

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pelatihan Jaringan

Proses pelatihan jaringan saraf tiruan *backpropagation* dengan menggunakan beberapa kali percobaan dan 5 model percobaan. Pelatihan jaringan saraf tiruan *backpropagation* membutuhkan beberapa parameter yaitu jumlah *epoch* 1000, jumlah *learning rate* 0,001, dan jumlah *max fail* 1000. Perubahan parameter yang dilakukan saat pelatihan yaitu, jumlah *neurons*, dengan 8 *neurons*, 16 *neurons*, 24 *neurons*, 32 *neurons* dan 40 *neurons*.

Sebelum melakukan pelatihan jaringan, yaitu data yang telah didapat di normalisasi data terlebih dahulu. Pelatihan data dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan jaringan terbaik dengan menentukan parameter untuk mendapatkan hasil *error* terkecil. Semakin kecil nilai MAPE maka semakin baik kinerja jaringan saraf tiruan dengan algoritma *backpropagation*. Berikut ini merupakan data input yang digunakan dalam proses penelitian ini terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Latih

Tahun	2016	2017	2018	2019	2020	2021
X1	24.054.820	26.452.445	28.980.866	31.602.577	31.586.332	33.347.121
X2	665.004	666.600	677.804	688.603	692.101	704.618
X3	119.485	212.387	225.219	237.265	247.875	258.853
X4	14.734	16.533	18.628	20.276	20.947	21.449
X5	42	43	46	48	55	61
X6	5.009	5.400	5.883	6.243	6.497	6.696
X7	975	1.046	1.138	1.197	1.230	1.272
X8	15	31	70	131	267	269
Target	505.547.34	516.045.91	539.978.49	579.629.00	619.667.12	634.364.94

Pada Tabel 4.1 data latih yang digunakan untuk pelatihan yaitu jumlah PDRB (X1), jumlah penduduk (X2), jumlah pelanggan sektor rumah tangga (X3), jumlah pelanggan sektor bisnis (X4), jumlah pelanggan sektor industri (X5), jumlah pelanggan sektor pemerintah (X6), jumlah pelanggan sektor multiguna (X7) dan jumlah energi listrik (X8) dari tahun 2016 s.d. 2021. Selanjutnya proses pelatihan

dengan melakukan normalisasi data. Hasil normalisasi data latih ditunjukkan pada Tabel 4.2

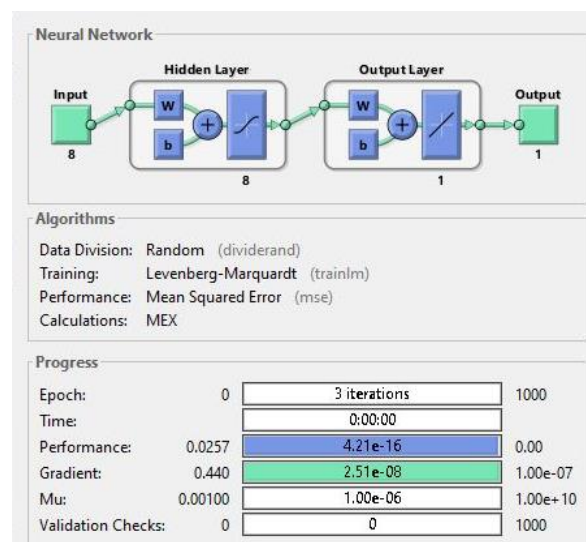
Tabel 4.2 Data Latih Normalisasi

Tahun	2016	2017	2018	2019	2020	2021
X1	-1	-0,48395	0,060242	0,624518	0,621022	1
X2	-1	-0,91942	-0,35376	0,191447	0,368052	1
X3	-1	-0,56536	-0,13307	0,27274	0,630171	1
X4	-1	-0,46418	0,159792	0,650633	0,850484	1
X5	-1	-0,89474	-0,57895	-0,36842	0,368421	1
X6	-1	-0,53646	0,036159	0,462952	0,764078	1
X7	-1	-0,52189	0,097643	0,494949	0,717172	1
X8	-1	-0,87402	-0,56693	-0,08661	0,984252	1
Target	-1	-0,837	-0,46543	0,150179	0,771804	1

Tabel 4.2 menunjukkan hasil normalisasi data input dan target. normalisasi data dilakukan karena rentang nilai input yang tidak. Oleh karena itu, data harus disesuaikan agar dapat diproses untuk mendapatkan nilai normalisasi yang kecil. Setelah data dinormalisasi kemudian data ditranspose. Langkah selanjutnya adalah memasukan data-data yang ada untuk dilakukan proses pelatihan jaringan.

