

PERAMALAN CURAH HUJAN DI BANDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI MENGGUNAKAN METODE FUNGSI TRANSFER

Nuratul Aulia^{1§}, I Wayan Sumarjaya², I Gusti Ayu Made Srinadi³

¹Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: nuratulaulia@gmail.com]

²Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: sumarjaya@unud.ac.id]

³Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: srinadi@unud.ac.id]

[§]Corresponding Author

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the model and outcomes of the rainfall forecast at I Gusti Ngurah Rai International Airport using a transfer function model. The outcomes of the rainfall forecast at I Gusti Ngurah Rai International Airport are displayed using regression analysis based on the influence of the input variable humidity. Numerous characteristics of ARIMA models are included in a forecasting model known as the transfer function model. the best model in predicting rainfall data is $y_t = 33,82533x_t + (1 - 0,60902B^{12})a_t$ and the level of accuracy of the rainfall forecast results obtained by MAPE value of 26.83%. This shows that the prediction of rainfall in this study is feasible.

Keywords: ARIMA, Transfer Function, Rainfall at I Gusti Ngurah Rai International Airport

1. PENDAHULUAN

Cuaca dan iklim merupakan faktor yang sangat mempengaruhi dalam bidang penerbangan. Cuaca ekstrem yang terjadi selama aktivitas penerbangan, seperti hujan deras dan angin kencang, dapat mengakibatkan keterlambatan penerbangan, kesulitan mendarat dan lepas landas, serta kemungkinan bahaya lainnya.

Di Kabupaten Badung, Provinsi Bali, terdapat sebuah bandar udara Internasional bernama Bandara I Gusti Ngurah Rai (Rukito, 2019). Dalam semua bentuk transportasi, keselamatan penumpang diutamakan termasuk perjalanan darat, laut, dan udara. Dalam sarana transportasi udara, keselamatan penerbangan mencakup banyak faktor yaitu faktor manusia, kondisi pesawat, infrastruktur bandar udara, sarana telekomunikasi, dan faktor cuaca (Trisnawati dan Prastuti, 2021).

Salah satu faktor cuaca yang sangat berpengaruh terhadap sejumlah bidang, antara lain pertanian, perkapalan, penerbangan, kesehatan, pariwisata, dan industri lainnya adalah curah hujan. Semua dinas meteorologi, termasuk Stasiun Meteorologi BMKG Ngurah Rai yang bertugas menginformasikan cuaca kepada masyarakat memprediksi curah hujan yang signifikan. Matulesy (2019)

mendefinisikan curah hujan sebagai volume air yang jatuh di suatu lokasi dalam kurun waktu tertentu. Milimeter (mm) digunakan untuk mengukur curah hujan. Untuk mencegah kecelakaan pesawat terbang, sangat penting untuk meramalkan atau memprediksi kondisi cuaca karena cuaca memainkan peran penting dalam industri penerbangan.

Melalui penggunaan data dari masa lalu dan sekarang, peramalan adalah teknik untuk memprediksi nilai masa depan. Deret waktu adalah kumpulan data observasi yang telah dikelompokkan berdasarkan waktu. Deret waktu multivariat mencakup model fungsi transfer. Dalam penelitian ini, akan digunakan metode fungsi transfer untuk meramalkan kondisi cuaca pada masa depan.

Menurut Hidayah dkk (2015) metode fungsi transfer merupakan metode untuk peramalan analisis deret waktu berganda, mencakup deret keluaran (*Output*) yang diperkirakan dipengaruhi oleh deret masukan (*input*) dan *input* lain yang dikelompokkan sebagai *noise*.

