

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Arsitektur Jaringan

Penelitian ini menggunakan arsitektur *JST backpropagation multilayer*, yang melibatkan lebih dari satu lapisan dalam satu jaringan. Proses pelatihan data dilakukan beberapa kali dengan metode *trial and error*, di mana ada percobaan dengan tiga arsitektur jaringan yang berbeda. Perbedaan utamanya terletak pada jumlah *hidden layer* yang digunakan untuk mencari arsitektur terbaik dalam model yang dikembangkan.

Pada arsitektur pertama, hanya terdapat satu *hidden layer* yang memiliki lima model jaringan yang berbeda dengan jumlah *neuron* pada *hidden layer* yang berbeda pula, yaitu 6, 12, 18, 24, dan 30 *neuron*. Berikut ini adalah hasil dari pelatihan arsitektur jaringan dengan satu *hidden layer* yang akan ditampilkan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Arsitektur Jaringan Menggunakan Satu *Hidden Layer*

Jumlah Neuron	Epoch	Regresi	MSE	Time (s)
6 Neuron	7	0,99859	0,000505	4,9
12 Neuron	4	0,99943	0,000215	4,86
18 Neuron	4	0,99078	0,003308	4,93
24 Neuron	4	0,99997	0,000017	5,37
30 Neuron	3	0,99996	0,000013	4,71
Average	4,4	0,997746	0,000812	4,954

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat untuk rata-rata *epoch* model arsitektur menggunakan satu *hidden layer* diperoleh rata-rata 4,4 *epoch*. Rata-rata nilai regresi yang diperoleh oleh model arsitektur dengan menggunakan satu *hidden layer* adalah 0,997746 karna nilai regresi mendekati 1 dapat dikatakan baik. Rata-rata nilai MSE model arsitektur dengan menggunakan satu *hidden layer* yaitu sebesar 0,000812. Rata-rata waktu komputasi yang didapat model arsitektur dengan menggunakan satu *hidden layer* yaitu sebesar 4,9528 detik.

Arsitektur ke-2 menggunakan 3 *hidden layer* dimana terdapat 5 model jaringan yang berbeda dan setiap model pada *hidden layer* pertama dan kedua memiliki jumlah *neuron* yang sama, jumlah *neuron* yang digunakan yaitu 6, 12,

18, 24 dan 30 *neuron*. Berikut merupakan hasil pelatihan arsitektur jaringan dengan 2 *hidden layer* yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Arsitektur Jaringan Menggunakan Dua *Hidden Layer*

Jumlah Neuron	Epoch	Regresi	MSE	Time (s)
6 Neuron	8	0,99146	0,002981	4,52
12 Neuron	4	0,99137	0,003282	4,65
18 Neuron	4	0,99956	0,00015	4,61
24 Neuron	3	0,99067	0,003316	6,31
30 Neuron	3	0,99922	0,000417	4,68
Average	4,4	0,9944	0,002	4,9534

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat untuk rata-rata *epoch* model arsitektur menggunakan dua *hidden layer* diperoleh rata-rata 4,4 *epoch*. Rata-rata nilai regresi yang diperoleh oleh model arsitektur dengan menggunakan dua *hidden layer* adalah 0,9944 karna nilai regresi mendekati 1 dapat dikatakan baik. Rata-rata nilai MSE model arsitektur dengan menggunakan dua *hidden layer* yaitu sebesar 0,002. Rata-rata waktu komputasi yang didapat model arsitektur dengan menggunakan dua *hidden layer* yaitu sebesar 4,9534 detik.

Arsitektur ke-3 menggunakan 3 *hidden layer* dimana terdapat 5 model jaringan yang berbeda dan setiap model pada *hidden layer* pertama, kedua dan ketiga memiliki jumlah *neuron* yang sama, jumlah *neuron* yang digunakan yaitu 6, 12, 18, 24 dan 30 *neuron*. Berikut merupakan hasil pelatihan arsitektur jaringan dengan 3 *hidden layer* yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Arsitektur Jaringan Menggunakan Tiga *Hidden Layer*

Jumlah Neuron	Epoch	Regresi	MSE	Time (s)
6 Neuron	8	0,99448	0,001883	5,56
12 Neuron	5	0,99285	0,00376	4,89
18 Neuron	4	0,99825	0,000608	4,65
24 Neuron	3	0,99182	0,003166	5,08
30 Neuron	4	0,9982	0,000611	4,85
Average	4,8	0,9951	0,002	5,0056

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat untuk rata-rata *epoch* model arsitektur menggunakan tiga *hidden layer* diperoleh rata-rata 4,8 *epoch*. Rata-rata nilai regresi yang diperoleh oleh model arsitektur dengan menggunakan tiga *hidden layer* adalah 0,9951 karna nilai regresi mendekati 1 dapat dikatakan baik. Rata-

rata nilai MSE model arsitektur dengan menggunakan tiga *hidden layer* yaitu sebesar 0,002. Rata-rata waktu komputasi yang didapat model arsitektur dengan menggunakan tiga *hidden layer* yaitu sebesar 5,0056 detik.

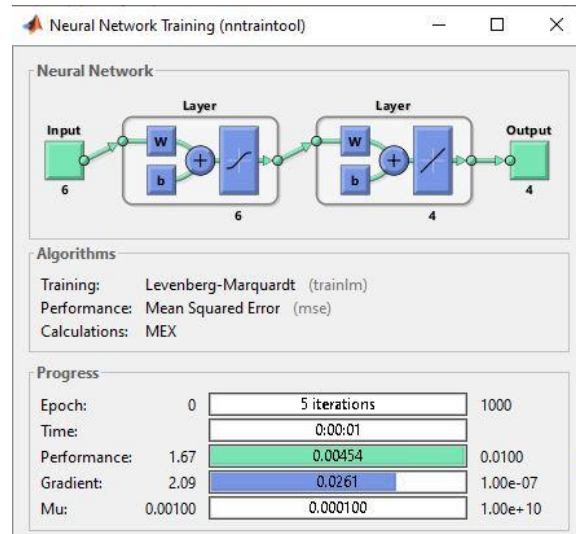
Percobaan *trial and error* yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa model arsitektur dengan menggunakan 1 *hidden layer* merupakan arsitektur terbaik yang dibandingkan dengan 2 dan 3 *hidden layer*. Model arsitektur dengan satu *hidden layer* selanjutnya dilakukan *trail and error* kembali untuk menentukan jumlah *neuron* terbaik yang digunakan.

