

# Prediksi Perkembangan Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area Menggunakan Algoritma Backpropagation

Irfan Christian Saragih\*, Dedy Hartama, Anjar Wanto

Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia

Email: <sup>1</sup>\*irfanchristiansaragih@gmail.com, <sup>2</sup>dedyhartama@amiktunasbangsa.ac.id, <sup>3</sup>anjarwanto@amiktunasbangsa.ac.id

Submitted 19-06-2020; Accepted 25-08-2020; Published 31-08-2020

## Abstrak

Listrik merupakan salah satu kebutuhan vital bagi umat manusia. Tanpa adanya listrik, dapat dipastikan roda perekonomian tidak akan dapat berjalan dengan baik. Sehingga pelanggan listrik semakin hari semakin bertambah, seiring meningkatkan kebutuhan dan populasi di masyarakat. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan jumlah pelanggan listrik dengan menggunakan algoritma backpropagation. Data penelitian yang digunakan adalah data pelanggan listrik menurut area (pelanggan) di Sumatera Utara tahun 2013-2017, yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Sumatera Utara. Penelitian ini menggunakan 5 model arsitektur yaitu 4-2-1, 4-3-1, 4-4-1, 4-5-1 dan 4-6-1. Dari kelima model arsitektur yang digunakan di peroleh satu model arsitektur terbaik 4-4-1 dengan tingkat keakurasian 88 %, epoch 716 iterasi dalam waktu cukup singkat yakni 15 detik, dengan MSE Pelatihan 0,00099763 dan MSE pengujian 0,00109935. Berdasarkan model arsitektur terbaik ini akan digunakan untuk memprediksi Perkembangan Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area di Sumatera Utara untuk tahun 2018 hingga tahun 2020.

**Kata Kunci:** Prediksi, Pelanggan Listrik, Area, JST, Backpropagation

## Abstract

Electricity is one of the vital needs of humanity. Without electricity, it is certain that the wheels of the economy will not be able to run properly. So that electricity customers are increasingly increasing, as they increase the needs and population of the community. Therefore this study aims to determine the development of the number of electricity customers using the backpropagation algorithm. The research data used was electricity customer data by area (customer) in North Sumatra in 2013-2017, obtained from the Central Statistics Agency of North Sumatra. This study uses 5 architectural models, namely 4-2-1, 4-3-1, 4-4-1, 4-5-1, and 4-6-1. Of the five architectural models used, one of the best architectural models is obtained 4-4-1 with an accuracy rate of 88%, epoch 716 iterations in a short amount of time, 15 seconds, with MSE Training 0,00099763 and MSE testing 0.00109935. Based on the best architectural model, this will be used to predict the Development of Electricity Customers by Area Customers in North Sumatra from 2018 to 2020.

**Keywords:** Prediction, Electricity Customers, Area, ANN, Backpropagation

## 1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan bagi kehidupan masyarakat yang sangat penting. Hal ini ditandai banyaknya manfaat listrik sebagai sumber penerangan bagi kehidupan di wilayah desa dan kota. Selain sebagai sumber energi penerangan, listrik juga dapat diubah menjadi sumber lain yang berguna bagi kehidupan manusia. Ketersediaan listrik dalam suatu negara dapat diperoleh dari perusahaan listrik baik milik negara (PLN) ataupun swasta (non PLN) [1]. Listrik juga memiliki peranan penting dalam pertumbuhan pembangunan dan perkembangan teknologi, sehingga kebutuhan akan ketersediaan sistem tenaga listrik semakin tinggi, mengingat banyaknya peralatan-peralatan yang menggunakan listrik sebagai sumber tenaganya [2]. Salah satu kebutuhan pokok bagi kehidupan masyarakat saat ini untuk melakukan aktivitasnya sehari-hari adalah tenaga listrik. Secara umum, pemakai energi listrik di Indonesia dikelompokkan kedalam beberapa kelompok pelanggan, yaitu kelompok rumah tangga, industri, bisnis, sosial, kantor pemerintah, penerangan jalan umum serta multiguna [3].

