

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tahapan pengerjaan penelitian ini beserta dengan hasil yang diperoleh dari penelitian ini.

4.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang diambil adalah data penggunaan beban listrik Sistem Mahakam dari 1 Januari 2015-31 Desember 2020 dalam satuan Mega Watt (MW). Data ini diperoleh dari PT. PLN UP3B (Unit Pelaksanaan Penyaluran dan Pengaturan Beban) Kalimantan. Data terdiri dari penggunaan beban listrik pukul 01.00 hingga pukul 00.00. Data yang didapatkan sebanyak 52560 *record* data selama 6 tahun yang dapat dilihat pada lampiran A.1.

4.2 Analisa Data

Setelah melakukan pengumpulan data, maka dilanjutkan dengan tahapan analisa data. Pada tahap analisa data dilakukan analisis variabel-variabel dari data yang diperoleh, dimana variabel ini nantinya akan digunakan dalam merancang model prediksi penggunaan beban sistem Mahakam. Adapun variabel yang akan digunakan dalam prediksi penggunaan beban Sistem Mahakam dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Variabel Data

| No | Variabel |
|----|---------------------------|
| X1 | Beban listrik pukul 01.00 |
| X2 | Beban listrik pukul 02.00 |
| X3 | Beban listrik pukul 03.00 |
| X4 | Beban listrik pukul 04.00 |
| X5 | Beban listrik pukul 05.00 |
| X6 | Beban listrik pukul 06.00 |
| X7 | Beban listrik pukul 07.00 |
| X8 | Beban listrik pukul 08.00 |

| No | Variabel |
|-----|---------------------------|
| X9 | Beban listrik pukul 09.00 |
| X10 | Beban listrik pukul 10.00 |
| X11 | Beban listrik pukul 11.00 |
| X12 | Beban listrik pukul 12.00 |
| X13 | Beban listrik pukul 13.00 |
| X14 | Beban listrik pukul 14.00 |
| X15 | Beban listrik pukul 15.00 |
| X16 | Beban listrik pukul 16.00 |
| X17 | Beban listrik pukul 17.00 |
| X18 | Beban listrik pukul 18.00 |
| X19 | Beban listrik pukul 19.00 |
| X20 | Beban listrik pukul 20.00 |
| X21 | Beban listrik pukul 21.00 |
| X22 | Beban listrik pukul 22.00 |
| X23 | Beban listrik pukul 23.00 |
| X24 | Beban listrik pukul 00.00 |

Pada tabel 4.1 terdapat 24 variabel yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini. Variabel-variabel tersebut terdiri atas beban listrik pukul 01.00 sebagai variabel X1, beban listrik pukul 02.00 sebagai variabel X2, beban listrik pukul 03.00 sebagai variabel X3, beban listrik pukul 04.00 sebagai variabel X4, beban listrik pukul 05.00 sebagai variabel X5, beban listrik pukul 06.00 sebagai variabel X6, beban listrik pukul 07.00 sebagai variabel X7, beban listrik pukul 08.00 sebagai variabel X8, beban listrik pukul 09.00 sebagai variabel X9, beban listrik pukul 10.00 sebagai variabel X10, beban listrik pukul 11.00 sebagai variabel X11, beban listrik pukul 12.00 sebagai variabel X12, beban listrik pukul 13.00 sebagai variabel X13, beban listrik pukul 14.00 sebagai variabel X14, beban listrik pukul 15.00 sebagai variabel X15, beban listrik pukul 16.00 sebagai variabel X16, beban listrik pukul 17.00 sebagai variabel X17, beban listrik pukul 18.00 sebagai variabel X18, beban listrik pukul 19.00 sebagai variabel X19, beban listrik pukul 20.00 sebagai variabel X20, beban listrik pukul 21.00 sebagai variabel X21, beban

listrik pukul 22.00 sebagai variabel X22, beban listrik pukul 23.00 sebagai variabel X23, beban listrik pukul 00.00 sebagai variabel X24.

4.3 Perancangan Model Jaringan Syaraf Tiruan

Terdapat beberapa tahap dalam perancangan model jaringan syaraf tiruan antara lain yaitu:

1. *Preprocessing* data

Setelah dilakukan analisa variable pada data, selanjutnya dilakukan data *preprocessing*. Pada data *preprocessing* dibagi menjadi tahapan data *cleaning* dan normalisasi data. Adapun tahapanya adalah sebagai berikut.

a. *Data Cleaning*

Setelah dilakukan analisa variable, ditemukan data yang terdapat nilai kosong dan data yang tidak konsisten atau data yang kurang dari tiga digit. Pada penelitian ini dilakukan penghapusan terhadap *record* yang terdapat nilai kosong dan data yang tidak konsisten atau data yang kurang dari tiga digit. Proses ini dilakukan dengan cara menghapus *record* data menggunakan Microsoft Excel. Adapun *record* yang terdapat data kosong dan data yang tidak konsisten dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2 berikut.

| TGL | HARI | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 16-Nov-18 | Jumat | 335.62 | 330.22 | 320.71 | 313.74 | 316.93 | 314.83 | 303.68 | 330.99 | 364.22 |
| 17-Nov-18 | Sabtu | 351.94 | 323.90 | 321.58 | 312.51 | 314.16 | 310.83 | 291.65 | 309.10 | 335.64 |
| 18-Nov-18 | Minggu | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19-Nov-18 | Senin | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 20-Nov-18 | Selasa | 303.80 | 348.91 | 341.79 | 323.17 | 330.41 | 350.94 | 342.76 | 336.93 | 311.16 |
| 21-Nov-18 | Rabu | 310.50 | 307.16 | 295.73 | 293.28 | 303.92 | 301.66 | 296.34 | 314.24 | 339.35 |
| 22-Nov-18 | Kamis | 335.06 | 318.36 | 311.65 | 307.15 | 312.04 | 310.61 | 308.30 | 314.63 | 339.34 |
| 23-Nov-18 | Jumat | 320.05 | 306.49 | 297.04 | 294.84 | 298.32 | 300.72 | 293.86 | 306.45 | 339.64 |

Gambar 4.1 Record Data Bernilai Kosong

Gambar 4.1 merupakan contoh data yang bernilai kosong yang terdapat pada data beban listrik Sistem Mahakam.

| | | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 292.56 | 303.26 | 313.66 | 323.82 | 330.85 | 351.56 | 350.68 | 347.44 | 332.05 | 376.50 | 394.39 |
| 296.60 | 317.27 | 329.67 | 322.99 | 320.80 | 340.53 | 334.09 | 331.39 | 328.67 | 354.25 | 386.21 |
| 278.26 | 293.54 | 302.91 | 303.59 | 314.05 | 321.82 | 331.07 | 34.12 | 64.25 | 91.74 | 114.69 |
| 276.42 | 280.36 | 299.03 | 282.95 | 285.75 | 286.31 | 286.10 | 286.46 | 286.57 | 319.45 | 350.10 |
| 269.47 | 287.06 | 303.68 | 307.26 | 312.75 | 332.18 | 330.98 | 326.96 | 331.83 | 385.72 | 390.17 |
| 293.49 | 314.74 | 334.14 | 338.83 | 337.53 | 348.78 | 336.03 | 318.70 | 320.58 | 338.63 | 379.94 |
| 290.64 | 292.11 | 302.77 | 320.85 | 323.66 | 341.60 | 340.77 | 337.48 | 322.87 | 346.36 | 385.80 |
| 307.05 | 317.02 | 315.15 | 313.47 | 310.77 | 324.52 | 305.75 | 307.21 | 301.55 | 345.29 | 381.90 |

Gambar 4.2 Data Tidak Konsisten Atau Data Kurang Dari Tiga Digit

Gambar 4.1 merupakan contoh data yang bernilai kosong yang terdapat pada data beban listrik Sistem Mahakam. Setelah ditemukan data kosong dan data yang tidak konsisten, maka dilakukan penghapusan. Setelah dilakukan penghapusan *record* pada data, maka diperoleh jumlah keseluruhan data sebesar 52560 *record* menjadi 51168 *record*.

b. Normalisasi Data

Pada tahap normalisasi data dilakukan transformasi data kedalam fungsi aktivasi *sigmoid biner*. Fungsi aktivasi digunakan untuk mengaktifkan neuron sebagai penentu luaran dari jaringan syaraf tiruan. Pada algoritma *backpropagation*, fungsi aktivasi *sigmoid biner* mampu memenuhi persyaratan fungsi aktivasi yaitu kontinu, terdiferensial dan tidak menurun secara terus menerus. Fungsi aktivasi *sigmoid biner* digunakan dalam melakukan transformasi data, dimana data diubah ke dalam range [0, 1]. Fungsi aktivasi *sigmoid biner* merupakan fungsi asimtotik (tidak pernah mencapai 0 ataupun 1) maka transformasi data dilakukan kedalam interval yang lebih kecil yaitu [0.1, 0.9]. Normalisasi data dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$X' = \frac{0.8(x-a)}{b-a} + 0.1$$

Rumus dinyatakan menggunakan data pada tabel 4.2 dan 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.2 Penggunaan Listrik

| Variabel (Input) | | | Target (Output) | | |
|------------------|-----|------------|-----------------|-----|------------|
| 00.01 (X1) | ... | 00.00(X24) | 00.01(X1) | ... | 00.00(X24) |
| 272.545 | ... | 301.645 | 279.965 | ... | 301.52 |
| 279.965 | ... | 301.52 | 270.74 | ... | 278.12 |
| 270.74 | ... | 278.12 | 266.96 | ... | 279.709 |

| Variabel (Input) | | | Target (Output) | | |
|------------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| 266.96 | ... | 279.709 | 271.299 | ... | 273.879 |
| 271.299 | ... | 273.879 | 250.225 | ... | 285.974 |
| 250.225 | ... | 285.974 | 268.239 | ... | 254.188 |
| 268.239 | ... | 254.188 | 224.971 | ... | 254.085 |
| 224.971 | ... | 254.085 | 238.88 | ... | 254.854 |
| 238.88 | ... | 254.854 | 249.528 | ... | 257.998 |
| 249.528 | ... | 257.998 | 247.698 | ... | 261.34 |

Tabel 4.3 Nilai Tertinggi dan Nilai Terendah

| Variabel | Min (a) | Max (b) |
|----------|---------|---------|
| X1 | 202.49 | 408.138 |
| X2 | 204.036 | 423.347 |
| X3 | 153.842 | 414.184 |
| X4 | 186.252 | 403.354 |
| X5 | 168.9 | 408.267 |
| X6 | 191.32 | 465.031 |
| X7 | 195.65 | 463.933 |
| X8 | 181.088 | 401.057 |
| X9 | 141.34 | 430.792 |
| X10 | 174.69 | 448.341 |
| X11 | 186.18 | 464.502 |
| X12 | 195.348 | 671.953 |
| X13 | 208.208 | 484.086 |
| X14 | 181.827 | 495.905 |
| X15 | 196.019 | 489.397 |

| Variabel | Min (a) | Max (b) |
|----------|---------|---------|
| X16 | 205.63 | 480.411 |
| X17 | 230.37 | 473.445 |
| X18 | 240.955 | 548.83 |
| X19 | 261.259 | 524.329 |
| X20 | 249.99 | 529.217 |
| X21 | 269.83 | 520.424 |
| X22 | 142.72 | 516.991 |
| X23 | 142.28 | 456.72 |
| X24 | 146.74 | 434.347 |
| Y1 | 202.49 | 405.192 |
| Y2 | 204.036 | 376.052 |
| Y3 | 153.842 | 363.63 |
| Y4 | 186.252 | 395.77 |
| Y5 | 168.9 | 366.68 |
| Y6 | 191.32 | 465.031 |
| Y7 | 195.65 | 463.933 |
| Y8 | 181.088 | 380.941 |
| Y9 | 141.34 | 395.632 |
| Y10 | 174.69 | 420.798 |
| Y11 | 186.18 | 440.961 |
| Y12 | 195.348 | 671.953 |
| Y13 | 208.208 | 449.683 |
| Y14 | 181.827 | 471.096 |

| Variabel | Min (a) | Max (b) |
|----------|---------|---------|
| Y15 | 196.019 | 471.319 |
| Y16 | 205.63 | 461.957 |
| Y17 | 230.37 | 441.571 |
| Y18 | 240.955 | 548.83 |
| Y19 | 261.259 | 524.329 |
| Y20 | 249.99 | 505.641 |
| Y21 | 269.83 | 494.822 |
| Y22 | 142.72 | 516.991 |
| Y23 | 142.28 | 445.47 |
| Y24 | 146.74 | 413.03 |

