

PERBANDINGAN MODEL SARIMA DAN JARINGAN SARAF TIRUAN DALAM MERAMALKAN JUMLAH WISATAWAN MANCANEGARA DI KOTA BATAM

FADILA RASYID, DODI DEVIANTO*, IZZATI RAHMI HG

*Departemen Matematika dan Sains Data,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,
Kampus UNAND Limau Manis Padang, Indonesia,
email : fadilarasyid61@gmail.com, ddevianto@sci.unand.ac.id, izzatirahmihg@sci.unand.ac.id*

Diterima 27 Juli 2022 Direvisi 19 Mei 2023 Dipublikasikan 6 Juli 2023

Abstrak. Kota Batam adalah salah satu tempat wisata di Indonesia dengan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara yang meningkat setiap tahun. Sebagai salah satu dampak dari peningkatan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara, pemerintah provinsi harus meningkatkan fasilitas yang ada pada kawasan pariwisata baik dari segi kualitas maupun dari segi kuantitas. Agar fasilitas tersebut memadai untuk melayani wisatawan mancanegara yang berkunjung ke Kota Batam pada masa yang akan datang, perlu diperkirakan banyaknya jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Kota Batam pada masa yang akan datang. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara dengan menggunakan metode SARIMA dan Jaringan Syaraf Tiruan serta membandingkan ketepatan kedua metode tersebut dengan Mean Squared Error (MSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Model SARIMA terbaik untuk data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Kota Batam adalah SARIMA (2, 1, 0)(1, 1, 0)¹² dengan $MSE = 2.672.774.359$ dan $MAPE = 21,4487\%$. Model Jaringan Syaraf Tiruan adalah $\hat{y} = \max(0, 0.03208266 + 0.48310924V_1 + \dots + 0.46732363V_8)$ dengan $MSE = 171.279.990$ dan $MAPE = 7,1404\%$. Dengan demikian, pemodelan dengan Jaringan Saraf Tiruan pada kasus ini memberikan model yang lebih baik dari SARIMA dalam memodelkan data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Kota Batam.

Kata Kunci: Kunjungan wisatawan mancanegara, SARIMA, Jaringan Syaraf Tiruan

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memiliki keindahan alam yang melimpah dan keberanekaragaman budaya yang menjadi daya tarik bagi wisatawan mancanegara untuk menjelajahi kekayaan pariwisata. Beberapa pulau di Indonesia memiliki keindahan alam dan daya tarik budaya tersendiri, salah satunya yaitu Kota Batam.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Kota Batam terus mengalami perubahan di

*Penulis Korespondensi

setiap tahunnya [1]. Salah satu dampak dari kenaikan/penurunan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara adalah terhadap pendapatan di daerah tersebut. Jika wisatawan mancanegara terus meningkat, perlu ditingkatkan juga fasilitas yang memadai untuk melayani wisatawan mancanegara yang berkunjung di Kota Batam, sehingga perlu diprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Kota Batam pada masa yang akan datang.

Salah satu metode yang bisa digunakan untuk meramalkan jumlah wisatawan mancanegara tersebut adalah dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan [2]. Selain itu, data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Kota Batam merupakan data deret waktu yang mengandung musiman. Data deret waktu adalah serangkaian pengamatan yang terjadi berdasarkan runtun waktu [3]. Biasanya, untuk meramalkan data pola musiman digunakan model *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) [4].

Dari uraian latar belakang diatas, akan dilakukan peramalan jumlah wisatawan mancanegara di Kota Batam. Metode yang digunakan adalah metode SARIMA dan Jaringan Saraf Tiruan. Selanjutnya akan dilakukan perbandingan dari kedua metode tersebut untuk melihat metode mana yang lebih baik dalam meramalkan jumlah wisatawan mancanegara di Kota Batam.

