

Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek Menggunakan Metode *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN)

Nanda Fredicia Infrastuti(032)¹, Rahmi Waladiyatusalma(052)², Yuniar Ayu Rachmadini(103)³
^{1,2,3}Departemen Statistika Bisnis, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember(ITS)
e-mail: rachmadini.ay25@gmail.com

Abstrak—Jabodetabek menjadi daerah dengan jumlah penumpang kereta api terbanyak. Dari tahun 2016 hingga 2019, terjadi kecenderungan peningkatan jumlah penumpang kereta api di daerah Jabodetabek. Namun, pada tahun 2020, terjadi penurunan yang signifikan dalam jumlah penumpang kereta api di wilayah tersebut. Penurunan ini berpotensi menurunkan pendapatan perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan suatu peramalan jumlah penumpang sebagai langkah perencanaan program berikutnya, dengan tujuan untuk meningkatkan pendapatan. Peramalan memiliki banyak metode yang dapat digunakan, namun pada penelitian ini digunakan metode Radial Basis Function Neural Network (RBFNN) karena tidak membutuhkan perhatian khusus terhadap pola data, yakni tidak memperhatikan stasioneritas data. Hasil dari penelitian ini yaitu Proses pembentukan model Radial Basis Function Neural Network (RBFNN) pada data runtun waktu jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek memiliki model terbaik dengan struktur jaringan yang terdiri dari 1 neuron pada lapisan input, 8 neuron pada lapisan tersembunyi, dan 1 neuron pada output. Tingkat akurasi model peramalan RBFNN (1-8-1) dengan nilai MAPE yaitu sebesar 31,96%.

Kata Kunci—Penumpang, Peramalan, PT KAI, *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN).

I. PENDAHULUAN

Peramalan (*forecasting*) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk memprediksi nilai di masa depan dengan memanfaatkan data historis dan data saat ini [1]. Salah satu metode peramalan yang umum digunakan adalah metode runtun waktu (*time series*). Data deret waktu merupakan serangkaian data yang berupa nilai pengamatan yang diukur selama kurun waktu tertentu, berdasarkan interval waktu yang tetap [2]. Metode ini memanfaatkan analisis pola hubungan antar variabel dengan variabel waktu untuk meramalkan nilai di masa mendatang. Salah satu metode terkemuka dalam peramalan time series adalah ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*).

ARIMA merupakan suatu metode yang menghasilkan ramalan berdasarkan pola historis data. Model ini menggabungkan unsur model AR (*Autoregressive*) yang menjelaskan pergerakan variabel melalui variabel itu sendiri di masa lalu, dan model MA (*Moving Average*) yang melihat pergerakan variabel melalui residualnya di masa lalu [3]. Penggunaan metode ARIMA memerlukan perhatian khusus terhadap pola data dan stasioneritas data, di mana data harus

stasioner dalam rata-rata dan varians.

Namun, terdapat metode lain dalam peramalan time series yang tidak mempertimbangkan stasioneritas data, yaitu Radial Basis Function Neural Network (RBFNN). RBFNN adalah suatu jaringan pembelajaran yang umumnya digunakan untuk menyelesaikan permasalahan forecasting yang melibatkan komponen non-stasioner dan non-linier. Model RBFNN terdiri dari tiga lapisan, yakni lapisan masukan (input), lapisan tersembunyi (hidden), dan lapisan keluaran (output). RBFNN menggunakan fungsi aktivasi pada lapisan tersembunyi dan menghasilkan output dalam bentuk persamaan non-linear pada lapisan tersebut, sedangkan pada lapisan keluaran, output diberikan dalam bentuk persamaan linear [4].

Di Jabodetabek, jumlah penumpang kereta api mengalami tren peningkatan dari tahun 2016 hingga 2019, namun mengalami penurunan drastis pada tahun 2020. Penurunan ini berpotensi berdampak pada pendapatan, sehingga perlu dilakukan peramalan jumlah penumpang menggunakan metode RBFNN untuk perencanaan program selanjutnya dengan tujuan meningkatkan pendapatan perusahaan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan merupakan usaha untuk melihat situasi dan kondisi pada masa yang akan datang dengan cara memperkirakan pengaruh situasi dan kondisi pada masa yang akan datang terhadap perkembangan di masa yang akan datang [5].

