

## PERBANDINGAN FUNGSI AKTIVASI LINEAR, ReLU, SIGMOID, DAN TANSIG PADA ELM UNTUK PERAMALAN HARGA SAHAM

Sri Mulyani<sup>1</sup>, Rokhana Dwi Bekti<sup>2\*</sup>, Noviana Pratiwi<sup>3</sup>

Jurusan Statistika, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: rokhana@akprind.ac.id

\*corresponding author

**Abstract.** *PT. Bank Central Asia Tbk (BBCA.JK) as an issuer in the banking sector still occupies first position as the issuer with the largest capitalization and the most active stock on the IDX. Investing in the stock market follows the principle of “high risk, high return, low risk, low return”. That's why investors must pay close attention to future share prices. One way to predict stock prices is to use the Extreme Learning Machine (ELM) method. This involves selecting and setting activation functions that introduce non-linearity, allowing the neural network to model complex relationships between input and output. The test results show that ELM is optimal for predicting BBCA stock prices using the Sigmoid activation function, Uniform Positive weight initialization, network architecture consisting of 5 input neuron layers, 14 hidden neuron layers, and 1 output layer. The MAPE obtained was  $3.374546 < 10\%$ , indicating that the model can be generalized well, with an average learning speed of 0.000343442 seconds.*

**Keywords:** *Forecasting, Stocks, Artificial Neural Networks, Extreme Learning Machine, Activation Function.*

**Abstrak.** PT. Bank Central Asia Tbk (BBCA.JK) sebagai emiten sektor perbankan masih menempati posisi pertama sebagai emiten dengan kapitalisasi terbesar, dan saham teraktif di BEI. Berinvestasi di pasar saham mengikuti prinsip “*high risk, high return, low risk, low return*”. Itu sebabnya investor harus mencermati harga saham di masa depan. Salah satu cara memprediksi harga saham adalah dengan menggunakan metode *Extreme Learning Machine* (ELM). Hal ini melibatkan pemilihan dan pengaturan fungsi aktivasi yang memperkenalkan non-linearitas, memungkinkan jaringan saraf memodelkan hubungan kompleks antara *input* dan *output*. Hasil pengujian menunjukkan ELM optimal untuk memprediksi harga saham BBCA menggunakan fungsi aktivasi Sigmoid, inisialisasi bobot Uniform Positive, arsitektur jaringan yang terdiri dari 5 *neuron input layer*, 14 *neuron hidden layer*, dan 1 *output layer*. MAPE yang diperoleh sebesar  $3.374546 < 10\%$ , menunjukkan bahwa model dapat digeneralisasikan dengan baik, dengan rata-rata kecepatan pembelajaran sebesar 0.000343442 detik.

**Kata Kunci:** Peramalan, Harga Saham, Jaringan Syaraf Tiruan, Extreme Learning Machine, Fungsi Aktivasi.

### 1. Pendahuluan

Saham (*stock*) sebagai instrumen keuangan yang mewakili kepemilikan atau bukti penyertaan modal dari perusahaan yang menerbitkannya, dan dapat memperoleh tingkat pengembalian (return) berupa *dividen* dan *capital gain*. Pada siaran pers Otoritas Jasa Keuangan (OJK) melaporkan bahwa di tengah pasar keuangan global yang berfluktuasi, pasar saham di Juni 2023 menguat sebesar 0,43 persen. Penguatan ini dicatatkan oleh saham di sektor transportasi & logistic, dan keuangan. PT. Bank Central Asia Tbk (BBCA) sebagai salah satu emitem pada sektor keuangan khususnya perbankan, masih menempati posisi pertama emitem dengan kapitalisasi terbesar, yaitu mencapai Rp1.090 triliun atau USD 71,86 miliar. Bank BBCA selalu *most active stocks* di BEI, dan perusahaan dengan *wealth added index* (WAI) atau kemampuan perusahaan dalam memberi nilai tambah kekayaan tertinggi mengungguli bank-bank BUMN dan tetap kokoh berada di posisi pertama emiten pemegang kapitalisasi pasar terbesar. Investasi dalam bentuk saham

memiliki resiko yang sesuai dengan prinsip investasi, yaitu *High risk high return, low risk low return*. Harga saham yang terus berfluktuatif dan dipengaruhi oleh banyak faktor, menjadikan saham sebagai instrument investasi yang beresiko tinggi. Sehingga memperkirakan pergerakan harga saham merupakan hal yang sangat penting bagi investor, agar dapat meminimalisir resiko kerugian dari saham yang dimiliki.

