

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Dalam melakukan penelitian tugas akhir ini, terdapat beberapa data yang digunakan dalam melakukan peramalan dan perhitungan beban puncak di PT. PLN Kota Jambi rayon Kota Baru.

4.1.1 Data Beban Puncak

Data beban puncak yang digunakan pada tugas akhir ini adalah data beban puncak yang tertinggi pada setiap tahunnya. Dalam data ini berisikan 7 elemen data yang berupa angka beban puncak pada Gardu Induk Jambi dari tahun 2010 sampai tahun 2017. Data beban puncak ini dapat dijadikan acuan untuk meramalkan beban listrik di Kota Jambi 9 tahun mendatang.

Tabel 4.1 Data Beban Puncak GI Jambi

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Beban Puncak (MW)	266,8	275	283,5	292,3	300,5	324,7	420,8

4.1.2 Data Kependudukan

Dalam penulisan tugas akhir ini, data kependudukan diperlukan untuk meramalkan kebutuhan beban listrik yang akan datang. Semakin banyak penduduknya maka beban listrik yang dibutuhkan oleh wilayah tersebut akan semakin banyak. Data kependudukan ini terdiri dari data pertumbuhan penduduk dan Penduduk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Baru Jambi. Data ini diperoleh dari Kantor Kecamatan Kota Baru Jambi.

Tabel 4.2 Data Kependudukan PDRB Kota Baru Jambi dan Nasional

Tahun	Jumlah Penduduk (ribu jiwa)	Jumlah Penduduk Nasional (juta jiwa)	Jumlah PDRB (juta rupiah)	Jumlah PDRB Nasional (miliar USD)
2010	14,2237	242,5	14,9726	755,1
2011	14,2041	245,7	17,1262	893
2012	14,2237	248,9	19,491	917,9
2013	14,2398	252	22,2955	912,5
2014	14,3933	255,1	25,95	890,8
2015	14,4293	258,2	28,5976	861,3
2016	16,8286	261,1	31,0926	932,3

Dari data kependudukan diatas dapat diasumsikan kenaikan jumlah penduduk dan PDRB Kota Baru Jambi. Yaitu dengan melakukan perhitungan sebagai berikut:

a) Prediksi Jumlah Penduduk

$$R_{(t-1,t)} = \frac{Penduduk_t - Penduduk_{t-1}}{Penduduk_{t-1}} \times 100\%$$

Persentase kenaikan jumlah penduduk dari tahun 2010 sampai 2016:

$$R_{(2010,2011)} = \frac{14.2041 - 14.2237}{14.2237} \times 100\% = -1.377\%$$

$$R_{(2011,2012)} = \frac{14.2237 - 14.2041}{14.2041} \times 100\% = 1.379\%$$

$$R_{(2012,2013)} = \frac{14.2398 - 14.2237}{14.2237} \times 100\% = 1.131\%$$

$$R_{(2013,2014)} = \frac{14.3933 - 14.2398}{14.2398} \times 100\% = 0.0107\%$$

$$R_{(2014,2015)} = \frac{14.4293 - 14.3933}{14.3933} \times 100\% = 2.501\%$$

$$R_{(2015,2016)} = \frac{16.8286 - 14.4293}{14.4293} \times 100\% = 0.166\%$$

Maka rata-rata kenaikan jumlah penduduk per tahun adalah:

$$= \frac{-1,377 + 1,379 + 1,131 + 0,0107 + 2,501 + 0.166}{6} \times 100\% = 0,6\%$$

Hasil dari rata-rata kenaikan jumlah penduduk dari tahun 2010 sampai 2016 tersebut dapat diasumsikan untuk meramalkan pertumbuhan penduduk dari tahun 2017 sampai tahun 2025:

$$Penduduk_t = (Penduduk_{t-1} \times R_{(t-1,t)}) + Penduduk_{t-1}$$

$$Penduduk_{2017} = (16.8286 \times 0.6\%) + 16.8286 = 16.9295$$

$$Penduduk_{2018} = (16.9295 \times 0.6\%) + 16.9295 = 17.031$$

$$Penduduk_{2019} = (17.031 \times 0.6\%) + 17.031 = 17.1331$$

$$Penduduk_{2020} = (17.1331 \times 0.6\%) + 17.1331 = 17.2358$$

$$Penduduk_{2021} = (17.2358 \times 0.6\%) + 17.2358 = 17.3392$$

$$Penduduk_{2022} = (17.3392 \times 0.6\%) + 17.3392 = 17.4432$$

$$Penduduk_{2023} = (17.4432 \times 0.6\%) + 17.4432 = 17.5478$$

$$Penduduk_{2024} = (17.5478 \times 0.6\%) + 17.5478 = 17.653$$

$$Penduduk_{2025} = (17.653 \times 0.6\%) + 17.653 = 17.7589$$

b) Prediksi Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

$$R_{(t-1,t)} = \frac{PDRB_t - PDRB_{t-1}}{PDRB_{t-1}} \times 100\%$$

Persentase kenaikan PDRB dari tahun 2010 sampai 2016:

$$R_{(2010,2011)} = \frac{17.1262 - 14.9726}{14.9726} \times 100\% = 14.4\%$$

$$R_{(2011,2012)} = \frac{19.4910 - 17.1262}{17.1262} \times 100\% = 13.8\%$$

$$R_{(2012,2013)} = \frac{22.2955 - 19.4910}{19.4910} \times 100\% = 14.3\%$$

$$R_{(2013,2014)} = \frac{25.9500 - 22.2955}{22.2955} \times 100\% = 16.4\%$$

$$R_{(2014,2015)} = \frac{28.5976 - 25.9500}{25.9500} \times 100\% = 10.2\%$$

$$R_{(2015,2016)} = \frac{31.0926 - 28.5976}{28.5976} \times 100\% = 8.7\%$$

Maka rata-rata kenaikan jumlah penduduk per tahun adalah:

$$= \frac{14.4 + 13.8 + 14.3 + 16.4 + 10.2 + 8.7}{6} \times 100\% = 12.96\%$$

Hasil dari rata-rata kenaikan jumlah penduduk dari tahun 2010 sampai 2016 tersebut dapat diasumsikan untuk meramalkan pertumbuhan penduduk dari tahun 2017 sampai tahun 2025:

$$PDRB_t = (PDRB_{t-1} \times R_{(t-1,t)}) + PDRB_{t-1}$$

$$PDRB_{2017} = (31.0926 \times 12.96\%) + 31.0926 = 35.1222$$

$$PDRB_{2018} = (35.1222 \times 12.96\%) + 35.1222 = 39.6740$$

$$PDRB_{2019} = (39.6740 \times 12.96\%) + 39.6740 = 44.8157$$

$$PDRB_{2020} = (44.8157 \times 12.96\%) + 44.8157 = 50.6238$$

$$PDRB_{2021} = (50.6238 \times 12.96\%) + 50.6238 = 57.1846$$

$$PDRB_{2022} = (57.1846 \times 12.96\%) + 57.1846 = 64.5957$$

$$PDRB_{2023} = (64.5957 \times 12.96\%) + 64.5957 = 72.9673$$

$$PDRB_{2024} = (72.9673 \times 12.96\%) + 72.9673 = 82.4238$$

$$PDRB_{2025} = (82.4238 \times 12.96\%) + 82.4238 = 93.1059$$

Tabel 4.3 Prediksi pertumbuhan penduduk dan PDRB Kota Baru Jambi

Tahun	Jumlah Penduduk (ribu jiwa)	Jumlah PDRB (juta rupiah)
2017	16,9295	35,1222
2018	17,031	39,6740
2019	17,1331	44,8157
2020	17,2358	50,6238
2021	17,3392	57,1846
2022	17,4432	64,5957

Tabel 4.3 Prediksi pertumbuhan penduduk dan PDRB Kota Baru Jambi
(lanjutan)

2023	17,5478	72,9673
2024	17,653	82,4238
2025	17,7589	93,1059
2026	17,8654	105,1724

Dilihat dari hasil prakiraan jumlah penduduk dan PDRB di Kota Baru Jambi persentase total kenaikan penduduk tiap tahunnya adalah sekitar 15.36% dan persentase kenaikan PDRB adalah sekitar 44.73%. Dari data diatas bisa dijadikan sebagai pedoman untuk mengantisipasi meningkatnya kebutuhan energi listrik tiap tahunnya, dan menjadi acuan pada tugas akhir ini sebagai data untuk memperkirakan beban puncak dari tahun 2017 sampai tahun 2025.

4.2 Pengolahan Data

Peramalan beban listrik dinyatakan sebagai runtun waktu X_1, X_2, \dots, X_n . Sebagaimana telah diketahui data beban puncak dari tahun 2010 sampai 2016 adalah:

Tabel 4.4 Data Beban Puncak GI Jambi

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Beban Puncak (MW)	266,8	275	283,5	292,3	300,5	324,7	420,8

Metode peramalan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan perbandingan antara perhitungan manual dan metode jaringan syaraf tiruan, yang mana data yang digunakan yaitu data beban puncak GI Jambi dari tahun 2010 sampai dengan 2016, kemudian digunakan untuk meramalkan beban puncak dari tahun 2017 sampai dengan 2025.

4.2.1 Perhitungan Manual

Dalam melakukan metode perhitungan manual ini terlebih dahulu perlu diketahui bahwa perhitungan yang dilakukan terbagi menjadi 2 (dua) tahap,

yaitu tahap perhitungan persentase data beban puncak pada 7 (tujuh) tahun sebelumnya dan tahap perhitungan peramalan untuk 9 tahun kedepan.

