

PERBANDINGAN METODE ARIMA DAN MODEL FUNGSI TRANSFER UNTUK MERAMALKAN CURAH HUJAN DI JAWA TENGAH PERIODE TAHUN 2023-2024

Haniatul Mutamakkinah^{1*}, Rukun Santoso², Dr.Tarno, M.Si.³

^{1,2,3}Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail: haniatulm@student.undip.ac.id

DOI: 10.14710/j.gauss.13.1.280-288

Article Info:

Received: 2023-06-06

Accepted: 2024-10-30

Available Online: 2024-10-31

Keywords:

ARIMA; MAPE; Rainfall; Transfer Function.

Abstract: Analysis data of time series is basically used for analysis data that makes the effect of observations on the previous period. The role of forecasting has explored various fields, including the field of meteorology which concerns weather forecasting. The ARIMA model is a forecasting model for analyzing single time series data and only look into the dependence of rainfall on past data without involving other variables. The transfer function has an output tier (y_t) which is expected to be affected by the input tier (x_t) or other inputs which called the noise tier (n_t). The purpose of this research is to find out which method is most appropriate to use in forecasting rainfall in the region of Central Java. Forecasting results with the transfer function model will be compared with the rainfall ARIMA model in Central Java to find out which method is more preferable. The data used in the research are rainfall data and air temperature, in Central Java from January 2016 to December 2022. The results showed that the MAPE value with transfer function model is 38,21%, while the ARIMA model has an MAPE value of 43,23%. From the MAPE value we can conclude that transfer function method is the best forecasting model for rainfall forecasting rather than ARIMA, because the MAPE value is tinier.

1. PENDAHULUAN

Peramalan (*forecasting*) adalah seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian pada masa depan (Heizer dan Render, 2011). Ada berbagai cara yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan dan salah satunya adalah analisis runtun waktu. Runtun waktu sendiri merupakan data hasil pengamatan yang diperoleh berdasarkan unit waktu yang sama. Analisis runtun waktu tidak hanya digunakan untuk data yang mempunyai satu varianel (*univariate*), tetapi bisa pula digunakan untuk banyak variabel (*multivariat*). Selain fungsi tersebut, analisis runtun waktu juga dapat digunakan untuk meramalkan data pada periode mendatang.

Model *Autoregresif Integrated Moving Average* (ARIMA) adalah model analisis runtun waktu yang paling sering digunakan. Model ARIMA biasanya digunakan untuk data berkala yang hanya memiliki satu variabel (*univariat*). Sehingga untuk peramalan yang memerlukan lebih dari variabel (*multivariat*), membutuhkan model-model berganda seperti model fungsi transfer, analisis spectral *vector time series models*. Model fungsi transfer merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk peramalan data runtun waktu yang dipengaruhi oleh satu atau lebih variabel lain. Konsep fungsi transfer terdiri dari deret *input*, deret *output* dan seluruh pengaruh lain yang disebut gangguan.

Banyak hal di kehidupan ini yang dapat diramalkan untuk mendapatkan suatu perencanaan yang lebih baik. Seperti kasus dalam bidang kesehatan, pertanian juga bidang meteorologi dilakukan peramalan guna mengetahui langkah selanjutnya untuk memperkecil

risiko. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dalam meramalkan cuaca dan curah hujan telah menggunakan berbagai metode statistik diantaranya dengan analisis regresi dan analisis runtun waktu. Data curah hujan diambil karena memiliki banyak faktor seperti suhu udara dan kecepatan angin. *Output* yang digunakan adalah banyaknya curah hujan sedangkan variabelnya (*input*) adalah suhu udara. Di wilayah Jawa Tengah musim kemarau umumnya terjadi pada bulan Juni sampai bulan Oktober, sedangkan musim hujan sendiri biasanya terjadi bulan November sampai bulan Juni. Dampak negatif yang terjadi apabila curah hujan meningkat adalah tanah longsor dan banjir di beberapa kota/kabupaten di Jawa Tengah. Peramalan tentang intensitas curah hujan dibutuhkan sehingga dapat membantu pemerintah provinsi untuk mempersiapkan segala kemungkinan terburuk yang terjadi jika hujan lebat tiba.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nahlony (2017), Aprialis (2010) menyatakan bahwa metode fungsi transfer merupakan metode terbaik untuk peramalan curah hujan, dengan nilai error yang lebih kecil dibandingkan metode ARIMA. Sehingga peramalan menggunakan metode fungsi transfer dipilih mengingat curah hujan (*output*) memiliki faktor lain yang mempengaruhinya sehingga dapat dijadikan *input* nantinya. Selain menggunakan metode fungsi transfer penulis juga menggunakan metode ARIMA *Box-Jenkins* untuk meramalkan data sehingga dapat diketahui apakah terdapat perbedaan hasil peramalan dengan data yang menggunakan variabel atau tidak menggunakan variabel. Hal itu bertujuan untuk mengetahui metode mana yang paling tepat digunakan untuk meramalkan curah hujan di Provinsi Jawa Tengah. Data iklim wilayah Jawa Tengah pada tahun 2016-2022 diambil dari website BPS Jawa Tengah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisis runtun waktu pertama kali diperkenalkan dan dikembangkan pada tahun 1970 oleh Box dan Jenkins. Runtun waktu adalah himpunan observasi terurut dalam waktu atau dalam dimensi lain (Soejoeti, 1987). Tujuan dari analisis runtun waktu adalah untuk menemukan pola dalam runtun waktu data dan menggunakannya untuk meramalkan data tersebut untuk masa depan.