Peramalan harga saham merupakan salah satu tantangan yang kompleks dan krusial dalam dunia keuangan, karena memiliki dampak besar bagi investor dan pelaku pasar lainnya. Salah satu metode yang mendapat perhatian adalah Extreme Learning Machine (ELM) yang pertama kali diperkenalkan oleh (Huang, Zhu, & Siew, 2004). ELM mampu menemukan pola-pola kompleks dalam data, melakukan prediksi yang akurat, dan mampu mendekati nilai sebenarnya.

ELM sebagai suatu jaringan saraf tiruan *feedforward sederhana* dengan satu *hidden layer* pada arsitektur jaringannya (SLFNs), merupakan sebuah metode yang dikembangkan sebagai solusi untuk mengatasi beberapa masalah yang terkait dalam JST, yaitu *learning speed* dan *good generalization* performance karena bobot dan bias diinisialisasi secara acak (Izati, Warsito, & Widiharih, 2019). Fokus utama dari ELM adalah cara efisien untuk memodelkan hubungan antara fitur (variabel input) dan target output dalam suatu dataset (Huang, Zhu, & Siew, 2004). Fungsi aktivasi yang memperkenalkan non-linearitas ke dalam jaringan dan memungkinkan jaringan saraf memodelkan hubungan kompleks antara *input* dan *output*. Terdapat beberapa fungsi aktivasi berbeda yang dapat digunakan pada ELM, misalnya fungsi aktivasi Linear, ReLU, Sigmoid, dan Tansig, sehingga diperlukan eksperimen untuk melihat fungsi aktivasi mana yang memberikan kinerja lebih baik.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan jenis desain penelitian prediktif. Desain penelitian ini digunakan untuk meramalkan nilai variabel target berdasarkan data historis yang ada. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data yang digunakan adalah data penutupan harga saham harian PT. Bank Central Asia Tbk (BBCA.JK). Data diperoleh dari Yahoo Finance (<https://finance.yahoo.com>) periode 2 Januari 2023 - 28 Juli 2023.

### 2.1 Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga penutupan (*close*) karena harga penutupan merupakan harga terakhir yang sudah pasti pada hari tersebut. Hari kerja transaksi saham diasumsikan sebanyak lima (5) hari (Senin s.d Jumat) dengan dua (2) hari libur yaitu pada Sabtu dan Minggu, sehingga penelitian ini melibatkan 6 variabel, yang terdiri dari  $X_1$  yang merupakan hari kerja ke-1,  $X_2$  hari kerja ke-2,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_5$ , dan data target ( $y$ ).

### 2.2 Metode Analisis

Berikut tahapan analisis data yang dilakukan:

#### 1. Statistik deskriptif

#### 2. Melakukan normalisasi data

Normalisasi data adalah proses transformasi untuk menyeragamkan data agar menjadi spesifik dalam rentang tertentu. Normalisasi membantu memperbaiki stabilitas dan kecepatan konvergensi saat melatih jaringan (Simamora, Tibyani, & Sutrisno, 2019).

$$X' = \frac{0,8*(X_{max}-X_{min})}{(X_{max}-X_{min})} + 0,1 \quad (1)$$

Keterangan:

$X'$  = Nilai data hasil normalisasi

$X$  = Nilai data aktual

$X_{min}$  = Nilai minimum data aktual

$X_{max}$  = Nilai maksimum data aktual

0,8 = Nilai *default* normalisasi nilai optimum

0,1 = Nilai *default* normalisasi nilai minimum

#### 3. Membagi data *training* dan *testing* dengan rasio 80%:20%.

Perancangan algoritma jaringan saraf tiruan umumnya dibagi menjadi dua proses utama, yaitu *training* dan *testing*. Sebelum proses tersebut dilakukan, maka data dibagi menjadi data *training* dan *testing*. Pembagian data dilakukan dengan rasio data *training* lebih besar dibandingkan dengan data *testing*. Hal ini dilakukan agar jaringan mendapatkan pembelajaran secukupnya, sehingga dapat menguji data *testing* (Fachrony dkk., 2018).

