

Pendekatan *Neural Network* dalam Peramalan Jumlah Penduduk Kota Semarang dengan Menggunakan Metode *Backpropagation*

Agustin Absari Wahyu Kuntarini*

¹Prodi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang, 50185, Indonesia

* Corresponding author, email: agustinabsariwk1234@gmail.com

Abstract

The city of Semarang is one of the metropolitan cities that has a fairly dense population. During the years 2010-2021 the City of Semarang has a population fluctuation. It is necessary to make predictions of population data in order to plan the development in the City of Semarang can be better planned and can regulate the fluctuation of population in the future. In this study, the results of the prediction of the population of the City of Semarang were analyzed using the Neural Network approach with the backpropagation method. After training and testing, the best architectural model was obtained with 2 neurons on the input layer, 2 neurons on the hidden layer and 1 neuron on the output layer. Based on the results of the best architectural model, the MSE score was 9.39749×10^{-6} and the average MAPE value was 0.884552461%. The evaluation result with the MAPE value is very accurate because it is $< 10\%$. In this study, the results of the forecast of the population of the city of Semarang in 2022-2025 consecutive are 1,863.121 people, 1,878.634 people, 1,891.865 people, and 1,902.947 people.

Keywords: *population, Semarang City, forecasting, Backpropagation, Neural Network.*

Abstrak

Kota Semarang merupakan salah satu kota metropolitan yang memiliki kepadatan penduduk cukup padat. Selama tahun 2010-2021 Kota Semarang memiliki jumlah penduduk yang berfluktuasi. Perlu dilakukan peramalan data jumlah penduduk agar perencanaan pembangunan di Kota Semarang dapat dirancang dengan lebih baik serta dapat mengatur fluktuasi jumlah penduduk di masa mendatang. Pada penelitian ini dilakukan analisa hasil peramalan jumlah penduduk Kota Semarang menggunakan pendekatan Neural Network dengan metode Backpropagation. Setelah dilakukan pelatihan dan pengujian didapatkan model arsitektur terbaik dengan 2 neuron pada lapisan input, 2 neuron pada lapisan tersembunyi, dan 1 neuron pada lapisan output. Berdasarkan hasil dari model arsitektur terbaik, didapatkan nilai MSE sebesar $9,39749 \times 10^{-6}$ dan nilai rata-rata MAPE sebesar 0,884552461%. Hasil evaluasi dengan nilai MAPE tersebut sangat akurat karena nilainya $< 10\%$. Pada penelitian ini didapatkan hasil peramalan jumlah penduduk Kota Semarang tahun 2022-2025 berturut-turut adalah 1.863.121 jiwa, 1.878.634 jiwa, 1.891.865 jiwa, dan 1.902.947 jiwa.

Kata Kunci: jumlah penduduk, Kota Semarang, peramalan, *Backpropagation, Neural Network.*

1. Pendahuluan

Pada era saat ini, peramalan merupakan sesuatu hal yang sangat penting dalam melakukan perencanaan yang efektif dan efisien. Peramalan digunakan untuk memprediksi ketidakpastian di masa depan sebagai upaya untuk pengambilan keputusan

yang lebih baik [1]. Seiring dengan kemajuan teknologi, membuat semakin banyak dan berkembangnya teknik peramalan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan [2].

Salah satu teknik yang dapat diaplikasikan untuk peramalan yaitu *Neural Network* atau Jaringan Syaraf Tiruan. *Neural Network* dapat digunakan untuk mendeteksi pola dan tren yang terlalu kompleks untuk diketahui oleh teknik komputer lainnya [3]. Metode *Neural Network* ini mempunyai beberapa kelebihan, antara lain proses yang akurat, cepat, serta meminimalisasi kesalahan [4]. Metode dalam *Neural Network* yang biasanya digunakan untuk peramalan adalah *Backpropagation* [5].

Backpropagation menyebabkan jaringan belajar secara efektif dengan menjembatani jarak antara *output* dan target yang diharapkan [6]. *Backpropagation* melatih jaringan untuk memiliki kemampuan mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan dalam merespon benar terhadap pola data masukan yang serupa dengan pola selama pelatihan sehingga metode *Backpropagation* memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi [4].