Besarnya konsumsi listrik dari waktu ke waktu cenderung mengalami peningkatan yang besarnya tidak dapat ditentukan secara pasti. Ketidakpastian itu apabila tidak diperkirakan akan menjadi masalah, karena kebutuhan listrik semakin bertambah tetapi penyediaan listrik kurang. Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu provinsi yang tingkat konsumsi energi listrik yang tinggi. Tingginya konsumsi energi listrik karena ekonomi yang semakin tinggi, bertambahnya jumlah penduduk, serta kemajuan teknologi. Peningkatan pelanggan listrik ini terjadi karena untuk meningkatkan perekonomian di bidang industri, transportasi dan pemerintahan. Kebutuhan pelanggan listrik untuk aktivitas sehari-hari nya mengakibatkan permintaan akan tenaga listrik semakin bertambah.

Permintaan energi listrik tersebut harus diikuti dengan tersedianya tenaga listrik, agar tercapai stabilitas sistem tenaga listrik dan mampu memenuhi kebutuhan para pelanggan listrik. Itulah alasannya pentingnya sumber listrik untuk penyimpanan tenaga listrik dalam jumlah yang besar. Akibatnya akan ada permasalahan yang muncul dalam mengatasi kebutuhan daya listrik yang tidak konstan tiap tahunnya, bagaimana menghasilkan daya dengan kualitas baik pada sistem tenaga listrik agar dapat memenuhi permintaan. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui perkembangan jumlah pelanggan listrik menurut area pelanggan di Sumatera Utara pada tahun yang akan datang berupa prediksi. Sehingga nantinya dapat dilakukan antisipasi untuk tahun-tahun yang akan datang. Pada penelitian ini, penulis akan melakukan prediksi perkembangan jumlah pelanggan listrik menurut area (pelanggan) dengan menggunakan Algoritma Backpropagation. Algoritma ini merupakan salah satu algoritma jaringan Saraf Tiruan yang baik digunakan untuk melakukan prediksi [4]-[13].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif, yakni mengambil data pelanggan listrik menurut area (pelanggan) di Sumatera Utara melalui Website Badan Pusat Statistik Sumatera Utara. Metode Penelitian yang digunakan adalah Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation. Metode ini mampu melakukan prediksi berdasarkan data yang telah lampau (*times series*).

### 2.2 Dataset Penelitian

Dataset penelitian adalah data pelanggan listrik menurut area (pelanggan) di Sumatera Utara tahun 2013-2017 yang bersumber dari Website Badan Pusat Statistik Sumatera Utara. Dataset tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Data Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Area (Pelanggan), 2013 - 2017

No.	Area	Tahun				
		2013	2014	2015	2016	2017
1	Area Medan	573.709	598.152	624.062	650.866	676.256
2	Area Binjai	525.963	542.973	559.173	586.639	620.834
3	Area Pematang Siantar	536.841	553.648	571.515	589.207	614.439
4	Area Sibolga	211.571	220.143	226.982	236.253	247.007
5	Area Padangsidimpuan	239.998	251.931	265.915	275.120	291.461
6	Area Rantau Prapat	318.597	333.330	347.083	363.392	385.312
7	Area Lubuk Pakam	451.638	474.317	498.362	523.468	551.712
8	Area Nias	72.267	77.328	81.199	85.650	90.456

Sumber : Badan Pusat Statistik Sumatera Utara [14]

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa tingkat jumlah pelanggan listrik di Sumatera Utara semakin meningkat tiap tahunnya, oleh karena itu otomatis kebutuhan akan tenaga listrik juga pasti akan bertambah.

### 2.3 Tahapan dan Teknik Backpropagation

Tahapan dalam teknik backpropagation dapat dibagi menjadi dua tahap: Tahap pengupdatean bobot dan propagasi (perambatan).

#### Tahap 1: Propagasi (Perambatan)

Setiap propagasi melibatkan langkah-langkah berikut:

- Teruskan propagasi masukan pola pelatihan yang diberikan melalui jaringan saraf tiruan untuk menghasilkan aktivasi output propagasi.
- Propagasi balik dari propagasi aktivasi keluaran melalui jaringan saraf menggunakan target pola pelatihan untuk menghasilkan delta semua keluaran dan neuron yang tersembunyi.