4. Skenario percobaan yaitu mengimplementasikan fungsi aktivasi Linear, ReLU, Sigmoid, dan Tansig pada proses *training* dan *testing*. Kemudian membandingkan fungsi aktivasi dengan melihat akurasi berdasarkan metrik evaluasinya yaitu MAPE.

Proses *ELM* dengan tahapan sebagai berikut:

1) Proses Training

1. Inisialisasi bobot *input* ( $W$ ) dan bias secara random menggunakan metode Uniform Negative, Uniform Positive, dan Normal Gaussian.
2. Menghitung nilai *output hidden layer* ( $H_{init}$ )

$$H_{init} = X_{train} \cdot W + b \quad (2)$$

Keterangan:

$X_{train}$  = Data *input training*

$W$  = Matriks bobot

$b$  = Bias *hidden layer*

“Persamaan 2” dapat diubah menjadi bentuk matriks sebagai berikut:

$$H_{init} = \begin{bmatrix} X_1 W_1 + b_1 & \cdots & X_1 W_m + b_m \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_n W_1 + b_1 & \cdots & X_n W_m + b_m \end{bmatrix} \quad (3)$$

Keterangan:

$n$  = banyaknya data

$m$  = jumlah *neuron hidden layer*

3. Menghitung nilai matriks *hidden layer* ( $H$ ) menggunakan fungsi aktivasi:

- a. Fungsi aktivasi Linear

$$f(x) = x, \text{ untuk } -\infty < x < \infty \quad (4)$$

- b. Fungsi aktivasi ReLU

$$f(x) = \begin{cases} x & \text{if } x \geq 0 \\ 0 & \text{if } x < 0 \end{cases} = \max(x, 0) \quad (5)$$

- c. Fungsi aktivasi Sigmoid

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{(-x)}} \quad (6)$$

- d. Fungsi aktivasi Tansig

$$f(x) = \frac{2}{(1+e^{(-2(x))})} - 1 \quad (7)$$

Persamaan 4, 5, 6, dan 7 dapat diubah menjadi bentuk matriks sebagai berikut:

$$H = \begin{bmatrix} g(X_1 W_1 + b_1) & \cdots & g(X_1 W_m + b_m) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g(X_n W_1 + b_1) & \cdots & g(X_n W_m + b_m) \end{bmatrix} \quad (8)$$

Keterangan:

$n$  = banyaknya data

$m$  = jumlah *neuron hidden layer*

4. Menghitung matriks *Moore-Penrose Pseudo Inverse* ( $H^+$ )

$$H^+ = (H^T H)^{-1} H^T \quad (9)$$

Keterangan:

$H^+$  = Matriks *moore-penrose pseudo invers*

$H^T$  = Hasil *transpose* matriks  $H$

$H$  = Bobot *hidden layer*

$(H^T H)^{-1}$  = Matriks invers perkalian dari  $H$  transpose dan matriks  $H$

5. Menghitung bobot akhir *hidden layer* ( $\beta$ )

$$\beta = H^+y \quad (10)$$

Keterangan:

$\beta$  = Matriks bobot keluaran  
 $H^+$  = Matriks *moore-penrose pseudo invers*  
 $y$  = Matriks target

dengan

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix} \text{ (Matriks bobot } output), \text{ dan } y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} \text{ (Matriks target)}$$

- 2) Melakukan proses *testing* dengan tahapan sebagai berikut:
1. Menginisiasi nilai bobot *input* ( $W$ ) dan bias (Nilainya diperoleh dari proses *training*)
  2. Menghitung nilai dari matriks  $H_{init}$  menggunakan persamaan (2)
  3. Menghitung nilai matriks *output hidden layer* ( $H$ ) menggunakan fungsi:
    - a. Fungsi aktivasi Linear pada persamaan (3)
    - b. Fungsi aktivasi ReLU pada persamaan (4)
    - c. Fungsi aktivasi Sigmoid pada persamaan (5)
    - d. Fungsi aktivasi Tansig pada persamaan (6)
  4. Perhitungan nilai prediksi ( $\hat{y}$ )

$$\hat{y} = H*\beta \quad (11)$$

Keterangan:

$\hat{y}$  = Hasil peramalan  
 $\beta$  = Matriks bobot keluaran (Nilainya diambil dari proses *training*)  
 $H$  = Fungsi aktivasi

- 3) Menghitung nilai MAPE

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (12)$$

Keterangan:

$\hat{y}$  = Hasil peramalan  
 $y$  = Data aktual  
 $n$  = Jumlah data

- 4) Melakukan denormalisasi data

Denormalisasi data merupakan proses transformasi untuk mengembalikan data yang sudah di normalisasi menjadi nilai semula berdasarkan hasil peramalan Izati dkk. (2019).

$$X = \frac{(X' - 0,1) * (X_{max} - X_{min})}{(0,8)} + \min(X) \quad (13)$$

Keterangan:

$X'$  = Data ternormalisasi  
 $X$  = Data hasil denormalisasi  
 $X_{max}$  = Nilai maksimum data asli  
 $X_{min}$  = Nilai minimum data asli

### 3. Hasil dan Pembahasan

1. Statistika Deskriptif

Statistik deskriptif data harga penutupan saham BBCA tersaji pada “Tabel 1” berikut.

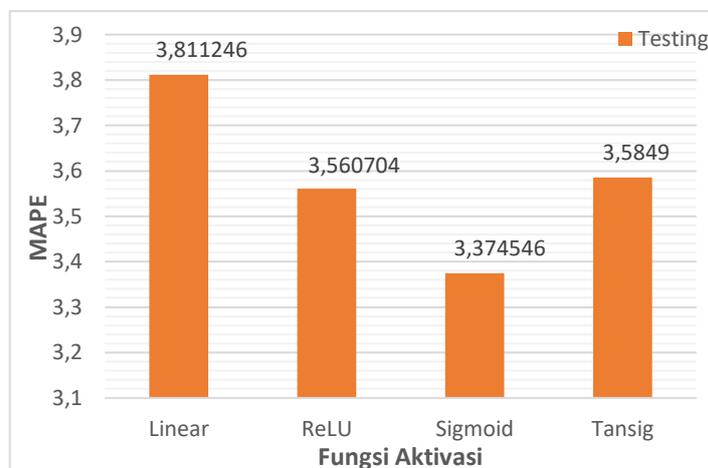
Tabel 1. Deskriptif Data Saham BBCA

N	Minimum	Maximum	Mean
133	8050	9320	8806

Diketahui bahwa jumlah penutupan harga saham sejak tanggal 2 Januari 2023 sampai 28 Juli 2023 sebanyak 133 data. Rata-rata harga sebesar Rp8806, dengan harga tertinggi yaitu Rp9320 dan terendah Rp8050.

2. Perbandingan Fungsi Aktivasi

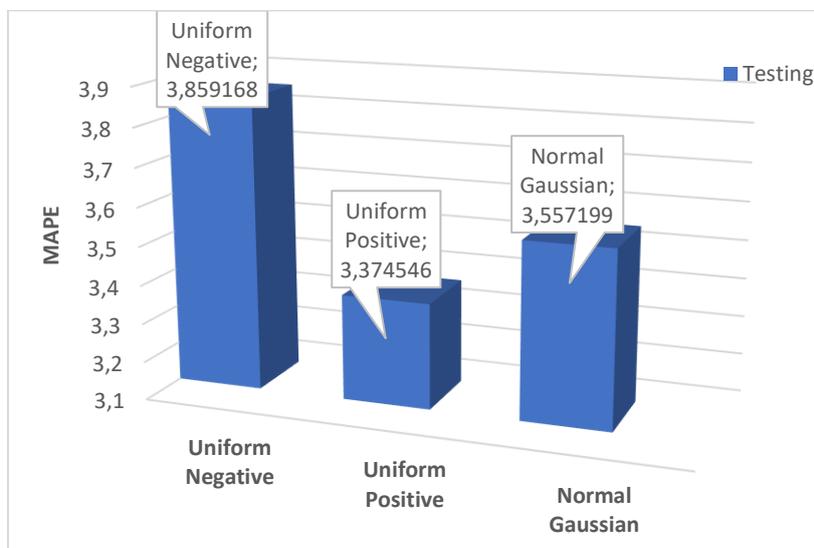
Peramalan harga penutupan saham BBCA menggunakan ELM dilakukan dengan membandingkan empat (4) fungsi aktivasi yaitu Linear, ReLU, Sigmoid dan Tansig, dengan *tuning* parameter yaitu *trial* dan *error* jumlah *neuron hidden layer*, dan metode inisialisasi bobot (Uniform Negative, Uniform Positive, dan Normal Gaussian). Hasil pengujian dapat dilihat dari nilai MAPE pada proses *testing* pada “Gambar 1” berikut.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Fungsi Aktivasi

“Gambar 1” menunjukkan bahwa fungsi aktivasi Sigmoid memiliki nilai MAPE pada proses *testing* sebesar 3,374546% < 10% yang artinya kemampuan model dalam menggeneralisasi data baru sangatlah baik. Sehingga fungsi aktivasi terbaik untuk meramalkan harga saham BBCA adalah Sigmoid.

