

APLIKASI FUNGSI TRANSFER MULTIVARIAT UNTUK PERAMALAN CURAH HUJAN DI KOTA MAKASSAR

Idul Fitri Abdullah, Ruliana*, & Muhammad Fahmuddin S

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

Keywords: ARIMA, Multivariate Transfer Function, Rainfall.

Abstract:

This study aims to determine the transfer function model and factors that significantly affect the level of rainfall in Makassar city. This study uses rainfall data as the output series and air humidity (X_1), air temperature (X_2) and wind speed (X_3) as the input series. The data used is monthly data with a period of January 2013 - December 2022. The initial stage of modeling is done by determining the ARIMA model of each input series which is then used to calculate the identification of the transfer function model Based on the research obtained multivariate transfer function model X_1 ($b=3, r=0, s=0$) X_2 ($b=0, r=0, s=0$) ARIMA (2,1,0)(1,1,0)¹² with air humidity and air temperature being significant factors affecting rainfall in Makassar city.

1. Pendahuluan

Peramalan merupakan kegiatan yang memiliki peran penting pada manusia, khususnya dalam merencanakan dan membuat suatu keputusan yang lebih rasional. Peramalan sendiri merupakan teknik untuk memprediksi peristiwa dimasa depan dengan memperhatikan peristiwa dimasa lampau dan masa kini. peramalan terdiri atas 2 yaitu peramalan kualitatif yang dilakukan menggunakan intuisi manusia dan peramalan kuantitatif yang dilakukan atas dasar informasi masa lalu yang selanjutnya dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik (data deret waktu). (Aswi dan Sukarna, 2006)

Peramalan data deret waktu pada dasarnya merupakan analisis univariat, sedangkan kenyataannya sebagian besar pengamatan merupakan data multivariat. Peramalan dengan analisis univariat tidak dapat memberikan informasi ukuran keberhasil secara lengkap, sehingga tujuan peramalanpun tidak tercapai secara utuh. Terdapat 2 jenis model peramalan kuantitatif yaitu model deret waktu yang umumnya menggunakan satu variabel (univariat) dan model kausal yang menggunakan beberapa variabel dalam peramalannya (Prahesti dkk, 2016). Model kausal merupakan model dengan mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi variabel yang diramalkan karena menunjukkan hubungan sebab akibat. Peramalan dengan model kausal dapat memberikan informasi yang lengkap karena model ini menggunakan faktor lain dalam untuk mendapatkan hasil peramalan dari suatu pengamatan. Salah satu model peramalan yang memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi dan adanya hubungan sebab akibat dengan satu atau lebih variabel bebas adalah fungsi transfer. Fungsi transfer merupakan model peramalan yang menggabungkan karakteristik analisis regresi berganda dengan analisis deret waktu ARIMA. Pada model fungsi transfer multi input terdapat deret output (y_t) yang diperkirakan akan dipengaruhi oleh deret input (x_t) dan input-input lain yang digabungkan dalam satu kelompok yang disebut deret noise (n_t) (Nanlohy dkk, 2019).

Pada kasus curah hujan di Indonesia cenderung sulit diprediksi dan curah hujan yang terjadi sering kali dengan intensitas yang tinggi. Curah hujan yang tinggi tentunya akan berdampak negatif bagi kehidupan manusia. Bencana alam seperti banjir, longsor dan sebagainya terjadi karena curah hujan yang tinggi. Kota Makassar sebagai kota besar juga tidak terlepas dari bencana alam akibat curah hujan yang tinggi. Curah hujan di Kota Makassar termasuk ke dalam kategori musonal yaitu terdapat curah hujan yang tinggi di awal dan akhir tahun. Curah hujan tertinggi di Kota

* Corresponding author.

