

Perancangan Model Artificial Neural Network Backpropagation Untuk Prediksi Harga Bitcoin – US Dollar

Habib Ali Habsyi^{1*}, Cepi Ramdani², Siti Khomsah³

¹Teknik Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

²Sistem Informasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

³Sains Data, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

*Corresponding Author: 17102033@ittelkom-pwt.ac.id

Abstract

Cryptocurrency has become an investment asset for the public, tradable through online trading. Cryptocurrency lacks physical form and is not issued by any specific country or its central bank. Bitcoin is one of the successful cryptocurrencies widely recognized globally. Bitcoin experiences daily price fluctuations. Therefore, a system is needed to predict Bitcoin prices for consideration in the buying and selling process, aiming to maximize profits and minimize investment risks. Various studies on prediction have been conducted using Artificial Neural Network (ANN) Backpropagation with different case studies, yielding promising results based on error values obtained. This study employs the Backpropagation algorithm to forecast Bitcoin prices against the US Dollar (BTC-USD) based on daily Bitcoin price data. The dataset used comprises 3178 instances, with 80% of the data allocated for training and 20% for testing. Training is conducted using 13 network architectures with a learning rate of 0.001 and a target error of 0.001. The best network architecture model is the prediction model with a 4-13-1 architecture (4 units in the input layer, 13 units in the hidden layer, and 1 unit in the output layer) with an MSE result of 0.00243.

Keywords: Artificial Neural Network Backpropagation, Bitcoin, Cryptocurrency.

Abstrak

Cryptocurrency telah menjadi aset investasi bagi masyarakat yang dapat diperdagangkan menggunakan perdagangan *online*. *Cryptocurrency* tidak memiliki bentuk fisik, dan tidak diterbitkan oleh suatu negara atau bank sentral negara tertentu. *Bitcoin* merupakan salah satu *cryptocurrency* yang sukses dan dikenal luas di seluruh dunia. *Bitcoin* mengalami fluktuasi harga yang berubah setiap harinya. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem yang dapat digunakan untuk memprediksi harga *Bitcoin* sebagai bahan pertimbangan dalam proses jual beli *Bitcoin* agar dapat memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan risiko kerugian dalam berinvestasi. Berbagai penelitian tentang prediksi telah dilakukan menggunakan *Artificial Neural Network (ANN) Backpropagation* dengan studi kasus yang berbeda dan mendapatkan hasil yang baik berdasarkan nilai kesalahan yang didapatkan. Penelitian ini menggunakan algoritme *Backpropagation* untuk memprediksi harga *Bitcoin* terhadap US Dollar (BTC-USD) berdasarkan data harian harga *Bitcoin*. Dataset yang digunakan sejumlah 3178 dengan persentase data *training* 80% dan *testing* 20%. Pelatihan dilakukan dengan menggunakan 13 arsitektur jaringan dengan menggunakan *learning rate* 0,001 dan *target error* 0,001. Model arsitektur jaringan yang terbaik adalah model prediksi dengan arsitektur 4-13-1 (4 unit *input* layer, 13 unit *hidden* layer, 1 unit *output* layer) dengan hasil MSE 0,00243.

Kata Kunci: *Artificial Neural Network Backpropagation, Bitcoin, Cryptocurrency.*

I. INTRODUCTION

Mata uang digital atau biasa disebut dengan cryptocurrency telah menjadi semakin populer dan telah menjadi aset investasi bagi pengguna [1]. Cryptocurrency merupakan topik populer baru yang muncul untuk dibahas dari berbagai bidang di seluruh dunia, baik dalam penerapannya, penerapannya dalam kehidupan, teknologi, dan keselamatan yang sedang dipelajari lebih mendalam dan penelitian tentang cryptocurrency juga semakin berkembang seiring dengan perkembangannya [2]. Baru-baru ini cryptocurrency telah menarik perhatian luas dari sektor industri dan akademisi. Cryptocurrency menjadi mata uang digital yang dapat diperdagangkan menggunakan perdagangan online, tidak seperti mata uang konvensional yang sudah dikenal, cryptocurrency tidak memiliki bentuk fisik, dan tidak diterbitkan oleh

suatu negara atau bank sentral negara tertentu melainkan dirancang berdasarkan pada kriptografi, cryptocurrency yang sukses dan dikenal luas di seluruh dunia adalah Bitcoin [3], [4].