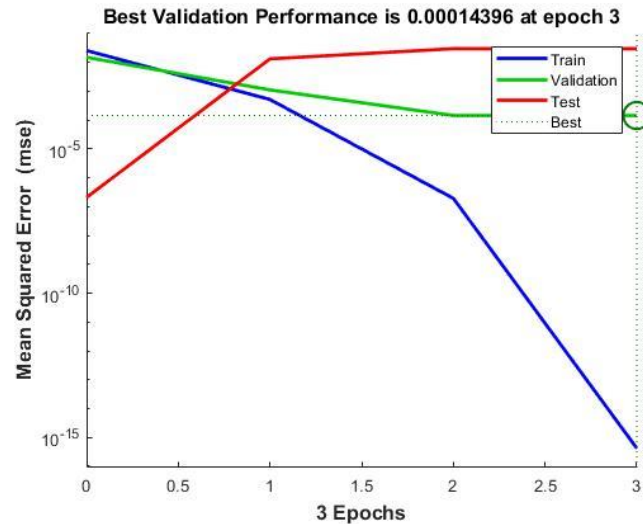
4.1.1. Pelatihan 1

Data latih menggunakan 2 layer yaitu, 1 output layer dengan 8 neuron pada hidden layer menggunakan 1000 epoch, 1000 max fail, 0.001 learning rate dan laju pembelajaran menggunakan *trainlm* ditampilkan pada Gambar 4.1.



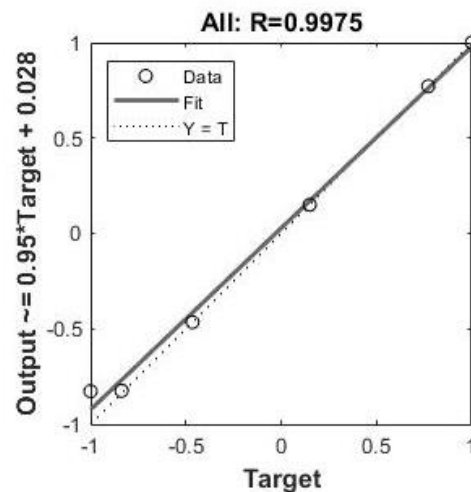
Gambar 4.1 Hasil Model JST 8 Neuron Percobaan 1

Berdasarkan pada Gambar 4.1 menunjukkan hasil *training* berhenti pada 3 iterasi dalam waktu 0 detik. Hasil grafik *performace* ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik *Performace* Data *Training* 8 Neuron Percobaan 1

Pada Gambar 4.2 merupakan hasil tampilan grafik proses *training* terbaik dengan menghasilkan *best validation performance* 0,00014396 yang di peroleh pada *epoch* ke 3. Hasil *plot regression* ditampilkan pada Gambar 4.3.

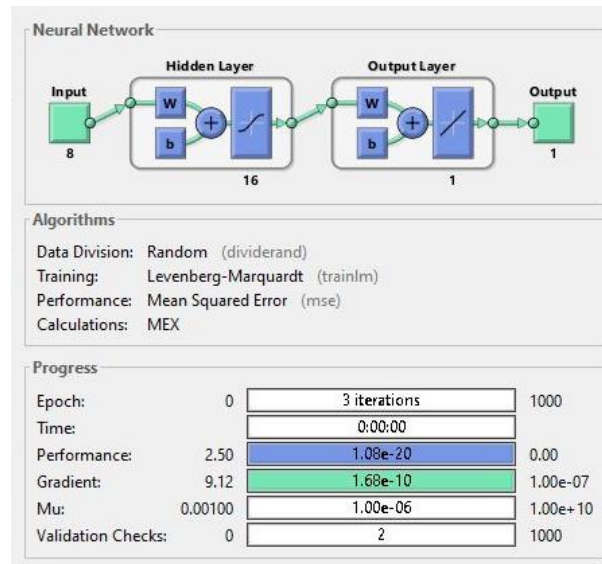


Gambar 4.3 Grafik *Plot Regression* 8 Neuron Percobaan 1

Pada Gambar 4.3 merupakan hasil tampilan grafik regresi yang menunjukkan hasil 0,9975. Sehingga nilai regresi yang diperoleh sudah baik karena nilainya mendekati 1.

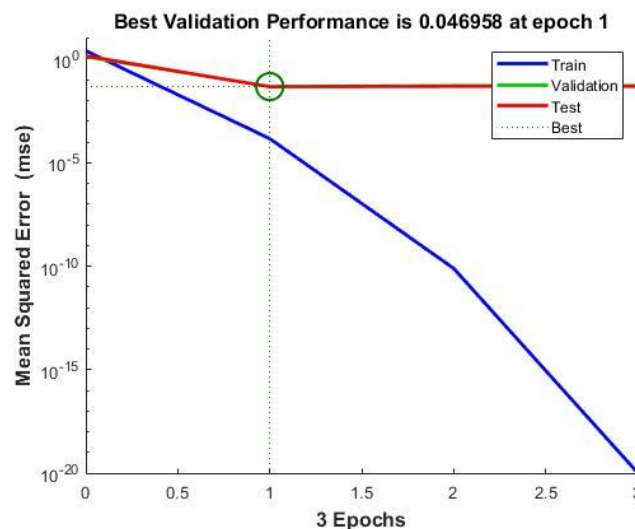
4.1.2. Pelatihan 2

Data latih menggunakan 2 *layer* yaitu, 1 *output layer* dengan 16 *neuron* pada *hidden layer* menggunakan 1000 *epoch*, 1000 *max fail*, 0.001 *learning rate* dan laju pembelajaran menggunakan *trainlm* ditampilkan pada Gambar 4.4.



