

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, laporan skripsi dengan judul "PERBANDINGAN PERHITUNGAN HARGA OPSI BELI INDEKS SAHAM S&P 500 MENGGUNAKAN MODEL *BLACK-SCHOLES* DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*" dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Laporan skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dari bulan tahun mulai hingga bulan tahun akhir. Skripsi merupakan persyaratan terakhir bagi mahasiswa yang wajib ditempuh sesuai dengan kurikulum Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan. Skripsi ini juga bermanfaat bagi penulis untuk menerapkan pengetahuan yang telah didapat dan memperoleh pengalaman baru yang tidak dapat diperoleh dari perkuliahan.

Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis mendapat dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Eric Jobiliong, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Dela Rosa, S.Si, M.M, M.Sc., Apt., selaku Wakil Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Bapak Laurence, M.T., selaku Direktur Fakultas Sains dan Teknologi.
4. Bapak Kie Van Ivanky Saputra, Ph.D., selaku Ketua Program Studi Matematika Universitas Pelita Harapan serta Dosen Pembimbing Utama yang telah menolong, mendukung, membimbing, memberikan masukan, mengerti dan memahami, mengajar dengan segenap kesabaran, dan menunjukkan kebaikan yang tidak terbalaskan selama proses perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Ferry V. E., S.Si., S.Inf., M.M., M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah membimbing, mendukung, memberikan masukan, dan melakukan pengecekan menyeluruh terhadap skripsi ini, serta untuk setiap pelajaran hidup yang diberikan.
6. Ibu Lina Cahyadi, S.Si., M.Si., selaku Penguji dan Pembimbing Akademik yang telah membantu penulis dalam administrasi akademik dan menunjukkan kasih seorang ibu.
7. Semua dosen yang telah mengajar penulis selama berkuliah di Universitas Pelita Harapan.
8. Semua staf Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu berlangsungnya perkuliahan di Universitas Pelita Harapan selama penulis berkuliah.
9. Papi, Jahja Wongkor; Mami, Melani Yapira; dan kedua adik, Yoel Fernando dan Andrea Abigail; serta saudara sepupu, Natasha Debora, Sonia Elizabeth, Tania Widjaja, dan Marco Antonius yang senantiasa mendukung dalam doa, memberikan semangat agar penulis segera menyelesaikan pendidikan.
10. Teman-teman seperjuangan Matematika 2015 yang telah menemani penulis dari awal

- perkuliahan hingga kini.
11. Katrin Revina yang dengan sabar membantu penulis dalam proses pembelajaran, mendengarkan keluh kesah penulis, dan mengingatkan penulis agar tidak menunda-nunda mengerjakan skripsi ini.
 12. Sujata Devi, sebagai mahasiswi Matematika yang paling mengerti keadaan akademis penulis; yang telah menemani penulis hingga larut malam; untuk setiap dukungan, candaan, dan masukan yang diberikan.
 13. Marisa yang telah menghibur penulis selama proses perkuliahan, menjadi sahabat yang senantiasa mendukung dan memberikan masukan, serta membangunkan penulis di pagi hari.
 14. Amanda Priscilia Muliawan yang dengan setia mendukung penulis dalam semester yang kelam maupun cerah.
 15. Sergius Tadao Hayashi yang telah memberikan dukungan moral dan makanan di malam hari, membantu dalam proses penulisan skripsi, dan mendengarkan keluh kesah penulis ketika stres.
 16. Adik-adik kelas angkatan 2016 dan 2017, khususnya Angela Marganita dan Monica Wiyono yang telah menemani penulis serta memberikan semangat dan dukungan.
 17. Teman-teman BEM-UPH 2016/2017 yang telah memberikan penulis pengalaman yang tak terlupakan dan pembelajaran yang berharga.
 18. Teman-teman HMM-UPH 2017/2018 yang telah memberikan semangat dan dukungan, serta menjadikan kehidupan penulis di Matematika bermakna.
 19. *Top 12 Ambassadors of UPH 2016*, khususnya Ria Emmanuella yang terkasih untuk setiap dukungan dan kekuatan yang diberikan.
 20. Matthew Prasetya dan Evelyn Tandiono yang telah mengisi hari-hari penulis dengan canda tawa dan makanan lezat, serta Tanto Khe sebagai teman bermain yang menyenangkan.
 21. Sylviani Chandra dan Amanda Atmadja yang telah memberikan wejangan hidup, menjadi teman makan, dan mendukung penulis dalam segala situasi.
 22. Nathania Vrischika yang senantiasa memberikan dukungan virtual, mendengarkan curahan hati penulis, dan memberikan nasihat.
 23. Teman-teman *Girlboss*, yaitu Gobin, Aileen, Evelyn, Karinna, Jenniefer, Arum, Jedi, Tiffani, dan Kayla sebagai sahabat penulis yang telah memberikan dukungan dan warna dalam kehidupan.
 24. Daniel Ady, sebagai sahabat yang setia mendukung dan mendengarkan cerita penulis.
 25. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan langsung ataupun tidak langsung kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka akan kritik dan saran dari pembaca yang

dapat membantu membuat laporan skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Tangerang, 27 Juni 2019