Bitcoin merupakan salah satu cryptocurrency yang dibuat oleh Satoshi Nakamoto yang tidak dikelola oleh bank sentral, tetapi dikelola langsung oleh pengguna Bitcoin yang identitasnya tidak ditampilkan. Dalam situasi ini, menjadikan Bitcoin dipandang masyarakat untuk menyimpan asetnya karena dikelola dengan cara yang terdesentralisasi, bersifat rahasia dan prosesnya sederhana [5]. Namun, terlepas dari banyak keuntungan dibandingkan mata uang konvensional, perdagangan Bitcoin adalah aktivitas yang berisiko, karena harga Bitcoin sangat fluktuatif, harganya dapat berubah secara signifikan dari waktu ke waktu [6]. Bitcoin mengalami fluktuasi harga harian yang berubah setiap harinya. Berdasarkan historical data website yahoo finance, harga close Bitcoin terhadap US Dollar (BTC-USD) pada 5 Mei 2023 adalah USD 29.534 sedangkan pada 15 Mei 2023 harga close menjadi USD 27.193, kemudian pada 25 Mei 2023 harga close menjadi USD 26.476. Karena alasan tersebut, diperlukan suatu model yang dapat digunakan untuk meramalkan nilai harga Bitcoin, yang kemudian dapat menjadi dasar pertimbangan dalam aktivitas jual beli Bitcoin. *Backpropagation* merupakan *algoritme Artificial Neural Network* yang bisa digunakan untuk mencapai hasil akurasi yang baik dalam pembelajaran prediktif dengan menganalisis data historis dan mendapatkan hasil yang akurat [7].

II. LITERATURE REVIEW

2.1. Cryptocurrency

Cryptocurrency adalah aset digital yang dikelola oleh jaringan, yang pada umumnya menggunakan buku besar yang didistribusikan teknologi dan enkripsi untuk mencatat, mengontrol, dan memverifikasi transaksi dan pembuatan unit mata uang baru, yaitu koin atau *token*. Seperti mata uang fisik, misalnya, Dolar AS (USD), koin digital juga digunakan sebagai alat tukar. Namun *cryptocurrency* tidak didukung oleh bank sentral atau lembaga pemerintah [8].

2.2. Bitcoin

Bitcoin adalah sebuah bentuk mata uang digital yang mengaplikasikan prinsip kriptografi dan beroperasi melalui mekanisme *blockchain* serta *proof-of-work* dalam sistem terdistribusi dan terdesentralisasi. Karena itu, *Bitcoin* sering diidentifikasi sebagai *cryptocurrency*. Diluncurkan pertama kali pada pertengahan tahun 2008 dan mulai beroperasi pada awal tahun 2009, *Bitcoin* merupakan *cryptocurrency* pertama di dunia yang diusulkan oleh Satoshi Nakamoto [9].

2.3. Prediksi

Prediksi adalah upaya menerapkan metode ilmiah untuk memperkirakan apa yang akan berlaku di waktu mendatang dengan memanfaatkan berbagai informasi yang relevan dari masa sebelumnya (historis) [10]. Berdasarkan [11], teknik yang digunakan dalam melakukan suatu prediksi dapat dibedakan menjadi dua, yakni prediksi kualitatif dan prediksi kuantitatif.

1. Prediksi kualitatif

Prediksi kualitatif digunakan ketika riwayat data tidak tersedia dan didasarkan pada informasi kualitatif yang dapat memprediksi kejadian di masa mendatang dengan keakuratan dari metode ini sangat subjektif.

2. Prediksi kuantitatif

Prediksi kuantitatif dibagi menjadi dua metode yaitu *casual* dan *time series*. Prediksi *casual* meliputi faktor yang berhubungan dengan variabel yang diprediksi seperti analisis regresi. Prediksi *time series* merupakan metode kuantitatif yang digunakan untuk menganalisa data masa lampau yang telah dikumpulkan secara teratur dengan menggunakan teknik yang tepat dan hasilnya akan digunakan untuk prediksi nilai di masa yang akan datang.