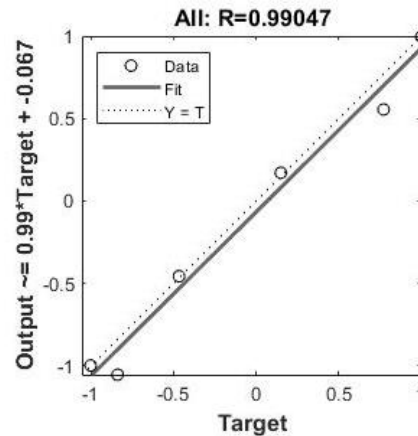
Gambar 4.4 Hasil Model JST 16 *Neuron* Percobaan 2

Pada Gambar 4.4 menunjukkan hasil *training* berhenti pada 3 iterasi dalam waktu 0 detik. Hasil grafik *performace* ditampilkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik *Performance* Data *Training* 16 *Neuron* Percobaan 2

Pada Gambar 4.5 merupakan hasil tampilan grafik proses *training* terbaik dengan menghasilkan *Best Validation Performance* 0,046958 yang di peroleh pada *epoch* ke 1. Hasil *plot regression* ditampilkan pada Gambar 4.6.

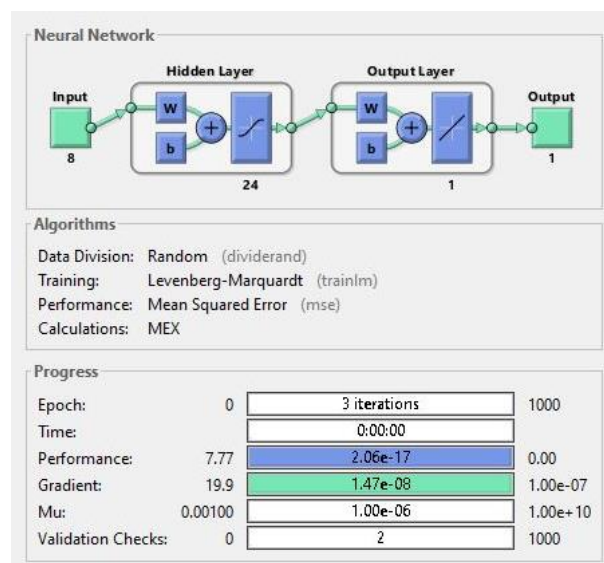


Gambar 4.6 Grafik *Plot Regression 16 Neuron* Percobaan 2

Pada Gambar 4.6 merupakan hasil tampilan grafik regresi yang menunjukan hasil 0,99047. Sehingga nilai regresi yang diperoleh sudah baik karena nilainya mendekati 1.

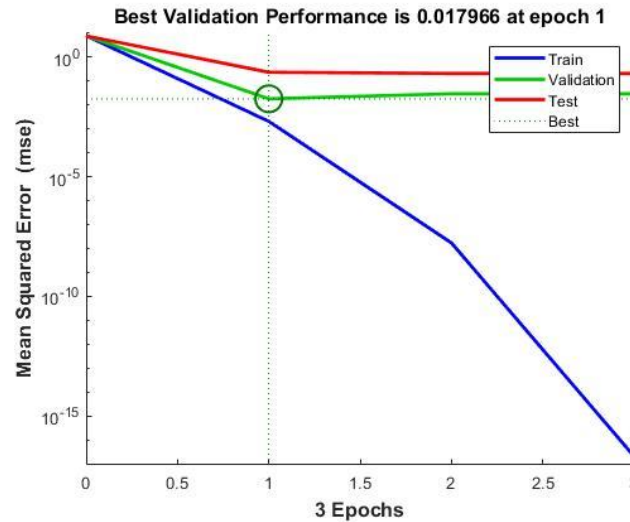
4.1.3. Pelatihan 3

Data latih menggunakan 2 *layer* yaitu, 1 *output layer* dengan 24 neuron pada *hidden layer* menggunakan 1000 *epoch*, 1000 *max fail*, 0.001 *learning rate* dan laju pembelajaran menggunakan *trainlm* ditampilkan pada Gambar 4.7.



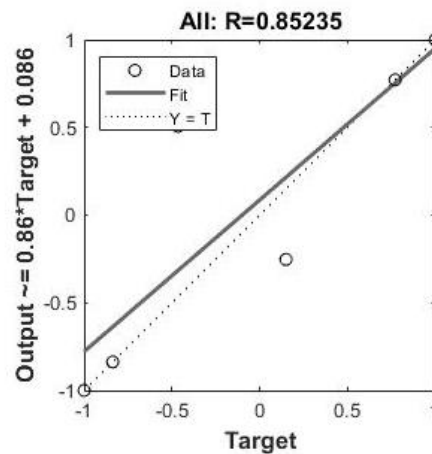
Gambar 4.7 Hasil Model JST 24 *Neuron* Percobaan 3

Pada Gambar 4.7 menunjukkan hasil *training* berhenti pada 3 iterasi dalam waktu 0 detik. Hasil grafik *performace* ditampilkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik *Performance Data Training 24 Neuron Percobaan 3*

Pada Gambar 4.8 merupakan hasil tampilan grafik proses *training* terbaik dengan menghasilkan *Best Validation Performance* 0.017966 yang di peroleh pada *epoch* ke 1. Hasil *plot regression* ditampilkan pada Gambar 4.9.

