

Load Forecasting Energi Listrik Provinsi Banten Tahun 2022-2030 Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network

Hartono Hartono^a, Yusraini Muharni^{b,*}, Irvan Setiawan^a, Irma Saraswati^a, Alief Maulana^a

^a Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten

^b Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten

INFORMASI

Informasi artikel:
 Disubmit 4 Februari 2023
 Direvisi 20 Maret 2023
 Diterima 23 Maret 2023
 Tersedia Online 4 April 2023

Kata Kunci:
 Jaringan Syaraf Tiruan
 Load Forecasting
 Backpropagation

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik dimasa yang akan datang membutuhkan suatu perencanaan dan juga prediksi yang baik. Oleh sebab itu dibutuhkan perencanaan secara sistematis dengan berdasarkan data historis. Penelitian ini menggunakan *neural network* dengan algoritma *backpropagation* untuk melakukan prakiraan kebutuhan energi listrik Provinsi Banten di masa yang akan datang. Penelitian ini bertujuan membandingkan hasil prakiraan metode jaringan syaraf tiruan (JST) dengan RUPTL PLN 2021-2030. Setelah dilakukan proses perhitungan dan simulasi diperoleh hasil prakiraan kebutuhan energi listrik Provinsi Banten pada tahun 2021-2030 dengan metode JST diperkirakan akan mengalami kenaikan sebesar 30613.41 GWH pada tahun 2030 dengan rata-rata pertumbuhan setiap tahun sebesar 3.24%. JST *backpropagation* memiliki nilai kesalahan yang lebih rendah 0.39% dibandingkan dengan RUPTL PT PLN sebesar 2.74%. Berdasarkan kriteria *mean average percentage error* (MAPE) hasil perakiraan keseluruhan JST *backpropagation* dan RUPTL PT PLN berada pada kategori dapat diterima dan sangat baik.

Journal of Systems Engineering and Management is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA).



1. Pendahuluan

Listrik sudah menjadi bagian penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia, diantaranya aspek teknologi, ekonomi, sosial, dan budaya. Perkembangan teknologi saat ini cenderung beralih ke penggunaan energi listrik seperti mobil listrik dan kompor listrik, karena penggunaan energi listrik tidak menghasilkan emisi karbon yang menyebabkan polusi udara, serta tidak mengeluarkan suara bising yang menyebabkan polusi suara. Hal ini dibuktikan dengan data dari Kementerian ESDM yang menunjukkan bahwa rasio elektrifikasi Indonesia meningkat sepanjang tahun, di Indonesia hingga semester I 2022 telah mencapai angka 99,56% [1].

Perencanaan kebutuhan listrik dapat dilakukan dengan menggunakan banyak metode. Metode yang dapat digunakan dalam melakukan prakiraan kebutuhan energi listrik adalah metode statistikal konvensional dan juga metode statistikal modern yang menggunakan pendekatan kecerdasan buatan [2]. Metode prakiraan berbasis kecerdasan buatan yang paling banyak digunakan adalah metode jaringan syaraf tiruan (JST) dan juga logika *fuzzy* [3]. Hal ini diketahui dari banyaknya penelitian-penelitian terdahulu yang menggunakan kedua metode tersebut.

JST didasarkan pada konsep pemrosesan elemen algoritma yang dimodelkan mirip dengan struktur kerja otak manusia sebagai syaraf yang saling berhubungan satu sama lain [4]. Syaraf yang saling berhubungan ini memproses

informasi terhadap respon eksternal dan mampu mempelajarinya. JST disebut juga *machine learning* karena mampu mempelajari data-data terdahulu yang pernah tercatat [4].