2.4. Machine Learning

Machine Learning adalah pendekatan yang banyak diterapkan untuk menggantikan atau meniru perilaku manusia dalam memecahkan masalah atau mencapai otomatisasi. *Machine Learning* mencoba meniru proses manusia dalam belajar dan melakukan generalisasi. *Machine Learning* memiliki ciri khas yaitu adanya proses pelatihan, pembelajaran, atau *training*. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya data *training* untuk dipelajari oleh mesin dalam proses pembelajaran [12].

Machine Learning memiliki tiga jenis metode pembelajaran, yaitu sebagai berikut

1. Supervised Learning

Supervised Learning merupakan metode pembelajaran terarah atau terawasi. Sehingga diperlukan adanya guru yang mengajar atau mengarahkan dan siswa yang diajar, di mana manusia berperan sebagai guru, dan mesin berperan sebagai siswa [13].

2. Unsupervised Learning

Unsupervised Learning merupakan metode pembelajaran yang tidak terawasi, sehingga tidak ada guru (manusia) yang mengajar [13]. Metode ini dikembangkan untuk mendapatkan struktur tersembunyi dalam kelompok data yang tidak berlabel dengan *output* yang tidak diketahui [14]. Tujuan *unsupervised learning* adalah untuk memodelkan struktur atau distribusi yang mendasari data dan mempelajari lebih lanjut tentang data [15].

3. Reinforcement Learning

Reinforcement Learning atau biasa disebut sebagai semi *supervised learning*, karena hampir sama dengan *supervised learning*, letak perbedaannya terdapat pada proses pelabelan data. Pada *supervised learning* terdapat guru (manusia) yang membuat *input-output*, sedangkan pada semi *supervised learning* tidak mempunyai *input-output* secara eksplisit yang harus dibuat manusia. *Input-output* pada semi *supervised learning* dapat diperoleh secara otomatis [13].

2.5. Artificial Neural Network

Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah sistem pemrosesan informasi yang terinspirasi dari sistem saraf biologis manusia, yang mirip dengan pemrosesan informasi di otak manusia [16].

Berdasarkan [15], *Artificial Neural Network* terdiri dari tiga lapisan yaitu *input layer*, *hidden layer*, *output layer*.

1. *Input Layer* atau lapisan masukan menampilkan informasi dari luar jaringan (dunia luar) ke dalam jaringan. Kumpulan dari variabel *input* disebut lapisan *input*.
2. *Hidden Layer* atau lapisan tersembunyi tidak memiliki hubungan dengan dunia luar. Lapisan ini melakukan komputasi dan mengirimkan informasi dari lapisan *input* ke lapisan *output*.
3. *Output Layer* atau lapisan keluaran adalah kumpulan *output nodes* yang bertanggung jawab melakukan komputasi dan mengirimkan informasi dari jaringan ke dunia luar.

2.6. Backpropagation

Backpropagation merupakan salah satu jenis metode pembelajaran dalam *artificial neural network* yang tergolong dalam *supervised learning* [17]. Berdasarkan [18] algoritme *backpropagation* memiliki beberapa kelebihan yaitu:

1. *Backpropagation* dapat digunakan untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan identifikasi, prediksi, pengenalan pola, dll.
2. Memiliki kemampuan belajar adaptif dan toleransi kesalahan untuk menciptakan sistem yang andal dan bekerja konsisten.
3. Melatih jaringan untuk menemukan keseimbangan selama pelatihan sehingga merespons dengan benar pola input yang mirip dengan pola yang digunakan dalam pelatihan.

2.7. Min-Max Normalization

Min-max normalization merupakan metode normalisasi yang melakukan transformasi linier dari data asli untuk menghasilkan keseimbangan nilai perbandingan antara data sebelum dan sesudah proses. Rumus yang digunakan ditunjukkan dengan persamaan (1).

$$x' = \frac{(x - \text{minValue})(\text{maxRange} - \text{minRange})}{(\text{maxValue} - \text{minValue})} + \text{minRange} \quad (1)$$

Dengan x' = nilai data hasil normalisasi, x = nilai data aktual, minValue = nilai minimal data aktual, maxValue = nilai maksimal data aktual, minRange = nilai range minimal yang akan digunakan dan maxRange = nilai range maksimal yang akan digunakan.