Umumnya metode peramalan digunakan dalam bidang ekonomi yang diantaranya yakni keuangan, tingkat laju inflasi, penduduk, dan lain-lain [1]. Data jumlah penduduk sangat dibutuhkan dalam perencanaan pembangunan. Pemerintah membutuhkan data jumlah penduduk untuk memperbaiki kondisi sosial ekonomi masyarakat melalui perencanaan pembangunan. Maka dari itu, data jumlah penduduk merupakan data penting yang harus dimiliki setiap daerah [7].

Kota Semarang merupakan salah satu kota metropolitan yang perencanaan tata ruangnya diprioritaskan karena pengaruhnya sangat penting bagi negara. Kota Semarang memiliki kepadatan penduduk yang cukup padat [8]. Dari tahun 2010-2019 jumlah penduduk Kota Semarang selalu mengalami kenaikan. Data jumlah penduduk pada tahun 2015 sampai tahun 2019 berturut-turut adalah 1.701.114 jiwa, 1.729.083 jiwa, 1.757.686 jiwa, 1.786.114 jiwa, 1.814.110 jiwa. Tahun 2020 jumlah penduduk kota semarang mengalami penurunan yaitu dari 1.814.110 jiwa menjadi 1.653.524 jiwa [9]. Tahun 2021 jumlah penduduknya kembali naik menjadi 1.656.564 jiwa [10]. Dari data tersebut bisa dilihat bahwa terjadi fluktuasi pada data jumlah penduduk di Kota Semarang. Diketahui dari data laju pertumbuhan penduduk, bahwa Kota Semarang memiliki laju pertumbuhan penduduk paling tinggi dibanding dengan kota lain di Jawa Tengah [9].

Pokok permasalahan utama pembangunan di Kota Semarang diantaranya adalah perlu ditingkatkannya kualitas sumber daya manusia, tata kelola pemerintahan belum diselenggarakan dengan optimal, belum optimalnya penyelesaian infrastruktur dasar dan pembangunan tata kelola ruang, perlunya peningkatan inovasi dan daya saing nilai tambah produksi pada sektor perekonomian [11]. Peramalan data jumlah penduduk di Kota Semarang dilakukan dengan harapan perencanaan pembangunan di Kota Semarang dapat dirancang dengan lebih baik serta dapat mengatur fluktuasi jumlah penduduk di masa yang mendatang, sehingga pokok permasalahan pembangunan yang terjadi di Kota Semarang tersebut bisa diatasi.

Berdasarkan uraian di atas penulis ingin mengetahui hasil peramalan jumlah penduduk Kota Semarang dengan menggunakan *Neural Network* metode *Backpropagation*. Untuk itu, penulis mengambil judul “**Pendekatan *Neural Network* dalam Peramalan Jumlah Penduduk Kota Semarang dengan Menggunakan Metode *Backpropagation*”.**

2. Material dan Metode

Penelitian yang dilakukan bersifat kuantitatif. Menurut Wahidmurni (2017) penelitian kuantitatif merupakan suatu metode yang digunakan untuk menjawab masalah suatu penelitian yang berkaitan dengan data dan program statistik [13]. Penelitian ini menganalisis data jumlah penduduk Kota Semarang tahun 2010-2021 sebagai data pelatihan dan data pengujian.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian adalah dokumentasi, yaitu mengambil data dari Badan Pusat Statistik berupa data jumlah penduduk Kota Semarang tahun 2010-2021 yang meliputi data jumlah penduduk perempuan, data jumlah penduduk laki-laki, dan data jumlah penduduk secara keseluruhan.