E-mail address: ruliana.t@unm.ac.id



Makassar pernah terjadi pada Februari 2000 yang mencapai 376 mm/hari dan mengakibatkan banjir bandang (Pabalik dkk, 2015). Curah hujan di Indonesia disebabkan oleh letak geografis dan bentuk Indonesia yang merupakan kepulauan maritim, beriklim tropis dan suhu tinggi berakibat pada kelembapan udara selalu tinggi. Kelembapan udara yang tinggi tentunya mengakibatkan curah hujan yang tinggi pula. Selain itu, tekanan udara menjadi unsur pengendali iklim yang berperan sebagai penentu penyebaran curah hujan. Perubahan pada tekanan udara akan mengakibatkan perubahan kecepatan dan arah angin. Sehingga akan berpengaruh pada perubahan suhu udara dan curah hujan (Pradipta dkk, 2013).

Selain perlunya memperbaiki saluran drainase pembuangan air dan penyediaan lahan terbuka hijau sebagai daerah resapan air, untuk meminimalisir dampak curah hujan yang tinggi tersebut diperlukan suatu model analisis untuk meramalkan tingkat curah hujan. Salah satu metode peramalan yang dapat digunakan adalah metode analisis deret waktu. Akan tetapi, analisis deret waktu pada umumnya adalah analisis univariat dan tidak mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi variabel yang diramalkan. Sehingga digunakan fungsi transfer dalam meramalkan curah hujan di Kota Makassar karena model ini dapat menggunakan multivariabel dan mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi variabel yang diramalkan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Analisis Deret Waktu

Analisis deret waktu dikenalkan pada tahun 1970 oleh George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins melalui bukunya *Time Series Forecasting and Control*. Terdapat dua kriteria suatu pengamatan disebut memiliki model deret waktu yang dijelaskan oleh Aswi dan Sukarna (2006) yaitu:

- Interval waktu antar indeks waktu t dapat dinyatakan dalam satuan waktu yang sama (identik).
- Adanya ketergantungan antara pengamatan Z_t dengan Z_{t+k} yang dipisahkan oleh jarak waktu berupa kelipatan Δ_t sebanyak k kali (dinyatakan sebagai lag k).

2.2 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) adalah model yang mampu menjelaskan data deret waktu yang tidak stasioner, agar data memenuhi kondisi stasioner. Model ARIMA merupakan model kombinasi dari *Autoregressive* (AR) berorde p dan proses *Moving average* (MA) berorde q . Pembeda atau *differencing* berorde d dilakukan jika data deret waktu tidak stasioner dalam rata-rata. Bentuk umum model ARIMA (p,d,q) adalah sebagai berikut (Aswi dan Sukarna, 2006):

$$\phi_p(B)(1-B)^d \dot{Z}_t = \theta_q(B) a_t \quad 2.1$$

Beberapa kejadian atau peristiwa terjadi berulang setiap periode tertentu. Peristiwa tersebut pada data deret waktu disebut musiman. Model ARIMA yang mengandung unsur musiman dalam pengamatan waktu ke- t dinotasikan dengan ARIMA $(P, D, Q)^S$. Secara umum model ARIMA musiman dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Phi_P(B^S)(1-B^S)^D \dot{Z}_t = \Theta_Q(B^S) a_t \quad 2.2$$

Apabila suatu peristiwa mengandung unsur musiman dan non-musiman maka model yang terbentuk adalah model multiplikatif yaitu model ARIMA $(p, d, q)(P, D, Q)^S$. Model umum ARIMA $(p, d, q)(P, D, Q)^S$ dituliskan sebagai berikut:

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D \dot{Z}_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^S) a_t \quad 2.3$$

dimana, ϕ_p merupakan parameter AR (p) non-musiman, Φ_P merupakan parameter AR (P) musiman, θ_q merupakan parameter MA (q) non-musiman, Θ_Q merupakan parameter MA (Q) musiman, $(1-B)^d$ merupakan *differencing* orde ke d non-musiman, $(1-B^S)^D$ merupakan *differencing* orde ke D musiman dan a_t merupakan nilai residual pada waktu ke t .