Untuk menghitung persentase kenaikan beban puncak pada tahun sebelumnya menggunakan rumus:

$$R_{t-1,t} = \frac{R_t - R_{t-1}}{R_{t-1}} \times 100\%$$

Dimana:

R = beban

t = tahun

R_t = tahun sekarang

R_{t-1} = tahun sebelumnya

Hasil perhitungan:

1. $Beban (2010, 2011) = \frac{275-266.8}{266.8} \times 100\% = 3.07\%$
2. $Beban (2011, 2012) = \frac{283.5-275}{275} \times 100\% = 3.09\%$
3. $Beban (2012, 2013) = \frac{292.3-283.5}{283.5} \times 100\% = 3.1\%$
4. $Beban (2013, 2014) = \frac{300.5-292.3}{292.3} \times 100\% = 2.8\%$
5. $Beban (2014, 2015) = \frac{324.7-300.5}{300.5} \times 100\% = 8.05\%$
6. $Beban (2015, 2016) = \frac{420.8-324.7}{324.7} \times 100\% = 29.5\%$

Maka rata-rata kenaikan jumlah penduduk per tahun adalah:

$$= \frac{3.07 + 3.09 + 3.1 + 2.8 + 8.05 + 29.5}{6} \times 100\% = 8.26\%$$

Hasil dari rata-rata kenaikan jumlah beban puncak dari tahun 2010 sampai 2016 tersebut dapat diasumsikan untuk meramalkan pertumbuhan beban puncak dari tahun 2017 sampai tahun 2025, menggunakan rumus:

$$Beban_t = (Beban_{t-1} \times R_{(t-1,t)}) + Beban_{t-1}$$

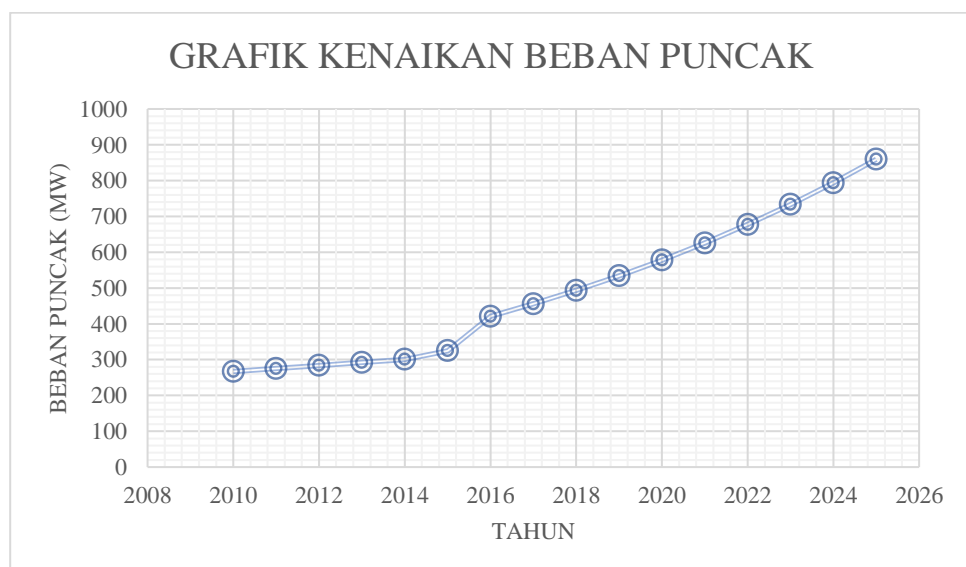
Hasil perhitungan:

1. $Beban\ 2017 = (420.8 \times 8.26\%) + 420.8 = 455.5\ MW$
2. $Beban\ 2018 = (455.5 \times 8.26\%) + 455.5 = 493.1\ MW$

3. $Beban\ 2019 = (493.1 \times 8.26\%) + 493.1 = 533.8\ MW$
4. $Beban\ 2020 = (533.8 \times 8.26\%) + 533.8 = 577.9\ MW$
5. $Beban\ 2021 = (577.9 \times 8.26\%) + 577.9 = 625.6\ MW$
6. $Beban\ 2022 = (625.6 \times 8.26\%) + 625.6 = 677.3\ MW$
7. $Beban\ 2023 = (677.3 \times 8.26\%) + 677.3 = 733.2\ MW$
8. $Beban\ 2024 = (733.2 \times 8.26\%) + 733.2 = 793.8\ MW$
9. $Beban\ 2025 = (793.8 \times 8.26\%) + 793.8 = 859.4\ MW$

Tabel 4.5 Prediksi pertumbuhan beban puncak 2017 – 2025 menggunakan perhitungan manual

Tahun	Beban Puncak (MW)
2017	455,5
2018	493,1
2019	533,8
2020	577,9
2021	625,6
2022	677,3
2023	733,2
2024	793,8
2025	859,4



Gambar 4.1 Grafik kenaikan beban puncak

Dilihat dari hasil peramalan menggunakan perhitungan manual diatas, persentase total kenaikan beban puncak tiap tahunnya adalah sekitar 4.94%. Terjadi peningkatan beban pada tahun 2016 dikarenakan kenaikan jumlah penduduk pada tahun 2016 meningkat drastis sebanyak 16.8286 ribu jiwa.

4.2.2 Perhitungan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan Syaraf Tiruan atau *Neural Network* adalah paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel syaraf biologi, sama seperti otak yang memproses suatu informasi. Elemen mendasar dari paradigma tersebut adalah struktur yang baru dari sistem pemrosesan informasi. Jaringan Syaraf Tiruan (*Neural Network*) seperti manusia, belajar dari suatu contoh. Jaringan Syaraf Tiruan (*Neural Network*) dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran.