2.8. Mean Square Error

Mean Square Error (MSE) merupakan fungsi kinerja yang umum digunakan untuk *backpropagation*, di mana fungsi ini mengambil kuadrat rata-rata dari kesalahan yang terjadi antara nilai hasil prediksi dengan nilai aktual [19].

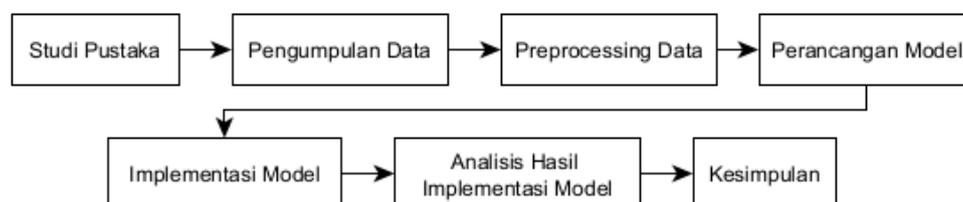
Rumus *Mean Square Error* menggunakan persamaan (2).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (Y_t - Y'_t)^2 \quad (2)$$

Di mana Y_t adalah nilai aktual periode t , Y'_t adalah nilai hasil prediksi periode t dan n adalah jumlah periode yang dilakukan.

III. RESEARCH METHOD

Berikut adalah tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan digambarkan melalui gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data historis harga Bitcoin terhadap US Dollar (BTC-USD) yang diambil dari *website yahoo finance* yang dapat diakses melalui alamat <https://finance.yahoo.com/quote/BTC-USD/history?p=BTC-USD> dan dapat diunduh dalam format file *Comma Separated Values* (CSV) dalam periode harian dari 17 September 2014 sampai dengan 30 Mei 2023 dengan jumlah data sebanyak 3178. Yahoo Finance merupakan *website* milik perusahaan Yahoo yang menyediakan berbagai informasi mengenai informasi finansial dan ekonomi secara global. Data yang disediakan oleh Yahoo Finance dapat diunduh dengan beberapa rentang waktu yang telah disediakan yaitu secara harian, mingguan dan bulanan. Adapun data BTC-USD tersebut mempunyai atribut *Date*, *Open*, *High*, *Low*, *Close*, *Adj. Close* dan *Volume*.

3.2. Preprocessing Data

Preprocessing dilakukan untuk menghasilkan data yang berkualitas baik yang dapat digunakan pada tahap selanjutnya. Tahap *preprocessing* adalah tahap di mana data yang terkumpul diolah terlebih dahulu sehingga data yang digunakan untuk *input* memenuhi persyaratan. *Preprocessing* data pada penelitian ini yaitu melakukan normalisasi data, kemudian membagi data menjadi data *training* dan data *testing*.

3.3. Perancangan Model

Pada tahap ini dilakukan perancangan model beberapa kali dengan arsitektur jaringan yang berbeda. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *learning rate* dan target *error*. Tujuan dari tahap perancangan model adalah untuk mendapatkan model yang terbaik. Dalam perancangan model, penulis menentukan arsitektur jaringan atau menentukan jumlah unit *hidden layer* dengan variasi jumlah unit tiga sampai lima belas serta melakukan inisialisasi parameter-parameter dasar yang dibutuhkan yaitu nilai *learning rate* yang ditetapkan 0.001 dan target *error* yang ditetapkan 0.001.