4.2 Pelatihan Jaringan Menggunakan Satu Hidden Layer

Ada lima model arsitektur yang digunakan dalam penelitian, dan berikut adalah rincian dari masing-masing model, model arsitektur ke-1 terdiri dari 6 neuron pada input layer, 6 neuron pada hidden layer, dan 4 neuron pada output layer. Model arsitektur ke-2 terdiri dari 6 neuron pada input layer, 12 neuron pada hidden layer, dan 4 neuron pada output layer. Model arsitektur ke-3 terdiri dari 6 neuron pada input layer, 18 neuron pada hidden layer, dan 4 neuron pada output layer. Model arsitektur ke-4 terdiri dari 6 neuron pada input layer, 24 neuron pada hidden layer, dan 4 neuron pada output layer. Model arsitektur ke-5 terdiri dari 6 neuron pada input layer, 30 neuron pada hidden layer, dan 4 neuron pada output layer. Selanjutnya, hasil MAPE dari kelima model arsitektur tersebut dibandingkan untuk mengevaluasi kinerja masing-masing model dalam melakukan peramalan atau prediksi.

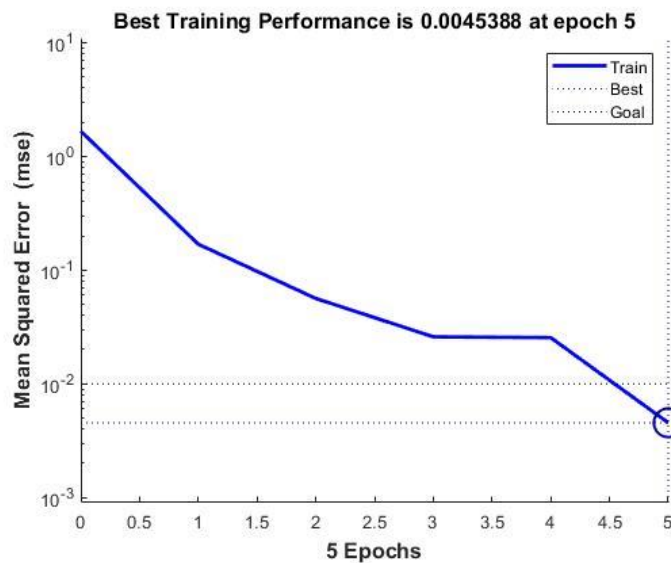
4.2.1 Pelatihan Arsitektur Jaringan Model Ke-1

Pada model pelatihan pertama, terdapat satu lapisan masukan dengan enam *neuron*, satu lapisan tersembunyi dengan enam *neuron*, dan empat *neuron* pada lapisan keluaran. Ilustrasi hasil pelatihan jaringan ini dapat dilihat pada jendela keluaran pelatihan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



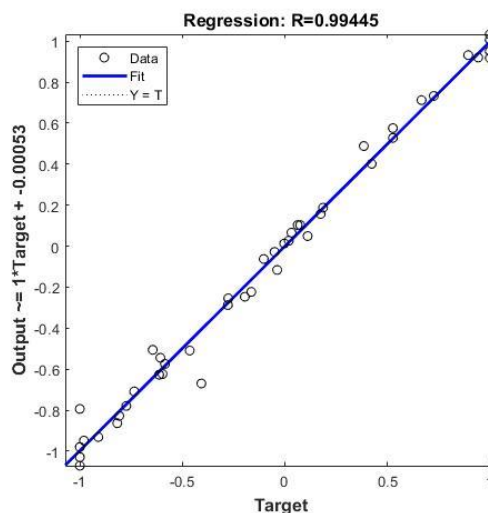
Gambar 4.1 Pelatihan Jaringan Model ke-1

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa jaringan diatur untuk maksimal dapat melakukan hingga 1000 *epoch*, namun pada percobaan yang telah dilakukan berhenti pada *epoch* ke-5 dengan durasi yang diperlukan selama 1 detik. Bentuk grafik *performance* pelatihan model arsitektur ke-1 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik *Performance* Pelatihan Jaringan Model Ke-1

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat tampilan grafik proses *training* terbaik arsitektur jaringan model ke-1 menghasilkan *best validation performance* 0,0045388 yang diperoleh pada *epoch* ke-5. Hasil *plot regression* pelatihan arsitektur jaringan ke-1 ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Plot Regression Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-1

Grafik pelatihan pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa koefisien Regresi (R) adalah sebesar 0,99445. Nilai regresi pelatihan yang mendekati 1 mengindikasikan hasil yang sangat baik. Selain itu, grafik yang mendekati garis putus-putus juga menandakan bahwa proses pelatihan berjalan dengan baik. Berikut adalah hasil keluaran dari pelatihan model pertama yang ditampilkan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-1 Normalisasi

Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	-0,80575	-0,76383	-1,04374	-0,84554
2012	-0,67548	-0,90621	-0,8589	-0,55683
2013	-1,03895	-0,04219	-0,81887	-0,24547
2014	-0,65604	-0,26261	-0,66548	-0,30576
2015	-0,35251	-0,29881	-0,60793	-0,90301
2016	-0,18361	-0,0719	-0,26501	-0,30237
2017	-0,06849	0,358467	0,146694	0,247642
2018	0,06632	0,638765	0,497668	0,993479
2019	0,449989	0,964327	0,982384	0,884421
2020	0,972415	0,942358	0,661574	-0,11743

Berdasarkan Tabel 4.4 di atas data hasil *output* pelatihan jaringan masih dalam bentuk normalisasi, sehingga perlu dilakukan proses denormalisasi menjadi bentuk aslinya. Berikut merupakan hasil denormalisasi pelatihan jaringan model ke-1 yang ditunjukkan pada Tabel 4.5

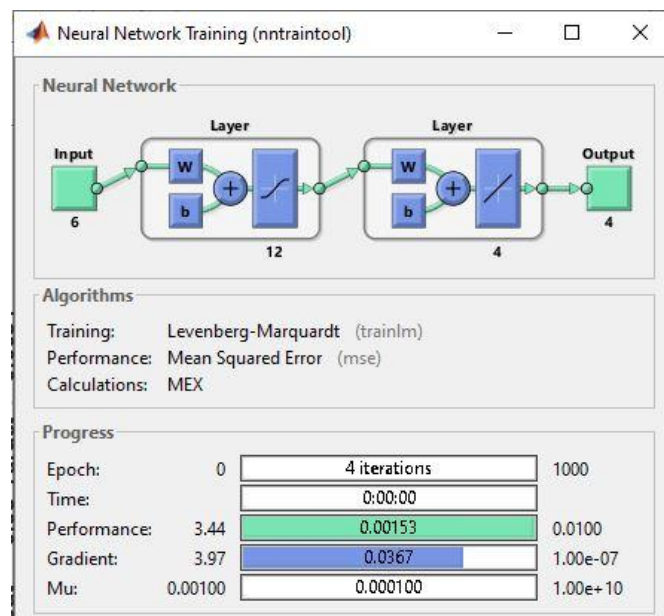
Tabel 4.5 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-1 Denormalisasi (GWh)

Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	3849,20	1893,75	400,01	11728,33
2012	3989,51	1810,10	416,96	12209,32
2013	3598,05	2317,72	420,63	12728,04
2014	4010,44	2188,21	434,70	12627,60
2015	4337,34	2166,95	439,98	11632,59
2016	4519,25	2300,26	471,43	12633,26
2017	4643,23	2553,10	509,19	13549,57
2018	4788,43	2717,77	541,39	14792,14
2019	5201,64	2909,04	585,84	14610,45
2020	5764,29	2896,14	556,42	12941,36

Berdasarkan tabel 4.5 dapat dilihat hasil pelatihan jaringan model ke-1 dengan JST *backpropagation* yang telah didenormalisasi dalam nilai sebenarnya atau dalam satuan GWh menggunakan Persamaan (3.2).