2.3 Fungsi Transfer

Model fungsi transfer merupakan pengembangan dari metode ARIMA *Box-Jenkins* yang modelnya terdiri dari dua variabel tetapi masing-masing variabel mempunyai model ARIMA tertentu. Model ini adalah suatu model yang menggambarkan bahwa ramalan masa depan dari suatu deret waktu (*output series* atau y_t) adalah berdasarkan pada nilai-nilai masa lalu dari deret waktu yang lain (*input series* atau x_t) yang berhubungan dengan *output series* tersebut. 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 (Makridakis dkk, 1983):

$$y_t = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} x_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad 2.4$$

dengan, b merupakan banyaknya periode sebelum deret *input* mulai berpengaruh terhadap deret *output*, $\omega_s(B)$ merupakan operator dengan orde s , yang merepresentasikan jumlah pengamatan masa lalu x_t yang berpengaruh terhadap y_t , $\delta_r(B)$ merupakan operator dengan orde r , yang merepresentasikan jumlah pengamatan masa lalu dari deret *output* itu sendiri yang berpengaruh terhadap y_t , dan a_t merupakan nilai residual pada periode ke- t . Adapun model fungsi transfer pada deret *input* dan *output* yang tidak stasioner dapat dituliskan dengan persamaan berikut (Wei, 2006):

$$y_t = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} x_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)(1-B)^d} a_t \quad 2.5$$

dimana, $(1-B)^d$ merupakan *differencing* orde d non-musiman.

Berikut langkah-langkah analisis deret waktu menggunakan analisis fungsi transfer

a. Identifikasi Model

- 1) Mengidentifikasi dan menentukan model ARIMA deret *input*
- 2) Melakukan *prewhitening* deret *input* dan *output*
- 3) Menghitung CCF (*Cross-correlaton Function*) antara deret *input* dan deret *output* yang telah *diprewhitening*
- 4) Menaksir secara langsung bobot respon implus
- 5) Menentukan r, s, d untuk model fungsi transfer yang menghubungkan deret *input* dan *output*
- 6) Melakukan penaksiran awal deret *noise* (n_t) dan menghitung ACF dan PACF deret *noise*
- 7) Menentukan model ARIMA deret *noise*

b. Penaksiran Parameter

Setelah bentuk model fungsi transfer diidentifikasi, selanjutnya dilakukan penaksiran parameter menggunakan metode *maximum likelihood estimation*.

c. Uji Diagnosis

- 1) Menghitung *autocorellation* untuk nilai residual a_t model
- 2) Menghitung CCF (*Cross-correlaton Function*) antara a_t dan \hat{a}_t

2.4 Fungsi Transfer Multivariat

Pemodelan data deret waktu menggunakan fungsi transfer multivariat dilakukan dengan cara memodelkan secara serentak seluruh variabel yang sudah diidentifikasi sebelumnya. Identifikasi nilai-nilai dari bobot respon implus dan korelasi silang dijadikan dasar dalam pemodelan serentak yang menghasilkan fungsi transfer multivariat. Secara umum model fungsi transfer multivariat dapat dituliskan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$y_t = \sum_{j=1}^m \frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{bj} x_{jt} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad 2.6$$

dimana $v_j(B)$ 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 respon fungsi transfer $\frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{bj}$ untuk masing-masing variabel *input* didefinisikan pada model fungsi transfer untuk *single input*.

2.5 Akurasi Model Peramalan

Pada penelitian ini, kriteria pembandingan yang digunakan adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode tersebut, kemudian merata-ratakan kesalahan persentase absolut tersebut. MAPE merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran persentase penyimpangan antara data aktual dengan data peramalan (Azmi dkk, 2020):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100\% \quad 2.7$$

dimana, n merupakan jumlah data, X_t merupakan data aktual pada periode ke- t , dan F_t merupakan data hasil peramalan pada periode ke- t .

