

APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK PROVINSI D.I.YOGYAKARTA TAHUN 2016-2025

Andreas Kristianto ^{*)}, Susatyo Handoko, and Karnoto

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: andreas.kristianto11@yahoo.com

Abstrak

Peningkatan permintaan energi listrik membuat perusahaan penyedia energi listrik perlu membuat suatu proyeksi atau peramalan, agar tercukupinya permintaan energi listrik dimasa yang akan datang. Hasil dari peramalan dapat dijadikan pertimbangan dalam mengambil kebijakan yang akan diterapkan di masa mendatang. Pada penelitian ini dilakukan suatu peramalan kebutuhan energi listrik Provinsi D.I.Yogyakarta untuk tahun 2016-2025 menggunakan metode Jaringan syaraf tiruan (JST) dengan bantuan *nntool* pada *software* MATLAB R2016a. Arsitektur yang digunakan pada jaringan pelatihan menggunakan algoritma *backpropagation* dengan 8 masukan yang terdiri dari data historis jumlah pelanggan (sektor rumah tangga, bisnis, publik, dan komersil) dan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) sektor rumah tangga, bisnis, publik, dan komersil tahun 2006-2015, kemudian untuk lapisan tersembunyi pertama menggunakan 16 *neuron* dan 8 *neuron* untuk lapisan kedua. Sedangkan untuk lapisan keluaran menggunakan 1 *neuron* yaitu konsumsi energi listrik tahun 2006-2015. Hasil pelatihan jaringan menghasilkan pola yang selanjutnya akan digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan energi listrik tahun 2016-2025. Proyeksi menggunakan metode JST menunjukkan rata-rata *error* atau perbedaan sebesar 1,89% terhadap RUPTL 2015-2025, dengan besar rata-rata pertumbuhan konsumsi listrik sebesar 6,90% tiap tahunnya.

Kata kunci: proyeksi energi listrik, jaringan syaraf tiruan backpropagation, MATLAB R2016a, RUPTL 2015-2025

Abstract

The increasing demand of electrical supply urges the supplier company to make forecasting, in order to fulfill the demand for electrical energy in the future. The results of forecasting can be taken into consideration in creating the policy that will be applied in the future. In this study, Artificial Neural Network method (ANN) will be applied to make a forecasting of electric energy consumption in D.I.Yogyakarta Province for the year 2016-2025, using Neural Network Toolbox (*nntool*) in MATLAB R2016a. Training network concept uses backpropagation algorithm with 8 inputs, consist of historical data on the quantity consumer of electrical energy (household, business, public and commercial sector) and Gross Regional Domestic Product (GRDP) in household, business, public and commercial sectors of the year of 2006-2015. Moreover, the hidden layer uses 16 neurons for the first hidden layer and 8 neurons for second layer. As for the output layer, it uses 1 neuron which represents electric energy consumption in 2006-2015. The results of network training produce patterns that will be used to predict the consumption of electrical energy in 2016-2025. Forecasting using ANN method shows an average error or difference at 1.89% compared to RUPTL 2015-2025, with the annual average growth of electricity consumption at 6.90%.

Keyword: forecasting of electricity, backpropagation neural network, MATLAB R2016a, RUPTL 2015-2025

1. Pendahuluan

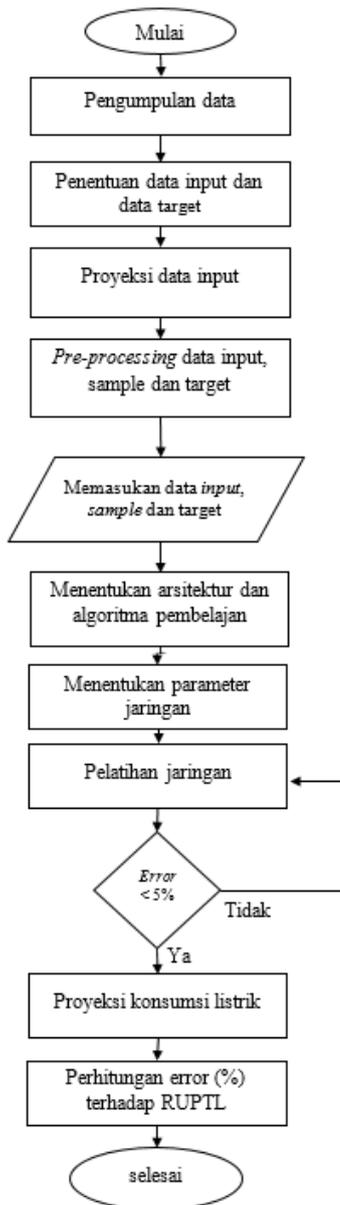
Ketersediaan energi listrik pada masa mendatang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat di masa mendatang. Untuk itu perusahaan penyedia energi listrik perlu melakukan proyeksi konsumsi energi listrik sampai periode tertentu, dengan begitu perusahaan penyedia energi listrik dapat membuat kebijakan yang lebih baik untuk masa mendatang. [1][2][3]

Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memproyeksikan besarnya konsumsi energi listrik pada masa yang akan datang berdasarkan pola konsumsi energi listrik dimasa yang lampau, karena kemampuan dari jaringan saraf tiruan *backpropagation* untuk mengingat dan membuat generalisasi dari apa yang sudah ada sebelumnya. [4][5]

2. Metode

Metode yang digunakan dalam proyeksi *input* (jumlah pelanggan dan PDRB) yaitu *trend* eksponensial sedangkan untuk proyeksi konsumsi energi listrik digunakan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Secara garis besar penyusunan penelitian ini dapat digambarkan dalam *flowchart* berikut. [6][7]

2.1. Diagram alir atau *flowchart* penelitian

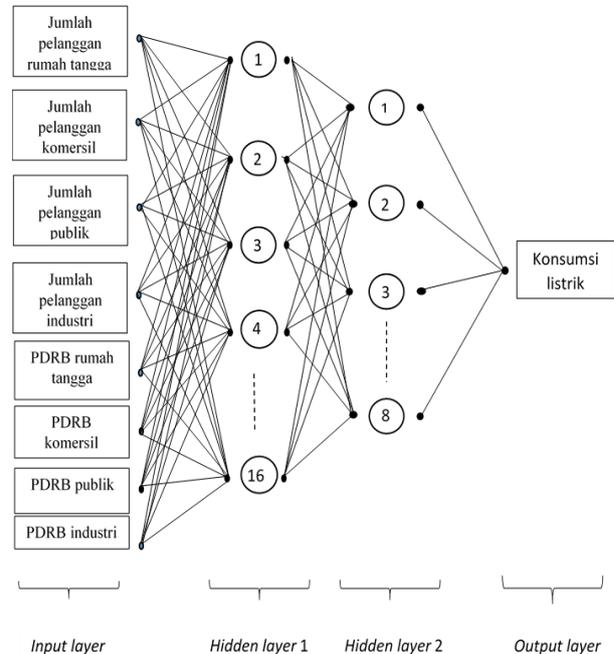


Gambar 1. *Flowchart* atau diagram alir penelitian

2.2. Arsitektur Jaringan

Arsitektur yang digunakan adalah *multilayer* dengan algoritma *backpropagation* atau dalam *ntools* pada

MATLAB yaitu *feed-forward backpropagation*. Jaringan menggunakan lapisan *input* 8 unit, lapisan *hidden-layer* 16 unit, dan lapisan *output* 1 unit (8-16-1) dengan fungsi aktifasi *purelin* / linear.



Gambar 2. Arsitektur jaringan pelatihan dengan algoritma *feed-forward backpropagation*

2.3. Parameter Pelatihan

Parameter pelatihan menentukan dimana pelatihan harus dihentikan atau sudah memenuhi kriteria yang telah ditentukan, berikut merupakan parameter yang digunakan pada pelatihan jaringan.