Tabel 4.2 dan 4.3 merupakan tabel data penggunaan listrik dan tabel nilai minimal dan maksimal dari semua *record* variabel. Dengan menggunakan rumus transformasi diatas, maka didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$X^1 = \frac{0.8 (272.545 - 202.49)}{408.138 - 202.49} + 0.1$$

$$= 0.3725244$$

Tabel 4.4 Hasil Transformasi Penggunaan Listrik

| Variabel (Input) | | | Target (Output) | | |
|------------------|-----|------------|-----------------|-----|------------|
| 00.01 (X1) | ... | 00.00(X24) | 00.01(X1) | ... | 00.00(X24) |
| 0.372524 | ... | 0.53088 | 0.405769 | ... | 0.564997 |
| 0.401389 | ... | 0.530532 | 0.369361 | ... | 0.494698 |
| 0.365502 | ... | 0.465443 | 0.354442 | ... | 0.499471 |
| 0.350797 | ... | 0.469863 | 0.371567 | ... | 0.481957 |
| 0.367677 | ... | 0.453646 | 0.288395 | ... | 0.518293 |

| Variabel (Input) | | | Target (Output) | | |
|------------------|-----|----------|-----------------|-----|----------|
| 0.285696 | ... | 0.48729 | 0.35949 | ... | 0.4228 |
| 0.355773 | ... | 0.398875 | 0.188725 | ... | 0.422491 |
| 0.187454 | ... | 0.398588 | 0.24362 | ... | 0.424717 |
| 0.241562 | ... | 0.400649 | 0.285644 | ... | 0.434246 |
| 0.282985 | ... | 0.409472 | 0.278422 | ... | 0.444286 |

Tabel 4.5 merupakan tabel hasil transformasi data penggunaan listrik yang didapatkan dengan cara menggunakan perhitungan dengan contoh seperti di atas.

2. Pembagian Data

Pada penelitian ini digunakan data penggunaan Sistem Mahakam dari tanggal 1 Januari 2015 – 31 Desember 2020 dengan total *record* sebanyak 51168 *record* data. Dari keseluruhan data tersebut, data kemudian dibagi menjadi 2 yaitu data *training* dan data *testing*. Komposisi pembagian data pada penelitian dibagi menjadi 4 pembagian data yang secara umum. Komposisi ini didasari oleh penggunaan data yang paling umum digunakan dalam pembagian data. Komposisi ini terdiri atas 50% data *training* dan 50% data *testing*, 60% data *training* dan 40% data *testing*, 70% data *training* dan 30% data *testing* dan 80% data *training* dan 20% data *testing*.

Untuk mengetahui komposisi pembagian data terbaik, maka dilakukan uji coba menggunakan model uji coba yang terdiri atas 1 *input layer* yang terdiri dari 24 unit masukan, 1 *hidden layer* dengan menggunakan 7 node dan 1 *output layer* yang terdiri atas 24 unit keluaran. Maka didapatkan hasil uji coba komposisi pembagian data yang dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Uji Coba Pembagian Data

| Pembagian Data (%) | Epoch | MSE |
|--------------------|-------|-----------|
| 50-50 | 8 | 0.0027186 |
| 60-40 | 4 | 0.0025082 |
| 70-30 | 8 | 0.0026616 |
| 80-20 | 9 | 0.0029856 |

Berdasarkan hasil uji coba yang dapat dilihat pada tabel 4.6, komposisi pembagian data 60% data *training* dan 40% data *testing* merupakan komposisi terbaik dengan MSE terkecil sebesar 0.0025082 dengan *epoch* 4. Berdasarkan hasil tersebut, peneliti menggunakan komposisi pembagian data 60% data *training* dan 40% data *testing* pada penelitian tugas akhir ini.

3. Penentuan Arsitektur

Dalam arsitektur jaringan syaraf tiruan terbagi menjadi 3 lapisan, yang terdiri atas *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. *Input layer* merupakan unit masukan, dimana pada penelitian ini *input layer* akan berisi 24 unit masukan, *Hidden layer* merupakan lapisan tersembunyi yang menerima data dari *input layer*, lapisan ini bekerja dengan cara menanggapi sifat-sifat tertentu yang mungkin terlihat dari pola masukan. Pada penelitian ini, *node* dalam *hidden layer* akan dicari menggunakan *trial* dan *error* untuk menentukan model pengolahan terbaik. Penggunaan *hidden layer* yang akan diuji coba terdapat 11 model uji dengan variasi unit pengolahan pada *hidden layer* yang terdiri dari 2 hingga 12 unit pengolahan. *Output layer* merupakan unit keluaran bagi jaringan syaraf tiruan. Pada penelitian ini *output layer* berisi 24 unit keluaran berupa penggunaan beban untuk keesokan harinya (X_1+1).

4.4 Implementasi Model Jaringan Syaraf Tiruan

Selanjutnya pada implementasi jaringan syaraf tiruan dilakukan pelatihan dan pengujian model jaringan syaraf tiruan. Pada tahap pelatihan dilakukan pelatihan data untuk mengenali pola. Pada tahap pengujian dilakukan pengujian hasil pelatihan. Pada kasus penelitian kali ini pelatihan dilakukan untuk mengenali pola beban listrik sistem Mahakam. Pada tahap pengujian dilakukan pengujian untuk menguji pola yang di dapatkan pada tahap pelatihan.

Untuk melakukan pelatihan dan pengujian model jaringan syaraf tiruan dibutuhkan fungsi pelatihan. Dalam menentukan fungsi pelatihan terbaik dilakukan uji coba menggunakan 1 *hidden layer* dengan 7 *node*. Adapun fungsi pelatihan yang akan diuji coba adalah *trainlm*, *trainoss*, *traincgb*, *traingd*, *traingdx*, *trainr*,

trainscg, *traingda*, *traingdm*, *traincgp*, *trainrp*, *trainbfg*, *trainbr*, dan *traincgf*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *epoch* sebesar 1000 dan *max_fail* sebesar 1000. Pemilihan *epochs* dan *max_fail* didasarkan kepada asumsi penulis.