2. Beberapa Konsep Dasar

2.1. Model Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)

Model SARIMA merupakan model ARIMA yang mengandung musiman dan tidak musiman. Bagian musiman diperoleh dari model ARIMA yang dilakukan *differencing* musiman. Sedangkan bagian tidak musiman diperoleh dari model ARIMA yang tidak dilakukan *differencing* musiman. Bentuk umum dari model SARIMA $(p, d, q)(P, D, Q)^S$ adalah sebagai berikut [3]:

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\varepsilon_t \quad (2.1)$$

dimana

$$\begin{aligned} \phi_p(B) &= 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p, \\ \Phi_P(B) &= 1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 S - \dots - \Phi_P B^P S, \\ \theta_q(B) &= 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q, \\ \Theta_Q(B) &= 1 - \Theta_1 B^S - \Theta_2 B^{2S} - \dots - \Theta_Q B^{QS}. \end{aligned}$$

2.2. Pemilihan Model Terbaik

Kriteria pemilihan model yang paling umum digunakan pada model deret waktu adalah *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Schwarz Criterion*(SC). AIC digunakan untuk menentukan model yang dapat menjelaskan data dengan jumlah parameter yang baik untuk menduga data. Sedangkan SC digunakan untuk memperbaiki sifat pendugaan yang terlalu tinggi dari AIC. Secara sistematis persamaan

AIC dan SC dapat ditulis [3]:

$$AIC = n(\ln(\hat{\sigma}_t^2)) + 2k, \quad (2.2)$$

$$SC = n(\ln(\hat{\sigma}_t^2)) + k(\ln(n)), \quad (2.3)$$

dengan n adalah banyak data pengamatan dan k adalah jumlah parameter yang diduga.

2.3. Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang meniru cara kerja jaringan saraf manusia. JST tercipta sebagai suatu generalisasi model matematis dari pemahaman manusia. JST tersusun dari sejumlah besar elemen yang melakukan kegiatan yang analog dengan fungsi-fungsi biologis manusia [5]. JST membutuhkan data masalah yang harus diselesaikan dan mendapatkan informasi atau hasil melalui pelatihan [6]. Pada JST, parameter yang digunakan untuk membentuk model adalah bobot yang merupakan penghubung antar unit lapisan [7].

JST memiliki beberapa arsitektur jaringan yang dalam penelitian ini menggunakan jaringan layar jamak. Algoritma *backpropagation* adalah algoritma pembelajaran, dan menggunakan *gradient descent* sebagai mekanisme pembelajaran inti [8]. *Backpropagation* melakukan pelatihan terhadap jaringan untuk menghasilkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk memberikan respons yang benar terhadap pola masukan yang serupa namun tidak sama dengan pola yang digunakan selama pelatihan. Arsitektur *backpropagation* memiliki beberapa bagian yang ada dalam satu atau lebih layar tersembunyi. Arsitektur *backpropagation* terdiri dari n buah masukan (ditambah sebuah bias), p unit yang merupakan bagian dari unit layar tersembunyi (ditambah dengan bias), dan m buah sebagai unit keluaran [9]. Beberapa fungsi aktivasi yang dapat digunakan adalah fungsi linier, fungsi sigmoid, fungsi tangen hiperbolik dan fungsi ReLu [10].

2.4. Ketepatan Metode Peramalan

Ketepatan dalam melakukan peramalan merupakan hal yang sangat penting karena tidak ada metode peramalan yang dapat dengan tepat meramalkan keadaan data di masa yang akan datang. Jika galat yang dihasilkan semakin kecil, maka hasil peramalan akan semakin tepat. Besarnya galat tersebut dapat dihitung melalui ukuran peramalan, sebagai berikut [3]:

(1) Mean Squared Error (MSE)

Rumus *MSE* adalah sebagai berikut [5]:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2. \quad (2.4)$$

(2) Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Rumus *MAPE* adalah sebagai berikut [5]:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{(Z_t - \hat{Z}_t)}{Z_t} \right| \times 100\%, \quad (2.5)$$

dengan n adalah banyaknya pengamatan, Z_t adalah data pengamatan pada waktu ke- t , $\hat{Z}_t$ adalah data hasil peramalan pada waktu ke- t .

