

## Algoritma Hibrid untuk Menentukan Produksi Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Di Semarang

Safira Fegi Nisrina<sup>1</sup>, Basuki Rahmat<sup>2</sup>

Teknik Elektromedik, Universitas Widya Husada Semarang

Jl. Subali Raya No.12, Krapyak, Kec. Semarang Barat, Jawa Tengah

[safira@uwhs.ac.id](mailto:safira@uwhs.ac.id) ; [basuki.rahmat@uwhs.ac.id](mailto:basuki.rahmat@uwhs.ac.id)

### ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 April 2022

Received in revised form 2 Mei 2022

Accepted 23 Mei 2022

Available online 2 July 2022

### ABSTRACT

*Increasing of population growth in Semarang is directly proportional increasing of waste and electricity demand. The problem is whenever, waste only moved from waste disposal site to final disposal site. This has led to the emergence of bad impacts on the environment a dirty city. In other hand, high demand of electricity needs increases yearly. To addressing this problem is a wasted has been utilized of power plants materials. Two parameters have been proposed in order to predict potential waste power plant in Semarang city such as population and waste. Backpropagation algorithm of ANN has been used in order to prediction of waste power plant for 2020 to 2022. The variables used in the forecast included population size and volume of waste.*

*The results show that electricity production of WPP is 8.8 MWH for 3 years forecasting. while the growth of people shown as 1.7 million for 3 years. The potential for PLN's garbage power plants has been given 0.29% from total electricity demands in Central Java.*

**Keywords:** Waste Power Plant, Forecasting, Back-propagation, Linear Regression, Renewable Energy

### 1. Introduction

Peningkatan pertumbuhan penduduk berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan listrik di Jawa Tengah yaitu  $\pm 26.708.039$  MWh pertahun[1], Padahal potensi sumber energi terbarukan yang tersedia sangat melimpah, meskipun mungkin belum dimanfaatkan dan dimanfaatkan secara optimal. Sumber energi terbarukan adalah yang memiliki proses berkelanjutan seperti tenaga angin, tenaga air, tenaga surya, tenaga panas bumi, dan tenaga proses biologis. Salah satu daya proses biologis tersebut berasal dari energi biomassa yaitu jenis bahan bakar yang dijadikan bahan bakar untuk listrik yaitu limbah. Salah satu permasalahan di Semarang adalah berpenduduk  $\pm 1,6$  juta jiwa, hal ini berbanding lurus dengan produksi sampah dalam volume besar yaitu  $\pm 880$  ton per hari [2]. Umumnya sampah hanya dipindahkan dari tempat pembuangan limbah ke tempat pembuangan akhir. Hal ini menyebabkan munculnya beberapa faktor dan beberapa hal yang tidak diinginkan yang berdampak buruk terhadap lingkungan; kota yang kotor. Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan sampah melalui Pembangkit Listrik

Tenaga Sampah untuk memenuhi kebutuhan listrik yang semakin meningkat sebagai sumber Energi Baru Terbarukan sebagai energi alternatif dengan memanfaatkan potensi sampah [3].

Penelitian tentang peramalan tagihan listrik digunakan Jaringan Syaraf Tiruan untuk perencanaan anggaran telah dilakukan pada peneliti [4]. Peningkatan konsumsi listrik di wilayah Ponorogo dialami oleh penggunaan backpropagasi [5]. Penerapan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) untuk peramalan beban listrik harian, beban puncak, dan beban dasar dilakukan untuk melihat keakuratan peramalan menggunakan ARIMA [6]. Riset proyeksi jumlah pelanggan energi listrik, kebutuhan energi listrik, produksi energi listrik dan beban puncak, di Sulawesi Selatan dari tahun 2013 hingga 2017 menggunakan software LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning System*) [7]. Penelitian membahas tentang penggunaan metode neural-fuzzy untuk memprediksi kebutuhan listrik untuk meramalkan kebutuhan listrik dengan skenario *time frame* tertentu [8]. Peramalan kebutuhan beban jangka pendek menggunakan algoritma backpropagation menggunakan dua variabel yaitu data beban listrik melewati data temperatur lingkungan [9]. Pembelajaran peramalan beban daya puncak pada sistem kelistrikan di Indonesia telah dilakukan dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan *back-propagation* [10]. Kemudian pada penelitian ini akan dikembangkan metode jaringan saraf tiruan backpropagation untuk seleksi penerimaan mahasiswa baru jurusan teknik komputer [11]. Penelitian tentang prediksi hasil padi berdasarkan jaringan syaraf bermakna di desa [12]. Peramalan untuk memprediksi konsumsi daya listrik menggunakan jaringan syaraf tiruan [13]. Penelitian ini mendeskripsikan metode untuk memprediksi beban listrik jangka panjang dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan [14]. Beban harian hari raya umat Hindu yang kondisinya tidak menentu sulit dilakukan dengan metode peramalan konvensional, sehingga diusulkan agar peramalan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan. [15]. Penelitian tentang peramalan kebutuhan energi listrik dengan metode jaringan syaraf tiruan backpropagation lebih beralasan dibandingkan hasil peramalan dengan menggunakan metode regresi [16].

Penelitian tentang kajian dan implementasi yang bertujuan untuk menerapkan algoritma jaringan syaraf tiruan dengan metode backpropagation dan merancang sistem yang dapat melakukan tugas-tugas dalam mendeteksi kondisi psikologis berdasarkan gejala yang sering terjadi pada manusia. [17]. Penelitian pengembangan metode jaringan syaraf tiruan backpropagation dalam peramalan / prediksi debit time series data dengan menganalisis data Automatic Water Level Recorder (AWLR) eksisting [18]. Penelitian membahas tentang penerapan jaringan syaraf tiruan untuk peramalan jumlah data deret waktu kedatangan wisman ke Indonesia dengan menggunakan data jumlah wisatawan yaitu data deret waktu. [19]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan desain arsitektur jaringan syaraf tiruan backpropagation terbaik dan memprediksi jumlah permintaan produk v-belt AJGG B-65. [20].