4.2.2 Pelatihan Arsitektur Jaringan Model Ke-2

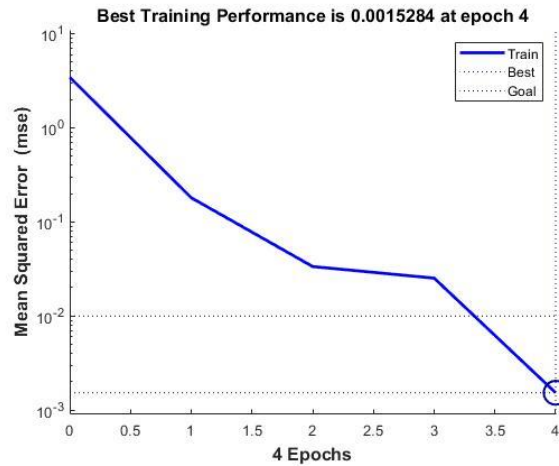
Dalam model arsitektur pelatihan ke-2, terdapat satu lapisan *input* dengan 6 *neuron*, satu lapisan tersembunyi dengan 12 *neuron*, dan 4 *neuron* pada lapisan *output*. Berikut adalah tampilan hasil pelatihan jaringan untuk model ini yang diperlihatkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pelatihan Jaringan Model Ke-2

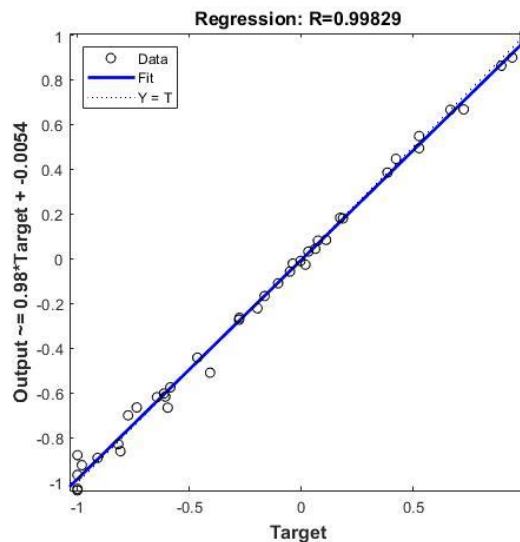
Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa jaringan diatur untuk maksimal dapat melakukan hingga 1000 *epoch*, namun pada percobaan yang telah dilakukan

berhenti pada *epoch* ke-4 dengan durasi yang diperlukan selama 0 detik. Bentuk grafik *performance* pelatihan arsitektur jaringan model ke-2 dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik *Performance* Pelatihan Jaringan Model Ke-2

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat tampilan grafik proses *training* terbaik arsitektur jaringan model ke-2 menghasilkan *best validation performance* 0,0015284 yang diperoleh pada *epoch* ke-4. Hasil *plot regression* arsitektur jaringan model ke-2 ditampilkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Plot Regression Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-2

Dari Gambar 4.6 terlihat bahwa grafik pelatihan untuk arsitektur jaringan model ke-2 memiliki nilai Regresi (R) sebesar 0,99829. Nilai Regresi yang mendekati 1

menunjukkan hasil yang sangat baik, dan grafik yang mendekati garis putus-putus juga menunjukkan bahwa pelatihan berjalan dengan lancar. Berikut adalah hasil output pelatihan untuk model jaringan ke-2 yang ditampilkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-2 Normalisasi

Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	-1,02049	-0,75725	-0,96551	-1,07016
2012	-0,73654	-1,03706	-0,85707	-0,60173
2013	-1,08581	-0,0896	-0,78279	-0,23082
2014	-0,80166	-0,17752	-0,605	-0,38757
2015	-0,31175	-0,33455	-0,60393	-0,8912
2016	-0,15499	-0,00028	-0,28293	-0,1927
2017	-0,12036	0,302343	0,074982	0,276208
2018	0,088847	0,669771	0,542291	0,982427
2019	0,431779	1,004217	1,045561	0,820441
2020	0,993858	0,919754	0,687627	-0,0738

Berdasarkan Tabel 4.6 di atas data hasil *output* pelatihan jaringan masih dalam bentuk normalisasi, sehingga perlu dilakukan proses denormalisasi menjadi bentuk aslinya. Berikut merupakan hasil denormalisasi pelatihan jaringan model ke-2 yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-2 Denormalisasi (GWh)

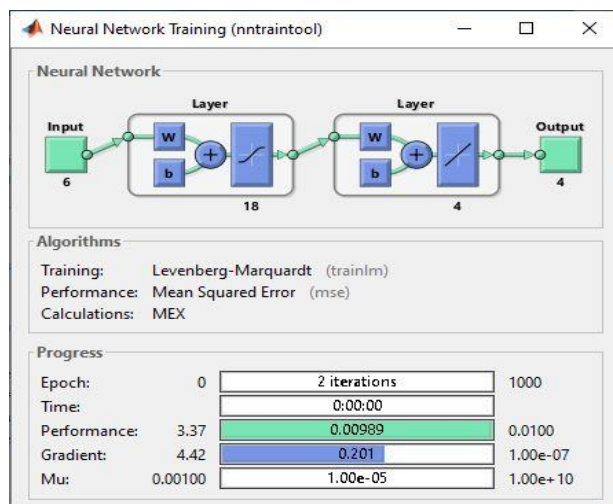
Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	3617,93	1897,62	407,18	11354,12
2012	3923,75	1733,23	417,13	12134,52
2013	3547,58	2289,86	423,94	12752,45
2014	3853,61	2238,21	440,25	12491,32
2015	4381,25	2145,95	440,35	11652,26
2016	4550,07	2342,33	469,79	12815,97
2017	4587,37	2520,13	502,62	13597,16
2018	4812,69	2735,99	545,48	14773,72
2019	5182,03	2932,48	591,64	14503,85
2020	5787,39	2882,86	558,81	13014,05

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat hasil pelatihan jaringan model ke-2 dengan JST *backpropagation* yang telah didenormalisasi dalam nilai sebenarnya atau dalam satuan GWh menggunakan Persamaan (3.2).

