

Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan

Joliando Pulungan¹, Rice Novita²

Sains dan Teknologi, Sistem Informasi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, Indonesia

Email: ¹11850312274@students.uin-suska.ac.id, ²rice.novita@uin-suska.ac.id

Email Penulis Korespondensi: joliando2017@gmail.com

Submitted: 09/06/2022; Accepted: 29/06/2022; Published: 30/06/2022

Abstrak—Perusahaan listrik negara berperan penting dalam pelayanan distribusi energi listrik. Unit Layanan Pembantu (ULP) Bagan Batu adalah salah satu ULP yang berperan penting dalam pendistribusian energi listrik wilayah Bagan Batu. Seiring dengan peningkatan jumlah pelanggan setiap tahun menimbulkan masalah permintaan energi listrik yang berubah dan bertambah setiap tahun. Untuk memprediksi kebutuhan energi listrik jangka pendek maka penelitian ini menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dengan bantuan tool MATLAB R2015B. Data penelitian untuk pelatihan dan pengujian jaringan ini menggunakan history energi terjual (kWh) 10 tahun terakhir dengan variabel lain yang terdiri atas pelanggan rumah tangga, bisnis, sosial, industri, pertumbuhan penduduk, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Hasil penelitian menghasilkan prediksi energi listrik 3 tahun mendatang tahun 2022 hingga tahun 2024. Penelitian ini menghasilkan model arsitektur terbaik 6-6-1 dengan *error* terkecil *Mean Square Error MSE* sebesar 0.003312731 dan menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* sebesar 6%. Penelitian mengimplikasikan manfaat bagi stakeholder untuk mengambil tindakan terhadap penyediaan energi listrik.

Kata Kunci: Backpropagation; Jaringan Syaraf Tiruan; Kebutuhan Energi Listrik; MATLAB; Prediksi

Abstract—Government owned company of electricity play an important role in the distribution of electrical energy services. The Bagan Batu Auxiliary Service Unit (ULP) is one of the ULPs that plays an important role in the distribution of electrical energy in the Bagan Batu area. Along with the increase in the number of customers every year, the problem of demand for electrical energy changes and increases every year. To predict short-term electrical energy needs, this study uses the Backpropagation Artificial Neural Network method with the help of the MATLAB R2015B tool. The research data for training and network testing uses the history of energy sold (kWh) for the last 10 years with other variables consisting of household customers, business, social, industrial, population growth, Gross Regional Domestic Product (GRDP). The results of the research produce predictions of electrical energy for the next 3 years from 2022 to 2024. This research produces the best architectural model 6-6-1 with the smallest *MSE error* of 0.003312731 and produces *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* value of 6%. The research implies benefits for stakeholders to take action on the provision of electrical energy.

Keywords: Artificial Neural Network; Backpropagation; Electricity Demand; MATLAB; Prediction

1. PENDAHULUAN

Energi listrik memiliki posisi yang sangat penting di masyarakat serta menjadi tolok ukur kesejahteraan, perkembangan, serta pertumbuhan perekonomian suatu wilayah [1]. Semakin tinggi kesejahteraan, perkembangan perekonomian mengakibatkan kebutuhan energi listrik bertambah dan meningkat setiap tahunnya [2][3]. Berdasarkan data Laporan Energi Terjual ULP Bagan Batu selama 10 tahun terakhir (2012 – 2021), terdapat peningkatan jumlah pelanggan dan konsumsi energi listrik. Pelanggan sektor sosial mengalami peningkatan rata-rata 14%, pelanggan sektor rumah tangga mengalami peningkatan rata – rata 12%, pelanggan sektor bisnis mengalami peningkatan rata-rata 7%, dan pelanggan sektor industri mengalami peningkatan rata-rata 34%. Peningkatan rata – rata pelanggan sektor sosial, rumah tangga dan industri dalam kurun waktu 10 tahun mencapai 17% dan peningkatan penggunaan energi listrik dalam kurun waktu 10 tahun mencapai 8%.

Meningkatnya pertumbuhan pelanggan setiap tahunnya akan menimbulkan permintaan energi listrik bertambah dan tidak dapat diketahui dengan pasti sehingga mampu mengakibatkan penyaluran energi listrik menjadi terganggu dan merugikan bidang perekonomian serta kegiatan masyarakat [4]. Untuk mengetahui permintaan energi listrik yang dibutuhkan maka perlu dilakukan prediksi [5]. Memprediksi kebutuhan energi listrik dapat digunakan sebagai referensi bagi PT. PLN untuk melakukan perencanaan ideal untuk meminimalisir dan menghindari kerugian [6]. Dengan terprediksinya kebutuhan energi listrik di tahun yang akan datang maka PLN dapat melakukan perencanaan ketenaga listrikan sesuai dengan kebutuhan energi listrik [7].

