|  |
| --- |
| **Kelas C** |

**LAPORAN PRAKTIKUM**

**Analisis Runtun Waktu**

**Modul 8: *Extreme Learning Machine***



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nama Praktikan** | **Nomor Mahasiswa** | **Tanggal Kumpul** | **Tanda Tangan**  **Praktikan** | |
| Dian Widya Lestari | 19611129 |  |  | |
|  |  |  |  |  |
| **Nama Penilai** | **Tanggal Koreksi** | **Nilai** | **Tanda tangan** | |
| **Asisten** | **Dosen** |
| Duhania Oktasya Mahara  Puspita Putri Nabilah |  |  |  |  |
| Mujiati Dwi Kartikasari |  |  |  |  |

**JURUSAN STATISTIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2021**

Daftar Isi

Halaman sampul i

Daftar Isi ii

Daftar Tabel iii

Daftar Gambar iv

1 Pendahuluan 1

1.1 *Extreme Learning Machine* 1

1.1.1 Struktur *Extreme Learning Machine* (ELM) 1

1.2 Normalisasi Data 2

1.3 Proses *Training* 2

1.4 Proses *Testing* 3

2 Deskripsi Kerja 4

2.1 Studi Kasus 4

2.2 Langkah Kerja 4

3 Pembahasan 10

3.1 Data Studi Kasus 10

*3.2* Analisis *Extreme Learning Machine* 12

3.2.1 Model Pertama *Hidden Layer* 2 12

3.2.2 Model Kedua *Hidden Layer* 3 13

3.2.3 Model Ketiga *Hidden Layer* 4 15

3.2.4 Model Keempat *Hidden Layer* 5 16

3.2.5 Model Kelima *Hidden Layer* 6 18

3.2.6 Model Keenam *Hidden Layer* 7 19

3.2.7 Model Ketujuh *Hidden Layer* 8 20

3.2.8 Model Kedelapan *Hidden Layer* 9 21

3.2.9 Model Kesembilan *Hidden Layer* 10 23

3.3 Evaluasi Kinerja Model 24

4 Penutup 27

4.1 Kesimpulan 27

5 Daftar Pustaka 28

Daftar Tabel

**Tabel 3.1.** Pemilihan Model Terbaik 24

Daftar Gambar

**Gambar 2.1.** Proses *Input Data* 4

**Gambar 2.2.** Pembagian Rasio Data *Training* dan *Testing* 4

**Gambar 2.3.** Sintaks Model 1 5

**Gambar 2.4.** Sintaks Model 2 5

**Gambar 2.5.** Sintaks Model 5 6

**Gambar 2.6.** Sintaks Model 4 6

**Gambar 2.7.** Sintaks Model 5 7

**Gambar 2.8.** Sintaks Model 7 7

**Gambar 2.9.** Sintaks Model 7 8

**Gambar 2.10.** Sintaks Model 8 8

**Gambar 2.11.** Sintaks Model 9 9

**Gambar 2.12.** Sintaks Plot Data Aktual, *Fitted*, dan *Forecasting* 9

**Gambar 3.1.** Data Aktual 10

**Gambar 3.2.** Data *Time Series* 11

**Gambar 3.3.** Plot Data KA 11

**Gambar 3.4.** Plot ELM Model 1 12

**Gambar 3.5.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 1 13

**Gambar 3.6.** Plot ELM Model 2 13

**Gambar 3.7.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 2 14

**Gambar 3.8.** Nilai *Error Data Testing* 2 14

**Gambar 3.9.** Plot ELM Model 3 15

**Gambar 3.10.** Nilai *Error Data Testing* 3 15

**Gambar 3.11.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 3 16

**Gambar 3.12.** Plot ELM Model 4 16

**Gambar 3.13.** Nilai *Error Data Testing* 4 17

**Gambar 3.14.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 4 17

**Gambar 3.15.** Plot ELM Model 5 18

**Gambar 3.16.** Nilai *Error Data Testing* 5 18

**Gambar 3.17.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 5 18

**Gambar 3.18.** Plot ELM Model 6 19

**Gambar 3.19.** Nilai *Error Data Testing* 6 19

**Gambar 3.20.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 6 20

**Gambar 3.21.