Konversi energi terbarukan yang menjadikan potensi sampah diubah menjadi pembangkit listrik dari sampah menjadi energi menggunakan proses termal dan mampu menghasilkan daya keluaran dari generator sebesar 1.034,74 kW di kota Singkawang [21]. Konversi energi terbarukan yang menjadikan limbah potensial diubah menjadi pembangkit listrik dari limbah menjadi energi konversi biologis dengan menggunakan bakteri pengurai limbah organik menjadi gas metan (CH<sub>4</sub>) dan telah dihasilkan energi listrik yang dapat dijual ke PT PLN (Persero) sebesar 11.956.766 kWh [22]. Perkiraan potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari bahan baku sampah kota Pekanbaru sebagai sumber energi alternatif adalah 9 MW [23].

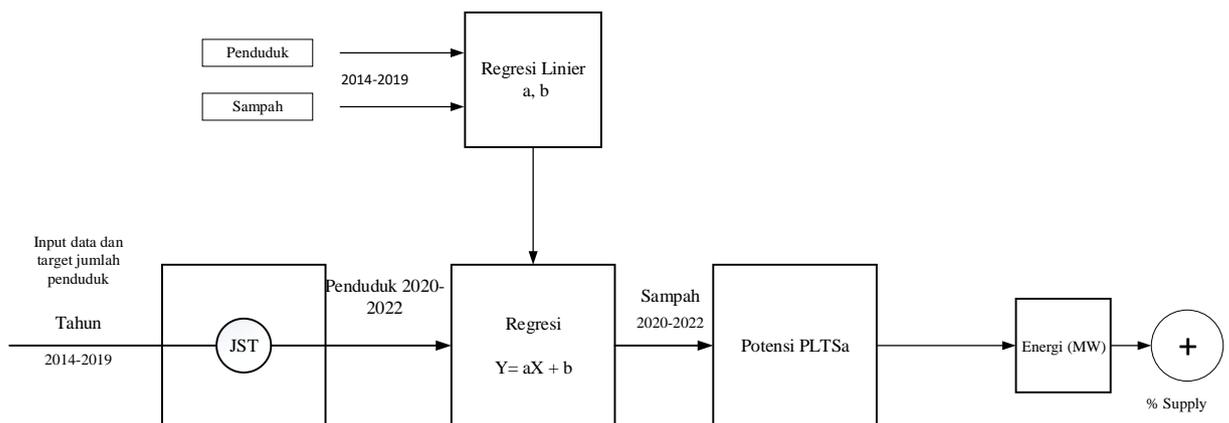
Berdasarkan alasan tersebut maka perlu dilakukan analisis prakiraan potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di perkotaan berdasarkan pertumbuhan penduduk dan kebutuhan listrik dengan cara memperkirakan konsumsi energi listrik. Program yang digunakan untuk melakukan analisis adalah Matlab dengan memanfaatkan salah satu fungsi jaringan syaraf tiruan. Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada salah satu parameter yang diprediksi menggunakan jaringan syaraf tiruan atau hanya membahas potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah. Penelitian ini difokuskan pada peramalan potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dengan pengaruh

pertumbuhan penduduk dan kebutuhan listrik dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan di Kota Semarang. Selain itu, peramalan telah digunakan 2 parameter masukan; populasi, limbah.

## 2. Research Method

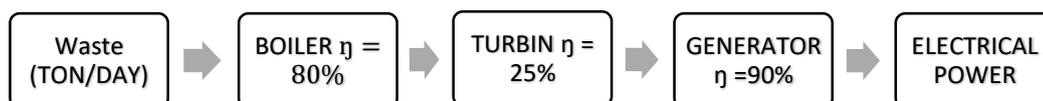
Model penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan suatu penelitian, dimulai dari perancangan ini diketahui dua parameter pertama terdiri dari data penduduk dan sampah yang telah diprediksi. Untuk dapat diketahui produksi listrik dari limbah sampah di Kota Semarang. Algoritma *Backpropagation* dan Regresi Linier digunakan untuk model penelitian ini. Data sample pada tahun 2014 sampai 2019 digunakan Regresi Linier sebagai model basis data dengan variable Tahun-1, Tahun-2, Tahun-3, kemudian misalkan diramalkan tahun 2017, maka input data Tahun-1, Tahun-2, Tahun-3 adalah 2014, 2015, dan 2016, dan 2017 sebagai Target. Sehingga untuk mendapatkan hasil peramalan tahun 2020 sampai 2022, diambil nilai keluaran JST 3 tahun sebelumnya. Dari hasil tersebut akan dihitung kembali dengan digunakan variabel Regresi Linier yang sudah dibuat untuk menghitung peramalan sampah Tahun 2020-2022, hasil prediksi ini yang akan menentukan potensi PLTSA dalam 3 tahun kedepan.

Lalu parameter kedua terdiri dari data konsumsi listrik juga diprediksi dengan Jaringan Syaraf Tiruan untuk 3 tahun kedepan, sehingga dapat diketahui seberapa besar daya listrik yang dikonsumsi serta produksi untuk melayani beban listrik masyarakat. Variabel Tahun-1, Tahun-2, Tahun-3 adalah nilai jumlah penduduk sebelum tahun yang akan diramalkan, Sehingga didapatkan hasil peramalan tahun 2020 sampai 2022, diambil nilai keluaran JST 3 tahun sebelumnya, Misal akan meramalkan tahun 2020, maka input data yang digunakan hasil JST 2017, 2018, 2019.