Autoregresif Integrated Moving Average (ARIMA) sering juga disebut metode runtun waktu *Box-Jenkins*. ARIMA sangat baik ketepatannya untuk peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang ketepatan peramalannya kurang baik. Model ARMA merupakan gabungan dari model AR (p) dan MA (q) yang dapat ditulis dengan notasi ARMA (p, q). ARMA digunakan untuk data yang stasioner dan dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (1)$$

Model ARIMA digunakan jika data tidak stasioner maka dilakukan *differencing* sebanyak d kali sehingga data stasioner. Model ARIMA dapat ditulis dengan notasi ARMA (p, d, q) dengan bentuk umum persamaan model ARIMA dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\phi_p(B)^p (1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)^q a_t \quad (2)$$

dengan $\phi_p(B)$ merupakan komponen AR orde p dan $\theta_q(B)$ merupakan komponen orde q .

Pembentukan model fungsi transfer didasarkan pada *autocorrelation function* (ACF) dan *cross correlation function* (CCF). Bentuk umum model fungsi transfer untuk *input* tunggal, x_t , dan *output* tunggal, y_t , adalah (Wei, 2006):

$$y_t = v_0x_t + v_1x_{t-1} + v_2x_{t-2} + \dots + n_t \quad (3)$$

$$y_t = v(B)x_t + n_t \quad (4)$$

dengan:

y_t : deret *output* yang stasioner

x_t : deret *input* yang stasioner

n_t : variabel *error* (deret *noise*) yang mengikuti suatu model ARMA tertentu.

$v(B) = v_0 + v_1B + v_2B^2 + \dots$ merupakan koefisien model fungsi transfer atau bobot respons impuls. Bobot respons impuls dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$v(B) = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} \quad (5)$$

sehingga

$$y_t = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} x_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (6)$$

dengan :

- b : banyaknya periode sebelum deret *input* mulai berpengaruh terhadap deret *output*.
- $\omega_s(B) = (\omega_0 - \omega_1B - \omega_2B^2 - \dots - \omega_sBs)$ merupakan operator dengan orde s , yang merepresentasikan jumlah pengamatan masa lalu x_t yang berpengaruh terhadap y_t .
- $\delta_r(B) = (1 - \delta_1B - \delta_2B^2 - \dots - \delta_rBr)$ merupakan operator dengan orde r , yang merepresentasikan jumlah pengamatan masa lalu dari deret *output* itu sendiri yang berpengaruh terhadap y_t .

Identifikasi bentuk model fungsi transfer dilakukan untuk menemukan model terbaik antara deret *input* dan deret *output*. Langkah-langkah identifikasi bentuk model fungsi transfer sebagai berikut:

1. *Pre-whitening* deret *input*

Menurut Nahlony (2017) *Pre-whitening* deret *input* bertujuan untuk mengubah deret *input* menjadi lebih sederhana dengan menghilangkan pola dan hanya tersisa *white noise*.

2. *Pre-whitening* deret *output*

Pre-whitening diterapkan terhadap y_t supaya fungsi transfer dapat memetakan x_t ke dalam y_t . Berikut merupakan *pre-whitening* deret y_t (Nahlony, 2017):

$$\frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)} y_t = \beta_t \quad (7)$$

2. *Cross Correlation Function* (CCF)

Cross Correlation Function (CCF) digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan antara dua variabel pada selisih waktu k . Bentuk *cross correlation function* antara x_t dan y_t .

$$\rho_{xy}(k) = \frac{\gamma_{xy}(k)}{\sigma_x\sigma_y} \quad (8)$$

Dengan σ_x dan σ_y adalah standar deviasi dari x_t dan y_t .

