



**PENERAPAN ALGORITMA *BACKPROPAGATION* DENGAN *ADAM*
OPTIMIZER DALAM MEMPREDIKSI HARGA BITCOIN
TERHADAP USD**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi persyaratan
dalam menyelesaikan program studi Strata-1 Statistika**

**Oleh:
ADI ANDRIAN
NIM. 2011017210010**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
AGUSTUS 2024**



**PENERAPAN ALGORITMA *BACKPROPAGATION* DENGAN *ADAM*
OPTIMIZER DALAM MEMPREDIKSI HARGA BITCOIN
TERHADAP USD**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi persyaratan
dalam menyelesaikan program studi Strata-1 Statistika**

**Oleh:
ADI ANDRIAN
NIM. 2011017210010**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
AGUSTUS 2024**

SKRIPSI

**PENERAPAN ALGORITMA *BACKPROPAGATION* DENGAN *ADAM*
OPTIMIZER DALAM MEMPREDIKSI HARGA BITCOIN
TERHADAP USD**

Oleh:
Adi Andrian
2011017210010

Telah dipertahankan pada hari Rabu, tanggal 14-08-2024 dan disetujui oleh dosen pembimbing dan dosen penguji sebagai berikut:

Pembimbing I



Oni Soesanto, S.Si., M.Si
NIP.197301262005011003

Penguji I



Selvi Annisa, S.Si., M.Si
NIP.199212262022032016

Pembimbing II



Sigit Dwi Prabowo, S.Mat., M.Stat
NIP.199605282024061003

Penguji II




Akhmad Yusuf, S.Si., M.Kom
NIP.198004022005011001

Banjarbaru, 26 Agustus 2024

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Statistika
BMIPA ULM




Prof. Dewi Anggraini, S.Si., M.App.Sci., Ph.D
NIP.198303282005012001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Banjarbaru, 1 Agustus 2024



Adi Andrian
NIM 2011017210010

PRODI STATISTIKA

ABSTRAK

PENERAPAN ALGORITMA *BACKPROPAGATION* DENGAN *ADAM OPTIMIZER* DALAM MEMPREDIKSI HARGA BITCOIN TERHADAP USD (oleh: Adi Andrian; Pembimbing: Oni Soesanto, Sigit Dwi Prabowo, 2024; 67 Halaman)

Bitcoin merupakan salah satu mata uang yang menerapkan sistem transaksi *online* tanpa melibatkan bank. Dimata para investor bitcoin merupakan salah satu instrumen investasi yang menjanjikan dikarenakan pergerakan harga pada setiap tahunnya konsisten mengalami peningkatan. Namun perlu diketahui juga bahwa Bitcoin merupakan salah satu instrumen investasi yang memiliki resiko tinggi, sehingga diperlukan teknik tertentu dalam mempertimbangkan setiap pengambilan keputusan membeli atau menjual. *Backpropagation* adalah salah satu metode dalam *Artificial Neural Network* yang memiliki kemampuan yang baik dalam menghasilkan suatu prediksi. Metode ini memiliki kemampuan untuk menyesuaikan bobot jaringan guna mengurangi kesalahan prediksi dan tidak diperlukan uji asumsi untuk dapat menerapkan metode ini pada data. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan algoritma *Backpropagation* dengan *Adam Optimizer* dalam memprediksi harga Bitcoin terhadap USD. Metode ini akan melakukan proses perhitungan komputasi untuk menghasilkan hasil prediksi yang mendekati aslinya. Penelitian ini menghasilkan model optimal dengan 5 *input layer*, 5 *hidden layer*, 1 *output layer*. Pembagian data *training* dan *testing* dilakukan dengan rasio 70% : 30%, dan epoch maksimal yang digunakan adalah 3000. Hasil akurasi menggunakan metode *backpropagation* dan dioptimasi dengan metode *Adam Optimizer* menghasilkan prediksi dengan rata-rata 46346,91, MAPE 0,6962%, MSE 160159,53, dan RMSE 400,20.