Dalam melakukan perhitungan dengan metode jaringan syaraf tiruan ini terlebih dahulu mengetahui data input dan target agar bisa meramalkan beban puncak ditahun berikutnya.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data beban puncak PT. PLN Jambi dan data perhitungan manual dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2025. Algoritma peramalan beban puncak untuk tahun 2017 sampai dengan 2025 dengan menggunakan *Neural Network* adalah sebagai berikut:

1. Penyeleksian Data

Data tahun yang digunakan sebagai acuan pembelajaran adalah 7 tahun selama tahun 2010 – 2016.

2. Penentuan *Range* Pembelajaran (*Learning Range*) *Neural Network*

Tahun yang digunakan sebagai *input* latih adalah tahun 2011 – 2015 dan target 2016- 2020, kemudian *input* uji peramalan adalah tahun 2016 – 2020 dan target tahun 2021 – 2025.

3. Proses Pembelajaran dan Peramalan Menggunakan *Backpropagation*

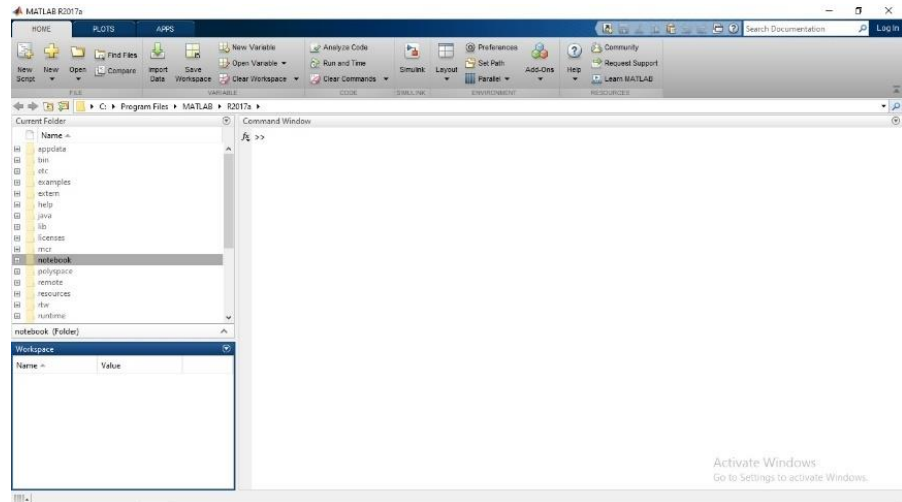
Proses pembelajaran menggunakan 25 pola dengan 5 *input* dan 1 target keluaran, artinya jika tahun 2011 sampai 2015 digunakan sebagai *input*, maka akan menghasilkan data tahun 2016. Pola tersebut kemudian terus menerus diulang dengan mengurangi 1 tahun sebelumnya dan ditambah 1 tahun baru untuk menghasilkan prediksi tahun berikutnya.

Tabel 4.6 Data beban puncak perhitungan manual

Tahun	Beban Puncak (MW)
2010	266,8
2011	275
2012	283,5
2013	292,3
2014	300,5
2015	324,7
2016	420,8
2017	455,5
2018	493,1
2019	533,8
2020	577,9
2021	625,6
2022	677,3
2023	733,2
2024	793,8
2025	859,4

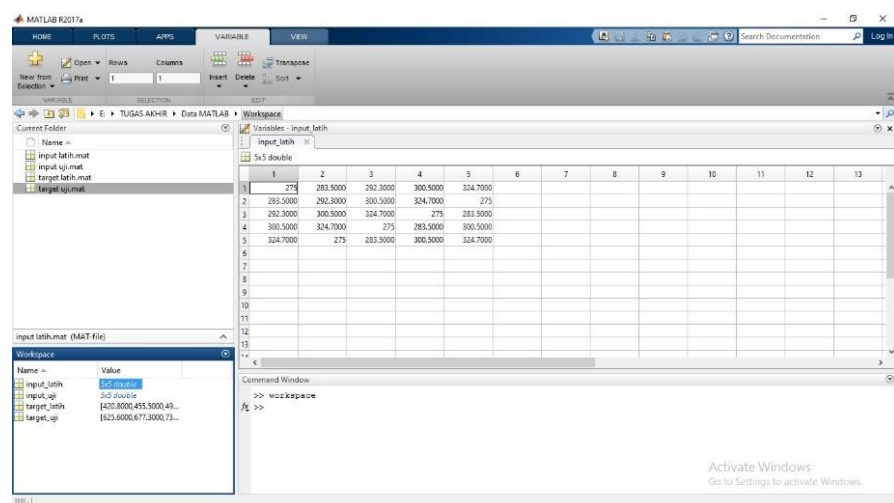
Langkah – langkah pembelajaran:

1. Buka *software* Matlab



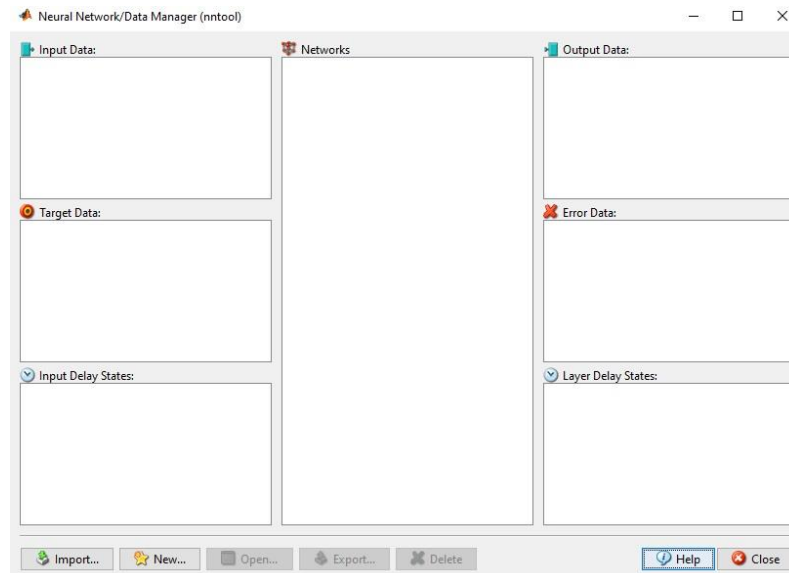
Gambar 4.2 Tampilan awal *software* Matlab

2. Pada *command window* ketik *workspace* untuk memindahkan data dari Microsoft Excel ke Matlab, seperti pada gambar.



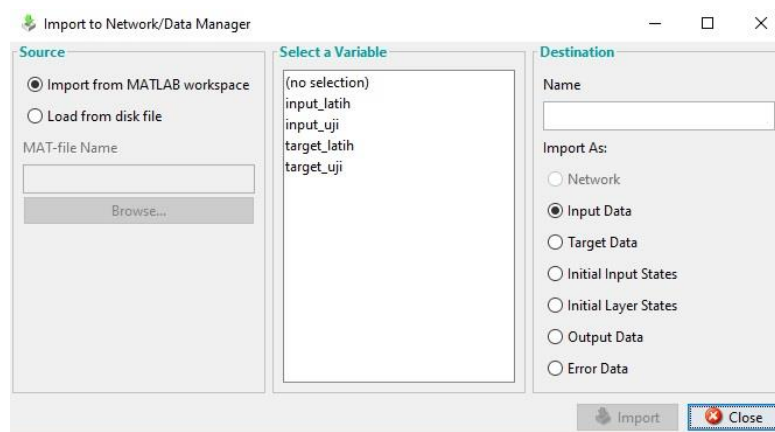
Gambar 4.3 *Command window workspace*

3. Pada *command window* ketik `nntool` untuk mengaktifkan *toolbox neural network*, seperti pada gambar.



Gambar 4.4 *Toolbox neural network*

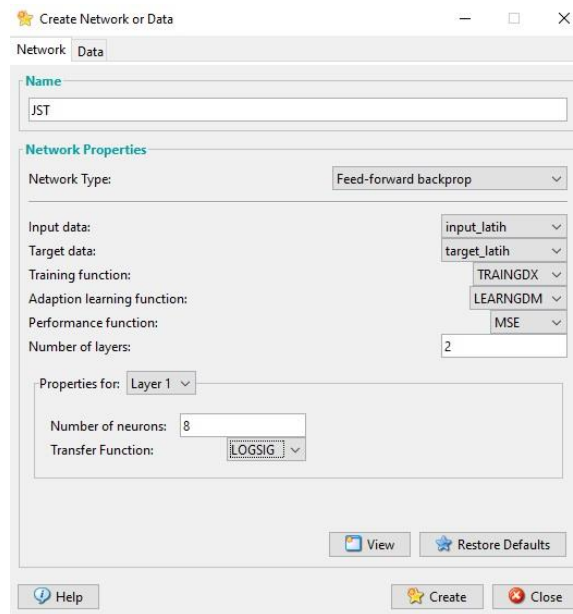
4. Klik tombol *import* yang berada di bagian pojok kiri selanjutnya muncul tampilan seperti gambar dibawah ini dan masukkan semua data yang diperlukan yang sudah dibuat sebelumnya pada *workspace*. Pilih data sesuai input dan target.



Gambar 4.5 *Import to network/data manager*

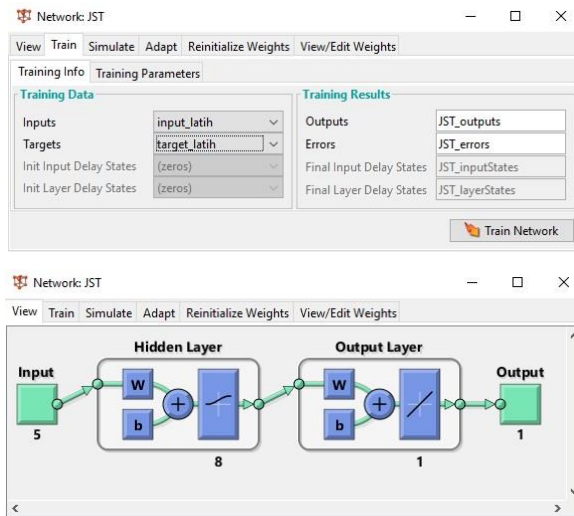
5. Kembali ke *toolbox network/data manager* dan klik *new* lalu akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini, setelah itu beri nama *network*, atur pembelajaran yang digunakan, data input, data target,

parameter pembelajaran, jumlah *layer* yang digunakan, dan jumlah *hidden layer* yang digunakan, lalu klik *create*.