Tahapan penelitian pada peramalan jumlah penduduk Kota Semarang dengan pendekatan *Neural Network* metode *Backpropagation* diantaranya adalah pengumpulan data, pembagian data pelatihan dan data pengujian, normalisasi data, pengaturan parameter jaringan, pelatihan jaringan, pengujian jaringan, *trial* dan *error* untuk mendapatkan nilai MSE dan MAPE terkecil, denormalisasi data, dan peramalan jumlah penduduk Kota Semarang. Pada tahap pengumpulan data, data yang digunakan meliputi data jumlah penduduk perempuan, data jumlah penduduk laki-laki, dan data jumlah keseluruhan penduduk. Pada tahap pembagian data pelatihan dan pengujian, data jumlah penduduk Kota Semarang tahun 2010-2017 menjadi data pelatihan dan data jumlah penduduk Kota Semarang tahun 2018-2021 menjadi data pengujian. Pada tahap normalisasi data, data diubah skala nilainya dari yang memiliki nilai sebenarnya menjadi nilai yang lebih kecil tanpa mengubah makna kandungan data tersebut. Tahap *trial* dan *error* dilakukan dengan menentukan banyaknya jumlah layer tersembunyi. Dari hasil yang diperoleh, dipilih banyaknya lapisan tersembunyi yang dapat menghasilkan MSE dan MAPE terkecil sehingga didapatkan model arsitektur terbaik [14]. Tahap denormalisasi data dilakukan untuk mengembalikan data yang masih ternormalisasi ke dalam bentuk angka desimal yang sebenarnya. Tahap terakhir yaitu dilakukan peramalan jumlah penduduk Kota Semarang tahun 2022-2025.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Pengumpulan Data

Berikut merupakan variabel-variabel yang digunakan pada arsitektur meliputi *input* dan *output* model jaringan.

Tabel 1. *Input* dan *Output* Model Jaringan

<i>Input</i>	X ₁	Jumlah Penduduk Perempuan
	X ₂	Jumlah Penduduk Laki- Laki
<i>Output</i>	Y ₁	Total Jumlah Penduduk

3.2 Pembagian Data

Data yang meliputi data jumlah penduduk perempuan, data jumlah penduduk laki-laki, dan data jumlah keseluruhan penduduk pada tahun 2010-2021. Jumlah data sebanyak 36 data yang akan dibagi menjadi 2 bagian menggunakan teknik rasio yaitu 60% data pelatihan (data tahun 2010-2017) dan 40% data pengujian (data tahun 2018-2021).

Jumlah keseluruhan data tersaji pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Data Jumlah Penduduk Kota Semarang

No	Tahun	Jumlah Penduduk Perempuan	Jumlah Penduduk Laki-Laki	Jumlah Keseluruhan
1	2010	795.426	764.587	1.560.013
2	2011	809.330	779.181	1.588.511
3	2012	823.766	792.728	1.616.494
4	2013	838.050	806.324	1.644.374
5	2014	852.521	820.473	1.672.994
6	2015	866.990	834.124	1.701.114
7	2016	881.168	847.915	1.729.083
8	2017	895.692	861.994	1.757.686
9	2018	910.539	875.575	1.786.114
10	2019	924.812	889.298	1.814.110
11	2020	835.083	818.441	1.653.524
12	2021	836.779	819.785	1.656.564

3.3 Normalisasi Data

Sebelum melakukan pengujian lebih lanjut menggunakan *Backpropagation Neural Network*, akan dilakukan normalisasi data. Pada penelitian ini fungsi aktivasi yang digunakan merupakan sigmoid biner yang nilai fungsinya berada pada *range* 0 dan 1. Data yang digunakan dinormalisasikan dahulu ke interval yang lebih kecil yaitu antara 0,1 dan 0,9.

Berdasarkan data pada Tabel 2 nilai minimal data adalah 764.587 dan nilai maksimalnya adalah 1.814.110. Misalnya data pada tahun 2010 dengan persamaan normalisasi maka akan didapat:

$$X'_t = \frac{0,8(X_t - \min(x))}{(\max(x) - \min(x))} + 0,1$$

$$X'_1 = \frac{0,8(795426 - 7644587)}{(1814110 - 7644587)} + 0,1 = 0,12350706$$

$$X'_2 = \frac{0,8(764587 - 7644587)}{(1814110 - 7644587)} + 0,1 = 0,1$$

$$Y' = \frac{0,8(1560013 - 7644587)}{(1814110 - 7644587)} + 0,1 = 0,706314297$$

Perhitungan dilakukan sampai semua data dinormalisasikan, baik data pelatihan maupun data pengujian. Hasil perhitungan tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Setelah Dinormalisasi

Tahun	X ₁	X ₂	Y
2010	0,12350706	0,1	0,706314297
2011	0,134105398	0,111124292	0,728036927
2012	0,145109254	0,121450507	0,749366998
2013	0,155997248	0,131814072	0,770618557
2014	0,167027783	0,142599162	0,792434182
2015	0,178056793	0,153004651	0,813868681
2016	0,188863989	0,163516855	0,835188081
2017	0,199934923	0,174248587	0,856990747
2018	0,211252064	0,184600719	0,87866002
2019	0,222131673	0,19506109	0,9
2020	0,153735649	0,141050268	0,777593154
2021	0,155028427	0,142074733	0,779910397

Hasil normalisasi data pada Tabel 3 akan digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian.