3. Penetapan (b, r, s) untuk model fungsi transfer menghubungkan deret *input* dan *output*

a. Nilai b menyatakan bahwa y_t mulai dipengaruhi x_t pada periode $t+b$

- b. Nilai s menyatakan seberapa lama deret y_t terus dipengaruhi oleh nilai-nilai baru dari deret *input* x_t atau y_t dipengaruhi oleh $x_{t-b-1}, x_{t-b-2}, \dots, x_{t-b-s}$.
- c. Nilai r menyatakan bahwa y_t dipengaruhi oleh nilai masa lalunya y_{t-1}, \dots, y_{t-r} .

Setelah menetapkan (b, r, s) kemudian dilakukan penaksir parameter fungsi transfer sementara.

$$\hat{v}(B) = \frac{\hat{\omega}(B)}{\hat{\delta}(B)} \quad (9)$$

4. Penaksir awal deret noise (n_t)

Bobot respons impuls diukur secara langsung dan ini memungkinkan dilakukannya perhitungan nilai taksiran dari deret *noise* n_t dengan

$$\hat{n}_t = y_t - v_0 x_t - v_1 x_{t-1} - v_2 x_{t-2} - \dots - v_g x_{t-g} \quad (10)$$

5. Penetapan (p_n, q_n) untuk model ARIMA $(p_n, 0, q_n)$ dari deret *noise* (n_t)

Model deret *noise* n_t dapat dinyatakan dengan :

$$\phi_n(B)n_t = \theta_n(B)a_t \quad (11)$$

di mana:

$\phi(B)$: Polinomial *autoregressive* orde ke- p dari n_t

$\theta(B)$: Polinomial *moving average* orde ke- q dari n_t

a_t : Residual dari deret n_t

Penaksiran parameter model fungsi transfer menggunakan metode *conditional least square* (CLS), dengan melibatkan parameter ω, δ, ϕ dan θ . Metode CLS merupakan suatu metode yang dilakukan untuk mencari nilai parameter dengan meminimumkan jumlah kuadrat kesalahan. Bentuk persamaan CLS dapat dinyatakan dalam:

$$\delta_r(B)\phi(B)y_t = \phi(B)\omega_s(B)x_{t-b} + \delta_r(B)\theta(B)a_t \quad (12)$$

Asumsi yang harus dipenuhi dalam model fungsi transfer adalah residual a_t *white noise* dan independen pada deret *input* x_t juga independen pada deret *input* yang telah melalui prosrs *prewhitening* a_t .

Secara umum, deret *output* mungkin dipengaruhi oleh beberapa deret *input*, sehingga model kausal untuk fungsi transfer multi *input* adalah:

$$y_t = v_1(B)x_{1t} + \dots + v_m(B)x_{mt} + n_t \quad (13)$$

atau

$$y_t = \sum_{j=1}^m v_j(B)x_{jt} + n_t \quad (14)$$

atau

$$y_t = \sum_{j=1}^m \frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{bj} x_{jt} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (15)$$

di mana $v_j(B)$ adalah fungsi transfer untuk deret *input* x_{jt} ke- j dan a_t diasumsikan independen untuk setiap deret *input* x_{it} dan x_{jt} tidak berkorelasi untuk $i \neq j$. Bobot respons fungsi transfer $\frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{bj}$ untuk masing-masing variabel *input* didefinisikan pada model fungsi transfer untuk *single input* (Otok dan Suhartono, 2009).

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan adalah data runtun waktu curah hujan dan suhu udara bulanan di Provinsi Jawa Tengah. Data diperoleh dari BPS Provinsi Jawa Tengah yang dimulai dari Januari 2016 sampai dengan Desember 2022.