3. Metode Penelitian

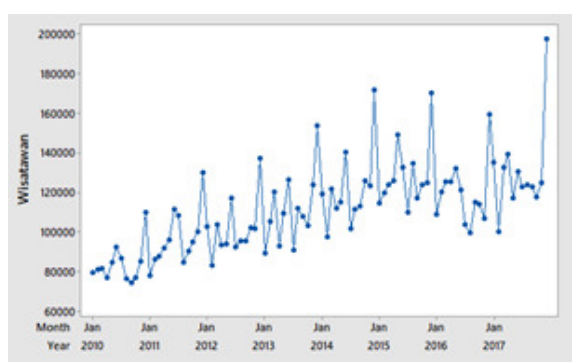
Metode penelitian SARIMA terbagi atas dua, yaitu data untuk model dan data untuk peramalan (testing). Pada penelitian ini akan digunakan kedua metode tersebut. Data jumlah wisatawan mancanegara di Kota Batam berasal dari website resmi Badan Pusat Statistik Kota Batam, dari bulan Januari 2010 sampai bulan Desember 2019. Berikut merupakan tahap dalam menyelesaikan peramalan dengan model SARIMA dan Jaringan Saraf Tiruan.

- (1) Membuat plot dari data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Kota Batam.
- (2) Memodelkan data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Kota Batam dengan metode *SARIMA* :
 - (a) Memeriksa kestasioneran data baik terhadap ragam maupun nilai tengah.
 - (b) Melakukan *differencing* jika tidak stasioner terhadap nilai tengah dan melakukan transformasi *Box-Cox* jika tidak stasioner terhadap ragam.
 - (c) Melakukan *differencing* tidak musiman untuk data yang mengandung *trend* dan *differencing* musiman untuk data yang mengandung musiman.
 - (d) Membuat plot ACF dan PACF dari data yang telah stasioner untuk melihat orde model SARIMA.
 - (e) Melakukan *overfitting* untuk memperoleh kandidat model SARIMA.
 - (f) Memilih nilai AIC dan SC terkecil dari kandidat model SARIMA.
 - (g) Menghitung nilai *MSE* dan *MAPE* dari model SARIMA yang terbaik.
- (3) Memodelkan data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Kota Batam dengan metode Jaringan Saraf Tiruan :
 - (a) Pendefinisian data masukan dan data keluaran yang ingin dicapai.
 - (b) Perancangan arsitektur jaringan saraf tiruan.
 - (c) Proses *training* jaringan saraf tiruan. Algoritma *backpropagation* jaringan saraf tiruan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:
 - i. Inisialisasi jaringan.
 - ii. *Feedforward*.
 - iii. Metode *backpropagation*.
 - iv. Penyesuaian bobot.
 - v. Proses validasi model jaringan saraf tiruan.
 - vi. Pemodelan jumlah wisatawan mancanegara di Kota Batam
 - vii. Menghitung nilai MSE dan MAPE dari model Jaringan Saraf Tiruan

- (4) Menentukan model terbaik berdasarkan nilai MSE dan MAPE terkecil dari Metode SARIMA dan Metode JST.

4. Pembahasan

Tahap pertama adalah mengidentifikasi data dengan melihat plot data. Pada Gambar 1 diberikan plot jumlah wisatawan mancanegara di Kota Batam terhadap waktu. Gambar 1 menunjukkan bahwa data tidak stasioner terhadap nilai tengah



Gambar 1. Data Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara

karena plot data menunjukkan adanya tren dan tidak stasioner terhadap ragam karena plot data tersebut bervariasi terhadap waktu.

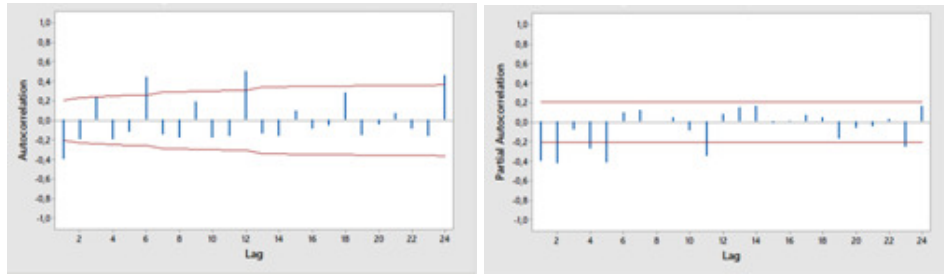
4.1. Model SARIMA

Kestasioneran data terhadap nilai tengah dapat dilihat dengan menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Dari hasil pengujian ADF diperoleh nilai uji sebesar $-2,448611$ dan nilai kritis tabel dengan $\alpha = 0.05$ sebesar $-2,896346$, sehingga nilai uji kecil besar dari nilai kritisnya. Hal ini menunjukkan bahwa data tidak stasioner terhadap nilai tengah, sehingga dilakukan *differencing*. Setelah dilakukan *differencing* diperoleh hasil uji ADF sebesar $-5,355184$ dan nilai kritis tabel dengan $\alpha = 0.05$ sebesar -2.896346 , sehingga nilai uji lebih besar dari nilai kritisnya. Hal ini menunjukkan bahwa data stasioner terhadap nilai tengah.