Adapun kriteria keakuratan hasil perhitungan MAPE ditunjukkan pada tabel berikut (Chang dkk, 2007):

Tabel 1 Kriteria Nilai MAPE

Nilai MAPE (%)	Kriteria
< 10	Sangat Baik
10 – 20	Baik
20 – 50	Cukup
> 50	Buruk

2.6 Hujan

Hujan merupakan wujud persipitasi uap air yang terdapat di troposfer sehingga jumlahnya dipengaruhi oleh suhu tekanan udara dan angin. Hujan adalah peristiwa sampainya air dalam bentuk cair maupun padat yang di curahkan dari atmosfer ke permukaan bumi. Bentuk lain dari persipitasi uap air seperti salju dan es. Uap air naik ke atmosfer tepatnya di troposfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan (Triatmojo, 1998). Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dala tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Ramli, 2010). Jumlah air yang jatuh ke permukaan bumi dapat diukur dengan alat penakar hujan. Satuan yang digunakan untuk mengukur curah hujan adalah millimeter (mm) intensitas hujan adalah jumlah curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Hujan terbentuk di daerah trofosfer dan pada lapisan ini terjadi gejala klimatologi yang akan mempengaruhi jumlah curah hujan yang turun, unsur-unsur klimatologi tersebut antara lain:

- Kelembaban udara adalah jumlah kandungan air keseluruhan seperti uap, tetes air, dan kristal es yang terdapat di udara dalam suatu waktu dan tempat tertentu. Tingginya kelembaban suatu wilayah menjadi faktor yang dapat menstimulasi hujan. Data kelembaban udara yang diamati dan diperoleh pada umumnya merupakan data kelembaban relatif, kelembaban relatif yang dimaksud adalah perbandingan antara tekanan uap air yang terukur dengan tekanan air pada kondisi jenuh (Ramli, 2010). Diukur dengan menggunakan hygrometer dinyatakan dengan satuan persen.
- Suhu udara merupakan salah satu unsur paling penting untuk diamati dalam pemantauan cuaca maupun iklim. Suhu udara sangat bergantung pada keadaan radiasi matahari oleh sebab itu suhu udara sering mengalami perubahan. Suhu akan mengalami fluktuasi secara nyata selama 24 jam (Ramli, 2010). Fluktuasi ini berkaitan erat dengan proses pertukaran energi yang berlangsung di atmosfer. Pada siang hari sebagian dari radiasi matahari akan diserap oleh gas-gas dan partikel-partikel yang melayang dalam atmosfer sehingga mengakibatkan suhu

udara meningkat (Pabalik dkk, 2015). Suhu udara diukur menggunakan termometer air raksa. Suhu udara harian rata-rata didefinisikan sebagai rata-rata pengamatan selama 4 jam dalam sehari.

- c. Angin adalah pergerakan molekul udara yang terjadi di atas permukaan bumi, yang disebabkan oleh perbedaan tekanan udara pada dua arah yang berbeda. Perbedaan tekanan udara pada daerah tropis diakibatkan oleh perbedaan tingkat pemanasan matahari di permukaan bumi (Ramli, 2010). Udara akan bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah selain itu perputaran bumi juga mempengaruhi arah kecepatan dan kekuatan angin. Kecepatan angin diukur dengan anemometer dengan satuan meter per detik (knot).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif dan data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Maritim Paotere dan Publikasi Badan Pusat Statistik Kota Makassar. Data yang diperoleh merupakan data bulanan 10 tahun terakhir yaitu Januari 2013 – Desember 2022. Adapun variabel yang digunakan yaitu curah hujan sebagai deret *output* dan kelembaban, suhu serta kecepatan angin sebagai deret *input*. Data tersebut kemudian dibagikan menjadi data *training* dan *testing*. Teknik analisis yang digunakan adalah terlebih dahulu mengidentifikasi model ARIMA pada masing-masing deret *output* dan *input*, kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi model fungsi transfer multivariat dan terakhir melakukan estimasi dan signifikansi parameter, serta melakukan uji diagnosis pada model yang telah diperoleh.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Deskriptif