Salah satu jenis dari metode JST yaitu *backpropagation*. Metode ini dipilih karena saat *output* tidak sama dengan target yang diharapkan maka *output* akan disebarkan mundur (*backward*) pada *hidden layer* untuk diteruskan ke unit pada *input layer*, sehingga akan ada umpan balik untuk memvalidasi hasil keluaran JST [5]. Selain itu, metode JST *backpropagation* dapat diaplikasikan dengan baik dalam bidang peramalan atau *forecasting* [6]. Salah satu penelitian yang bertujuan untuk melakukan prakiraan kebutuhan listrik jangka pendek di wilayah Kota Serang menggunakan JST menghasilkan kesalahan rata-rata sebesar 3,37% [7].

Dalam penelitian ini, metode *neural network backpropagation* digunakan untuk memperkirakan konsumsi energi listrik. Peramalan dilakukan untuk menghitung konsumsi energi listrik pada Provinsi Banten pada tahun 2021-2030. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang ada pada Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (PERSERO) dan Statistik PT. PLN (PERSERO).

*Penulis korespondensi

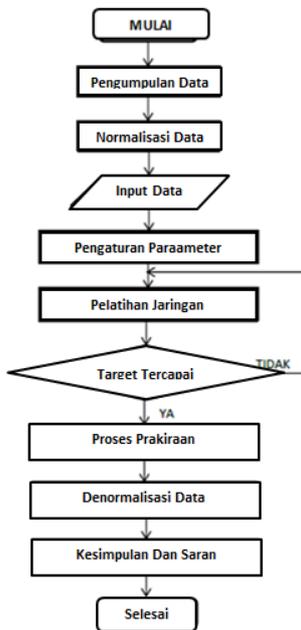
alamat e-mail: bundamia1974@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.36055/joseam.v2i1.19265>

2. Metode dan Material

2.1. Diagram Alir Penelitian

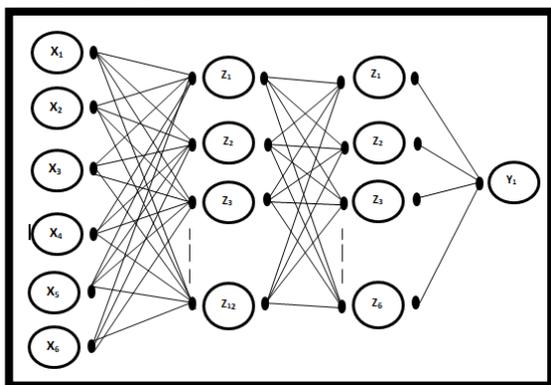
Secara sederhana proses penelitian prakiraan kebutuhan energi listrik Provinsi Banten tahun 2022-2030 dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini membutuhkan data untuk mendapatkan prakiraan, data yang dibutuhkan untuk perhitungan prakiraan ialah data histori dari masing masing perusahaan yang mempengaruhi kebutuhan energi listrik. Penelitian ini melakukan observasi keperusahaan atau instansi agar mendapatkan data-data sebagai berikut.

Data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Serang dari website resmi Badan Pusat Statistik berupa jumlah penduduk (jiwa), dan PDRB dari Tahun 2010 sampai dengan 2021, data ini sangat dibutuhkan untuk melihat data jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga. Data PT. PLN (Persero) berupa jumlah pelanggan listrik PLN (sektor rumah tangga, industri, bisnis dan sosial) dan realisasi penjualan energi listrik dari Tahun 2010 sampai dengan 2030.



Gambar 2. Arsitektur jaringan syaraf tiruan

2.2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang dibutuhkan diambil dari PT. PLN (persero) dan Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Banten berupa jumlah:

- Pelanggan PLN jenis rumah tangga
- Pelanggan PLN jenis bisnis
- Pelanggan PLN jenis industri
- Pelanggan PLN jenis sosial
- Jumlah energi terjual sektor rumah tangga
- Jumlah energi terjual sektor bisnis
- Jumlah energi terjual sektor sosial
- Jumlah energi terjual sektor industri
- Jumlah penduduk/populasi
- PDRB

2.3. Normalisasi Data

Normalisasi data yaitu kegiatan mengubah skala nilai data yang memiliki satuan GWh yang akan di inputkan agar menjadi lebih kecil tanpa mengubah makna kandungan data tersebut [6].