Perencanaan sistem ketenaga listrikan membutuhkan hasil prediksi kebutuhan energi listrik untuk menentukan kapasitas, jenis pembangkit tenaga listrik dan biaya pendapatan dari penjualan energi listrik yang sesuai berdasarkan hasil preiksinya guna menghindari kerugian karena dalam pengembangan sistem ketenaga listrikan, jika energi yang dimiliki berlebih dan yang dipakai hanya sedikit otomatis merugikan biaya pengembangannya serta jika energi listrik kurang dan permintaan berlebih maka akan merugikan penjualan energi listrik dan perekonomian daerahnya [8]. Prediksi kebutuhan energi listrik dapat dilakukan menggunakan kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence (AI)* yaitu dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) [9].

JST merupakan algoritma yang bekerja menyerupai cara kerja syaraf biologi manusia dan banyak digunakan untuk melakukan prediksi [10]. JST dapat melakukan prediksi kebutuhan energi yang akan datang berdasarkan data konsumsi energi terjual terdahulu [11]. Metode JST memiliki 2 model algoritma yaitu *Recurrent Neural Network (RNN)* dan *FeedForward Neural Network (FFNN)*, salah satu algoritma FFNN adalah *Backpropagation* yang

merupakan algoritma sederhana namun mampu menyelesaikan permasalahan data runtutan waktu [12]. Algoritma *backpropagation* melakukan pembelajaran pola berdasarkan data set historis kejadian yang telah terjadi sebelumnya [13]. Jaringan syaraf tiruan dengan metode algoritma *Backpropagation* mampu melakukan prediksi dengan baik [14].

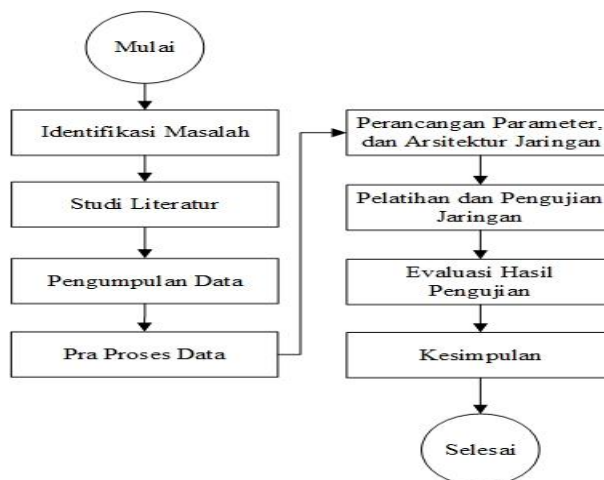
Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Permadi dkk. (2021), penelitian mengenai perbandingan algoritma K-Nearest Neighbor dan Backpropagation Neural Network untuk mengetahui prediksi diabetes tahap awal memperoleh hasil yang menunjukkan metode backpropagation merupakan model terbaik dalam melakukan prediksi dengan akurasi 90% dan K-Nearest Neighbor memiliki akurasi 83.75% [15]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Yuliatwati dkk. (2019), penelitian mengenai perbandingan metode Backpropagation Neural Network dan Fuzzy Wavelet untuk mengetahui pemodelan peramalan nilai tukar dolar terhadap rupiah memperoleh hasil yang menunjukkan backpropagation merupakan model terbaik dalam melakukan prediksi dengan hasil MAPE backpropagation 0.56% dengan arsitektur 2-25-1 dan algoritma Fuzzy Wavelet dengan hasil MAPE 2.56% [16]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Tanyo dkk. (2021), penelitian mengenai perbandingan metode Holt-Winters dan Backpropagation untuk memprediksi stok barang memperoleh hasil bahwa backpropagation merupakan metode lebih baik dengan nilai MAD 0.00057201 dan metode Holt-Winters dengan hasil MAD 1.7963 [17].

Penelitian lain yang dilakukan oleh Wijaya (2019), penelitian mengenai Artificial Neural Network menggunakan metode Backpropagation untuk prediksi beban pemakaian listrik memperoleh hasil dengan baik dengan nilai MSE 0.00095761 dan akurasi 96,48% pada arsitektur 12-10-1 [18]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Irfan dkk. (2020), penelitian mengenai prediksi perkembangan jumlah pelanggan listrik menggunakan algoritma backpropagation menghasilkan kesimpulan bahwa backpropagation efektif untuk memprediksi perkembangan pelanggan serta arsitektur jaringan terbaik 4-4-1 dan menghasilkan nilai akurasi mencapai 63% [19]. Dari uraian permasalahan yang ada maka perlu dilakukan prediksi energi listrik. Peneliti melakukan prediksi energi listrik menggunakan metode jaringan syaraf tiruan. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi permintaan kebutuhan energi listrik tahun 2022-2024 pada PT. PLN ULP. Bagan Batu.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Kerja Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, Peneliti menyusun kerangka kerja penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa, kerangka kerja penelitian merupakan tahapan yang dilakukan peneliti dalam melakukan penelitian. Pada penelitian ini peneliti melakukan tahapan yang dimulai dari proses identifikasi permasalahan. Tahapan selanjutnya, peneliti melakukan studi literature terkait dengan permasalahan serta teori – teori yang berkaitan dengan topik penelitian mengenai prediksi kebutuhan energi listrik menggunakan metode jaringan syaraf tiruan bersumber dari jurnal, buku dan sumber lain yang terpercaya. Tahapan selanjutnya peneliti melakukan pengumpulan data sebagai bahan penelitian. Tahapan selanjutnya, peneliti melakukan pra proses data dan membagi data menjadi data latih dan data uji. Tahapan selanjutnya, peneliti melakukan perancangan arsitektur dan parameter jaringan. Tahapan selanjutnya, peneliti melakukan pelatihan dan pengujian data dengan arsitektur yang dirancang menggunakan *software* MATLAB. Kemudian, peneliti melakukan evaluasi hasil pengujian yang dilakukan dengan mempertimbangkan nilai kesalahan pengujian. Tahapan terakhir yang dilakukan oleh peneliti yaitu menarik kesimpulan dari hasil evaluasi pengujian.