#### Tahap 2: Pengupdatean Bobot

Untuk setiap bobot-sinapsis:

- Kalikan masukan aktivasi dan delta *output* untuk mendapatkan nilai bobot.
- Bawa bobot ke arah gradien dengan menambahkan perbandingannya dari berat.

Rasio ini berdampak pada kecepatan dan kualitas pembelajaran; Ini disebut tingkat belajar. Tanda gradien dari suatu bobot menunjuk dimana kesalahan meningkat; Inilah sebabnya mengapa kelas harus diperbarui dalam arah yang berlawanan. Tahap 1 dan tahap 2 diulang sampai kinerja jaringan cukup memuaskan.

### 2.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi::

- Mengumpulkan data penelitian yang akan digunakan
- Selanjutnya lakukan Preprocessing Data. Kemudian data akan dinormalisasi menggunakan persamaan berikut [15], [16], [25], [26], [17]–[24]:

$$x' = \frac{0,8(x-a)}{b-a} + 0,1 \quad (1)$$

Penjelasan:

- $x'$  = Normalisasi data
- $x$  = Data yang akan dinormalisasi
- $a$  = Data terendah
- $b$  = Data tertinggi

Kemudian data dibagi menjadi dua bagian, yaitu data pelatihan dan data pengujian.

- Tentukan model arsitektur jaringan yang akan digunakan untuk proses pelatihan dan proses pengujian.
- Analisis model arsitektur yang digunakan, lalu pilih model arsitektur terbaik.
- Lakukan prediksi menggunakan model arsitektur terbaik yang telah dipilih.
- Membuat Laporan Prediksi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Normalisasi

Tabel 2 berikut ini merupakan hasil normalisasi data pelatihan yang digunakan, yakni tahun 2013 hingga 2016 dengan tahun 2016 juga sebagai target. Data ini diambil berdasarkan pada tabel 1. Data ini dinormalisasi menggunakan fungsi sigmoid seperti yang telah dituliskan pada persamaan (1).

**Tabel 2.** Normalisasi Data Pelatihan

No	Area	2013	2014	2015	2016	Target
1	Area Medan	0,7933	0,8271	0,8629	0,9000	0,9000
2	Area Binjai	0,7273	0,7508	0,7732	0,8112	0,8112
3	Area Pematang Siantar	0,7423	0,7656	0,7903	0,8147	0,8147
4	Area Sibolga	0,2926	0,3045	0,3139	0,3267	0,3267
5	Area Padangsidimpuan	0,3319	0,3484	0,3677	0,3805	0,3805
6	Area Rantau Prapat	0,4406	0,4610	0,4800	0,5025	0,5025
7	Area Lubuk Pakam	0,6245	0,6559	0,6891	0,7239	0,7239
8	Area Nias	0,1000	0,1070	0,1123	0,1185	0,1185

Sedangkan Tabel 3 berikut ini merupakan hasil normalisasi data pengujian yang digunakan, yakni tahun 2014-2017 dengan target juga tahun 2017. Data ini diambil berdasarkan tabel 1. Data ini juga dinormalisasi menggunakan fungsi sigmoid seperti yang telah dituliskan pada persamaan (1).

**Tabel 3.** Normalisasi Data Pengujian

No	Area	2014	2015	2016	2017	Target
1	Area Medan	0,7957	0,8303	0,8661	0,9000	0,9000
2	Area Binjai	0,7220	0,7436	0,7803	0,8260	0,8260
3	Area Pematang Siantar	0,7362	0,7601	0,7837	0,8174	0,8174
4	Area Sibolga	0,2908	0,2999	0,3123	0,3266	0,3266
5	Area Padangsidimpuan	0,3332	0,3519	0,3642	0,3860	0,3860
6	Area Rantau Prapat	0,4419	0,4603	0,4821	0,5114	0,5114
7	Area Lubuk Pakam	0,6303	0,6624	0,6959	0,7336	0,7336
8	Area Nias	0,1000	0,1052	0,1111	0,1175	0,1175