Langkah-langkah untuk melakukan peramalan curah hujan di Jawa Tengah dengan metode ARIMA adalah:

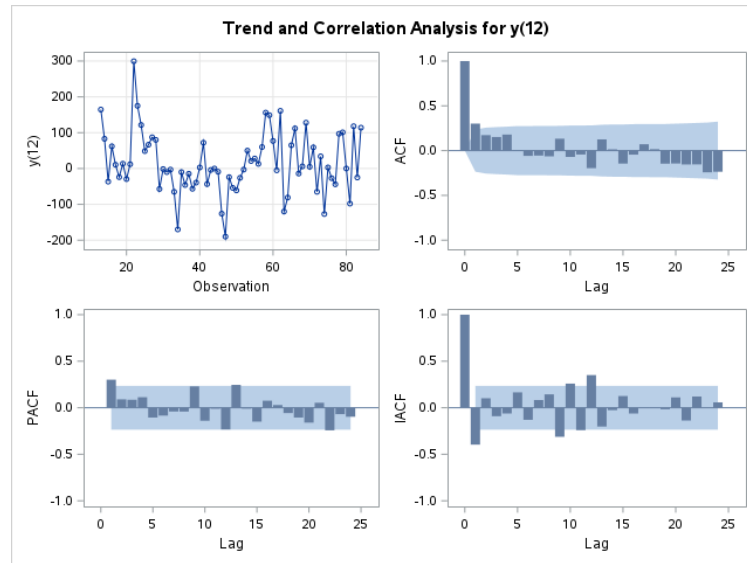
1. membuat plot data curah hujan.
2. Jika data belum stasioner pada variannya maka perlu dilakukan transformasi *Box-Cox* dan jika data belum stasioner pada rata-rata maka perlu dilakukan pembedaan.
3. Jika data telah stasioner, dilihat pola ACF dan PACF nya untuk identifikasi orde model ARIMA.
4. Estimasi parameter dan pengujian signifikansi parameter berdasarkan model yang terbentuk.
5. Pemilihan model terbaik.
6. Melakukan uji diagnosis untuk *white noise* dan normalitas residual melalui uji *Ljung-Box* dan *Kolmogorov-Smirnov*.
7. Melakukan peramalan curah hujan harian di kota Surabaya dengan model ARIMA.
8. Menghitung nilai MAPE dari data.

Langkah-langkah untuk melakukan peramalan curah hujan di Jawa Tengah dengan metode fungsi transfer adalah:

1. Mengidentifikasi bentuk model fungsi transfer melalui tahapan sebagai berikut:
 - a. Pemutihan deret *input*:
 - b. Pemutihan deret *output*.
 - c. Perhitungan korelasi silang setiap deret *input* dan deret *output* yang telah melalui proses pemutihan.
 - d. Penetapan (b,r,s) model fungsi transfer untuk setiap deret *input*.
 - e. Estimasi parameter model fungsi transfer.
 - f. Perhitungan deret *noise* (n_t) dari fungsi transfer.
 - g. Penetapan (p_n,q_n) untuk model ARIMA $(p_n,0,q_n)$ dari deret *noise* (n_t) .
2. Uji diagnosis model fungsi transfer.
 - a. Perhitungan autokorelasi untuk nilai sisa model (r,s,b) yang menghubungkan deret *input* dan *output*.
 - b. Pengujian korelasi silang antara nilai sisa dengan deret gangguan yang telah diputihkan.
 - c. Melakukan peramalan data curah hujan harian dengan menggunakan model fungsi transfer.
 - d. Menghitung nilai MAPE dari data.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

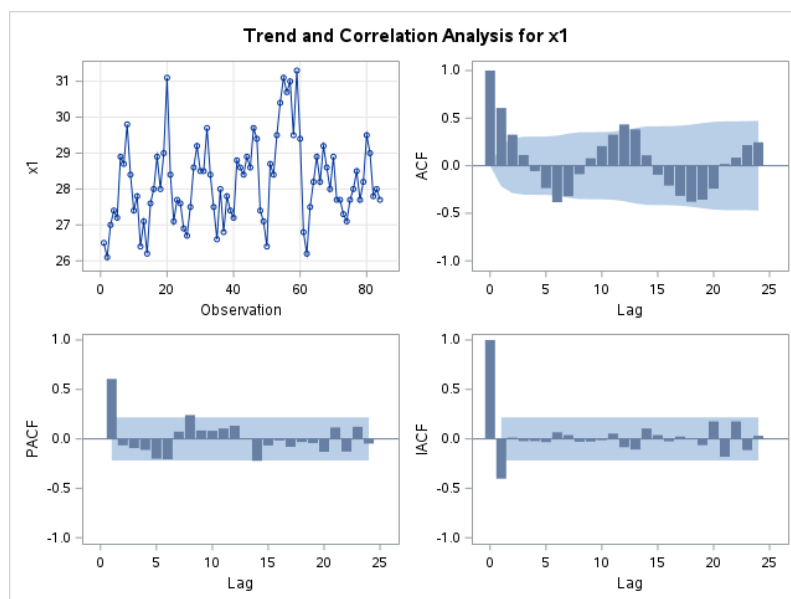
Data curah hujan digunakan sebagai deret *output* dan data suhu udara digunakan sebagai deret *input*. Sebelum melakukan peramalan, identifikasi model ARIMA perlu dilakukan terhadap setiap deret *input* dan *output*.