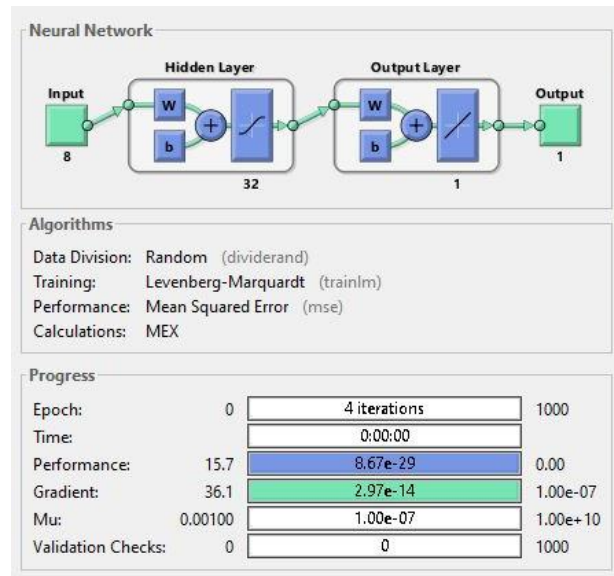


Gambar 4.9 Grafik *Plot Regression 24 Neuron Percobaan 3*

Pada Gambar 4.9 merupakan hasil tampilan grafik regresi. Dari gambar 4.9 menunjukan hasil 0,85235. Sehingga nilai regresi yang diperoleh sudah baik karena nilainya mendekati 1.

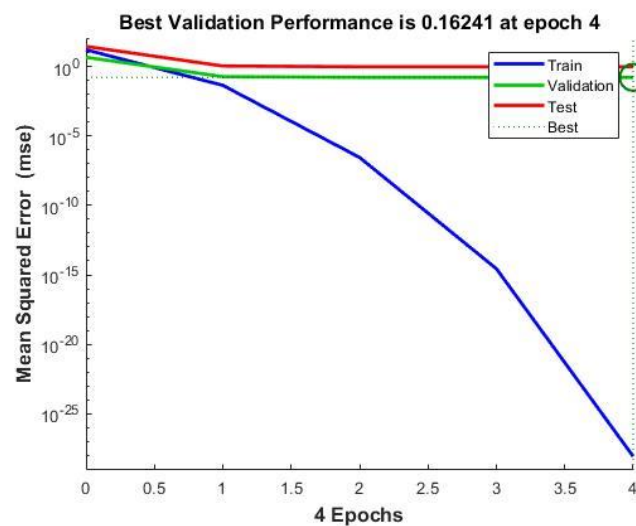
4.1.4. Pelatihan 4

Data latih menggunakan 2 layer yaitu, 1 output layer dengan 32 neuron pada hidden layer menggunakan 1000 epoch, 1000 max fail, 0.001 learning rate dan laju pembelajaran menggunakan *trainlm* ditampilkan pada Gambar 4.10.



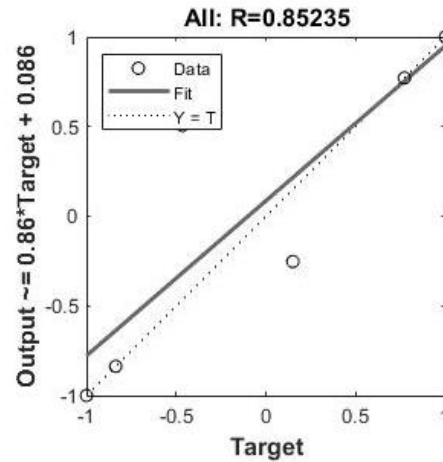
Gambar 4.10 Hasil Model JST 32 Neuron Percobaan 4

Pada Gambar 4.10 menunjukkan hasil *training* berhenti pada 4 iterasi dalam waktu 0 detik. Hasil grafik *performace* ditampilkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Performance Data Training 32 Neuron Percobaan 4

Pada Gambar 4.11 merupakan hasil tampilan grafik proses *training* terbaik dengan menghasilkan *Best Validation Performance* 0,16241 yang di peroleh pada *epoch* ke 4. Hasil *plot regression* ditampilkan pada Gambar 4.12.