2.2 Prediksi Energi Listrik

Prediksi (*forecasting*) merupakan kegiatan meramalkan atau memperkirakan kejadian atau pola yang belum terjadi dan akan terjadi di masa yang akan datang. Prediksi dilakukan dengan menggunakan data atau variable yang telah

terjadi sebelumnya yang kemudian data tersebut digabungkan dengan suatu metode prediksi sehingga mampu memproses data yang telah terjadi sebelumnya dan menghasilkan hasil prediksi [2]. Jika dilihat berdasarkan rentang waktu prediksi, dalam memprediksi dapat dikelompokkan menjadi prediksi jangka pendek, prediksi jangka menengah, dan prediksi jangka panjang [5]. Faktor pengaruh kebutuhan energi listrik diantaranya faktor pertumbuhan ekonomi, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), pertumbuhan penduduk [20] [21].

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan (Artificial Neural Network) merupakan sebuah model pemeroesan pengetahuan atau informasi yang cara kerjanya mirip seperti sistem syaraf biologis pada manusia [21]. Jaringan syaraf tiruan mampu melakukan pembelajaran dari data yang ada dan menghasilkan pengetahuan yang bermanfaat [22]. Algoritma *backpropagation* adalah algoritma pada jaringan syaraf tiruan yang umumnya dipakai pada tipe layar jamak yang berfungsi merubah nilai setiap bobot yang terhubung pada layar tersembunyi dan layar keluaran.[12]. Secara umum algoritma *backpropagation* meliputi [18]:

- Inisialisasi yaitu, memberikan parameter meliputi bobot, target, laju pembelajaran, *threshold*, inputan.
- Activation yaitu, tahap setelah inisialisasi dengan melanjutkan penentuan output aktual pada layar tersembunyi kemudian melakukan perhitungan output aktual pada layar keluaran.
- Pelatihan Bobot yaitu, melakukan tahapan perhitungan *error gradient* pada layar keluaran dan layar tersembunyi.
- Iterasi yaitu, tahapan perulangan hingga mencapai nilai *error* terkecil.

2.5 Pengumpulan Data

Data penelitian yang digunakan diambil dari dua sumber utama yaitu data pertumbuhan penduduk, data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang berasal dari *website* resmi Badan Pusat dan Statistik (BPS) tahun 2012 hingga tahun 2021 serta data energi terjual yang diperoleh dari ULP Bagan Batu tahun 2012 hingga tahun 2021. Sektor pelanggan yang menjadi penelitian terdiri atas pelanggan sektor sosial, pelanggan sektor rumah tangga, pelanggan sektor bisnis, dan pelanggan sektor industri.

2.6 Pra Proses Data

Pra proses data adalah tahapan yang dilakukan untuk mengolah data atau menormalisasikan data sesuai dengan bentuk data yang dibutuhkan, seperti membuang data yang tidak dibutuhkan. Data pertumbuhan penduduk, PDRB dan data pelanggan listrik yang digunakan dalam penelitian diberi label variabel. Variabel data penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Data

Variabel Data	Keterangan
X1	Pelanggan Sektor Sosial
X2	Pelanggan Sektor Rumah Tangga
X3	Pelanggan Sektor Bisnis
X4	Pelanggan Sektor Industri
X5	Pertumbuhan Penduduk
X6	PDRB
Y	Target

Setelah melakukan normalisasi dan pelabelan data, data yang digunakan ditransformasikan menjadi data yang lebih kecil dengan *range* 0 hingga 1 menggunakan *min-max normalization*.

$$X' = \frac{(X - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} (a - b) + b \quad (1)$$

Untuk mengembalikan nilai hasil transformasi data menjadi nilai awal dapat dilakukan menggunakan cara denormalisasi data.

$$x = 0,5(x' + 1)(x_{max} - x_{min}) + x_{min} \quad (2)$$

Setelah data ditransformasikan kedalam bentuk yang lebih kecil dengan *range* 0 hingga 1, kemudian data penelitian dibagi menjadi data latih dan data uji. Data latih yang digunakan yaitu data pertumbuhan penduduk, PDRB dan data pelanggan listrik sektor sosial, rumah tangga, bisnis dan industri tahun 2012 hingga tahun 2021. Kemudian data uji yang digunakan yaitu data pertumbuhan penduduk, PDRB dan data pelanggan listrik sektor sosial, rumah tangga, bisnis dan industri tahun 2019 hingga tahun 2021.

