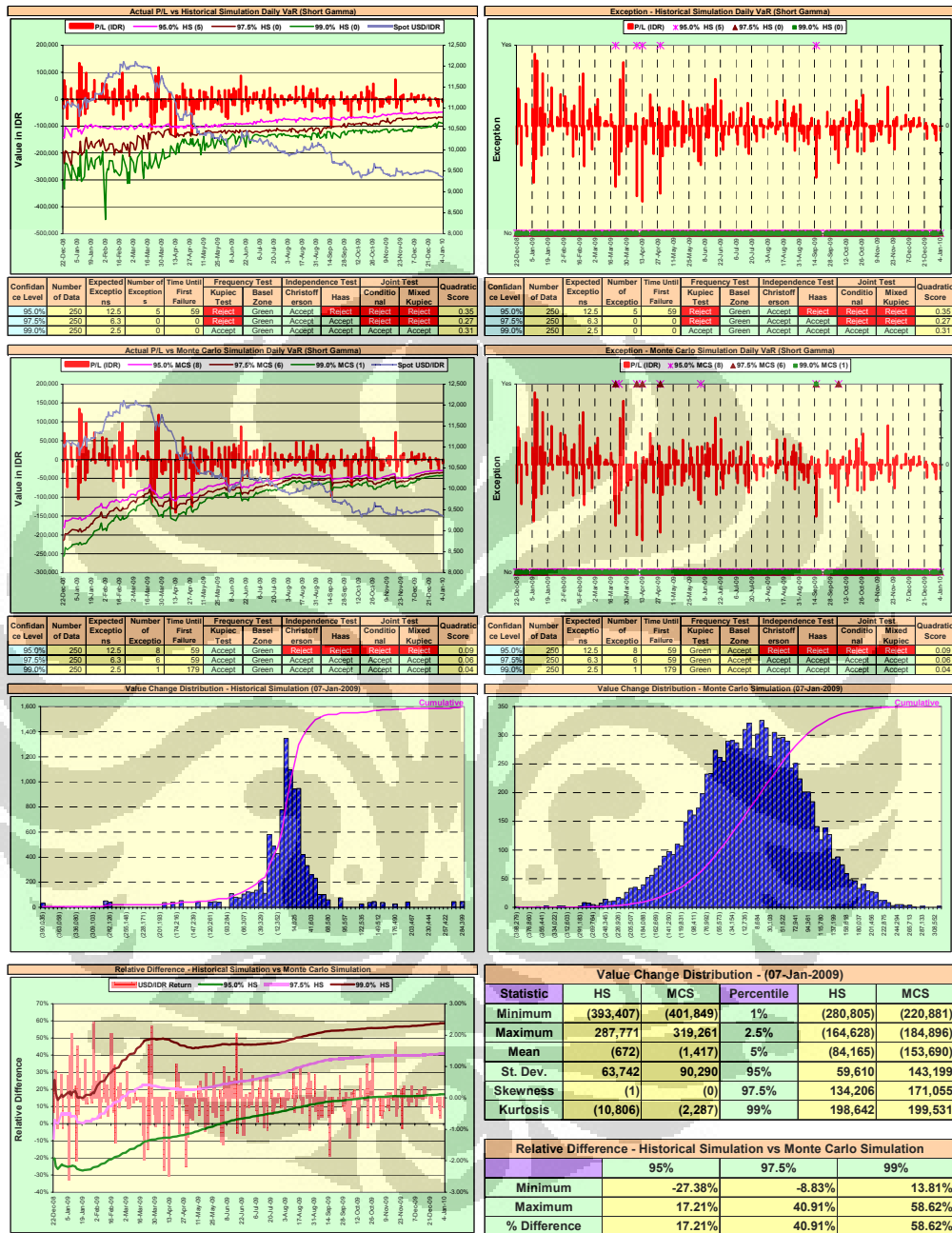
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 27. Periode 2 – Short Gamma USD Call / IDR Put



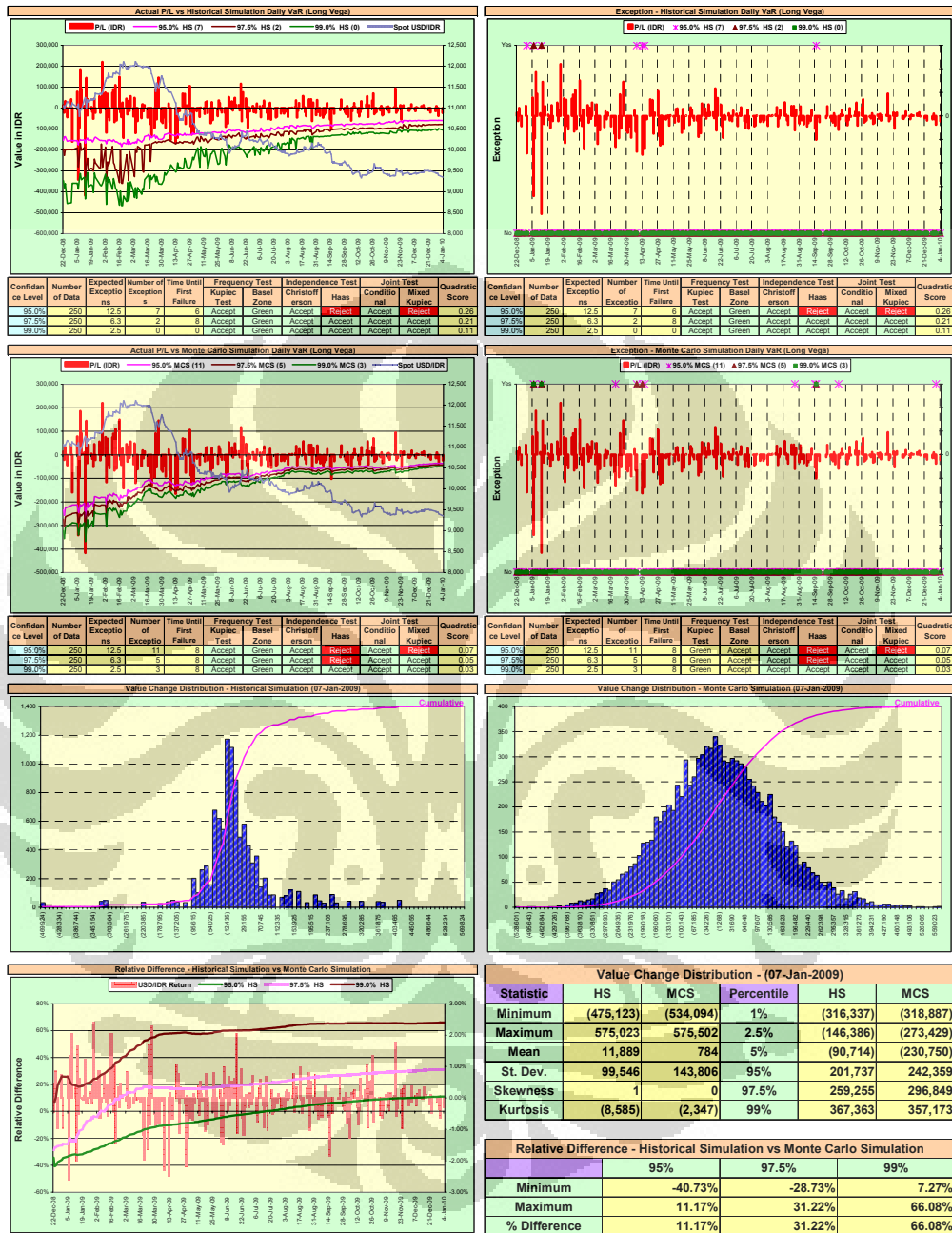
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 28. Periode 2 – Short Gamma USD Put / IDR Call



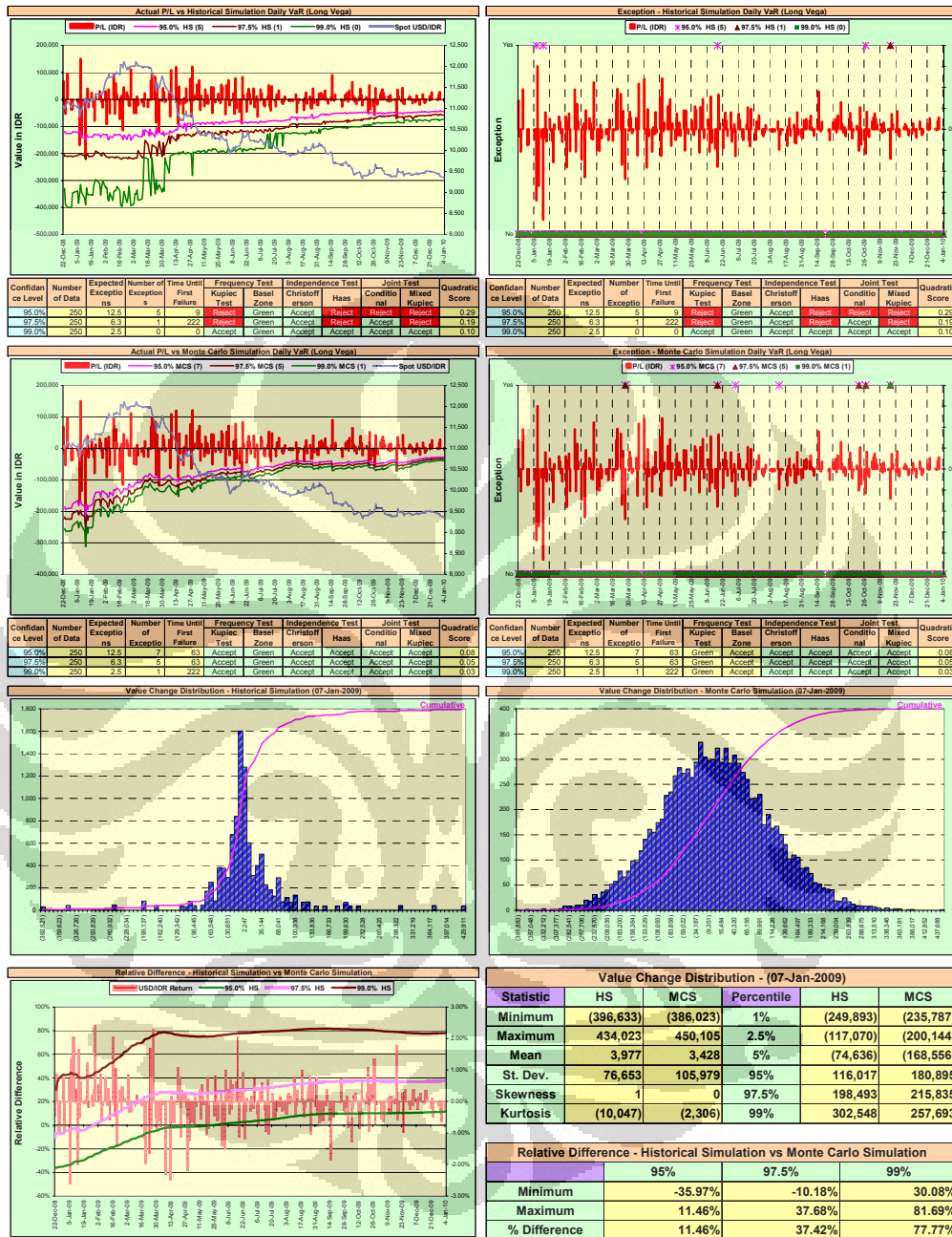
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 29. Periode 2 – Long Vega USD Call / IDR Put



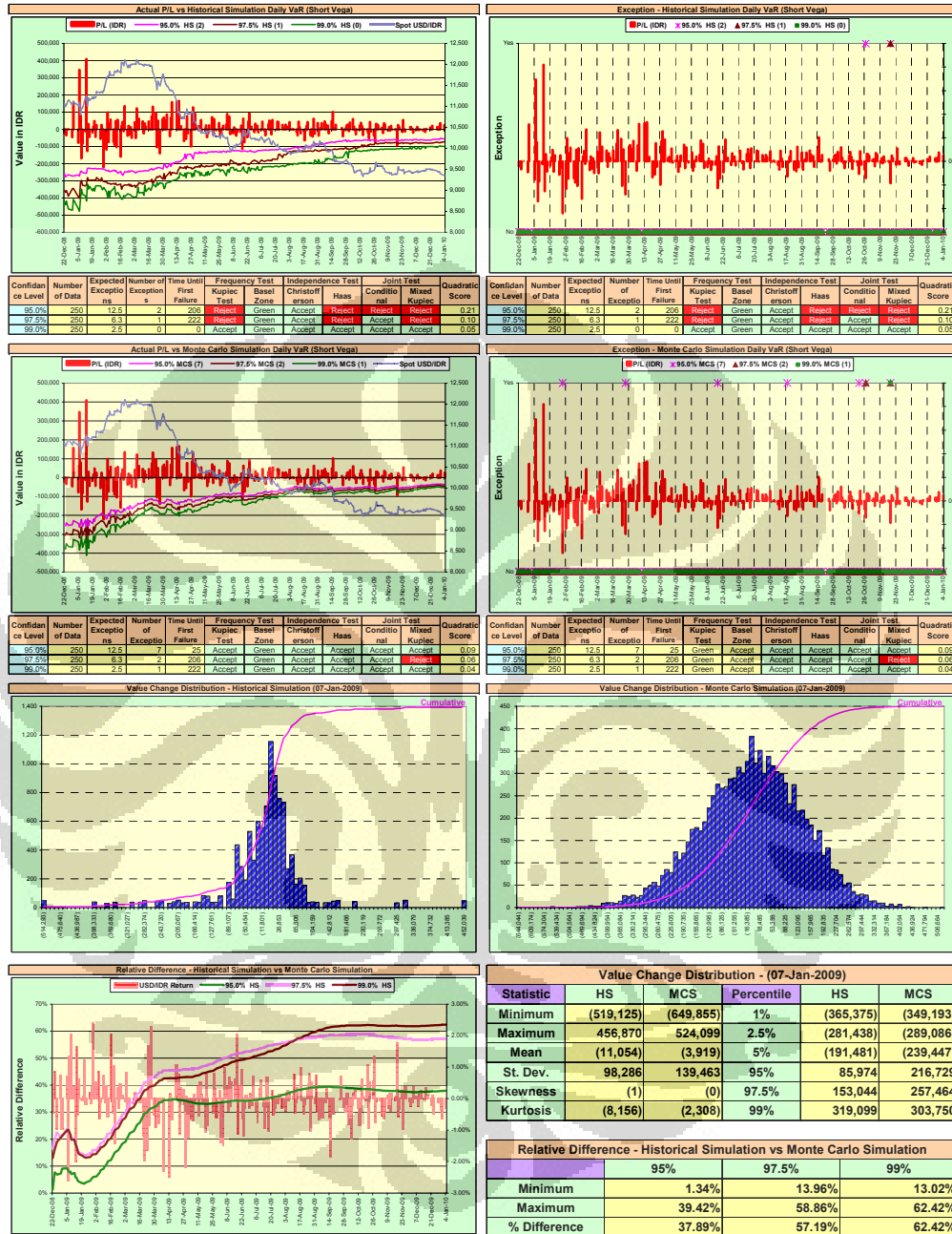
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 30. Periode 2 – Long Vega USD Put / IDR Call



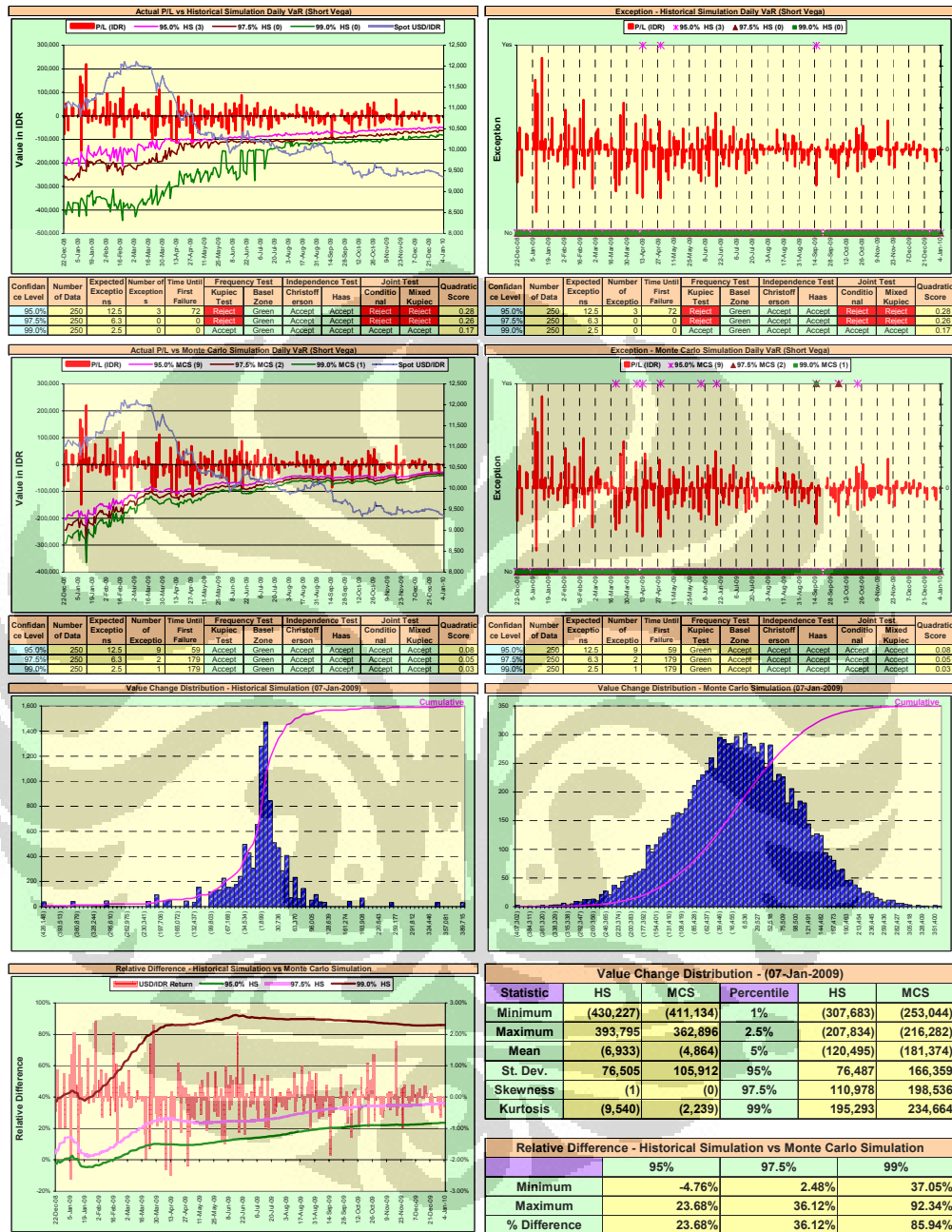
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 31. Periode 2 – Short Vega USD Call / IDR Put