** Plot ELM Model 7 20

**Gambar 3.22.** Nilai *Error Data Testing* 7 20

**Gambar 3.23.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 7 21

**Gambar 3.24.** Plot ELM Model 8 21

**Gambar 3.25.** Nilai *Error Data Testing* 8 22

**Gambar 3.26.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 8 22

**Gambar 3.27.** Plot ELM Model 9 23

**Gambar 3.28.** Nilai *Error Data Testing* 9 23

**Gambar 3.29.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 9 23

**Gambar 3.30.** Grafik Model (7) Terbaik 25

**Gambar 3.31.** Grafik Model (9) Terbaik 26

# Pendahuluan

## *Extreme Learning Machine*

*Extreme Learning Machine* (ELM) merupakan jenis jaringan syaraf tiruan dengan satu *hidden layer* (lapisan tersembunyi) yang disebut dengan *single hidden layer feedforward neural network (SLNs).* Metode ini memiliki kecepatan pembelajaran yang lebih cepat dibandingkan metode jaringan syaraf tiruan konvensional seperti *backpropagation*. Metode ELM dibuat untuk mengatasi kelemahan dari jaringan syaraf tiruan *(feedforward)* terutama dalam hal *learning speed.* Berikut adalah gambaran arsitektur jaringan syaraf tiruan *Extreme Learning Machine* (Fikriya et al., 2017)*.*

### Struktur Extreme Learning Machine (ELM)

Diagram

Description automatically generated

Jaringan *feedforward* menggunakan parameter-parameter yang ditentukan secara manual seperti *input weight* dan bias (Zulinda, 2020). *Input weight* dan bias ini dibangkitkan secara acak dalam satu rentang tertentu, maka dari itu praktikan dalam hasil analisis akan mendapatkan hasil analisis yang berbeda setiap praktikan running sintaks dengan bantuan *R Studio*. Dengan nilai yang diacak tersebut dapat menghindari hasil prediksi yang tidak stabil.

Keterangan:

y = Nilai *output layer*

β = *Output weight*

X = *Input data* yang digunakan

W = Bobot *input*

N = Jumlah *input neuron*

## Normalisasi Data

Normalisasi data adalah proses perubahan bentuk data menjadi nilai yang lebih spesifik dalam rentang 0-1 (Alfiyatin et al., 2018). Salah satu metode yang dipakai yaitu dengan menggunakan metode *Min-Max Normalization*. Metode tersebut adalah metode normalisasi dengan melakukan transformasi linear terhadap data asli sehingga dihasilkan keseimbangan nilai perbandingan antar data saat sebelum dan sesudah proses.

Keterangan:

= Nilai normalisasi

= Nilai data aktual atau observasi

= Nilai minimum pada data aktual

= Nilai maksimum pada data aktual

= Nilai minimum baru

= Nilai maksimum baru

## Proses *Training*

Proses *training* harus dilalui sebelum melakukan proses prediksi. Tujuannya adalah untuk mendapatkan nilai *output weight*. Langkah-langkah proses *training* yaitu:

1. Langkah pertama adalah menginialisasi *weight* dan bias. Nilai ini diinsialisasi secara acak.
2. Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada *hidden layer*.
3. Keluaran di *hidden layer* dihitung menggunakan fungsi aktivasi.
4. Menghitung *output weight*. Dalam mendapatkan *output weight* proses pertama yang dilakukan yaitu mentranspose matriks hasil keluaran *hidden layer* dengan fungsi aktivasi (Zulinda, 2020).

