

Peramalan Beban Jangka Panjang Sistem Kelistrikan Kota Bandung Menggunakan *Artificial Neural Network*

Tutih Barokah, Erwin Harahap*

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 28/03/2024
Revised : 28/05/2024
Published : 13/06/2024



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4
No. : 1
Halaman : 65-72
Terbitan : **Juli 2024**

ABSTRAK

Kebutuhan tenaga listrik saat ini sangat tinggi mengingat banyak peralatan rumah tangga maupun industri yang menggunakan tenaga listrik sebagai sumber energi. Peramalan beban listrik berperan sangat penting bagi efisiensi dan kinerja dari PT. PLN (Persero). Hal tersebut perlu dilakukan dengan rancangan operasi yang baik dan tepat, adapun langkah perancangan operasi sistem tenaga listrik yang penting yaitu peramalan kebutuhan beban listrik. Skripsi ini membahas peramalan beban jangka panjang dua tahun ke depan dengan menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN). Peramalan jangka panjang sangat dipengaruhi data jumlah penduduk. Data yang digunakan untuk *training* dan *testing* adalah data dari tahun 1999 sampai 2021. Arsitektur yang digunakan adalah *feed-forward*, algoritma yang digunakan adalah algoritma *backpropagation*, dan aplikasi yang digunakan adalah *software* MATLAB. Berdasarkan hasil *training*, metode terbaik adalah *traingdx* dan berdasarkan hasil *testing* didapat nilai MAPE terbaik adalah 0,397586633 dan nilai RMSE terbaik adalah 0,012000708. Hasil peramalan beban listrik untuk tahun 2022 sebesar 4.169,22 (MWh) dan tahun 2023 sebesar 4.246,97 (MWh). Berdasarkan pada nilai MAPE dan RMSE, peramalan yang dilakukan memiliki tingkat akurasi yang cukup akurat dan stabilitas tinggi.

Kata Kunci : Peramalan; ANN; Jumlah Penduduk.

ABSTRACT

The need for electricity is currently very high considering that many household and industrial equipment use electricity as an energy source. Electrical load forecasting plays a very important role in the efficiency and performance of PT. PLN (Persero). This article study the forecasting of long-term electrical load for the next two years using Artificial Neural Network (ANN). Long-term forecasting is greatly influenced by population data. The data used for training and testing is data from 1999 to 2021. The architecture used is feed-forward with backpropagation algorithm using MATLAB software. Based on the training results, the best method is *trainingdx* and based on the testing results, the best MAPE value is 0.397586633 and the best RMSE value is 0.012000708. The electricity load forecasting results for 2022 are 4.169,22 (MWh) and 2023 are 4.246,97 (MWh). Based on the MAPE and RMSE values, the forecasting carried out has a very accurate level of accuracy and also high stability.

Keywords : Forecasting; ANN; Population.

@ Copyright 2024 The Author(s).

A. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang sangat pesat di era modern memunculkan masalah penyediaan tenaga listrik [1]. Pengelola tenaga listrik, dalam hal ini Perusahaan listrik Negara (PLN), harus menyesuaikan total daya yang dihasilkan oleh pembangkit yang didistribusikan dengan permintaan daya yang diberikan konsumen [2]. Hal ini menjadi penting karena jika daya yang disuplai kurang, beban akan kekurangan suplai, frekuensi sistem akan menurun dan menjadikan beberapa tempat akan terjadi pemadaman. Akan tetapi jika daya yang disuplai terlalu besar, akan mengakibatkan frekuensi sistem naik dan berpotensi merusak elemen-elemen pembangkit yang distribusi tersebut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, suatu peramalan beban listrik dikembangkan dengan tujuan untuk peramalan beban puncak pada suatu periode, peramalan ini akan sangat berguna dalam peramalan beban puncak listrik jangka panjang dengan mempertimbangkan faktor-faktor pengaruh dari kenaikan jumlah penduduk sehingga pengoperasian sistem menjadi lebih efisien [3].

Proses peramalan dilakukan dengan menghitung tingkat akurasi *training* sebelum dilakukan *testing* dengan menghitung nilai MAPE dan RMSE terbaik [4]. Pada artikel ini peramalan beban jangka panjang dilakukan dengan menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN). Keutamaan melakukan peramalan beban dengan ANN yaitu peramalan tidak perlu mencari rumus atau perhitungan yang sesuai dalam peramalan beban listrik [5]. Hal ini karena ANN dapat mengolah data yang tidak memiliki hubungan linear. Selain itu tingkat keakuratan ANN sangat tinggi dengan syarat data yang di masukkan memenuhi syarat jumlah dan validasi tinggi.