Penelitian sebelumnya yang menggunakan metode fungsi transfer adalah Tito, D, dan Sediono (2019) memprediksi jumlah penderita demam berdarah dengue di Kabupaten Jombang Jawa Timur dengan menggunakan model fungsi

transfer. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah korban DBD dipengaruhi oleh variabel curah hujan. Penelitian selanjutnya oleh Siahaan et al. (2020) menggunakan model fungsi transfer berdasarkan variabel *input* curah hujan untuk memprediksi jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke Kepulauan Riau. Studi ini menunjukkan bahwa model fungsi transfer menghasilkan MAPE dengan nilai 10,33%.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh model dan hasil prediksi curah hujan di Bandara I Gusti Ngurah Rai menggunakan metode fungsi transfer. Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil prediksi kondisi cuaca kepada masyarakat umum dan penumpang yang beraktivitas di Bandara.

Untuk mengukur tingkat akurasi hasil peramalan yaitu dengan menghitung nilai *mean absolute percentage error* (Makridakis, et al., 1999).

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

dimana F_t adalah perkiraan pada waktu ke- t dan X_t merupakan pengamatan pada waktu ke- t .

2. METODE PENELITIAN

Jenis data yang digunakan pada penelitian adalah data sekunder berupa data curah hujan dan kelembaban udara di Stasiun Ngurah Rai diperoleh dari BMKG Wilayah III Denpasar. Informasi yang dikumpulkan meliputi data kelembaban udara dan curah hujan bulanan periode Januari 2012 hingga Desember 2021.

Prosedur berikut untuk menganalisis data penelitian:

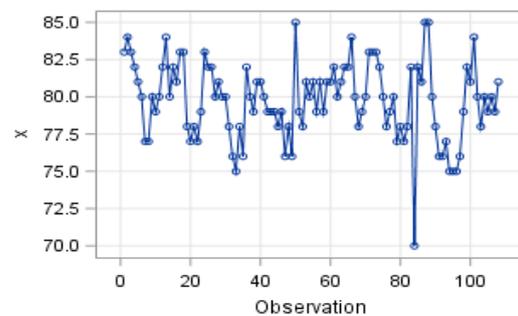
1. Mempersiapkan data kelembaban udara (X_t) dan data curah hujan (Y_t);
2. Membuat plot data deret waktu untuk deret *output* (Y_t) dan deret *input* (X_t), serta ACF dan PACF;
3. Memeriksa deret waktu, plot ACF dan PACF untuk stasioneritas varians dan stasioneritas rata-rata.
4. Membentuk model ARIMA untuk data kelembaban udara (deret *input*) yang telah stasioner.
5. Berdasarkan nilai AIC terkecil, dipilih model ARIMA terbaik.
6. Lakukan pemutihan deret masukan dan pemutihan deret keluaran untuk mendapatkan α_t dan β_t .
7. Setelah pemutihan deret keluaran dan deret masukan, tentukan korelasi silang.

8. Tetapkan nilai (b, s, r) dalam model fungsi transfer pada plot korelasi silang.
9. Melakukan identifikasi dalam *deret noise*;
10. Menentukan (p_n, q_n) untuk model ARIMA ($p_n, 0, q_n$) dari deret *noise*;
11. Lakukan pendugaan akhir model fungsi transfer dan uji signifikansi parameter pada model.
12. Memeriksa kelayakan pada model fungsi transfer (diagnostik).
13. Melakukan peramalan deret *output* (Y_t) menggunakan model fungsi transfer terbaik.

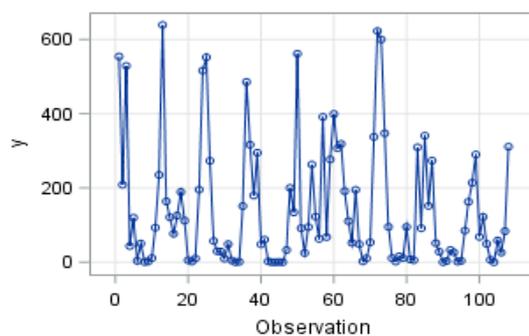
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Data *Time Series*

Pertama-tama perlu dibuat plot deret waktu kelembaban udara dan curah hujan dari Januari 2012 hingga Desember 2020. Proses ini digunakan untuk menunjukkan secara deskriptif sifat musiman dan tren dari data yang dianalisis. Pada Gambar 1 dan 2, ditampilkan hasil plot data kelembaban udara dan curah hujan.