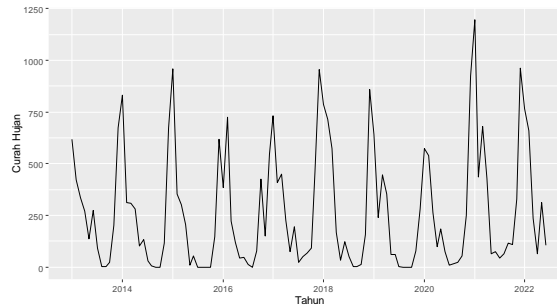
Tabel 2 Statistik Deskriptif Curah Hujan, Kelembaban Udara, Suhu Udara dan Kecepatan Angin

	Rata-Rata	Standar Deviasi	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Curah Hujan	265,31	282,59	0,00	1195,00
Kelembaban Udara	78,83	6,78	54,00	89,00
Suhu Udara	27,50	0,83	25,10	29,30
Kecepatan Angin	4,04	0,82	3,00	7,00

Hasil analisis deskriptif pada Tabel 1 menunjukkan kurun waktu 10 tahun terakhir rata-rata curah hujan di kota Makassar adalah 265,31 mm dengan standar deviasi 282,59 mm. Nilai minimum pada curah hujan di kota Makassar adalah 0,00 mm. Hal ini dikarenakan terdapat bulan dimana hujan tidak turun di kota Makassar. Sedangkan nilai maksimum curah hujan di kota Makassar mencapai 1195,00 mm, yaitu pada bulan Januari 2021. Rata-rata kelembaban udara di kota Makassar adalah 78,83% dengan standar deviasi 6,78%. Kelembaban udara tertinggi pada bulan Januari 2013 dan Januari 2015 yaitu 89% dan kelembaban terendah terjadi pada bulan September 2020 sebesar 54%. Rata-rata suhu udara di kota Makassar adalah 27,50°C dengan standar deviasi 0,83°C. Suhu udara tertinggi terjadi pada bulan November 2015 dan Oktober 2019 yaitu sebesar 29,3°C dan suhu terendah terjadi pada bulan Februari 2020 sebesar 25,1°C. Rata-rata kecepatan angin di kota Makassar adalah 4,04 knot dengan standar deviasi 0,82 knot. Pada bulan Januari 2013, Januari 2014, Desember 2016 dan Februari 2017 kecepatan angin memiliki kecepatan angin tertinggi sebesar 7 knot. Angin memiliki kecepatan terendah pada tahun 2015 yaitu bulan April – Juni, tahun 2017 pada bulan April – Juli, tahun 2018 pada bulan Februari, April – Agustus dan November, tahun 2019 pada April – Juni dan tahun 2020 pada bulan April – Juni dengan kecepatan angin sebesar 3 knot.

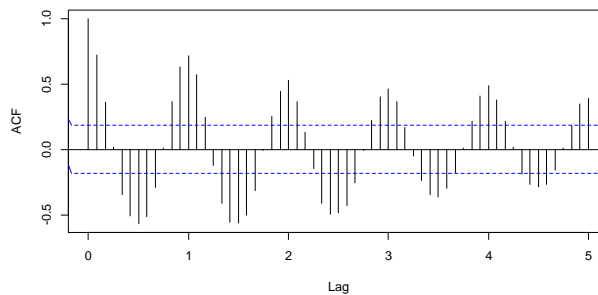
4.2. Identifikasi Model ARIMA Deret Output dan Deret Input

a. Curah Hujan Kota Makassar (Y)



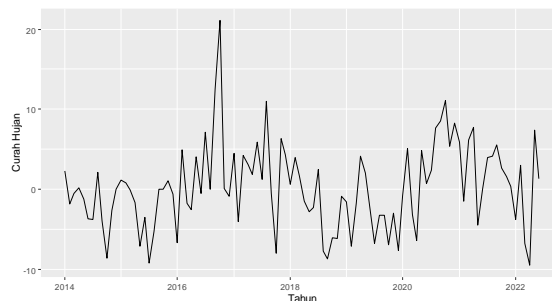
Gambar 1 Diagram Deret Waktu Curah Hujan Kota Makassar