Gambar 1. Plot ACF dan PACF data Curah Hujan

Setelah melihat gambar 1 dan melakukan uji signifikansi parameter, uji independensi residual terhadap data curah hujan setelah pembeda dua belas diperoleh model ARIMA $(1,0,0)(1,1,0)^{12}$ sebagai model terbaik. Model yang terbentuk sebagai berikut:

$$y_t = \frac{\beta_t}{(1 - 0,3861B)(1 + 0,3504B^{12})(1 - B^{12})}$$



Gambar 2. Plot ACF dan PACF data Suhu Udara

Setelah melihat gambar 1 dan melakukan uji signifikansi parameter, uji independensi residual terhadap data curah hujan setelah pembeda dua belas diperoleh model ARIMA $(1,0,0)(1,1,0)^{12}$ sebagai model terbaik. Model yang terbentuk sebagai berikut:

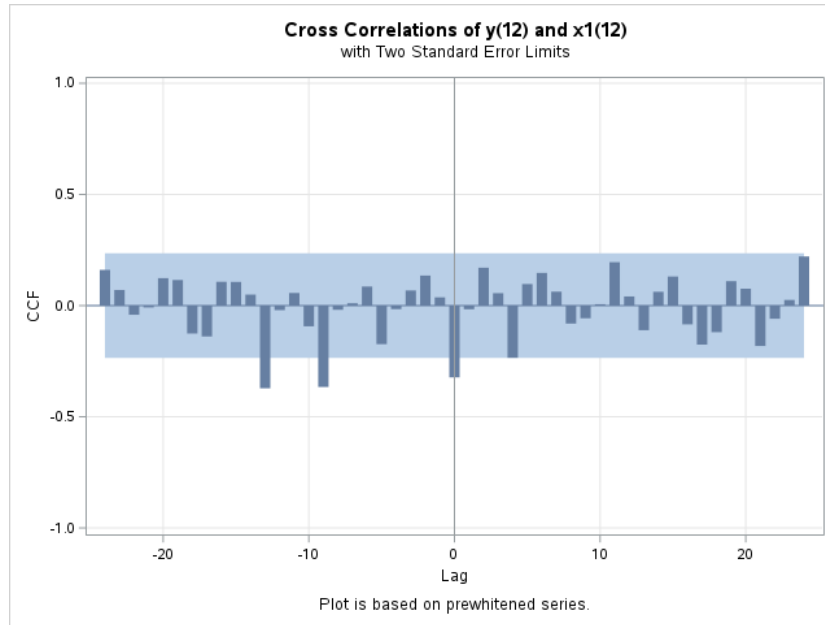
$$x_t = \frac{\alpha_t}{(1 - 0,4769B)(1 + 0,4313B^{12})(1 - B^{12})}$$

Model pre-whitening deret *input* suhu udara dan *output* curah hujan sebagai berikut:

$$\alpha_t = (1 - 0,4769B)(1 + 0,4313B^{12})(1 - B^{12})x_t$$

$$\beta_t = (1 - 0,3861B)(1 + 0,3504B^{12})(1 - B^{12})y_t$$

Mendeteksi *Crosscorrelation Function* (CCF) dan Identifikasi Deret *Noise*



Gambar 3. Plot CCF antara Curah Hujan dan Suhu Udara

Gambar 3 menunjukkan pola korelasi silang antara deret *input* (suhu udara) dan deret *output* (curah hujan). Kemungkinan nilai orde (b,r,s) dari pola pada gambar adalah $(b=0,r=0,s=0)$. Setelah melakukan uji signifikansi terhadap arima deret white noise (nt), diperoleh deret white noise untuk fungsi transfer curah hujan yaitu ARIMA $(1,0,0)(1,0,0)^{12}$. Sehingga model akhir untuk peramalan curah hujan adalah:

$$y_t = \omega_0(x_1)_t - \frac{a_t}{(1 - \phi_1 B)(1 - \phi_1 B^{12})}$$

$$y_t = -24,2518x_t - \frac{a_t}{(1 - 0,4458B)(1 + 0,4178B^{12})}$$

$$y_t = -24,2518x_t - \frac{a_t}{1 - 0,4458B + 0,4178B^{12} - 0,1863B^{13}}$$

Tabel 1. Hasil Peramalan Curah Hujan

Tahun	Bulan	Aktual	ARIMA	Fungsi Transfer
2022	Januari	309	268,76	263,55
	Februari	347	442,18	419,35
	Maret	125	167,16	172,91
	April	104	169,18	175,63
	Mei	161	207,81	197,39