Gambar 1. Model Penelitian Peramalan Kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah telah dihasilkan listrik melalui pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar. Mekanisme *thermal* yaitu pada saat limbah dibakar menghasilkan panas yang telah dihasilkan dari pemanasan *steam* pada boiler dengan proses pertama, limbah tersebut akan diolah untuk memanaskan air pada boiler. Kedua, uap dihasilkan oleh boiler dengan temperatur dan tekanan tertentu untuk memutar turbin, kemudian telah dihasilkan tenaga mekanik untuk putaran. Ketiga, generator yang dikopel dengan turbin akan berputar untuk menghasilkan energi listrik dari putaran magnet coil, dan dihasilkan energi listrik dari output generator [24]. Estimasi daya keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Sampah yang digunakan untuk bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Sampah, telah dirancang diagram blok, dengan efisiensi masing-masing alat [25]. Gambar 2 menjelaskan analisis Pembangkit Listrik Tenaga Sampah.

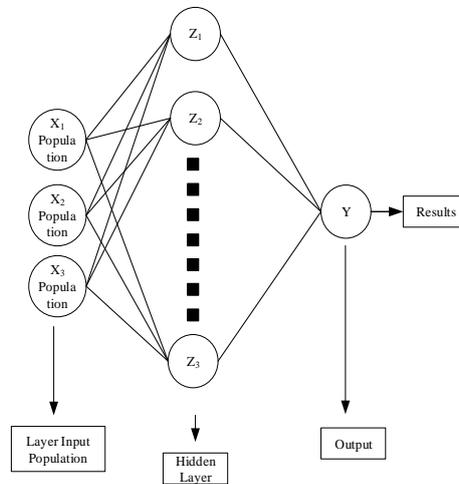


Gambar 2. Waste Power Plant Analysis

Gambar 2 merupakan ilustrasi analisis Pembangkit Listrik Tenaga Sampah yang dapat dijelaskan. Perhitungan ini telah didapatkan asumsi efisiensi boiler dibuat berdasarkan harga tipikal boiler sampah yang beroperasi dengan sistem yang sama dimana efisiensi boiler batu bara konvensional dapat mencapai hingga 80%. Pada boiler, limbah dibakar kemudian uap / asap masuk ke steam turbine dengan efisiensi steam turbine yang dibuat berdasarkan efisiensi siklus rankine yaitu sekitar 25%. Kemudian uap yang dihasilkan memutar turbin dan generator melakukan kopling untuk menghasilkan listrik, efisiensi generator dipilih sebesar 90%. [26].

#### A. Backpropagation Arsitektur

Arsitektur jaringan syaraf tiruan yang digunakan adalah algoritma backpropagation. Ini memiliki beberapa unit yang berada di satu layar tersembunyi lagi. prediksi populasi input dan target jaringan saraf dengan variabel Tahun-1, Tahun-2, Tahun-3 adalah nilai populasi sebelum tahun yang akan diprediksi, misalnya akan memprediksi 2017, kemudian input data Tahun-1, Tahun -2, Tahun-3 adalah 2014, 2015, dan 2016, dan 2017 sebagai Target. Sehingga untuk mendapatkan hasil peramalan tahun 2020 sampai 2022 akan diambil nilai keluaran JST 3 tahun sebelumnya, misalnya untuk prediksi tahun 2020, maka masukan data yang digunakan adalah hasil JST 2017, 2018, dan 2019.



Gambar 3. Arsitektur Penelitian Populasi

- Input Layer memiliki dua parameter populasi yaitu waste dengan 3 neuron masukan per parameter yaitu (X1, X2, X3) data masukan yang berisi data ternormalisasi dengan setiap neuron mewakili 1 data.
- Hidden Layer memiliki fungsi untuk melatih data yang kemudian dihasilkan keluaran (Y). Fungsi transfer yang digunakan adalah sigmoid karena data yang digunakan setelah dinormalisasi memiliki range [0 1], sedangkan untuk menghasilkan fungsi output digunakan transfer tansig.
- Satu neuron output layer yang merepresentasikan data ke-1 yaitu data hasil ramalan untuk setiap parameter dalam 3 tahun ke depan.

#### B. Rata-rata Kesalahan Persegi

Nilai mse dalam satu siklus pelatihan adalah nilai kesalahan (error) = nilai keluaran - nilai masukan. dan diringkas sebagai [5]:

$$MSE = \frac{\sum e^2}{\text{jumlah } n}$$

$\Sigma e^2$  = perbedaan antara nilai target dan nilai keluaran yang diprediksi dan sqa  
jumlah n = jumlah data pembelajaran

### B. Regresi Linier

Metode regresi linier merupakan teknik statistik untuk melakukan percobaan dengan dua variabel atau lebih, dalam regresi linier meramalkan satu atau lebih variabel yang biasanya diwakili oleh variabel  $X$  dan  $Y$  [27]. Variabel bebasnya adalah  $X$  dan variabel terikatnya adalah  $Y$  dengan persamaannya adalah [16] :

$$Y = a \cdot X + b$$

untuk mencari nilai  $a$  dan  $b$ :

$$a = \frac{n \Sigma XY - (\Sigma X) \cdot (\Sigma Y)}{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} (3)$$

$$b = \frac{(\Sigma Y) \cdot (X^2) - (\Sigma X) \cdot (\Sigma XY)}{n \Sigma X^2 - (X)^2} (4)$$

### C. Potensi Sampah ke Listrik

Untuk dapat diketahui potensi sampah sebagai energi terbarukan maka harus ditentukan kalori sampah yaitu 1500 kkal / kg, dan 0,00116 sebagai kalori rata-rata (kWh / kkal). Untuk mengukur potensi produksi sampah, ada tahapan yang harus diolah nomor 1 dan 2 [21].