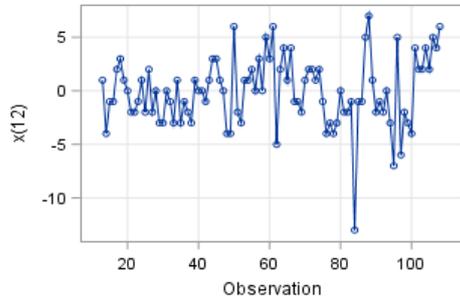


Gambar 1. Plot Data Kelembaban Udara dari Januari 2012 - Desember 2020

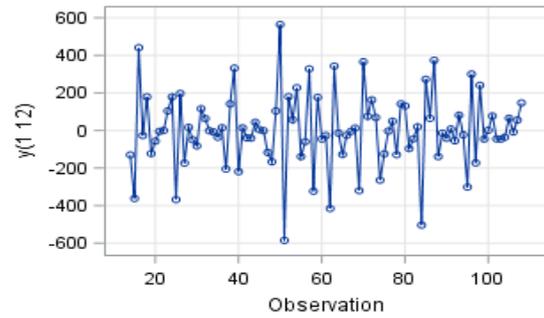


Gambar 2. Plot Data Curah Hujan dari Januari 2012- Desember 2020

Dilihat dari Gambar 1 dan Gambar 2 tampak bahwa data kelembaban udara dan curah hujan di Bandara I Gusti Ngurah Rai merupakan data nonstasioner, karena dari kedua data tersebut tidak stasioner terhadap varians dan rata-rata. Selanjutnya pada Gambar 3 dan 4, ditampilkan plot kelembaban udara yang telah *didifferencing*.

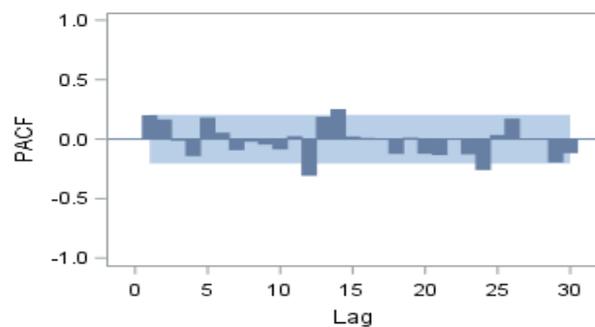
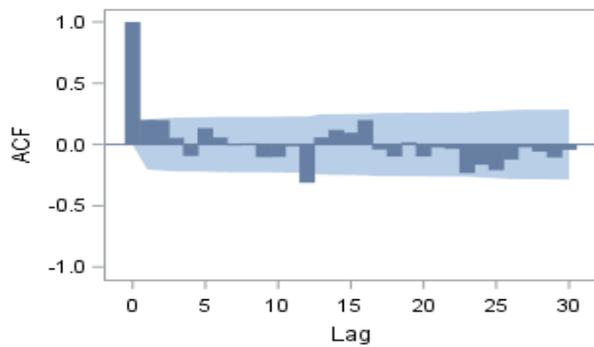


Gambar 3. Plot Kelembaban Udara Setelah *Differencing* satu Musiman Dua Belas



Gambar 4. Plot Curah Hujan Setelah *Differencing* satu Musiman Dua Belas

Gambar 3 dan 4 menunjukkan data kelembaban udara dan curah hujan di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai yang sudah stasioner.