Tersine (1994) [6] menjelaskan bahwa peramalan adalah sebuah prediksi, proyeksi, atau estimasi dari ketidakpastian masa depan. Pada umumnya kegiatan peramalan adalah sebagai berikut:

1. Sebagai alat bantu dalam perencanaan yang efektif dan efisien.
2. Untuk menentukan kebutuhan sumber daya di masa mendatang.
3. Untuk membuat keputusan yang tepat.

B. Data Time Series

Time series atau runtun waktu merupakan suatu pengamatan terhadap variabel dari waktu lampau dan dicatat secara beruntut sesuai urutan waktu dengan periode waktu yang tetap [7]. Pada umumnya pencatatan ini dilakukan dalam

periode tertentu misalnya harian, bulanan, tahunan dan sebagainya.

C. Neural Network (NN)

Jaringan syaraf tiruan (JST) atau sering dikenal dengan istilah *neural network* adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi manusia. *Neural network* termasuk dalam salah satu bentuk *time series* nonlinier dan memiliki bentuk fungsional yang fleksibel sehingga *neural network* tidak dapat diinterpretasikan atau tidak memiliki asumsi-asumsi yang harus dipenuhi. Neuron-neuron dalam *neural network* disusun dalam grup, yang disebut dengan layer (lapis) [8].

D. Radial Basis Function Neural Network (RBFNN)

RBFNN merupakan arsitektur dari ANN yang bersifat *feed forward* dan dapat melakukan proses klasifikasi dengan waktu singkat. RBFNN melakukan proses pembelajaran yang sangat cepat karena neuron disetel secara lokal [9]. RBFNN merupakan metode jaringan syaraf tiruan yang menggunakan fungsi aktivasi radial basis dan umum dipakai dalam kasus klasifikasi dan prediksi/peramalan. Dalam beberapa penelitian, metode RBFNN dimodifikasi dengan pendekatan K-means cluster dan fungsi aktivasi Gaussian sehingga meningkatkan keakuratan hasil klasifikasi. Waktu pelatihan (training) pada jaringan RBFNN sangat cepat dan memiliki kemampuan generalisasi yang baik [9].

E. PT Kereta Api Indonesia (PT KAI)

PT Kereta Api Indonesia (Persero), selanjutnya disebut sebagai PT KAI adalah Badan Usaha Milik Negara yang menyediakan, mengatur, dan mengurus jasa angkutan kereta api di Indonesia. PT KAI bergerak dalam bidang transportasi untuk umum dalam negeri yang meliputi angkutan penumpang, angkutan barang, dan angkutan non barang [10].

F. Penumpang

Penumpang dapat diartikan sebagai individu atau kelompok yang menggunakan jasa angkutan untuk suatu perjalanan tertentu dengan mengeluarkan sejumlah uang sebagai imbalan bagi pengangkut dengan kata lain dapat didefinisikan orang yang telah membeli tiket, berarti orang yang melakukan perjalanan dengan menggunakan alat transportasi yang disediakan oleh pihak pengangkutan atau perusahaan niaga dan terikat oleh kontrak dan persetujuan dengan pengangkut yang tercantum di tiket selama perjalanan [11].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data tersebut merupakan data *time series* jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek dari Januari 2014 sampai Desember 2020 dengan data pengamatan sebanyak 84 pengamatan.

B. Variabel penelitian

Variabel penelitian yang digunakan yaitu jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek dari bulan Januari 2014 hingga bulan Desember 2020.

C. Langkah analisis

Pada Penelitian ini akan digunakan metode Radial Basis Function Neural Network (RBFNN) untuk meramalkan jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek. Berikut merupakan tahapan peramalan menggunakan RBFNN.