Setelah data dibagi menjadi 2 bagian (Data Pelatihan dan Data Pengujian). Maka selanjutnya adalah melakukan pemrosesan data. Pemrosesan data dibantu oleh alat Matlab 2011b dan Microsoft Excel dalam menentukan model arsitektur terbaik. Penelitian ini dianalisis menggunakan 5 model Arsitektur, yaitu: 4-2-1, 4-3-1, 4-4-1, 4-5-1 dan 4-6-1. Cara untuk menentukan model arsitektur terbaik dengan algoritma Backpropagation adalah dengan melihat tingkat akurasi tertinggi dari masing-masing model. Parameter yang digunakan meliputi fungsi aktivasi tansig dan logsig serta fungsi pelatihan dengan batas epoch 20000 dan learning rate 0,01. Sedangkan tingkat kesalahan minimum adalah 0,04-0,001.

#### 3.2 Model Arsitektur Terbaik

Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian menggunakan aplikasi MATLAB dan perhitungan menggunakan Microsoft Excel, model arsitektur terbaik dari empat model yang digunakan adalah 4-4-1. Hasil dari pelatihan dan proses pengujian model 4-4-1 dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.** Data Pelatihan Model 4-4-1

Pola	Target	Output	Error	SSE
1	0,9000	0,9091	-0,00910000	0,00008281
2	0,8112	0,8144	-0,00320000	0,00001026
3	0,8147	0,8371	-0,02240000	0,00049965
4	0,3267	0,3335	-0,00680000	0,00004576
5	0,3805	0,3643	0,01620000	0,00026162
6	0,5025	0,4506	0,05190000	0,00269610
7	0,7239	0,6932	0,03070000	0,00093961
8	0,1185	0,1772	-0,05870000	0,00344522
Jumlah SSE				0,00798103
MSE				0,00099763

**Tabel 5.** Data Pengujian Model 4-4-1

Pola	Target	Output	Error	SSE	Hasil
1	0,9000	0,9118	-0,01180000	0,00013924	1
2	0,8260	0,8249	0,00110000	0,00000115	1
3	0,8174	0,8276	-0,01020000	0,00010343	1
4	0,3266	0,3335	-0,00690000	0,00004701	1
5	0,3860	0,3604	0,02560000	0,00065647	1
6	0,5114	0,4542	0,05720000	0,00326959	0
7	0,7336	0,7010	0,03260000	0,00106564	1
8	0,1175	0,1768	-0,05930000	0,00351230	1
Jumlah SSE				0,00879483	<b>88%</b>
MSE				0,00109935	

Pada tabel 4 dan 5 dapat dilihat hasil tingkat akurasi dan MSE dari model arsitektur terbaik, yaitu 4-4-1. Tabel 4 dan dibuat dan dihitung menggunakan Microsoft Excel. Penjabarannya dapat dilihat sebagai berikut:

- Target = Diperoleh dari target data pelatihan (tabel 4) dan target data pengujian (tabel 5)
  - Output = Diperoleh dari hasil perhitungan dengan matlab
  - Error = diperoleh dari Target-Output
  - SSE = diperoleh dari Error <sup>2</sup>
  - Jumlah SSE = Total SSE yang dihasilkan dari pola 1 – 8
  - MSE = Diperoleh dari Jumlah SSE / 8 (8 adalah jumlah pola)
  - Hasil = Jika nilai Error dalam data pengujian <= 0,04 maka hasilnya benar (1). Jika tidak maka salah (0).
  - Akurasi = Diperoleh dari jumlah hasil yang benar ((pola / 8) \* 100), menghasilkan akurasi 88%.
- Angka 1 pada tabel 5 merupakan kata lain dari “Benar”, sementara 0 = “Salah”.