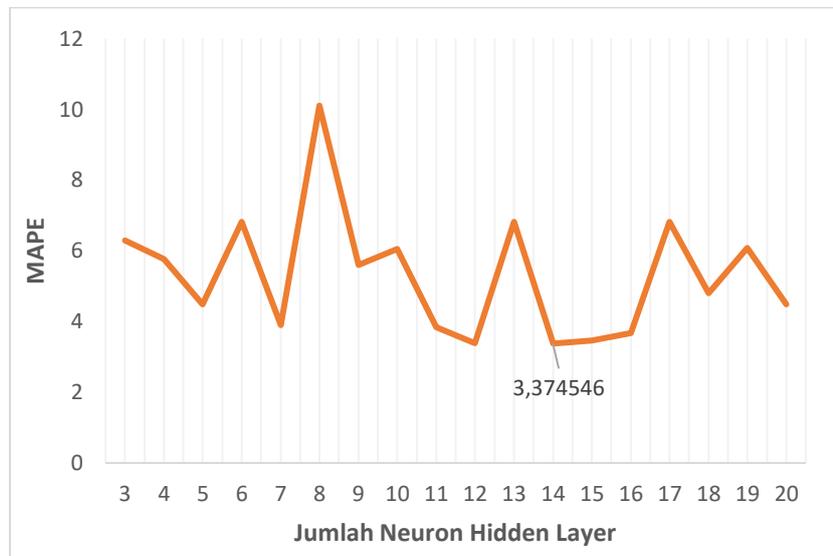
Kemudian berdasarkan fungsi aktivasi optimal yaitu Sigmoid, diperoleh hasil pengujian parameter inisialisasi bobot secara acak menggunakan Uniform Negative (UN), Uniform Positive (UP), dan Normal Gaussian (NG). Hasil optimal yang diperoleh dengan nilai MAPE terkecil yaitu 3,374546%, menunjukkan bahwa metode inisialisasi bobot terbaik adalah Uniform Positive. Hasil perbandingan metode inisialisasi bobot dan bias tersaji pada “Gambar 2” berikut.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Metode Inisialisasi Bobot

Kemudian *hidden neuron* diujikan untuk melihat seberapa banyak node yang dibutuhkan untuk mencapai titik optimum. Jumlah node yang di ujikan mulai dari node ke-3 hingga node ke-

20. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa titik optimum berada pada *hidden neuron* ke-14, dengan MAPE sebesar 3,374546%, ini menunjukkan bahwa performa model dalam generalisasi data baru sangatlah baik Hasil pengujian jumlah *hidden neuron* tertera pada “Gambar 3” berikut.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Jumlah Hidden Neuron

ELM juga unggul dalam *learning speed* atau kecepatan pembelajaran, sehingga berdasarkan fungsi aktivasi terbaik diperoleh rata-rata kecepatan pembelajaran sebesar 0,000343442 detik, yang tersaji pada “Tabel 2”.