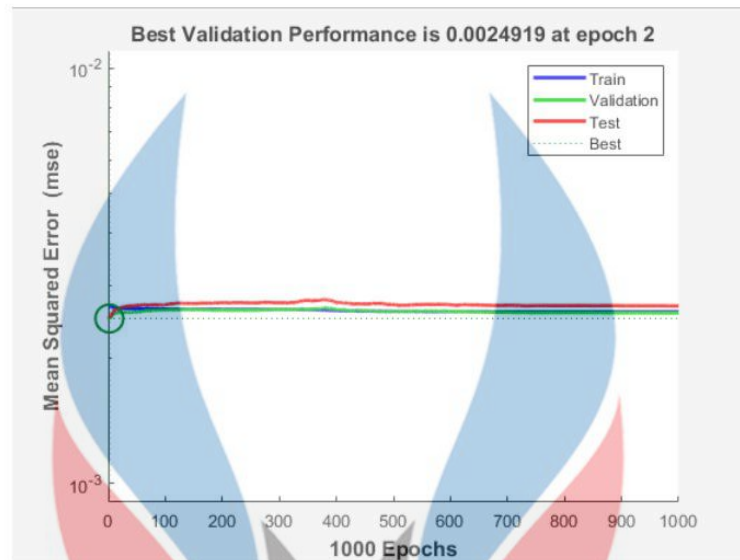
Tabel 4.6 Uji Coba Fungsi Pelatihan

| Fungsi Pelatihan | MSE | Epoch |
|------------------|-----------|-------|
| <i>Trainlm</i> | 0.0025082 | 4 |
| <i>Trainoss</i> | 0.0026815 | 981 |
| <i>Traincgb</i> | 0.0026761 | 276 |
| <i>Traingd</i> | 0.019535 | 1000 |
| <i>Traingdx</i> | 0.0029555 | 992 |
| <i>Trainr</i> | 0.0028157 | 987 |
| <i>Trainscg</i> | 0.0026613 | 571 |
| <i>Traingda</i> | 0.0024577 | 162 |
| <i>Traingdm</i> | 0.0416 | 157 |
| <i>Traincgp</i> | 0.0026145 | 163 |
| <i>Trainrp</i> | 0.002975 | 151 |
| <i>Trainbfg</i> | 0.0026186 | 986 |
| <i>Trainbr</i> | 0.0030165 | 10 |
| <i>Traincgf</i> | 0.0023914 | 50 |

Setelah melakukan uji coba dengan beberapa fungsi pelatihan yang dapat dilihat pada tabel 4.7, Di dapatkanlah fungsi pelatihan *traincgf* sebagai fungsi pelatihan terbaik untuk penelitian ini. Hal ini dapat dilihat dari fungsi pelatihan *traincgf* yang memberikan MSE terbaik yaitu 0.0023914 pada epoch ke 50. Berdasarkan hasil uji coba diatas, digunakan fungsi pelatihan *traincgf* untuk menentukan model arsitektur terbaik untuk prediksi penggunaan beban listrik. Oleh karena itu, dengan menggunakan fungsi pelatihan *traincgf* maka didapatkan hasil pengujian training dan testing pada setiap model sebagai berikut.

1. Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 2 node pada hidden layer, dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.

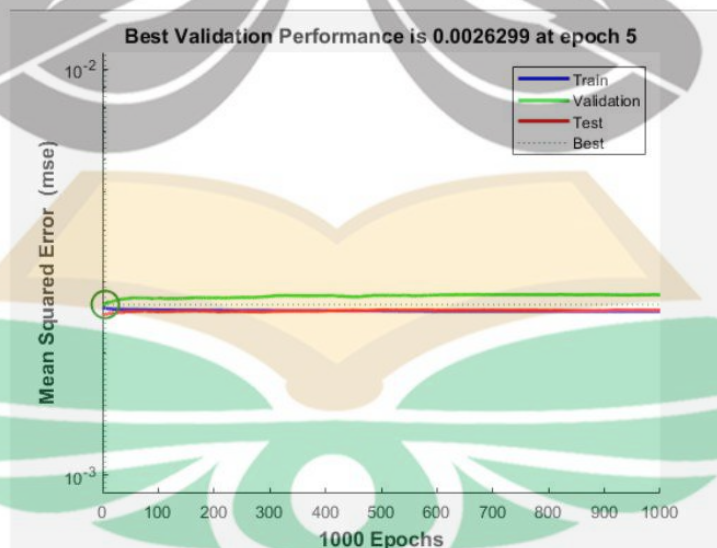


Gambar 4.3 Grafik *performance* model dengan 2 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.3 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0024919 pada epoch 2.

2. Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 2

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 3 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.

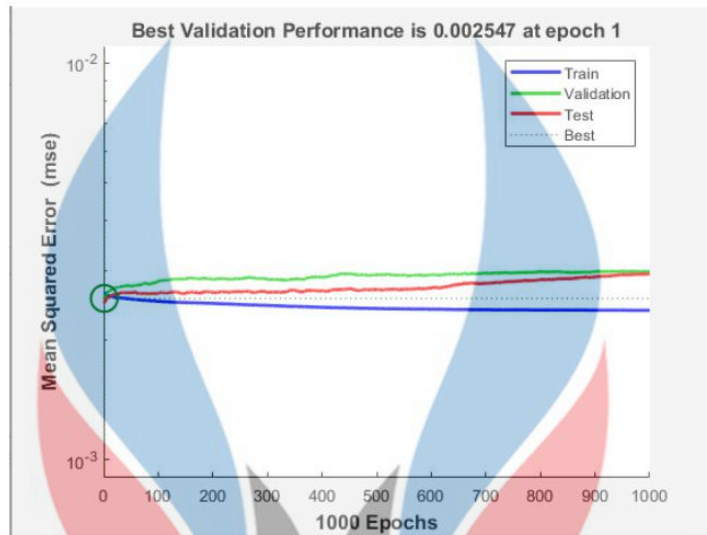


Gambar 4.4 Grafik *performance* model dengan 3 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.4 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0026299 pada epoch 5.

3. Pengujian data training dan data testing dengan model 3

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 4 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.