Gambar 5. Grafik ACF dan PACF Kelembaban Udara (Stasioner)

Penentuan Model ARIMA untuk Deret Input

Model dan orde ARIMA ditentukan dengan melihat grafik ACF dan PACF sudah stasioner ditunjukkan pada Gambar 5 tampak bahwa plot PACF berakhir pada lag 1 hingga lag 2. Plot ACF menggambarkan lag musiman dengan lag 12 berbeda secara signifikan dari nol. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat proses model *moving average* (MA), dan kemungkinan juga terdapat proses model *autoregressive* (AR). Dari orde yang di peroleh, model ARIMA Multiplikatif sementara yang diperoleh adalah SARIMA (2,0,0)(0,1,1)¹² dan SARIMA (1,0,0)(0,1,2)¹². Selanjutnya melakukan pendugaan atau estimasi pada model yang akan diuji untuk memperoleh model ARIMA terbaik berdasarkan nilai AIC paling kecil.

Tabel 1. Pendugaan Parameter Model ARIMA

Model	AIC
SARIMA (2,0,0)(0,1,1) ¹²	455,5576
SARIMA (1,0,0)(0,1,2) ¹²	456,4868

Pada Tabel 1 tampak bahwa model dengan nilai AIC terendah yang tertera adalah model SARIMA (2,0,0)(0,1,1)¹². Secara matematis dapat dibentuk menjadi persamaan (2).

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)(1 - B^{12})X_t = \theta_{12}(B^{12}) a_t$$

$$(1 - B^{12} - \phi_1 B + \phi_1 B^{13} - \phi_2 B^2 + \phi_2 B^{14})X_t = a_t - \theta_{12} a_{t-12}$$

$$X_t = X_{t-12} - \phi_1 X_{t-1} + \phi_1 X_{t-13} - \phi_2 X_{t-2} + \phi_2 X_{t-14}$$

$$= a_t - \theta_{12} a_{t-12}$$

$$X_t = a_t + \theta_{12} a_{t-12} - \phi_1 X_{t-1} + \phi_1 X_{t-13} - \phi_2 X_{t-2} + \phi_2 X_{t-14} + X_{t-12} \quad (2)$$

Pada persamaan (2) dari bentuk model yang diperoleh dapat dijelaskan bahwa nilai kelembaban udara dipengaruhi oleh nilai kelembaban udara dua belas bulan sebelumnya.

Identifikasi Model Fungsi Transfer

Langkah pertama adalah pemutihan deret *input* dengan model SARIMA (2,0,0)(0,1,1)¹², bentuk persamaan pemutihan deret *input* sebagai berikut:

$$\alpha_t = x_t - x_{t-12} - \phi_1 x_{t-1} + \phi_1 x_{t-13} - \phi_2 x_{t-2} + \phi_2 x_{t-14} + \Theta_{12} \alpha_{t-12} \tag{3}$$

dengan $\phi_1 = 0,21397$, $\phi_2 = 0,20117$, dan $\Theta_{12} = 0,90148$, dan tetapkan $\alpha_{1-13} = 0$ maka pemutihan deret *input* x_t pada persamaan (3) menjadi:

$$\alpha_t = x_t - x_{t-12} - 0,21397x_{t-1} + 0,21397x_{t-13} - 0,20117x_{t-2} + 0,20117x_{t-14} + 0,90148 \alpha_{t-12}$$

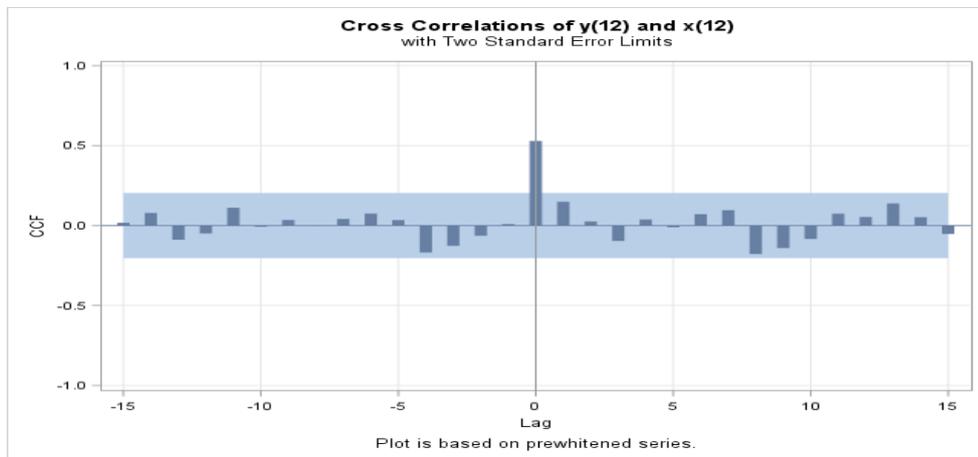
Tahap Selanjutnya dilakukan pemutihan pada deret *output* (y_t) curah hujan dengan menerapkan transformasi yang sama dengan deret *input*:

$$\beta_t = y_t - y_{t-12} - \phi_1 y_{t-1} + \phi_1 y_{t-13} - \phi_2 y_{t-2} + \phi_2 y_{t-14} + \Theta_{12} \beta_{t-12} \tag{4}$$

dengan menetapkan $\beta_{1-13} = 0$, $\phi_1 = 0,21397$ dan $\phi_2 = 0,20117$, serta $\Theta_{12} = 0,90148$, maka *prewhitening* deret *output* y_t pada persamaan (4) menjadi:

$$\beta_t = y_t - y_{t-12} - 0,21397y_{t-1} + 0,21397y_{t-13} - 0,20117y_{t-2} + 0,20117y_{t-14} + 0,90148 \beta_{t-12}$$

Kemudian, dengan menggunakan plot korelasi silang pada Gambar 6, hitung korelasi silang pada deret *prewhitening* dan tentukan nilainya (b, s, r).



Gambar 6. Plot Korelasi Silang Deret *Output* dan Deret *Input*

Gambar 6 dapat ditetapkan nilai (b, s , dan r) yaitu:

- a. Lag adalah yang pertama terpotong dalam plot korelasi silang, oleh karena itu, nilai b diturunkan dengan $b = 0$.
- b. Tidak ditemukan lag-lag yang terpotong setelah lag ke-0, oleh karena itu, nilai s menjadi $s = 0$.
- c. Pola yang jelas pada plot memungkinkan penentuan nilai r menjadi $r = 0$.

Dengan demikian nilai (b, s, r) = (0,0,0) untuk model awal fungsi transfer, dapat ditulis dalam bentuk:

$$y_t = \omega_0 x_t + n_t \tag{5}$$

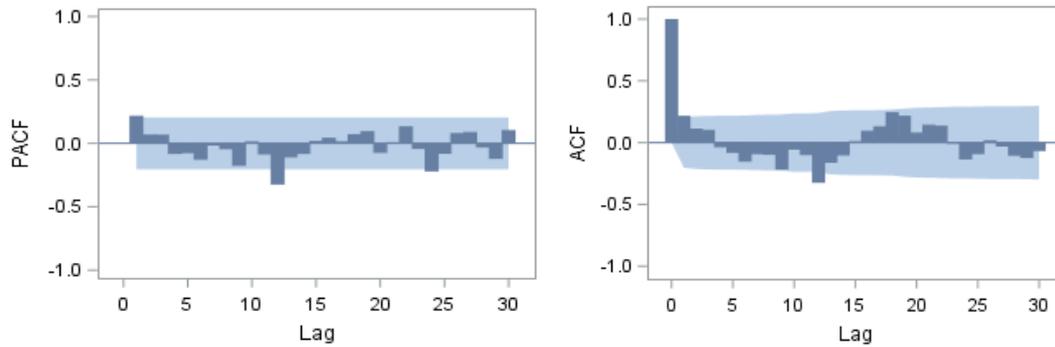
Pada nilai (b, s, r) = (0,0,0) dilakukan estimasi parameter model deret *noise* sehingga diperoleh $\omega_0 = 33,11811$, sehingga persamaan (5) menjadi:

$$y_t = 33,11811x_t + n_t.$$

untuk memperoleh nilai dari n_t , maka tetapkan $t = 1$ sampai dengan $t = 108$, sehingga persamaan untuk mencari nilai n_t yaitu:

$$n_t = y_t - 33,11811x_t$$

Langkah selanjutnya penetapan (p_n, q_n) untuk model ARIMA ($p_n, 0, q_n$) pada deret *noise* menggunakan plot residual ACF dan PACF yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik ACF dan PACF untuk Deret *Noise*