2.7 Perancangan Parameter dan Arsitektur Jaringan

- Perancangan Arsitektur

Perancangan arsitektur dilakukan untuk menemukan arsitektur terbaik yang dapat digunakan dalam melakukan prediksi. Pada penelitian ini arsitektur jaringan yang dirancang terdiri atas arsitektur jaringan 6-3-1, arsitektur 6-5-1, arsitektur 6-7-1, arsitektur 6-10-1, arsitektur 6-6-1, arsitektur 6-12-1, arsitektur 6-15-1 dan arsitektur 6-20-1.

b. Perancangan Parameter

Perancangan parameter dilakukan untuk menyesuaikan arsitektur jaringan pada *software* MATLAB, penyesuaian pada fungsi pembelajaran, penyesuaian pada fungsi pelatihan yang dirancang untuk melakukan pelatihan. Pada penelitian ini menggunakan fungsi pembelajaran *learngd* dan fungsi pelatihan *traingd* dengan *epoch* 1000 dan *learning rate* 0.01. Dalam jaringan syaraf tiruan berfungsi sebagai parameter penting dalam pembentukan arsitektur jaringan yang berada di lapisan tersembunyi [22]. Untuk menentukan output keluaran neuron digunakan fungsi aktivasi [23]. Rumus sigmoid fungsi aktivasi sigmoid biner:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (3)$$

2.6 Pelatihan dan Pengujian Jaringan

Pelatihan jaringan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan model yang sesuai untuk pengujian data, sehingga hasil pengujian akan menghasilkan hasil keluaran prediksi yang diharapkan. Pengujian dan pelatihan jaringan dilakukan pada arsitektur jaringan 6-3-1, arsitektur 6-5-1, arsitektur 6-7-1, arsitektur 6-10-1, arsitektur 6-6-1, arsitektur 6-12-1, arsitektur 6-15-1 dan arsitektur 6-20-1 menggunakan *software* MATLAB.

2.7 Evaluasi Pelatihan dan Pengujian

a. Mean Square Error (MSE)

Mean Square Error (MSE) adalah cara dalam menghitung nilai *error* dari suatu perhitungan prediksi untuk menghitung seberapa akurat hasil dari peramalan. MSE bekerja dengan cara menghitung jumlah atau sisa kesalahan, caranya adalah dengan dikuadratkan *error* pada setiap periode peramalan. Pada model perhitungan ini, nilai *error* akan bernilai besar dikarekan nilainya dikuadratkan sebagaimana rumus dalam menghitung MSE [10]:

$$MSE = \sum \frac{(P_t - A_t)^2}{n} \quad (4)$$

b. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE adalah model perhitungan untuk menghitung akurasi persentase kesalahan pada prediksi dengan perbandingan data aktual dengan data prediksi. Nilai MAPE akurat jika nilai hasil perhitungannya mendekati 0 (nol). Untuk menghitung nilai MAPE dapat dilakukan dengan menggunakan rumus [24]:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{A_t + F_t}{A_t} \right) 100}{n} \quad (5)$$

Terdapat rentang penilaian pada MAPE yang mengklasifikasikan nilai akurasinya yang dapat dilihat dalam Tabel 2 di bawah ini [24]:

Tabel 2. Rentang Akurasi MAPE

Nilai MAPE	Keterangan
0-10%	Sangat Baik
10-20%	Baik
20-50%	Bisa Digunakan
> 50%	Tidak Dapat Digunakan

2.8 Hasil Penelitian

Tahapan hasil penelitian merupakan tahapan hasil prediksi energi listrik tahun 2022 hingga tahun 2024. Hasil prediksi diperoleh berdasarkan tahapan evaluasi pengujian yang dilakukan untuk menilai kesalahan yang paling kecil menggunakan Mean Square Error (MSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data energi terjual yang diperoleh dari ULP Bagan Batu, data pertumbuhan penduduk, dan data PDRB yang diperoleh dari BPS. Data yang digunakan merupakan data 10 tahun lalu. Data penelitian dibagi menjadi data latih dan data uji yang ditransformasikan menggunakan *min-max normalization*. Setelah data ditransformasi, data diujikan dengan arsitektur jaringan yang dirancang. Data hasil pengujian dianalisa untuk melihat nilai kesalahan dan akurasi kesalahan terkecil menggunakan MSE dan MAPE untuk menentukan arsitektur terbaik yang nantinya akan menghasilkan hasil prediksi terbaik pada penelitian.