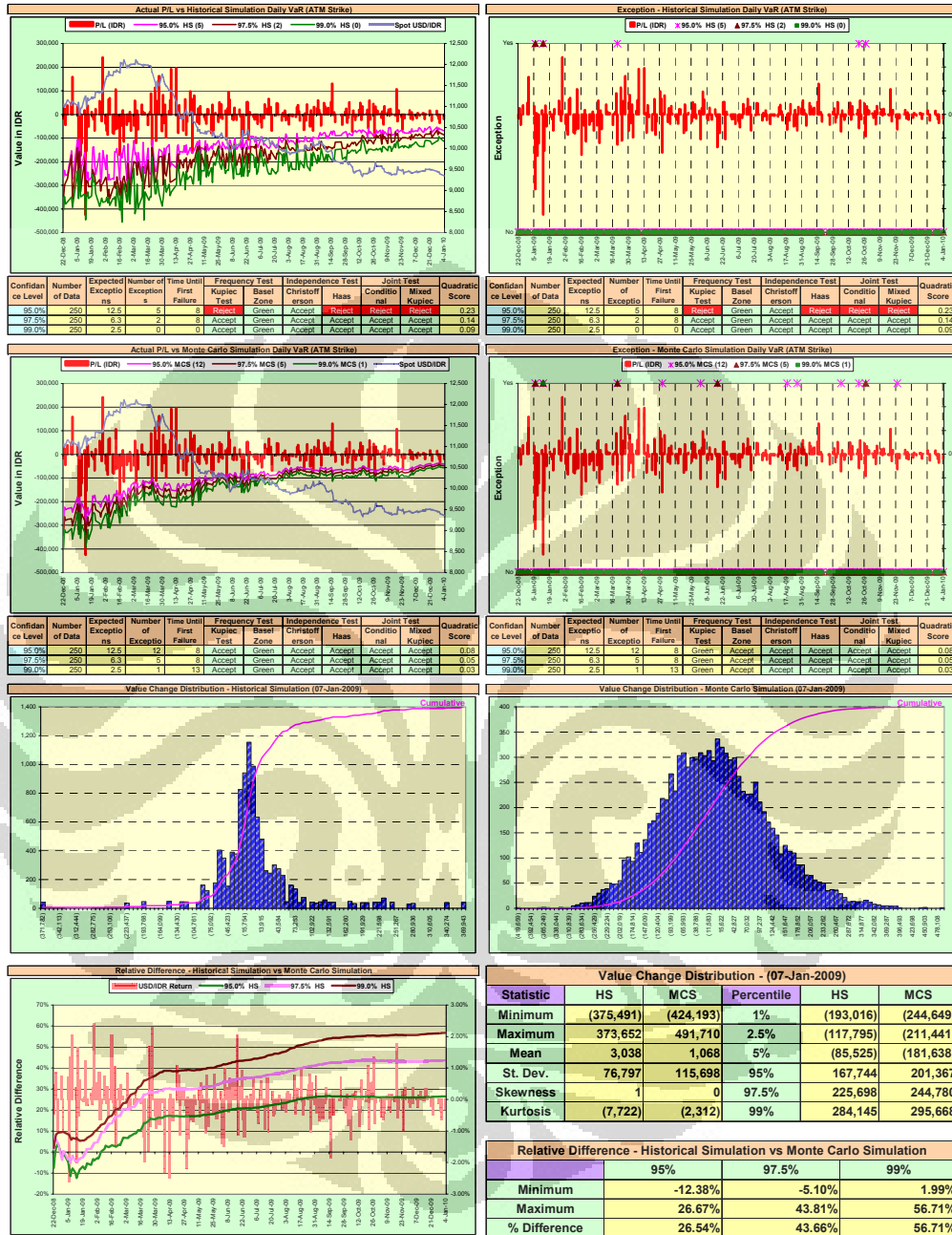
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 32. Periode 2 – Short Vega USD Put / IDR Call



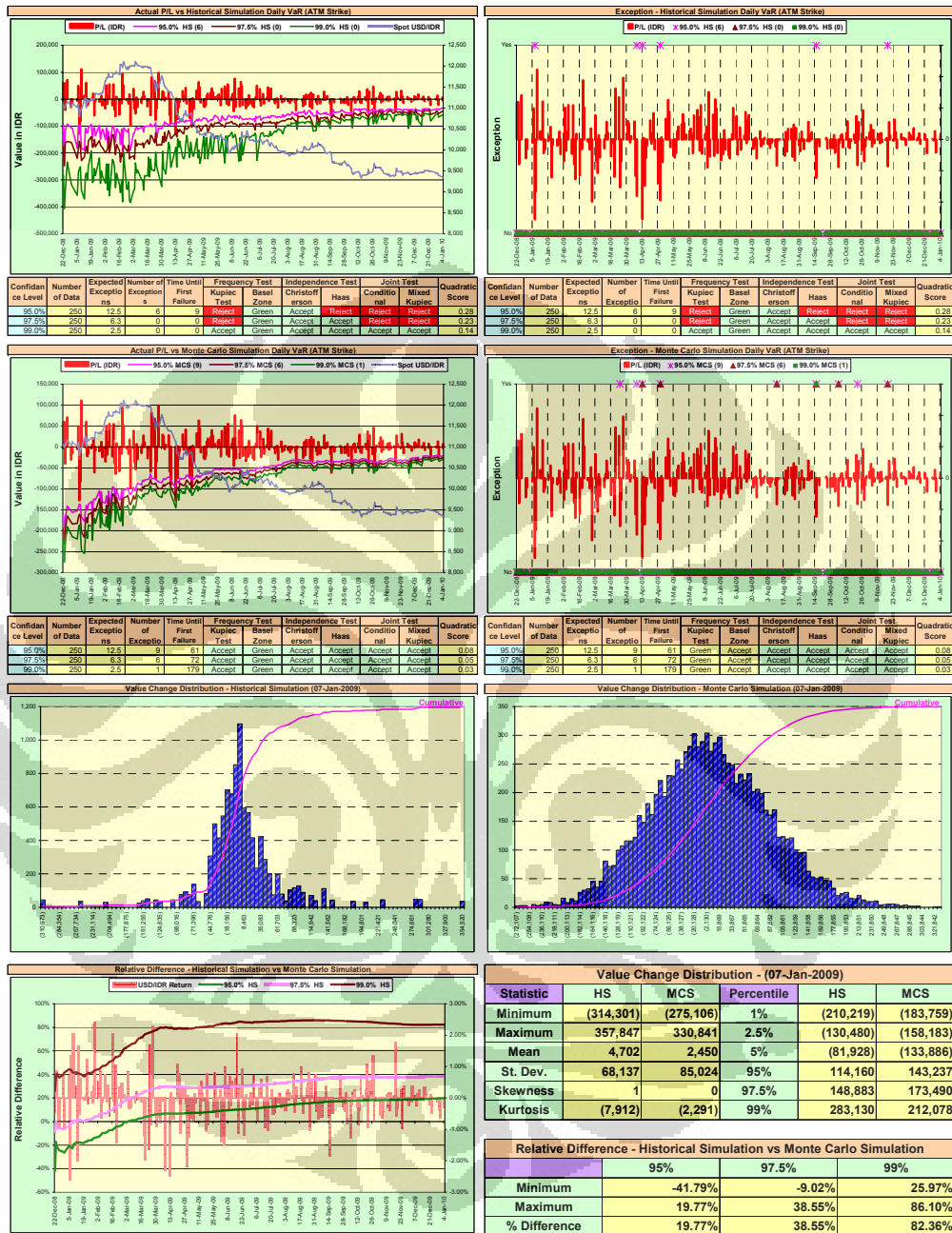
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 33. Periode 2 – ATM Strike USD Call / IDR Put



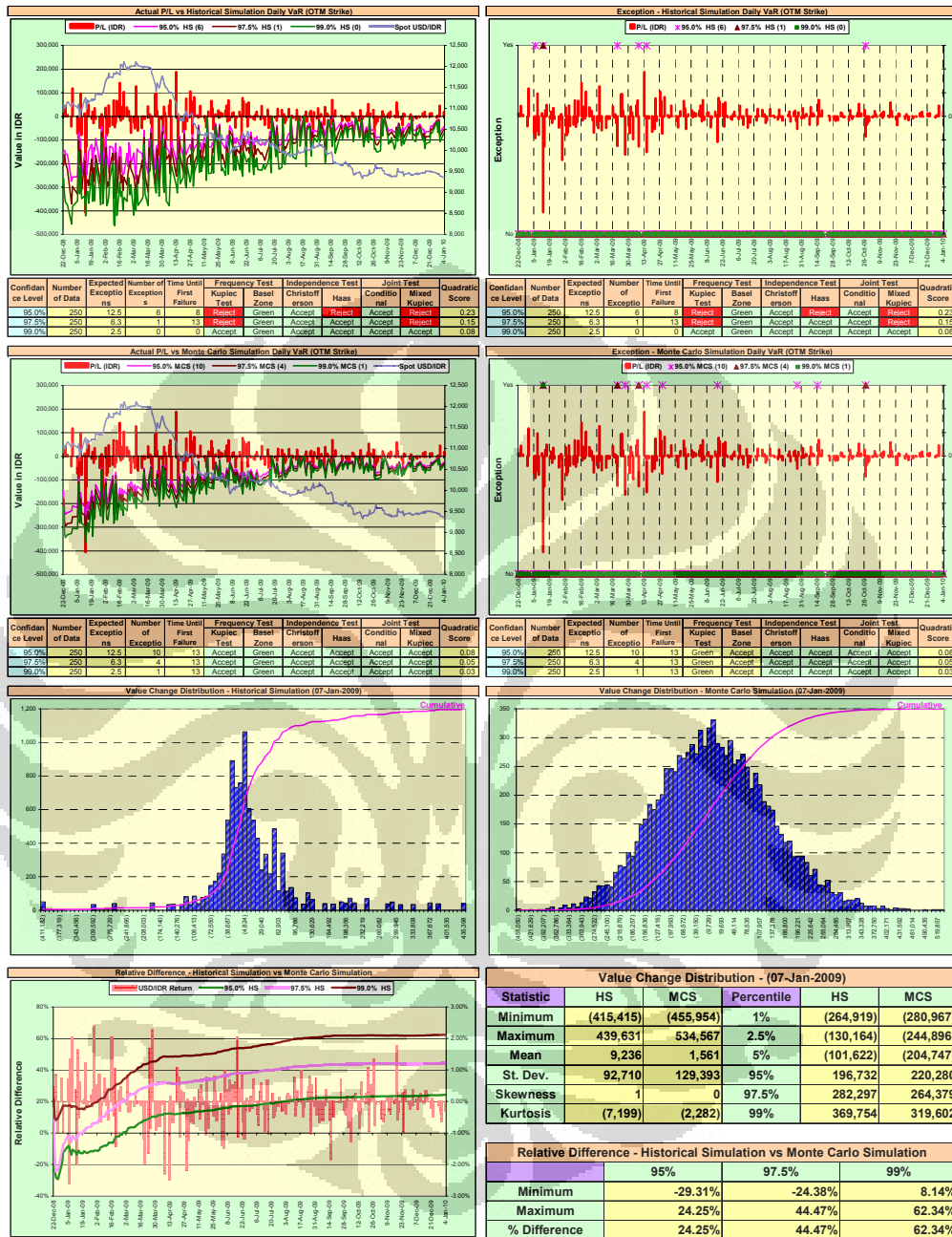
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 34. Periode 2 – ATM Strike USD Put / IDR Call



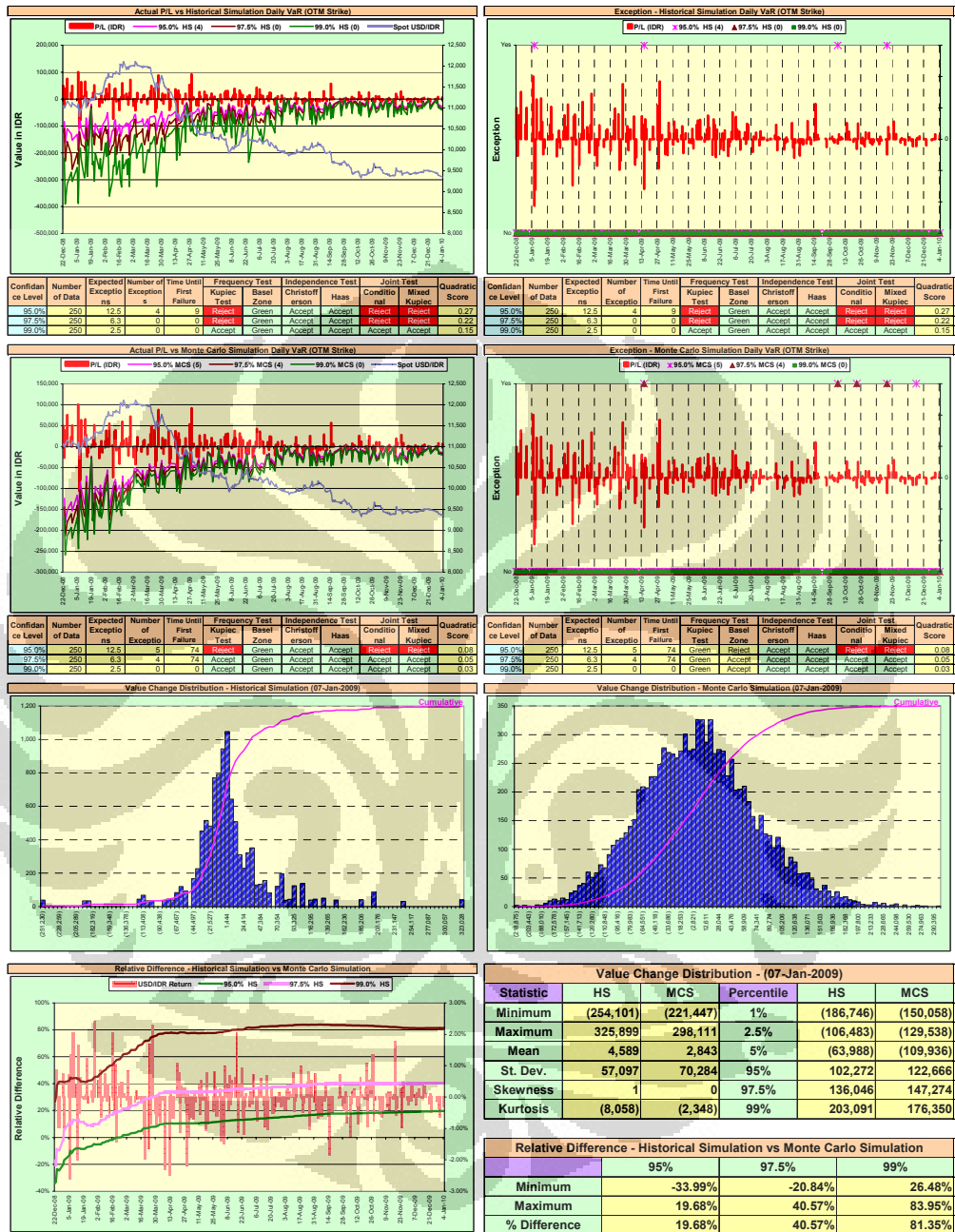
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 35. Periode 2 – OTM Strike USD Call / IDR Put



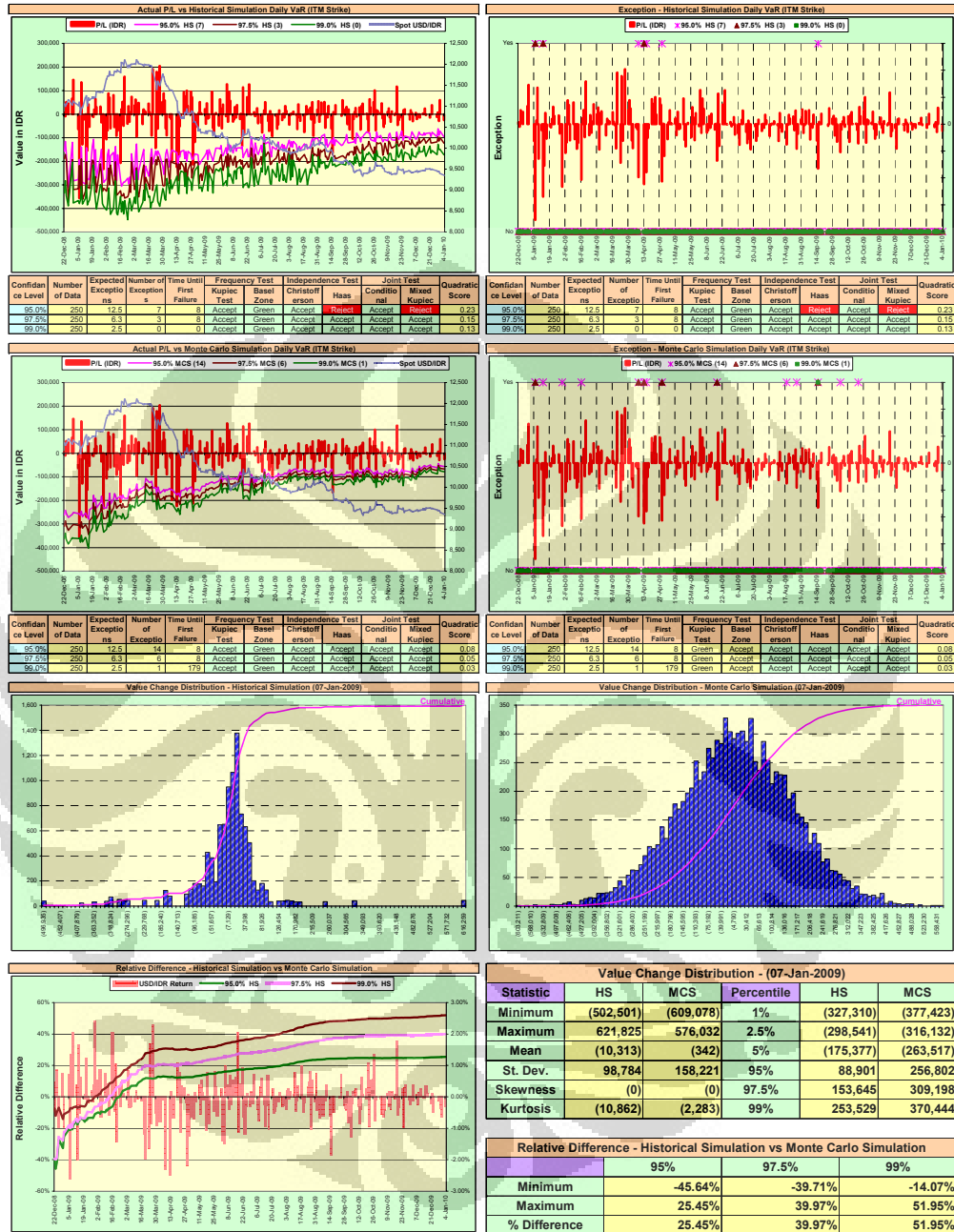
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 36. Periode 2 – OTM Strike USD Put / IDR Call



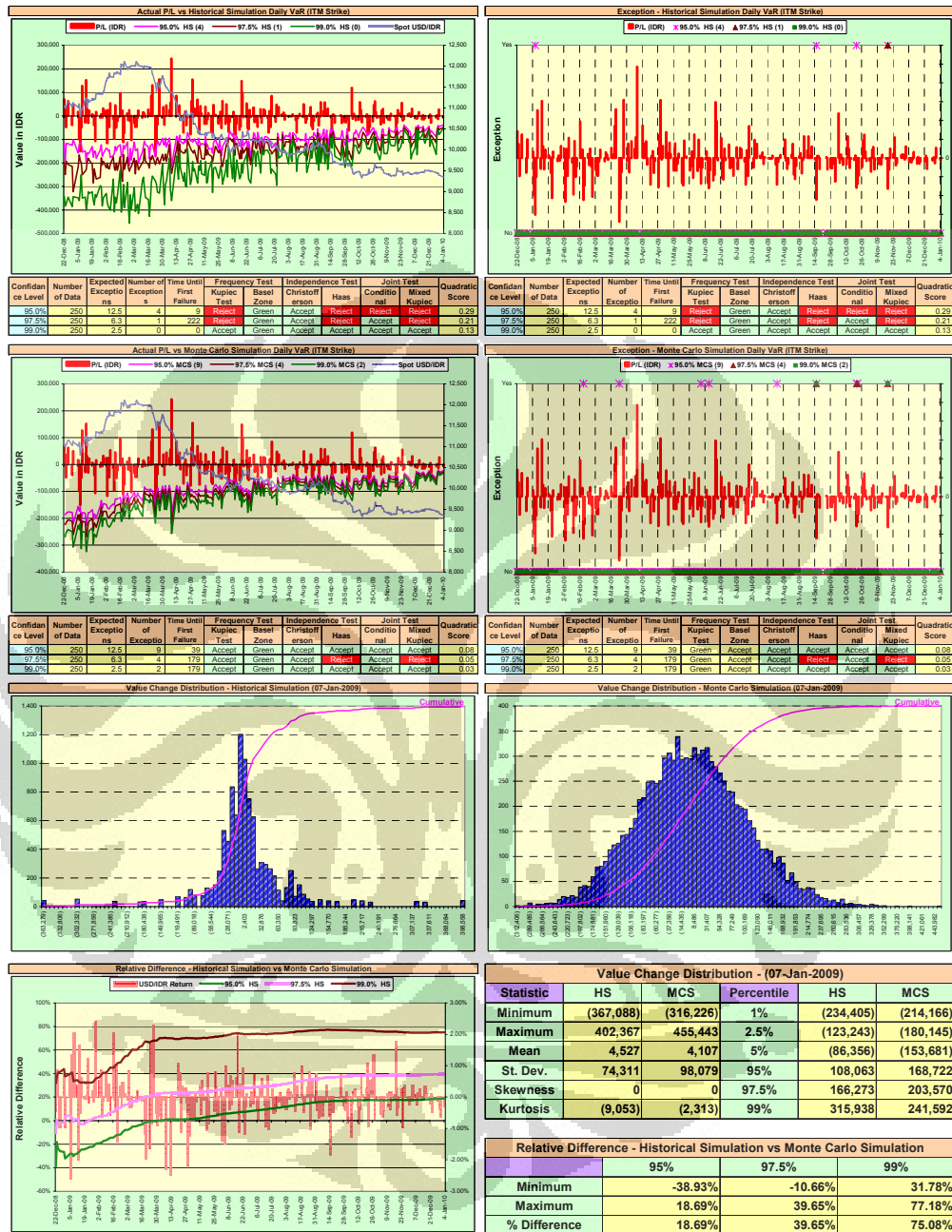
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 37. Periode 2 – ITM Strike USD Call / IDR Put