3.4 Pengaturan Parameter Arsitektur *Backpropagation Neural Network*

Sebelum dilakukan pelatihan terhadap *Neural Network* dengan menggunakan Matlab maka ditentukan parameter sebagai berikut: parameter *epoch* adalah 1000; parameter goal adalah 0; fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid biner dengan *range* 0 sampai 1; jumlah *neuron* lapisan *input* adalah 2 yaitu X1 (jumlah penduduk perempuan) dan X2

(jumlah penduduk laki-laki), jumlah *neuron* pada lapisan tersembunyi adalah 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10; jumlah *neuron* lapisan *output* adalah 1 yaitu Y (Jumlah keseluruhan penduduk).

3.5 Pelatihan Jaringan

Pelatihan jaringan akan dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan jaringan terbaik dengan memodifikasi jumlah *neuron* pada lapisan tersembunyi. Pada penelitian ini dibentuk 10 model untuk mendapatkan arsitektur terbaik pada model yang dikembangkan diantaranya: model 1 (2-1-1), model 2 (2-2-1), model 3 (2-3-1), model 4 (2-4-1), model 5 (2-5-1), model 6 (2-6-1), model 7 (2-7-1), model 8 (2-8-1) model 9 (2-9-1), dan model 10 (2-10-1).

Berikut merupakan nilai *error* MSE pada pelatihan jaringan untuk kesepuluh model:

Tabel 4. Nilai *Error* MSE untuk 10 Model Pelatihan

Model	Error MSE
1	$7,49211 \times 10^{-8}$
2	$1,36805 \times 10^{-9}$
3	$7,46032 \times 10^{-10}$
4	$4,74081 \times 10^{-19}$
5	$2,54655 \times 10^{-13}$
6	$1,81392 \times 10^{-14}$
7	$5,34994 \times 10^{-21}$
8	$8,33548 \times 10^{-16}$
9	$6,31958 \times 10^{-19}$
10	$1,45205 \times 10^{-13}$

3.6 Pengujian Jaringan

Pada proses pengujian ini akan digunakan fungsi aktivasi dan parameter yang didapat dari proses pelatihan pada model sebelumnya yaitu model pertama sampai model kesepuluh. Data pengujian yang akan digunakan adalah data jumlah penduduk Kota Semarang pada tahun 2018-2021.

Berikut merupakan nilai *error* MSE untuk 10 model yang tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai *Error* MSE untuk 10 Model Pengujian

Model ke-	Error MSE
1	$9,61107 \times 10^{-5}$
2	$9,39749 \times 10^{-6}$
3	$3,27957 \times 10^{-4}$
4	$9,2046 \times 10^{-3}$
5	$1,8867 \times 10^{-4}$

6	$6,943792 \times 10^{-3}$
7	$7,539431 \times 10^{-3}$
8	$2,5103776 \times 10^{-2}$
9	$2,751242 \times 10^{-3}$
10	$7,29262 \times 10^{-4}$

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh model arsitektur terbaik yaitu model 2 dengan arsitektur 2-2-1 yang artinya model dengan 2 *neuron* pada lapisan *input*, 2 *neuron* pada lapisan tersembunyi, dan 1 *neuron* pada lapisan *output*. Model tersebut merupakan model terbaik karena mempunyai nilai MSE terkecil dibanding dengan 9 model yang lain yaitu sebesar $9,39749 \times 10^{-6}$.