3.4. Implementasi Model

Setelah data yang dibutuhkan telah sesuai dan valid, maka tahap selanjutnya adalah melakukan implementasi model. Di mana pada tahapan ini penulis melakukan prediksi terhadap harga *Bitcoin* dalam US Dollar (BTC-USD) dengan menggunakan rancangan model *backpropagation* yang telah dibuat. Adapun tahapan yang dilakukan untuk prediksi dengan metode *backpropagation* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Arsitektur dan parameter-parameter yang digunakan berdasarkan perancangan model yang telah dilakukan sebelumnya dengan metode percobaan guna mendapatkan model terbaik.
2. Melakukan pelatihan jaringan menggunakan algoritma *artificial neural network backpropagation* yang bertujuan untuk mengubah faktor bobot sehingga diperoleh bobot hubungan yang diinginkan. Langkah-langkah pelatihan menggunakan algoritma *artificial neural network backpropagation* sebagai berikut:
 - a. Menginisiasi bobot (menetapkan nilai acak kecil).
 - b. Selama kondisi berhenti salah, lakukan tahap *feedforward* dan *backpropagation* pada setiap data *training*.

Tahap *Feedforward*:

- a. Tiap unit *input* ($X_i, i = 1, 2, \dots, n$); menerima sinyal *input* x_i lalu menyebarkannya ke seluruh lapisan tersembunyi (*hidden layer*).
- b. Pada tiap unit tersembunyi ($Z_j, j = 1, 2, \dots, p$); menjumlahkan setiap sinyal *input* yang sudah memiliki bobot (termasuk biasanya) menggunakan persamaan (3)

$$z_in_j = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \quad (3)$$

- c. Kemudian menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan $z_j = f(z_in_j)$ untuk menghitung sinyal *output* dari unit tersembunyi. Sinyal *output* ini kemudian dikirimkan ke seluruh lapisan *output*.
- d. Tiap unit *output* ($Y_k, k = 1, 2, \dots, m$); menjumlahkan bobot sinyal *input* menggunakan persamaan (4).

$$y_in_k = w_{k0} + \sum_{i=1}^p z_i w_{kj} \quad (4)$$

- e. Lalu menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan $y = f(y_in_k)$ untuk menghitung sinyal *output* dari unit *output* bersangkutan. Sinyal *output* ini selanjutnya dikirim ke seluruh unit *output*.

Tahap *Backpropagation*:

- a. Tiap unit *output* ($Y_k, k = 1, 2, \dots, m$); menerima suatu pola target yang mengacu terhadap pola *input* pelatihan, untuk menghitung kesalahan (*error*) antara target dengan *output* yang dihasilkan jaringan menggunakan persamaan (5).

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k) \quad (5)$$

Faktor δ_k digunakan untuk menghitung koneksi *error* (Δw_{kj}) yang nanti akan dipakai untuk memperbaiki w_{jk} menggunakan persamaan (6).

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j \quad (6)$$

Selain itu juga menghitung koreksi bias yang nanti akan digunakan untuk memperbaiki w_{k0} menggunakan persamaan (7).

$$\Delta w_{k0} = \alpha \delta_k \quad (7)$$

Kemudian mengirimkan δ_k ke lapisan bawah.

- b. Tiap unit tersembunyi ($Z_j, j = 1, \dots, p$); menerima *input* delta (dari langkah ke enam) yang sudah berbobot menggunakan persamaan (8).

$$\delta_in_j = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj} \quad (8)$$

Kemudian hasilnya dikalikan dengan turunan dari fungsi aktivasi yang digunakan untuk menghitung informasi kesalahan *error* menggunakan persamaan (9).

$$\delta_j = \delta_in_j f'(z_in_j) \quad (9)$$

Kemudian menghitung koreksi bobot menggunakan persamaan (10).

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i \quad (10)$$

Kemudian menghitung koreksi bias menggunakan persamaan (11)

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \quad (11)$$

- c. Tiap unit *output* ($Y_k, k = 1, 2, \dots, m$), memperbaiki bias dan bobot-bobotnya ($j = 0, \dots, p$) menggunakan persamaan (12).