Gambar 7 tampak bahwa Grafik ACF dan PACF terdapat lag-lag yang signifikan pada lag 12. Sehingga diperoleh model deret *noise* sementara adalah SARIMA (0,0,0)(0,1,1)¹² dan SARIMA (0,0,0)(1,1,0)¹².

Tabel 2. Estimasi Parameter Model ARIMA untuk deret *noise*

Model ARIMA Deret <i>Noise</i>	P-Value	AIC
SARIMA (0,0,0)(0,1,1) ¹²	<.0001	1161,071
SARIMA (0,0,0)(1,1,0) ¹²	0,0006	1169,172

Berdasarkan Tabel 2, model SARIMA (0,0,0)(0,1,1)¹² adalah model SARIMA terbaik untuk rangkaian *noise* karena nilai AIC yang lebih rendah, parameter model yang signifikan, berdistribusi normal dan termasuk syarat *white noise*.

Estimasi Parameter Model Fungsi Transfer

Pada tahap ini, pendugaan akhir pada model fungsi transfer dilakukan dengan menggabungkan model awal nilai (b, r, s) dan model SARIMA untuk deret *noise*, sehingga diperoleh persamaan (5).

$$y_t = \omega_0 x_t + (1 - \theta_1 B^{12}) a_t \quad (6)$$

Selanjutnya kembali dilakukan pendugaan parameter model pada persamaan (6). Hasil dari estimasi model transfer disajikan pada Tabel 3:

Tabel 3. Estimasi Parameter Model Fungsi Transfer

Model Fungsi Transfer	Estimasi Parameter
$y_t = \omega_0 x_t + (1 - \theta_1 B^{12}) a_t$	$\omega_0 = 33,82533$
	$\theta_1 = 0,60902$

Diagnostik Model

Pada diagnostik model fungsi transfer, akan dilakukan perhitungan autokorelas nilai residual pada model dan perhitungan korelasi silang residual dengan deret *input*.

Tabel 4. Autokorelasi Nilai Residual

To Lag	Chi-Square	DF	P-Value
6	7,48	5	0,1875
12	8,32	11	0,6848
18	27,18	17	0,0555

Tabel 4 menunjukkan bahwa setiap lag memiliki p-value > (= 0,05). Hal ini berarti residual tidak berhubungan satu sama lain atau model memenuhi asumsi *white noise*.

Kemudian, melakukan perhitungan korelasi silang residual dengan deret *input* setelah *prewhitening*. Jika deret *input* dan residual saling bebas, hal ini berarti model dikatakan layak.

Tabel 5. Korelasi Silang Residual dengan Deret *Input*

To Lag	Chi-Square	DF	P-Value
5	7,58	5	0,1810
11	11,70	11	0,3865
17	15,13	17	0,5859
23	16,80	23	0,8190

Berdasarkan Tabel 5 hasil perhitungan korelasi silang dengan deret *input*, menunjukkan bahwa setiap lag memiliki nilai p > 0,05, hal ini berarti bahwa model tersebut dikatakan tidak ada korelasi antara *input* dan residual, maka model dikatakan layak. Dengan demikian model fungsi transfer adalah:

$y_t = 33,82533x_t + (1 - 0,60902B^{12})a_t$ dengan nilai AIC yang diperoleh model fungsi transfer tersebut yaitu 1111,515.