1. Data dinormalisasi menjadi skala 0-1 dengan menggunakan persamaan rumus berikut:

$$x = \frac{y - y_{min}}{y_{max} - y_{min}}$$

dimana:

y = Data asli

x = Data normalisasi

2. Menentukan banyaknya lapisan input menggunakan plot PACF terhadap seluruh pengamatan dengan melihat lag yang signifikan. Plot PACF diperoleh dari software Minitab.
3. Data dibagi menjadi 2, yaitu training dan testing. Komposisi yang peneliti gunakan adalah 80% untuk data training dan 20% untuk data testing
4. Menentukan banyaknya lapisan tersembunyi menggunakan metode trial and error dengan menggunakan 2 sampai 10 cluster. Pengklusteran data dilakukan dengan menggunakan metode K-means cluster yang dihasilkan dengan bantuan software SPSS. Selanjutnya data hasil clustering diproses dengan nilai pusat dan simpangan baku yang menghasilkan nilai Means Square Error (MSE) yang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2$$

5. Menghitung Nilai Aktivasi menggunakan persamaan fungsi gaussian sebagai berikut:

$$\phi_{ij} = \phi_i(x_i) = e^{-\frac{(x_j - \mu_j)^2}{2\sigma_j^2}}$$

dimana:

σ_j = nilai simpangan baku pada masing-masing cluster ke- j

x_i = nilai normalisasi vektor input ke- i

μ_j = nilai pusat cluster ke- j

6. Selanjutnya hasil dari perhitungan fungsi gaussian disajikan kedalam matriks gaussian
7. Matriks gaussian digunakan untuk menghitung nilai bobot dan bobot bias dengan persamaan rumus berikut:

$$\hat{w} = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T \hat{y}$$

8. Menghitung nilai output jaringan dengan menggunakan persamaan rumus berikut:

$$y_i = \sum_{j=1}^m w_j \phi_j(x_{i-1}) + w_b$$

9. Menentukan tingkat akurasi peramalan menggunakan mean percentage error (MAPE)

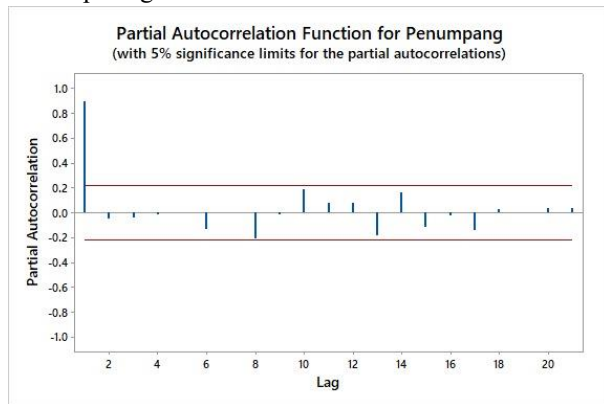
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \left(\frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right) \right| \times 100$$

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan berupa hasil peramalan jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek menggunakan metode *Radia Basis Function Neural Network* diuraikan sebagai berikut

- 1) Penentuan lapisan input

Untuk mengetahui banyaknya neuron pada lapisan input digunakan plot PACF terhadap seluruh data, dapat dilihat pada gambar berikut



Berdasarkan plot PACF pada gambar 1, diketahui bahwa lag yang signifikan berada pada lag 1. Maka dari itu, banyaknya neuron pada lapisan input adalah 1.

- 2) Penentuan lapisan tersembunyi

Menentukan banyaknya neuron pada lapisan tersembunyi dilakukan dengan cara trial and error terhadap beberapa model. Model yang digunakan yaitu model (1-2-1), (1-3-1), (1-4-1), (-1-5-1), (1-6-1), (1-7-1), (-1-8-1), (1-9-1), dan (1-10-1). Model terbaik akan dilihat dari nilai MSE training terkecil dengan mempertimbangkan nilai MSE testing terkecil. Proses perhitungan dilakukan menggunakan data hasil clustering dengan nilai pusat dan simpangan baku setiap cluster. Berikut merupakan nilai MSE training dan MSE testing dari masing-masing model

Tabel 1. Nilai MSE Model RBF

Model	MSE	
	Training	Testing
(1-2-1)	0,0103	0,0299
(1-3-1)	0,0013	0,0223
(1-4-1)	0,0022	0,0354
(1-5-1)	0,0060	0,0776
(1-6-1)	0,0051	0,0141
(1-7-1)	0,0050	0,0411
(1-8-1)	0,0058	0,0137
(1-9-1)	0,0049	0,0175
(1-10-1)	0,0079	0,0166

Berdasarkan hasil *trial and error* pada tabel diatas, nilai MSE terkecil untuk training terletak pada kluster 3.