2.4. Perancangan Arsitektur Backpropagation

Rancangan arsitektur *backpropagation* akan disesuaikan dengan model yang akan dikembangkan. Arsitektur jaringan merupakan gambaran hubungan antar lapisan yang digunakan dalam proses pembelajaran. Di dalam jaringan *backpropagation*, setiap unit yang berada di lapisan input terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi. Setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan *output*. Pada penelitian ini arsitektur yang akan digunakan adalah *multilayer network* yang terdiri dari 3 (tiga) *layer* yaitu:

- Satu input layer yang terdiri dari beberapa jumlah *neuron* yang disesuaikan dengan pola *input* masukan.
- Dua *hidden layer* yang terdiri dari 12 *neuron* pada *hidden layer* pertama dan 6 *neuron* pada *hidden layer* kedua.
- Satu *output layer* yang terdiri dari beberapa jumlah *neuron* tergantung pada jumlah keluaran yang diinginkan.

Berikut adalah rancangan arsitektur model yang telah dikembangkan, ditunjukkan pada Gambar 2. Berikut variabel-variabel yang dibutuhkan pada arsitektur yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1.

Input dan output model jaringan

Input	Keterangan
X1	PDRB
X2	Jumlah Penduduk
X3	Data pelanggan sektor rumah tangga
X4	Data pelanggan sektor bisnis
X5	Data pelanggan sektor industri
X6	Data pelanggan sektor sosial
Output	Keterangan
Y1	Konsumsi Energi Listrik Per sektor (GWH)

2.5. Pengaturan Parameter Jaringan

Kinerja dari suatu model dinyatakan dengan MSE (*Mean Square Error*) yang merupakan ukuran atau kemampuan suatu

model dalam mencapai nilai atau target yang diinginkan. Untuk melihat pengaruh perubahan parameter terhadap MSE yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 2.

2.6. *Pelatihan Model*

Pelatihan pada model dilakukan untuk meminimalkan nilai *error* sehingga model jaringan sesuai dan dapat dipakai untuk prediksi. Data tahun 2010-2021 digunakan sebagai data pelatihan model. Pelatihan model jaringan *neural network backpropagation* menggunakan *input* pelatihan berupa data jumlah penduduk, PDRB dan jumlah pelanggan listrik pada sektor rumah tangga, bisnis, sosial dan industri sedangkan untuk target pelatihan yang digunakan merupakan data realisasi penjualan energi listrik pada sektor rumah tangga, bisnis, sosial dan industri. Proses pelatihan dilakukan secara berulang dengan menggunakan data target yang diproses satu persatu dengan data input yang sama.

Tabel 2.
Parameter Arsitektur Jaringan

Parameter	Spesifikasi
Jumlah Neuron Lapisan Input	6
Neuron Pada Hidden Layer 1	12
Neuron Pada Hidden Layer 2	6
Jumlah Neuron Lapisan Output	1
Fungsi Aktifasi Hidden Layer 1	Tansig
Fungsi Aktifasi Hidden Layer 2	Tansig
Fungsi Aktifasi Output Layer	Pureline
Jumlah Iterasi	1000
Goal	0

Tabel 3.
MAPE Hasil Pelatihan Sektoral

Sektor	MAPE				
	Train GD	Train GDM	Train GDA	TrainG DX	Train LM
Rumah tangga	7.3	6.92	6.35	7.47	1.84
Bisnis	8.9	8.18	8.58	7.52	1.64
Publik	9.6	8.01	9.72	10.20	1.22
Industri	3.8	3.98	3.75	3.99	1.69

2.7. *Proses Prakiraan*

Setelah pelatihan dari setiap sektor pelanggan dilakukan didapat nilai bobot dan bias yang selanjutnya digunakan untuk proyeksi konsumsi listrik. Untuk proses selanjutnya data proyeksi jumlah pelanggan listrik dan PDRB atau sampel 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 didapatkan. Maka kita bisa mencari nilai konsumsi energi listrik untuk tahun 2021-2030.