Masalah yang diidentifikasi pada artikel ini adalah cara peramalan beban jangka panjang sistem kelistrikan kota Bandung menggunakan ANN pada tahun 2022-2023 [6], dan tingkat akurasi hasil peramalan beban jangka panjang sistem kelistrikan kota Bandung tahun 2022-2023 dengan data PT. PLN (Persero) kota Bandung berdasarkan nilai MAPE dan RMSE [7]. Tujuan yang akan dicapai dalam artikel ini adalah melakukan peramalan beban listrik jangka panjang kota Bandung tahun 2022-2023 menggunakan ANN, dan menghitung tingkat akurasi peramalan beban jangka panjang sistem kelistrikan kota Bandung dari 2022-2023 menggunakan ANN [8].

B. Metode Penelitian

Artificial Neural Network (ANN) adalah sebuah sistem komputasi yang bentuk dan sistem pengoperasian berasal dari ilmu mengenai sel syaraf biologi di dalam otak yang selalu mencoba untuk mensimulasi proses *training*. ANN berfungsi untuk membuat pemodelan sistem komputasi yang dapat menirukan syaraf biologi [9]. Tahap perancangan ini hasil analisis yang telah didapat akan di implementasi pada langkah-langkah algoritma *backpropagation* menggunakan normalisasi [10]. Ada empat langkah-langkah dalam menggunakan algoritma *backpropagation* dengan menggunakan normalisasi [11]. Langkah langkah tersebut adalah sebagai berikut [12]:

Tahap *Initialization*. Merupakan tahap untuk mendefinisikan atau menset awal nilai untuk variabel-variabel yang diperlukan seperti: nilai *input*, *weight*, *output* yang diharapkan (*target*), *learning rate* (*a*), dan bias (*threshold*).

Tahap *Activation*. Pada tahap *activation* ini dilakukan 2 (dua) kegiatan yaitu: menghitung aktual *output* pada *hidden layer* dan menghitung aktual *output layer*.

Tahap *Weight Training*. Pada tahap *weight training* dilakukan 2 (dua) kegiatan yaitu menghitung *error gradient* pada *output layer* dan menghitung *error gradient* pada *hidden layer*.

Tahap *Iteration*. Tahap *iteration* merupakan tahap berakhir untuk pengujian (*testing*) di mana jika *error* yang diharapkan belum ditemukan maka akan kembali lagi ke tahap ke 2 (dua) yaitu tahap *activation*.

Berikut adalah algoritma dari *training* dan peramalan ANN yang dilakukan, dituangkan dalam bentuk poin-poin sebagai berikut [13]:

Inisialisasi: (1) $\alpha = 0,5$; (2) $Epoch = 200$; (3) $Error_total = 0,001$; (4) $N_{data} = 24$; (5) $N = 21$; (6) $M = 11$; (7) $I = 1$.

Membuat matriks *training* dan *testing*: (1) $X_{i_{tr}}$ = data training (ukuran $n \times n$); (2) $X_{i_{ts}}$ = data testing (ukuran $n \times n$) [14].

Membuat matriks *target*: T = matriks beban listrik berukuran $n \times I$. Inisialisasi bobot dengan *Nguyen-Widrow*: (1) Membuat matriks $V_{mn}(n \times m)$; (2) Membuat matriks V_{mn} berisi bilangan acak antara -0,5 hingga 0,5.

$$\beta = 0,7 \times m^{1/n} \tag{1}$$

Untuk setiap $m = 1 - m$, langkah berikut:

$$v_m = \sqrt{\sum_{i=1}^n v_{mi}^2} \tag{2}$$

Membuat matriks v_m ($1 \times m$) dengan aturan,

$$v_{mn} = \frac{\beta \times v_m}{v_m} \tag{3}$$

Untuk setiap $n = 1 - n$, lakukan: (1) Membuat matriks v_{m0} berisi bilangan acak antara $-\beta$ hingga β .
Membuat matriks V_{mn} ($m \times n$) sesuai aturan:

$$V_{mn} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad V_{m0} = \begin{bmatrix} v_{10} \\ v_{20} \\ \vdots \\ v_{m0} \end{bmatrix} \tag{4}$$

Membuat matriks W_{lm} ($l \times m$); (4) Membuat matriks w_{lm} berisi bilangan acak antara $-0,5$ hingga $0,5$

$$\beta = 0,7 \times l^{1/m} \tag{5}$$

Untuk setiap $l = 1 - l$, langkah berikut:

$$w_l = \sqrt{\sum_{i=1}^m v_{li}^2} \tag{6}$$

Membuat matriks w_l ($l \times l$) dengan aturan:

$$w_{lm} = \frac{\beta \times w_{lm}}{w_l} \tag{7}$$

Untuk setiap $m = 1 - m$.