1. Jumlah *epoch* atau iterasi
Epoch atau iterasi merupakan siklus pelatihan jaringan. Iterasi akan berhenti jika sudah memenuhi kriteria parameter lain atau sudah mencapai batas maksimum iterasi. Pada percobaan ini batas maksimum *epoch* yang digunakan yaitu 1000.
2. *Time* / waktu pelatihan
Pelatihan juga akan berhenti jika sudah mencapai batas waktu yang telah ditentukan, pada percobaan ini waktu yang digunakan yaitu *infinite* / tak terbatas.
3. *Goal* / target error
Goal merupakan target error yang ingin dicapai pada pelatihan. *Goal* mempengaruhi performa pelatihan, pada percobaan ini nilai target yaitu 0, dimana pelatihan akan terus dilakukan hingga mendekati nilai target atau akan berhenti bila sudah memenuhi parameter lainnya.
4. *Fail*/ kegagalan performa
Pelatihan akan berhenti jika kinerja validasi data saat pelatihan melebihi batas kegagalan (*max_fail*) yang ditentukan. Pada pelatihan ini kegagalan dibatasi

sebanyak 100 kali dengan tujuan agar memberikan alternatif *output* lebih baik.

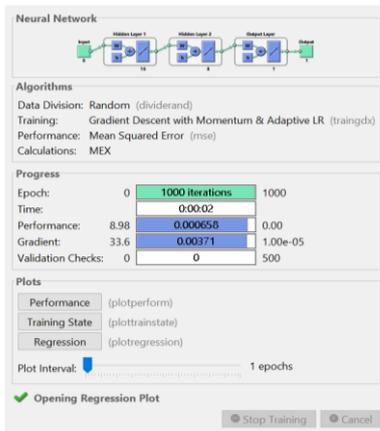
5. *Learning rate* / rasio pelatihan

Yaitu besarnya rasio atau skala dalam perubahan atau penambahan bobot dan bias dalam pelatihan jaringan. Pada percobaan ini nilai rasio (*lr*) yang digunakan yaitu 0,001 yang bertujuan untuk memperkecil perubahan nilai bobot agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pelatihan jaringan

Pada penelitian ini digunakan arsitektur *JST Backpropagation multilayer neural network*, dimana terdapat lebih dari satu lapisan dalam satu jaringan. Jumlah lapisan yang digunakan adalah 1 lapisan *input* dengan 8 neuron, 2 lapisan tersembunyi dengan 16 neuron pada lapisan tersembunyi pertama dan 8 neuron pada lapisan tersembunyi kedua, dan 1 neuron pada lapisan *output*.



Gambar 3. Pelatihan jaringan

JST Backpropagation dibentuk dan dilatih dengan *neural network toolbox* pada matlab. Selama proses pelatihan bobot dan bias akan terus diperbaiki hingga nilai *error* cukup kecil. Pelatihan akan dihentikan ketika parameter pelatihan sudah ada yang terpenuhi (*epoch* atau *goal*). Pada gambar 3 dapat dilihat pelatihan membutuhkan 1000 iterasi untuk mendapatkan pola yang diinginkan.

3.2. Validasi *output* pelatihan

Validasi data dibutuhkan untuk melihat *output* hasil pelatihan, jika rata-rata *error* dari hasil pelatihan terhadap data *target* melebihi 5% maka pelatihan akan diulang kembali dengan bobot dan bias yang berbeda hingga mendapatkan *error* yang diinginkan. Pelatihan yang telah didapat dengan *error* kurang dari 5% akan dijadikan digunakan untuk simulasi data *sample* (hasil proyeksi data *input*).

Pada tabel 1 dapat kita lihat perbedaan atau besar *error* antara *output* pelatihan dengan data *target* (normalisasi data konsumsi listrik 2006-2015). Rata-rata *error* yang didapat pada pelatihan yaitu 3,55% sehingga pelatihan sudah dianggap baik dan memenuhi syarat untuk digunakan dalam proyeksi konsumsi listrik.

Tabel 1. Perbandingan hasil *output* pelatihan terhadap data *target*

TAHUN	TARGET	OUTPUT PELATIHAN	ERROR
2006	-1	-1,01	0,71%
2007	-0,77	-0,78	1,14%
2008	-0,6	-0,60	0,41%
2009	-0,4	-0,45	5,00%
2010	-0,19	-0,26	6,52%
2011	-0,08	-0,06	2,49%
2012	0,22	0,25	3,24%
2013	0,51	0,46	4,76%
2014	0,8	0,80	0,31%
2015	1	1,11	10,91%
Total error			3,55%

3.3. Proyeksi konsumsi listrik

Setelah pelatihan dilakukan didapat nilai bobot dan bias yang selanjutnya digunakan untuk proyeksi konsumsi listrik. Untuk proses selanjutnya data proyeksi jumlah pelanggan dan PDRB atau *sample* menjadi *input* untuk disimulasikan ke dalam jaringan yang telah dilatih. Dengan asumsi bahwa nilai bobot dan bias yang digunakan sama untuk proses pelatihan dan simulasi maka didapatkan maka kita bisa mencari nilai konsumsi energi listrik untuk tahun 2016-2025.