3.1 Data Penelitian

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data energi terjual yang diperoleh dari ULP Bagan Batu, data pertumbuhan penduduk dan data PDRB yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik. Data penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Penelitian

Bulan ke-	Pelanggan Sosial	Pelanggan Rumah Tangga	Pelanggan Bisnis	Pelanggan Industri	Pertumbuhan Penduduk	PDRB	Penggunaan Energi Listrik
1	636	20161	4443	6	592403	58953747	7264633
2	1360	60946	6397	6	592403	58953747	11838724
3	674	25309	4528	6	592403	58953747	6913280
4	1360	60946	6397	6	592403	58953747	11838724
5	699	30989	4496	6	592403	58953747	8009835
6	702	31454	4502	6	592403	58953747	8276309
7	710	32305	4518	6	592403	58953747	8071424
8	717	32630	4541	6	592403	58953747	8337488
...
120	2319	96156	8548	14	651653	55531057	16960772

Berdasarkan Tabel 2 diketahui data yang digunakan dalam penelitian yaitu data pelanggan listrik pada sektor sosial, rumah tangga, bisnis, industri serta data pertumbuhan penduduk, PDRB dan penggunaan energi listrik dalam bentuk data perbulan. Data yang digunakan yaitu data 10 tahun namun dalam bentuk data perbulan sehingga jumlah data yaitu 120 data.

a. Transformasi Data Latih.

Pada penelitian ini, data latih yang digunakan adalah data energi terjual, data pertumbuhan penduduk dan data PDRB. Transformasi data latih dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Transformasi Data Latih

Bulan ke-	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
1	0	0	0	0.3836536	0	0.46215783	0.141559185
2	0.43018415	0.5366828	0.45167826	0.3836536	0	0.46215783	0.515175613
3	0.02257878	0.0677419	0.019653179	0.3836536	0	0.46215783	0.11286031
4	0.43018415	0.5366828	0.45167826	0.3836536	0	0.46215783	0.515175613
5	0.03743315	0.1424838	0.012254335	0.3836536	0	0.46215783	0.20242805
6	0.03921566	0.1486012	0.01364168	0.3836536	0	0.46215783	0.224193921
7	0.04396913	0.1597997	0.01734104	0.3836536	0	0.46215783	0.20745873
8	0.04812832	0.1640764	0.02265896	0.3836536	0	0.46215783	0.22919104
...
120	1	1	0.94913298	1	0.485280922	0.344091489	0.933549788

Tabel 3 adalah hasil transformasi data latih. Data yang digunakan merupakan data 10 tahun yaitu tahun 2012 hingga tahun 2021 namun dalam bentuk data perbulan. Maka jumlah data pelatihan yaitu 120 data.

b. Transformasi Data Uji

Pada penelitian ini, data uji yang digunakan adalah data energi terjual, data pertumbuhan penduduk dan data PDRB. Transformasi data uji dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Transformasi Data Uji

Bulan ke-	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
85	0.62626266	0.7234689	0.69109826	0.307692308	1	0.030383207	0.623890966
86	0.63458115	0.7271928	0.69988433	0.384615385	1	0.030383207	0.540626061
87	0.64289954	0.7315746	0.71352602	0.384615385	1	0.030383207	0.677969442
88	0.65240647	0.7379307	0.72161847	0.384615385	1	0.030383207	0.650799882
89	0.68033279	0.7481019	0.73248559	0.461538462	1	0.030383207	0.643571764
90	0.66131903	0.7547734	0.74450861	0.461538462	1	0.030383207	0.731650132
91	0.66131903	0.7547734	0.74450861	0.461538462	1	0.030383207	0.731650132
92	0.68033279	0.7609449	0.75930638	0.461538462	1	0.030383207	0.7396659
...



120	1	1	0.94913298	1	0.485280922	0.344091489	0.933549788
-----	---	---	------------	---	-------------	-------------	-------------

Tabel 4 adalah hasil transformasi data uji. Data yang digunakan merupakan data 3 tahun yaitu tahun 2019 hingga tahun 2021 namun dalam bentuk data perbulan. Maka jumlah data uji yaitu 36 data.

3.2 Hasil Pengujian

Pada penelitian ini, hasil pengujian diperoleh dari hasil pengujian data yang telah ditransformasikan dengan arsitektur jaringan yang telah dirancang. Hasil pengujian data dengan arsitektur jaringan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian

Target	Arsitektur 6-3-1	Arsitektur 6-5-1	Arsitektur 6-7-1	Arsitektur 6-10-1	Arsitektur 6-6-1	Arsitektur 6-12-1	Arsitektur 6-15-1	Arsitektur 6-20-1
0.623890	0.680538	0.607625	0.508614	0.619155	0.605786	0.698537	0.716902	0.500494
966	319	88	594	734	102	969	405	995
0.540626	0.704277	0.603538	0.508169	0.619181	0.640910	0.722264	0.742955	0.500368
061	814	401	679	542	822	452	469	686
0.677969	0.705346	0.603239	0.508386	0.617940	0.641519	0.725668	0.746220	0.500346
442	068	881	607	185	108	24	264	095
0.650799	0.705520	0.603209	0.508587	0.616479	0.644194	0.729422	0.749892	0.500321
882	117	084	258	318	312	906	496	614
0.643571	0.722984	0.600843	0.508677	0.613943	0.694184	0.757784	0.775925	0.500220
764	073	783	764	544	41	102	672	505
0.731650	0.724798	0.595405	0.508627	0.621724	0.692203	0.749750	0.766008	0.500226
132	624	167	001	292	751	879	015	197
0.731650	0.724798	0.595405	0.508627	0.621724	0.692203	0.749750	0.766008	0.500226
132	624	167	001	292	751	879	015	197
0.739665	0.724315	0.596582	0.509009	0.617076	0.695437	0.756062	0.773405	0.500201
9	027	243	396	114	969	452	751	332
...
0.933549	0.703829	0.513440	0.836902	0.504861	0.883624	0.745545	0.690229	0.500069
788	372	389	173	063	969	908	157	375