4.2.3 Pelatihan Arsitektur Jaringan Model Ke-3

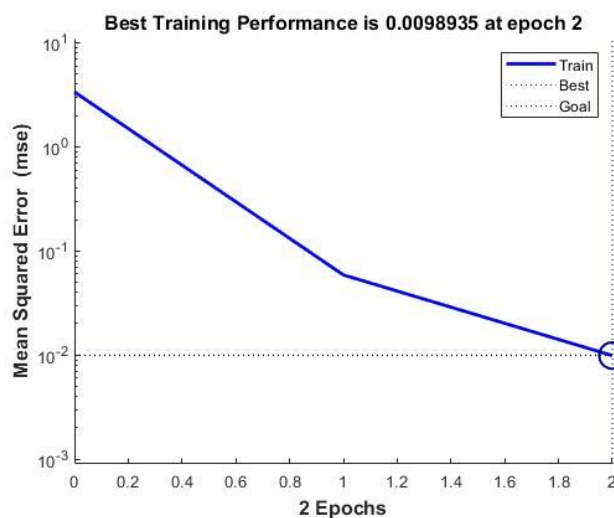
Model arsitektur pelatihan ke-3 menggunakan satu lapisan *input* dengan 6 *neuron*, satu lapisan tersembunyi dengan 18 *neuron*, dan empat *neuron* pada

lapisan *output*. Berikut adalah hasil pelatihan yang ditampilkan dalam jendela pelatihan pada Gambar 4.7.



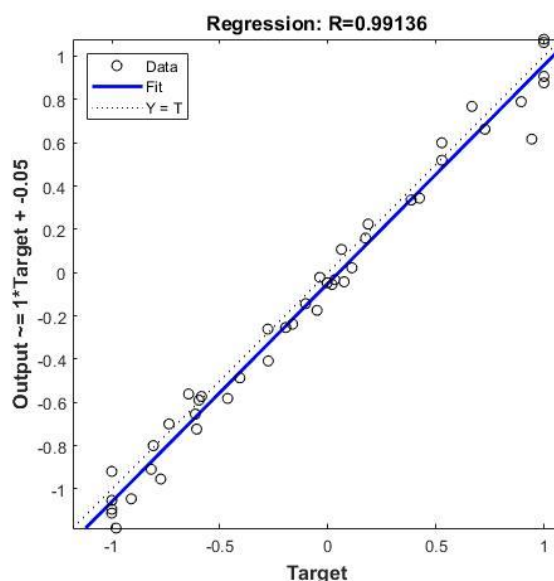
Gambar 4.7 Hasil Pelatihan Jaringan Model Ke-3

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa jaringan diatur untuk maksimal dapat melakukan hingga 1000 *epoch*, namun pada percobaan yang telah dilakukan berhenti pada *epoch* ke-2 dengan durasi yang diperlukan selama 0 detik. Bentuk gambar grafik *performance* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik *Performance* Hasil Pelatihan Jaringan Model Ke-3

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat dilihat tampilan grafik proses *training* arsitektur jaringan ke-3 terbaik dengan menghasilkan *best validation performance* 0,0098935 yang diperoleh pada *epoch* ke-2. Hasil *plot regression* ditampilkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 *Plot Regression Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-3

Dilihat dari Gambar 4.9 dapat disimpulkan bahwa grafik pelatihan untuk arsitektur jaringan model ke-3 menunjukkan nilai Regresi (R) sebesar 0,99136. Ini menandakan bahwa pelatihan berjalan dengan baik, karena semakin mendekati nilai 1, semakin baik. Selain itu, grafik yang mendekati garis putus-putus juga mengindikasikan performa pelatihan yang baik. Hasil output dari pelatihan jaringan model ke-3 dapat ditemukan yang disediakan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-3 Normalisasi

Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	-0,97035	-0,69842	-1,02239	-0,91037
2012	-0,65621	-0,97005	-0,93669	-0,4106
2013	-1,02297	-0,08732	-0,83005	-0,10652
2014	-0,77911	-0,1924	-0,61451	-0,34017
2015	-0,32309	-0,33266	-0,58992	-0,89644
2016	-0,15226	0,004493	-0,28098	-0,19732
2017	-0,08962	0,307466	0,073618	0,302008
2018	0,134528	0,666559	0,568037	1,0458
2019	0,490572	1,000393	1,057321	0,960132
2020	1,000023	0,941141	0,680618	-0,05678

Berdasarkan Tabel 4.8 di atas data hasil *output* pelatihan jaringan masih dalam bentuk normalisasi, sehingga perlu dilakukan proses denormalisasi menjadi bentuk aslinya. Berikut merupakan hasil denormalisasi pelatihan jaringan model ke-3 yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

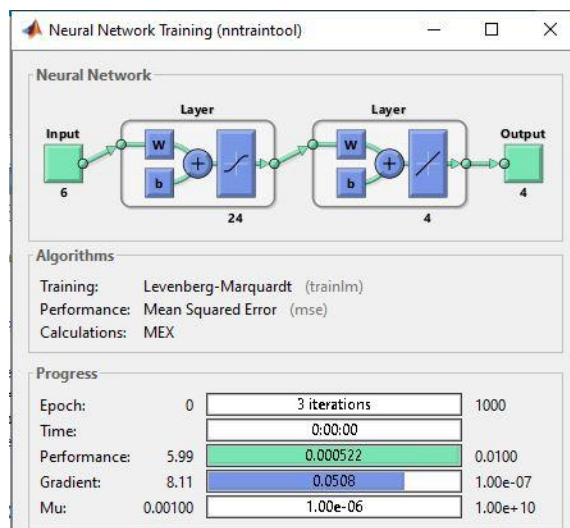
Tabel 4.9 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-3 Denormalisasi (GWh)

Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	3671,93	1932,18	401,97	11620,32
2012	4010,26	1772,60	409,83	12452,94
2013	3615,26	2291,20	419,61	12959,54
2014	3877,90	2229,47	439,38	12570,28
2015	4369,04	2147,06	441,63	11643,53
2016	4553,01	2345,14	469,97	12808,26
2017	4620,48	2523,14	502,49	13640,14
2018	4861,89	2734,10	547,84	14879,30
2019	5245,35	2930,23	592,72	14736,58
2020	5794,02	2895,42	558,17	13042,40

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat hasil pelatihan jaringan model ke-3 dengan JST *backpropagation* yang telah didenormalisasi dalam nilai sebenarnya atau dalam satuan GWh menggunakan Persamaan (3.2).