Tabel 6. Hasil Nilai *Output* Data Model Arsitektur Terbaik

Tahun	Nilai <i>Output</i>
2018	0,877577
2019	0,896713
2020	0,781208
2021	0,783452

Pada Tabel 6 dapat dilihat nilai output data pengujian jumlah penduduk Kota Semarang yang merupakan hasil dari model 2-2-1. Hasil tersebut masih dalam bentuk normalisasi. Maka dari itu data akan dinormalisasikan untuk mengembalikan data ke dalam bentuk angka desimal yang sebenarnya.

Nilai minimal dan nilai maksimal yang digunakan sama dengan pada saat melakukan proses normalisasi data jumlah penduduk yang mana nilai minimalnya adalah sebesar 764.587 dan nilai maksimalnya adalah sebesar 1.814.110. Dengan menggunakan persamaan rumus denormalisasi maka didapatkan:

$$X_{2018} = \frac{(0,877577 - 0,1)(1.814.110 - 764.587)}{0,8} + 764.587 = 1.784.693$$

$$X_{2019} = \frac{(0,896713 - 0,1)(1.814.110 - 764.587)}{0,8} + 764.587 = 1.809.798$$

$$X_{2020} = \frac{(0,781208 - 0,1)(1.814.110 - 764.587)}{0,8} + 764.587 = 1.658.267$$

$$X_{2021} = \frac{(0,783452 - 0,1)(1.814.110 - 764.587)}{0,8} + 764.587 = 1.661.210$$

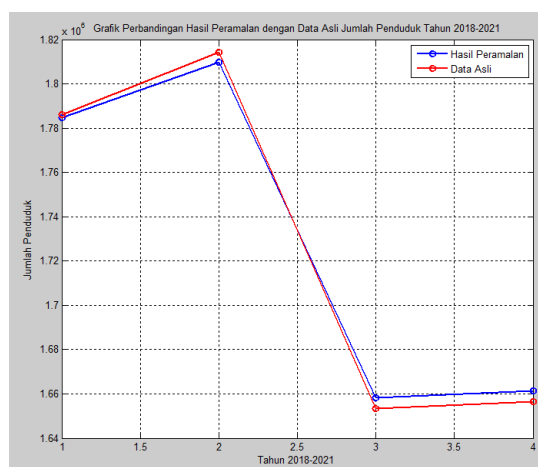
Hasil denormalisasi *output Neural Network* merupakan hasil peramalan jumlah penduduk tahun 2018-2021.

Berikut tabel hasil peramalan jumlah penduduk tahun 2018-2021:

Tabel 7. Hasil Peramalan Data Jumlah Penduduk Tahun 2018-2021

Tahun	Jumlah Penduduk
2018	1.784.693
2019	1.809.798
2020	1.658.267
2021	1.661.210

Untuk melihat seberapa mirip nilai hasil peramalan jumlah penduduk dengan nilai data asli jumlah penduduk Kota Semarang dapat dilihat dari Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Grafik Perbandingan Hasil Peramalan dengan Data Asli

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa garis warna biru yang menunjukkan data hasil peramalan garisnya berhimpit dengan garis warna merah yang menunjukkan data asli jumlah penduduk. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa hasil peramalan jumlah penduduk Kota Semarang pada tahun 2018-2021 mendekati nilai sebenarnya.

Setelah proses pengujian pada data tahun 2018-2021 dilakukan, akan dilakukan proses evaluasi terhadap data asli. Untuk mengukur keakuratannya akan dipakai metode evaluasi MAPE.

Pada tabel di bawah ini didapat nilai MAPE hasil peramalan dengan menggunakan *Neural Network* metode *Backpropagation*.

Tabel 8. Hasil Nilai MAPE

Tahun	Jumlah Penduduk		MAPE (%)
	Hasil	Data	
	Peramalan	Asli	
2018	1784693	1786114	0,318232767
2019	1809798	1814110	0,950769248
2020	1658267	1653524	1,147367683
2021	1661210	1656564	1,121840146
Nilai MAPE rata-rata			0,884552461

Berdasarkan nilai MAPE tersebut dapat dikatakan bahwa hasil peramalan sangat akurat karena nilai MAPE rata-rata $< 10\%$.

3.7 Hasil Peramalan Jumlah Penduduk Kota Semarang Tahun 2022-2025

Setelah memperoleh model arsitektur terbaik yaitu model 2, kemudian dilakukan peramalan jumlah penduduk Kota Semarang untuk tahun 2022-2025.