Tabel 5 merupakan tabel hasil pengujian dari masing masing arsitektur jaringan yang dirancang. Pada tabel diketahui target hasil dan juga hasil prediksi yang dihasilkan dari arsitektur jaringan 6-3-1, 6-5-1, 6-7-1, 6-10-1, 6-6-1, 6-12-1, 6-15-1 dan 6-20-1 menggunakan MATLAB.

3.3 Nilai Error Pengujian

Pada Penelitian ini, nilai *error* pengujian diperoleh pada setiap pengujian data dengan arsitektur jaringan yang dirancang. Nilai *error* pengujian arsitektur jaringan 6-3-1, arsitektur 6-5-1, arsitektur 6-7-1, arsitektur 6-10-1 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai *Error* Pengujian

Arsitektur 6-3-1	Arsitektur 6-5-1	Arsitektur 6-7-1	Arsitektur 6-10-1
-0.056647353	0.016265086	0	0.004735232
-0.163651753	-0.06291234	0.032456382	-0.078555481
-0.027376626	0.074729561	0.169582835	0.060029257
-0.054720235	0.047590798	0.142212624	0.034320564
-0.079412309	0.042727981	0.134894	0.02962822
0.006851508	0.136244965	0.223023131	0.10992584
0.006851508	0.136244965	0.223023131	0.10992584
0.015350873	0.143083657	0.230656504	0.122589786
...
0.229720416	0.420109399	0.096647615	0.428688725

Nilai *error* pengujian data dengan arsitektur jaringan 6-6-1, arsitektur jaringan 6-12-1, arsitektur jaringan 6-15-1, dan arsitektur 6-20-1 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai *Error* Pengujian

Arsitektur 6-6-1	Arsitektur 6-12-1	Arsitektur 6-15-1	Arsitektur 6-20-1
0.018104864	-0.074647003	-0.093011439	0.123395971
-0.100284761	-0.181638391	-0.202329408	0.040257375



0.036450334	-0.047698798	-0.068250822	0.177623347
0.00660557	-0.078623024	-0.099092614	0.150478268
-0.050612646	-0.114212338	-0.132353908	0.143351259
0.039446381	-0.018100747	-0.034357883	0.231423935
0.039446381	-0.018100747	-0.034357883	0.231423935
0.044227931	-0.016396552	-0.033739851	0.239464568
...	
0.049924819	0.18800388	0.243320631	0.433480413

Tabel 6 dan Tabel 7 adalah tabel yang menunjukkan nilai *error* dari hasil prediksi pada setiap arsitektur yang telah diujikan menggunakan MATLAB. Arsitektur yang diujikan yaitu arsitektur 6-3-1, 6-5-1, 6-7-1, 6-10-1, 6-6-1, 6-12-1, 6-15-1 dan 6-20-1.

3.4 Evaluasi Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kesalahan atau nilai *error*. Dari nilai *error* yang diperoleh dapat didapatkan arsitektur terbaik untuk melakukan prediksi dengan baik. Hasil analisa kesalahan menggunakan Mean Square Error (MSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian

Arsitektur	MSE	MAPE
6-3-1	0.017030786	13%
6-5-1	0.074308665	29%
6-7-1	0.017617800	15%
6-10-1	0.076505654	29%
6-6-1	0.003312731	6%
6-12-1	0.010992367	11%
6-15-1	0.019642895	14%
6-20-1	0.088886388	35%

Berdasarkan Tabel 8. Diketahui bahwa akurasi *error* terkecil diperoleh pada arsitektur jaringan 6-6-1 dengan nilai MSE 0.003312731 dan nilai MAPE 6%. Semakin kecil nilai *error* maka akurasi peramalan semakin baik oleh karena itu, arsitektur jaringan terbaik pada penelitian ini ialah arsitektur jaringan 6-6-1.

a. Prediksi Energi Listrik

Hasil prediksi kebutuhan energi listrik tahun 2022 hingga tahun 2024 diperoleh dalam bentuk data angka dengan *range* data 0-1 dari arsitektur terbaik yaitu 6-6-1. Data hasil prediksi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Prediksi Listrik Arsitektur 6-6-1