## Proses Testing

Pada proses ini bertujuan untuk mengevaluasi metode ELM dari hasil proses *training* sebelumnya. Lalu pada proses ini juga untuk mengetahui akurasi dari program (Alfiyatin et al., 2018).

1. Mengetahui nilai Wmin, b dan β dari proses *training*.
2. Menghitung nilai matriks keluaran pada *hidden layer*.
3. Menghitung hasil keluaran yang diperoleh dengan menggunakan .
4. Denormalisasi hasil prediksi menggunakan rumus denormalisasi data.
5. Terakhir menghitung evaluasi dari pembentukan model dengan RMSE, MSE, ataupun MAPE.

# Deskripsi Kerja

## Studi Kasus

1. Gunakan data penumpang kereta api di Indonesia.
2. Lakukan analisis ELM dengan ketentuan berikut:
3. Pembagian *training* dan *testing* adalah 80%:20%.
4. Uji jumlah *neuron* pada *hidden layer* dengan menggunakan *neuron* 2-10.
5. Lanjutkan analisis ELM dengan jumlah *neuron* yang memberikan *error* terkecil dari kriteria b.

## Langkah Kerja

1. Pertama, praktikan lakukan *import data* ke dalam *R* dengan sintaks read.csv sebagai berikut.

Graphical user interface, text

Description automatically generated

**Gambar 2.1.** Proses *Input Data*

1. Kemudian menentukan jumlah *data training* dan *test* dengan perbandingan rasio sebesar 80%:20%.

**A picture containing calendar

Description automatically generated**

**Gambar 2.2.** Pembagian Rasio Data *Training* dan *Testing*

1. Selanjutnya praktikan membuat model dengan *hidden layer* 2-10. Model pertama dengan *hidden layer* sebesar 2 *neurons*.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.3.** Sintaks Model 1

1. Kemudian membuat model yang kedua dengan *hidden layer* sebesar 3 *neuron*.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.4.** Sintaks Model 2

1. Berikutnya model ketiga dengan *hidden layer* dengan banyak *neuron* 4.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.5.** Sintaks Model 5

1. Lalu dibentuk model keempat dengan banyaknya *neuron* 5.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.6.** Sintaks Model 4

1. Selanjutnya model ELM dibentuk dengan jumlah *neuron* 6.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.7.** Sintaks Model 5

1. Selanjutnya membuat model keenam *hidden layer* dengan jumlah *neuron* sebanyak 7.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.8.** Sintaks Model 7

1. Dibentuk model selanjutnya model ketujuh dengan *hidden layer* sebesar 8 *neurons*.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.9.** Sintaks Model 7

1. Berikutnya dibentuk model kedelapan dengan *hidden layer* jumlah *neuron* 9.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.10.** Sintaks Model 8

1. Dan bentuk model terakhir dengan *hidden layer* sebesar 10 *neuron* sebagai berikut.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.11.** Sintaks Model 9

1. Setelah membuat model dengan *hidden layer* yang telah ditentukan, praktikan buat plot data aktual, *fitted value*, dan prediksi (peramalan) dari model terbaik.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 2.12.** Sintaks Plot Data Aktual, *Fitted*, dan *Forecasting*

# Pembahasan

## Data Studi Kasus

Sebelumnya praktikan telah memaparkan langkah kerja dalam analisis ELM. Pada bagian ini akan dijelaskan secara rinci mengenai pengerjaan studi kasus. Pertama, praktika memasukkan data KA ke dalam *R*. Data tersebut merupakan data *time series* dimana waktu yang diambil berurut mulai dari 2006-2015, berikut datanya.

**Table

Description automatically generated**

**Gambar 3.1.** Data Aktual

Berdasarkan **Gambar 3.1** data Kereta Api memiliki tiga variabel yaitu tahun, bulan, dan total (penumpang), dengan banyaknya data sebesar 120. Dikarenakan data sudah terurut dari waktu terlama hingga terbaru, praktikan tidak perlu melakukan proses pengurutan data.