Juni	231	125,53	104,27
Juli	116	38,26	32,32
Agustus	21	39,34	30,57
September	101	186,84	161,24
Oktober	287	187,64	184,83
November	264	294,13	273,91
Desember	357	279,17	279,9
Nilai MAPE		43,23%	38,21%

Berdasarkan tabel 1 diperoleh metode terbaik untuk peramalan curah hujan di Jawa Tengah adalah dengan menggunakan fungsi transfer yang mempunyai nilai MAPE lebih kecil dari pada nilai MAPE menggunakan ARIMA.

5. KESIMPULAN

Hasil akhir menunjukkan model peramalan curah hujan di Provinsi Jawa Tengah dengan ARIMA adalah $y_t = \frac{1}{(1-0,3861B)(1+0,3504B^{12})(1-B^{12})}$, sedangkan model peramalan curah hujan di Provinsi Jawa Tengah dengan fungsi transfer adalah $y_t = -24,2518x_t - \frac{a_t}{1-0,4458B+0,4178B^{12}-0,1863B^{13}}$. Nilai MAPE hasil peramalan data *out-sample* menggunakan model fungsi transfer sebesar 43,23 %, sedangkan model ARIMA adalah 38,21%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprialis, C. 2010. *Perbandingan Model Fungsi Transfer dan ARIMA Studi Kasus Model Antara Curah Hujan dengan Kelembapan Udara*. FST. Matematika. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- BPS. ARIMA. Diakses Juli 7, 2020. https://daps.bps.go.id/file_artikel/77/arima.pdf
- BPS. 2020. *Jawa Tengah dalam Angka 2020*. Diakses Juli 7, 2020. <https://jateng.bps.go.id/publication/2020/04/27/b96a0d5f63de624aa600934d/provin-si-jawa-tengah-dalam-angka-2020.html>
- Dimashanti A.R, dan Sugiman. 2021. *Peramalan Indeks Harga Konsumen Kota Semarang Menggunakan SARIMA Berbantuan Software Minitab*. PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika 4, 565-576. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- EHP. 2008. *Dengue Reborn Widespread Resurgence of a Resilient Vector*. Environmental Health Perspectives. Volume. 116 No.9.
- Hakim, A.R. 2015. *Stasioneritas, Akar Unit, & Kointregasi, Pengantar Time Series*. FE, UI.
- Heizer, dan Render, B. 2011. *Manajemen Operasi. Edisi Sembilan, Buku Dua*. Diterjemahkan oleh Sungkono. Jakarta: Salemba Empat.
- Lakitan, B. 2002. *Dasar-dasar Klimatologi*. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Makridakis, S, Wheelwright, S.C, dan Victor, E. M. 1999. *Metode Dan Aplikasi Peramalan*, Edisi kedua, Bina Rupa Aksara : Jakarta.
- Nachrowi, D.N, dan Hardius Usman. 2006. *Ekonometrika Pendekatan Populer dan Praktis untuk Analisis Ekonomi dan Keuangan*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Nahlony, Y.W.A. 2017. *Model Fungsi Transfer Multi Input untuk Peramalan Curah Hujan di Kota Surabaya*. Tesis. FMIPA. Statistika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- Nurulita. 2010. *Penerapan Metode Peramalan ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) untuk Penentuan Tingkat Safety Stock pada Industri Elektronik*. Skripsi. FT. Teknik Industri. Universitas Indonesia. Depok.
- Otok B.W, dan Suhartono. 2001. *Peluang Bisnis Pada Jasa Kereta Api Indonesia Dalam Menyikapi Krisis Ekonomi (Kajian Analisis Intervensi dan Fungsi Transfer)*. Natural Jurnal, Vol.6 (Edisi Khusus). FMIPA. Universitas Brawijaya. Malang.
- Siswanti, K.Y. 2011. *Model Fungsi Transfer Multivariat dan Aplikasinya untuk Meramalkan Curah Hujan di Kota Yogyakarta*. Skripsi. FMIPA. Matematika. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Soejoeti, Z. 1987. *Buku Materi Pokok Analisis Runtun Waktu*. Jakarta: Penerbit Karunika, Universitas Terbuka.