Tabel 2. Hasil simulasi pada software MATLAB

TAHUN	HASIL SIMULASI
2016	1,419451
2017	1,740524
2018	2,095991
2019	2,461163
2020	2,851526
2021	3,253173
2022	3,686928
2023	4,153509
2024	4,635468
2025	5,158469

Nilai konsumsi energi listrik yang didapat dari proyeksi menggunakan *software* MATLAB masih dalam bentuk data normalisasi, untuk itu dibutuhkan *pro-processing* data

atau denormalisasi untuk mendapatkan nilai dalam satuan GWh. Untuk mendapatkan konsumsi listrik dalam nilai satuan GWh dibutuhkan proses *post-processing* atau denormalisasi dengan menggunakan rumus:

$$X_n = 2 \times \frac{(X - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} - 1 \quad (1)$$

$$X = 0,5 \times (X_n + 1) \times (X_{max} - X_{min}) + X_{min} \quad (2)$$

Ket:

X_n = data normalisasi

X = data real

X_{min} = nilai minimal data

X_{max} = nilai maksimum data

Post-processing mengacu pada rumus yang digunakan untuk normalisasi data sebelumnya sehingga asumsi nilai minimal (X_{min}) dan maksimal (X_{max}) data yang digunakan sama pada proses *pre-processing* konsumsi listrik dimana nilai X_{min} yaitu 1.351 GWh dan X_{max} yaitu 2.484 GWh. *Post-processing* data dilakukan untuk tahun 2016 hingga tahun 2025. Berikut merupakan perhitungan *post-processing* untuk hasil simulasi *target* tahun 2016 dan 2017:

$$X_{2016} = 0,5 \times (1,419451 + 1) \times (2,484 \text{ GWh} - 1,351 \text{ GWh}) + 1,351 \text{ GWh}$$

$$X_{2016} = 0,5 \times 2,419451 \times 1,133 + 1,351 \text{ GWh}$$

$$X_{2016} = 2,722 \text{ GWh}$$

$$X_{2017} = 0,5 \times (1,740524 + 1) \times (2,484 \text{ GWh} - 1,351 \text{ GWh}) + 1,351 \text{ GWh}$$

$$X_{2017} = 0,5 \times 2,740524 \times 1,133 + 1,351 \text{ GWh}$$

$$X_{2017} = 2,904 \text{ GWh}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat besar atau nilai 2.722 GWh untuk konsumsi energi listrik tahun 2016 dan 2.904 GWh untuk tahun 2017. Untuk perhitungan konsumsi listrik tahun 2018 hingga tahun 2025 menggunakan cara yang sama seperti diatas. Hasil *post-processing* data ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini.

Pada tabel 3 dapat dilihat hasil proyeksi konsumsi listrik dengan JST *Backpropagation* dalam nilai sebenarnya atau dalam satuan GWh, dimana besar konsumsi listrik yaitu 2.722 GWh pada tahun 2016 sampai 4.840 GWh pada tahun 2025.

Tabel 3. Konsumsi listrik (GWh) 2016-2025

TAHUN	KONSUMSI LISTRIK (GWH)	PERTUMBUHAN (%)
2016	2.722	9,58%
2017	2.904	6,69%
2018	3.105	6,92%
2019	3.312	6,67%
2020	3.533	6,67%
2021	3.760	6,43%
2022	4.006	6,54%
2023	4.270	6,59%
2024	4.543	6,39%
2025	4.840	6,54%
rata-rata pertumbuhan		6,90%