Tabel 2. Kecepatan Pembelajaran ELM

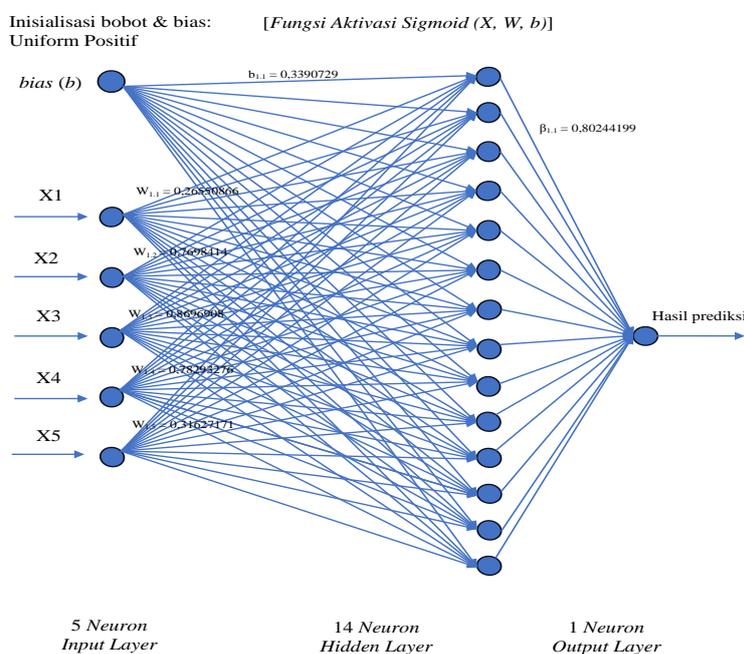
<i>Uniform Positif</i>			
<i>Hidden Neuron</i>	<i>Learning Speed (Secs)</i>	<i>Hidden Neuron</i>	<i>Learning Speed (Secs)</i>
3	0,000213623	12	0,000423193
4	0,000252962	13	0,000359297
5	0,000291348	14	0,000320911
6	0,000303507	15	0,000328541
7	0,000317097	16	0,000357628
8	0,000339747	17	0,000396729
9	0,000334024	18	0,000489950
10	0,000305414	19	0,000445128
11	0,000294447	20	0,000408411
Kecepatan Rata-rata			0,000343442

Berdasarkan model terbaik, diperoleh hasil peramalan yang kemudian akan dideormalisasi untuk melihat nilai sebenarnya, tersaji pada “Tabel 3”. Setelah dilakukan denormalisasi data, maka diperoleh hasil prediksi untuk satu periode ke depan, yaitu pada tanggal 31 Juli 2023 sebesar Rp.9.189. Harga penutupan saham aktual pada 31 Juli 2023 adalah sebesar Rp9.125.

Tabel 3. Denormalisasi Data Prediksi

Tanggal	$\hat{Y}_{ternormalisasi}$	$\hat{y}$
13/06/2023	0,7009660	9.026
14/06/2023	0,7114228	9.043
15/06/2023	0,7245679	9.064
⋮	⋮	⋮
31/07/2023		9.189

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh hasil bahwa fungsi aktivasi terbaik adalah Sigmoid, metode inisialisasi bobot dan bias menggunakan Uniform Positive, dengan jumlah hidden neuron 14. Sehingga terbentuklah arsitektur jaringan ELM optimal 5-14-1, dimana 5 merupakan *neuron input*, 14 *neuron hidden layer*, dan 1 *output layer*. Arsitektur jaringan ELM dapat dilihat pada “Gambar 4.4” berikut.



Gambar 4. Arsitektur Jaringan Optimal Pada ELM

#### 4. Kesimpulan

Fungsi Aktivasi terbaik adalah Sigmoid, dengan inisialisasi range bobot Uniform Positive, dengan arsitektur jaringan 5 *neuron input layer*, 14 *neuron hidden layer*, dan 1 *output layer*. Nilai MAPE yang diperoleh sebesar  $3,374546 < 10\%$ , artinya model mampu melakukan generalisasi yang sangat baik untuk peramalan harga saham BBKA, dengan hasil peramalan pada tanggal 31 Juli sebesar Rp9.189. Kemudian berdasarkan model yang diperoleh, rata-rata kecepatan pembelajaran adalah 0,000343442 detik.

### Daftar Pustaka

- Fachrony, A., Cholissodin, I., & Santoso, E. (2018). *Implementasi Algoritme Extreme Learning Machine (ELM) untuk Prediksi Beban Pemanasan dan Pendinginan Bangunan* (Vol. 2, Nomor 9). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Huang, G.-B., Zhu, Q.-Y., & Siew, C.-K. (2004). *Extreme Learning Machine: A New Learning Scheme of Feedforward Neural Networks*.
- Izati, N. A., Warsito, B., & Widiharih, T. (2019). *PREDIKSI HARGA EMAS MENGGUNAKAN FEED FORWARD NEURAL NETWORK DENGAN METODE EXTREME LEARNING MACHINE*. 8(2), 171–183. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Graha Ilmu.
- Simamora, R. D., Tibyani, & Sutrisno. (2019). Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode Extreme Learning Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(10), 9670-9676.