4.2.4 Pelatihan Arsitektur Jaringan Model Ke-4

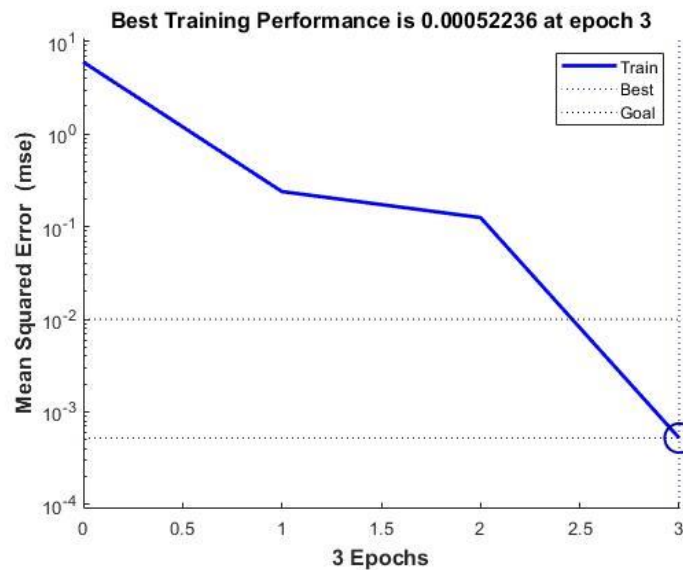
Arsitektur jaringan pada pelatihan ke-4 menggunakan 1 lapisan *input* dengan 6 *neuron*, 1 lapisan tersembunyi dengan 24 *neuron*, dan 4 *neuron* pada lapisan *output*. Berikut adalah tampilan hasil pelatihan dari jaringan ini yang ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil Pelatihan Jaringan Model Ke-4

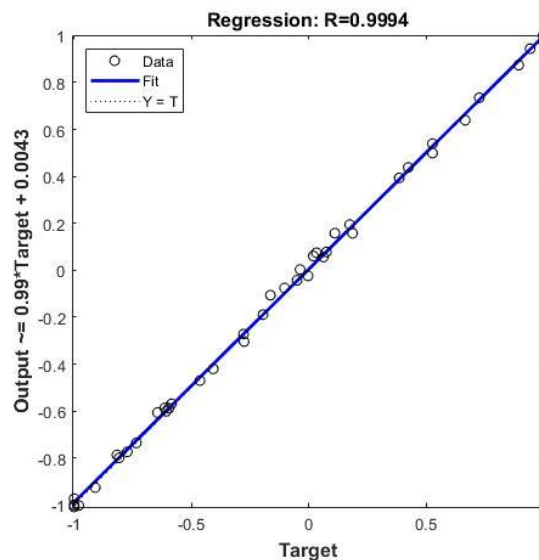
Berdasarkan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa jaringan diatur untuk maksimal dapat melakukan hingga 1000 *epoch*, namun pada percobaan yang telah dilakukan

berhenti pada *epoch* ke-3 dengan durasi yang diperlukan selama 0 detik. Bentuk gambar grafik *performance* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik *Performance* Pelatihan Jaringan Model Ke-4

Berdasarkan Gambar 4.11 dapat dilihat tampilan grafik proses *training* arsitektur jaringan model ke empat terbaik dengan menghasilkan *best validation performance* 0,00052236 yang diperoleh pada *epoch* ke-3. Hasil *plot regression* ditampilkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 *Plot Regression Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-4

Berdasarkan Gambar 4.12, terlihat bahwa grafik pelatihan arsitektur jaringan model ke-4 memiliki nilai Regression (R) sebesar 0,9994. Hasil pelatihan ini menunjukkan performa yang sangat baik, karena nilai R mendekati 1. Grafik yang mendekati garis putus-putus juga menunjukkan bahwa pelatihan berjalan dengan baik. Berikut adalah hasil output pelatihan jaringan model ke-4 yang ditampilkan dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-4 Normalisasi

Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	-0,86257	-0,62191	-0,89038	-0,85298
2012	-0,53058	-0,85216	-0,83666	-0,35972
2013	-0,94635	0,015786	-0,78923	-0,08761
2014	-0,72709	-0,0918	-0,61043	-0,33292
2015	-0,30972	-0,2911	-0,60704	-0,90288
2016	-0,16065	0,011851	-0,29927	-0,21234
2017	-0,08419	0,318355	0,083638	0,304391
2018	0,114646	0,650459	0,546735	1,008151
2019	0,453937	0,910657	0,971187	0,840637
2020	1,047238	0,934813	0,78472	0,017958

Berdasarkan Tabel 4.10 di atas data hasil *output* pelatihan jaringan masih dalam bentuk normalisasi, sehingga perlu dilakukan proses denormalisasi menjadi bentuk aslinya. Berikut merupakan hasil denormalisasi pelatihan jaringan model ke-4 yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

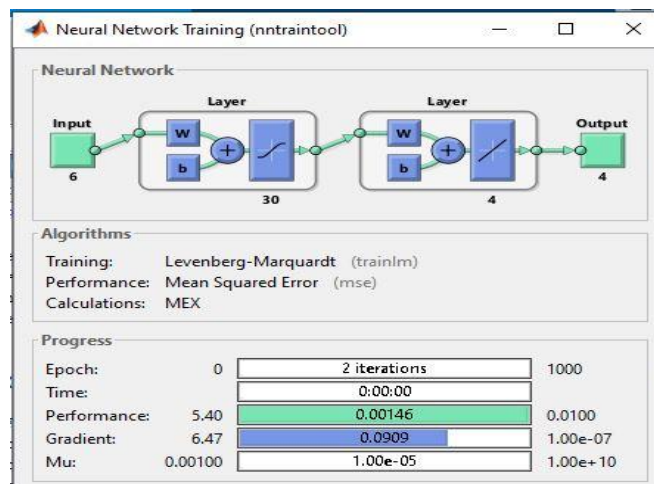
Tabel 4.11 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-4 Denormalisasi (GWh)

Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	3788,01	1977,13	414,07	11715,94
2012	4145,56	1841,86	419,00	12537,71
2013	3697,78	2351,77	423,35	12991,03
2014	3933,93	2288,57	439,75	12582,35
2015	4383,43	2171,48	440,06	11632,80
2016	4543,98	2349,46	468,29	12783,25
2017	4626,33	2529,53	503,41	13644,12
2018	4840,47	2724,64	545,89	14816,58
2019	5205,89	2877,51	584,82	14537,50
2020	5844,88	2891,70	567,71	13166,92

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat dilihat hasil pelatihan jaringan model ke-4 dengan JST *backpropagation* yang telah didenormalisasi dalam nilai sebenarnya atau dalam satuan GWh menggunakan Persamaan (3.2).