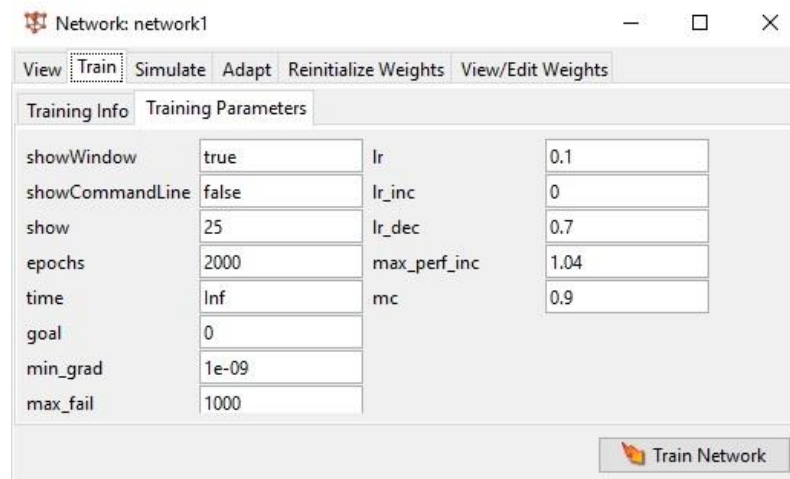
Gambar 4.6 *Create network*

6. Setelah membuat *network* atau jaringan pembelajaran, maka Matlab akan mengarahkan kembali untuk masuk *toolbox network/ data manager*. Dalam *toolbox network* terdapat kotak *input* data yang berisikan data-data yang digunakan sebagai pembelajaran ataupun yang akan digunakan untuk melakukan test prakiraan. Kotak target data berisikan hasil target pembelajaran, kotak *network* berisikan jaringan pembelajaran dan juga test beserta parameter-parameter pendukung, kotak *output* data berisikan keluaran yang diperoleh dalam proses pembelajaran dan juga proses prakiraan, kotak *error* data menunjukkan *error* yang terjadi selama masa pembelajaran.
7. Selanjutnya untuk melakukan pembelajaran jaringan dan juga prakiraan klik 2 kali pada nama *network* yang akan bekerja. Di dalam *network* tersebut berisi gambar jaringan dan juga data info pelatihan harus di *input* untuk menemukan jenis pembelajaran yang tepat seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.7 Bentuk jaringan dan info pelatihan

8. Setelah memasukkan data input dan target selanjutnya ke tahap pelatihan



Gambar 4.8 Parameter pelatihan

Parameter yang digunakan:

- a. Fungsi aktivasi logsig

Fungsi aktivasi yang digunakan untuk menjembatani perbandingan antara hasil penjumlahan nilai semua bobot yang akan datang dengan nilai input dengan suatu nilai ambang (*threshold*) adalah fungsi aktivasi logsig yang sudah tersedia di dalam toolbox Matlab.

b. *Epoch*

Dalam penelitian ini, hasil terbaik ditunjukkan dengan nilai epoch 2000, nilai ini bisa diubah-ubah, epoch atau bisa juga disebut iterasi adalah salah satu stop condition ketika *layer* melakukan pembelajaran, sesuai dengan pernyataan epoch merupakan suatu langkah yang dilakukan dalam pembelajaran neural network, jika besarnya nilai epoch lebih besar dari epoch maksimum yang telah ditetapkan maka proses pembelajaran akan berhenti.

c. *Alpha / Goal*

Dalam penelitian ini, hasil pembelajaran terbaik dengan menggunakan alpha atau goal dengan nilai 0. Alpha atau bisa disebut laju pembelajaran merupakan parameter jaringan dalam mengendalikan proses penyesuaian bobot.