2.8. *Denormalisasi Data*

Denormalisasi dilakukan untuk mengembalikan data yang masih ternormalisasi dalam bentuk skala (-1,1) ke dalam bentuk angka desimal yang memiliki satuan GWh.

2.9. *Pengujian dengan Data Aktual*

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap data aktual untuk mengetahui akurasi prakiraan dengan mendapatkan nilai MAPE.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. *Hasil Pelatihan*

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 6 *neuron*, 2 lapisan tersembunyi dengan 12 *neuron* pada lapisan tersembunyi pertama dan 6 *neuron* pada lapisan tersembunyi kedua, dan 1 *neuron* pada lapisan *output*. Pelatihan data dilakukan dengan menggunakan satu fungsi pembelajaran LEARNGDM. Serta menggunakan lima model fungsi pelatihan yaitu TRAINGD, TRAINGDM, TRAINGDA, TRAINGDX dan TRAINLM. Pelatihan data dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan jaringan terbaik dengan menentukan jumlah *neuron*. Pada bagian ini setiap model memiliki persamaan pada jumlah *neuron hidden layer* untuk mendapatkan arsitektur terbaik pada model yang dikembangkan.

Penelitian ini melakukan pelatihan dan prakiraan dengan proses yang berbeda pada setiap sektor pelanggan listrik Provinsi Banten yaitu rumah tangga, bisnis, publik dan industri. Berikut merupakan hasil proses pelatihan sektoral dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel A1 (lihat *Lampiran*) menunjukkan hasil pelatihan jaringan sektoral dalam bentuk MAPE. Dengan menggunakan MAPE sebagai indikator, didapat presentase *error* dari masing-masing fungsi pelatihan sektoral. Dari proses pelatihan yang telah dilakukan untuk setiap sektor pelanggan listrik dapat dilihat bahwa jaringan dengan menggunakan parameter fungsi pelatihan terbaik adalah TRAINLM.

3.2. *Hasil Prakiraan Sektoral*

Setelah proses pelatihan dilakukan, diperoleh nilai bobot dan bias yang kemudian digunakan untuk memprediksi konsumsi energi listrik. Untuk proses selanjutnya, data proyeksi jumlah pelanggan, PDRB dan jumlah penduduk atau sampel menjadi data *input* untuk disimulasikan pada jaringan yang telah dilatih. Dengan asumsi nilai bobot dan bias yang digunakan sama untuk pelatihan dan simulasi, maka kita dapat mengetahui hasil prakiraan konsumsi daya listrik Provinsi Banten periode 2021-2030.

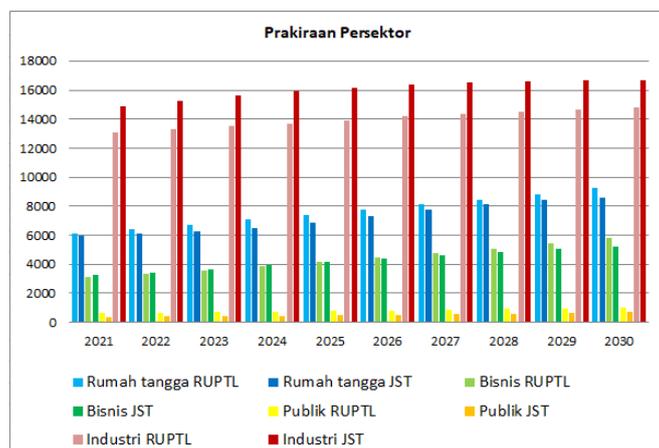
Pada pelatihan sektoral yang telah dilakukan didapatkan bahwa jaringan syaraf tiruan dengan parameter fungsi pelatihan TRAINLM menghasilkan nilai MAPE dengan presentase *error* terkecil. Berikut merupakan tabel hasil prakiraan konsumsi energi listrik sektoral dengan *JST*

backpropagation Provinsi Banten tahun 2021–2030 yang akan dibandingkan dengan hasil prakiraan RUPTL PT PLN ditunjukkan pada Tabel A2 (lihat Lampiran).