Perbandingan hasil proses pelatihan dan pengujian dengan model arsitektur yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 6.** Perbandingan Model Arsitektur

Model	Iterasi	Waktu	MSE Training	MSE Testing	Akurasi
4-2-1	19424	4:57	0,00100058	0,00090764	88%
<b>4-3-1</b>	7662	2:03	0,00099933	0,00120229	75%
4-4-1	716	0:15	0,00099763	0,00109935	88%
4-5-1	7818	1:52	0,00099997	0,00102549	88%
4-6-1	4950	1:10	0,00099983	0,00106629	75%

Pada tabel 5 dapat dilihat perbandingan dari masing-masing model arsitektur yang digunakan. Dari ke lima tabel yang digunakan, model arsitektur 4-4-1 merupakan model arsitektur terbaik dengan epoch sebesar 716 iterasi dengan waktu yang cukup cepat, yakni 15 detik. Selain itu model arsitektur ini memiliki MSE Training yang paling kecil dibandingkan dengan 4 model arsitektur yang lain. Sebenarnya berdasarkan tabel 5 ada terdapat 3 model yang sama-sama memiliki tingkat akurasi sebesar 88%. Hanya saja ditinjau dari jumlah iterasi dan lama waktu pelatihan serta nilai MSE yang tidak terlalu besar, maka model arsitektur 4-4-1 terpilih sebagai model arsitektur yang terbaik.

### 3.3 Hasil Prediksi

Prediksi akan dibuat menggunakan model arsitektur 4-4-1 menggunakan rumus untuk mengembalikan nilai:

$$x_n = \frac{(x-0,1)*(b-a)}{0,8} + a \quad (2)$$

Keterangan :

- 0,8 = Nilai ketentuan rumus mengembalikan nilai
- $X_n$  = Nilai yang didapatkan (hasil keluaran)
- a = Data minimum
- b = Data maksimum

Berdasarkan model arsitektur terbaik (4-4-1), maka akan dilakukan prediksi Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area tahun 2018 hingga tahun 2020. Adapun hasil prediksi terhadap jumlah pelanggan listrik untuk tahun 2018 dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

**Tabel 7.** Hasil Prediksi 2018

No	Data Real	Target	Target Prediksi	Prediksi (Tahun 2018)
1	676256	0,9000	0,91680	688558
2	620834	0,8260	0,82970	624779
3	614439	0,8174	0,83250	626829
4	247007	0,3266	0,33560	262974
5	291461	0,3860	0,36350	283404
6	385312	0,5114	0,45910	353407
7	551712	0,7336	0,70610	534273
8	90456	0,1175	0,17580	145961

Keterangan:

**Data Real** merupakan merupakan data tahun 2017 yang diambil dari tabel 1. Nilai **Target** diambil dari Nilai target Normalisasi data Pengujian. **Target prediksi** diperoleh dari perhitungan tools matlab dengan menggunakan model arsitektur terbaik (4-4-1) . **Prediksi (Tahun 2018)** diperoleh dari perhitungan rumus mengembalikan nilai (persamaan (2)). Untuk hasil prediksi terhadap jumlah pelanggan listrik untuk tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

**Tabel 8.** Hasil Prediksi 2019

No	Data Real	Target	Target Prediksi	Prediksi (Tahun 2019)
1	688558	0,9000	0,87600	672280

No	Data Real	Target	Target Prediksi	Prediksi (Tahun 2019)
2	624779	0,8160	0,79150	614968
3	626829	0,8187	0,79680	618563
4	262974	0,3394	0,36940	328680
5	283404	0,3663	0,39080	343195
6	353407	0,4585	0,45340	385653
7	534273	0,6968	0,68160	540429
8	145961	0,1853	0,25290	249664

Keterangan:

**Data Real** merupakan data tahun 2018 yang sudah dinormalisasi. Nilai **Target** diambil dari Nilai target Normalisasi data Pengujian. **Target prediksi** diperoleh dari perhitungan tools matlab dengan menggunakan model arsitektur terbaik (4-4-1). **Prediksi (Tahun 2019)** diperoleh dari perhitungan rumus mengembalikan nilai (persamaan (2)). Untuk hasil prediksi terhadap jumlah pelanggan listrik untuk tahun 2020 dapat dilihat pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Hasil Prediksi 2019