Tingkat Akurasi Hasil Peramalan Data Testing Set

Tabel 6. Hasil Ramalan Curah Hujan Data Testing Set 2021

Tahun	Bulan	Data Aktual (X_t)	Ramalan (F_t)
2021	Januari	754,4	362,6
	Februari	383,8	287,3
	Maret	425,2	221,5
	April	71,1	45,6
	Mei	1,7	54,02
	Juni	82,1	74,09
	Juli	9,2	35,06
	Agustus	62,6	9,65
	September	121,6	52,55
	Oktober	128,5	20,59
	November	392,3	139,9
	Desember	546,8	299,3

Tingkat keakuratan hasil peramalan data testing set dapat dilihat dari nilai MAPE yang dihitung menggunakan persamaan (1) diperoleh:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{n} \times 100\% = \frac{322,0240498}{12} = 26,83\%$$

Nilai MAPE yang diperoleh sebesar 26,83% menunjukkan bahwa peramalan curah hujan menggunakan model fungsi transfer dikatakan layak digunakan dalam meramalkan curah hujan.

Peramalan Curah Hujan dari Periode Januari 2022 Sampai Desember 2022

Langkah terakhir menentukan hasil ramalan curah hujan di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai menggunakan model fungsi transfer mulai Januari 2022 hingga Desember 2022. Hasil disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Peramalan Curah Hujan Periode Januari Sampai Desember 2022

Tahun	Bulan	Peramalan (mm)
2022	Januari	535,2976
	Februari	352,4440
	Maret	315,7620
	April	99,2824
	Mei	53,9888
	Juni	69,6560
	Juli	42,9494
	Agustus	18,2940
	September	72,3708
	Oktober	45,8218
	November	186,6846
	Desember	355,4616

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Sesuai pemaparan hasil penelitian disimpulkan bahwa peramalan curah hujan di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai menggunakan model fungsi transfer diperoleh model terbaik yaitu:

$$y_t = 33,82533x_t + (1 - 0,60902B^{12})a_t$$

Tingkat keakuratan hasil ramalan menggunakan metode fungsi transfer pada penelitian ini layak, karena diperoleh nilai MAPE sebesar 26,83%. sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya dalam meramalkan data curah hujan agar menggunakan variabel *input* yang lain selain kelembaban udara yaitu variabel yang berpengaruh terhadap curah hujan seperti suhu udara, kecepatan angin, dll. Selain itu, disarankan menggunakan metode multivariat lainnya untuk membandingkan dengan hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hidayah, S. L. I. A., Rusgiyono, A., & Wilandari, Y. (2015). Perbandingan Model ARIMA dan Fungsi Transfer pada Peramalan Curah Hujan Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Gaussian*, 4(4).
- Makridakis, Wheelwright, & McGee. (1999). Metode dan Aplikasi Peramalan Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Matulesy, E. R. (2019). Perbandingan Antara Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Dan Model Fungsi Transfer Pada Peramalan Curah Hujan Di Kabupaten Manokwari. *Jurnal Natural*, 15(2), 78-87.
- Rukito, K., Sumarjaya, I. W., & Srinadi, I. G. A. M. (2019). Analisis Kapasitas Runway Bandara I Gusti Ngurah Rai Menggunakan Teori Antrean. *E-Jurnal Matematika*, 8(3), 230-235.
- Sediono, S. (2019). Peramalan Jumlah Penderita Demam Berdarah Dengue Di Kabupaten Jombang Jawa Timur Dengan Pendekatan Fungsi Transfer *Single Input*. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 15(2), 10-19.
- Siahaan, T. R., Santoso, R., & Prahutama, A. (2020). Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara Di Kepulauan Riau

dengan Menggunakan Model Fungsi Transfer. *Jurnal Gaussian*, 9(2).

- Trisnawati, O., & Prastuti, M. (2021). Peramalan Curah Hujan di Stasiun Juanda Menggunakan Metode ARIMA Box-Jenkins dan Radial Basis Function Neural Network. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 11(1).
- Wei, W.W., 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods. Second ed.* New York: Pearson Addison Wesley.