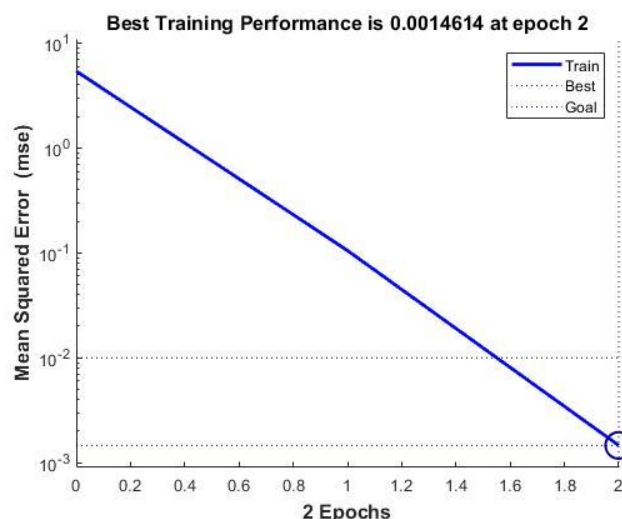
4.2.5 Pelatihan Arsitektur Jaringan Model Ke-5

Model arsitektur pelatihan ke-5 memiliki 1 lapisan *input* dengan 6 *neuron*, 1 lapisan tersembunyi dengan 30 *neuron*, dan 4 *neuron* pada lapisan *output*. Berikut adalah jendela hasil pelatihan jaringan yang ditampilkan pada Gambar 4.13.



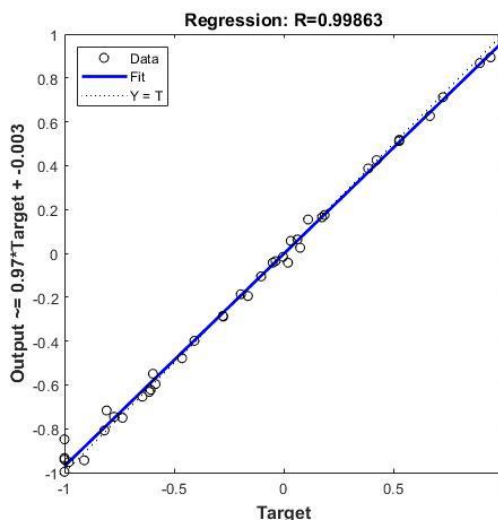
Gambar 4.13 Pelatihan Jaringan Model Ke-5

Berdasarkan Gambar 4.13 menunjukkan bahwa jaringan diatur untuk maksimal dapat melakukan hingga 1000 *epoch*, namun pada percobaan yang telah dilakukan berhenti pada *epoch* ke-2 dengan durasi yang diperlukan selama 0 detik. Bentuk gambar grafik *performance* dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik *Performance* Pelatihan Jaringan Model Ke-5

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat dilihat tampilan grafik proses *training* arsitektur jaringan model ke-5 terbaik dengan menghasilkan *best validation performance* 0,0014614 yang diperoleh pada *epoch* ke-2. Hasil *plot regression* ditampilkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 *Plot Regression Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-5

Grafik yang terlihat pada Gambar 4.15 mengindikasikan bahwa hasil pelatihan menunjukkan nilai Regresi (R) sebesar 0,99863. Hasil Regresi pelatihan ini dianggap baik karena semakin mendekati nilai 1. Grafik yang semakin mendekati garis putus-putus juga menandakan bahwa pelatihan telah berjalan dengan baik. Berikut adalah hasil output pelatihan jaringan untuk model ke-5 yang ditampilkan dalam Tabel 4.12.

Tabel 4.12 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-5 Normalisasi

Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	-1,04435	-0,65539	-0,93421	-0,88176
2012	-0,67424	-0,92096	-0,82038	-0,4071
2013	-1,00363	-0,08037	-0,70761	-0,1934
2014	-0,77837	-0,10658	-0,52121	-0,3118
2015	-0,35918	-0,28971	-0,57635	-0,86711
2016	-0,15256	-0,00683	-0,2961	-0,17751
2017	-0,06516	0,330349	0,055179	0,319526
2018	0,164232	0,690941	0,518732	1,035388
2019	0,538268	1,029871	0,967196	0,913545
2020	0,96702	0,8944	0,686361	-0,06794

Berdasarkan Tabel 4.12 di atas data hasil *output* pelatihan jaringan masih dalam bentuk normalisasi, sehingga perlu dilakukan proses denormalisasi menjadi bentuk aslinya. Berikut merupakan hasil denormalisasi pelatihan jaringan model ke-5 yang ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 *Output* Pelatihan Jaringan Model Ke-5 Denormalisasi (GWh)

Tahun	RT	Bisnis	Publik	Industri
2011	3592,24	1957,46	410,05	11667,99
2012	3990,84	1801,43	420,49	12458,78
2013	3636,09	2295,28	430,84	12814,80
2014	3878,70	2279,88	447,93	12617,53
2015	4330,17	2172,30	442,88	11692,39
2016	4552,69	2338,49	468,58	12841,27
2017	4646,82	2536,58	500,80	13669,33
2018	4893,88	2748,43	543,32	14861,96
2019	5296,71	2947,55	584,45	14658,97
2020	5758,48	2867,96	558,69	13023,81

Berdasarkan Tabel 4.13 dapat dilihat hasil pelatihan jaringan model ke-5 dengan *JST backpropagation* yang telah didenormalisasi dalam nilai sebenarnya atau dalam satuan GWh menggunakan Persamaan (3.2).

4.3 Perbandingan *Error Output* Pelatihan Jaringan 1 *Hidden Layer*

Tujuan dari pelatihan jaringan adalah untuk mengamati bagaimana jaringan merespons dan diharapkan agar hasilnya mendekati data target. Berikut ini adalah perbandingan nilai kesalahan untuk setiap model pelatihan jaringan, yang terdokumentasikan dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perbandingan Nilai *Error Output* Pelatihan Jaringan

Jumlah <i>Neuron</i>	MAPE(%)
6	1,081856
12	0,661699
18	0,360308
24	1,055625
30	0,890641

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat dilihat perbandingan nilai *error* hasil *output* pelatihan jaringan dari masing-masing model pelatihan. Dengan menggunakan MAPE sebagai indikator, didapat presentase error dari masing-masing fungsi pelatihan dengan hasil nilai *error* terkecil terdapat pada model pelatihan ke-3 yang

menggunakan 18 *neuron* pada *hidden layer* dengan presentase kesalahan sebesar 0,360308% sementara nilai presentase error terbesar terdapat pada model pelatihan ke-1 yang menggunakan 6 *neuron* pada *hidden layer* dengan presentase kesalahan sebesar 1,081856%. Sehingga didapat model pelatihan terbaik yang digunakan untuk proses peramalan yaitu model pelatihan ke-1 karena memiliki nilai presentase error MAPE terkecil dibandingkan dengan model pelatihan lainnya.