Selanjutnya praktikan melakukan proses tahapan pertama analisis dengan data KA yang masih berbentuk dataframe, disini praktikan ubah data KA ke bentuk *data time series*. Menggunakan perintah dalam R yaitu ts () untuk mengubah data menjadi objek *time series*. Data *time series* KA disimpan dalam objek ka.ts berikut datanya.

**Text, table

Description automatically generated**

**Gambar 3.2.** Data *Time Series*

Pada sintaks data *time series* terdapat atribut start = c (2006,1) menandakan bahwa data KA dimulai dari tahun 2006 bulan Januari (1). Kemudian atribut freq = 12 menunjukan bahwa periode yang digunakan adalan bulanan (12). Setelah data diubah menjadi bentuk data runtun waktu maka dapat dilihat pola data sebagai berikut.

**Chart, line chart, histogram

Description automatically generated**

**Gambar 3.3.** Plot Data KA

Berdasarkan hasil grafik di atas **Gambar 3.3** data KA tidak memiliki pola seasonal atau musiman. Setelah itu dilakukan analisis *extreme learning machine* (ELM).

## Analisis *Extreme Learning Machine*

### Model Pertama Hidden Layer 2

Selanjutnya pada tahap ini data akan dibagi menjadi dua kelompok yaitu *data* *training* dan *data testing*. Data tersebut akan dibagi dengan komposisi rasio sebesar 80% untuk *data training* dan sisanya 20% sebagai *data testing*. Pada **Gambar 2.2** praktikan lakukan perhitungan dalam objek n dengan fungsi round. Fungsi round berguna untuk membulatkan nilai dalam argumen pertamanya ke jumlah tempat desimal yang ditentukan dimana *default* 0. Didapatkan nilai n sebesar 96 data, artinya data *training* yang digunakan sebanyak 96 data dan sisanya dipakai untuk *data testing*. Pada objek *train* data diambil mulai dari Januari 2016 sampai *(end)* bulan Desember 2013. Lalu objek *test* dimulai dari sisanya maka bulan Januari 2014.

Fungsi dari *training* adalah bagian proses pengenalan pola-pola yang telah dinormalisasikan agar sistem dapat menentukan *weight* atau bobot yang memetakan antara *input* dan target *output* yang diinginkan. Studi kasus diatas diperintahkan bahwa jumlah *neuron* sebesar 2 sampai 10 *neurons*. *Running* sintaks pada **Gambar 2.3** lalu didapatkan hasil berikut ini.

**Diagram, schematic

Description automatically generated**

**Gambar 3.4.** Plot ELM Model 1

Selanjutnya untuk mendapatkan pengukuran kesalahan *error* pada data testting model pertama digunakan sintaks model1$MSE, rmse\_1 = sqrt(model1$MSE), dan mape\_1 = mean(abs(error\_1)/test)\*100, didapatkan hasil berturut-turut sebagai berikut 1384160, 1176.503, dan 10.42104. Dengan *fitted value* dan hasil *forecasting* pada model 1 untuk 24 periode kedepan, sebagai berikut

**Table

Description automatically generated with medium confidence**

**Gambar 3.5.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 1

### Model Kedua Hidden Layer 3

Berikutnya dibentuk model kedua dengan *hidden layer* 3 *neurons*. Pada model ini praktikan dapat *input* sintaks **Gambar 2.4** dan didapatkan hasil sebagai berikut.

**Diagram

Description automatically generated**

**Gambar 3.6.** Plot ELM Model 2

Diperoleh bahwa dengan *inputs* sebesar 12 didapatkan *hidden layers* sebanyak 3 *neurons* dan ada satu *beta*  yang berpengaruh terhadap nilai Y ditunjukkan pada garis tegas. Selanjutnya diperoleh nilai *fitted value* dan peramalan dari pembentukan model ke dua.