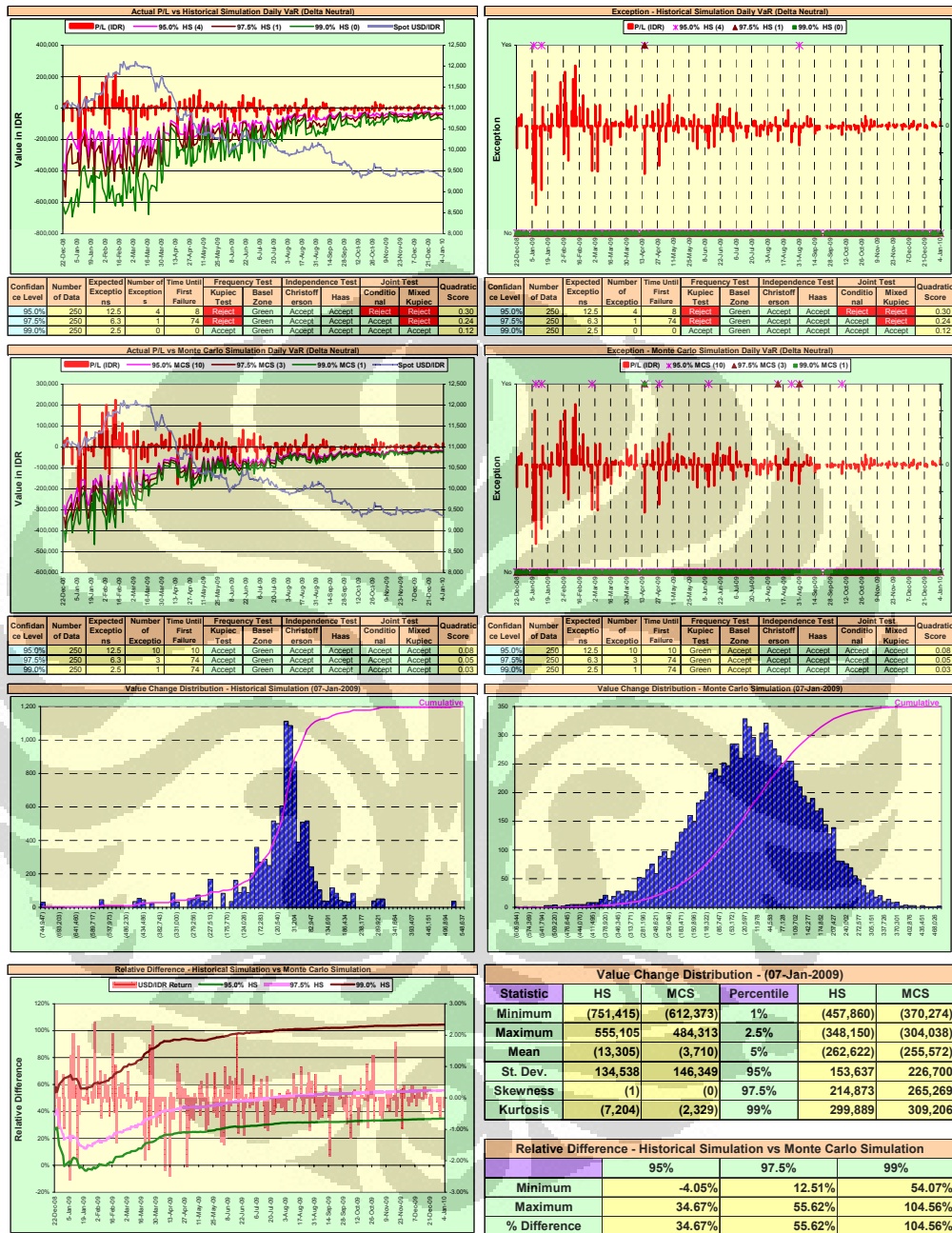
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 38. Periode 2 – ITM Strike USD Put / IDR Call



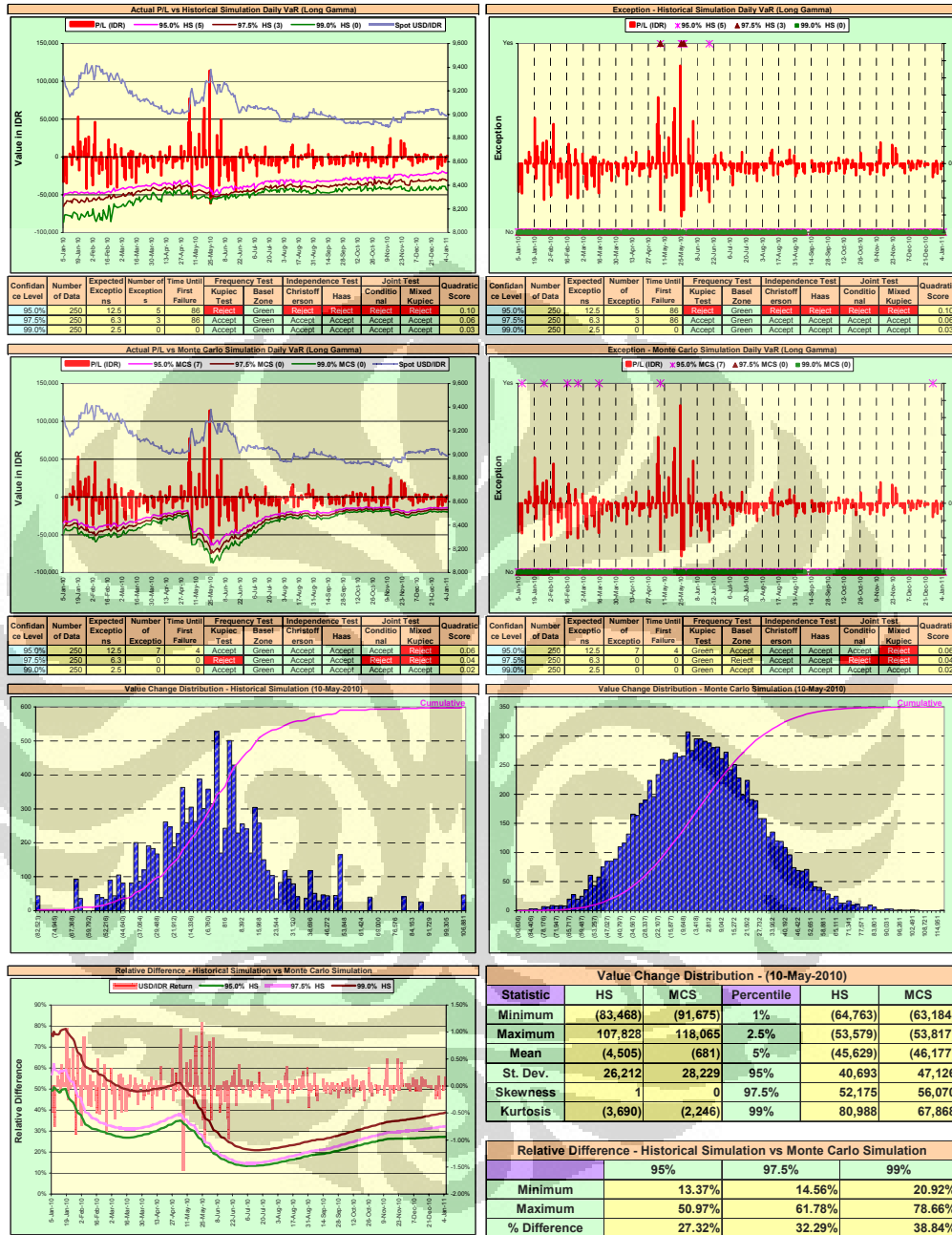
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 39. Periode 2 – Delta Neutral



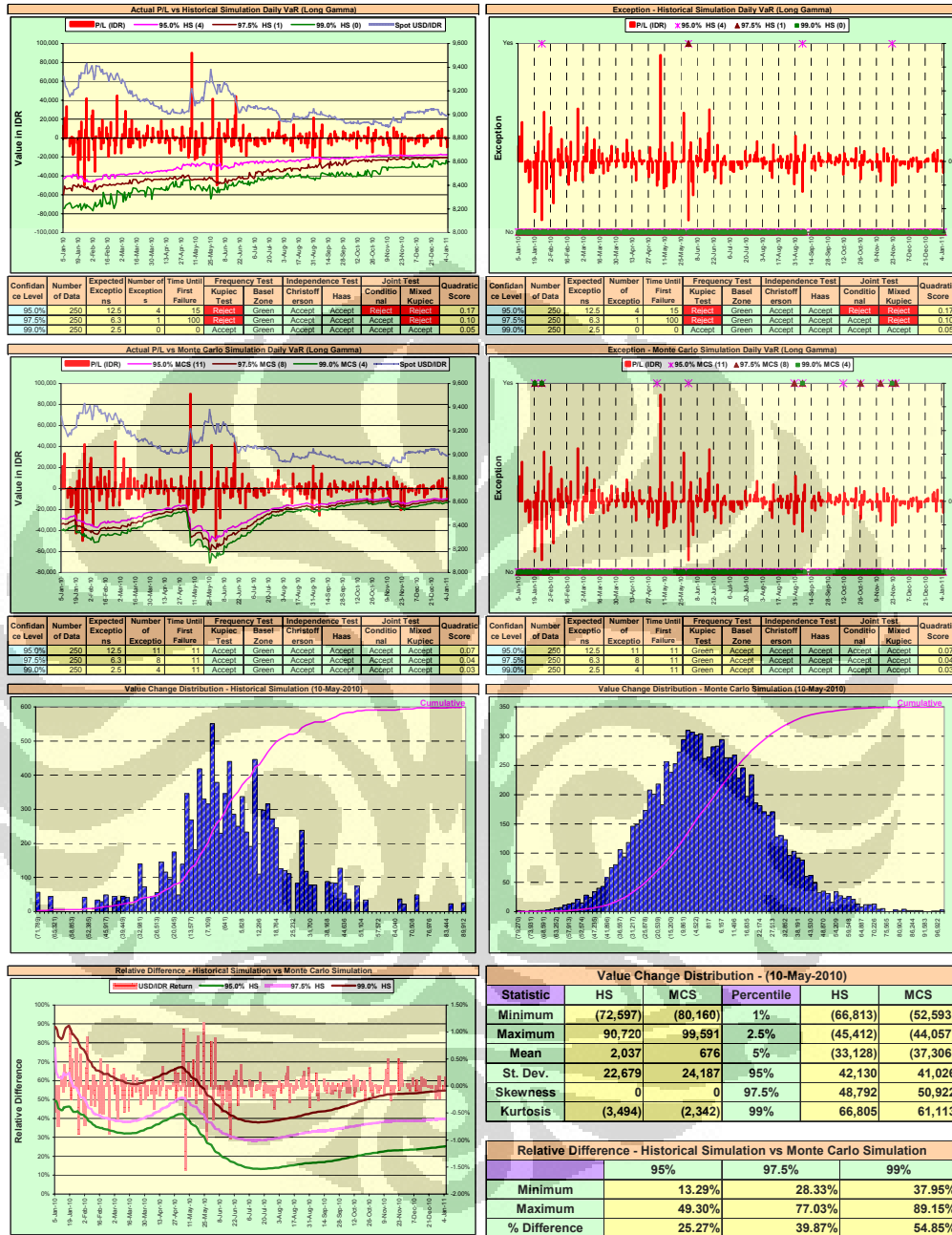
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 40. Periode 3 – Long Gamma USD Call / IDR Put



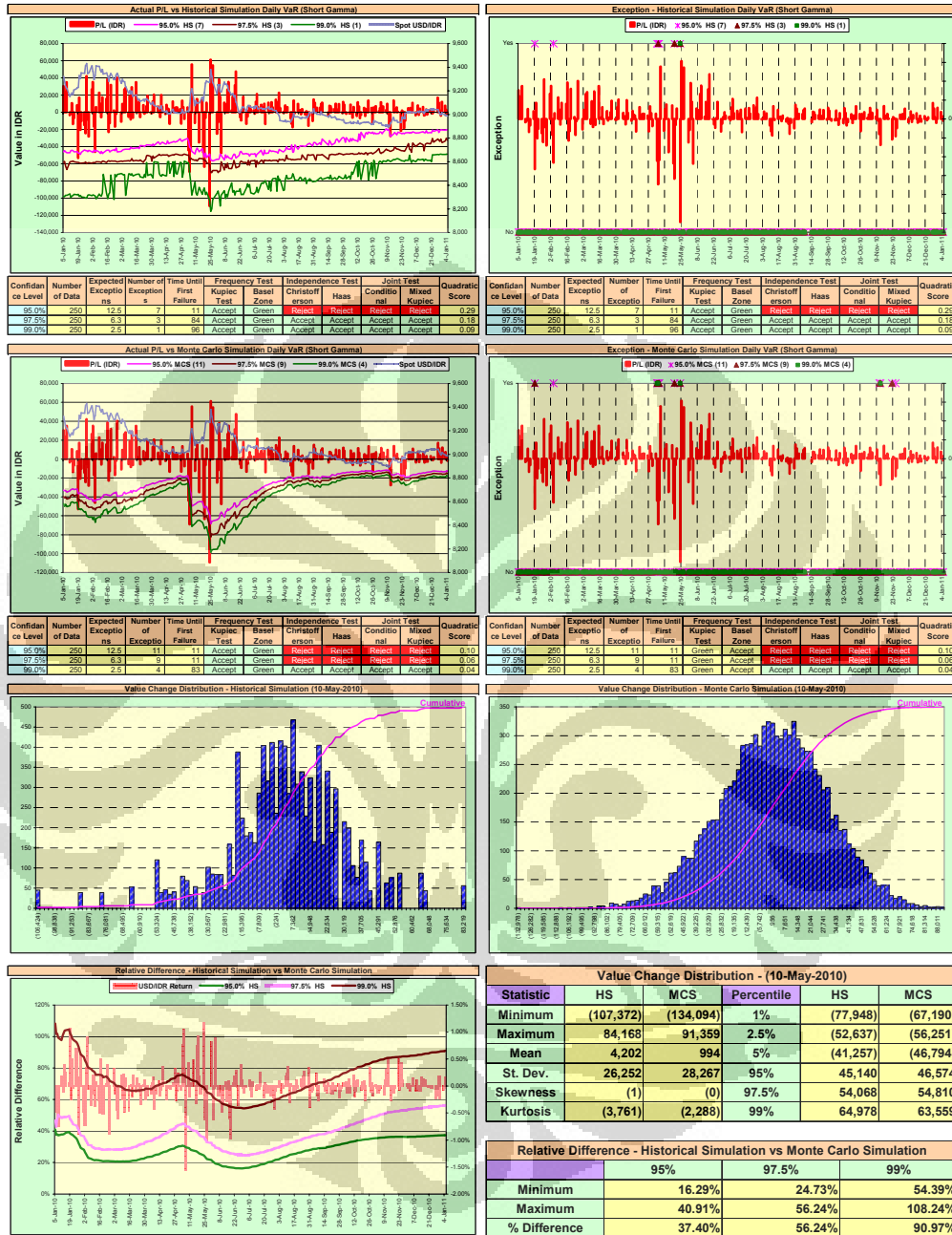
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 41. Periode 3 – Long Gamma USD Put / IDR Call



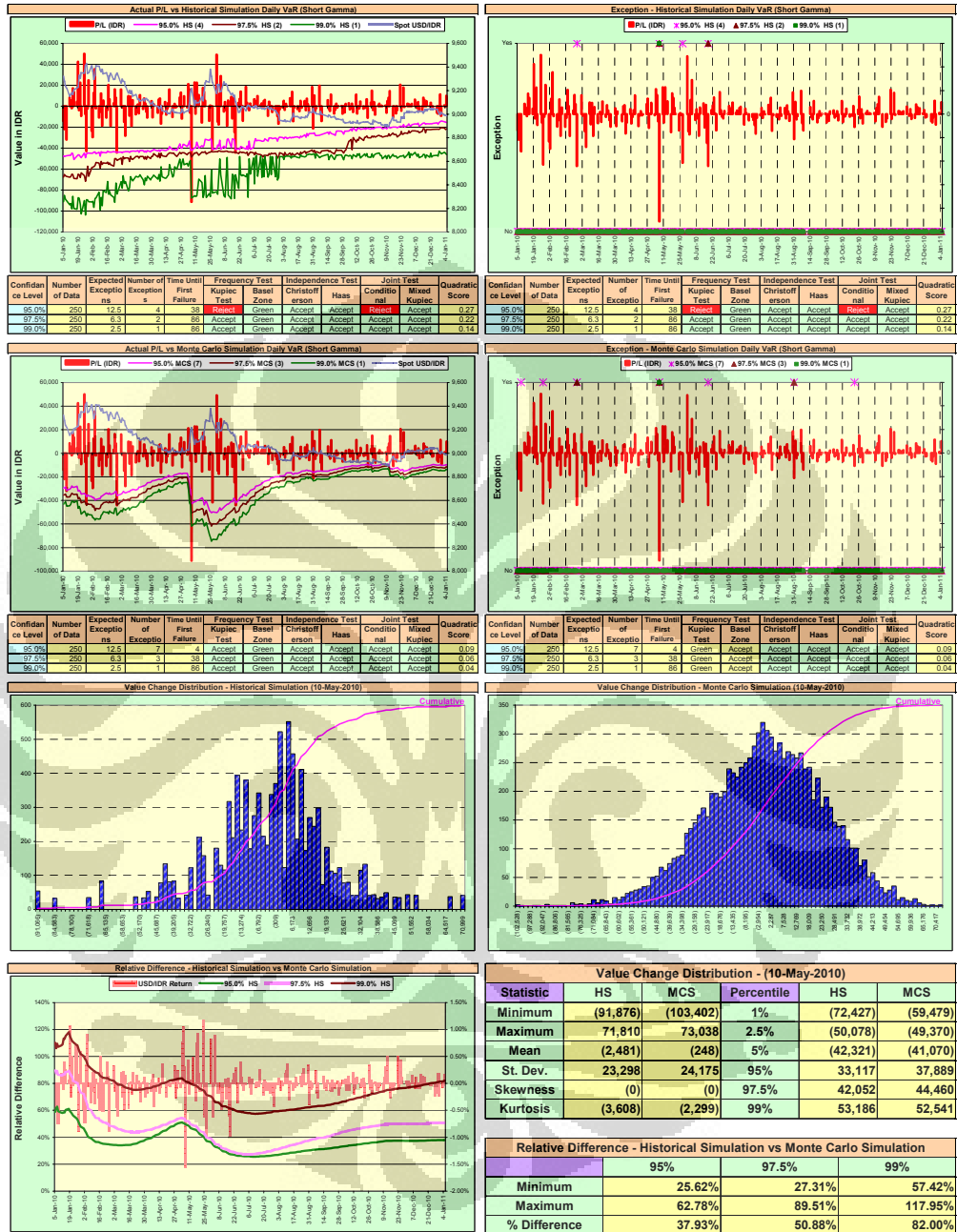
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 42. Periode 3 – Short Gamma USD Call / IDR Put