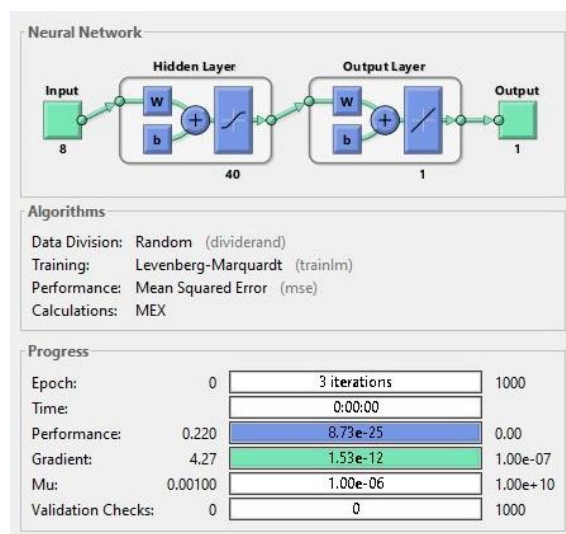


Gambar 4.12 Grafik *Plot Regression* 32 *Neuron* Percobaan 4

Pada Gambar 4.12 merupakan hasil tampilan grafik regresi yang menunjukan hasil 0,85235. Sehingga nilai regresi yang diperoleh sudah baik karena nilainya mendekati 1.

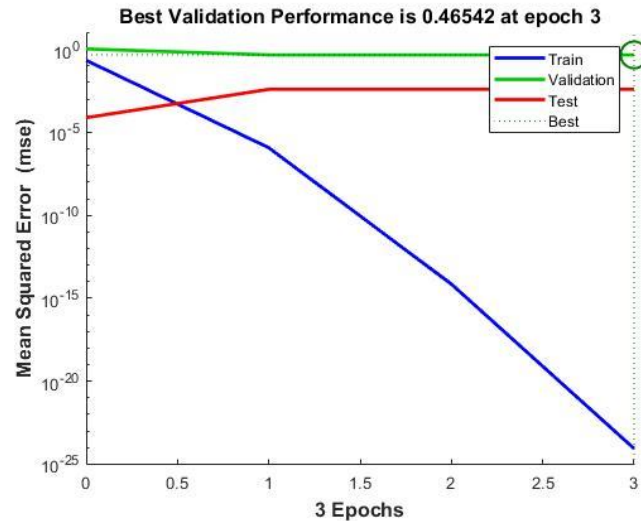
4.1.5. Pelatihan 5

Data latih menggunakan 2 *layer* yaitu, 1 *output layer* dengan 40 *neuron* pada *hidden layer* menggunakan 1000 *epoch*, 1000 *max fail*, 0.001 *learning rate* dan laju pembelajaran menggunakan *trainlm* ditampilkan pada Gambar 4.13.



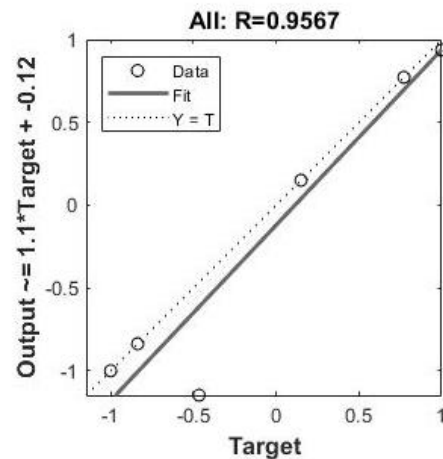
Gambar 4.13 Hasil Model JST 40 *Neuron* Percobaan 5

Pada Gambar 4.13 menunjukkan hasil *training* berhenti pada 3 iterasi dalam waktu 0 detik. Hasil grafik *performace* ditampilkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik *Performance Data Training 40 Neuron Percobaan 5*

Pada Gambar 4.14 merupakan hasil tampilan grafik proses *training* terbaik dengan menghasilkan *Best Validation Performance* 0,46542 yang di peroleh pada *epoch* ke 3. Hasil *plot regression* ditampilkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik *Plot Regression 40 Neuron Percobaan 5*

Pada Gambar 4.15 merupakan hasil tampilan grafik regresi dan menunjukan hasil 0,9567. Sehingga nilai regresi yang diperoleh sudah baik karena nilainya mendekati 1.

4.1.6. Hasil *Output* Pelatihan Jaringan

Berikut merupakan hasil proses pelatihan jaringan dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil *Output* Pelatihan

Tahun	Target	8 <i>neurons</i>	16 <i>neurons</i>	24 <i>neurons</i>	32 <i>neurons</i>	40 <i>neurons</i>
2016	-1	-0,82731	-0,99644	-1,04513	-1	-1
2017	-0,837	-0,825	-1,05243	-0,70297	-0,837	-0,837
2018	-0,46543	-0,46543	-0,45532	-0,48845	0,505938	-1,14764
2019	0,150179	0,150179	0,171435	-0,33101	-0,25282	0,150179
2020	0,771804	0,771804	0,555105	0,727638	0,771804	0,771804
2021	1	1	0,996628	0,93945	1	0,937252

Pada Tabel 4.3 merupakan hasil pelatihan jaringan yang masih dalam bentuk normalisasi dan untuk merubah kebentuk aslinya maka perlu dilakukan proses denormalisasi. Berikut merupakan hasil proses denormalisasi pelatihan yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Denormalisasi Hasil Pelatihan