Tabel A2 (lihat Lampiran) menunjukkan perbandingan presentase *error* menggunakan indikator MAPE antara prakiraan kebutuhan energi listrik sektoral Provinsi Banten terhadap RUPTL dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2030. Dapat dilihat bahwa kesalahan rata-rata prakiraan dengan menggunakan metode JST terhadap RUPTL pada sektor rumah tangga sebesar 5.53%, pada sektor bisnis sebesar 3.47%, pada sektor publik sebesar 38.59% dan sektor industri sebesar 8.83%. Selanjutnya berikut merupakan presentase pertumbuhan dan kenaikan konsumsi energi listrik sektoral Provinsi Banten yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4.
Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Keseluruhan(GWH)

Tahun	JST	RUPTL	Pertumbuhan		MAPE (%)
			JST	RUPTL	
2021	23842.9	222943	7.07%	3.03%	3.92
2022	24295.9	23720	1.90%	3.39%	2.43
2023	24909.2	24526	2.52%	3.40%	1.56
2024	25701.9	25363	3.18%	3.41%	1.34
2025	26637.1	26256	3.64%	3.52%	1.45
2026	27646.8	27201	3.79%	3.60%	1.64
2027	28647.3	28085	3.62%	3.25%	2.00
2028	29534.2	28976	3.10%	3.17%	1.93
2029	30201.2	29882	2.26%	3.13%	1.07
2030	30613.4	30888	1.36%	3.37%	0.89
Rata-rata			3.24%	3.33%	1.82
Kenaikan			28.40%	34.63%	



Gambar 3. Grafik Prakiraan Sektoral Konsumsi Energi Listrik

Tabel 5.
Validasi Hasil Prakiraan Sektoral JST *Backpropagation* dan RUPTL Terhadap Aktual Tahun 2021(GWH)

SEKTOR	AKTUAL	JST	RUPTL	MAPE%	
				JST	RUPTL
Rumah Tangga	6014.22	5986.6	6133	0.46	1.97

SEKTOR	AKTUAL	JST	RUPTL	MAPE%	
				JST	RUPTL
Bisnis	3009.44	3070.6	3090	2.03	2.68
Publik	331.65	349.4	632	5.35	90.56
Industri	14233.05	14272.7	13088	0.28	8.05
Rata - Rata Error				2.03	25.81

Pada Tabel A1 hasil prakiraan dengan metode JST backpropagation konsumsi energi listrik sektor rumah tangga provinsi banten diperkirakan akan mengalami kenaikan dari 5986.60 GWH pada tahun 2021 menjadi 8596.47 GWH pada tahun 2030. Dalam hal ini kebutuhan energi listrik tersebut meningkat sebesar 43.60% pada tahun 2030. Dengan rata-rata pertumbuhan setiap tahun sebesar 4.04%. Pada hasil prakiraan konsumsi energi listrik sektor bisnis provinsi banten diperkirakan akan mengalami kenaikan dari 3234.08 GWH pada tahun 2021 menjadi 5247.44 GWH pada tahun 2030. Dalam hal ini kebutuhan energi listrik tersebut meningkat sebesar 62.25% pada tahun 2030.

Dengan rata-rata pertumbuhan setiap tahun sebesar 6.17%. Pada hasil prakiraan dengan metode JST backpropagation konsumsi energi listrik sektor publik provinsi banten diperkirakan akan mengalami kenaikan dari 349.40 GWH pada tahun 2021 menjadi 701.17 GWH pada tahun 2030. Dalam hal ini kebutuhan energi listrik tersebut meningkat sebesar 100.67% pada tahun 2030.