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj} \quad (12)$$

- d. Menguji kondisi berhenti jika *error* ditemukan. Pembelajaran jaringan dapat dihentikan ketika kondisi berhenti terpenuhi.
- e. Melakukan perhitungan *Mean Square Error* (MSE) untuk mengukur ketepatan hasil pelatihan berdasarkan nilai *error* yang dihasilkan.
- f. Mengecek apakah pelatihan jaringan sudah mencapai target *error* yang ditentukan. Jika pelatihan jaringan belum mencapai target *error* yang ditentukan maka dilakukan pelatihan jaringan kembali. Jika pelatihan sudah mencapai target *error* yang ditentukan maka akan menghitung jumlah *epoch* yang terjadi dan menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mencapai target *error* dalam satuan *millisecond* (ms). *Epoch* (iterasi) bertujuan untuk menunjukkan jumlah iterasi maksimum pada pelatihan.
- g. Selanjutnya mengecek apakah sudah melakukan pelatihan jaringan untuk setiap arsitektur yang sudah ditentukan. Jika belum maka lakukan pelatihan jaringan lagi dengan menggunakan arsitektur yang berbeda.
- h. Setelah semua arsitektur telah dilakukan pelatihan jaringan, kemudian dapat dilakukan analisis terhadap implementasi model yang telah dilakukan.

Keterangan:

z_{in_j} : sinyal input yang diterima oleh unit tersembunyi dari unit input.

v_{j0} : bobot bias pada lapisan tersembunyi, $j = 1, 2, \dots, p$.

v_{ji} : bobot dari unit input ke- i menuju unit tersembunyi ke- j .

z_j : sinyal output yang telah diaktivasi pada unit tersembunyi.

y_{in_k} : sinyal *input* yang diterima oleh unit *output* dari unit tersembunyi.

w_{kj} : bobot dari unit tersembunyi ke- j menuju unit *output* ke- k .

w_{k0} : bobot bias pada lapisan output, $k = 1, 2, \dots, m$.

y_k : sinyal output yang telah diaktivasi pada unit output.

t_k : target yang ingin dicapai.

α : laju percepatan.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

4.1. Preprocessing

Pada *preprocessing*, peneliti memasukkan dataset dalam bentuk file CSV, kemudian mengambil atribut *Open*, *High*, dan *Low* sebagai *input* dan atribut *Close* sebagai *output*, selanjutnya melakukan normalisasi data menggunakan *Min-Max Normalization*, lalu membagi data menjadi data *training* dan data testing dengan 80% dari data keseluruhan digunakan untuk data *training* dan 20% dari data keseluruhan digunakan untuk data *testing*.

4.2. Perancangan Model

Pada tahap ini, peneliti melakukan perancangan model dengan arsitektur jaringan yang berbeda dengan parameter yang digunakan yaitu *learning rate* dan target *error*. Dalam perancangan model, penulis menentukan arsitektur jaringan atau menentukan jumlah unit *hidden layer* dengan variasi jumlah unit tiga sampai tiga belas serta melakukan inisialisasi parameter-parameter dasar yang dibutuhkan yaitu nilai *learning rate* yang ditetapkan 0.001 dan target *error* yang ditetapkan 0.001. parameter yang digunakan ditunjukkan pada Table 1.

TABLE I
PARAMETER YANG DIGUNAKAN

Parameter	Jumlah	Deskripsi
Input layer	4 neuron	Data Open, High, Low, Volume
Hidden layer	Trial-error	3-15 neuron
Target Error	1	0.001
Learning rate	1	0.001
Output Layer	1 neuron	Data Close

Pada Table 1 menunjukkan parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan *input* layer berjumlah empat neuron (*Open, High, Close, Volume*), jumlah neuron pada *hidden* layer menggunakan variasi tiga sampai 15, target *error* yang digunakan bernilai 0,001, *learning rate* yang digunakan adalah 0,001, dan *output* layer berjumlah satu neuron yaitu data *Close*.

4.3. Hasil Implementasi Model

Model arsitektur yang digunakan dalam penelitian ini ada 13, dengan konfigurasi berbeda-beda. Misalnya, model pertama memiliki arsitektur 4-3-1, yang berarti memiliki empat unit di layer *input*, tiga unit di *hidden* layer, dan satu unit di *output* layer. Begitu pula dengan model-model lainnya, seperti model 4-4-1, 4-5-1, 4-6-1, 4-7-1, 4-8-1, 4-9-1, 4-10-1, 4-11-1, 4-12-1, 4-13-1, 4-14-1, dan 4-15-1. Angka-angka ini mencerminkan jumlah unit pada masing-masing layer, dengan layer *input* selalu memiliki empat unit karena merupakan representasi dari *input* data. Parameter yang digunakan yaitu *learning rate* 0,001 dan target *error* 0,001. Dari ke 13 model arsitektur ini dilakukan *training* dan testing dengan algoritme *artificial neural network backpropagation* menggunakan bahasa pemrograman *python*.