3.4. Perbandingan proyeksi konsumsi listrik antara metode JST dengan RUPTL PLN tahun 2016-2025

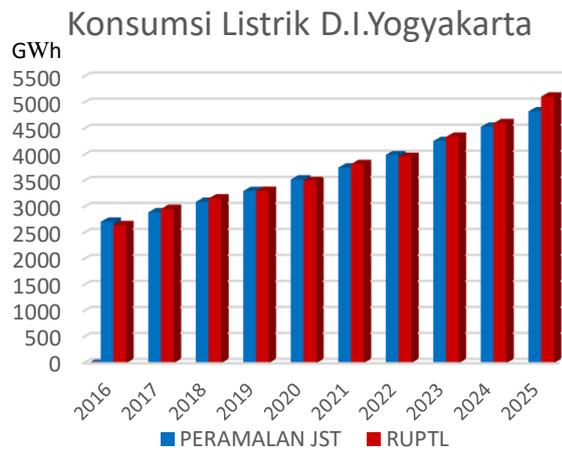
Pada tabel 4 berikut menunjukkan perbandingan proyeksi konsumsi listrik dari tahun 2016-2025 D.I.Yogyakarta dengan metode JST dengan RUPTL.

Tabel 4. Perbandingan proyeksi konsumsi listrik JST *backpropagation* dengan RUPTL

TAHUN	JST BACKPROPAGATION (GWh)	RUPTL (GWh)
2016	2.722	2.655
2017	2.904	2.968
2018	3.105	3.168
2019	3.312	3.312
2020	3.533	3.511
2021	3.760	3.828
2022	4.006	3.966
2023	4.270	4.351
2024	4.543	4.612
2025	4.840	5.122

Pada tabel diatas dapat kita lihat kenaikan konsumsi listrik dari tahun 2006 sampai tahun 2025 dengan metode JST dan RUPTL. Pada metode JST kenaikan konsumsi listrik sebesar 2.355 GWh dari tahun 2015-2025 sedangkan pada RUPTL kenaikan sebesar 2.638 GWh. Kenaikan besar konsumsi listrik pada metode JST cenderung stabil dibandingkan dengan RUPTL hal tersebut karena metode JST mengenali pertumbuhan pola *input* (jumlah pelanggan dan PDRB) yang cenderung stabil untuk mendapatkan besar konsumsi listrik sedangkan pada RUPTL menggunakan faktor-faktor selain pertumbuhan jumlah pelanggan dan PDRB seperti pertumbuhan jumlah penduduk dan rasio elektrifikasi sehingga pertumbuhan

konsumsi listrik pada RUPTL terlihat cukup besar dibandingkan dengan metode JST.



Gambar 4. Grafik perbandingan konsumsi listrik 2016-2025 D.I.Yogyakarta

Pada gambar 4 dapat kita lihat pertumbuhan konsumsi listrik D.I.Yogyakarta dari tahun 2016-2025 dalam grafik batang. Pada tahun 2016-2025 terlihat jelas perbedaan kenaikan konsumsi listrik dengan metode JST *Backpropagation* dan proyeksi RUPTL PT PLN (persero), dimana besar pertumbuhan berdasarkan RUPTL terlihat lebih besar dari proyeksi dengan metode JST. Dari tabel 4 kita juga dapat menghitung besar *error* perhitungan antar dua metode tersebut dengan menggunakan rumus:

$$e = \left| \frac{(X_{jst} - X_{ruptl})}{X_{ruptl}} \right| \times 100\% \quad (3)$$

Ket:

E = *error* atau perbedaan (%)

X_{jst} = data proyeksi JST

X_{ruptl} = data proyeksi RUPTL

Berikut merupakan perhitungan *error* untuk hasil proyeksi JST dengan RUPTL pada tahun 2016:

$$e = \left| \frac{(2.722 \text{ GWh} - 2.655 \text{ GWh})}{2.655 \text{ GWh}} \right| \times 100\%$$

$$e = 2,51\%$$

Dari besar *error* yang didapat tiap tahunnya kita mendapatkan nilai rata-rata *error* proyeksi konsumsi energi listrik dari tahun 2016 hingga tahun 2025. Untuk hasil perhitungan *error* tahun 2017 hingga tahun 2025 menggunakan cara yang sama yang ditunjukkan pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Perbandingan *error* JST dengan RUPTL