Selanjutnya untuk melihat kestasioneran terhadap ragam dapat dilihat dari transformasi Box-Cox. Hasil pengujian Box-Cox diperoleh nilai $\lambda = -1.00$. Berdasarkan nilai yang diperoleh diketahui bahwa data belum stasioner terhadap ragam sehingga perlu dilakukan transformasi, setelah itu dilakukan pengujian Box-Cox kembali dan diperoleh nilai $\lambda = 1.00$, artinya data sudah stasioner terhadap ragam.

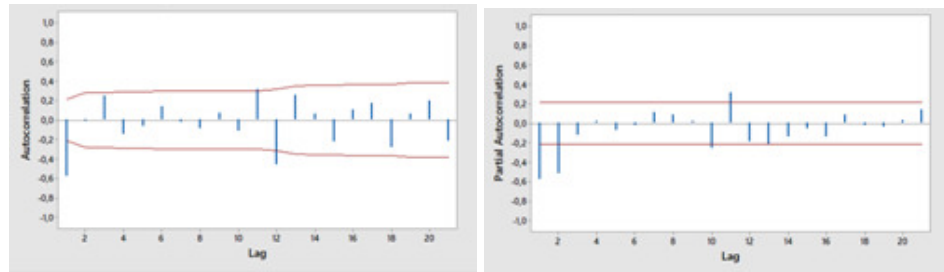
Tahap berikutnya adalah melakukan identifikasi orde p, q, P, Q dengan melihat plot ACF dan PACF. Untuk itu perlu dilakukan proses *differencing* musiman untuk menghilangkan musiman dengan periode $S = 12$. Pada Gambar 2 ditampilkan plot ACF dan PACF data hasil *differencing* musiman. Setelah itu akan dilakukan

pemodelan SARIMA, yaitu dengan *trial* dan *error* untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Berdasarkan hasil yang diperoleh, peramalan jumlah wisatawan mancanegara di Kota Batam yang paling tepat adalah pada model SARIMA(2, 1, 0)(2, 1, 0)¹² karena nilai AIC dan BIC/SC model tersebut merupakan nilai yang terkecil.



Gambar 2. Korelogram ACF dan PACF Data *Differencing*

Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada plot ACF, data *cut off* setelah *lag* 1, sehingga diduga orde $q = 1$, sedangkan pada plot PACF data *cut off* setelah *lag* 2 sehingga diduga orde $p = 2$. Pada Gambar 2 terlihat bahwa data masih mengandung musiman karena *cut off* setiap bulan ke 12 (akhir tahun).



Gambar 3. Korelogram ACF dan PACF Data *Differencing* Musiman

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa plot ACF signifikan pada *lag* 1 sehingga diduga orde $Q = 1$, sedangkan pada plot PACF data signifikan setelah *lag* 2 sehingga diduga orde $P = 2$.

Berikut bentuk umum dari persamaan model SARIMA(2, 1, 0)(2, 1, 0)¹²:

$$[(1 - \phi_1(B) - \phi_2(B^2))(1 - \Phi_1(B^{12}))(1 - B)(1 - B^{12})Z_t = \varepsilon_t. \quad (4.1)$$

Bentuk persamaaan (4.1) dapat diuraikan menjadi:

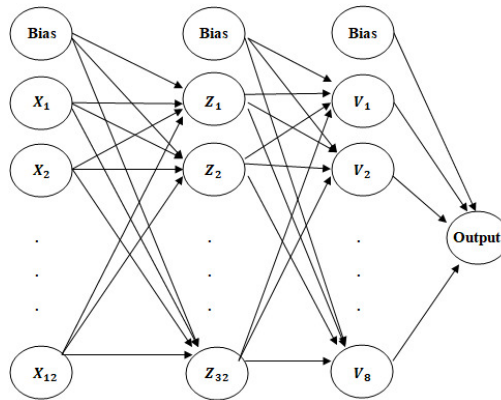
$$\begin{aligned} Z_t = & (1 + \phi_1)Z_{t-1} - (\phi_1 - \phi_2)Z_{t-2} - \phi_2Z_{t-3} + (1 + \Phi_1)Z_{t-12} - (1 + \Phi_1 + \\ & \phi_1 + \phi_1\Phi_1)Z_{t-13} + (\phi_1 + \phi_1\Phi_1 - \phi_2 - \phi_2\Phi_1)Z_{t-14} + (\phi_2 + \phi_2\Phi_1)Z_{t-15} \\ & - \Phi_1Z_{t-24} + (\Phi_1 + \phi_1\Phi_1)Z_{t-25} - (\phi_1\Phi_1 - \phi_2\Phi_1)Z_{t-26} - \phi_2\Phi_1Z_{t-27} \\ & + \varepsilon_t. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Berdasarkan Persamaan (4.2) dapat dibangun model dengan menggunakan nilai taksiran parameter, yaitu:

$$\begin{aligned} Z_t = & 0,138232Z_{t-1} + 0,316015Z_{t-2} + 0,545753Z_{t-3} + 0,469912Z_{t-12} + \\ & 0,848668876Z_{t-13} - 0,14849924Z_{t-14} - 0,256455884Z_{t-15} + \\ & 0,530088Z_{t-24} - 0,073275124Z_{t-25} - 0,16751576Z_{t-26} - \\ & 0,289297116Z_{t-27} + \varepsilon_t. \end{aligned} \quad (4.3)$$

Model SARIMA(2, 1, 0)(2, 1, 0)¹² juga memenuhi semua uji asumsi residual diantaranya uji non-autokorelasi, uji normalitas, dan uji homoskedastisitas. Hasil uji non-autokorelasi dengan uji L-jung Box menunjukkan bahwa residual dari model sudah memenuhi asumsi tidak terdapat autokorelasi pada residual yang dapat dilihat pada p-value untuk masing-masing $lag > 0.05$. Pada uji Jarque-Berra, diperoleh nilai uji Jarque Berra sebesar 0,258226, karena nilai Jarque Berra $< \chi^2_{0.05(2)} = 5.99$, artinya terima H_0 atau residual model berdistribusi Normal. Pada uji homoskedastisitas, dengan melihat korelogram kuadrat sisaan tidak ada lag yang signifikan, artinya residual bersifat homoskedastisitas.

4.2. Model Jaringan Saraf Tiruan



Gambar 4. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Pada penentuan arsitektur jaringan terbaik, data dibagi menjadi dua yaitu data pelatihan dan pengujian. Data pelatihan sebanyak 96 dan pengujian 24. Pembagian data tersebut berguna agar jaringan mendapat data pelatihan secukupnya dan data pengujian dapat menguji pelatihan yang dilakukan berdasarkan nilai MSE dan MAPE pengujian. Berdasarkan hasil pelatihan yang dilakukan, diperolehnya model terbaik jaringan saraf tiruan memiliki arsitektur 12 : 32 : 8 : 1, atau 12 input, 32 neuron pada lapisan tersembunyi pertama, 8 neuron pada lapisan tersembunyi kedua dan 1 keluaran. Untuk memperbaharui bobot secara iteratif berdasarkan data pelatihan digunakan algoritma Adam, sedangkan epoch yang digunakan adalah maksimum 100 epoch.

Validasi data yang digunakan yaitu RMSE untuk membandingkan *loss train* dan *loss test*. Jika nilai *loss test* lebih kecil dari *loss train* maka rancangan jaringan saraf tiruan ini dapat dijadikan model untuk tahap peramalan.

Fungsi aktivasi termasuk dalam lapisan tersembunyi (hidden layer) yang akan dihubungkan ke *output*. Hasil pelatihan terbaik rancangan JST diulang kembali untuk pengujian data dengan data uji yang telah disiapkan. Bobot terbaik disimpan untuk proses pengujian data agar didapatkan hasil uji yang baik juga.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dibentuk model dari JST 12 : 32 : 8 : 1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y_{k1} &= f(w_{10}^0 + w_{11}^0 V_1 + \cdots + w_{18}^0 V_8), \\ &= f(0.03208266 + 0.48310924V_1 + \cdots + 0.46732363V_8), \\ &= \max(0, 0.03208266 + 0.48310924V_1 + \cdots + 0.46732363V_8), \end{aligned}$$

dimana $X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{k12}$ merupakan data masukan dan y_{k1} merupakan data keluaran.