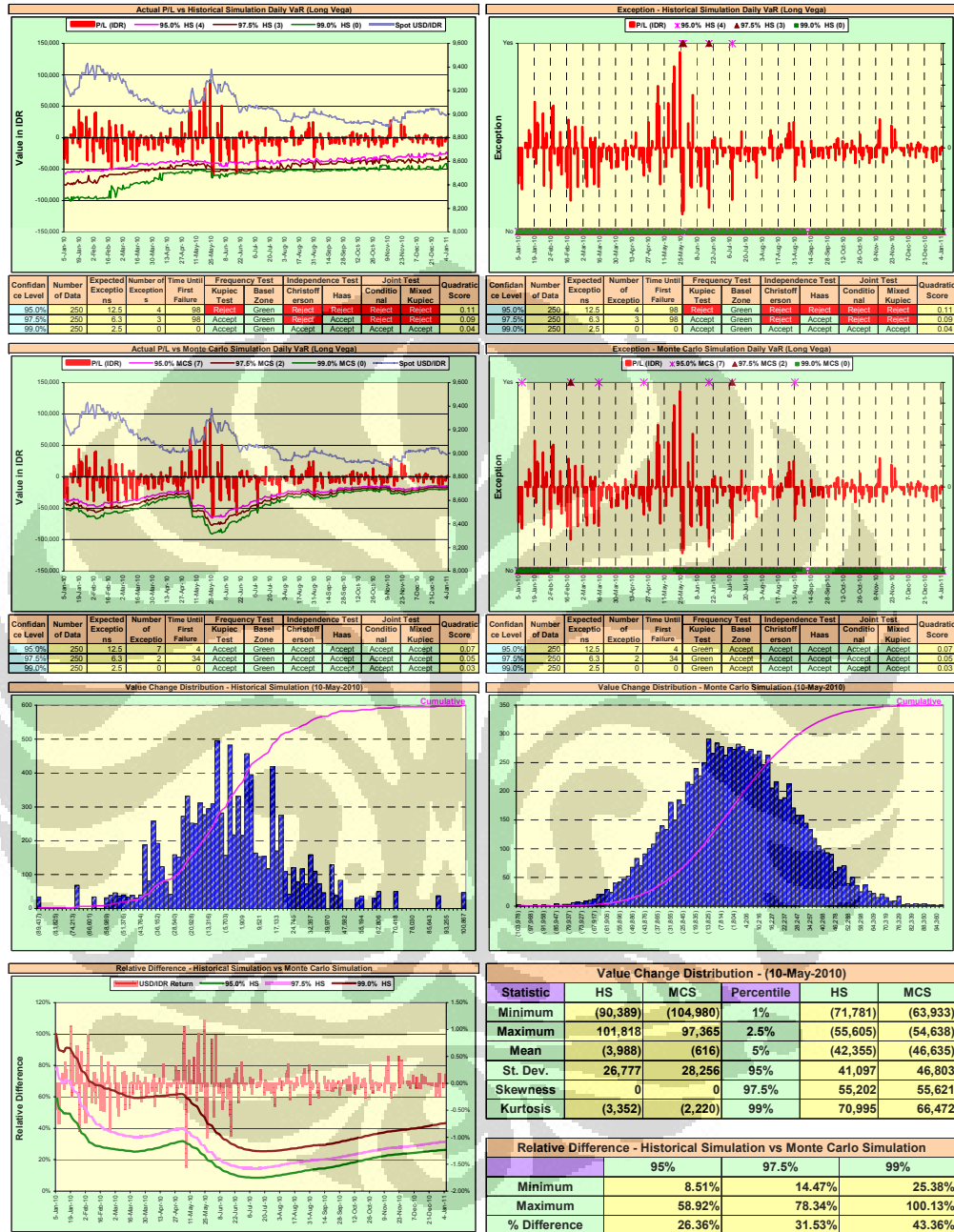
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 43. Periode 3 – Short Gamma USD Put / IDR Call



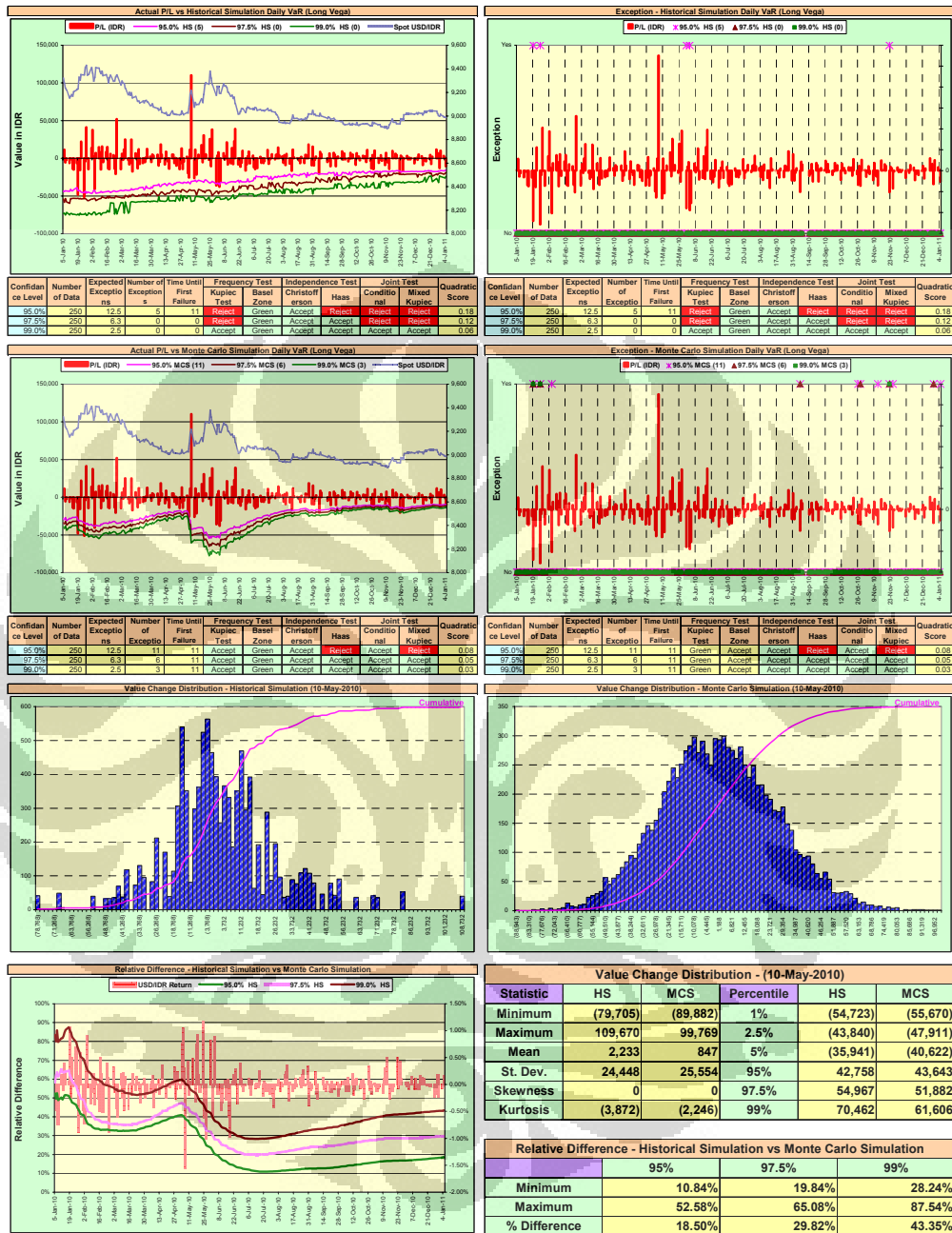
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 44. Periode 3 – Long Vega USD Call / IDR Put



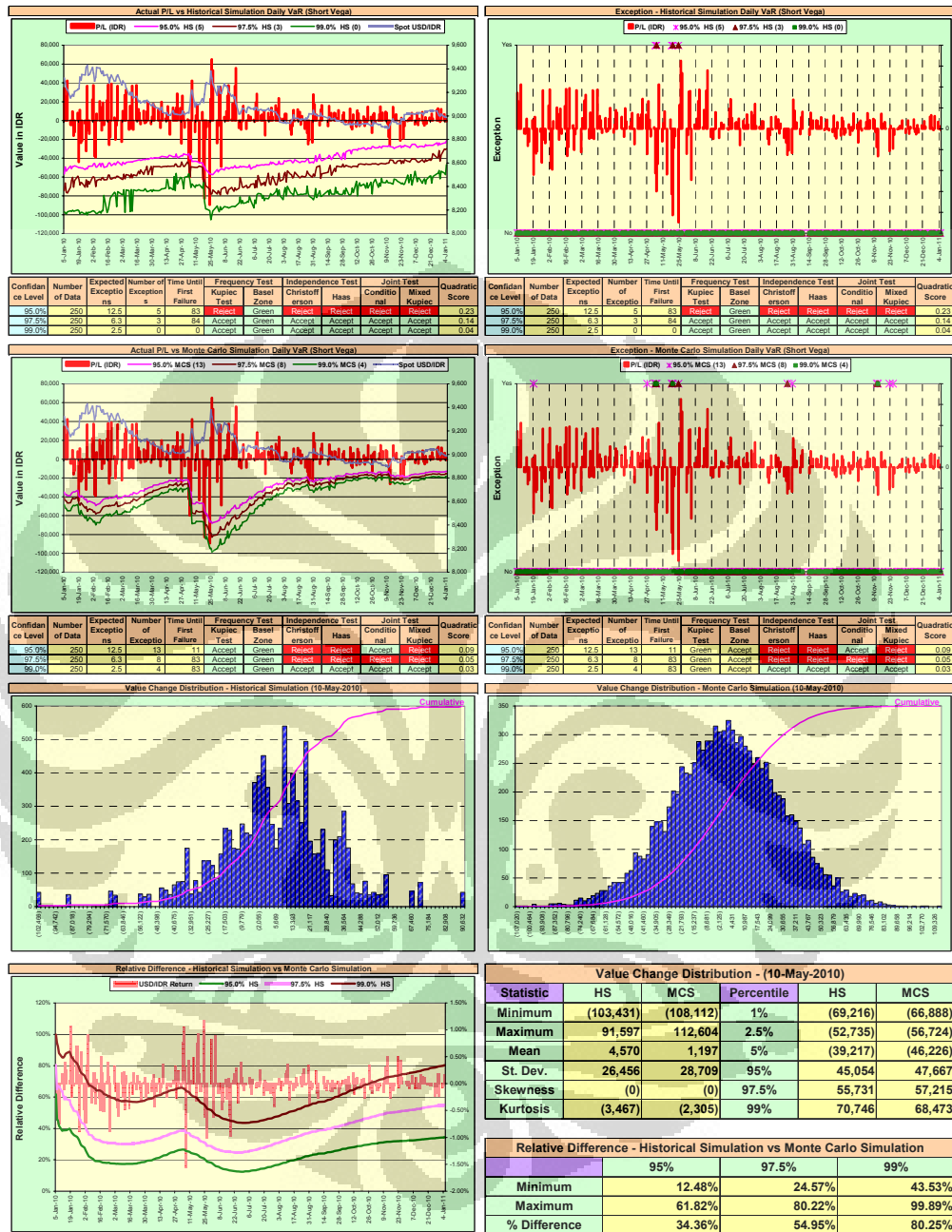
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 45. Periode 3 – Long Vega USD Put / IDR Call



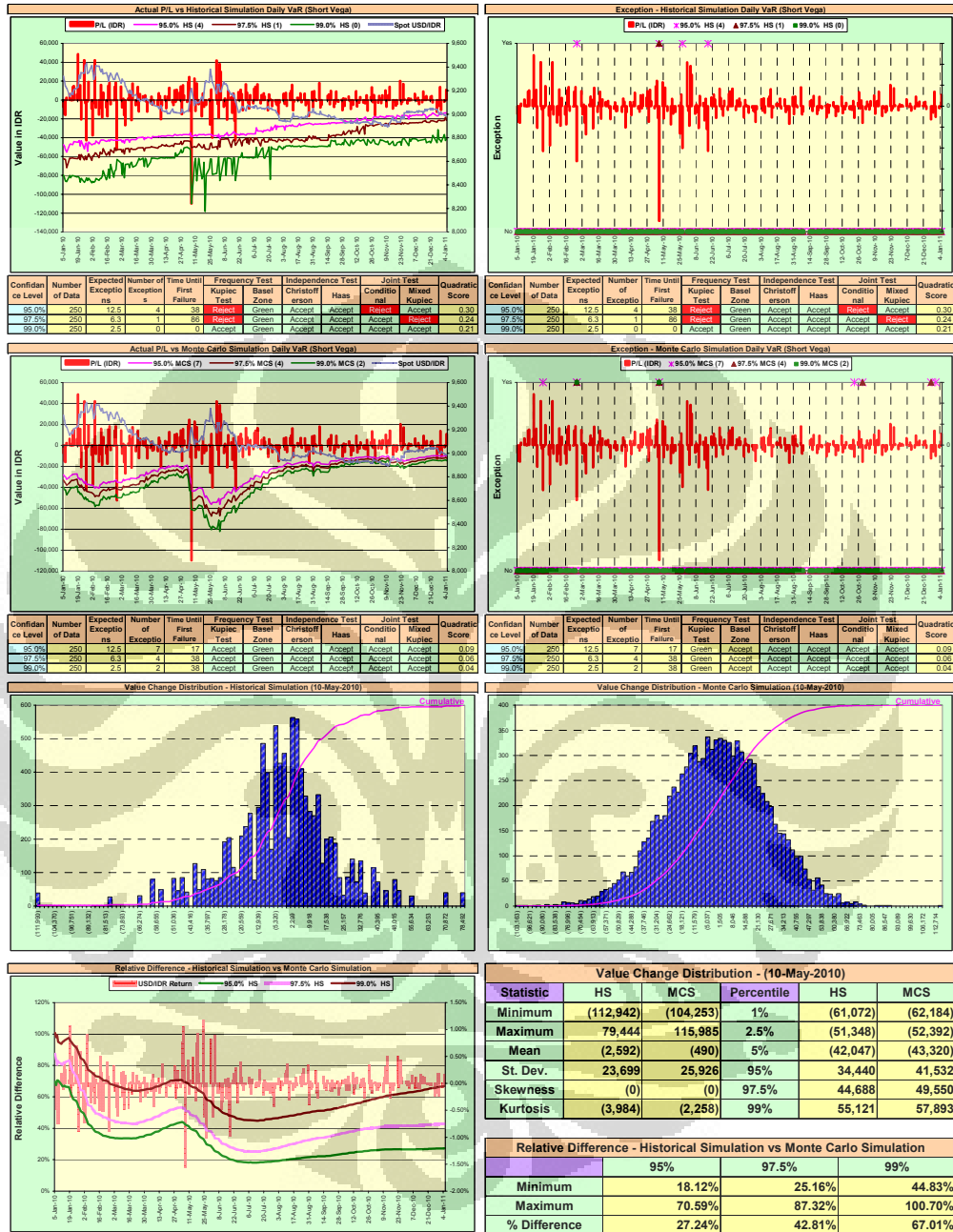
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 46. Periode 3 – Short Vega USD Call / IDR Put



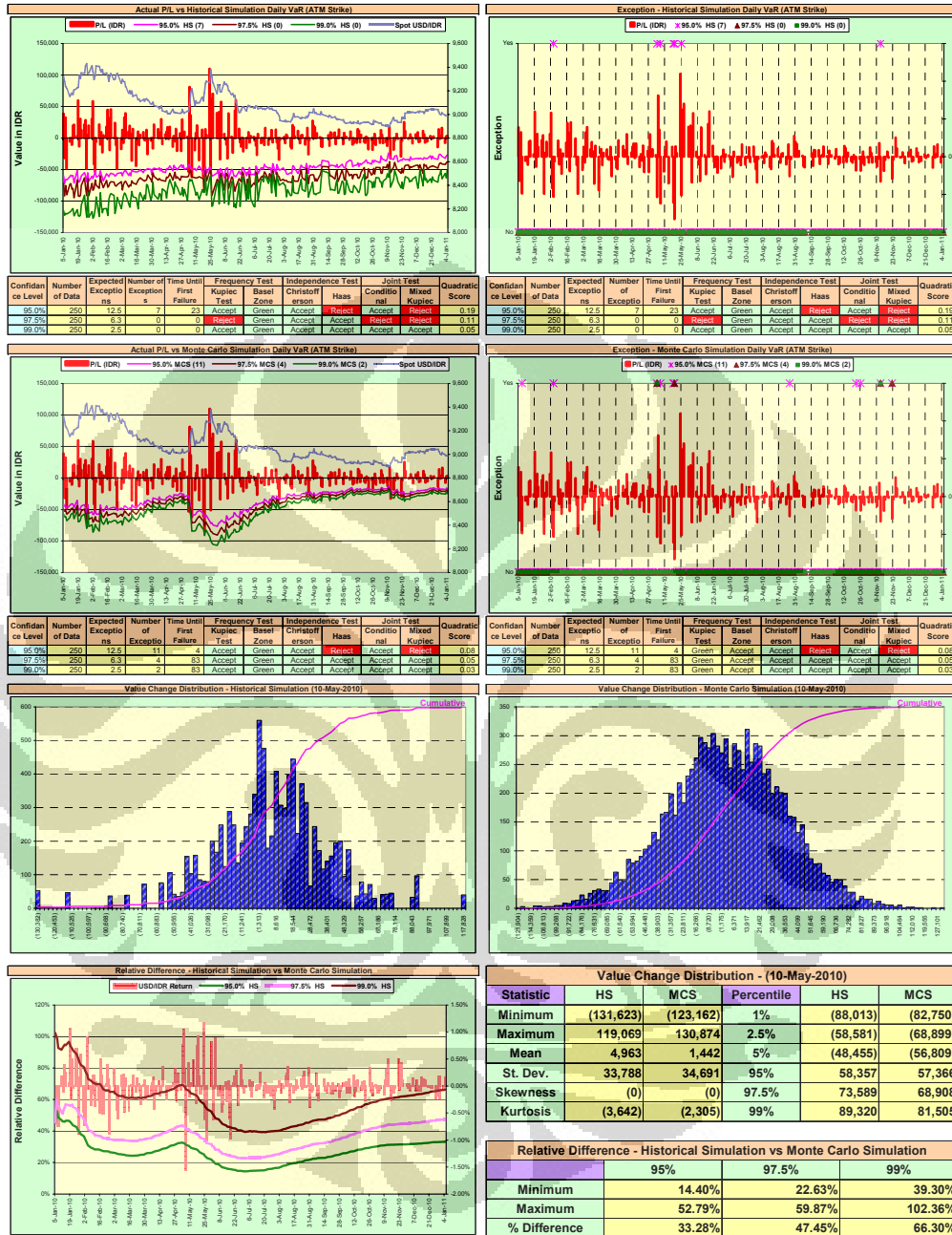
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 47. Periode 3 – Short Vega USD Put / IDR Call