TAHUN	JST (GWh)	RUPTL (GWh)	ERROR (%)
2016	2.722	2.655	2,51
2017	2.904	2.968	2,17
2018	3.105	3.168	1,99
2019	3.312	3.312	0,01
2020	3.533	3.511	0,62
2021	3.760	3.828	1,77
2022	4.006	3.966	1,01
2023	4.270	4.351	1,85
2024	4.543	4.612	1,49
2025	4.840	5.122	5,51
Rata-rata <i>error</i>			1,89

Dari tabel 5 dapat kita lihat besar rata-rata *error* dari tahun 2016-2024 dibawah 5% namun pada tahun 2025 besar *error* proyeksi diatas 5% yaitu 5,51%, hal tersebut dapat terjadi karena perbedaan faktor *input* proyeksi antara metode JST dengan RUPTL. Namun untuk rata-rata *error* proyeksi sudah baik yaitu 1,89% yang menunjukkan proyeksi dengan JST masih dibawah toleransi penyimpangan proyeksi yang diharapkan yaitu $\pm 5\%$. [8]

4. Kesimpulan

Hasil proyeksi konsumsi energi listrik D.I.Yogyakarta pada tahun 2016 hingga 2025 dengan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* diperoleh kenaikan dari 2.484 GWh pada tahun 2015 menjadi sebesar 4.840 GWh pada tahun 2025 dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 6,90%. Lalu pada hasil pelatihan jaringan memiliki rata-rata perbedaan atau *error* terhadap nilai *target* atau konsumsi listrik 2006-2015, dimana nilai rata-rata *error* pelatihan sebesar 3,55%. Sedangkan untuk proyeksi konsumsi energi listrik D.I.Yogyakarta sendiri memperoleh perbedaan atau *error* terhadap RUPTL 2016-2025 dengan nilai rata-rata *error* sebesar 1,89%.

Agar didapat nilai proyeksi yang lebih baik, sebaiknya menggunakan data *input* yang lebih lengkap, seperti rasio elektrifikasi dan jumlah penduduk dengan jarak data historis yaitu setiap bulan untuk 10 tahun atau lebih, sehingga pembentukan pola menjadi lebih baik. Berdasarkan hasil proyeksi, dimana *error* atau perbedaan yang didapatkan dinilai kecil (1,89%) maka PLN dapat menggunakan proyeksi jaringan syaraf tiruan sebagai masukan agar PLN dapat mempersiapkan kebijakan yang lebih tepat.

Lampiran A

Tabel A.1. Jumlah pelanggan D.I.Yogyakarta tahun 2006-2015

JUMLAH PELANGGAN D.I.YOGYAKARTA										
SEKTOR	TAHUN									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rumah Tangga	627.518	695.442	717.270	73.8689	760.554	788.976	825.014	864.833	901.924	951.582
Komersil	25.814	27.301	28.844	30.530	32.863	35.096	37.981	40.482	43.623	48.132
Publik	20.362	22.358	23.719	24.800	25.895	26.975	28.320	29.993	31.510	30.822
Industri	440	456	460	474	473	480	501	513	555	591

Tabel A.2. Pendapatan Domestik Regional Bruto D.I.Yogyakarta tahun 2006-2015

PDRB D.I.YOGYAKARTA (JUTA RUPIAH)										
SEKTOR	TAHUN									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rumah Tangga	3.857.310	4.031.048	4.244.549	4.441.299	4.669.154	4.875.772	5.306.150	5.518.713	5.943.273	6.295.450
Komersil	23.820.168	24.893.059	26.211.497	27.426.491	28.833.569	29.894.900	31.561.992	32.980.559	34.369.183	35.995.205
Publik	12.957.852	13.541.490	14.258.703	14.919.643	15.685.074	16.951.023	18.244.843	19.536.362	20.818.994	22.082.960
Industri	12.797.663	13.374.086	14.082.433	14.735.202	15.491.171	16.328.180	16.589.464	17.591.816	18.404.632	19.100.825

Tabel A.3. Konsumsi energi listrik D.I.Yogyakarta tahun 2006-2015

KONSUMSI ENERGI LISTRIK D.I.YOGYAKARTA (GWh)										
SEKTOR	TAHUN									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	1.351	1.482	1.578	1.689	1.809	1.870	2.044	2.206	2.370	2.484