Membuat matriks w_{l0} berisi bilangan acak antara $-\beta$ hingga β .

Membuat matriks W_{lm} ($m \times l$) sesuai aturan:

$$W_{lm} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1m} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{l1} & w_{l2} & \dots & w_{lm} \end{bmatrix} \quad W_{l0} = \begin{bmatrix} w_{10} \\ w_{20} \\ \vdots \\ w_{m0} \end{bmatrix} \tag{8}$$

Untuk $epoch < 200$ atau $e > 0,001$, melakukan langkah *backpropagation* ANN, yaitu:

Timer mulai berjalan. Untuk setiap $i = 1 - 24$, langkah berikut:

Perhitungan di *hidden layer*

$$z_{in} = X_{i_{tr}}(I,:) * V_{mn} \tag{9}$$

$$z_m = f(y_{in}) \tag{10}$$

$$s_m = f(y_{in}) \tag{11}$$

Perhitungan di *output layer*

$$y_n = z_m * W_{mn} \tag{12}$$

$$y_l = f(y_n) \tag{13}$$

$$Sl_i = f(y_n) \tag{14}$$

Menghitung nilai *error* dengan aturan:

$$\Phi_k = (t_k - y_k) f'(y_{ink}) \tag{15}$$

Menghitung besar koreksi bobot *unit output*:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \partial E (W_{jki}) / \partial W_{jk} = \alpha \Phi_k z_j \tag{16}$$

Menghitung besar koreksi bias *output*:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \Phi_k \tag{17}$$

Mengirim Φ_k ke *unit-unit* yang ada pada *layer* di bawah.

Setiap *unit hidden* ($Z_j, j = 1, \dots, p$) : menghitung semua koreksi *error*:

$$\delta_{ij} = \sum \Phi_k \tag{18}$$

Menghitung nilai aktivasi koreksi *error*:

$$\Phi_k = \Phi_{inj} f'(z_{inj}) \tag{19}$$

Menghitung koreksi bobot *unit hidden*:

$$\Delta v_{ij} = \alpha \Phi_j x_j \tag{20}$$

Menghitung koreksi *error* bias *unit hidden*:

$$\Delta v_{0j} = \alpha \Phi_j \tag{21}$$

Setiap *unit output* ($Y_k, k = 1, \dots, m$) :

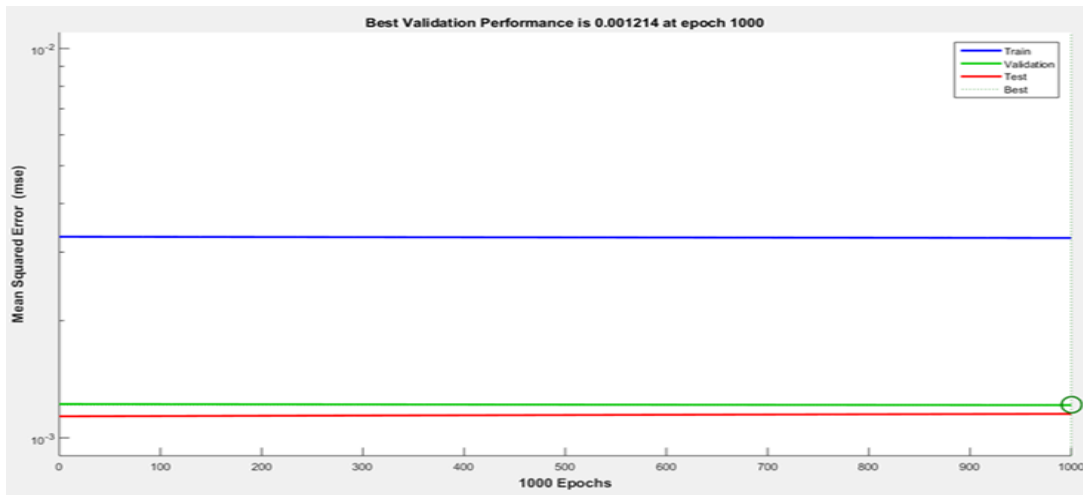
Meng-*update* bobot dan bias ($j = 0, \dots, p$) :