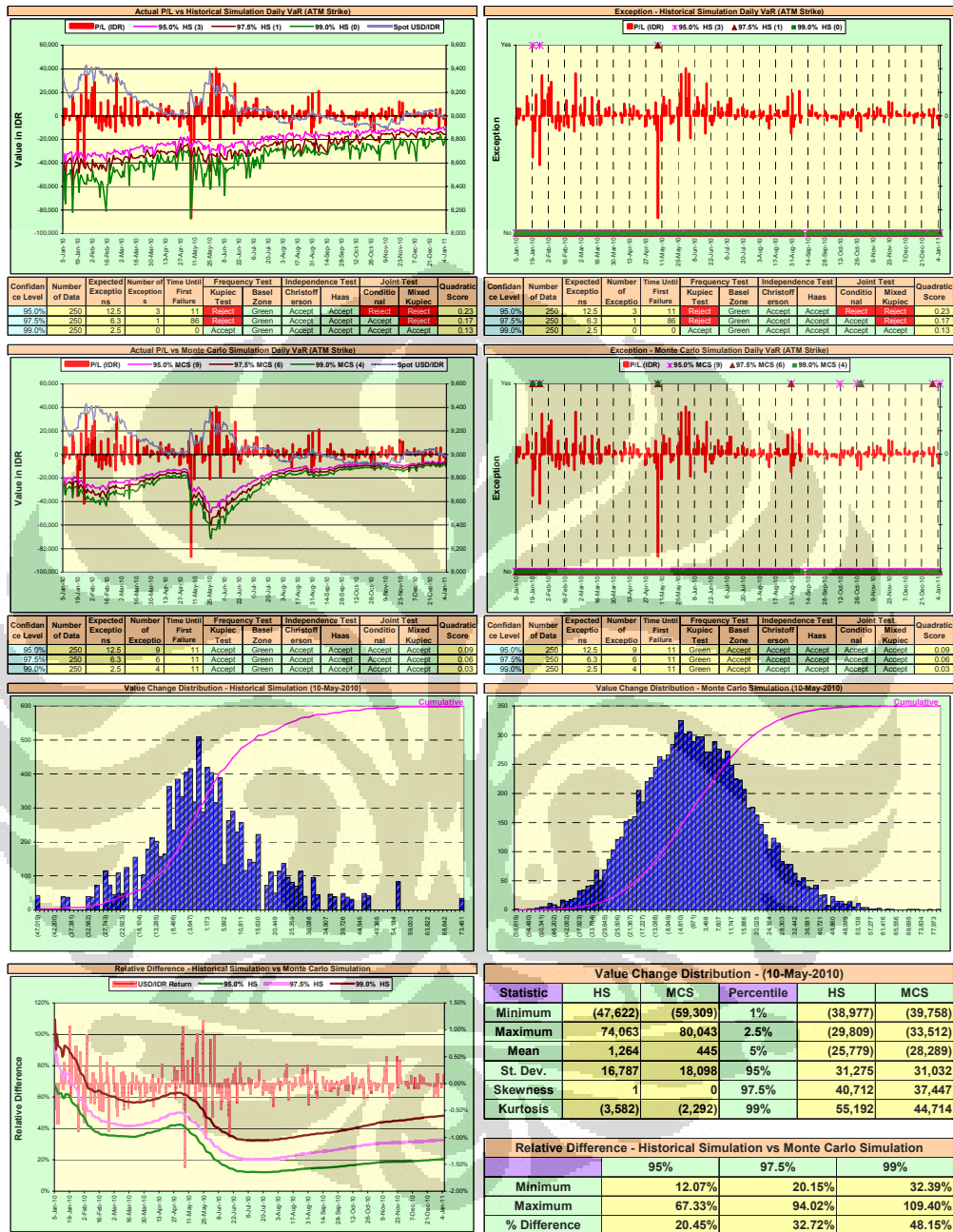
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 48. Periode 3 – ATM Strike USD Call / IDR Put



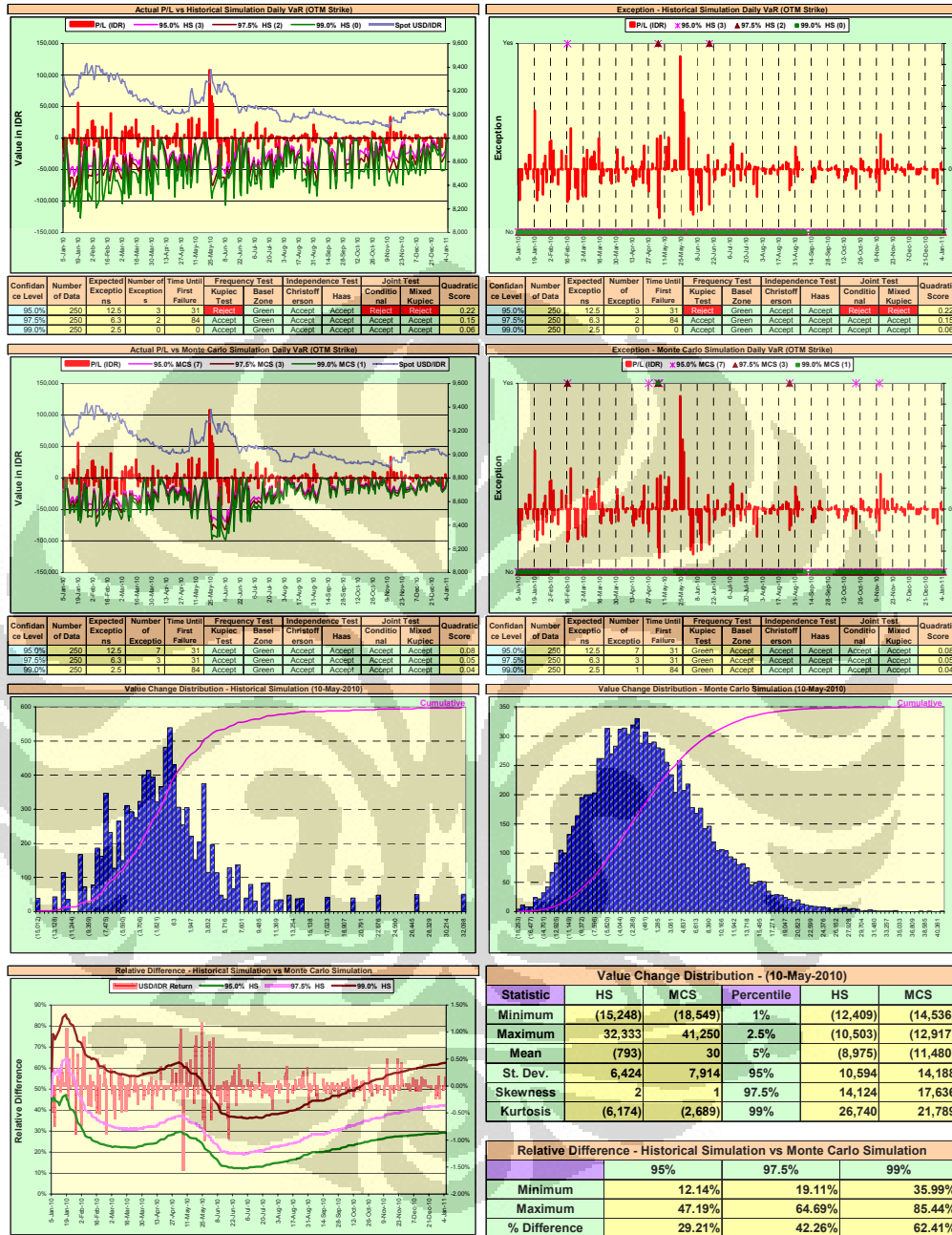
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 49. Periode 3 – ATM Strike USD Put / IDR Call



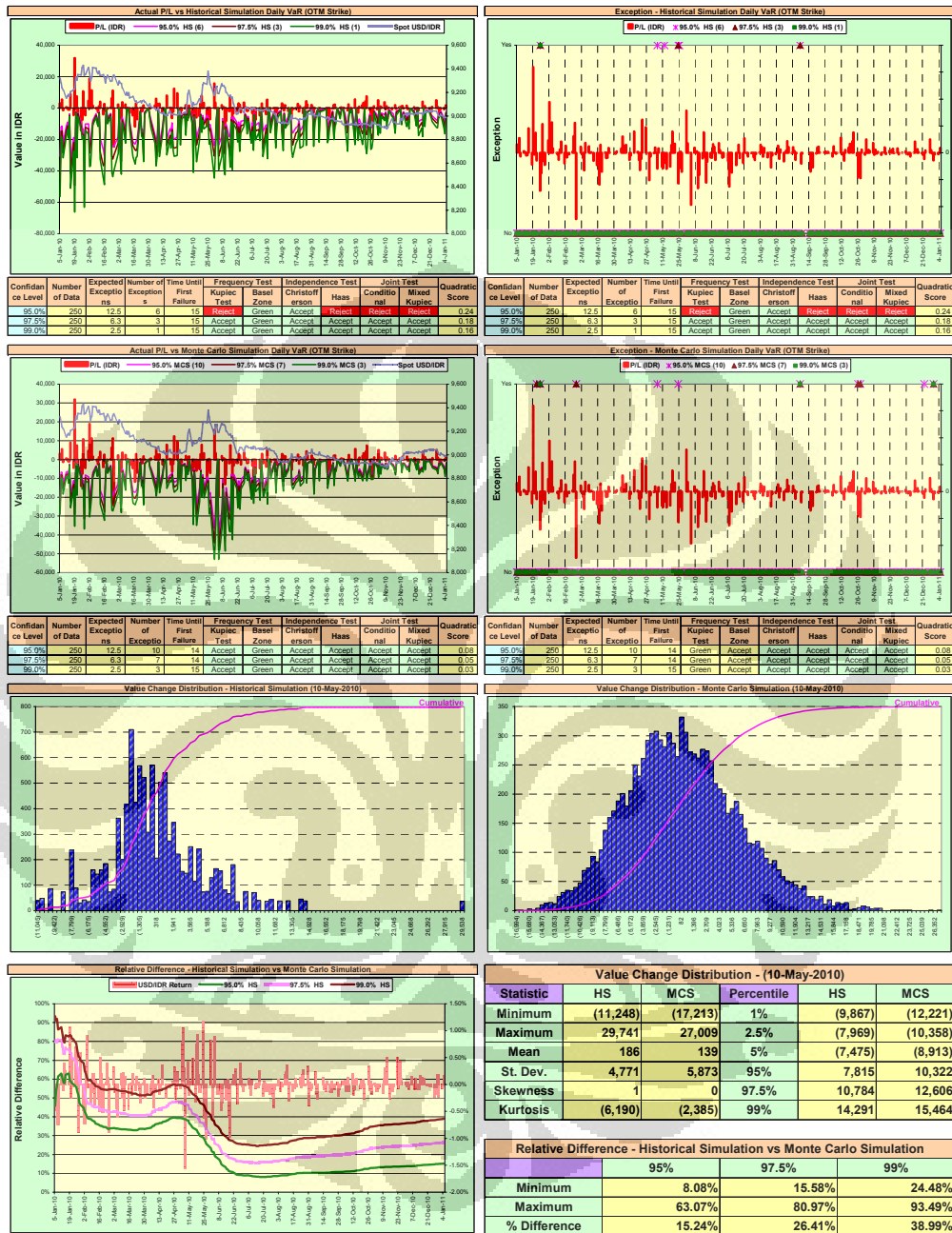
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 50. Periode 3 – OTM Strike USD Call / IDR Put



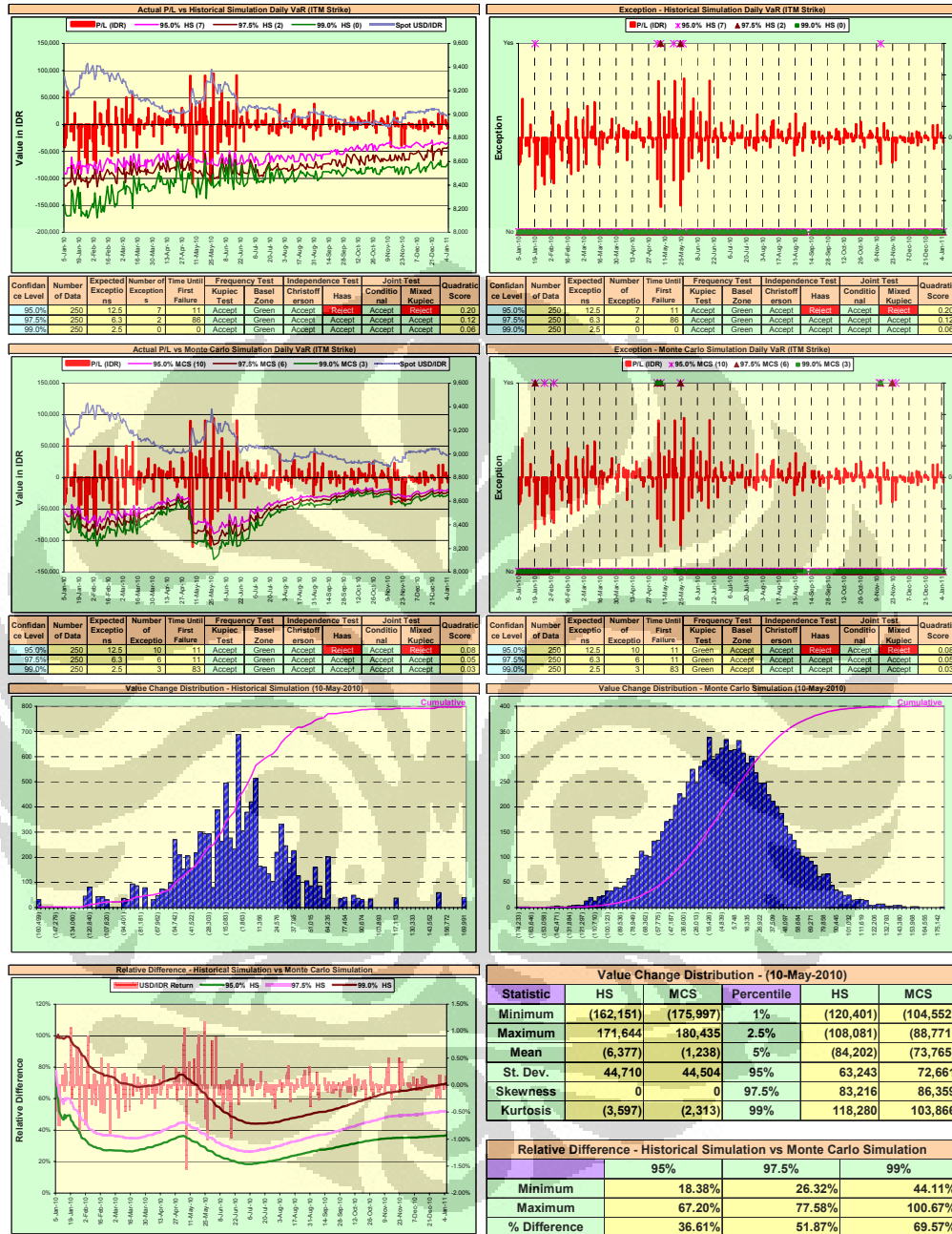
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 51. Periode 3 – OTM Strike USD Put / IDR Call



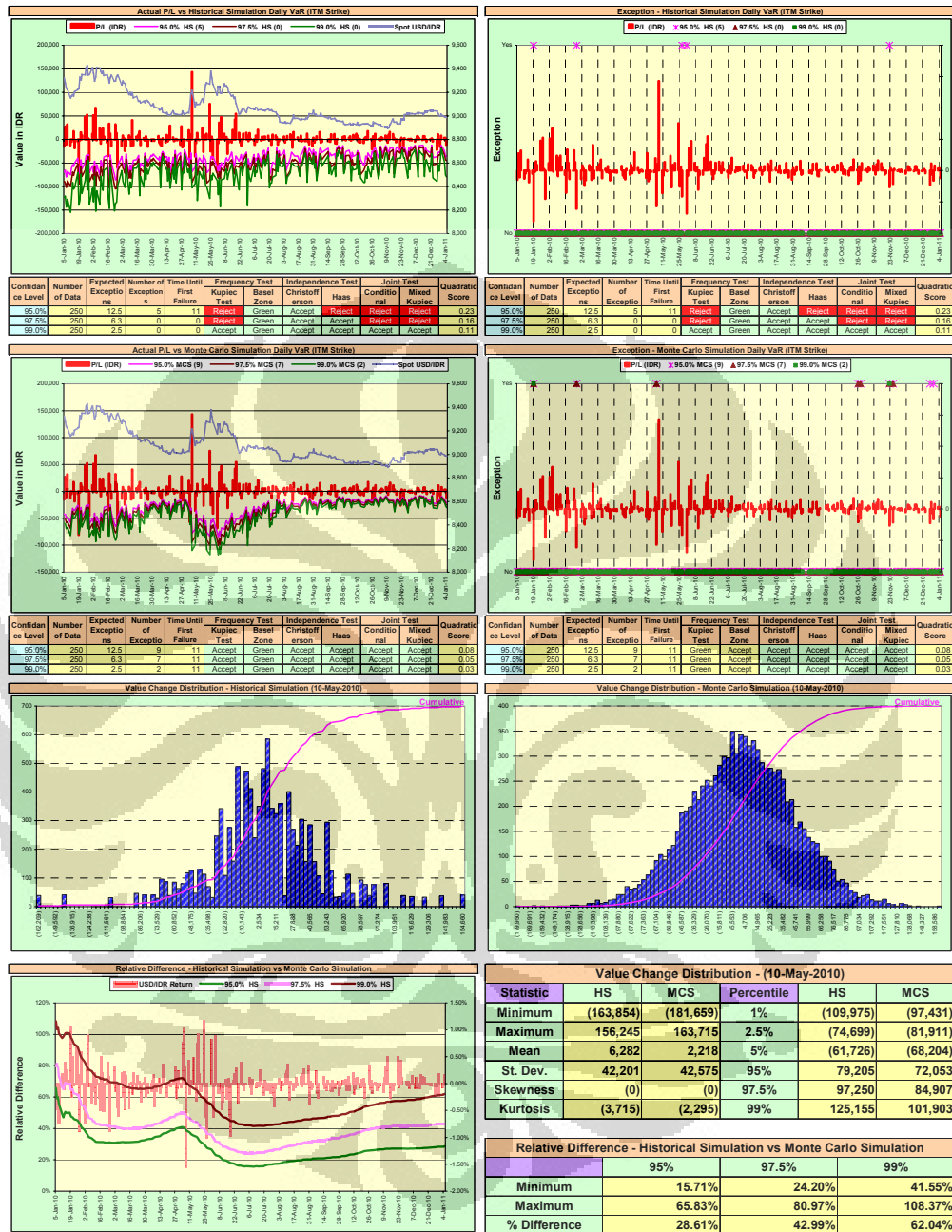
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 52. Periode 3 – ITM Strike USD Call / IDR Put