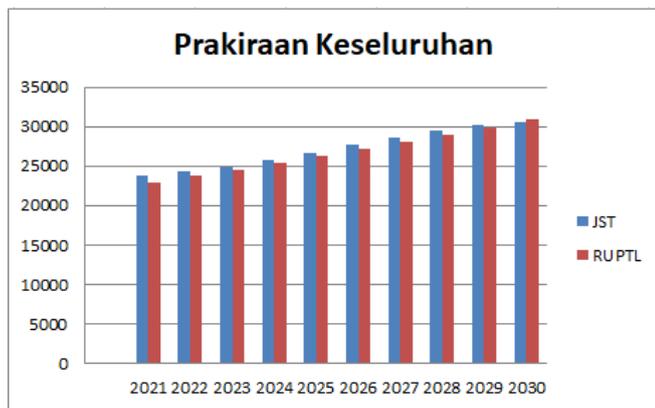
Dengan rata-rata pertumbuhan setiap tahun sebesar 8.34%. Pada hasil prakiraan konsumsi energi listrik sektor industri provinsi banten diperkirakan akan mengalami kenaikan dari 14890.41 GWH pada tahun 2021 menjadi 16707.7 GWH pada tahun 2030. Dalam hal ini kebutuhan energi listrik tersebut meningkat sebesar 12.20% pada tahun 2030. Dengan rata-rata pertumbuhan setiap tahun sebesar 2.15%. Berikut merupakan hasil prakiraan sektoral konsumsi energi listrik Provisnsi Banten yang akan ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 dapat kita lihat pertumbuhan konsumsi listrik Provinsi Banten dari tahun 2021-2030 dalam grafik batang terlihat bahwa konsumsi energi listrik terbesar adalah pada sektor industri dan untuk konsumsi energi listrik terkecil adalah pada sektor publik. Dapat dilihat pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor rumah tangga Provinsi Banten besar pertumbuhan berdasarkan RUPTL terlihat lebih besar dari proyeksi dengan metode JST pada tahun 2021-2022, sedangkan pada tahun 2023-2030 pertumbuhan berdasarkan metode JST lebih besar dari proyeksi dengan RUPTL.

Pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor bisnis Provinsi Banten dalam grafik batang besar pertumbuhan berdasarkan RUPTL terlihat lebih besar dari proyeksi dengan metode JST pada tahun 2021-2030. Pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor publik Provinsi Banten dalam grafik batang besar pertumbuhan berdasarkan RUPTL terlihat lebih besar dari proyeksi dengan metode JST pada tahun 2021-2030. Pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor industri Provinsi Banten dalam grafik batang besar pertumbuhan berdasarkan metode JST terlihat lebih besar dari proyeksi dengan RUPTL PT PLN (persero) pada tahun 2021-2030.

Hasil prakiraan kebutuhan energi listrik secara keseluruhan di dapat dari menjumlahkan prakiraan yang telah dilakukan secara sektoral yaitu sektor rumah tangga, sektor bisnis, sektor publik dan sektor industri. Berikut merupakan tabel hasil prakiraan konsumsi energi listrik keseluruhan Provinsi Banten tahun 2021-2030 yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil prakiraan kebutuhan energi listrik keseluruhan Provinsi Banten dengan metode JST backpropagation dan RUPTL. Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa kesalahan rata-rata prakiraan dengan menggunakan metode JST terhadap RUPTL sebesar 1.82%. Pada hasil prakiraan dengan metode JST backpropagation konsumsi energi listrik keseluruhan provinsi banten diperkirakan akan mengalami kenaikan dari 23842.85 GWH pada tahun 2021 menjadi 30613.41 GWH pada tahun 2030. Dalam hal ini kebutuhan energi listrik tersebut meningkat sebesar 28.40% pada tahun 2030. Dengan rata-rata pertumbuhan setiap tahun sebesar 3.24%. Berikut merupakan grafik prakiraan konsumsi listrik keseluruhan Provinsi Banten tahun 2022 sampai dengan tahun 2030 ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Prakiraan Keseluruhan