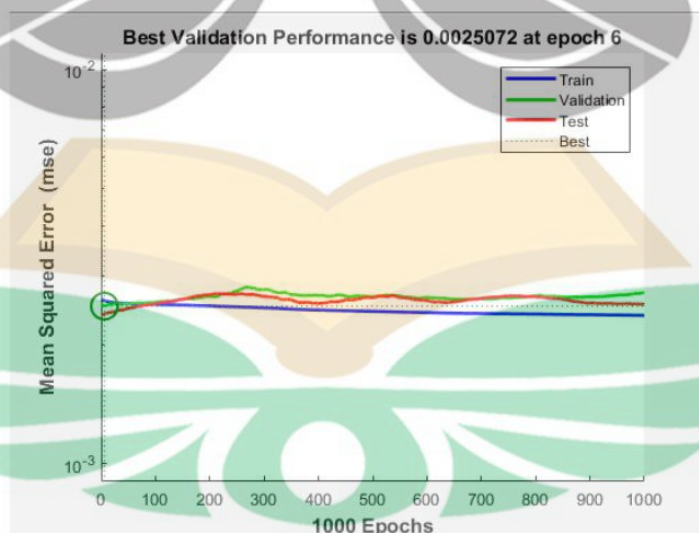


Gambar 4.5 Grafik *performance* mode dengan 4 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.5 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.002547 pada epoch 1.

4. Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 4

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 5 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini.

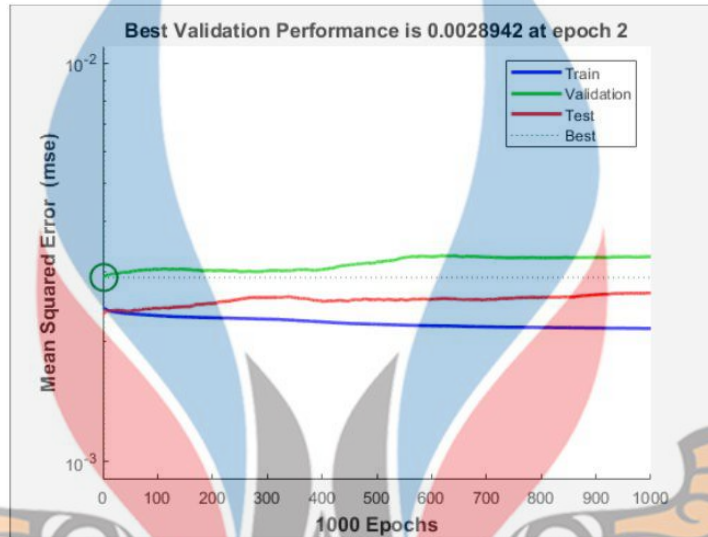


Gambar 4.6 Grafik *performance* model dengan 5 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.6 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0025072 pada epoch 6.

5. Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 5

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 6 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini.

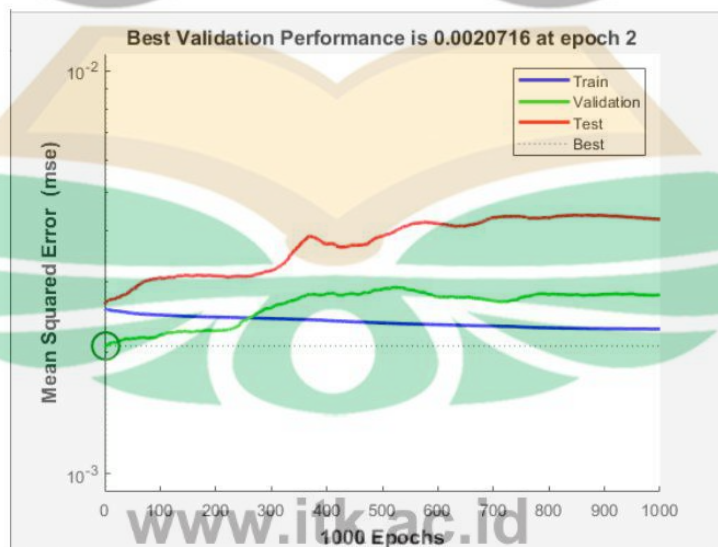


Gambar 4.7 Grafik *performance* model dengan 6 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.7 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0028942 pada epoch 2.

6. Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 6

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 7 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini.

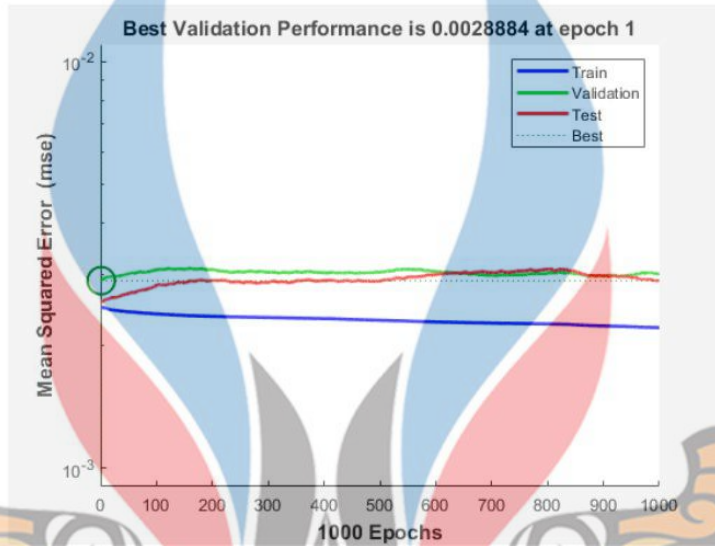


Gambar 4.8 Grafik *performance* model dengan 7 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.8 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0020716 pada epoch 2.

7. Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 7

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 8 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini.

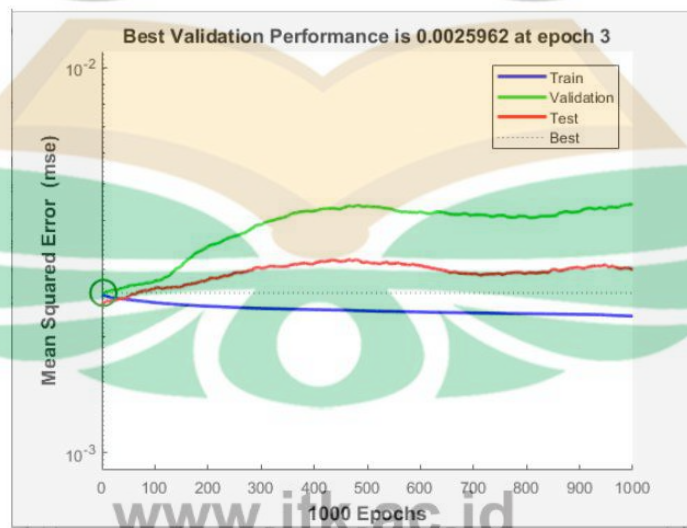


Gambar 4.9 Grafik *performance* model dengan 8 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.9 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0028884 pada epoch 1.