#### Analisis Perhitungan Potensi Energi Listrik dalam Tahun

- Jumlah kalori yang masuk ke boiler, yaitu kkal / hari = total volume sampah x nilai kalori 1500 kkal / kg (5)
- Eenergi total kWh dimana 0,00116 (kWh / kkal) adalah nilai kalori harian = jumlah (kkal) x 0,00116 (kWh / kkal) (6)
- Jumlah thermal limbah yang masuk ke boiler, sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dapat beroperasi secara berkelanjutan selama 24 jam panas total = energi total (kWh / hari) / 24 jam (7)

#### Perhitungan Tenaga Listrik yang Dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

- Daya keluaran boiler dikalikan dengan efisiensi boiler.

$$\text{Daya keluaran} = \text{panas memasuki boiler} \times \text{efisiensi boiler } 80\% (8)$$

- Daya keluaran turbin uap dikalikan dengan efisiensi turbin..

$$\text{Daya keluaran turbin} = \text{daya keluaran boiler} \times \text{efisiensi turbin uap } 25\% (9)$$

- Daya keluaran generator dikalikan dengan efisiensi generator.

$$\text{Daya keluaran generator} = \text{daya keluaran turbin uap} \times \text{efisiensi generator } 90\% (10)$$

Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini, berikut rencana kerja seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Keseluruhan model penelitian dirancang untuk menghasilkan analisis penelitian prediksi potensi pembangkit listrik tenaga sampah berbasis populasi dengan digunakan model hybrid jaringan syaraf tiruan dan regresi linier.

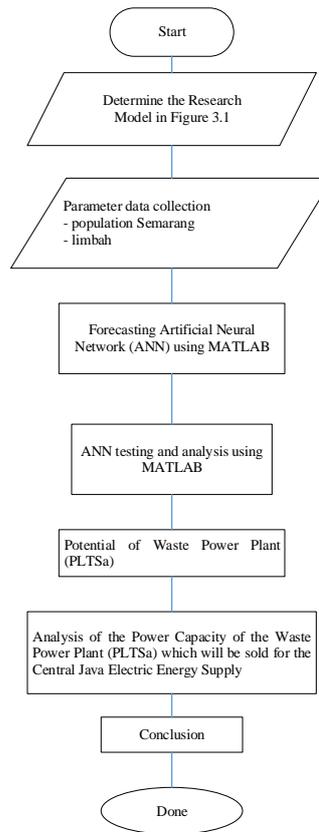


Figure 4. Research Flowchart

**3. Results and Analysis**

*A. Model Regresi Linier*

Dalam prediksi sampah terhadap penduduk digunakan regresi linier telah dihitung dengan sample tahun 2014-2019. Variabel Y yaitu sampah diikuti X yaitu jumlah penduduk dengan persamaan yang telah ditentukan, perhitungan ini telah digunakan perhitungan Matlab dengan program yang telah dibuat. perhitungan tersebut, sehingga dihasilkan persamaan dari perhitungan tersebut, yaitu:

$$Y = (-0.002991535.X) + (5,778.86)$$

Table 1. Peramalan Regresi Linear Sampah Terhadap Penduduk 2014-2019

Results of Forecasting Linear Regression Waste to Population		
Year	Population (X)	Waste Volume (Y)
2014	1,584,906	1,037.56
2015	1,595,267	1,006.57
2016	1,648,279	847.98
2017	1,658,552	817.25
2018	1,668,578	787.26
2019	1,674,358	769.96

Tabel 1 merupakan hasil peramalan regresi linier. Dari hasil tabel di atas, perhitungan regresi linier juga mengalami penurunan dalam 3 tahun (2014-2019).

Tabel 2. Peramalan Regresi Linear Sampah Terhadap Penduduk 2020-2022

Results of Forecasting Linear Regression Waste to Population		
Year	Population (X)	Waste Volume (Y)
2020	1,674,358	769.96
2021	1,674,358	769.96
2022	1,674,358	769.96

Tabel 2. Peramalan Regresi Linear Sampah Terhadap Penduduk 2020-2022 Tabel 2 merupakan hasil peramalan regresi linier gabungan dari hasil JST, variabel populasi (X) merupakan hasil peramalan JST, sehingga sampah (Y) adalah hasil perhitungan regresi linier dari gabungan JST. Dari hasil tabel di atas, perhitungan regresi linier juga mengalami jumlah sampah tetap dalam 3 tahun (2020-2022).

### B. Data Normalization

Normalisasi dilakukan dengan melakukan pembobotan nilai untuk setiap data dengan parameter yang telah ditentukan mulai dari 0 sampai dengan 1. Digunakan metode peramalan time series pada data normalisasi untuk menganalisis pola hubungan antara variabel yang akan diestimasi dengan variabel waktu. Pada uatu peramalan dengan digunakan data *time series* perlu memperhatikan jenis atau pola datanya [28].

Table 3. Normalisasi Data dan Target Penduduk 2014-2019

Data Normalization and Population Target				
Year	X1	X2	X3	Target
2017	0	0.1158	0.708	0.823
2018	0.1158	0.708	0.823	0.935
2019	0.708	0.823	0.935	1

Tabel 3 pada data normalisasi time series X1, X2, X3 merupakan nilai populasi 3 tahun sebelumnya dan target Y. Hasil normalisasi di atas merupakan hasil data parameter yang menunjukkan nilai maksimum dan minimum yang digunakan sebagai representasi dari data asli tanpa merubah karakteristiknya.

Tabel 4. Normalisasi Data dan Target Penduduk 2014-2019

Data Normalization and Population Target				
Year	X1	X2	X3	Target Input
2012	0.4859	0.566	0.648	0.732
2013	.566	0.648	0.732	0.819
2014	0.648	0.732	0.819	0.908
2015	0.732	0.819	0.908	1
2016	0.8194	0.908	1	0.1505
2017	0.908	1	0.1505	0
2018	1	0.1505	0	0.377
2019	0.1505	0	0.377	0.853

Mengacu pada Tabel 4 pada data normalisasi time series X1, X2, X3 merupakan nilai waste 3 tahun sebelumnya dan Y target. Hasil normalisasi di atas merupakan parameter data hasil yang menunjukkan nilai maksimum dan minimum yang digunakan sebagai representasi dari data asli tanpa mengubah karakteristiknya. *Activation Stage*.

Dalam meramalkan backpropagasi algoritma JST, kita harus menggunakan fungsi matematis untuk mengeluarkan nilai keluaran dan masukan. Penelitian ini menggunakan fungsi aktivasi sigmoid (tansig) yang memiliki rentang nilai [-1 1].