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \tag{22}$$

$$w_{0k}(\text{baru}) = w_{0k}(\text{lama}) + \Delta w_{0k} \tag{23}$$

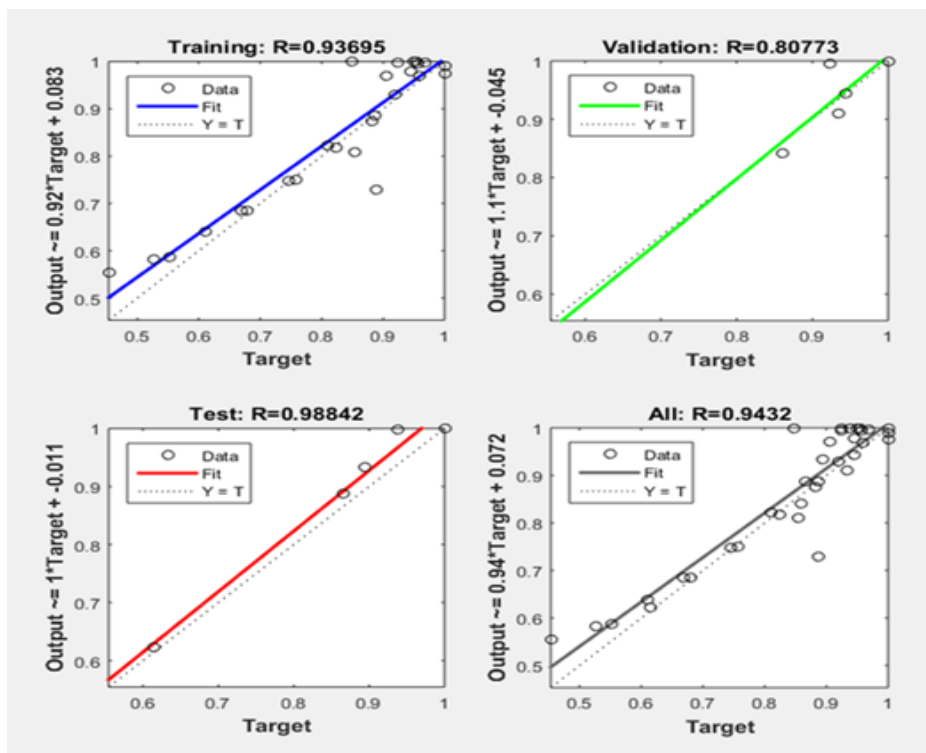
C. Hasil dan Pembahasan

Peramalan beban untuk tahun 2022-2023 yang memiliki data *input* mulai dari tahun 1999 sampai dengan 2021. Pada artikel ini akan mengambil dua tahun peramalan dengan kesalahan terbaik pada masing-masing tahun peramalan. *Testing* data pada model ANN dilakukan dengan menggunakan pola data baru yang belum pernah digunakan pada proses *training* sebelumnya. Data yang di *input* berupa data jumlah penduduk kota Bandung, jumlah pelanggan, daya terpasang, dan energi terjual dari tahun 2015 sampai 2021.



Gambar 1. Grafik *performance* ANN dengan fungsi *testing traingdx*

Gambar 1 menunjukkan *testing traingdx*, garis *train* dan garis *test* menjauhi garis terbaik namun garis validasi mendekati garis terbaik dengan hasil validitas *performance* adalah sebesar 0,0055876 di 170 pengulangan pada iterasi ke 176 *epochs*.