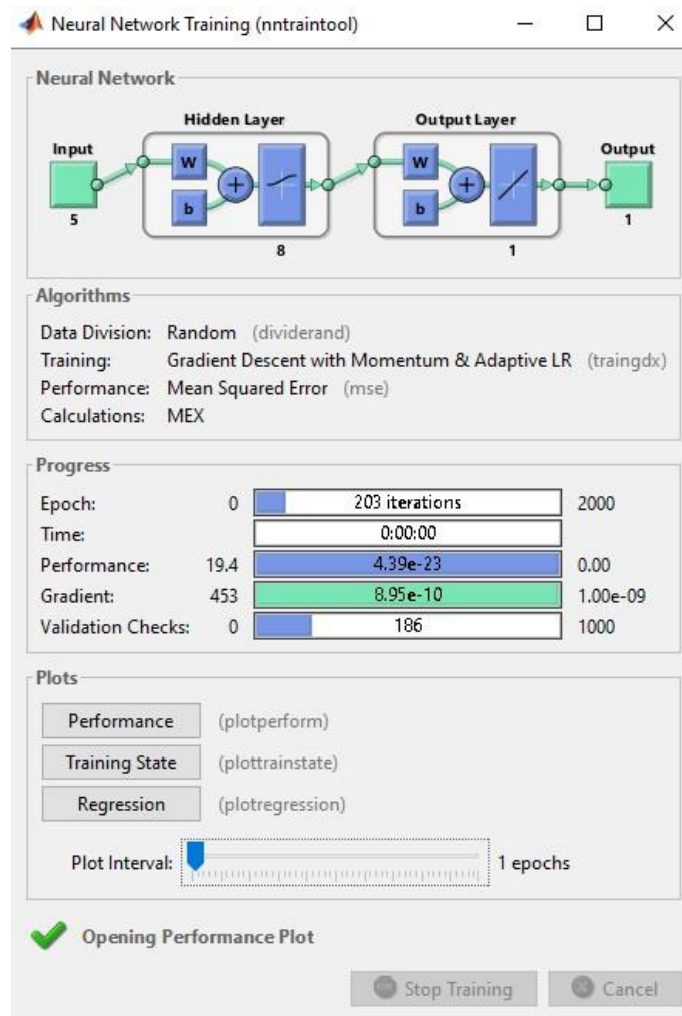
d. *Hidden layer*

Semakin banyak *hidden layer* maka pembelajaran semakin baik namun waktu yang diperlukan menjadi semakin lama, dalam penelitian ini peneliti menggunakan *hidden layer* sebanyak 8, pemilihan *hidden layer* ini karena pembelajaran dengan *hidden layer* dengan nilai 10 dan 20 membuat laju pembelajaran menjadi semakin lambat sedangkan *hidden layer* dengan jumlah kurang dari 8 membuat laju pembelajaran sangat singkat dengan nilai *error* yang tinggi.

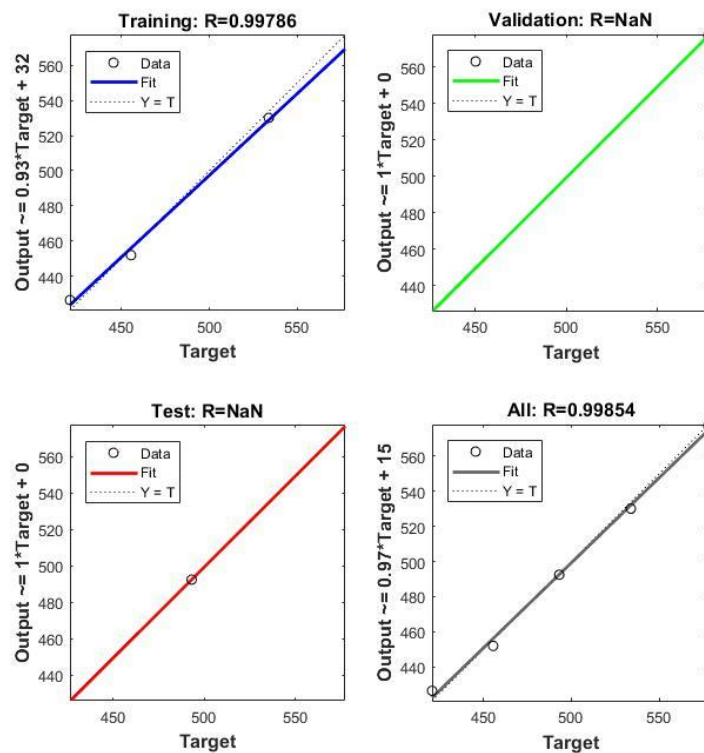
e. *Traingdx*

Fungsi pembelajaran dalam metode *backpropagation* ada beberapa pilihan, dalam penelitian ini digunakan fungsi pembelajaran *gradient descent* dengan momentum dan *adaptive learning rate* (GDX / *traingdx*). Algoritma *traingdx* melakukan *update* pada *weight* sesuai dengan metode *gradient descent* dengan *adaptive learning rate* dikombinasikan dengan momentum untuk mempercepat laju pembelajaran jaringan.

9. Setelah mengetahui parameter pelatihan selanjutnya klik *train network* maka akan tampak hasil dari pelatihan seperti pada gambar dibawah ini.

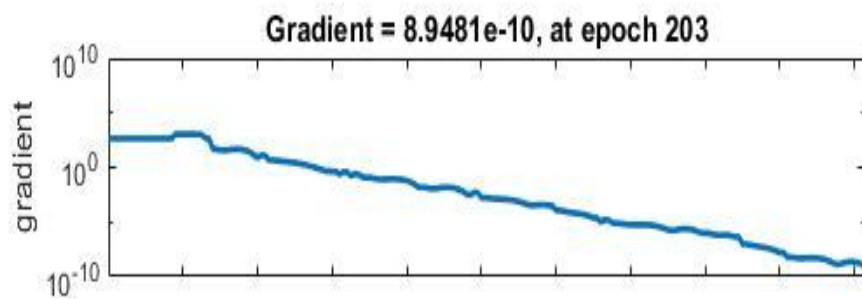


Gambar 4.9 Proses pelatihan



Gambar 4.10 Hasil *Regression*

Pada proses pelatihan ini telah di dapatkan nilai *epoch* yang terbaik setelah dilakukan beberapa pengulangan percobaan, dilihat dari *regression* pada Gambar 4.10 dimana garis pelatihan mendekati garis terbaik yang telah di tetapkan pada JST, nilai *epoch* terbaik yang didapat adalah 203 *iterations* dan 186 *validation checks* dari 2000 *epoch* yang di tentukan. Nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebanding dengan 10^{-2} dengan gradien sebesar $8.9481e-10$ pada epoch 203.