Kata kunci: Bitcoin, Investasi, Prediksi, *Backpropagation*, *Adam Optimizer*

ABSTRACT

APPLICATION OF *BACKPROPAGATION* ALGORITHM WITH ADAM OPTIMIZER IN PREDICTING BITCOIN PRICES AGAINST USD (by: Adi Andrian; Supervisors: Oni Soesanto, Sigit Dwi Prabowo, 2024; 67 Pages)

Bitcoin is a currency that implements an online transaction system without involving banks. To investors, Bitcoin is seen as a promising investment instrument due to its consistent price increase every year. However, it is important to note that Bitcoin is also a high-risk investment instrument, requiring specific techniques to consider when making buy or sell decisions. Backpropagation is a method in Artificial Neural Networks known for its good ability to generate predictions. This method can adjust network weights to reduce prediction errors and does not require assumption testing to apply this method to data. The aim of this research is to implement the Backpropagation algorithm with the Adam Optimizer to predict Bitcoin prices against USD. This method will perform computational calculations to produce predictions close to the actual values. The research results in an optimal model with 5 input layers, 5 hidden layers, and 1 output layer. The training and testing data are divided with a ratio of 70% to 30%, and the maximum number of epochs used is 3000. The accuracy results using the backpropagation method optimized with the Adam Optimizer produced predictions with an average value of 46,346.91, a MAPE of 0.6962%, a MSE of 160,159.53, and a RMSE of 400.20.

Keywords: Bitcoin, Investment, Prediction, *Backpropagation*, Adam Optimizer

PRAKATA

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Skripsi dengan judul "Penerapan Algoritma *Backpropagation* Dengan *Adam Optimizer* Dalam Memprediksi Harga Bitcoin Terhadap USD" merupakan hasil dari perjalanan akademik penulis untuk memenuhi salah satu prasyarat dalam menyelesaikan Pendidikan Strata 1 pada Program Studi Statistika, FMIPA ULM. Proses penyusunan skripsi ini tak terlepas dari bantuan, dukungan, serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua atas doa, dukungan, dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis. Semua itu menjadi motivasi utama penulis dalam menyelesaikan pendidikan ini.
2. Bapak Oni Soesanto, S.Si., M.Si dan Bapak Sigit Dwi Prabowo, S.Mat., M.Stat selaku Dosen pembimbing penulis yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga dalam proses penulisan skripsi ini.
3. Ibu Selvi Annisa, S.Si., M.Si dan Bapak Akhmad Yusuf, S.Si., M.Si selaku Dosen penguji atas segala saran kritik dan masukan yang telah diberikan selama proses penulisan skripsi ini.
4. Ibu Aprida Siska Lestia, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik atas segala arahan dan bimbingan selama penulis menempuh pendidikan di Program Studi Statistika FMIPA ULM.
5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Statistika FMIPA ULM yang telah memberikan arahan dan panduan kepada penulis.
6. Sahabat-sahabat penulis yang tergabung dalam "Purwakarta" yang selalu menemani dan membantu penulis dalam proses penulisan skripsi ini.
7. *My best partner* Riska Maulida Putri yang telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, meluangkan waktu, tenaga, pikiran maupun materi untuk membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan Alhamdulillah. Semoga setiap langkah selanjutnya selalu diberikan kemudahan dan ridho dari Allah SWT. Penulis sadar skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh itu, kritik dan saran membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa depan. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi kita semua.

Banjarbaru, 1 Agustus 2024

Adi Andrian

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kajian Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Kajian Teori.....	6
2.2.1 <i>Cryptocurrency</i>	6
2.2.2 <i>Bitcoin</i>	6
2.2.3 <i>Fundamental Analysis In Cryptocurrency</i>	6
2.2.4 <i>Technical Analysis</i>	7
2.2.5 Prediksi/Peramalan.....	7
2.2.6 <i>Artificial Neural Network</i>	8
2.2.7 <i>Backpropagation</i>	11
2.2.8 Normalisasi <i>Min-Max</i>	15
2.2.9 <i>Mean Square Error (MSE)</i>	15
2.2.10 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	15
2.2.11 <i>Mean Absolute Percentage Error (MAPE)</i>	16
2.2.12 <i>Adam Optimizer</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Sumber Data.....	19
3.2 Variabel Penelitian.....	19
3.3 Prosedur Penelitian.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Deskripsi Data	22
4.2 Pembagian Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i>	24
4.3 Normalisasi.....	25
4.4 Inisialisasi Parameter <i>Backpropagation</i>	25
4.5 Inisialisasi Bobot <i>Backpropagation</i>	27
4.6 Proses <i>Training Backpropagation</i>	27
4.6.1 Proses <i>Forward Propagation</i>	27
4.6.2 Proses <i>Backward Propagation</i>	28
4.7 Analisis <i>Testing</i> Data	41