Namun model terbaik dipilih dengan mempertimbangkan nilai MSE testing terkecil, yaitu terletak pada kluster 8. Dengan demikian banyaknya neuron pada lapisan tersembunyi adalah 8.

Tabel 2. Nilai Pusat dan Standar deviasi Cluster 8

Neuron	Nilai Pusat	Standar Deviasi
1	0,507	0,06
2	0	0,023
3	0,55	0,023
4	0,21	0,052
5	0,708	0,047
6	0,95	0,032
7	0,828	0,026
8	0,942	0,023

- 3) Menghitung nilai aktivasi

Nilai fungsi aktivasi dihitung menggunakan rumus persamaan fungsi gaussian, berikut contoh perhitungannya:

$$\phi_1(x_1) = e^{\left(-\frac{(x_1 - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2} \right)}$$

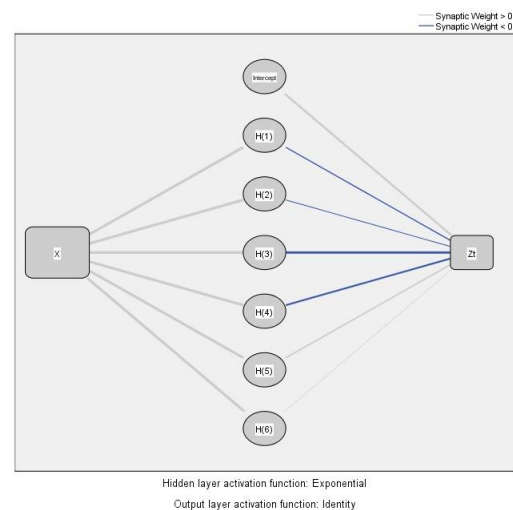
$$\phi_1(x_1) = e^{\left(-\frac{(0.2656 - 0.507)^2}{2(0.060)^2} \right)} = 0.00026489$$

- 4) Tingkat akurasi peramalan

Perhitungan dilakukan menggunakan rumus persamaan MAPE, berdasarkan hasil perhitungan tingkat akurasi peramalan menghasilkan nilai MAPE sebesar 31,96% model tersebut termasuk kedalam kriteria cukup baik untuk digunakan dalam meramalkan jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek.

- 5) Menghitung nilai output (peramalan)

Peramalan banyaknya jumlah penumpang dilakukan menggunakan struktur jaringan dengan 1 *neuron* pada lapisan *input*, 8 *neuron* pada lapisan tersembunyi, dan 1 *neuron* pada lapisan *output* dan dibuat struktur RBFNN sebagai berikut :



Gambar 1. Arsitektur RBFNN Model (1-8-1)

Diketahui input $x = 0.2656$ ini merupakan data pada bulan Desember 2020. Selanjutnya bobot yang diperoleh dari hasil training yaitu $w_b = 0.692$, $w_1 = -0.168$, $w_2 = -0.692$, $w_3 = -0.166$, $w_4 = -0.566$, $w_5 = 0.033$, $w_6 =$

0.411, $w_7 = 286$, $w_8 = -0.164$. Berdasarkan model RBFNN yang terbentuk, berikut merupakan perhitungan peramalan jumlah penumpang kereta api untuk bulan Januari 2021:

$$y_i = \sum_{j=1}^m w_j \phi_j(x_{i-1}) + w_b$$

$$y_i = 0.692 - 0.168\phi_1(x) - 0.692\phi_2(x) - 0.166\phi_3(x) - 0.566\phi_4(x) + 0.033\phi_5(x) + 0.411\phi_6(x) + 0.286\phi_7(x) - 0.164\phi_8(x)$$