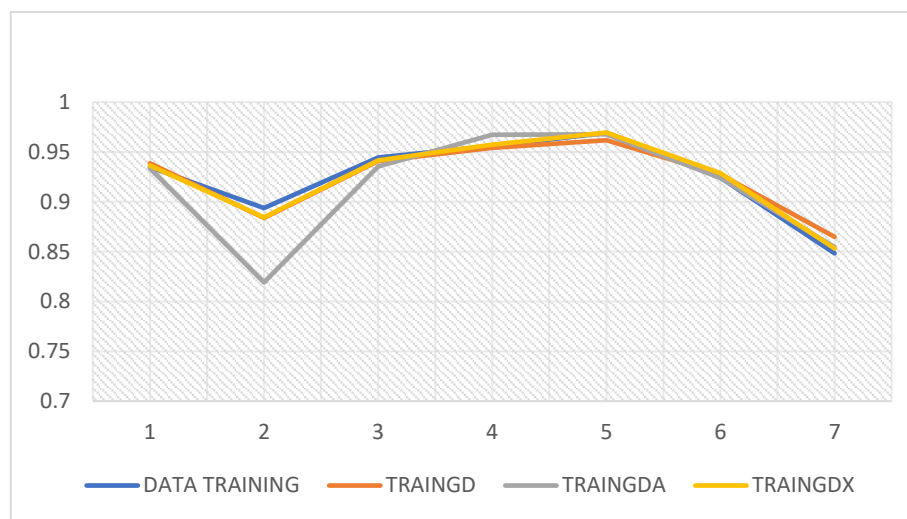
Gambar 2. Grafik hasil *testing* dengan fungsi *traingdx*

Gambar 2 merupakan hasil *testing* dengan fungsi *traingdx* menghasilkan grafik pertama yaitu korelasi yang dihasilkan adalah $R = 0,98526$. Grafik yang kedua merupakan grafik *validation*, korelasi yang dihasilkan adalah $R = 0,8576$. Grafik yang ketiga adalah grafik *test*, dengan korelasi yang dihasilkan adalah $R = 0,98923$.

Tabel 1. Hasil *Testing* MATLAB Pada Data tahun 2015-2021

Data testing	Output Peramalan ANN		
	Traingd	Traingda	Traingdx
0,934809383	0,93864	0,9336	0,93654
0,893564002	0,88368	0,81916	0,88439
0,944547876	0,94078	0,93552	0,94161
0,956004927	0,95399	0,9671	0,95729
0,969077421	0,96173	0,96767	0,96942
0,924125684	0,92743	0,92389	0,92884
0,848257096	0,86478	0,85462	0,85318

Tabel 1 menjabarkan nilai data *testing* dan nilai *output* peramalan ANN terdapat tiga *output* peramalan yang memiliki nilai berbeda yaitu *traingd*, *traingda*, dan *traingdx*.



Gambar 3. Grafik *Testing* Data

Berdasarkan pada tabel 1. dan gambar 3, terlihat perbedaan nilai data *training* dan nilai *output* peramalan menggunakan ANN yang terdiri dari ketiga fungsi *traingd*, *traingda*, dan *traingdx*. Dari ketiga fungsi tersebut *traingdx* merupakan fungsi dengan nilai tertinggi.

Tabel 2. Presentase Nilai MAPE dan RMSE

Akurasi	Traingd	Traingda	Traingdx
Error MAPE (%)	0,741313499	1,641890646	0,397586633
Error RMSE (%)	0,021645632	0,076056191	0,012000708

Tabel 2 persentase nilai *error* untuk *testing* data menghasilkan *error* yang sangat stabil, dengan nilai *error* MAPE terbaik 0,397586633 dan nilai *error* RMSE terbaik 0,012000708. Hasil yang dapat menunjukkan bahwa peramalan dilakukan dengan memiliki tingkat akurasi yang sangat akurat dan juga stabilitas tinggi. Sedangkan tingkat stabilitas yang tinggi ditunjukkan dengan kecil selisi nilai *error* maksimum dan minimum.

Tabel 3. Hasil Peramalan ANN

Hasil Peramalan ANN	
Tahun	Peramalan
2022	4.169,223135 (MWh)
2023	4.246,966856 (MWh)