4.8 Hasil Prediksi.....	42
BAB V PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	47

PRODI STATISTIKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interpretasi Nilai MAPE	16
Tabel 3.1 Definisi Variabel Penelitian	19
Tabel 4.1 Deskripsi data	22
Tabel 4.2 Pembagian Data	24
Tabel 4.3 Data <i>Training</i>	24
Tabel 4.4 Data Testing	24
Tabel 4.5 Normalisasi Data <i>Training</i>	25
Tabel 4.6 Normalisasi Data <i>Testing</i>	25
Tabel 4.7 Hasil Simulasi.....	26
Tabel 4.8 Inisialisasi Parameter BPNN Optimal.....	26
Tabel 4.9 Bobot dan Bias <i>Input Layer – Hidden Layer</i>	27
Tabel 4.10 Bobot dan Bias <i>Hidden Layer – Output Layer</i>	27
Tabel 4.11 Bobot dan Bias Baru <i>Hidden Layer – Output Layer</i>	33
Tabel 4.12 Hasil Proses <i>Testing</i>	41
Tabel 4.13 MAPE, MSE dan RMSE.....	42
Tabel 4.14 Hasil Prediksi <i>Close Bitcoin</i>	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Harga tukar Bitcoin terhadap USD (\$)	2
Gambar 2.1 <i>Single-Layer Feedforward Architecture</i>	9
Gambar 2.2 <i>Multiple-Layer Feedforward Architectures</i>	9
Gambar 2.3 <i>Recurrent or Feedback Architecture</i>	10
Gambar 2.4 <i>Mesh Architectures</i>	10
Gambar 2.5 Arsitektur <i>Backpropagation Artificial Neural Network</i>	11
Gambar 2.6 Fungsi sigmoid-biner	12
Gambar 2.7 Fungsi sigmoid-bipolar	12
Gambar 3.1 <i>Flowchart Backpropagation</i>	21
Gambar 3.2 Arsitektur BPNN	21
Gambar 4.1 Plot <i>Time Series Close (Y), Open (X₁), High (X₂), Low (X₃)</i>	22
Gambar 4.2 Plot <i>Time Series Volume Trade (X₄)</i>	23
Gambar 4.3 Plot <i>Time Series MarketCap (X₅)</i>	23
Gambar 4.4 Arsitektur BPNN 5-5-1	26
Gambar 4.5 Konvergensi Proses <i>Training</i>	40
Gambar 4.6 Perbandingan Nilai Prediksi dengan Nilai Asli (10 data)	41
Gambar 4.7 Perbandingan Nilai Prediksi dengan Nilai Asli	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai <i>Gradient Descent Input Layer Hidden Layer</i>	47
Lampiran 2. Bobot dan Bias Baru <i>Input Layer – Hidden Layer</i>	47
Lampiran 3. Bobot dan Bias <i>Epoch Ke-3000 Input Layer – Hidden Layer dan Hidden Layer – Output Layer</i>	48
Lampiran 4. Nilai MSE Proses <i>Training</i> Pada Model Paling Optimal	49
Lampiran 5. Normalisasi Data <i>Training</i>	50
Lampiran 6. Normalisasi Data <i>Testing</i>	50
Lampiran 7. <i>Import Packages</i>	51
Lampiran 8. <i>Import Data</i>	51
Lampiran 9. Fungsi Normalisasi dan Denormalisasi <i>Min & Max</i>	51
Lampiran 10. Normalisasi data	51
Lampiran 11. Inisialisasi Parameter Model Paling Optimal.....	52
Lampiran 12. Inisialisasi Bobot dan Bias Awal	52
Lampiran 13. Pembagian Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	52
Lampiran 14. Inisialisasi Parameter <i>Adam optimizer</i>	52
Lampiran 15. Fungsi Aktivasi Sigmoid.....	52
Lampiran 16. Proses <i>Training</i>	53
Lampiran 17. Proses <i>Testing</i>	54
Lampiran 18. Denormalisasi Data.....	54
Lampiran 19. Menghitung MSE, RMSE dan MAPE.....	54
Lampiran 20. Grafik Proses <i>Training</i>	54
Lampiran 21. Grafik Perbandingan Hasil Prediksi dan Data Asli.....	55
Lampiran 22. Grafik MSE Training Model 5-3-1 <i>Epoch 1000 Testing 20%</i>	55
Lampiran 23. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-3-1 <i>Epoch 1000 Testing 20%</i>	56
Lampiran 24. Grafik MSE Training Model 5-3-1 <i>Epoch 1000 Testing 30%</i>	56
Lampiran 25. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-3-1 <i>Epoch 1000 Testing 30%</i>	57
Lampiran 26. Grafik MSE Training Model 5-3-1 <i>Epoch 3000 Testing 20%</i>	57
Lampiran 27. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-3-1 <i>Epoch 3000 Testing 20%</i>	58
Lampiran 28. Grafik MSE Training Model 5-3-1 <i>Epoch 3000 Testing 30%</i>	58
Lampiran 29. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-3-1 <i>Epoch 3000 Testing 30%</i>	59
Lampiran 30. Grafik MSE Training Model 5-5-1 <i>Epoch 1000 Testing 20%</i>	59
Lampiran 31. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-5-1 <i>Epoch 1000 Testing 20%</i>	60
Lampiran 32. Grafik MSE Training Model 5-5-1 <i>Epoch 1000 Testing 30%</i>	60
Lampiran 33. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-5-1 <i>Epoch 1000 Testing 30%</i>	61
Lampiran 34. Grafik MSE Training Model 5-5-1 <i>Epoch 3000 Testing 20%</i>	61