Gambar 4.11 Hasil *Gradient*

Setelah menemukan hasil yang diinginkan pada proses pelatihan, selanjutnya adalah proses pengujian. Didapatkan nilai:

Tabel 4.7 Hasil pengujian tahun 2016 - 2020

Hasil Tahun 2016 - 2020					
Pola	2016	2017	2018	2019	2020
x1	275	283.5	292.3	300.5	324.7
x2	283.5	292.3	300.5	324.7	275
x3	292.3	300.5	324.7	275	283.5
x4	300.5	324.7	275	283.5	300.5
x5	324.7	275	283.5	300.5	324.7
target	420.8	455.5	493.1	533.8	577.9
hasil	426.4329	451.9867	492.4948	530.0444	577.1824
error	-5.6329	3.5133	0.60518	3.7556	0.71755

Tabel 4.8 Hasil pengujian tahun 2021 - 2025

Hasil Tahun 2021 - 2025					
Pola	2021	2022	2023	2024	2025
x1	420.8	455.5	493.1	533.8	577.9
x2	455.5	493.1	533.8	577.9	455.5
x3	493.1	533.8	577.9	455.5	493.1
x4	533.8	577.9	455.5	493.1	533.8
x5	577.9	455.5	493.1	533.8	577.9
target	625.6	677.3	733.2	793.8	859.4
hasil	621.9277	678.9772	728.2008	794.0761	855.8628
error	3.6723	-1.6772	4.9992	-0.27611	3.5372

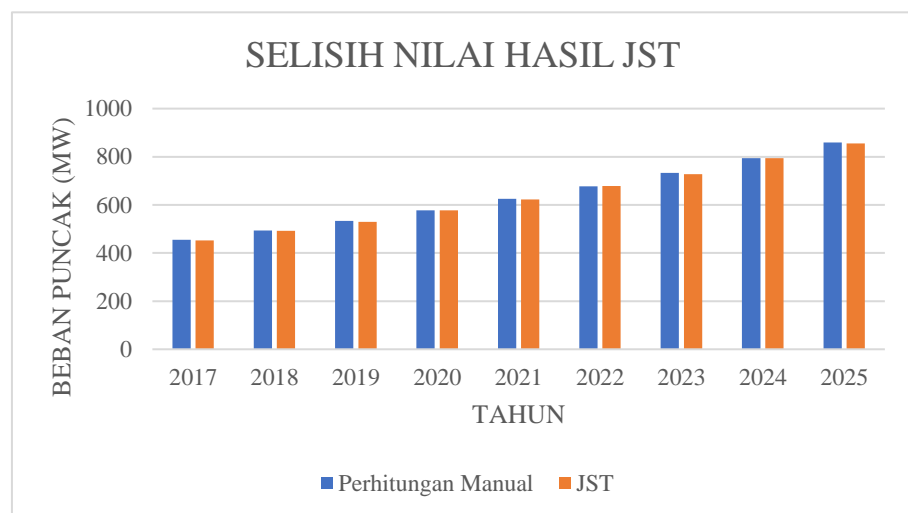
Berdasarkan hasil dari data yang telah didapatkan setelah melakukan pengujian beban puncak Kota Jambi tahun 2017 – 2025 dengan menggunakan *software* Matlab R2017a. Konsumsi beban puncak Kota Jambi pada tahun 2017 – 2025 secara berturut-turut di prediksi akan mencapai 451.9 MW, 492.5 MW, 530 MW, 577.2 MW, 621.9 MW, 679 MW, 728.2 MW, 794.1 MW, 855.9 MW. Secara persentase rata-rata kenaikan yang terjadi pada setiap tahunnya adalah 6.3%, terjadi peningkatan persentase dari tahun 2010 – 2016 yang

hanya 3.09%. Kenaikan yang terjadi dikarenakan oleh faktor pertumbuhan penduduk pada setiap tahunnya.

Setelah dilakukan peramalan dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan yang menggunakan data pada perhitungan manual terdapat beberapa selisih data, seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.9 Data selisih perhitungan JST dengan perhitungan manual

Tahun	Perhitungan Manual (MW)	Metode JST (MW)	Selisih/ Error
2017	455,5	451,9867	3,5133
2018	493,1	492,4948	0,6052
2019	533,8	530,0444	3,7556
2020	577,9	577,1824	0,7176
2021	625,6	621,9277	3,6723
2022	677,3	678,9772	-1,6772
2023	733,2	728,2008	4,9992
2024	793,8	794,0761	-0,2761
2025	859,4	855,8628	3,5372



Gambar 4.12 Selisih nilai hasil JST

Dapat dilihat dari data hasil selisih atau *error* diatas bahwa metode JST memiliki *error* data yang cukup rendah dan mendekati data perhitungan manual, yang berarti metode JST layak digunakan sebagai metode peramalan beban listrik jangka panjang.