### C. Parameter

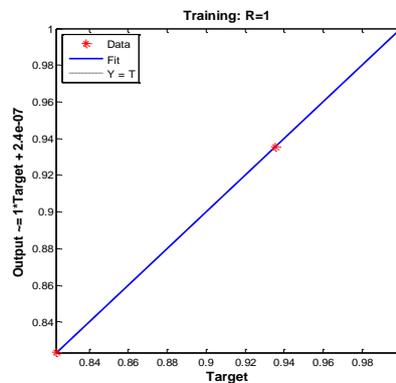
Untuk melakukan pelatihan pada jaringan syaraf tiruan, ditentukan parameter sebagai berikut:

- Epoch : 500
- Show : 25
- MSE : 0.0001
- Activation function : Sigmoid bipolar [-1 1]

### D. Hasil Peramalan Jaringan Saraf Tiruan

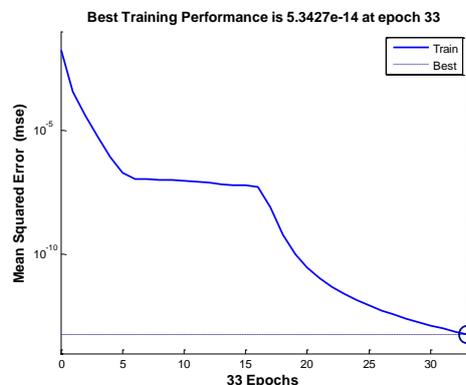
#### 1. Penduduk

Proses de-normalisasi dilakukan dengan dikembalikannya nilai hasil peramalan ke bentuk data aslinya (sebelum normalisasi), dengan proses kembali ke proses normalisasi sebelumnya. Proses ini bertujuan agar jaringan tidak mengalami kegagalan pada saat pembelajaran yaitu (*training* atau *testing*). Pemeriksa data untuk memprediksi populasi telah memperoleh plot keluaran berupa Regresi, Performa Latihan Terbaik, masing-masing plot yang memiliki fungsi berbeda untuk menampilkan suatu hasil pada waktu tertentu Regresi. Data pada grafik antar garis merupakan masukan dari parameter, gradien x mewakili target, dan gradien y menunjukkan keluaran dari prediksi.



Gambar 5. Grafik nilai regresi pada kereta parameter populasi

Gambar 5 adalah grafik yang menunjukkan data antar garis merupakan masukan parameter, nilai regresi untuk pengujian parameter data populasi dan limbah, keluaran jaringan dan target akan sama persis, dapat dibuktikan bahwa korelasi koefisien (R) adalah 1 dan untuk mendapatkan hasil terbaik adalah jika koefisien korelasi (R) adalah 1. Data antar garis merupakan masukan dari parameter, gradien X mewakili target sedangkan gradien Y mewakili keluaran dari hasil prediksi. Untuk jumlah penduduk pada tahun pertama adalah 0.823. Bertemu pada titik yang sama antara target dan output yang diprediksi, tahun kedua bernilai 0,935 untuk bertemu pada titik yang sama antara target dan output yang diprediksi, dan tahun ketiga adalah 1 yang bertemu pada titik yang sama antara target dan target hasil yang diprediksi. Hasil MSE (mean square error) sebesar  $5.3427e-14$  lebih kecil dari 0,0001 yang menunjukkan bahwa nilai MSE telah memenuhi target.



Gambar 6. Grafik nilai MSE pada pelatihan parameter populasi

Gambar 6 yang mengilustrasikan grafik nilai MSE pada data training merupakan pelajaran di setiap epoch. Dalam proses pelatihan, iterasi berhenti pada epoch yang dihasilkan 33 dari epoch maksimum 500.

## 2. Sampah

Grafik data antar garis merupakan masukan parameter, kemiringan x melambangkan target, dan kemiringan y melambangkan keluaran prediksi. Nilai regresi pada uji parameter data populasi dengan 10 neuron pada hidden layer ketika data uji kecocokan antara keluaran jaringan dan target diperoleh jika pelatihannya sempurna,

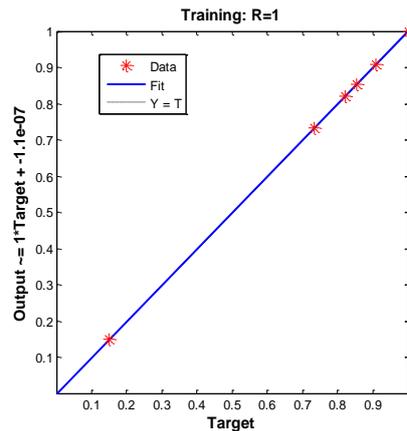
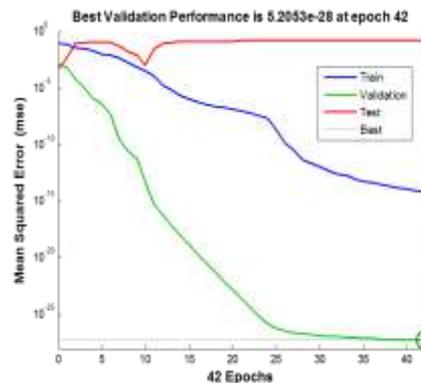


Figure 7. The regression value graph on the waste parameter test

Gambar 7 menunjukkan jaringan dan keluaran target akan persis sama, hal ini dapat dibuktikan bahwa koefisien korelasi (R) adalah 1 dan untuk mendapatkan hasil terbaik adalah jika koefisien korelasi (R) adalah 1.



Gambar 8. Grafik nilai MSE pada pelatihan parameter limbah

Gambar 8 yang mengilustrasikan grafik nilai MSE dalam data limbah pelatihan merupakan pelajaran di setiap epoch. Pada proses training iterasi berhenti pada epoch ke-42, karena batas epoch yang diinginkan telah tercapai dan menghasilkan MSE sebesar  $5.2053e-28$  kurang dari 0.001 yang menandakan bahwa MSE tersebut jauh dari target.