TABLE 2
HASIL TRAINING DAN TESTING

Arsitektur	Training		MSE Testing
	Epoch	Nilai Error	
4-3-1	833	0,000999240142059247	0,003383889306703580
4-4-1	344	0,000999365392090189	0,003905578252829270
4-5-1	603	0,000998156525643104	0,003400500973586750
4-6-1	535	0,000994488596113493	0,003437077367431260
4-7-1	348	0,000992184304034701	0,002752996711026710
4-8-1	374	0,000991168166781468	0,002690609775128450
4-9-1	409	0,000993813875697646	0,003347696393819360
4-10-1	300	0,000991462804210181	0,002906020598602130
4-11-1	212	0,000996385409637937	0,003312852379851940
4-12-1	299	0,000998170289284953	0,003059753099350340
4-13-1	252	0,000997752891999457	0,002434442427044870
4-14-1	141	0,000984490422180855	0,003214697657663770
4-15-1	126	0,000985236650885372	0,003518273135749940

Berdasarkan Tabel 2 pada proses *training*, *epoch* terkecil terdapat pada model arsitektur 4-15-1 dengan nilai 126. *Epoch* yang dibutuhkan untuk mencapai nilai error dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kompleksitas model, ukuran dataset, inialisasi bobot, dan parameter yang digunakan. Pada proses testing MSE terkecil terdapat pada model 4-13-1 dengan nilai 0,002434442427044870. Model terbaik ditentukan berdasarkan hasil nilai *Mean Square Error* (MSE) terkecil, karena semakin kecil nilai MSE berarti nilai prediksi semakin mendekati nilai aktual. Dengan demikian, model arsitektur terbaik pada penelitian ini adalah model arsitektur 4-13-1 (empat merupakan neuron *input* layer, 13 merupakan neuron *hidden* layer dan satu sebagai neuron *output* layer) karena memiliki nilai MSE terkecil dibandingkan dengan model arsitektur lainnya.

V. Conclusion

Berdasarkan pembahasan mengenai perancangan model *Artificial Neural Network Backpropagation* untuk memprediksi harga *Bitcoin* terhadap US Dollar, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Model arsitektur *artificial neural network backpropagation* pada penelitian ini menggunakan empat neuron pada *input* layer, tiga hingga 15 neuron pada *hidden* layer, dan satu neuron pada *output* layer dengan menggunakan *learning rate* 0,001 dan target *error* 0,001.
2. Dari 13 model arsitektur yang dilatih, didapatkan arsitektur dengan nilai *Mean Squared Error* (MSE) paling kecil. Arsitektur tersebut adalah 4-13-1, dengan empat unit pada lapisan *input*, 13 unit pada lapisan *hidden*, dan satu unit pada lapisan *output*. Nilai MSE pada arsitektur ini adalah sebesar 0,00243.

REFERENCES

- [1] N. F. B. Pradana and S. Lestanti, "Aplikasi Prediksi Jangka Pendek Harga Bitcoin Menggunakan Metode Arima," *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 25, no. 3, pp. 160–174, 2020, doi: 10.35760/ik.2020.v25i3.3128.