Tabel 3 hasil peramalan menggunakan ANN untuk beban listrik tahun 2022 dan tahun 2023 sebesar 169,223135 (MWh) dan 4.246,966856 (MWh). Karena beban penggunaan listrik dari tahun 2022 sampai 2023 belum ada data aktual dari pihak PT. PLN (Persero) kota Bandung, dalam artikel ini tidak dapat membandingkan data aktual dan hasil peramalan ANN.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari semua tahap yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan dalam “Peramalan Beban Jangka Panjang Sistem Kelistrikan Kota Bandung Menggunakan *Artificial Neural Network*”. Berikut merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari artikel ini, sebagai berikut: Nilai rata-rata RMSE dan MAPE training peramalan beban dari ketiga fungsi rata-rata RMSE: *traingdx* 0,168201089, *traingda* 0,17078756, dan *traingd* 0,207443018. Adapun untuk nilai rata-rata MAPE: *traingx* 8%, *traingd* 9%, dan *traingdx* 10%. Nilai rata-rata RMSE dan MAPE *testing* peramalan beban untuk tahun 2022-2023 dari ketiga fungsi rata-rata nilai RMSE: *traingdx* 0,012000708, *traingd* 0,021645632, dan *traingda* 0,076056191. Adapun untuk nilai rata-rata MAPE: *traingdx* 0,397586633, *traingd* 0,7413135, dan *traingda* 1,6418906. Dari ketiga fungsi nilai RMSE dan MAPE terbaik ditunjukkan oleh fungsi *traingdx*. Nilai peramalan beban listrik untuk tahun 2022 sebesar 4.169,223135 (MWh) dan tahun 2023 sebesar 4.246,966856 (MWh). Berdasarkan skripsi ini, maka *artificial neural network* dapat menjadi salah satu variasi metode untuk melakukan peramalan beban listrik.

Daftar Pustaka

- [1] N. Tindriyani, A. Murnomo, and A. Suryanto, “Implementasi Neural Network pada MA untuk Prakiraan Konsumsi Beban Listrik Kabupaten Ponorogo Jawa Timur,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 1, 2017.
- [2] F. Rahman, “Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan,” 2012.
- [3] Y. Handayani, F. Hijri, and R. Respitawulan, “Prediksi Produksi Energi Listrik PLTA IR. H Djuanda Menggunakan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation,” *Jurnal Matematika*, vol. 4, no. 2, 2018.
- [4] E. Harahap, “Prediksi Kemacetan pada Jaringan Komputer Menggunakan Metode Naïve Bayesian Classifier,” *Jurnal Statistika*, vol. 12, no. 1, pp. 29–32, 2012.
- [5] N. Putra, “Penerapan Prediksi Produksi Padi Menggunakan Artificial Neural Network Algoritma Backpropagation,” *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 6, 2020.
- [6] M. Ramdani and R. Haryatiningsih, “Analisis Penentuan Sektor Unggulan Perekonomian di Kota Bandung Tahun 2020 dengan Menggunakan Metode Tipologi Klassen,” *Economics Studies*, vol. 2, no. 2, 2022.
- [7] R. Rachman, “Penerapan Metode Moving Average dan Exponential Smoothing pada Peramalan Produksi Industri Garment,” *Jurnal Informatika*, vol. 5, no. 1, 2018.
- [8] S. Putri, F. Badruzzaman, and E. Harahap, “Perbandingan Metode Single Moving Average dan Single Exponential Smoothing dalam Peramalan Jumlah Pengguna Pospay pada PT Pos Indonesia KCU Bandung,” *Jurnal Matematika*, vol. 22, no. 1, pp. 15–22, 2023.

- [9] M. Efendi, N. Neni, and A. Sudrajat, "Analisis Laju Pertumbuhan Penduduk di Kecamatan Cicendo Kota Bandung," *Geoarea*, vol. 4, no. 1, 2021.
- [10] Y. Lestari, "Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prediksi Penjualan Jamur Menggunakan Algoritma Backpropagation," *Jurnal ISD*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [11] M. Fadilah, A. Yusuf, and N. Huda, "Prediksi Beban Listrik Di Kota Banjar Baru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *Jurnal Matematika Murni dan Terapan*, vol. 14, no. 2, pp. 81–92, 2020.
- [12] A. Tresnasena, F. Andika, and R. Respitawulan, "Prediksi Perubahan Suhu Rata-rata Permukaan Global Tahun 2022-2023 Menggunakan Maple," *Jurnal Matematika*, vol. 21, no. 1, pp. 35–42, 2022.
- [13] F. Alamsyah, B. Suprianto, W. Aribowo, and A. Hermawan, "Peramalan Beban Listrik Harian Menggunakan Artificial Neural Network," vol. 10, no. 1, 2021.
- [14] M. Fatwa, R. Ristu, S. Pandiangan, and E. Supriyadi, "Pengaplikasian Matlab Pada Perhitungan Matriks," *Papanda Journal of Mathematics and Sciences Research (PJMSR)*, vol. 1, no. 1, 2022.