## 3. Denormalisasi Populasi

Proses denormalisasi atau pengembalian nilai hasil peramalan ke jaringan ke bentuk data semula (sebelum normalisasi), dengan proses pengembalian ke proses normalisasi sebelumnya, yang bertujuan agar jaringan tidak mengalami kegagalan saat pembelajaran yaitu (pelatihan atau pengujian).

Table 5. Population Denormalization Results

Result of Forecasting Artificial Neural Network (Denormalization) of Population		
Year	ANN	Denormalization
2017	0.82330188	1,658,552
2018	0.93538	1,668,578
2019	1	1,674,358
2020	1	1,674,358
2021	1	1,674,358
2022	1	1,674,358

Tabel 5 merupakan hasil denormalisasi data atau peramalan dari desain arsitektur JST untuk memprediksi hasil populasi yang mengalami peningkatan. Ini memiliki tingkat akurasi yang lebih baik karena memiliki nilai MSE dibawah 0,0001 sehingga lebih mendekati data aslinya.

#### 4. Denormalisasi Sampah

Proses denormalisasi atau pengembalian nilai hasil peramalan ke jaringan ke bentuk data semula (sebelum normalisasi), dengan proses pengembalian ke proses normalisasi sebelumnya, yang bertujuan agar jaringan tidak mengalami kegagalan saat mengalami pembelajaran yaitu (pelatihan atau pengujian). Hasil denormalisasi data atau peramalan dari desain arsitektur JST untuk memprediksi hasil sampah yang berfluktuasi, namun pada tahun 2020-2022 terjadi penurunan.

Table 6. Waste Denormalization Results.

Result of Forecasting Artificial Neural Network (Denormalization) of Waste		
Year	ANN	Denormalization
2012	0.73274	963.30
2013	0.81946	1003.50
2014	0.90854	1044.80
2015	1	1087.2
2016	0.15056	693.399616
2017	2.28E-14	623.6
2018	0.00018793	623.6871243
2019	0.85332	1019.199152
2020	0.84686	1016.204296
2021	0.99159	1083.301124
2022	0.22544	728.113984

Tabel 3 dan 4 menunjukkan hasil perhitungan de-normalisasi data atau peramalan dari desain arsitektur jaringan saraf tiruan untuk memprediksi hasil dari populasi dan pemborosan, yang menghasilkan peramalan yang memiliki tingkat akurasi yang lebih baik karena menggunakan jaringan saraf tiruan memiliki mendekati nilai target dan data masukan asli (normalisasi).

#### D. MSE (Mean Square Error)

Hasil kedua hasil peramalan tersebut jika melihat hasil peramalan jumlah ramalan dapat dikatakan bahwa peramalan dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan lebih baik daripada menggunakan regresi linier, hal ini dapat dibuktikan dari hasil peramalan MSE jaringan syaraf tiruan lebih kecil dari peramalan regresi linier karena jaringan syaraf tiruan merupakan model peramalan terbaik yang dapat digunakan untuk membuat peramalan karena metode jaringan syaraf tiruan menghasilkan nilai yang

akurat. Tabel yang berisi hasil kesalahan yaitu hasil perhitungan selisih antara target dengan keluaran JST dan dibandingkan dengan keluaran JST dengan regresi linier, sehingga menghasilkan setiap MSE dari suatu peramalan.

Table 7. MSE Jaringan Syaraf Tiruan

Hasil MSE Sampah dengan Artificial Neural Networks			
Year	Target	ANN	Error <sup>2</sup>
2014	0.908541846	0.908541846	0
2015	1	1	0
2016	0.150560828	0.150560828	0
2017	0	2.2815E-14	5.20524E-28
2018	0.37704918	0.00018793	0.142024402
2019	0.853321829	0.853321829	0
<b>MSE</b>			<b>0.023670734</b>

Tabel 7 menunjukkan nilai mean square error JST yang terdiri dari target dan keluaran peramalan menggunakan JST yang menghasilkan nilai 0,02367. Nilai ini merupakan nilai yang sangat kecil dari kisaran fungsi aktivasi [0 1] dan telah memenuhi persyaratan kisaran.

Tabel 8. MSE Sampah Regresi Linier

Hasil MSE Regresi Sampah			
Tahun	JST	Regresi	Error <sup>2</sup>
2014	0.90854	1	0.008364932
2015	1	0.884172517	0.013416006
2016	0.15056	0.291541832	0.019875877
2017	2.2815E-14	0.176698117	0.031222225
2018	0.00018793	0.06461566	0.004150932
2019	0.85332	0	0.728155022
<b>MSE</b>			<b>0.134197499</b>

Tabel 8 menunjukkan nilai mean square error yang terdiri dari keluaran peramalan JST dengan regresi linier yang menghasilkan nilai 0.1341. Dari Tabel 7 dan 8 merupakan hasil perbandingan dari kedua metode peramalan yang berbeda. Prediksi pemborosan jaringan syaraf tiruan menghasilkan keluaran yang cukup sempurna, karena memiliki MSE yang lebih kecil dibandingkan regresi linier. Kedua metode tersebut masih dalam range [0 1], artinya masih cukup akurat.

#### E. Hasil Analisis Potensi Energi Pemborosan dengan Teknologi Insinerasi

Pemanfaatan sampah dari Semarang berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber energi jika dimanfaatkan sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan metode thermal atau dengan metode pembakaran. Berdasarkan potensi sampah yang ada, maka dapat direncanakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah yang dapat dimanfaatkan dapat dihitung sebagai berikut:

Dengan jumlah sampah yang masuk ke TPA Jatibarang Semarang dilakukan pengambilan data untuk tahun 2020-2022 dengan asumsi nilai kalor sampah sebesar 1500 kkal.