8. Pengujian data *training* dan data testing dengan model 8

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 9 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah ini.

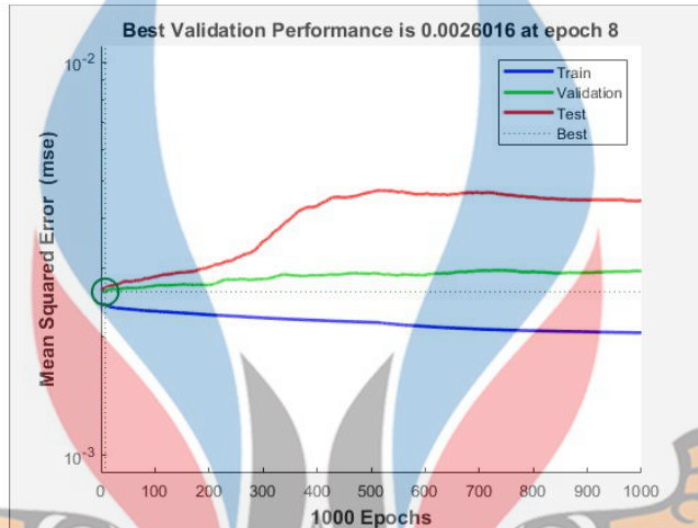


Gambar 4.10 Grafik *performance* model dengan 9 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.10 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0025962 pada epoch 3.

9. Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 9

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 10 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini.

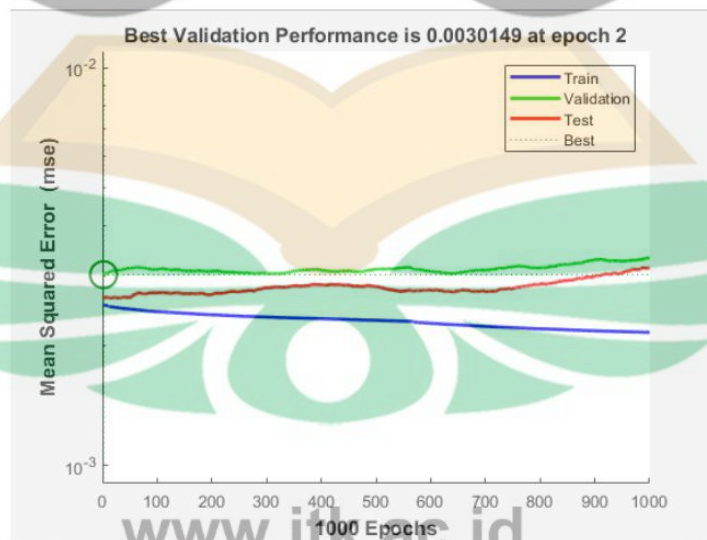


Gambar 4.11 Grafik *performance* model dengan 10 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.11 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0026016 pada epoch 8.

10. Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 10

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 11 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.12 dibawah ini.

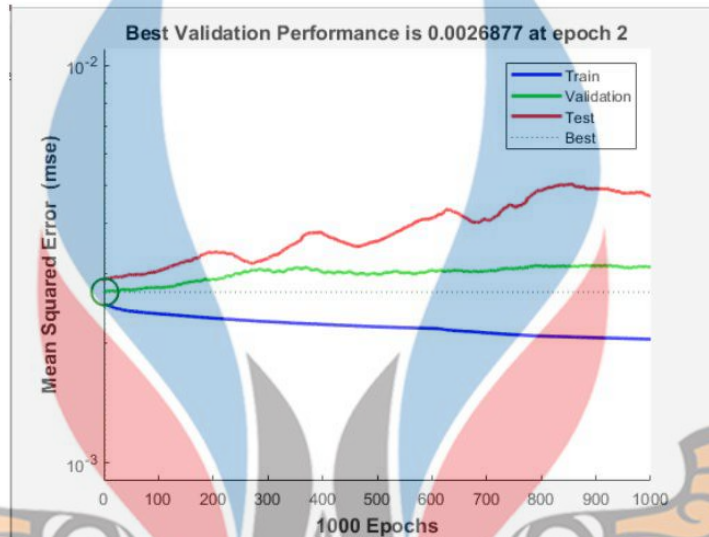


Gambar 4.12 Grafik *performance* model dengan 11 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.12 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0030149 pada epoch 2.

11. Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 11

Pengujian data *training* dan data *testing* dengan model 1 dengan menggunakan 12 node pada *hidden layer*, dapat dilihat pada gambar 4.13 dibawah ini.



Gambar 4.13 Grafik *performance* model dengan 12 node dalam *hidden layer*

Berdasarkan gambar 4.13 didapatkan validasi performa terbaik sebesar 0.0026877 pada epoch 2.

Berdasarkan hasil pengujian data *training* dan *testing* pada setiap model didapatkan hasil pada tahap pelatihan berupa pola yang dapat dilihat pada grafik 4.3 sampai grafik 4.13 dimana garis berwarna biru menyatakan hasil pelatihan, garis berwarna hijau menyatakan hasil validasi, garis berwarna merah menyatakan hasil pengujian dan garis putus-putus menyatakan hasil prediksi terbaik. Dimana dari hasil pola pada grafik semakin berdekatan dan semakin selaras satu sama lain maka menyatakan semakin baik hasil pelatihan dan pengujian. Dapat dilihat pada setiap grafik, gambar grafik 4.3 pada model 1 merupakan model yang memberikan hasil grafik yang paling baik.

Dari hasil pengujian data *training* dan *testing* dapat dihasilkan performa validasi terbaik. Hasil validasi dapat dikatakan paling baik apabila bernilai paling kecil. Berdasarkan hasil diatas dapat diketahui pada grafik 4.3 pada model 1 menunjukkan hasil performa validasi terbaik yang memiliki nilai paling kecil, yaitu sebesar 0.0024919 pada epoch 2.