$$y_i = 0.692 - 0.168(0.00026) - 0.692(4.62E - 29) - 0.166(3.45E - 33) - 0.566(0.563) + 0.033(6.296E - 20) + 0.411(3.07E - 99) + 0.286(1.98E - 100) - 0.164(1.16E - 184)$$

$$y_i = 0.373$$

y_i merupakan nilai output berupa hasil peramalan yang skala datanya masih diantara 0-1, selanjutnya hasil ramalan tersebut didenormalisasi ke data asli, berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} Ft &= xi(y_{max} - y_{min}) + y_{min} \\ &= 0.373(29714 - 5077) + 5077 \\ &= 14279,61 \end{aligned}$$

Kemudian, dengan cara yang sama dilakukan perhitungan peramalan jumlah penumpang kereta api untuk bulan Februari hingga Desember 2021. Berikut hasil perhitungan ramalan penumpang kereta api di Jabodetabek:

Tabel 3. Hasil Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek

Bulan	Hasil Peramalan
Januari	14280
Februari	21698
Maret	22670
April	22917
Mei	22886
Juni	22891
Juli	22890
Agustus	22890
September	22890
Oktober	22890
November	22890
Desember	22890

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut

1. Berdasarkan plot PACF, lag yang signifikan berada pada lag pertama yang menunjukkan bahwa jumlah *neuron* pada lapisan *input* yaitu sebanyak 1 *neuron*.
2. Metode *trial and error* dengan perhitungan fungsi gaussian menghasilkan jumlah *neuron* pada lapisan tersembunyi sebanyak 8 *neuron* dengan nilai MSE terkecil yaitu sebesar 0,0058 untuk data *training* dan 0,0137 untuk data *testing*.
3. Proses pembentukan model *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN) pada data runtun waktu jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek memiliki model terbaik dengan struktur jaringan yang terdiri dari 1 *neuron* pada lapisan *input*, 8 *neuron* pada lapisan tersembunyi, dan 1 *neuron* pada *output*.
4. Tingkat akurasi model peramalan RBFNN (1-8-1) dengan nilai MAPE yaitu sebesar 31,96%. Berdasarkan kategori, kemampuan peramalan model RBFNN (1-8-1) cukup baik, karena memiliki nilai MAPE kurang dari 50%.
5. Hasil ramalan jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek dengan model RBFNN untuk bulan Januari 2021 sebesar 14280 orang, dan pada bulan-bulan berikutnya ditunjukkan pada tabel 3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Heizer, J., and Render, B. (2011). *Operations Management. 10th Edition*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- [2] Wei, W.W.S. (2006). *Time Series Analysis : Univariate and Multivariate Methods*. Boston: Pearson.
- [3] Lilipaly, G. S., D. Hatidja, & J. S. Kekenusa. (2014). *Prediksi Harga Saham PT BRI, Tbk. Menggunakan Metode ARIMA*. Jurnal Ilmiah Sains, 14(2): 60 – 67.
- [4] Palit, A. K. & Popavic, D. (2005). *Computational Intelligence in Time Series Forecasting*. Glasgow: Springer.
- [5] Ginting, Rosnani. (2007). *Sistem Produksi. Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Tersine, R. (1994). *Principles Of Inventory ANd Materials Management*. New York: Prentice Hall, Inc..
- [7] Hanke, J.E., and Wichern, D.W. (2005). *Business Forecasting*. New York: Prentice Hall.
- [8] Siang, J.J., 2005, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*. Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- [9] Sitamahalakshmi, T., et al. (2011). *Performance Comparison of Radial Basis Function Networks and Probabilistic Neural Networks for Telugu Character Recognition*. Global Journal of Computer Science and Technology Volume 11 Issue 4.
- [10] Suparna. (2016). *Analisis Pengaruh Jumlah Industri Besar dan Upah Minimum Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kota Surabaya*. Jurnal Ekonomi dan Bisnis. 1 : 229-256.
- [11] A, Yoeti, Oka. (1999). *Pengantar Ilmu Pariwisata Edisi Revisi*. Bandung : Penerbit Angkas