Perhitungan menunjukkan bahwa:

#### 1. Analisis Perhitungan Potensi Energi Listrik Tahun 2020-2022 dari peramalan regresi linier

Menghitung jumlah kalori yang masuk ke boiler,

Yaitu  $\text{kcal } 769.960 \text{ kg / day} \times \text{nilai kalori } 1500 \text{ kcal / kg} = 1,154,940,000 \text{ kcal / hari}$

Menghitung jumlah energi  $1,154,940,000 \text{ (kcal / hari)}$  dimana  $0.00116 \text{ (kWh / kcal)}$  adalah nilai kalori  $= 1,339,730 \text{ kWh / hari}$

Menghitung Jumlah Thermal Limbah yang masuk ke boiler, agar Pembangkit Listrik Tenaga Limbah dapat beroperasi secara berkelanjutan selama 24 jam.

$= 1.339.730: (24 \text{ jam / hari}) = 55.822,1 \text{ kW}$

Kapasitas Daya adalah 73,674.5 kW.

## 2. Penghitungan Listrik yang Dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

Menghitung daya keluaran boiler dikalikan dengan efisiensi boiler.

$$= 55,822.1 \text{ kW} \times 80\% \\ = 44,657,68 \text{ kW}$$

Menghitung daya keluaran turbin uap dikalikan dengan efisiensi turbin.

$$= 44,657.68 \times 25\% \\ = 11,164.42 \text{ kWh}$$

Menghitung daya keluaran generator dikalikan dengan efisiensi generator.

$$= 11,164.42 \times 90\% \\ = 10,047.97 \text{ kW}$$

Energi yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah  $\times$  24 jam

$$= 10,047.97 \text{ kW} \times 24 \text{ hours} \\ = 241,151.47 \text{ kWh / day}$$

Jika beroperasi selama 1 tahun maka energi listrik yang dapat dibangkitkan adalah:

Energi yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah  $\times$  365 hari (1 tahun)

$$= 241,151.47 \text{ kWh} \times 365 \text{ hari} \\ = 88,020,287.28 \text{ kWh / tahun} \\ = 88,020.28 \text{ MWh / tahun}$$

### E. Analisis Rata-Rata Daya yang Dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

Penghitungan potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dari pemanfaatan sampah dengan metode pada point H diatas dilakukan selama 3 tahun (2020-2022). Namun titik di titik H tersebut telah menghasilkan daya keluaran rata-rata pembangkit listrik tenaga sampah selama 3 tahun ke depan (2020-2022).

Table 9. Generator Output Power

Average Generator Output Power	
Year	Power (kW)
2020	10,047.97
2021	10,047.97
2022	10,047.97
Average	10,047.97

Mengacu pada Tabel 9, daya keluaran rata-rata generator sebesar 10.047,97 kW selama 3 tahun memiliki nilai yang sama berdasarkan kombinasi JST dan hasil perhitungan regresi linier.

### F. Analisis Energi Jual oleh Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

Energi yang dapat dijual di PT PLN Ltd.co merupakan hasil penghitungan sampah yang dapat dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi ini (insinerasi) yang dapat menghasilkan listrik yang dapat dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dalam kisaran rata-rata 10.047 kW atau 10,04 MW. Setelah itu untuk mendapatkan energi listrik yang dapat dijual ke PT PLN Persero yaitu hasil pembakaran tahunan:

Tabel 9. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (kWh) yang dijual ke PLN per tahun (MWh)

Energy (kWh) Waste Power Plant sold to PLN per year (MWh)	
2020	88,020.28
2021	88,020.28
2022	88,020.28

Average	88,020.28
---------	-----------

Tabel 9. menjelaskan hasil daya yang dapat dijual ke PLN setelah diprediksi menggunakan jaringan syaraf tiruan sebesar 88.020,28 MWh pada tahun 2020-2022. Data tersebut memiliki nilai yang sama.

#### 4. Conclusion

Dari hasil analisis dan pembahasan aplikasi jaringan saraf tiruan backpropagation dan regresi linier, dapat disimpulkan bahwa peramalan pertumbuhan penduduk 3 tahun mendatang (2020-2022) telah mencapai angka yang tetap. Perkiraan pertumbuhan sampah 3 tahun mendatang (2020-2022) telah menghasilkan nilai yang sama.

Jaringan syaraf tiruan dapat melakukan proses peramalan mengenai hasil peramalan potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Semarang dengan empat parameter sesuai dengan target yang telah ditentukan dengan menerapkan algoritma backpropagation untuk membuat prediksi sehingga menghasilkan nilai regresi 1 dan MSE dibawah 0,001 pada epoch 500, sehingga hasil prediksi akurat dan tepat. Oleh karena itu pemanfaatan limbah dengan menggunakan teknologi direct combustion atau incineration mampu menghasilkan daya keluaran generator rata-rata dalam 3 tahun (2019-2022) yaitu rata-rata daya keluaran generator sebesar 10. 047 MWh dan menjelaskan bahwa daya yang dihasilkan dapat dijual ke PLN setelah diprediksi menggunakan jaringan syaraf tiruan sebesar 88.020,28 MWh pada tahun 2020-2022.

Saran dalam penelitian ini adalah agar Prediksi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation dapat diterapkan atau dikembangkan kembali dengan menambahkan data pada setiap parameter seperti menambahkan data historis 10 atau 15 tahun sebelumnya agar lebih akurat dalam peramalan.