4.5 Evaluasi Performa Model Prediksi

Setelah dilakukan pelatihan dan pengujian pada model uji maka dilakukanlah evaluasi performa model prediksi. Evaluasi dilakukan untuk menentukan pola terbaik yang akan digunakan untuk memprediksi penggunaan beban listrik. Pada penelitian ini, MSE (*Mean Square Error*) akan digunakan untuk mengevaluasi performa model prediksi. MSE akan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^0 e_k^2 = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^0 (t_k - a_k)$$

Dengan menggunakan rumus diatas didapatkanlah hasil evaluasi dari parameter perhitungan *error* yaitu MSE untuk data training dan data testing.

Tabel 4.7 Hasil Evaluasi Performa Model Prediksi

| Model | Node | Training | Testing | Rata-rata Training | Rata-rata Testing | Total Rata-rata |
|-------|------|----------|----------|--------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 2 | 0.002616 | 0.004242 | 0.03681 | 0.050035 | 0.02343 |
| 2 | 3 | 0.002572 | 0.005008 | 0.03633 | 0.054913 | 0.02471 |
| 3 | 4 | 0.002594 | 0.005033 | 0.03637 | 0.055329 | 0.02483 |
| 4 | 5 | 0.00255 | 0.006039 | 0.03608 | 0.059874 | 0.02614 |
| 5 | 6 | 0.002482 | 0.007929 | 0.03562 | 0.065365 | 0.02785 |
| 6 | 7 | 0.0025 | 0.004735 | 0.03577 | 0.053472 | 0.02412 |
| 7 | 8 | 0.002558 | 0.005123 | 0.03633 | 0.054813 | 0.02471 |
| 8 | 9 | 0.002547 | 0.005339 | 0.03623 | 0.056583 | 0.02518 |
| 9 | 10 | 0.002477 | 0.005098 | 0.03564 | 0.054703 | 0.02448 |
| 10 | 11 | 0.002619 | 0.005339 | 0.03695 | 0.056583 | 0.02537 |
| 11 | 12 | 0.002588 | 0.004635 | 0.03644 | 0.052858 | 0.02413 |

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa model 1 merupakan model dengan hasil prediksi yang paling mendekati nilai yang sebenarnya. Oleh karena itu peneliti menggunakan model 1 untuk memprediksi beban listrik Sistem Mahakam.

4.6 Peramalan Beban Listrik

Dengan menggunakan data 1 Januari 2015 – 31 Desember 2020 dan dilakukan *training* dan *testing* data. Berdasarkan hasil *training* dan *testing* data maka

didapatkan model peramalan terbaik dengan menggunakan model 1 dengan menggunakan 1 input layer dengan 24 masukan *input*, 1 *hidden layer* dengan 2 node dan 1 *output layer* dengan 24 unit keluaran. Maka didapatkanlah hasil peramalan untuk 1 Januari 2021 – 7 Januari 2021 dalam bentuk data yang telah di normalisasi (dalam bentuk *range sigmoid biner*) dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.8 Hasil Peramalan Masih Dalam Bentuk Data Normalisasi

| Variabel | Pukul | Hasil prediksi | | | | | | |
|----------|-------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 1-Jan-21 | 2-Jan-21 | 3-Jan-21 | 4-Jan-21 | 5-Jan-21 | 6-Jan-21 | 7-Jan-21 |
| X1 | 01.00 | 0.75035 | 0.74643 | 0.36495 | 0.41365 | 0.45019 | 0.48329 | 0.51584 |
| X2 | 02.00 | 0.80032 | 0.79479 | 0.36137 | 0.41521 | 0.45650 | 0.49433 | 0.53172 |
| X3 | 03.00 | 0.83037 | 0.82380 | 0.47434 | 0.51795 | 0.55127 | 0.58175 | 0.61183 |
| X4 | 04.00 | 0.67708 | 0.67117 | 0.33080 | 0.37465 | 0.40732 | 0.43678 | 0.46573 |
| X5 | 05.00 | 0.78434 | 0.78267 | 0.42398 | 0.46747 | 0.50148 | 0.53296 | 0.56418 |
| X6 | 06.00 | 0.52432 | 0.52006 | 0.27913 | 0.30485 | 0.32716 | 0.34886 | 0.37075 |
| X7 | 07.00 | 0.45960 | 0.46176 | 0.25070 | 0.27191 | 0.29125 | 0.31047 | 0.32999 |
| X8 | 08.00 | 0.72479 | 0.72710 | 0.42042 | 0.44853 | 0.47623 | 0.50458 | 0.53366 |
| X9 | 09.00 | 0.80400 | 0.80857 | 0.53893 | 0.56247 | 0.58664 | 0.61175 | 0.63763 |
| X10 | 10.00 | 0.77276 | 0.77488 | 0.49010 | 0.51484 | 0.54035 | 0.56689 | 0.59426 |
| X11 | 11.00 | 0.75406 | 0.75596 | 0.47235 | 0.49576 | 0.52097 | 0.54760 | 0.57518 |
| X12 | 12.00 | 0.43620 | 0.43733 | 0.29032 | 0.30190 | 0.31489 | 0.32878 | 0.34322 |
| X13 | 13.00 | 0.75244 | 0.75211 | 0.44534 | 0.47022 | 0.49743 | 0.52631 | 0.55625 |
| X14 | 14.00 | 0.75892 | 0.76783 | 0.49314 | 0.51274 | 0.53669 | 0.56297 | 0.59049 |
| X15 | 15.00 | 0.72610 | 0.73916 | 0.46223 | 0.48251 | 0.50674 | 0.53315 | 0.56076 |
| X16 | 16.00 | 0.73931 | 0.74915 | 0.44992 | 0.47224 | 0.49848 | 0.52695 | 0.55667 |
| X17 | 17.00 | 0.73235 | 0.74252 | 0.40385 | 0.43120 | 0.46122 | 0.49311 | 0.52620 |
| X18 | 18.00 | 0.55597 | 0.56802 | 0.33301 | 0.35070 | 0.37133 | 0.39367 | 0.41697 |
| X19 | 19.00 | 0.72949 | 0.72560 | 0.43136 | 0.45263 | 0.47833 | 0.50643 | 0.53584 |
| X20 | 20.00 | 0.73478 | 0.73394 | 0.46008 | 0.47917 | 0.50298 | 0.52925 | 0.55681 |
| X21 | 21.00 | 0.73168 | 0.73441 | 0.41680 | 0.44146 | 0.46946 | 0.49953 | 0.53082 |
| X22 | 22.00 | 0.69760 | 0.69448 | 0.51312 | 0.53058 | 0.54708 | 0.56371 | 0.58069 |
| X23 | 23.00 | 0.75930 | 0.75872 | 0.54655 | 0.56884 | 0.58843 | 0.60760 | 0.62697 |
| X24 | 00.00 | 0.77717 | 0.77666 | 0.53142 | 0.55845 | 0.58128 | 0.60324 | 0.62530 |