Target	8 <i>neurons</i>	16 <i>neurons</i>	24 <i>neurons</i>	32 <i>neurons</i>	40 <i>neurons</i>
505547344	516669863	505776458	502640412	505547344	505547344
516045912	516818721	502170109	524678995	516045912	516045912
539978498	539978498	540629609	538495680	602543025	496037899
579629003	579629002	580998045	548636060	553672363	579629003
619667128	619667130	605709801	616822469	619667128	619667128
634364947	634364945	634147760	630464988	634364947	630323415

Pada Tabel 4.4 menunjukkan hasil *output* pelatihan jaringan selanjutnya dibandingkan dengan nilai *real* dari konsumsi energi listrik pada periode tahun yang sama atau *target*. Hasil perbandingan peramalan dengan target pelatihan dengan menggunakan MSE sebagai indikator yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 MSE Hasil Pelatihan dengan Nilai Target Peramalan

Tahun	8 <i>neurons</i>	16 <i>neurons</i>	24 <i>neurons</i>	32 <i>neurons</i>	40 <i>neurons</i>
2016	0,0220	0,0004	0,0057	1,6506	1,6235
2017	0,0014	0,0268	0,0167	3,6063	3,6237
2018	3,3360	0,0012	0,0027	0,1158	0,0813
2019	2,3148	0,0023	0,0534	0,0447	2,7593
2020	2,5415	0,0225	0,0045	2,5618	2,5618
2021	2,5359	0,0003	0,0061	5,6375	0,0063
Rata-rata	0,0039	0,0089	0,0149	0,0267	0,0146

Pada Tabel 4.5 pada percobaan ke 8 *neuron* menunjukkan saat *learning rate* 0,001 nilai yang mendekati target saat menggunakan *epoch* 3000 dengan menggunakan *max fail* 1000 dan didapatkan nilai MSE terkecil 0,003916419.

4.2. Peramalan Kebutuhan Energi Listrik

Pada Peramalan Kebutuhan Energi listrik menggunakan metode JST dan metode *trend* eksponensial kemudian hasilnya dibandingkan.

4.2.1. Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Metode JST

Setelah dilakukan pelatihan, di dapat arsitektur terbaik pada percobaan 4 dengan 1 *hidden layer* 8 *neuron* menggunakan *epoch* 1000, *max fail* 500 dan *learning rate* 0.001. Tujuannya dilakukan pembelajaran jaringan diharapkan akan mendekati data target.

Tabel 4.6 Hasil Nilai *Output* Terbaik Pada Percobaan 8 *Neuron*

Tahun	Hasil Simulasi
2022	1,381627105
2023	1,73081306
2024	2,256152502
2025	2,785297689
2026	3,438080642
2027	3,853999034

Pada Tabel 4.6 dapat di lihat hasil nilai *output* data pengujian perkiraan kebutuhan energi listrik untuk tahun 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, dan 2027. Setelah itu, di dapatkan nilai MSE terkecil. Hasil *output* masih dalam bentuk normalisasi. Maka dari itu diperlukan denormalisasi untuk mengubah ke bentuk angka desimal dengan satuan kWh.

Denormalisasi mengacu pada rumus yang digunakan untuk normalisasi data sebelumnya sehingga asumsi data maksimal (X_{max}) dan data minimal (X_{min}) data yang digunakan sama pada proses denormalisasi konsumsi energi listrik. Berikut merupakan tabel hasil prakiraan konsumsi energi listrik Kota Serang dengan metode JST tahun 2022 s.d. 2027 yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perkiraan Energi Listrik Tahun 2022 s.d. 2027

Tahun	Kebutuhan energi listrik (kWh)
2022	658.945.091
2023	681.435.740
2024	715.272.224
2025	749.353.831
2026	791.398.799
2027	818.187.604

Pada Tabel 4.7 menunjukkan hasil prakiraan kebutuhan energi listrik Kota Serang dengan metode JST *backpropagation*. Pada hasil prakiraan dengan metode JST *backpropagation* konsumsi energi listrik Kota Serang diperkirakan akan mengalami kenaikan dari 658.94 GWH pada tahun 2022 menjadi 818.18 GWH pada tahun 2027.

4.2.2. Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Metode *Trend*

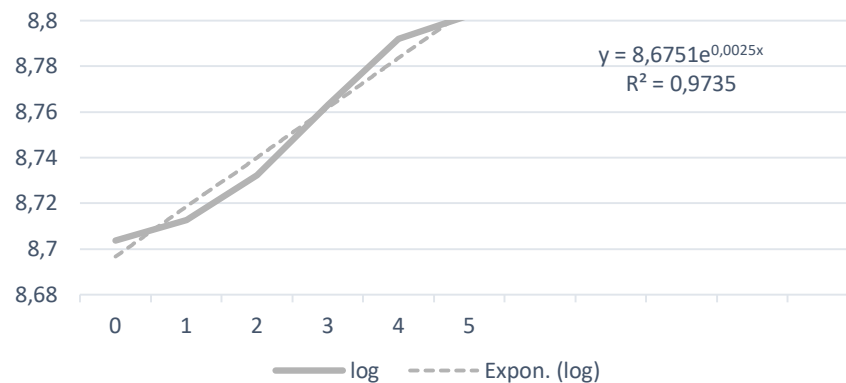
Pada penelitian ini digunakan juga metode lain yaitu metode *trend* eksponensial untuk meramalkan beban listrik yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil peramalan menggunakan metode arsitektur JST *Backpropagation*. Berikut ini persamaan metode *trend* eksponensial yang terdapat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Persamaan Regresi Model Eksponensial Penjualan Energi Listrik