4.4 Prakiraan Kebutuhan Listrik Sektoral

Hasil dari pelatihan memberikan informasi tentang model pelatihan terbaik yang akan digunakan dalam proses prediksi. Proses pelatihan menggunakan data dari tahun 2011 hingga 2020 untuk memprediksi data dari tahun 2021 hingga 2030. Setelah proses pelatihan selesai, hasil prediksi kebutuhan energi listrik dengan menggunakan model terbaik digunakan untuk membandingkannya dengan data yang terdapat dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL). Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengevaluasi tingkat error prediksi, yang dapat ditemukan yang disajikan dalam Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perbandingan Prakiraan Sektoral RUPTL dengan JST

Tahun	RT (GWh)		Bisnis (GWh)		Publik(GWh)		Industri (GWh)	
	RUPTL	JST	RUPTL	JST	RUPTL	JST	RUPTL	JST
2021	6133	6048,90	3090	3022,13	632	617,57	13088	14293,07
2022	6428	6368,24	3328	3096,44	671	650,35	13293	14436,07
2023	6736	6548,10	3583	3193,56	709	681,96	13498	14580,82
2024	7058	6684,67	3852	3257,38	748	712,42	13705	14733,88
2025	7393	6851,17	4136	3323,54	788	741,56	13939	14919,91
2026	7741	7063,18	4436	3432,75	830	772,20	14194	15194,92
2027	8099	7306,85	4754	3623,41	876	806,15	14356	15633,07
2028	8467	7492,72	5086	3891,76	924	825,45	14499	16227,77
2029	8845	7560,01	5428	4140,07	976	827,11	14633	16768,75
2030	9256	7575,62	5798	4278,77	1028	820,21	14806	17057,67
MAPE(%)	8,04		17,49		8,09		9,80	

Berdasarkan Tabel 4.15, terlihat hasil prakiraan kebutuhan energi listrik untuk setiap sektor di Provinsi Banten menggunakan metode JST *backpropagation* dibandingkan dengan data RUPTL. Hasil prakiraan untuk sektor rumah tangga Provinsi Banten menunjukkan perkiraan kenaikan dari 6048,90 GWh pada tahun

2021 menjadi 7575,62 GWh pada tahun 2030 menggunakan metode JST *backpropagation*. Sementara itu, hasil prakiraan RUPTL untuk sektor rumah tangga Provinsi Banten memperkirakan peningkatan dari 6133 GWh pada tahun 2021 menjadi 9256 GWh pada tahun 2030. Kesalahan rata-rata prakiraan sektor rumah tangga menggunakan metode JST *backpropagation* dibandingkan dengan RUPTL sebesar 8,04%..

Hasil prakiraan dengan metode JST *backpropagation* untuk sektor bisnis Provinsi Banten menunjukkan estimasi kenaikan dari 3022,13 GWh pada tahun 2021 menjadi 4278,77 GWh pada tahun 2030. Sementara itu, hasil prakiraan RUPTL untuk sektor bisnis Provinsi Banten memperkirakan peningkatan dari 3090 GWh pada tahun 2021 menjadi 5798 GWh pada tahun 2030. Kesalahan rata-rata prakiraan untuk sektor bisnis menggunakan metode JST *backpropagation* dibandingkan dengan RUPTL adalah sebesar 17,49%.

Hasil prakiraan dengan metode JST *backpropagation* untuk sektor publik Provinsi Banten menunjukkan estimasi kenaikan dari 617,57 GWh pada tahun 2021 menjadi 820,21 GWh pada tahun 2030. Sementara itu, hasil prakiraan RUPTL untuk sektor publik Provinsi Banten memperkirakan peningkatan dari 632 GWh pada tahun 2021 menjadi 1028 GWh pada tahun 2030. Kesalahan rata-rata prakiraan untuk sektor publik menggunakan metode JST *backpropagation* dibandingkan dengan RUPTL adalah sebesar 8,09%.

hasil prakiraan dengan metode JST *backpropagation* untuk sektor industri Provinsi Banten menunjukkan estimasi kenaikan dari 14293,07 GWh pada tahun 2021 menjadi 17057,67 GWh pada tahun 2030. Hasil prakiraan RUPTL untuk sektor industri Provinsi Banten memperkirakan peningkatan dari 13088 GWh pada tahun 2021 menjadi 14806 GWh pada tahun 2030. Kesalahan rata-rata prakiraan untuk sektor industri menggunakan metode JST *backpropagation* dibandingkan dengan RUPTL adalah sebesar 9,80%.

4.5 Prakiraan Kebutuhan Listrik Keseluruhan

Hasil prakiraan konsumsi energi listrik keseluruhan Provinsi Banten tahun 2021 hingga 2030 dapat dilihat pada Tabel 4.16, yang merupakan hasil penjumlahan prakiraan konsumsi energi listrik dari berbagai sektor, yaitu sektor

rumah tangga, sektor bisnis, sektor publik, dan sektor industri. Tabel 4.16 menunjukkan estimasi total konsumsi energi listrik di Provinsi Banten dalam periode tersebut.

Tabel 4.16 Perbandingan Prakiraan Keseluruhan RUPTL dengan JST *Backpropagation*

Tahun	JST (GWh)	RUPTL (GWh)
2021	23981,67	22943
2022	24551,11	23720
2023	25004,44	24526
2024	25388,36	25363
2025	25836,18	26256
2026	26463,04	27201
2027	27369,49	28085
2028	28437,70	28976
2029	29295,95	29882
2030	29732,27	30888
MAPE (%)	2,45	

Berdasarkan Tabel 4.16, hasil prakiraan konsumsi energi listrik keseluruhan Provinsi Banten menggunakan metode JST *backpropagation* menunjukkan peningkatan dari 23.981,67 GWh pada tahun 2021 menjadi 29.732,27 GWh pada tahun 2030. Sementara itu, hasil prakiraan RUPTL menunjukkan peningkatan dari 22.943 GWh pada tahun 2021 menjadi 30.888 GWh pada tahun 2030. Kesalahan rata-rata prakiraan menggunakan metode JST terhadap RUPTL sebesar 2,45%.