Bulan	Tahun 2022	Tahun 2023	Tahun 2024
Januari	0.605786102	0.731531	0.865623
Februari	0.640910822	0.736856	0.863499
Maret	0.641519108	0.739731	0.862707
April	0.644194312	0.747241	0.841498
Mei	0.69418441	0.784385	0.839808
Juni	0.692203751	0.787424	0.838425
Juli	0.692203751	0.78657	0.835975
Agustus	0.695437969	0.792722	0.869196
September	0.710870156	0.864826	0.88008
Oktober	0.717088852	0.889588	0.883625
November	0.721541633	0.899144	0.883625
Desember	0.730011891	0.902669	0.883625

b. Denormalisasi Hasil Prediksi Energi Listrik

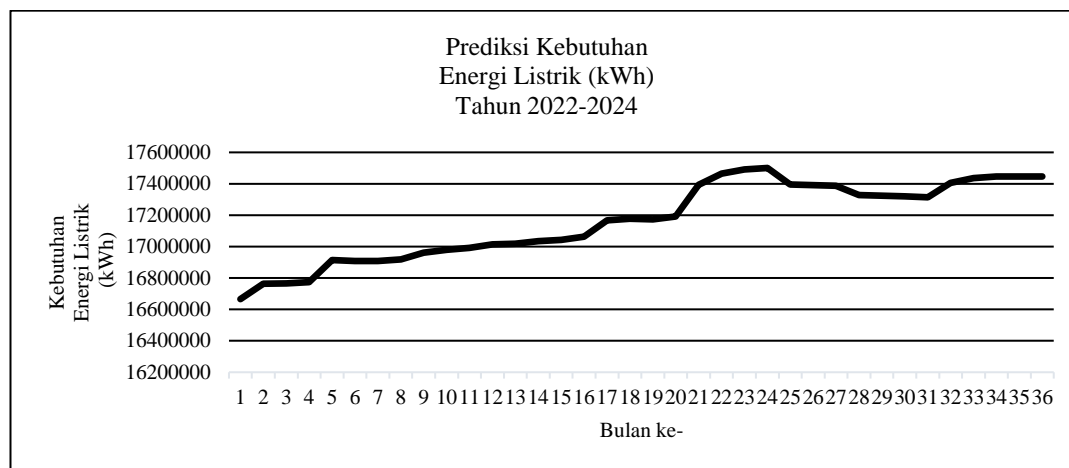
Hasil prediksi kebutuhan energi listrik tahun 2022 hingga tahun 2024 pada arsitektur 6-6-1 yang telah dilakukan denormalisasi dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Prediksi Listrik Arsitektur 6-6-1

Bulan	Tahun 2022	Tahun 2023	Tahun 2024
Januari	16665775.91	17019369.81	17396436.75
Februari	16764546.59	17034343.92	17390464.63
Maret	16766257.09	17042427.95	17388236.44
April	16773779.76	17063546.14	17328598.23
Mei	16914351.87	17167996.87	17323844.94

Juni	16908782.26	17176541.3	17319956.68
Juli	16908782.26	17174140.5	17313067.4
Agustus	16917876.87	17191440.26	17406485.18
September	16961272.17	17394197.1	17437090.28
Oktober	16978759.13	17463827.08	17447058.53
November	16991280.35	17490697.51	17447058.53
Desember	17015098.71	17500610.93	17447058.53
Total	202566563	206719139.4	208645356.1

Tabel 10 adalah tabel hasil prediksi energi listrik yang dibutuhkan ULP Bagan Batu tahun 2022 hingga tahun 2024. Total kebutuhan energi listrik yang terprediksi untuk tahun 2022 sebesar 202566563 KWH, tahun 2023 terprediksi sebesar 206719139.4 KWH, dan tahun 2024 terprediksi sebesar 208645356.1 KWH.



Gambar 2. Penggunaan Energi Listrik

Gambar 2. merupakan grafik kebutuhan energi listrik perbulan pada tahun 2022 hingga tahun 2024 pada PT. PLN ULP Bagan Batu.

4. KESIMPULAN

Algoritma *backpropagation* sangat baik digunakan pada penelitian ini untuk melakukan prediksi kebutuhan energi listrik 3 tahun mendatang pada ULP Bagan Batu untuk tahun 2022 hingga 2024. Hasil prediksi menunjukkan terdapat peningkatan kebutuhan listrik sebesar 4% untuk tahun 2022 hingga tahun 2024. Prediksi kebutuhan energi listrik tahun 2022 terprediksi sebesar 202566563 KWH, tahun 2023 terprediksi sebesar 206719139.4 KWH, tahun 2024 terprediksi sebesar 208645356.1 KWH. Pada penelitian ini, model arsitektur terbaik didapatkan pada model arsitektur 6-6-1 dengan menghasilkan *Mean Square Error* (MSE) sebesar 0.003312731 dan menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 6%.