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

**Gambar 3.7.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 2

Selanjutnya praktikan mengukur kesalahan pada *data testing* model ke dua dengan *input* sintaks **Gambar 2.5** diperoleh hasil berikut ini.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 3.8.** Nilai *Error Data Testing* 2

Didapatkan nilai pengukuran kesalahan model untuk *data testing*. Berikutnya dibentuk model ketiga dengan jumlah *neuron* yang telah ditentukan 4 pada *hidden layer.*

### Model Ketiga Hidden Layer 4

Kemudian model ketiga dengan *hidden layer* sebanyak 4 *neurons*. Praktikan telah mengetahui untuk sintaks dalam pembentukan model ELM ini pada **Gambar 2.6** berikut hasilnya.

**Diagram

Description automatically generated**

**Gambar 3.9.** Plot ELM Model 3

Berdasarkan **Gambar 3.9** bahwa terdapat 1 *beta* yang berpengaruh terhadap Y. setelah mengetahui bahwa terdapat variabel *beta* pada hasil grafil ELM, selanjutnya praktikan melakukan pengukuran kesalahan pada model ketiga pada sintaks model3$MSE, rmse\_3 = sqrt(model3$MSE), dan mape\_3 = mean(abs(error\_3)/test)\*100, berikut hasilnya.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 3.10.** Nilai *Error Data Testing* 3

Selanjutnya dilakukan peramalan dengan 24 periode kedepan dan tentukan *fitted value* dan peramalan 24 periode kedepan.

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

**Gambar 3.11.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 3

Pada hasil **Gambar 3.11** prediksi tahun 2014 diperoleh nilai penumpang KA pada bulan Januari sampai desember mengalami kenaikan secara signifikan dengan jumlah penumpang KA pada akhir tahun 2014 sebesar 22495.12, selain itu pada tahun berikutnya 2015 pada bulan Januari sampai Desember juga mengalami kenaikan jumlah penumpang dengan awal tahun sebesar 22584.96 dan diakhir tahun 2015 sebanyak 23573.24 penumpang KA.

### Model Keempat Hidden Layer 5

Selanjutnya model selanjutnya dengan *hidden layer* 5 *neurons*. Sama dengan pembuatan model sebelumnya praktikan *input* sintaks pada **Gambar 2.6** berikut ini hasil pembentukan model ELM.

**Diagram

Description automatically generated**

**Gambar 3.12.** Plot ELM Model 4

Dari hasil **Gambar 3.12** diketahui plot atau grafik model keempat dengan *hidden layer* sebanyak 5 *neurons* hanya terdapat 1 *neuron* atau 1 beta yang memiliki pengaruh terhadap Y. Selanjutnya untuk mengetahui kesalahan peramalan pada model keempat digunakan sintaks model4$MSE, rmse\_4 = sqrt(model4$MSE), dan mape\_4 = mean(abs(error\_4)/test)\*100, maka diperoleh sebagai berikut.

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

**Gambar 3.13.** Nilai *Error Data Testing* 4

Setelah didapatkan nilai *error* pada *data testing*. Selanjutnya untuk melihat *fitted value* dan peramalan dengan model keempat didapatkan hasil sebagai berikut.

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

**Gambar 3.14.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 4

Didapatkan hasil peramalan dan *fitted value* pada **Gambar 3.14** diketahui hasil prediksi untuk 24 periode kedepan atau selama dua tahun kedepan. Tahun 2014 diketahui nilai peramalan mengalami fluktasi dari bulan Januari sampai bulan Desember. Kemudian tahun selanjutnya mengalami peningkatan fluktasi dari awal tahun sampai Desember 2015.

### Model Kelima Hidden Layer 6

Lalu pada model selanjutnya kelima *hidden layer* dengan 6 *neurons*. Dengan menggunakan sintaks **Gambar 2.7** didapatkan hasilnya sebagai berikut.