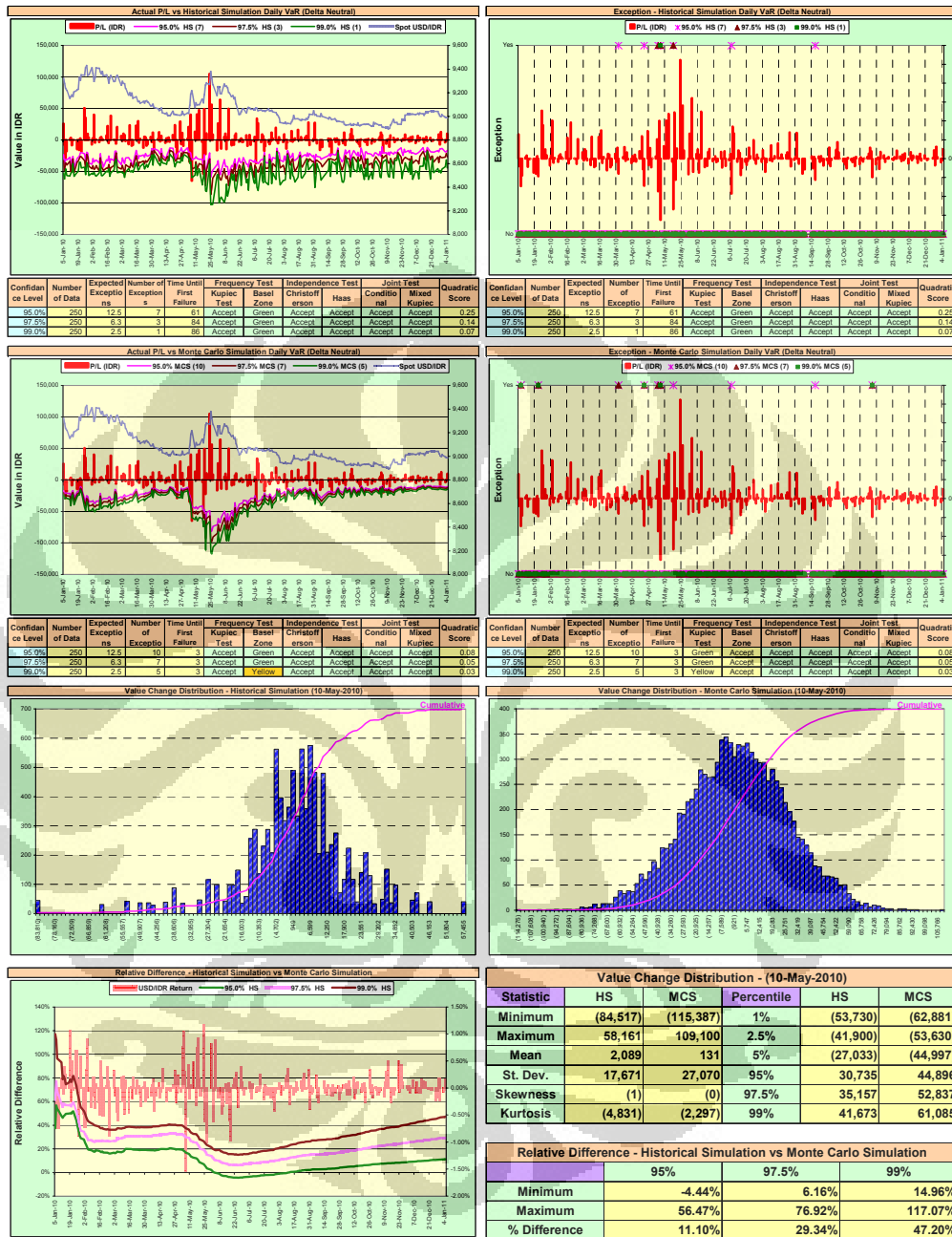
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 53. Periode 3 – ITM Strike USD Put / IDR Call



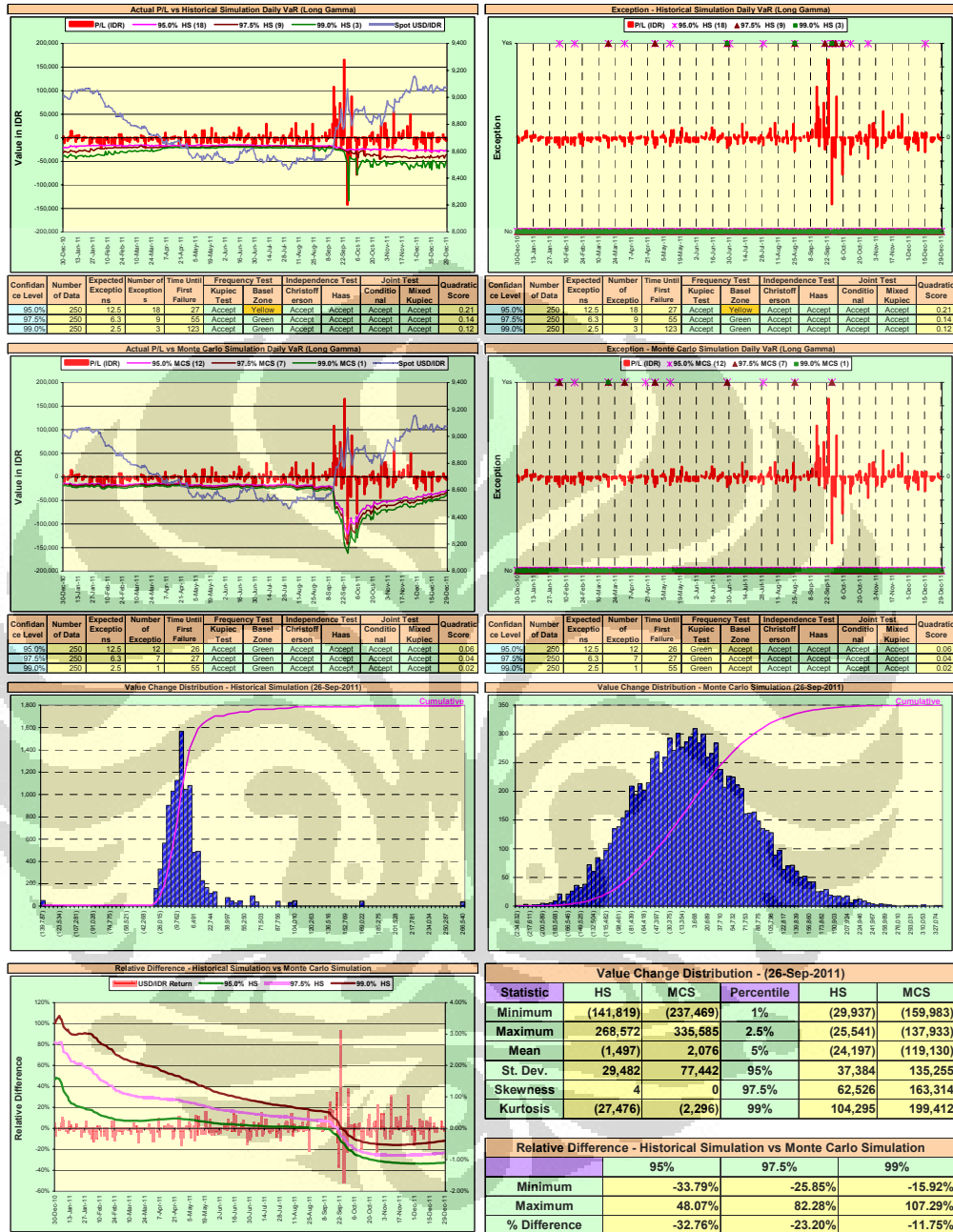
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 54. Periode 3 – Delta Neutral



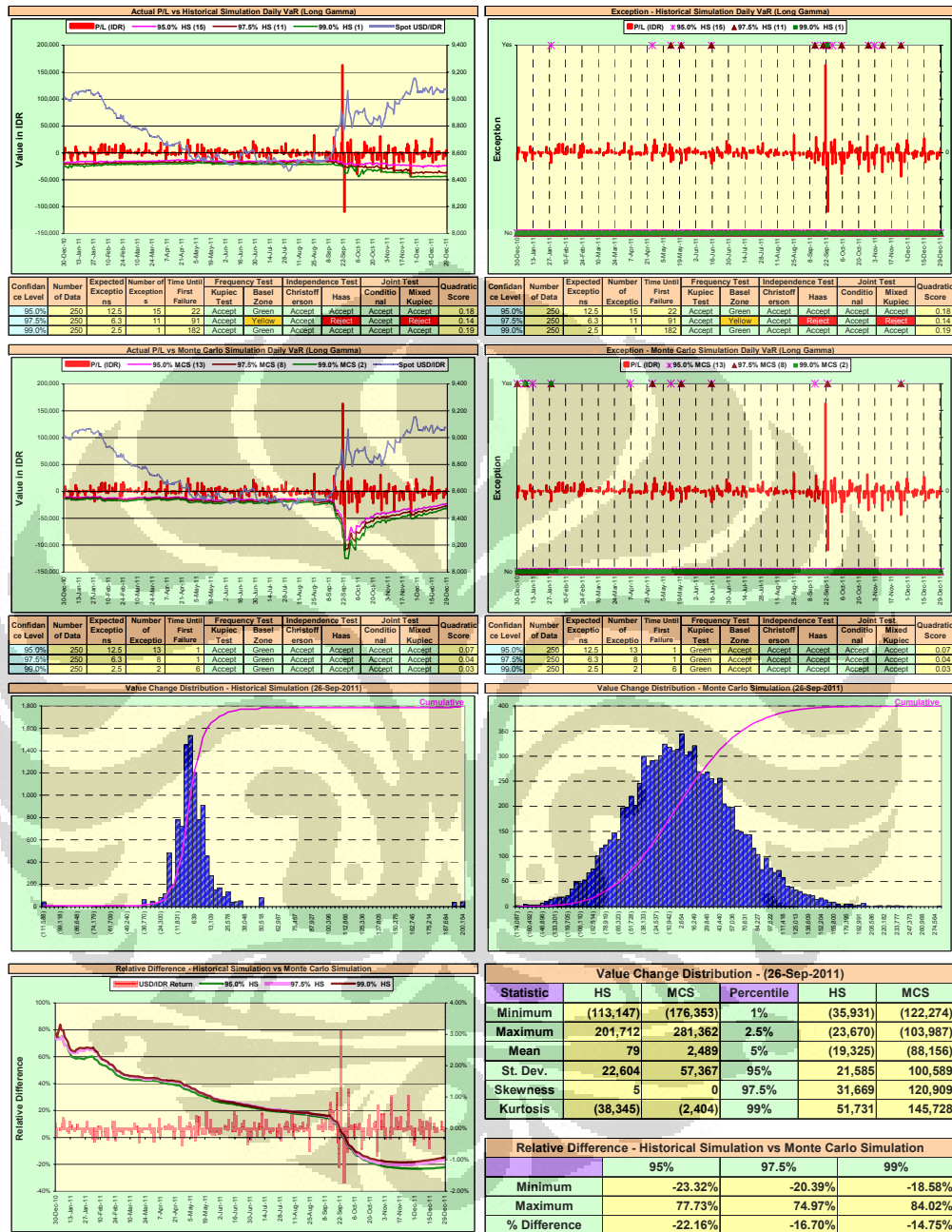
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 55. Periode 4 – Long Gamma USD Call / IDR Put



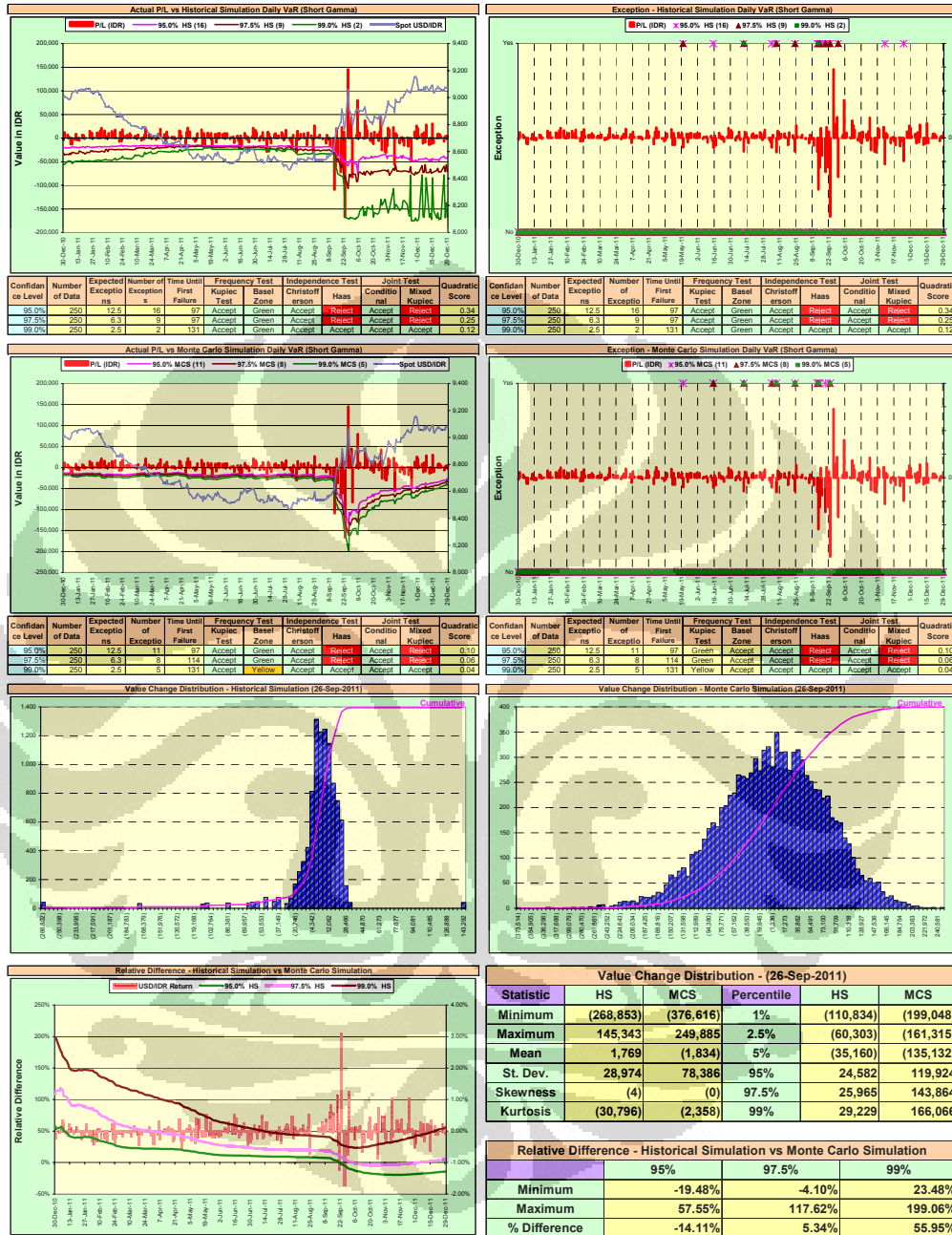
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 56. Periode 4 – Long Gamma USD Put / IDR Call



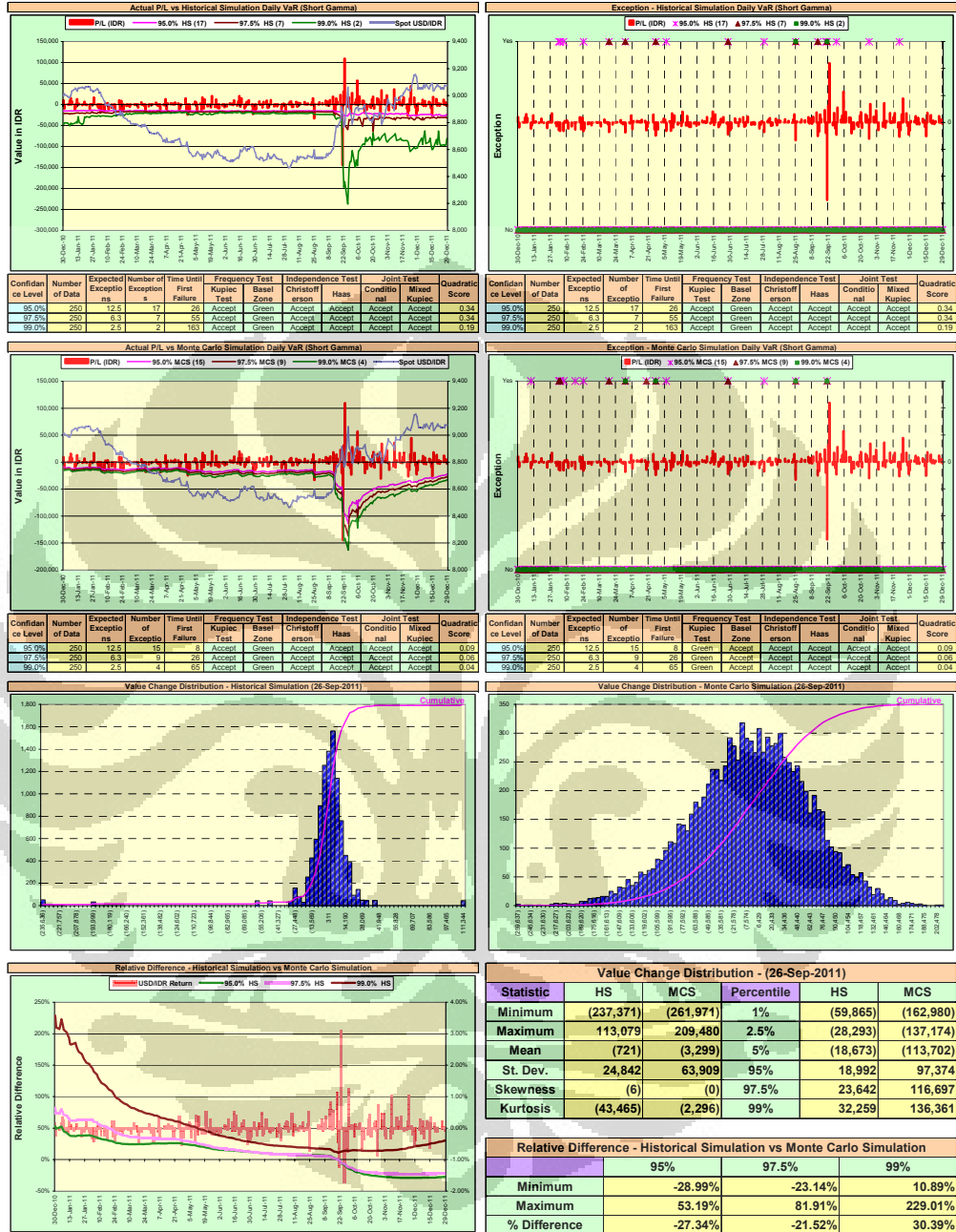
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 57. Periode 4 – Short Gamma USD Call / IDR Put



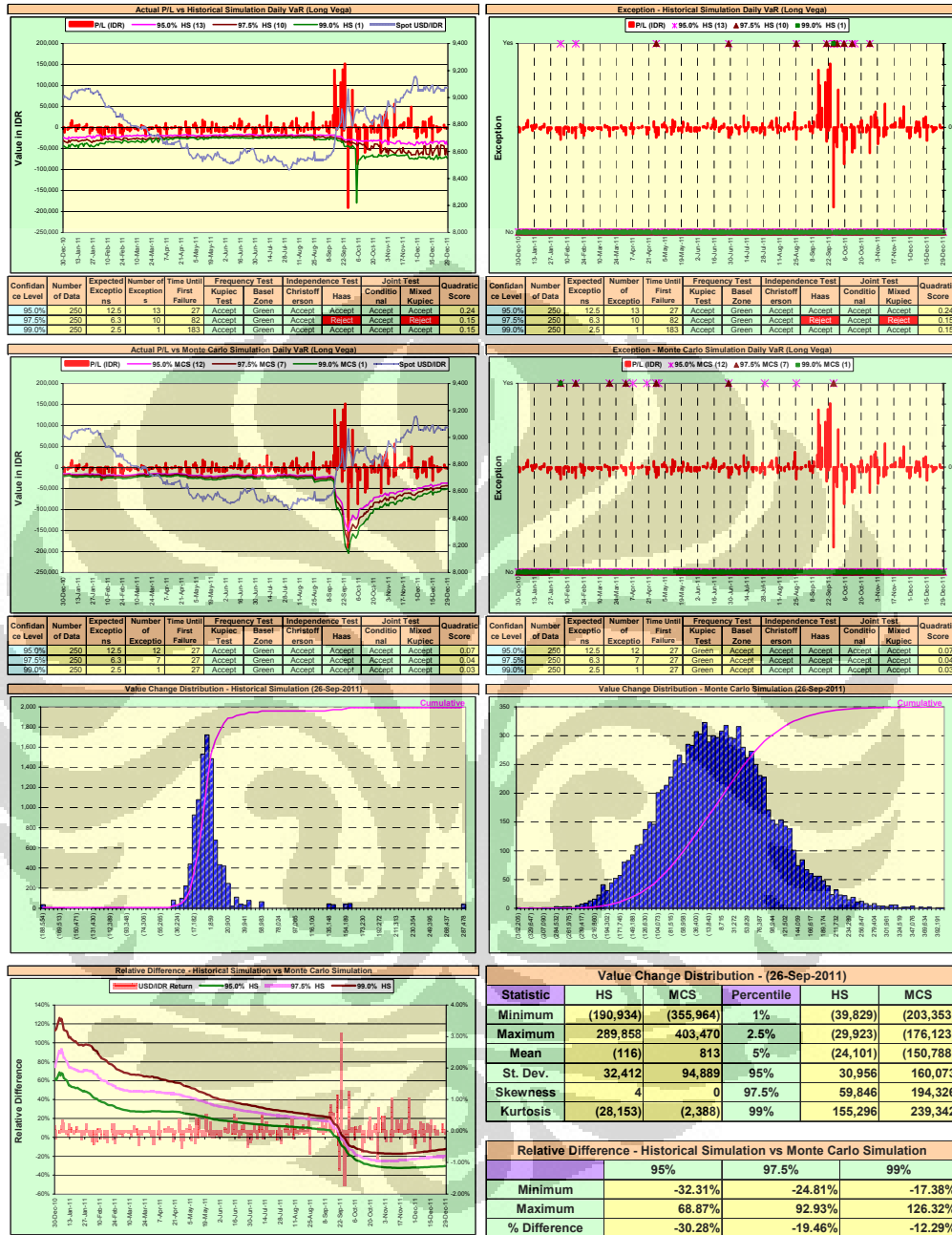
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 58. Periode 4 – Short Gamma USD Put / IDR Call