Table 4.8 merupakan tabel data dalam bentuk data normalisasi (dalam bentuk *range sigmoid biner*). Maka dilakukan denormalisasi untuk merubah data yang masih dalam bentuk data normalisasi (dalam bentuk *range sigmoid biner* ke nilai

sebenarnya. Dengan menggunakan rumus denormalisasi maka didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$X = \frac{(0.75035 - 0.1)(405.19 - 202.49)}{0,8} + 202.49$$

$$= 367.2741$$

Tabel 4.9 Hasil Denormalisasi

| Pukul | Hasil prediksi | | | | | | |
|-------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 Jan 2021 | 2 Jan 2021 | 3 Jan 2021 | 4 Jan 2021 | 5 Jan 2021 | 6 Jan 2021 | 7 Jan 2021 |
| 01.00 | 367.274 | 366.28 | 269.62 | 281.96 | 291.22 | 299.61 | 307.85 |
| 02.00 | 354.619 | 353.43 | 260.24 | 271.81 | 280.69 | 288.82 | 296.86 |
| 03.00 | 345.371 | 343.65 | 252.01 | 263.44 | 272.18 | 280.17 | 288.06 |
| 04.00 | 337.388 | 335.84 | 246.70 | 258.18 | 266.74 | 274.45 | 282.04 |
| 05.00 | 338.086 | 337.67 | 249.00 | 259.75 | 268.16 | 275.94 | 283.66 |
| 06.00 | 336.496 | 335.04 | 252.61 | 261.41 | 269.04 | 276.46 | 283.95 |
| 07.00 | 316.243 | 316.97 | 246.19 | 253.30 | 259.79 | 266.23 | 272.78 |
| 08.00 | 337.171 | 337.75 | 261.13 | 268.16 | 275.08 | 282.16 | 289.42 |
| 09.00 | 365.117 | 366.57 | 280.86 | 288.34 | 296.03 | 304.01 | 312.23 |
| 10.00 | 381.655 | 382.31 | 294.70 | 302.31 | 310.16 | 318.32 | 326.74 |
| 11.00 | 394.483 | 395.09 | 304.76 | 312.22 | 320.25 | 328.73 | 337.51 |
| 12.00 | 395.641 | 396.31 | 308.73 | 315.63 | 323.37 | 331.65 | 340.25 |
| 13.00 | 405.143 | 405.04 | 312.45 | 319.96 | 328.17 | 336.89 | 345.92 |
| 14.00 | 420.083 | 423.31 | 323.98 | 331.07 | 339.73 | 349.23 | 359.18 |
| 15.00 | 411.476 | 415.97 | 320.67 | 327.65 | 335.99 | 345.08 | 354.58 |
| 16.00 | 410.471 | 413.62 | 317.75 | 324.90 | 333.31 | 342.43 | 351.95 |
| 17.00 | 397.311 | 400.00 | 310.59 | 317.81 | 325.73 | 334.15 | 342.89 |
| 18.00 | 416.432 | 421.07 | 330.63 | 337.44 | 345.37 | 353.97 | 362.94 |
| 19.00 | 468.259 | 466.98 | 370.22 | 377.22 | 385.67 | 394.91 | 404.58 |
| 20.00 | 452.843 | 452.57 | 365.06 | 371.16 | 378.77 | 387.16 | 395.97 |
| 21.00 | 447.484 | 448.25 | 358.93 | 365.86 | 373.74 | 382.19 | 390.99 |
| 22.00 | 422.3 | 420.84 | 335.99 | 344.16 | 351.88 | 359.66 | 367.61 |
| 23.00 | 392.147 | 391.93 | 311.52 | 319.96 | 327.39 | 334.65 | 342.00 |
| 00.00 | 372.145 | 371.97 | 290.34 | 299.34 | 306.94 | 314.25 | 321.59 |

Berdasarkan rumus diatas, didapatkanlah hasil denormalisasi data untuk peramalan pada tanggal 1 Januari 2021 – 7 Januari 2021. Kemudian dari tabel 4.10 diatas diperoleh rata-rata beban minimum pada pukul 07.00 dan beban maksimum pada pukul 19.00 selama 7 hari.

4.7 Menentukan Rekomendasi Berdasarkan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil prediksi penggunaan beban listrik Sistem Mahakam didapatkanlah hasil peramalan selama tujuh hari kedepan berdasarkan data beban listrik Sistem Mahakam 2015-2020. Dari hasil prediksi tersebut dilakukan penentuan rekomendasi yang akan dibarikan kepada PLN UP3B Kalimantan. Adapun rekomendasi yang dapat diberikan ialah sebagai berikut.

1. Model ini dapat digunakan untuk memprediksi beban listrik harian, sehingga PLN UP3B dapat menyediakan kebutuhan beban listrik minimal berdasarkan beban maksimal dari hasil prediksi harian selama tujuh hari kedepan. Sebagai contoh PLN UP3B dapat menyediakan listrik harian sebesar 468.2589 MW pada tanggal 1 Januari 2021, 466.98 MW pada 2 Januari 2021, 370.22 MW pada 3 Januari 2021, 377.22 pada 4 Januari 2021, 385.67 MW pada 5 Januari, 394.91 MW pada 6 Januari 2021 dan 7 Januari 2021, dengan mempertimbangkan rata-rata *error* sebesar 0.02343 atau beban sebesar 169.1775 MW untuk meminimalisir kesalahan.
2. PLN dapat menggunakan hasil peramalan beban harian atau mingguan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan proses penjadwalan mesin pembangkit listrik.