**Diagram

Description automatically generated**

**Gambar 3.15.** Plot ELM Model 5

Dari hasil plot model ELM kelima didapatkan hasil bahwa terdapat 2 beta yang memiliki pengaruh terhadap Y. Setelah didapatkan bahwa terdapat satu *neuron* dengan menggunakan enam *neurons* yang memiliki hubungan terhadap Y. Berikutnya praktikan mencari besaran kesalahan dengan pengukuran MAPE, RMSE, dan MSE.

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

**Gambar 3.16.** Nilai *Error Data Testing* 5

**Text

Description automatically generatedGambar 3.17.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 5

Untuk selanjutnya peramalan dan *fitted value* didapatkan hasil pada prediksi untuk 24 bulan kedepan atau 2 tahun (2014 dan 2015). Pada peramalan tahun 2014 pada awal bulan sampai Maret mengalami fluktasi, namun bulan selanjutnya mengalami peningkatan signifikan sampai bulan Desember. Kemudian tahun 2015 terjadi kenaikan sampai akhir tahun.

### Model Keenam Hidden Layer 7

Model selanjutnya dengan *hidden layer* sebesar 7 *neurons*. Dari hasil di bawah ini **Gambar 3.18** menggunakan tujuh *neurons* didapatkan 3 *neurons* atau ada 3 *beta* yang memiliki pengaruh terhadap Y. Kemudian model keenam diperoleh nilai *error* dari RMSE, MSE, dan MAPE pada **Gambar 3.19**.

**Diagram

Description automatically generated**

**Gambar 3.18.** Plot ELM Model 6

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

**Gambar 3.19.** Nilai *Error Data Testing* 6

Selanjutnya telah diperoleh peramalan dan *fitted value* dengan menggunakan perintah sintaks model6$fitted dan sintaks peramalan yang tersimpan dalam objek pred6 = forecast (model6, 24), gambar di bawah ini hasilnya.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 3.20.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 6

Diperoleh bahwa pada tahun 2014 bulan Januari sampai Desember mengalami fluktasi. Tahun berikutnya (2015) nilai peramalan mengalami peningkatan sampai akhir tahun 2015.

### Model Ketujuh Hidden Layer 8

Kemudian model ketujuh dengan jumlah 8 *neurons* diperoleh bahwa terdapat empat *neurons*, berarti ada 3 *beta* yang memiliki hubungan pada Y. Telah diketahui grafik dari model ketujuh, maka dilakukan perhitungan untuk melihat nilai *error* pada model yang dibentuk (**Gambar 3.22**).

**Diagram

Description automatically generated**

**Gambar 3.21.** Plot ELM Model 7

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

**Gambar 3.22.** Nilai *Error Data Testing* 7

Setelah mendapat nilai *error* pada pembentukan model, praktikan dapat mengetahui nilai peramalan dan *fitted value* yang diperoleh sebagai berikut. Lalu peramalan pada bulan 2014 diperoleh nilai peramalan mengalami penurunan walaupun tidak signifikan. Tahun 2015 peramalan mengalami peningkatan secara signifikan sampai akhir tahun.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 3.23.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 7

### Model Kedelapan Hidden Layer 9

Model selanjutnya dengan *hidden layer* 9 *neurons*, kemudian didapatkan grafik model kedelapan didapatkan dua *neurons*, artinya 2 *beta* memiliki pengaruh terhadap Y.

**Diagram

Description automatically generated**

**Gambar 3.24.** Plot ELM Model 8

Berikutnya diperoleh nilai pengukuran kesalahan pada model kedelapan dengan MSE, RMSE, dan MAPE.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 3.25.** Nilai *Error Data Testing* 8

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 3.26.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 8

Nilai peramalan dengan model kedelapan menggunakan 9 *neurons*, diperoleh pada tahun 2014 peramalan mengalami naik turun walaupun pada bulan Juni sampai Desember mengalami kenaikan secara signfikan. Kemudian 2015, mengalami peningkatan sampai akhir tahun.