(Stella Priscilla)



DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI	
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	
PERSETUJUAN TIM PENGUJI SKRIPSI	
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.5.1 Manfaat Teoritis	5
1.5.2 Manfaat Praktis	5
1.6 Sistematika Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Opsi	7
2.1.1 Opsi Beli	8
2.1.2 <i>Option Pricing</i> dengan <i>Black-Scholes</i>	9
2.1.3 Volatilitas	10
2.2 <i>Artificial Neural Network</i>	11
2.2.1 <i>Neural Network</i>	12
2.2.2 Model dari Neuron	12
2.2.3 Fungsi Aktivasi	14
2.2.4 <i>Min-Max Normalization</i>	15
2.2.5 Struktur Jaringan	16
2.2.5.1 <i>Single-Layer Feedforward Networks</i>	16
2.2.5.2 <i>Multilayer Feedforward Networks</i>	17
2.2.6 <i>Multilayer Perceptrons</i>	18
2.2.7 Sinyal <i>Error</i> dan <i>Average Error Energy</i>	20
2.2.8 Algoritma <i>Backpropagation</i>	21
2.2.8.1 Dua Fase Perhitungan	27
2.2.8.2 Fungsi Logistik	28
2.2.8.3 Tingkat Pembelajaran (<i>Rate of Learning</i>)	29
2.3 Statistik Pengukuran Galat dan Akurasi	31
2.3.1 <i>Root Mean Squared Error (RMSE)</i>	31
2.3.2 <i>Mean Absolute Error (MAE)</i>	32
2.3.3 <i>Adjusted R Squared (R²)</i>	32
2.4 Tinjauan Pustaka	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34

3.1	Data	35
3.2	Menentukan Harga Opsi dengan Metode <i>Black-Scholes</i>	35
3.3	Menentukan Harga Opsi dengan Algoritma <i>Backpropagation</i>	35
3.3.1	<i>Input</i>	36
3.3.2	Struktur dan Parameter dari Jaringan	36
3.3.3	<i>Training Sample</i> dan Partisi Data	36
3.4	Evaluasi Performa	37
3.5	Analisis Perbandingan Performa Kedua Model	37
BAB IV	SIMULASI DAN ANALISIS HASIL	39
4.1	Deskripsi Data	39
4.2	Perbandingan Perhitungan Harga Opsi	42
4.2.1	Menggunakan Data secara Keseluruhan	42
4.2.2	Partisi Data berdasarkan <i>Moneyness</i>	44
4.2.2.1	<i>In-the-Money</i>	44
4.2.2.2	<i>Out-of-the-Money</i>	47
4.2.3	Partisi Data berdasarkan Maturitas	50
4.2.3.1	Maturitas Jangka Pendek	52
4.2.3.2	Maturitas Jangka Menengah	53
4.2.3.3	Maturitas Jangka Panjang	56
4.3	Analisis Perbandingan Kesimpulan untuk Kedua Metode	60
4.3.1	Analisis Secara Keseluruhan	60
4.3.2	Analisis Secara Detil	64
4.3.2.1	Data secara Keseluruhan	64
4.3.2.2	Data <i>In-the-Money</i>	65
4.3.2.3	Data <i>Out-of-the-Money</i>	65
4.3.2.4	Data Maturitas Jangka Pendek	67
4.3.2.5	Data Maturitas Jangka Menengah	68
4.3.2.6	Data Maturitas Jangka Panjang	68
4.3.3	Analisis Perbandingan Keseluruhan dan Detil	69
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	A-1