Hal ini mengindikasikan bahwa metode JST *backpropagation* memberikan prakiraan yang cukup akurat dalam memprediksi konsumsi energi listrik keseluruhan Provinsi Banten, dengan kesalahan rata-rata sekitar 2,45%.

4.6 Validasi Hasil Prakiraan dengan Nilai Aktual

Perbandingan hasil prakiraan sektoral dan keseluruhan dengan data aktual pada tahun 2021 yang datanya diambil dari Banten Dalam Angka 2022. hal ini dikarenakan pembangkitan energi listrik yang dilakukan oleh PLN didasarkan pada kebutuhan energi listrik secara umum dan bukan membangkitkan energi listrik sejumlah kebutuhan sektor tertentu. Oleh karena itu, perlu dijumlahkan untuk mengetahui seberapa baik hasil prakiraan sektoral terhadap RUPTL. Hasil validasi untuk prakiraan sektoral antara metode Jaringan Syaraf Tiruan

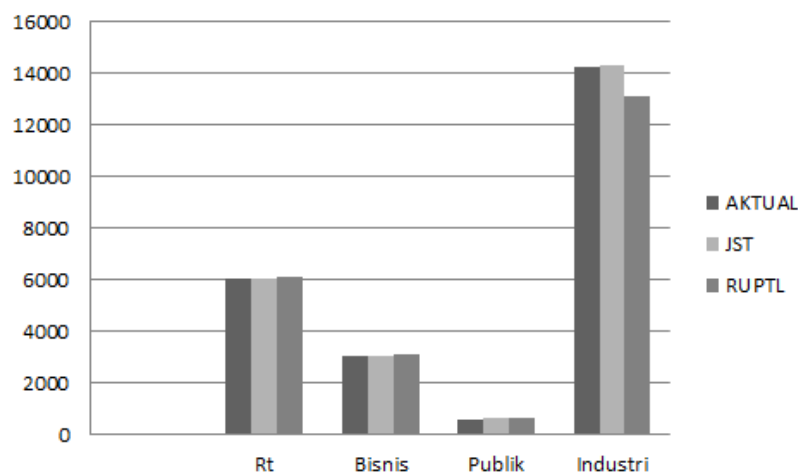
backpropagation dan RUPTL PT. PLN (Persero) dengan data aktual pada tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Validasi Prakiraan Sektorial JST dan RUPTL

SEKTOR	AKTUAL (GWh)	JST (GWh)	RUPTL (GWh)	MAPE (%)	
				JST	RUPTL
Rt	6014,22	6048,90	6133	0,58	1,97
Bisnis	3009,44	3022,13	3090	0,42	2,68
Publik	573,55	617,57	632	7,67	10,19
Industri	14233,05	14293,07	13088	0,42	8,05
Rata-Rata <i>Error</i>				2,27	5,72

Berdasarkan Tabel 4.17, dapat dilihat perbandingan hasil prakiraan sektorial antara metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *backpropagation* dan RUPTL PT. PLN pada tahun 2021 terhadap data aktual pada tahun yang sama. Kesalahan prakiraan sektorial dengan metode JST *backpropagation* rata-rata sebesar 2,27%, sedangkan RUPTL PT. PLN memiliki kesalahan rata-rata sebesar 5,72%.

Kedua metode tersebut masuk ke dalam kategori baik, karena kesalahan rata-ratanya berada di bawah 10%. Grafik batang pada Gambar 4.16 juga menunjukkan perbandingan visual antara prakiraan sektorial metode JST *backpropagation* dan RUPTL PT. PLN terhadap data aktual pada tahun 2021. Hasil ini mengindikasikan bahwa metode JST *backpropagation* memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan RUPTL PT. PLN pada tahun tersebut.



Gambar 4.16 Grafik Validasi Prakiraan Sektorial

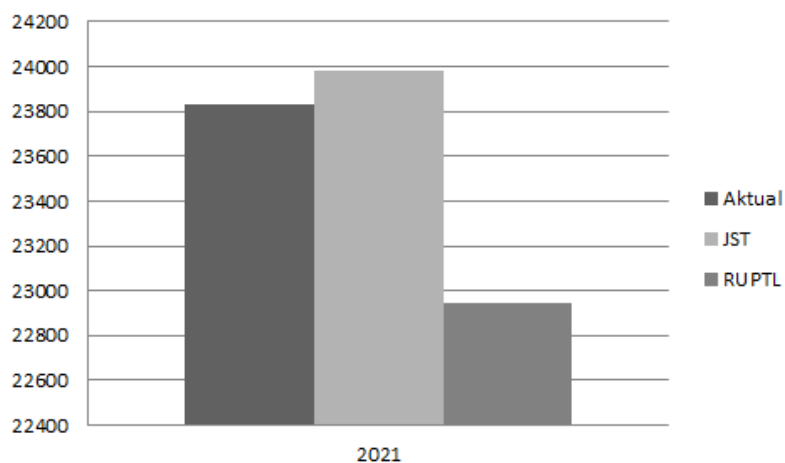
Terlihat pada Gambar 4.16 grafik antara nilai aktual dan JST terlihat tidak jauh berbeda sedangkan dengan hasil prakiraan RUPTL terlihat jelas perbedaannya

dimana pada prakiraan sektor rumah tangga, bisnis dan publik terlihat lebih besar sedangkan pada sektor industri terlihat lebih kecil. Validasi juga dilakukan terhadap prakiraan keseluruhan antara metode Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* dan RUPTL PT. PLN (Persero) dengan data aktual pada tahun 2021, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Validasi Hasil Prakiraan Keseluruhan JST dan RUPTL

Tahun	Aktual (GWh)	JST (GWh)	RUPTL (GWh)
2021	23830,26	23981,67	22943
MAPE (%)		0,64	3.72

Berdasarkan Tabel 4.18 hasil prakiraan JST *backpropagation* memiliki nilai kesalahan yang lebih rendah 0,64% dibandingkan dengan RUPTL PT PLN sebesar 3,72%. Berdasarkan kriteria MAPE hasil prakiraan keseluruhan JST *backpropagation* dan RUPTL PT PLN berada pada kategori dapat diterima dan sangat baik. Berikut merupakan grafik perbandingan prakiraan secara keseluruhan antara metode Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* dan RUPTL PT. PLN (Persero) dengan data aktual pada tahun yang terlihat dalam Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Grafik Validasi Prakiraan Keseluruhan

Berdasarkan Gambar 4.17 dapat terlihat perbedaan hasil prakiraan keseluruhan dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* terhadap data aktual pada tahun 2021 terlihat lebih besar, sedangkan hasil prakiraan dengan RUPTL terlihat lebih kecil dibandingkan dengan data aktual dan JST *backpropagation*.