Pada Gambar 4 dapat kita lihat pertumbuhan konsumsi energi listrik keseluruhan Provinsi Banten dalam grafik batang pada tahun 2021-2030. Terdapat perbedaan grafik kenaikan konsumsi energi listrik metode JST *Backpropagation* dan proyeksi RUPTL PT PLN (Persero), dimana besar pertumbuhan berdasarkan metode JST terlihat lebih besar dari proyeksi dengan RUPTL PT PLN (Persero) pada tahun 2021-2029, sedangkan pada tahun 2030 hasil prakiraan dengan RUPTL terlihat lebih besar.

Validasi hasil prakiraan terhadap data aktual dilakukan dengan membandingkan hasil prakiraan sektoral dan keseluruhan dengan data aktual pada tahun 2021 yang datanya diambil dari Banten Dalam Angka 2022. Hasil validasi untuk prakiraan sektoral dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.

Validasi Hasil Prakiraan Keseluruhan JST *Backpropagation* dan RUPTL Terhadap Aktual Tahun 2021 (GWH)

Tahun	Aktual	JST	RUPTL	MAPE%	
				JST	RUPTL
2021	23588.36	23679.4	22943	0.39	2.74

Tabel 6 merupakan perbandingan hasil prakiraan sektoral JST *backpropagation* dan RUPTL PT PLN pada tahun 2021 terhadap data aktual pada tahun yang sama. Hasil prakiraan JST *backpropagation* untuk sektor rumah tangga, bisnis, publik, dan industri memiliki kemampuan prakiraan yang baik dengan kesalahan kurang dari 10%. Sedangkan hasil prakiraan RUPTL PT PLN untuk sektor rumah tangga Bisnis dan industri memiliki kemampuan prakiraan yang sangat baik dengan kesalahan kurang dari 10%, sedangkan untuk sektor Publik memiliki kemampuan yang bisa dikatakan tidak baik karna memiliki kesalahan lebih dari 10%. Jika dirata-ratakan, kesalahan prakiraan sektoral metode JST *backpropagation* adalah sebesar 2.03% sedangkan RUPTL PT PLN sebesar 25.81%. Nilai rata-rata tersebut masuk ke dalam kategori baik untuk metode JST *backpropagation* dan kategori tidak layak untuk RUPTL PT PLN. Selain hasil prakiraan sektoral, validasi juga dilakukan terhadap prakiraan keseluruhan.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan Jaringan Saraf Tiruan metode *Backpropagation* dapat menjadi salah satu alternatif cara untuk memprediksi kebutuhan energi listrik untuk masa yang akan datang. Parameter jaringan terbaik adalah dengan menggunakan fungsi pelatihan TRAINLM yang mempunyai rata-rata presentase *error* terkecil dibandingkan fungsi pelatihan lainnya seperti TRAINGD, TRAINGDM, TRAINGDA dan TRAINGDx.

Hasil prakiraan dengan metode JST *backpropagation* konsumsi energi listrik Provinsi Banten mengalami kenaikan sebesar 30613.41 GWH pada tahun 2030 dengan rata-rata pertumbuhan setiap tahun sebesar 3.24%. Jaringan syaraf tiruan *backpropagation* yang dibangun memiliki nilai kesalahan yang lebih rendah 0.39% dibandingkan dengan RUPTL PT PLN sebesar 2.74%. Berdasarkan kriteria MAPE hasil prakiraan keseluruhan JST *backpropagation* dan RUPTL PT PLN berada pada kategori dapat diterima dan sangat baik.