No	Data Real	Target	Target Prediksi	Prediksi (Tahun 2020)
1	672280	0,8784	0,86030	651308
2	614968	0,8024	0,77300	605190
3	618563	0,8071	0,77570	606616
4	328680	0,4225	0,46440	442166
5	343195	0,4417	0,46170	440739
6	385653	0,4981	0,49760	459704
7	540429	0,7034	0,69310	562981
8	249664	0,3176	0,37720	396101

Keterangan:

**Data Real** merupakan data tahun 2019 yang sudah dinormalisasi. Nilai **Target** diambil dari Nilai target Normalisasi data Pengujian. **Target prediksi** diperoleh dari perhitungan tools matlab dengan menggunakan model arsitektur terbaik (4-4-1). **Prediksi (Tahun 2020)** diperoleh dari perhitungan rumus mengembalikan nilai (persamaan (2)). Untuk melihat tingkat perkembangan Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area, pada tabel berikut ini akan disajikan Perbandingan antara data awal Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area dengan data hasil prediksi.

Tabel 10. Data Jumlah Pelanggan Listrik (2013-2020)

No	Area	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Medan	573709	598152	624062	650866	676256	688558	672280	651308
2	Binjai	525963	542973	559173	586639	620834	624779	614968	605190
3	Pematangsiantar	536841	553648	571515	589207	614439	626829	618563	606616
4	Sibolga	211571	220143	226982	236253	247007	262974	328680	442166
5	Padang Sidempuan	239998	251931	265915	275120	291461	283404	343195	440739
6	Rantau.Prapat	318597	333330	347083	363392	385312	353407	385653	459704
7	Lubuk Pakam	451638	474317	498362	523468	551712	534273	540429	562981
8	Nias	72267	77328	81199	85650	90456	145961	249664	396101

Berdasarkan tabel 10 dapat dilihat bahwa berdasarkan perbandingan antara data awal dengan data hasil prediksi Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area, terjadi peningkatan yang cukup signifikan di daerah Sibolga, Padang Sidempuan dan Nias. Sedangkan di daerah lainnya cenderung stabil, walaupun ada kenaikan dan penurunan tetapi jumlahnya tidak terlalu besar.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh, algoritma backpropagation cukup efektif dalam memprediksi jumlah Pelanggan Listrik. Berdasarkan serangkaian model arsitektur yang diuji yakni model arsitektur 4-2-1, 4-3-1, 4-4-1, 4-5-1, 4-6-1, diperoleh model terbaik yaitu model 4-4-1 dengan proses perulangan (epoch) 716 iterasi, dengan tingkat akurasi sebesar 63%..

#### REFERENCES

- [1] B. Fachri, A. P. Windarto, and I. Parinduri, "Penerapan Backpropagation dan Analisis Sensitivitas pada Prediksi Indikator Terpenting Perusahaan Listrik," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 5, no. 2, p. 202, 2019.
- [2] N. Doda and H. Mohammad, "Analisis Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Kabupaten Bone Bolango," *Gorontalo Journal of Infrastructure & Science Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [3] D. Almada and B. Kusuma, "Audit Energi Listrik Pabrik," *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, vol. 1, no. 1, pp. 27–36, 2018.