Tabel A.4. Data normalisasi *input* matriks 8 × 10

INPUT	SEKTOR	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
jumlah pelanggan	Rumah Tangga	-1,00	-0,58	-0,45	-0,31	-0,18	0,00	0,22	0,46	0,69	1,00
	Komersil	-1,00	-0,87	-0,73	-0,58	-0,37	-0,17	0,09	0,31	0,60	1,00
	Publik	-1,00	-0,64	-0,40	-0,20	-0,01	0,19	0,43	0,73	1,00	0,88
	Industri	-1,00	-0,79	-0,74	-0,55	-0,56	-0,47	-0,19	-0,03	0,52	1,00
PDRB	Rumah tangga	-1,00	-0,86	-0,68	-0,52	-0,33	-0,16	0,19	0,36	0,71	1,00
	Komersil	-1,00	-0,82	-0,61	-0,41	-0,18	0,00	0,27	0,50	0,73	1,00
	Pubik	-1,00	-0,87	-0,71	-0,57	-0,40	-0,12	0,16	0,44	0,72	1,00
	Industri	-1,00	-0,82	-0,59	-0,39	-0,15	0,12	0,20	0,52	0,78	1,00

Tabel A.5. Data normalisasi *sample* matriks 8×10

INPUT	SEKTOR	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
jumlah pelanggan	Rumah Tangga	1,28	1,57	1,87	2,19	2,53	2,88	3,25	3,63	4,03	4,45
	Komersil	1,31	1,64	2,00	2,38	2,78	3,22	3,69	4,19	4,73	5,31
	Publik	1,14	1,41	1,70	2,00	2,31	2,64	2,98	3,34	3,72	4,11
	Industri	1,26	1,52	1,81	2,10	2,39	2,70	3,02	3,35	3,69	4,04
PDRB	Rumah tangga	1,29	1,59	1,92	2,26	2,62	2,99	3,39	3,82	4,26	4,74
	Komersil	1,28	1,57	1,87	-0,41	2,52	2,87	3,24	3,62	4,02	4,44
	Pubik	1,30	1,61	1,94	2,29	2,67	3,07	3,49	3,93	4,41	4,91
	Industri	1,28	1,56	1,87	2,18	2,51	2,85	3,21	3,59	3,99	4,40

Tabel A.5. Data normalisasi *target* matriks 1×10

KONSUMSI LISTRIK	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
normalisasi	-1,00	-0,77	-0,60	-0,40	-0,19	-0,08	0,22	0,51	0,80	1,00

Referensi

- [1]. Suhono. Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi Listrik di Wilayah Kabupaten Sleman Menggunakan Perangkat Lunak LEAP. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 2010.
- [2]. Binoto, Maju. Peramalan Energi Listrik Yang Terjual dan Daya Listrik Tersambung pada Sistem Ketenagalistrikan untuk Jangka Panjang di Solo Menggunakan Model *Artificial Neural Network*. Prosiding SNATIF. 2015; ISBN 978-602-1180-21-1.
- [3]. Sari, Dinar Atika. Peramalan Kebutuhan Beban Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. Universitas Diponegoro. Semarang. 2006.
- [4]. Pratama, Ricky Ardian. Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang Provinsi D.I.Yogyakarta Menggunakan *Neural Network Backpropagation*. Universitas Negeri Surabaya. 2016; 5(3): 0-47.
- [5]. Al-Saba, Tawfiq. *Artificial neural networks as applied to long-term demand forecasting. Artificial Intelligence in Engineering*. 1999; 3: 189-197.
- [6]. Daman, Suswanto. Sistem Distribusi Tenaga Listrik untuk Mahasiswa Teknik Elektro. Edisi Pertama. Sumatra Barat. Universitas Negeri Padang. 2009.
- [7]. Muis, Saludin. Jaringan Syaraf Tiruan: Sistem Kecerdasan Tiruan dengan Kemampuan Belajar dan Adaptasi. Edisi Pertama. Yogyakarta. Teknosain. 2017.
- [8]. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik tahun 2016-2025, PT. PLN (Persero).