Referensi

- [1] M. Binoto, Y. Kristiawan, and J. R. S.-B. Km, "Peramalan Energi Listrik Yang Terjual Dan Daya Listrik Tersambung Pada Sistem Ketenaglistrikan Untuk Jangka Panjang Di Solo Menggunakan Model Artificial Neural Network," 2015.
- [2] M. A. Hammad, B. Jereb, B. Rosi, and D. Dragan, "Methods and Models for Electric Load Forecasting: A Comprehensive Review," *Logist. Sustain. Transp.*, vol. 11, no. 1, pp. 51–76, Feb. 2020, doi: 10.2478/jlst-2020-0004.
- [3] D. Setiabudi, "Sistem Informasi Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang di Kabupaten Jember Menggunakan JST Backpropagation," vol. 1, no. 1, 2015.
- [4] V. Veeramsetty and R. Deshmukh, "Electric power load forecasting on a 33/11 kV substation using artificial neural networks," *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 5, p. 855, May 2020, doi: 10.1007/s42452-020-2601-y.
- [5] V. Veeramsetty and R. Deshmukh, "Electric power load forecasting on a 33/11 kV substation using artificial neural networks," *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 5, p. 855, May 2020, doi: 10.1007/s42452-020-2601-y.
- [6] S. Kumar and S. K. Joshi, "Estimation of Load Forecast – 2020 Using Artificial Neural Network and Exploration," vol. 3, no. 2.

- [7] Hartono, A. Marifa Ahmad, and M. Sadikin, "Comparison methods of short term electrical load forecasting," *MATEC Web Conf.*, vol. 218, p. 01002, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201821801002.

Lampiran

Tabel A1.

Prakiraan Pertumbuhan konsumsi Energi Listrik Sektoral Provinsi Banten

Tahun	Rumah tangga		Bisnis		Publik		Industri	
	JST	RUPTL	JST	RUPTL	JST	RUPTL	JST	RUPTL
2021	3.32%	5.85%	11.91%	6.92%	10.92%	100.63%	9.56%	-11.59%
2022	1.53%	4.81%	5.77%	7.70%	10.45%	6.17%	0.97%	1.57%
2023	2.80%	4.79%	6.69%	7.66%	7.56%	5.66%	1.28%	1.54%
2024	4.13%	4.78%	7.14%	7.51%	6.69%	5.50%	1.69%	1.53%
2025	5.43%	4.75%	6.57%	7.37%	6.72%	5.35%	1.99%	1.71%
2026	6.37%	4.71%	5.59%	7.25%	7.35%	5.33%	2.02%	1.83%
2027	6.37%	4.62%	5.21%	7.17%	8.26%	5.54%	1.71%	1.14%
2028	5.16%	4.54%	5.33%	6.98%	8.98%	5.48%	1.21%	1.00%
2029	3.38%	4.46%	4.60%	6.72%	8.87%	5.63%	0.72%	0.92%
2030	1.87%	4.65%	2.89%	6.82%	7.59%	5.33%	0.36%	1.18%
Rata-rata	4.04%	4.80%	6.17%	7.21%	8.34%	15.06%	2.15%	0.08%
Kenaikan	43.60%	50.92%	62.25%	87.64%	100.67%	62.66%	12.20%	13.13%

Tabel A2.

Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Sektoral (GWH)

Tahun	Rumah tangga		Bisnis		Publik		Industri	
	RUPTL	JST	RUPTL	JST	RUPTL	JST	RUPTL	JST
2021	6133	5986.6	3090	3234.1	632	349.4	13088	14890.4
2022	6428	6078.34	3328	342070	671	385.9	13293	15253.3
2023	6736	6248.65	3583	3649.66	709	415.1	13498	15609.1
2024	7058	6506.88	3852	3910.09	748	442.9	13705	15921.3
2025	7393	6860.09	4136	4166.95	788	472.6	13939	16172.6
2026	7741	7297.02	4436	439968	830	507.4	14194	16362.5
2027	8099	7761.97	4754	4628.91	876	549.3	14356	16499.8
2028	8467	8162.64	5086	4875.73	924	598.6	14499	16596.1
2029	8845	8438.45	5428	5099.81	976	651.7	14633	16662.5
2030	9256	8596.47	5798	5247.44	1028	701.2	14806	16707.7
MAPE (%)	5.53		3.47		38.59		8.83	