Model Regresi	Gradient	Koefisien Determinasi
Eksponensial	$Y = 8,6751e^{0,0052x}$	0,09736

Dapat diketahui pada Tabel 4.8 bahwa model eksponensial persamaan regresi untuk meramalkan kebutuhan energi listrik pada tahun 2022-2027 dengan *gradient* regresi: $Y = 8,6751e^{0,0052x}$

Kurva yang dihasilkan sebagai berikut:



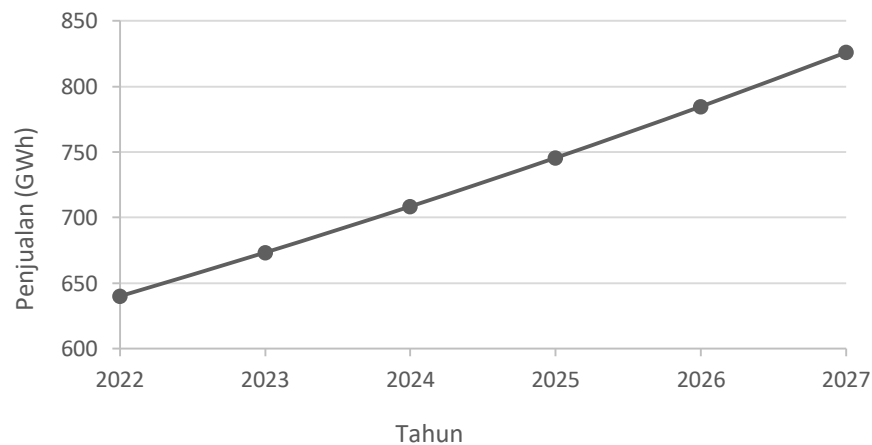
Gambar 4.16 Kurva Model *Trend* Eksponensial Penjualan Energi Listrik

Pada Gambar 4.16 merupakan bentuk kurva model *trend* eksponensial untuk meramalkan kebutuhan energi listrik. Berikut merupakan tabel hasil prakiraan konsumsi energi listrik Kota Serang dengan metode *trend* eksponensial tahun 2022 s.d. 2027 yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Peramalan Menggunakan Metode *Trend* Eksponensial

Tahun	Penjualan (kWh)
2022	640040339
2023	673364796
2024	708514340
2025	745593643
2026	784713640
2027	825991920

Berdasarkan data pada Tabel 4.9 dapat ditentukan grafik penjualan energi listrik yang ditunjukkan pada Gambar 4.17



Gambar 4.17 Grafik Penjualan Energi Listrik 2022 s.d. 2027

Dapat dilihat pada Gambar 4.17 merupakan hasil dari simulasi peramalan penjualan energi listrik Kota Serang untuk tahun 2022 s.d. 2027 mengalami peningkatan setiap tahunnya. Secara keseluruhan, prediksi untuk total penjualan energi listrik Kota Serang pada tahun 2022 sebesar 640.040.339 kWh atau 640 GWh. Pada tahun 2027 meningkat menjadi 825.991.920 kWh atau 825 GWh.

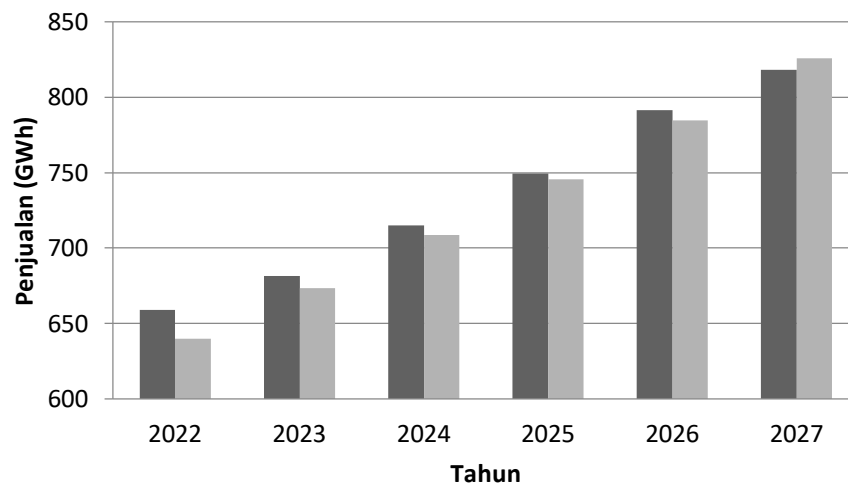
4.2.3. Hasil Perbandingan Peramalan Kebutuhan Energi Listrik

Setelah proses peramalan dilakukan, kemudian dilakukan perbandingan terhadap *Trend* Eksponensial. Hal ini bertujuan untuk mengukur kemampuan model dalam melakukan peramalan. Berikut ini untuk mengukur keakuratan jaringan yang digunakan dengan MAPE pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Nilai MAPE JST Dengan *Trend*