#### References

- [1] PT.PLN Persero Unit Pusat Pengatur Beban Jawa Tengah dan DIY (UP2B JTD), "Data konsumsi listrik Jawa Tengah 2014 -2019."
- [2] B. P. Statistik and K. Semarang, "Badan pusat statistik kota Semarang," in *Angka Semarang Tahun 2019*, 2019, pp. 1–346.
- [3] N. Nurkholid, T. Sukmadi, and A. Nugroho, "Analisis Perbandingan Metode Logika Fuzzy Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang Di Indonesia Sampai Tahun 2022," *Transient*, vol. 3, 2014.
- [4] M. L. Chasani and Z. Zukhri, "Aplikasi Peramalan Tagihan Listrik Dengan Jaringan Syaraf Tiruan," *Snati*, pp. 28–31, 2013.
- [5] N. A. T, A. Murnomo, and A. Suryanto, "Implementasi Neural Network pada Matlab untuk Prakiraan Konsumsi Beban Listrik Kabupaten Ponorogo Jawa Timur," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 7–12, 2017, doi: 10.15294/jte.v9i1.10755.
- [6] H. Wibowo, Y. Mulyadi, and A. G. Abdullah, "Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Terklasifikasi Berbasis Metode Autoregressive Integrated Moving Average," *Electrans*, vol. 11, no. 2, pp. 44–50, 2012.
- [7] C. P. Putra *et al.*, "Analisa Pertumbuhan Beban Terhadap Ketersediaan Energi Listrik Di Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 19–30, 2014, doi: 10.35793/jtek.3.2.2014.4454.
- [8] A. S. Harsono, U. Ciptomulyono, and N. Siswanto, "USULAN PENGGUNAAN METODE FUZZY ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK PERAMALAN KEBUTUHAN LISTRIK ( Studi Kasus : PLN Area Pelayanan Malang )," pp. 1–12, 2005.
- [9] D. Atia Sari, "Peramalan Kebutuhan Beban Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *Makal. Semin. Tugas Akhir*, pp. 1–12, 2006.
- [10] A. K. Heru and R. Dalimi, "Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Peramalan Beban Tenaga Listrik Jangka Panjang Pada Sistem Kelistrikan Di Indonesia," *Network*, no. 3, pp. 211–217, 2005.
- [11] M. Agustin, "PENGGUNAAN JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK SELEKSI PENERIMAAN MAHASISWA BARU PADA JURUSAN TEKNIK KOMPUTER DI POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA," *Publ. Thesis*, pp. 4–32, 2012.
- [12] F. Anindyahadi, *PREDIKSI HASIL PANEN PADI BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN (STUDI KASUS: DESA PENGKOK, KEDAWUNG, SRAGEN)*. 2018.
- [13] R. Sinta and R. Gernowo, "Rancang Bangun Sistem Peramalan Konsumsi Daya Listrik dengan Artificial Neural Network Backpropagation," *J. Sist. Inf. Bisnis*, vol. 01, pp. 48–58, 2013.
- [14] Y. K. Maju Binoto\*, "PERAMALAN ENERGI LISTRIK YANG TERJUAL DAN DAYA LISTRIK

- TERSAMBUNG PADA SISTEM KETENAGALISTRIKAN UNTUK JANGKA PANJANG DI SOLO MENGGUNAKAN MODEL ARTIFICIAL NEURAL NETWORK,” *Prosiding SNATIF Ke-2*, pp. 235–242, 2015.
- [15] I. Mataram, “Peramalan Beban Hari Libur Menggunakan Artificial Neural Network,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 2006–2009, 2013.
- [16] S. Sesa, H. Suyono, and R. Nur Hasanah, “Peramalan Beban Listrik Jangka Menengah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Sistem Kelistrikan Kota Ambon,” *Arus Elektro Indones.*, pp. 19–25, 2014.
- [17] S. Kusumadewi, “JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN METODE BACKPROPAGATION UNTUK MENDETEKSI GANGGUAN PSIKOLOGI,” *Media Inform.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2004.
- [18] G. H. Tarigan, M. Fauzi, and I. Suprayogi, “ANALISA PREDIKSI DATA DEBIT RUNTUN WAKTU MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN ALGORITMA BACKPROPAGATION ( STUDI KASUS DAS INDRAGIRI ),” vol. 1, no. 2, 2000.
- [19] N. O. Syamsiah *et al.*, “PENERAPAN NEURAL NETWORK UNTUK PERAMALAN DATA TIME SERIES UNIVARIATE JUMLAH WISATAWAN,” vol. 3, no. 3, pp. 100–106, 2019.
- [20] M. Febrina, F. Arina, and R. Ekawati, “Peramalan Jumlah Permintaan Produksi Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation,” *J. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 174–179, 2013.
- [21] U. I. Faruq, “STUDI POTENSI LIMBAH KOTA SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH ( PLTSa ) KOTA SINGKAWANG,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura Pontianak.*, 2016.
- [22] A. Nazlie Haq, “Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Di Kota Banjarmasin,” *Eprints.Undip.Ac.Id*, p. 9, 2012.
- [23] , M. and . P., “Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (Pltsa) Di Pekanbaru,” *SainETIn*, vol. 1, no. 1, pp. 9–16, 2017, doi: 10.31849/sainetin.v1i1.166.
- [24] N. K. S. Faridha, Budi Pirmgadie, “POTENSI PEMANFAATAN SAMPAH MENJADI LISTRIK DI TPA CILOWONG KOTA SERANG PROVINSI BANTEN THE,” *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan Terbarukan*, vol. 14, no. 2, pp. 103–116, 2015.
- [25] N. K. S. Faridha, Budi Pirmgadie, “POTENSI PEMANFAATAN SAMPAH MENJADI LISTRIK DI TPA CILOWONG KOTA SERANG PROVINSI BANTEN,” *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 14, pp. 103–116, 2015.
- [26] Monice, “Operasi Ekonomis ( Economic Dispatch ) Pembangkit Listrik Tenaga Sampah ( PLTSa ) Dan ( PLTG ) Dalam Menlayani Beban Puncak Kelistrikan Sumbar,” *Univ. Andalas*, pp. 35–39, 2013.
- [27] Nurmahaludin, “ANALISIS PERBANDINGAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN DAN REGRESI LINEAR BERGANDA PADA PRAKIRAAN CUACA,” no. 2, 2014.
- [28] Julpan, E. B. Nababan, and M. Zarlis, “ANALISIS FUNGSI AKTIVASI SIGMOID BINER DAN SIGMOID BIPOLAR DALAM ALGORITMA BACKPROPAGATION PADA PREDIKSI KEMAMPUAN SISWA,” *J. Teknovasi*, vol. 02, pp. 103–116, 2015.