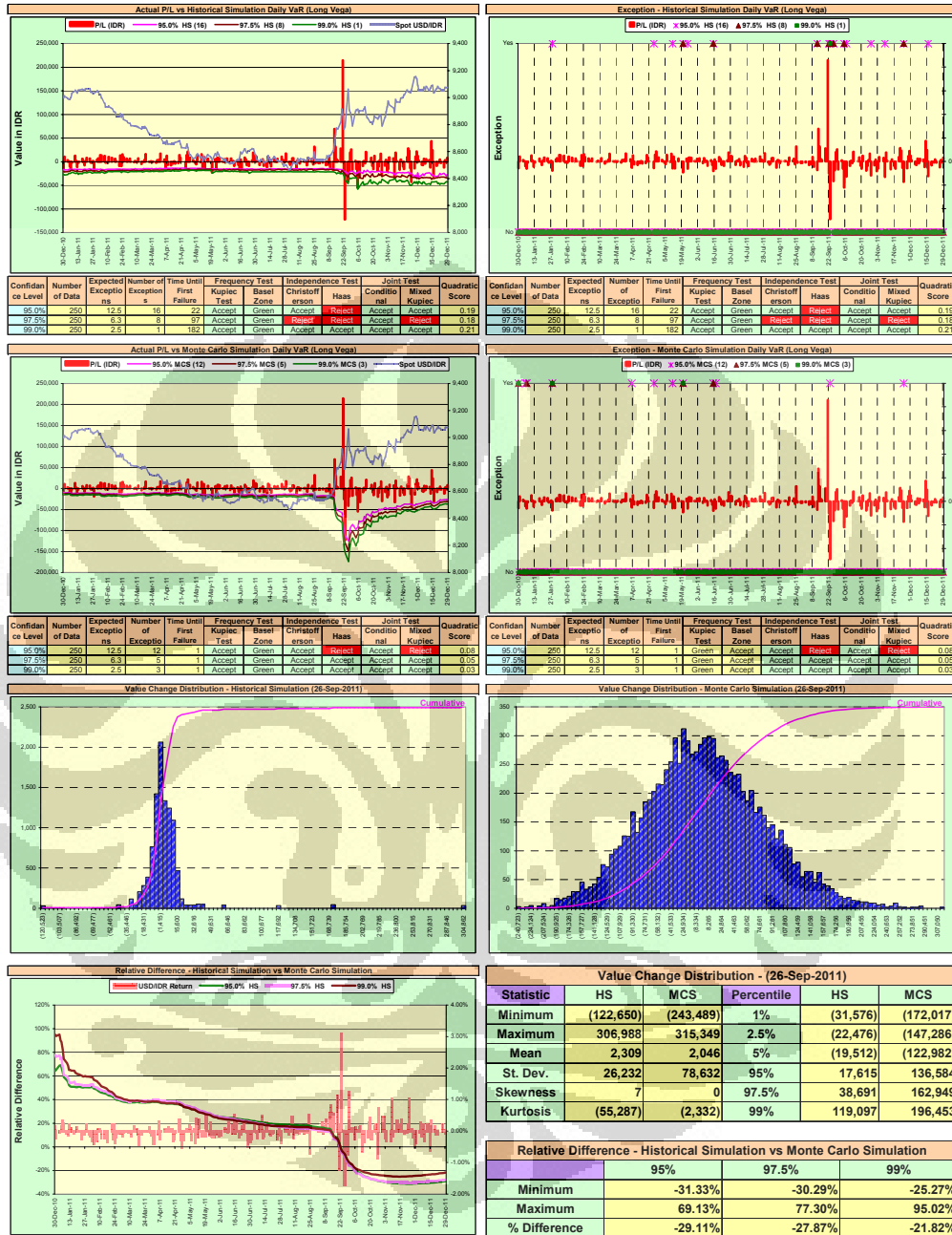
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 59. Periode 4 – Long Vega USD Call / IDR Put



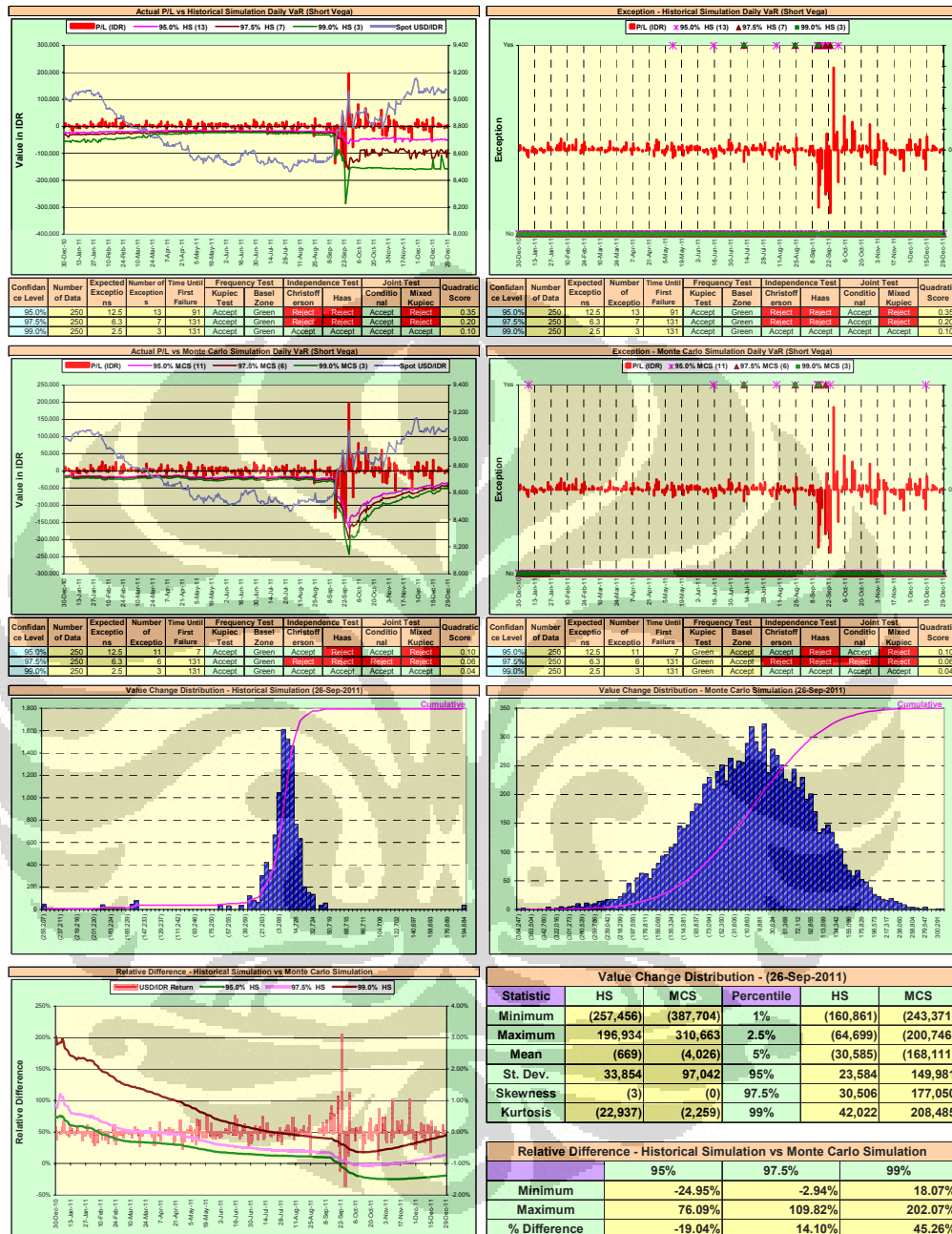
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 60. Periode 4 – Long Vega USD Put / IDR Call



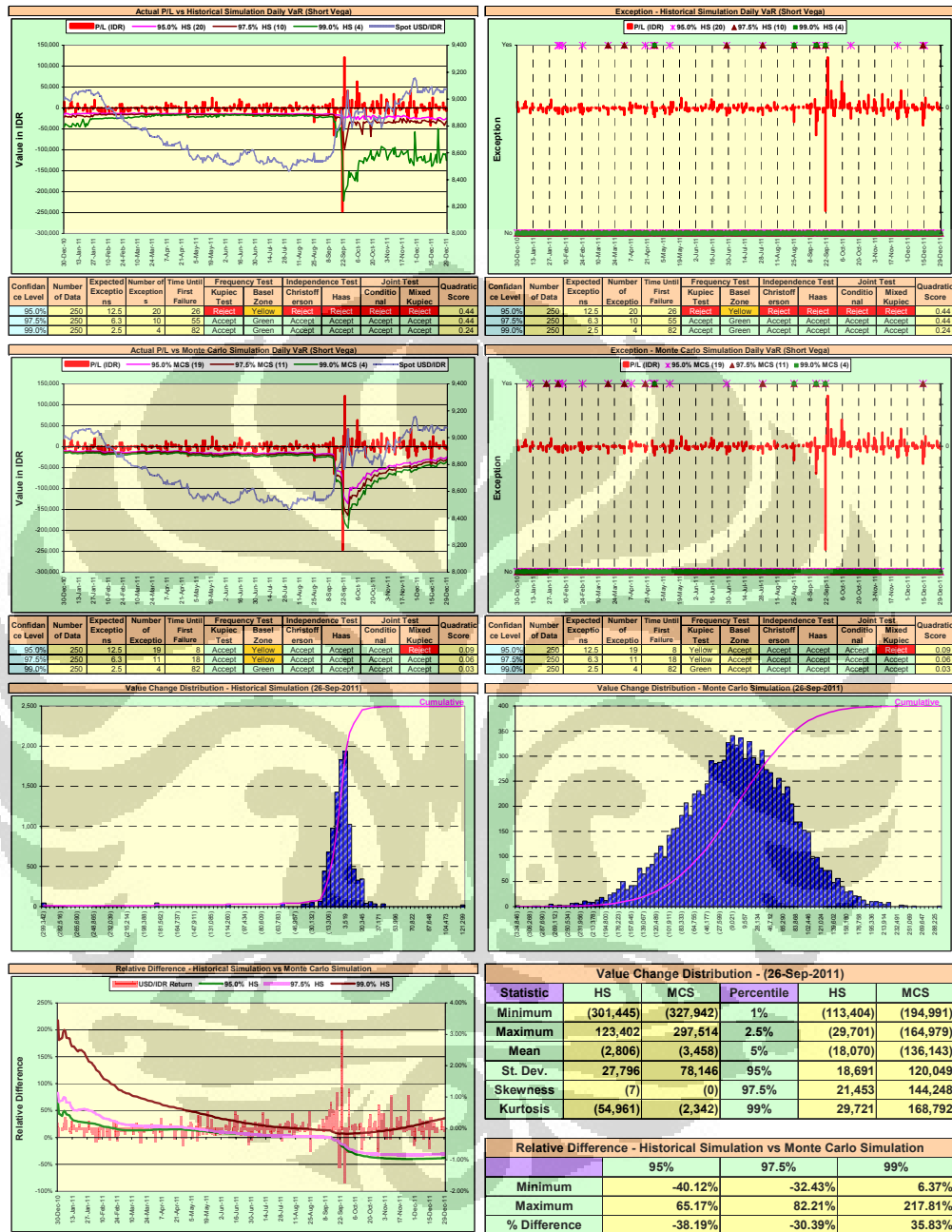
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 61. Periode 4 – Short Vega USD Call / IDR Put



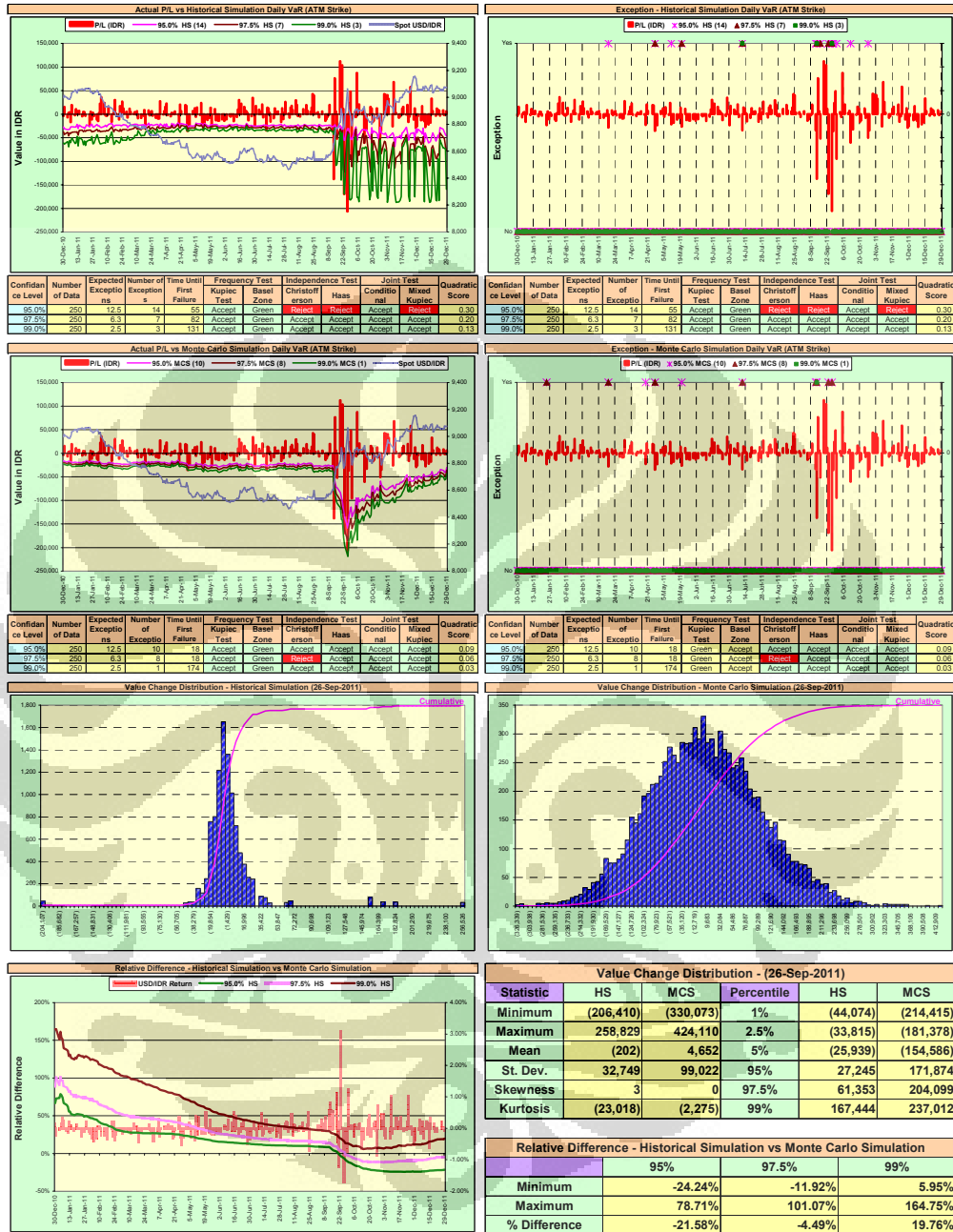
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 62. Periode 4 – Short Vega USD Put / IDR Call



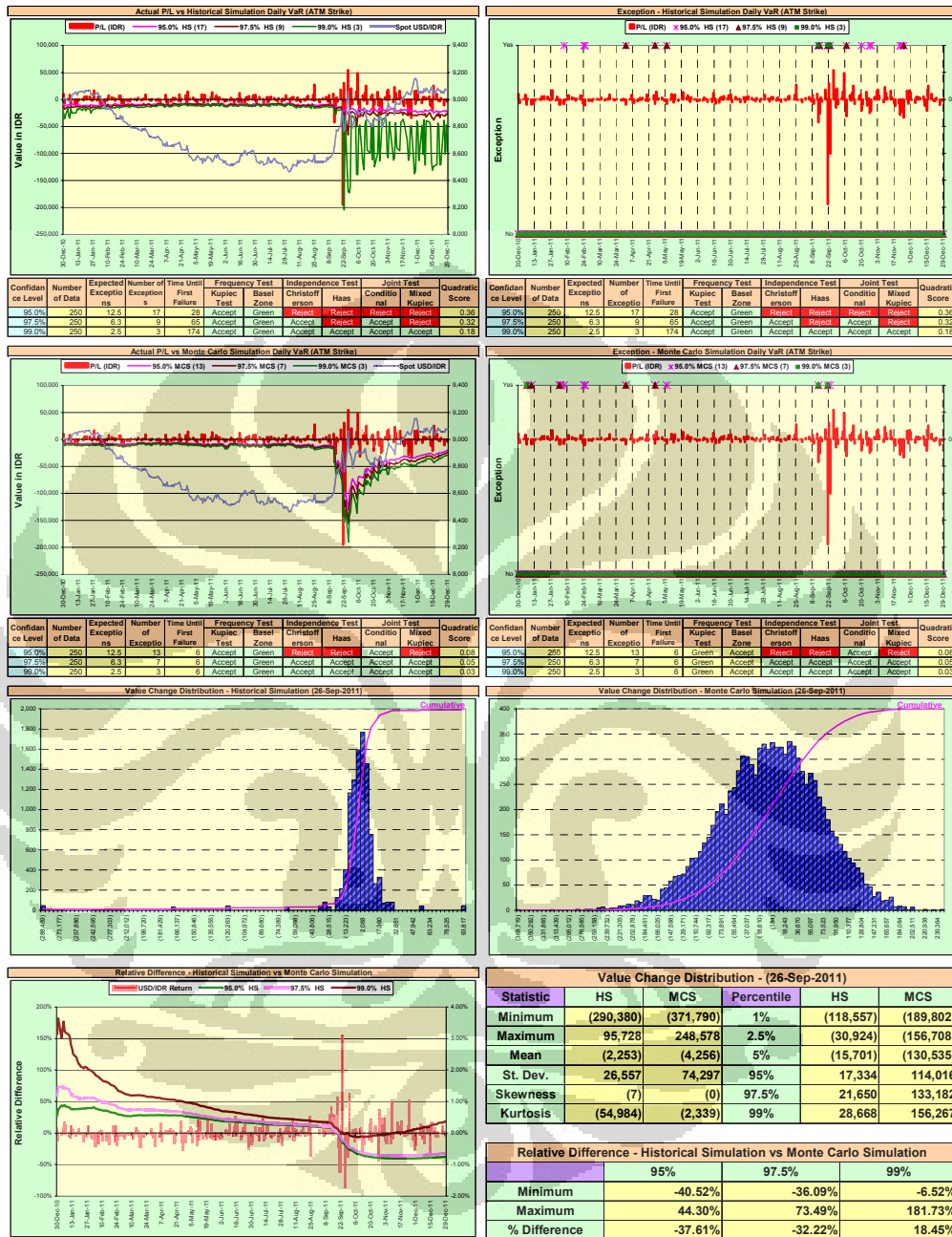
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 63. Periode 4 – ATM Strike USD Call / IDR Put