Lampiran 35. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-5-1 <i>Epoch 3000 Testing 20%</i>	62
Lampiran 36. Grafik MSE Training Model 5-10-1 <i>Epoch 1000 Testing 20%</i> .	62
Lampiran 37. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-10-1 <i>Epoch 1000 Testing 20%</i>	63
Lampiran 38. Grafik MSE Training Model 5-1-1 <i>Epoch 1000 Testing 30%</i>	63
Lampiran 39. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-10-1 <i>Epoch 1000 Testing 30%</i>	64
Lampiran 40. Grafik MSE Training Model 5-10-1 <i>Epoch 3000 Testing 20%</i> .	64
Lampiran 41. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-10-1 <i>Epoch 3000 Testing 20%</i>	65
Lampiran 42. Grafik MSE Training Model 5-10-1 <i>Epoch 3000 Testing 30%</i> .	65
Lampiran 43. Grafik Perbandingan Prediksi dan Data Asli Inisialisasi Parameter Model 5-10-1 <i>Epoch 3000 Testing 30%</i>	66

PRODI STATISTIKA

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

x_i	: Nilai <i>neuron input layer</i> ke- i
p_{ij}	: Bobot yang terhubung antara <i>neuron</i> pada <i>input layer</i> ke- i dan <i>hidden layer</i> ke- j
p_{0j}	: Bias antara input dan <i>hidden layer</i> ke- j
z_{in_j}	: Sinyal <i>neuron hidden layer</i> ke- j
z_j	: Nilai <i>hidden layer</i> ke- j
w_{jk}	: Bobot antara neuron pada <i>hidden layer</i> ke- j dan <i>output layer</i> ke- k
w_{0k}	: Bias antara <i>hidden layer</i> dan <i>output layer</i> ke- k
y_{in_k}	: Sinyal <i>neuron output layer</i> ke- k
y_k	: Nilai <i>output layer</i> ke- k
t_k	: Nilai target pengamatan ke- k
Δ_k	: <i>Error output layer</i> ke- k
δ_j	: <i>Error hidden layer</i> ke- j
δ_{in_j}	: Sinyal <i>error neuron hidden layer</i> ke- j
g_{t_jk}	: Nilai <i>gradient descent timestep</i> ke- t pada bobot diantara <i>hidden layer</i> ke- j dan <i>output layer</i> ke- k
$g_{t_{0k}}$: Nilai <i>gradient descent timestep</i> ke- t pada bias <i>output layer</i> ke- k
δ_j	: <i>Error hidden layer</i> ke- j
$g_{t_{ij}}$: Nilai <i>gradient descent timestep</i> ke- t pada bobot diantara <i>input layer</i> ke- i dan <i>hidden layer</i> ke- j
$g_{t_{0j}}$: Nilai <i>gradient descent timestep</i> ke- t pada bias <i>hidden layer</i> ke- j
m_t	: Bias momen pertama ke- t
\hat{m}_t	: Bias momen pertama ke- t yang diperbaiki
v_t	: Bias momen kedua ke- t
\hat{v}_t	: Bias momen kedua ke- t yang diperbaiki
w_t	: Parameter bobot dan bias ke- t yang diperbaiki
$\max(x)$: Nilai maksimum variabel x
$\min(x)$: Nilai minimum variabel x
y	: Nilai target
\hat{y}	: Nilai hasil prediksi
i	: Indeks dari <i>neuron input layer</i>
j	: Indeks dari <i>neuron hidden layer</i>
k	: Indeks dari <i>neuron output layer</i>
ANN	: <i>Artificial Neuron Network</i>
BPNN	: <i>Backpropagation Neural Network</i>
MSE	: <i>Mean Square Error</i>
RMSE	: <i>Root Mean Square Error</i>
MAPE	: <i>Mean Absolute Percentage Error</i>