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 <i>Open interest</i> dan <i>daily average turnover</i> dari perdagangan opsi, dalam miliar USD	1
Gambar 1.2 Volume <i>trading</i> opsi jual dari indeks saham S&P 500	3
Gambar 2.1 Model nonlinear dari neuron	13
Gambar 2.2 Model nonlinear lain dari neuron; w_{k0} melambangkan b_k	14
Gambar 2.3 Fungsi <i>sigmoid</i> untuk parameter a yang bervariasi	15
Gambar 2.4 <i>Feedforward network</i> dengan <i>single-layer neurons</i>	17
Gambar 2.5 <i>Fully connected feedforward network</i> dengan satu <i>hidden layer</i> dan satu <i>output layer</i>	18
Gambar 2.6 Grafik arsitektur dari <i>multilayer perceptron</i> dengan dua <i>hidden layers</i>	19
Gambar 2.7 Ilustrasi dari arah dua aliran sinyal dalam <i>multilayer perceptron</i> : <i>forward propagation</i> dari fungsi sinyal dan <i>backpropagation</i> dari sinyal <i>error</i>	20
Gambar 2.8 Grafik aliran sinyal dengan sorotan pada rincian neuron <i>output j</i>	22
Gambar 2.9 Grafik aliran sinyal dengan sorotan pada rincian neuron <i>output k</i> yang terhubung dengan neuron <i>hidden j</i>	25
Gambar 2.10 Grafik aliran sinyal dari bagian <i>adjoint</i> yang berkaitan dengan sinyal <i>error backpropagation</i>	27
Gambar 2.11 Grafik aliran sinyal menggambarkan efek konstanta momentum α , yang terletak dalam <i>feedback loop</i>	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	34

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 4.1 Sampel Data Harga Opsi Beli S&P 500 pada tanggal 1 Oktober 2018	39
Tabel 4.2 Sampel Data Historis Indeks Saham S&P 500	40
Tabel 4.3 Data Bulanan Dividen Indeks Saham S&P 500	41
Tabel 4.4 Data <i>Treasury Bill Rate</i>	41
Tabel 4.5 Perbandingan Perhitungan Harga Opsi pada Sampel Data <i>Testing</i> . . .	43
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Harga Opsi Beli S&P 500 - Seluruh Data	44
Tabel 4.7 Perbandingan Perhitungan Harga Opsi <i>In-the-Money</i> pada Sampel Data <i>Testing</i>	44
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Harga Opsi Beli S&P 500 - Data <i>In-the-Money</i> . .	45
Tabel 4.9 Sampel Data <i>Testing</i> Opsi Beli S&P 500	46
Tabel 4.10 Perbandingan Perhitungan Harga Opsi <i>Out-of-the-Money</i> pada Sampel Data <i>Testing</i>	47
Tabel 4.11 Sampel Data <i>Testing</i> Opsi Beli <i>In-the-Money</i> S&P 500	49
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Harga Opsi Beli S&P 500 - Data <i>Out-of-the-Money</i>	50
Tabel 4.13 Sampel Data <i>Testing</i> Opsi Beli <i>Out-of-the-Money</i> S&P 500	51
Tabel 4.14 Perbandingan Perhitungan Harga Opsi Maturitas Pendek pada Sampel Data <i>Testing</i>	52
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Harga Opsi Beli S&P 500 - Waktu Menuju Maturitas Pendek	53
Tabel 4.16 Sampel Data <i>Testing</i> Opsi Beli Maturitas Pendek S&P 500	54
Tabel 4.17 Perbandingan Perhitungan Harga Opsi Maturitas Menengah pada Sampel Data <i>Testing</i>	55
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Harga Opsi Beli S&P 500 - Waktu Menuju Maturitas Menengah	56
Tabel 4.20 Sampel Data <i>Testing</i> Opsi Beli Maturitas Menengah S&P 500	57
Tabel 4.21 Sampel Data <i>Testing</i> Opsi Beli Maturitas Panjang S&P 500	58
Tabel 4.19 Perbandingan Perhitungan Harga Opsi Maturitas Panjang pada Sampel Data <i>Testing</i>	59
Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Harga Opsi Beli S&P 500 - Waktu Menuju Maturitas Panjang	60
Tabel 4.23 Perbandingan Performa <i>Black-Scholes</i> dan <i>Artificial Neural Network</i> .	60
Tabel 4.24 Rata-Rata Galat dan Akurasi	62
Tabel 4.25 Rata-Rata Galat dan Akurasi Berdasarkan Partisi Data	63
Tabel 4.26 Rata-Rata Galat dan Akurasi (2)	64
Tabel 4.27 Galat dan Akurasi dari Data secara Keseluruhan	64
Tabel 4.28 Galat dan Akurasi dari Data <i>In-the-Money</i>	65
Tabel 4.29 Sampel Data Kontrak secara Keseluruhan	66
Tabel 4.30 Galat dan Akurasi dari Data <i>Out-of-the-Money</i>	67

Tabel 4.31 Galat dan Akurasi dari Data Maturitas Jangka Pendek 67
Tabel 4.32 Galat dan Akurasi dari Data Maturitas Jangka Menengah 68
Tabel 4.33 Galat dan Akurasi dari Data Maturitas Jangka Panjang 68



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	<i>Coding</i> RStudio untuk Prediksi ANN	A-1
------------	--	-----