Tahun	Kebutuhan energi listrik (GWh)		MAPE %
	JST	Trend	
2022	658,94	640,04	0,028682429
2023	681,43	673,36	0,011842742
2024	715,27	708,51	0,009450977
2025	749,35	745,59	0,005017682
2026	791,39	784,71	0,008440845
2027	818,18	825,99	0,009545577
Rata-rata MAPE			0,012163375

Tabel 4.10 merupakan tabel yang menunjukkan perbandingan presentase error menggunakan indikator MAPE antara prakiraan kebutuhan energi listrik Kota Serang menggunakan metode JST terhadap *trend* eksponensial dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2027. Berdasarkan Tabel 4.10 diketahui bahwa kesalahan rata-rata prakiraan dengan menggunakan metode JST terhadap *trend* eksponensial sebesar 0,012%. Berdasarkan data pada Tabel 4.10 dapat ditentukan grafik perbandingan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Grafik perbandingan konsumsi energi listrik 2022 s.d. 2027

Perbandingan antara peramalan menggunakan metode *trend* eksponensial terhadap hasil peramalan menggunakan jaringan saraf tiruan menghasilkan MAPE yang cukup kecil yaitu 0,012%. Untuk MAPE terkecil terdapat pada tahun 2025 dengan MAPE sebesar 0,005%. Untuk MAPE terbesar terdapat pada tahun 2022 dengan MAPE sebesar 0,029%. Secara keseluruhan, nilai MAPE pelatihan jaringan peramalan ini sebesar 0,012% masih berada dibawah standar yang ditentukan yaitu 10%, sehingga pelatihan jaringan peramalan dapat dikatakan berjalan dengan baik atau sangat akurat.

4.3. Hasil Perbandingan Peramalan Persektor

Hasil prakiraan kebutuhan energi listrik persektor di dapat dari prakiraan yang telah dilakukan secara sektoral yaitu sektor rumah tangga, sektor bisnis, sektor sosial, sektor industri, sektor pemerintahan dan sektor multiguna. Berikut merupakan tabel hasil perbandingan prakiraan konsumsi energi listrik persektor Kota Serang tahun 2022 s.d. 2027 yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Perbandingan Peramalan Persektor JST dengan *trend*

Tahun	Sosial		Rumah Tangga		Bisnis	
	JST	<i>Trend</i>	JST	<i>Trend</i>	JST	<i>Trend</i>
2022	29,65	29,70	479,11	487,69	123,42	123,27
2023	31,71	31,71	512,74	512,74	130,12	130,12
2024	33,87	33,87	539,13	539,13	137,38	137,38
2025	36,04	36,18	563,48	566,96	144,71	145,06
2026	38,66	38,66	596,30	596,30	153,20	153,20
2027	41,32	41,32	627,23	627,23	161,82	161,82
Tahun	Industri		Pemerintahan		Multiguna	
	JST	<i>Trend</i>	JST	<i>Trend</i>	JST	<i>Trend</i>
2022	3,83	3,78	26,25	26,96	0,61	0,61
2023	3,98	3,98	26,54	26,54	0,74	0,74
2024	4,19	4,19	27,14	27,14	0,90	0,90
2025	4,42	4,42	27,73	27,75	1,09	1,10
2026	4,65	4,65	28,38	28,38	1,35	1,35
2027	4,90	4,90	29,02	29,02	1,66	1,66

Tabel 4.11 merupakan hasil peramalan kebutuhan energi listrik Kota Serang menggunakan metode jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan metode *trend* eksponensial. Pada tabel di atas dapat terlihat dari hasil peramalan yang telah dilakukan pada kedua metode setiap tahun kebutuhan energi listrik setiap sektor pelanggan PLN diperkirakan akan terus mengalami peningkatan dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2027.

Pada peramalan kebutuhan energi listrik menggunakan metode jaringan saraf tiruan *backpropagation* pada sektor sosial diperkirakan mengalami peningkatan sebesar 39% pada tahun 2022 sampai dengan tahun 2027. Pada sektor rumah tangga diperkirakan mengalami peningkatan sebesar 31% pada tahun 2022 sampai dengan tahun 2027. Pada sektor bisnis diperkirakan mengalami peningkatan sebesar 31% pada tahun 2022 sampai dengan 2027. Pada sektor industri diperkirakan mengalami peningkatan sebesar 28% pada tahun 2022

sampai dengan tahun 2027. Pada sektor pemerintahan diperkirakan mengalami peningkatan sebesar 11% pada tahun 2022 sampai dengan tahun 2027. Sedangkan pada sektor multiguna diperkirakan akan mengalami peningkatan sebesar 172% pada tahun 2022 sampai dengan tahun 2027.

Secara umum setiap tahun hasil prakiraan kebutuhan energi listrik pada setiap sektor akan mengalami peningkatan pada tahun 2022 sampai dengan tahun 2027. Peningkatan paling besar terjadi pada sektor multiguna sebesar 172%.