- [4] D. Atika, "Implementasi Algoritma Spritz dan Algoritma RC4A Dalam Skema Three-Pass Protocol Untuk Pengamanan Data," 2018.
- [5] G. W. Bhawika *et al.*, "Implementation of ANN for Predicting the Percentage of Illiteracy in Indonesia by Age Group," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [6] S. Setti, A. Wanto, M. Syafiq, A. Andriano, and B. K. Sihotang, "Analysis of Backpropagation Algorithms in Predicting World Internet Users," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [7] A. Wanto *et al.*, "Model of Artificial Neural Networks in Predictions of Corn Productivity in an Effort to Overcome Imports in Indonesia," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1339, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [8] W. Saputra, P. Poningsih, M. R. Lubis, S. R. Andani, I. S. Damanik, and A. Wanto, "Analysis of Artificial Neural Network in Predicting the Fuel Consumption by Type of Power Plant," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–5, 2019.
- [9] I. Parlina, A. Wanto, and A. P. Windarto, "Artificial Neural Network Pada Industri Non Migas Sebagai Langkah Menuju Revolusi Industri 4.0," *InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, vol. 4, no. 1, pp. 155–160, 2019.
- [10] M. R. Lubis, W. Saputra, A. Wanto, S. R. Andani, and P. Poningsih, "Analysis of Artificial Neural Networks Method Backpropagation to Improve the Understanding Student in Algorithm and Programming," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [11] J. R. Saragih, D. Hartama, and A. Wanto, "Prediksi Produksi Susu Segar Di Indonesia Menggunakan Algoritma Backpropagation," *Jurnal Ilmiah Informatika*, vol. 08, no. 01, pp. 58–65, 2020.
- [12] M. Situmorang, A. Wanto, and Z. M. Nasution, "Architectural Model of Backpropagation ANN for Prediction of Population-Based on Sub-Districts in Pematangsiantar City," *International Journal of Information System & Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 98–106, 2019.
- [13] N. Z. Purba, A. Wanto, and I. O. Kirana, "Implementation of ANN for Prediction of Unemployment Rate Based on Urban Village in 3 Sub-Districts of Pematangsiantar," *International Journal of Information System & Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 107–116, 2019.
- [14] BPS, "Perkembangan Pelanggan Listrik menurut Area (pelanggan), 2013 - 2017," *Badan Pusat Statistik*, 2020. [Online]. Available: <https://sumut.bps.go.id/statistable/2018/11/27/1266/perkembangan-pelanggan-listrik-menurut-area-pelanggan-2013---2017.html>. [Accessed: 17-Jun-2020].
- [15] A. Wanto and J. T. Hardinata, "Estimasi Penduduk Miskin di Indonesia Sebagai Upaya Pengentasan Kemiskinan dalam Menghadapi Revolusi Industri 4.0," *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*, vol. 4, no. 2, pp. 198–207, 2019.
- [16] I. S. Purba *et al.*, "Accuracy Level of Backpropagation Algorithm to Predict Livestock Population of Simalungun Regency in Indonesia Accuracy Level of Backpropagation Algorithm to Predict Livestock Population of Simalungun Regency in Indonesia," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [17] S. P. Sinaga, A. Wanto, and S. Solikhun, "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Resilient Backpropagation dalam Memprediksi Angka Harapan Hidup Masyarakat Sumatera Utara," *Jurnal Infomedia*, vol. 4, no. 2, pp. 81–88, 2019.
- [18] A. P. Windarto *et al.*, *Jaringan Saraf Tiruan: Algoritma Prediksi dan Implementasi*. 2020.
- [19] A. Wanto and J. T. Hardinata, "Estimations of Indonesian poor people as poverty reduction efforts facing industrial revolution 4.0," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 725, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [20] W. Saputra, J. T. Hardinata, and A. Wanto, "Resilient method in determining the best architectural model for predicting open unemployment in Indonesia," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 725, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [21] P. Parulian *et al.*, "Analysis of Sequential Order Incremental Methods in Predicting the Number of Victims Affected by Disasters," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [22] A. Wanto *et al.*, "Analysis of the Accuracy Batch Training Method in Viewing Indonesian Fisheries Cultivation Company Development," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [23] T. Afriliansyah *et al.*, "Implementation of Bayesian Regulation Algorithm for Estimation of Production Index Level Micro and Small Industry," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [24] M. K. Z. Sormin, P. Sihombing, A. Amalia, A. Wanto, D. Hartama, and D. M. Chan, "Predictions of World Population Life Expectancy Using Cyclical Order Weight / Bias," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [25] A. Wanto *et al.*, "Analysis of the Backpropagation Algorithm in Viewing Import Value Development Levels Based on Main Country of Origin," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [26] E. Siregar, H. Mawengkang, E. B. Nababan, and A. Wanto, "Analysis of Backpropagation Method with Sigmoid Bipolar and Linear Function in Prediction of Population Growth," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.