- [2] F. Ferdiansyah, S. H. Othman, R. Z. Md Radzi, and D. Setiawan, "A Study of Economic Value Estimation on Cryptocurrency Value back by Gold, Methods, Techniques, and Tools," *J. Inf. Syst. Informatics*, vol. 1, no. 2, pp. 178–192, 2019, doi: 10.33557/journalisi.v1i2.25.
- [3] A. D. Arisandi, Ferdiansyah, L. Atika, E. S. Negara, and K. R. N. Wardani, "Prediksi Mata Uang Bitcoin Menggunakan LSTM Dan Sentiment Analisis Pada Sosial Media," *J. Ilm. Komputasi*, vol. 19, no. 4, pp. 559–566, 2020, doi: 10.32409/jikstik.19.4.370.
- [4] E. P. Setiawan, "Analisis Potensi dan Risiko Investasi Cryptocurrency di Indonesia," *J. Manaj. Teknol.*, vol. 19, no. 2, pp. 130–144, 2020, doi: 10.12695/jmt.2020.19.2.2.
- [5] R. Faizal, B. D. Setiawan, and I. Cholissodin, "Prediksi Nilai Cryptocurrency Bitcoin menggunakan Algoritme Extreme Learning Machine (ELM)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 5, pp. 4226–4233, 2019.
- [6] R. A. Juanda and A. A. Rohmawati, "Prediksi Harga Bitcoin Dengan Menggunakan Recurrent Neural Network," *eProceedings Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 3682–3690, 2018.
- [7] I. A. R. Simbolon, F. Yatussa'ada, and A. Wanto, "Penerapan Algoritma Backpropagation dalam Memprediksi Persentase Penduduk Buta Huruf di Indonesia," *J. Inform. Upgris*, vol. 4, no. 2, pp. 163–169, 2019, doi: 10.26877/jiu.v4i2.2423.
- [8] A. Keller and M. Scholz, "Trading on Cryptocurrency Markets : Analyzing the Behavior of Bitcoin Investors," in *ICIS 2019 Proceedings*, 2019, pp. 1–17.
- [9] Mikhael, F. Andreas, and U. Enri, "Perbandingan Algoritma Linear Regression, Neural Network, Deep Learning, Dan K-Nearest Neighbor (K-Nn) Untuk Prediksi Harga Bitcoin," *J. Sist. Inf.*, vol. 14, no. 1, pp. 2450–2464, 2022.
- [10] A. Wanto, "Optimasi Prediksi Dengan Algoritma Backpropagation Dan Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts," *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 3, pp. 370–380, 2018, doi: 10.25077/teknosi.v3i3.2017.370-380.
- [11] I. Kurniawan and M. Soekarno Putra, "Penerapan Metode Least Square Untuk Prediksi Kebutuhan Obat Pada UPTD Puskesmas Rawat Inap Muaradua Kabupaten Oku Selatan," *Bina Darma Conf. Comput. Sci.*, pp. 297–306, 2020.
- [12] F. Adnan, I. Amelia, and S. Umar Shiddiq, "Implementasi Voice Recognition Berbasis Machine Learning," *Implementasi Voice Recognit. Berbas. Mach. Learn.*, vol. 11, no. 1, pp. 24–29, 2022.
- [13] J. W. G. Putra, *Pengenalan Konsep Pembelajaran Mesin dan Deep Learning*, 1.4. Tokyo, 2020.
- [14] M. Awad and R. Khanna, *Efficient learning machines: Theories, concepts, and applications for engineers and system designers*. Apress, 2015. doi: 10.1007/978-1-4302-5990-9.
- [15] F. Timorremboko and O. T. Karya, "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Pada Kendali Lampu Sorot Mobil Adaptif Berbasis Python," *J. Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 3, pp. 142–147, Sep. 2020, doi: 10.22441/jte.2020.v11i3.006.
- [16] I. P. B. A. Pradnyana, A. A. Soebroto, and R. S. Perdana, "Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Dengan Optimasi Algoritma Bee Colony," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 10, pp. 3624–3631, 2018.
- [17] N. A. W. Indriana, D. E. Ratnawati, and S. Anam, "Momentum Backpropagation Untuk Klasifikasi Fungsi Senyawa Aktif Berdasarkan Notasi SMILES (Simplified Molecular Input Line Entry System)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 1946–1951, 2019.
- [18] A. P. Windarto et al., *Jaringan Saraf Tiruan: Algoritma Prediksi dan Implementasi*, vol. 53, no. 9. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2020.
- [19] G. N. Ayuni and D. Fitrihanah, "Penerapan metode Regresi Linear untuk prediksi penjualan properti pada PT XYZ," *J. Telemat.*, vol. 14, no. 2, pp. 79–86, 2019.