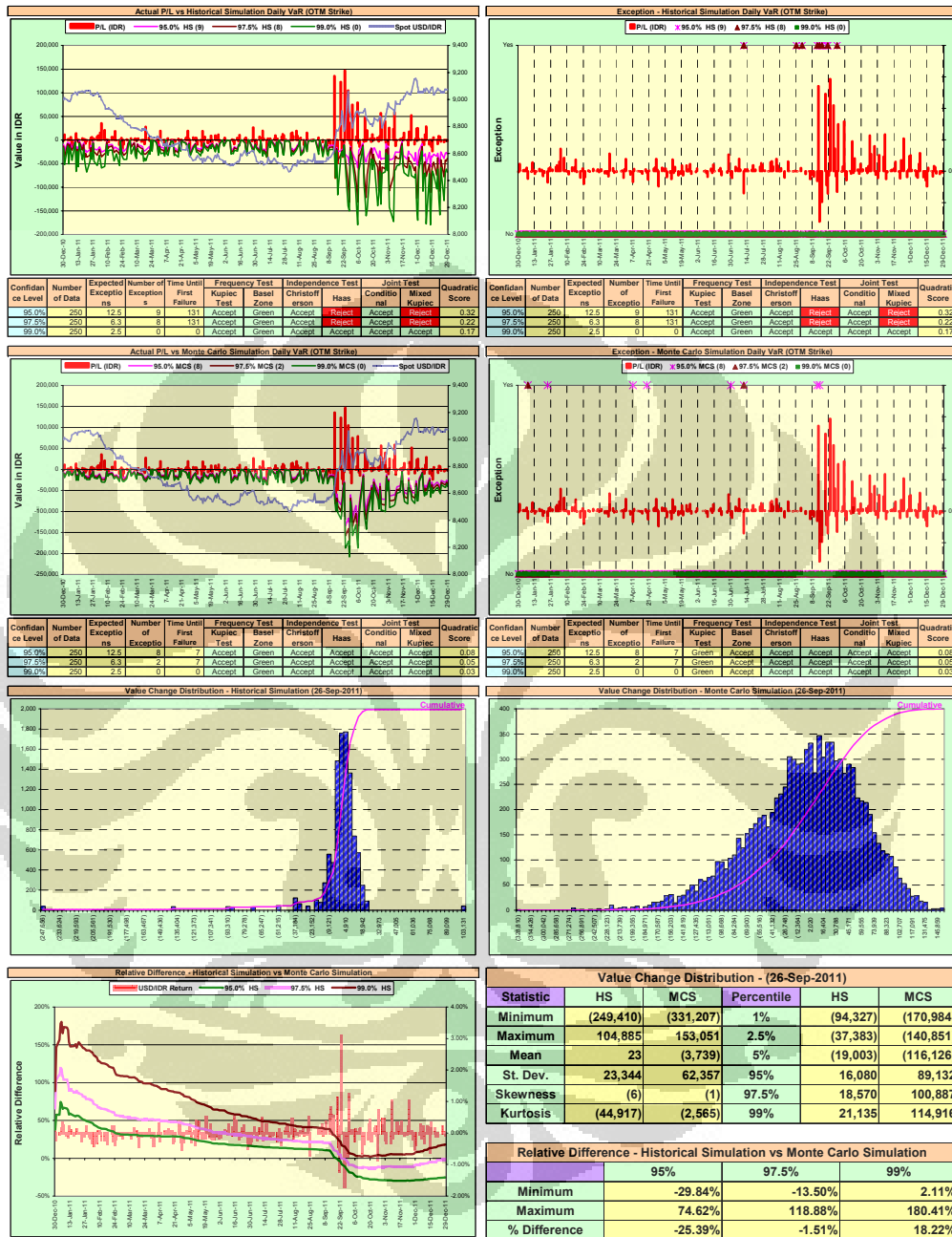
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 64. Periode 4 – ATM Strike USD Put / IDR Call



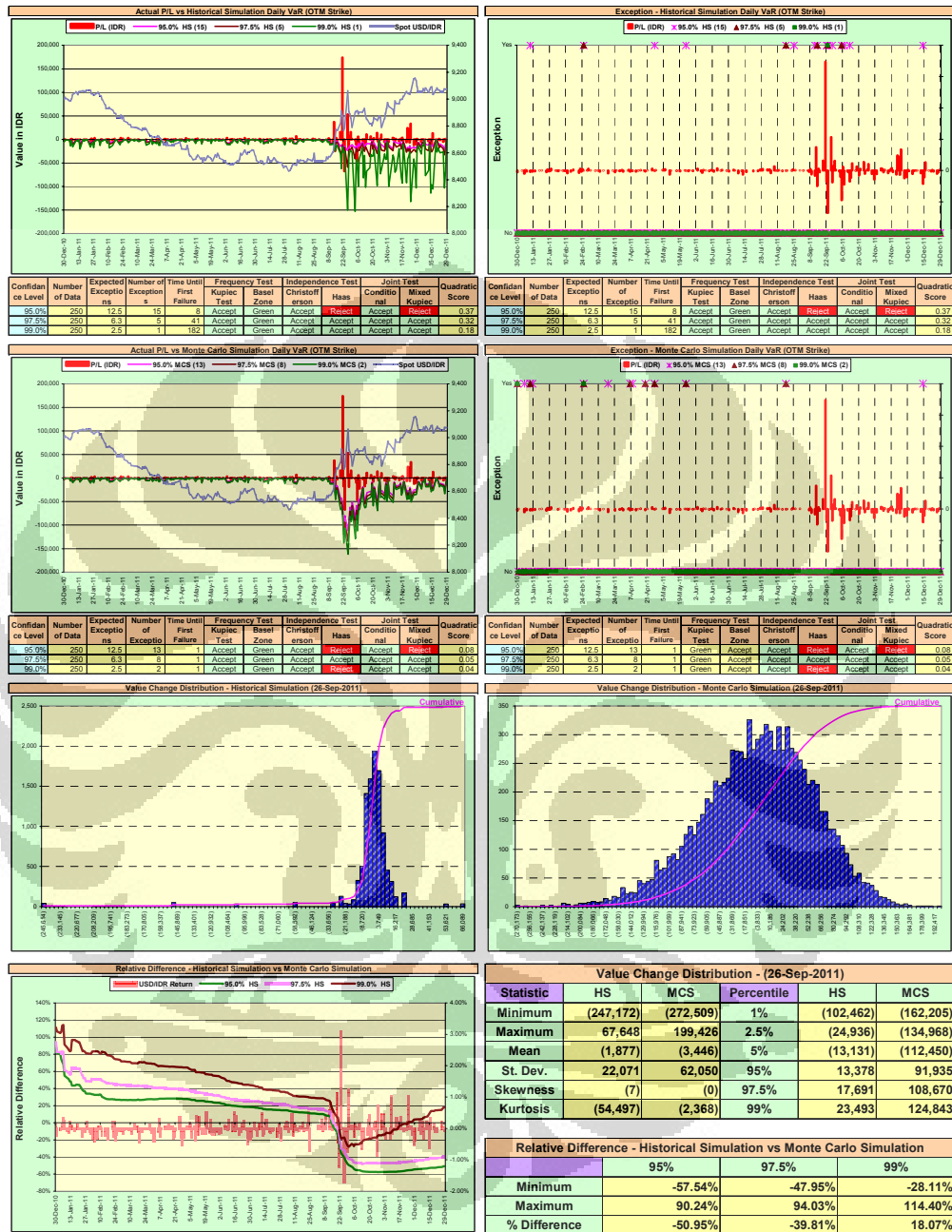
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 65. Periode 4 – OTM Strike USD Call / IDR Put



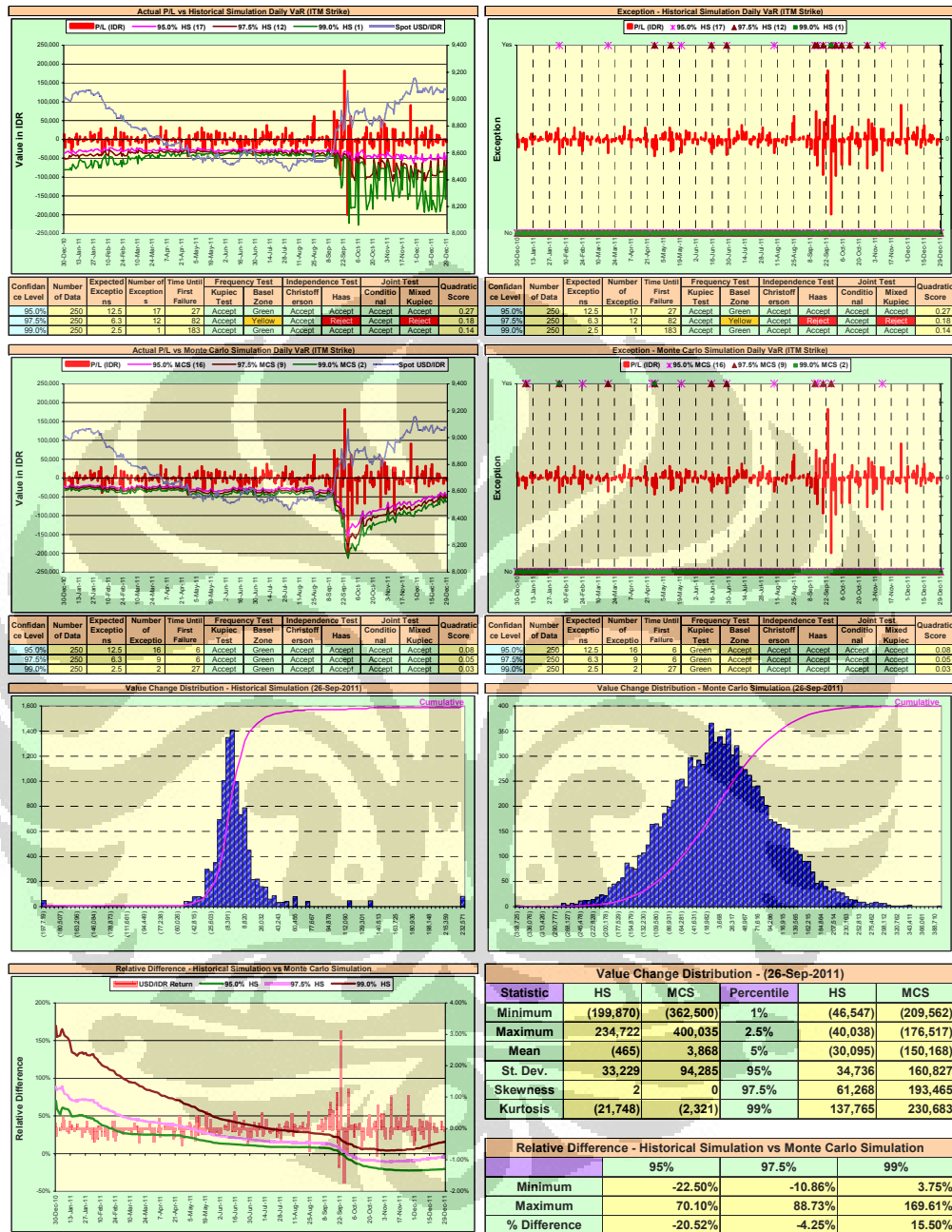
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 66. Periode 4 – OTM Strike USD Put / IDR Call



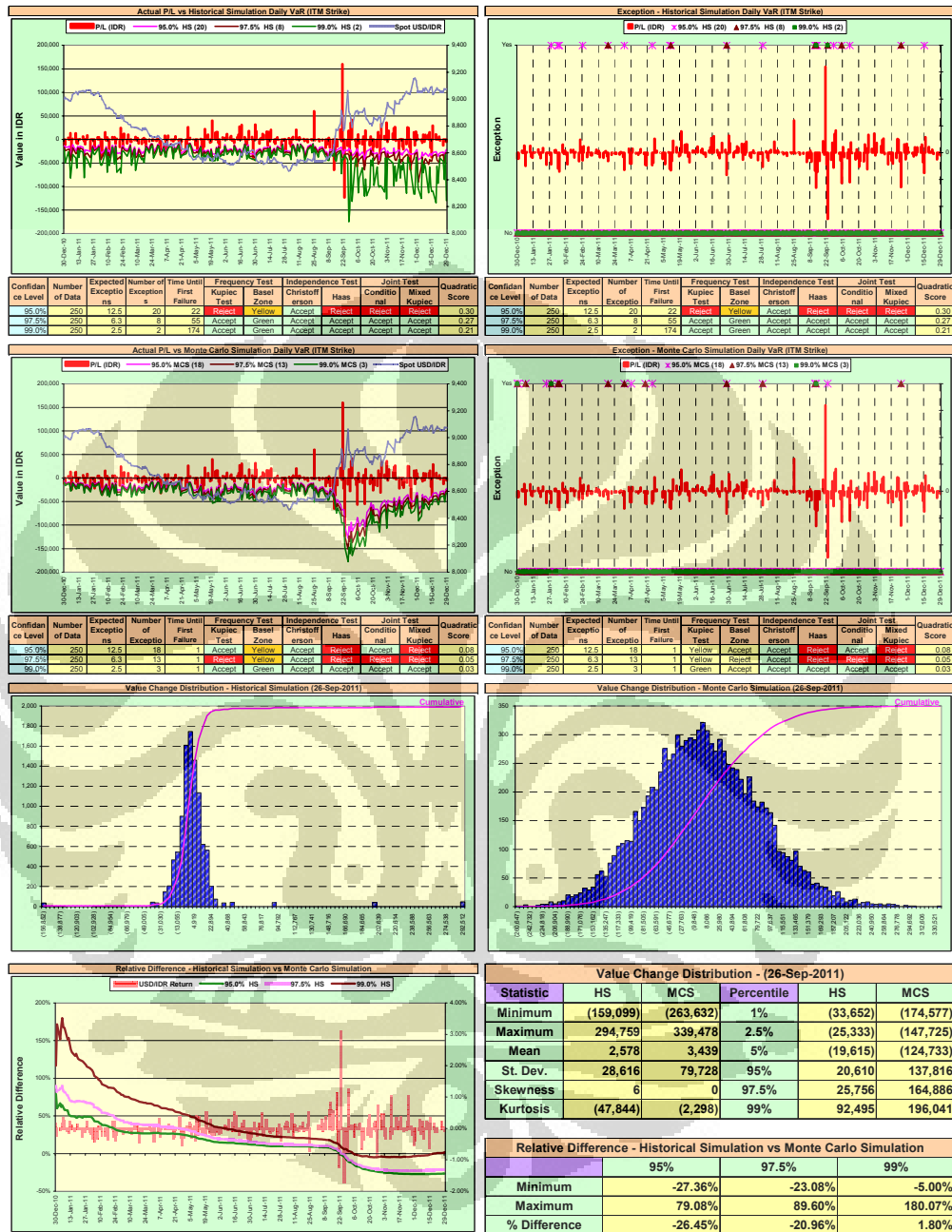
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 67. Periode 4 – ITM Strike USD Call / IDR Put



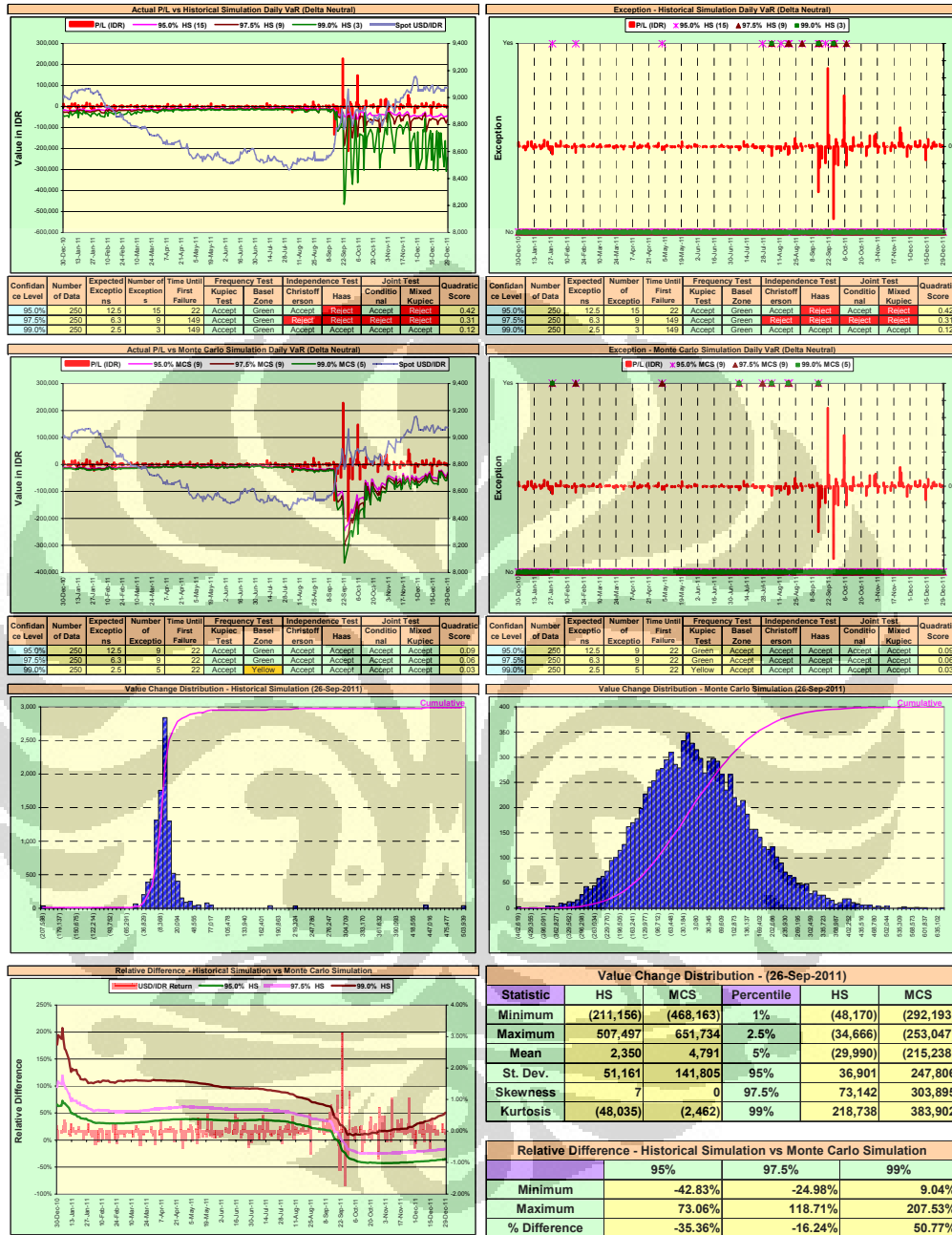
Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 68. Periode 4 – ITM Strike USD Put / IDR Call



Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 69. Periode 4 – Delta Neutral



Sumber: Hasil olahan penulis

Lampiran 70. Option Greeks

$$\text{Delta } \Delta_{ce} = \frac{\partial P_{ce}}{\partial S} = e^{-r_f T} \times N(d_1)$$

$$\text{Delta } \Delta_{pe} = \frac{\partial P_{pe}}{\partial S} = e^{-r_f T} \times [N(d_1) - 1]$$

$$\text{Gamma } \Gamma = \frac{\partial \Delta}{\partial S} = \frac{e^{-r_f T}}{S \times \sigma \sqrt{T}}$$

$$\text{Vega} = \frac{\partial P}{\partial \sigma} = S e^{-r_f T} \times N(d_1) \times \sqrt{T}$$

Sumber: Haug (2007: 22-23)