Berikut hasil peramalan jumlah penduduk Kota Semarang pada tahun 2022- 2025:

Tabel 9. Hasil Peramalan Jumlah Penduduk

Tahun	Hasil Peramalan
2022	1.863.121
2023	1.878.634
2024	1.891.865
2025	1.902.947

Berdasarkan Tabel 9 dapat kita lihat bahwa jumlah penduduk kota semarang selalu naik dari tahun 2022-2025. Hal ini sesuai dengan proyeksi yang sudah dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) yang menunjukkan bahwa jumlah penduduk Kota Semarang dari tahun 2022-2025 selalu mengalami kenaikan.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini didapatkan model arsitektur terbaik untuk peramalan jumlah penduduk di Kota Semarang dengan pendekatan *Neural Network* menggunakan metode *Backpropagation* adalah pada model 2 dengan 2 *neuron* pada lapisan *input*, 2 *neuron* pada lapisan tersembunyi, dan 1 *neuron* pada lapisan *output*. Dibuktikan dengan dimilikinya nilai MSE terkecil dibanding dengan 9 model yang lain yaitu sebesar $9,39749 \times 10^{-6}$.

Pada penelitian ini didapatkan hasil peramalan jumlah penduduk di Kota Semarang dengan pendekatan *Backpropagation Neural Network* pada tahun 2018-2021 memberikan hasil yang mirip dengan data aslinya. Menunjukkan bahwa model ini akurat digunakan karena nilai MAPE $< 10\%$. Dari model yang diperoleh menghasilkan peramalan jumlah penduduk Kota Semarang pada tahun 2022-2025 yaitu 1.863.121 jiwa, 1.878.634 jiwa, 1.891.865 jiwa, dan 1.902.947 jiwa. Dari hasil tersebut dapat kita lihat

bahwa jumlah penduduk Kota Semarang semakin naik setiap tahun sesuai pada proyeksi dari BPS.

Daftar Pustaka

- [1] Gurianto R. N., Purnamasari I., & Yuniarti D. Peramalan Jumlah Penduduk Kota Samarinda dengan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda dan Tripel dari Brown. *J. Eksponensial*, vol. 7(1), pp. 23–32, 2016.
- [2] Anitescu C., Atroshchenko E., Alajlan N., & Rabczuk T. Artificial Neural Network Methods For The Solution Of Second Order Boundary Value Problems. *Comput. Mater. Contin*, Vol. 59(1), pp. 345–359, 2019.
- [3] Awodele O., & Jegede O. Neural Networks And Its Application In Engineering. *Sci IT*, pp. 83–95, 2009.
- [4] Purwanto S. D. Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Sebagai Estimasi Laju Tingkat Pengangguran Terbuka Pada Provinsi Jawa Timur. *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Multimed*, Vol. 4(1), pp. 4–9, 2016.
- [5] Siang J. J. Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB. Yogyakarta: ANDI, 2009.
- [6] Abiodun O. I. Comprehensive Review of Artificial Neural Network Applications to Pattern Recognition. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc*, Vol. 7, pp. 158820–158846, 2019.
- [7] Hardati P. Pertumbuhan Penduduk Dan Struktur Lapangan Pekerjaan Di Jawa Tengah. *Forum Ilmu Sos*, Vol. 40(2), pp. 219–229, 2013.
- [8] BPS. Profil Kependudukan Kota Semarang 2019. Kota Semarang: BPS, 2019.
- [9] BPS. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka 2020. Jawa Tengah: BPS, 2020.
- [10] BPS. Provinsi Jawa Tengah dalam Angka 2021. Semarang: BPS, 2021.
- [11] Bappeda Kota Semarang. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (Rpjmd) Kota Semarang Tahun 2016-2021. Kota Semarang: 2021.
- [12] Arikunto S. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek (Edisi Revisi). Jakarta: Rineka Cipta, 2010.
- [13] Arofah S. P. L., Wasono R., & Arum P. R. Peramalan Harga Beras di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Metode *Backpropagation Neural Network* dengan Optimasi *Conjugate Gradient Beale-Powell Restars*. 2020.