### Model Kesembilan Hidden Layer 10

Terakhir pembentukan model kesembilan dengan *hidden layer* sebanyak 10 *neurons*. Setelah praktikan *running* sintaks pada **Gambar 2.11** didapatkan hasil **Gambar 3.27** artinya dengan menggunakan *hd (hidden layer)* 10 hanya terdapat *beta* sebanyak 6 yang memiliki pengaruh terhadap Y.

**Chart

Description automatically generated**

**Gambar 3.27.** Plot ELM Model 9

Kemudian diperoleh pula nilai pengukuran kesalahan peramalan dengan model kesembilan.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 3.28.** Nilai *Error Data Testing* 9

Lalu untuk nilai *fitted value* dan peramalan dengan menggunakan *hidden layer* 10 *neurons*, maka diperoleh gambar di bawah ini.

**Text

Description automatically generated**

**Gambar 3.29.** *Fitted Value* dan Peramalan Model 9

Dari hasil peramalan **Gambar 3.29** diketahui pada tahun 2014 mengalami naik turun (fluktasi) sampai akhir tahun. Untuk tahun 2015, mengalami kenaikan nilai peramalan walaupun pada bulan Februari dan Maret sempat turun.

## Evaluasi Kinerja Model

Setelah praktikan membentuk model-model dengan *hidden layer* yang ditentukan dimana jumlah *neuron* 2 sampai 10 *neurons*. Berikut di bawah ini hasil rangkuman namun untuk pembanding hanya digunakan awal bulan dan tahun yang dipakai 2014 dan 2015 sesuai banyaknya peramalan yaitu 24 bulan atau dua tahun mendatang.

**Tabel 3.1.** Pemilihan Model Terbaik

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Model | Tahun | Aktual | Forecasting | MSE | RMSE | MAPE |
| 1 | 2014 | 21092 | 21506.84 | 1384160 | 1176.503 | 10.42104 |
| 2015 | 24676 | 22584.96 |
| 2 | 2014 | 21092 | 21506.84 | 1384160 | 1176.503 | 10.42104 |
| 2015 | 24676 | 22584.96 |
| 3 | 2014 | 21092 | 21504.34 | 1352163 | 1162.825 | 10.4165 |
| 2015 | 24676 | 22584.96 |
| 4 | 2014 | 21092 | 21506.84 | 1384160 | 1176.503 | 10.42104 |
| 2015 | 24676 | 22584.96 |
| 5 | 2014 | 21092 | 21393.25 | 1201371 | 1096.071 | 9.963129 |
| 2015 | 24676 | 22746.23 |
| 6 | 2014 | 21092 | 21368.88 | 1120049 | 1058.324 | 10.73255 |
| 2015 | 24676 | 22615.26 |
| 7 | 2014 | 21092 | 21495.70 | 1115716 | 1056.275 | 9.404988 |
| 2015 | 24676 | 22916.73 |
| 8 | 2014 | 21092 | 21341.67 | 1037654 | 1018.653 | 11.24389 |
| 2015 | 24676 | 22387.97 |
| 9 | 2014 | 21092 | 21235.98 | 1037129 | 1018.395 | 10.94333 |
| 2015 | 24676 | 22533.45 |

Dari hasil tabel di atas praktikan dapat menyimpulkan dalam memperoleh model terbaik dilihat dengan nilai *error(s)* terkecil. Sehingga diketahui pada **Tabel 3.1** terdapat model yang memiliki masing-masing keunggulan, maka terbentuk dua model terbaik. Model terbaik pertama, nilai MSE terkecil diperoleh pada Model 9, sebesar 1037129, artinya selisih data peramalan dengan data sebenarnya adalah 1037129 dan pada model 9 diperoleh nilai RMSE terkecil sebesar 1018.395, artinya sebesar 1018.395 (dalam %) nilai yang diprediksi dekat dengan nilai yang diamati atau diobservasi. Kemudian model terbaik kedua, Model 7 dengan MAPE = 9.404988 dimana berarti model tersebut memiliki kinerja sangat akurat karena berada dalam rentang < 10% dengan selisih rata-rata nilai peramalan dengan nilai sebenarnya adalah 9.40%. Berikut plot dari Model 7.