REFERENCES

- [1] U. Situmeang, “Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Di Kelurahan,” *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknol. Ind.,* vol. 3, no. 1, pp. 25–32, 2018.
- [2] T. Handayani, Atmam, and M. Putra Halilintar, “Studi Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Di Kota Dumai Sampai Tahun 2025 Dengan Metoda Fuzzy Logic,” *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknol. Ind.,* vol. 3, no. 2, pp. 42–49, 2019, doi: 10.31849/sainetin.v3i2.3038.
- [3] P. Mangera, “Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang Pada Pt. Pln (Persero) Wilayah Papua Dan Papua Barat Area Merauke Dengan Menggunakan Metode Regresi Linier,” *Mustek Anim Ha,* vol. 7, no. 3, pp. 247–256, 2018, doi: 10.35724/mustek.v7i3.1736.
- [4] S. Bandri, “Prediksi Perkembangan Kebutuhan Energi Listrik di Unit PLN Kayu Aro,” *Menara Ilmu,* vol. XIII, no. 6, pp. 187–205, 2019.
- [5] Y. T. Nugraha, K. Ghabriel, and I. F. Dharmawan, “Implementasi ANFIS Dalam Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Kota Medan Pada Tahun 2030,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro,* vol. 4, no. 1, pp. 55–59, 2021.
- [6] Y. Hakimah, “Analisis Kebutuhan Energi Listrik dan Prediksi Penambahan Pembangkit Listrik di Sumatera Selatan,” *J. Desiminasi Teknol.,* vol. 7, no. 2, pp. 130–137, 2019.
- [7] S. Syahputri, S. Sinurat, and I. Saputra, “Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Pada PT. PLN (Persero) Rayon Aek Nabara Dengan Metode Exponential Smoothing,” *J. Informatics,* vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [8] P. H. T. Hutabarat, M. F. Zambak, and Suwarno, “Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Wilayah PLN Kota Parapat Simalungun Sampai Tahun 2024,” *J. Electr. Syst. Control Eng.,* vol. 5, no. 2, pp. 53–58, 2022.
- [9] Purwoharjono, “Penerapan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Prediksi Kebutuhan Beban Listrik,” *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.,* vol. 2, no. 1, pp. 36–42, 2021, doi: 10.36040/alinier.v2i1.3566.



- [10] F. Tawakal, “Prediksi Masa Studi Mahasiswa Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus : Teknik Informatika Uin Sultan Syarif Kasim Riau),” *Manaj. dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 1, pp. 35–41, 2018.
- [11] F. S. Harahap, “Analisa Pengujian Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Wilayah Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network,” Universitas Sumatera Utara, Medan, 2020.
- [12] U. Khasanah and N. Ulinuha, “Prediksi Biaya Konsumsi Bahan Bakar Gas Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network (Studi Kasus: PLTU PT. Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik),” *J. Sains Mat. dan Stat.*, vol. 5, no. 2, pp. 9–17, 2019.
- [13] M. N. Fadilah, A. Yusuf, and N. Huda, “Prediksi Beban Listrik Di Kota Banjarbaru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation,” *Mat. Murni Dan Terap.*, vol. 14, no. 2, pp. 81–92, 2020.
- [14] Y. A. Suryatna, “Peramalan Beban Puncak Menggunakan Metode Feed Forward Backpropagation dan Generalized Regression Neural Network,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 01, pp. 109–118, 2021.
- [15] J. Permadi, H. Rhomadhona, and W. Aprianti, “Perbandingan K-Nearest Neighbor Dan Backpropagation Neural Network Dalam Prediksi Resiko Diabetes Tahap Awal,” *Kumpul. J. Ilmu Komput.*, vol. 08, no. 3, pp. 352–365, 2021.
- [16] M. A. H. A. Y. Tian Wahyu Utami, “Perbandingan Metode Backpropagation Neural Network Dan Fuzzy Wavelet Untuk Prediksi Kurs Dolar Terhadap Rupiah,” Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Muhammadiyah Semarang, 2019.
- [17] B. W. N. Tanyo and D. Swanjaya, “Perbandingan antara Metode Holt-Winters dan Backpropagation pada Model Peramalan Penjualan,” *Pros. SEMNAS INOTEK (Seminar Nas. Inov. Teknol.*, vol. 5, no. 3, pp. 174–181, 2021.
- [18] A. H. Wijaya, “Artificial Neural Network Untuk Memprediksi Beban Listrik Dengan Menggunakan Metode Backpropagation,” *J. CoreIT*, vol. 5, no. 2, pp. 61–70, 2019.
- [19] I. C. Saragih, D. Hartama, and A. Wanto, “Prediksi Perkembangan Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area Menggunakan Algoritma Backpropagation,” vol. 2, no. 1, pp. 48–54, 2020.
- [20] A. Hasibuan and W. V. Siregar, “Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kota Subulussalam Sampai Tahun 2020 Menggunakan Metode Analisis Regresi,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 57–61, 2019, doi: 10.30596/rele.v1i2.3013.
- [21] A. C. Koloay *et al.*, “Perencanaan Dan Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik Di Kota Bitung,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 285–294, 2018, doi: 10.35793/jtek.7.3.2018.22504.
- [22] N. F. Hasan, K. Kusriani, and H. Al Fatta, “Analisis Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Peramalan Penjualan Air Minum Dalam Kemasan,” *J. Rekayasa Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.30872/jurti.v3i1.2290.
- [23] A. Rifais, “Prediksi Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent di PLN APJ Salatiga,” Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2018.
- [24] M. W. Purnama, “Peramalan Kebutuhan Energi Listrik UID Jawa Timur Metode Time Series Berbasis Minitab v19,” *J. Tek. Elektro*, vol. Volume 10, pp. 485–495, 2021.