4.3. Perbandingan Hasil SARIMA dan JST

Pada Tabel 1 diberikan hasil peramalan pada tahun 2019 dengan model SARIMA(2, 1, 0)(2, 1, 0)¹².

Tabel 1. Hasil Ramalan SARIMA dan JST

	Ramalan SARIMA	Ramalan JST	Aktual
Jan-19	161.341	145.995	128.675
Feb-19	136.674	172.179	158.088
Mar-19	165.665	165.742	173.947
Apr-19	152.592	152.718	155.619
Mei-19	181.000	171.873	146.075
Jun-19	226.006	165.844	176.187
Jul-19	210.441	157.444	148.205
Agt-19	142.467	177.789	184.077
Sep-19	150.704	159.822	160.293
Okt-19	162.705	150.834	159.292
Nov-19	186.007	182.943	167.288
Des-19	334.140	173.897	190.232

Berdasarkan Tabel 1, jumlah pengunjung yg diperoleh dari JST lebih mendekati nilai aktual pada jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Kota Batam dibandingkan jumlah pengunjung dari hasil SARIMA.

5. Kesimpulan

Dengan menggunakan metode SARIMA diperoleh model-nya adalah SARIMA (2, 1, 0)(1, 1, 0)¹², dengan persamaannya sebagai berikut:

$$[(1 - \phi_1(B) - \phi_2(B^2))(1 - \Phi_1(B^{12}))(1 - B)Z_t = \varepsilon_t,$$

dengan nilai MSE dan MAPE saat testing yaitu, $MSE = 2.672.774.359$ dan $MAPE = 21,4487\%$. Dengan metode Jaringan Saraf Tiruan yang memiliki arsitektur 12: 32: 8: 1 diperoleh nilai MSE dan MAPE saat testing yaitu $MSE = 171.279.990$ dan $MAPE = 7,1404\%$. Selanjutnya, berdasarkan nilai MSE dan MAPE tersebut, terlihat bahwa model JST menghasilkan nilai MSE dan MAPE lebih kecil dari pada SARIMA, maka dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini model JST lebih baik dalam meramalkan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Kota Batam dibandingkan dengan model SARIMA.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, 2020, *Konsep dan Definisi Statistik Kunjungan Wisatawan Mancanegara Kota Batam*, <https://www.bps.go.id>, tanggal akses 18 Februari 2021.
- [2] Putra, E.F., Y. Asdi dan Maiyastri, 2019, Peramalan dengan Metode Pemulusan Eksponensial *Holt-Winter* dan SARIMA, *Jurnal Matematika UNAND* Vol. **8**(1): 75 – 83
- [3] Wei, W.W.S., 2006, *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*, Second Edition, Addison Wesley, New York
- [4] Aulia, F., H. Yozza dan D. Devianto, 2019, Peramalan Curah Hujan Bulanan Kabupaten Tanah Datar dengan Model Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA), *Jurnal Matematika UNAND* Vol. **8**(2): 37 – 44
- [5] Negnevitsky, M., 2011, *Artificial Intelligence 3rd ed.* USA: Addison-Wesley Publishing Company
- [6] Yollanda, M., D. Devianto dan H. Yozza, 2018, Nonlinier Modeling of IHSG with Artificial Intelligence, *IOP Information Technology and Inno*
- [7] Yollanda, M., D. Devianto dan H. Yozza, 2018, Model Non-Linier Pada Jaringan Saraf Tiruan, *Jurnal Matematika UNAND* Vol. **7**(3): 110 – 118
- [8] Devianto, D., P. Permathasari, M. Yollanda dan A.W. Ahmad., 2019, The Model of Artificial Neural Network and Nonparametric MARS Regression for Indonesia Composite Index, *IOP Conference Series: Material Science and Engineering*
- [9] Siang, J.J., 2005, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan MATLAB*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- [10] Heaton, J., 2008, *Introduction to Neural Networks for C*, Heaton Research, Inc, Amerika