**Chart, histogram

Description automatically generated**

**Gambar 3.30.** Grafik Model (7) Terbaik

Diperoleh informasi dari grafik model 7 nilai peramalan untuk 24 periode mendatang memiliki pola naik walaupun ada sedikit fluktasi pada garis peramalan, namun pergerakan garis cenderung mengalami kenaikan. Untuk garis berwarna merah merupakan data *fitted* (kecocokan) pada *line red* terlihat mengikuti pola data aktual sehingga model 7 cocok menjadi model terbaik.

Kemudia Model 9 diperoleh peramalan untuk 24 periode mendatang. Diketahui berdasarkan **Gambar 3.29** peramalan pada tahun 2014 mengalami kenaikan secara tidak signifikan karna nilai berfluktasi sampai akhir tahun 2014, dan tahun 2015 juga meningkat walaupun tidak signifikan dan terjadi sampai akhir tahun (Desember 2015), untuk jelasnya berikut grafik model 9 dimana garis biru data aktual, merah untuk *fitted value*, dan hijau nilai peramalan.

**Chart, histogram

Description automatically generated**

**Gambar 3.31.** Grafik Model (9) Terbaik

# Penutup

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Sebelum dilakukan pengujian, data yang diperoleh diubah kedalam bentuk objek *time series* dengan perintah dalam R ts(). Selain itu, data runtun waktu harus berurutan dengan waktu terlama hingga terbaru.
2. Melakukan *preprocessing* data. Data tersebut akan dibagi dengan komposisi rasio sebesar 80% untuk *data training* dan sisanya 20% sebagai *data testing.* Kemudian membuat model dengan *hidden layer* jumlah *neuron(s)* 2 sampai 10.
3. Telah dibentuk model-model dan dilakukan pengukuran kesalahan data *testing* dari model-model yang dibuat diperoleh model terbaik, Model 7 dan Model 9.
4. Model keduanya memiliki keunggulan masing-masing. Model 7 memiliki nilai MAPE terkecil yaitu 9.404988, dan Model 9 diperoleh nilai MSE dan RMSE terkecil masing-masing 1037129 dan 1018.395.
5. Model 7 hasil peramalan menunjukan memiliki pola naik walaupun ada sedikit fluktasi pada garis peramalan, namun pergerakan garis cenderung mengalami kenaikan.
6. Lalu nilai peramalan yang didapat dari model 9 yaitu, data peramalan untuk 24 periode mendatang mengalami fluktasi dari bulan Januari sampai Desember. Tahun 2015 mengalami kenaikan walaupun pada awal bulan sampai bulan Maret mengalami penurunan bulan Januari sebesar 22533.45 sampai Maret 22543.83.

# Daftar Pustaka

Alfiyatin, A. N., Mahmudy, W. F., Ananda, C. F., & Anggodo, Y. P. (2018). Penerapan Extreme Learning Machine (Elm) Untuk Peramalan Laju Inflasi Di Indonesia Implementation Extreme Learning Machine for Inflation Forecasting in Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, *6*(2), 179–186. https://doi.org/10.25126/jtiik.20186900

Fikriya, Z. A., Irawan, M. I., & Soetrisno., S. (2017). Implementasi Extreme Learning Machine untuk Pengenalan Objek Citra Digital. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *6*(1). https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i1.21754

Zulinda. (2020). *Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Extreme Learning Machinde dan Backpropagation untuk Memprediksi Harga Saham PT BANK MANDIRI (PERSERO) TBK*.