Gambar 1 memperlihatkan data curah hujan berfluktuasi tajam dan adanya kecenderungan pola musiman yang menyebabkan hal tersebut terjadi karena pada dasarnya curah hujan merupakan suatu fenomena musiman. Dengan demikian dapat disimpulkan data curah hujan kota Makassar belum stasioner. Selanjutnya dilakukan pengecekan kestasioneran data dalam variansi dengan menggunakan transformasi Box-Cox. Berdasarkan hasil transformasi Box-Cox menunjukkan data belum stasioner dalam variansi, karena nilai $\lambda = 0,31$ sehingga data harus ditransformasi menggunakan persamaan Box-Cox dengan nilai $\lambda = 0,31$. Setelah dilakukan transformasi Box-Cox, data telah stasioner dalam variansi karena nilai $\lambda = 1,6$.



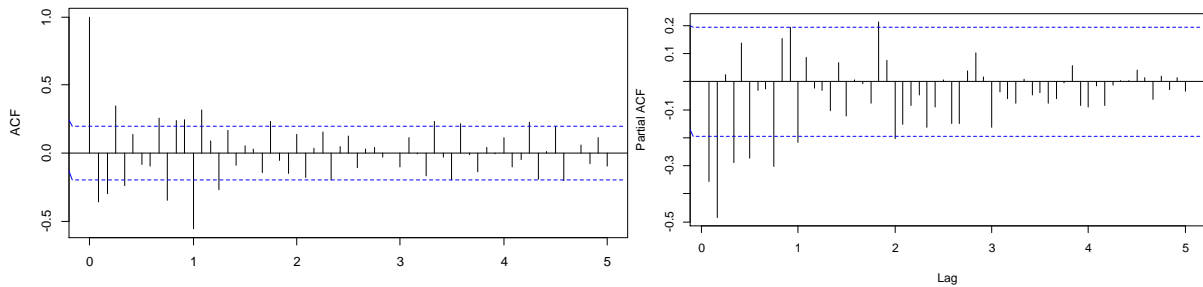
Gambar 2 Diagram ACF Curah Hujan Kota Makassar yang Stasioner dalam Variansi

Selanjutnya dilakukan pengecekan stasioner dalam rata-rata pada data curah hujan kota Makassar menggunakan diagram ACF. Berdasarkan Gambar 2, diidentifikasi data mengandung pola musiman 12 sehingga harus dilakukan *differencing* 1 musiman 12 pada data.



Gambar 3 Diagram Deret Waktu Curah Hujan Kota Makassar setelah *Differencing* 1 Musiman 12

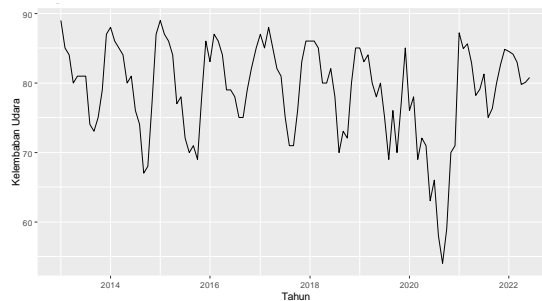
Setelah dilakukan *differencing* 1 musiman 12, data belum stasioner dalam rata-rata non-musiman karena Gambar 3 menampilkan diagram deret waktu yang tidak berfluktuasi disekitar nilai rata-ratanya. Pengecekan stasioner dalam rata-rata non-musiman dengan menggunakan uji ADF menunjukkan data belum stasioner karena nilai $p\text{-value} = 0,302 > \alpha = 0,05$. Sehingga harus dilakukan *differencing* 1 non-musiman pada data. Hasil uji ADF setelah *differencing* 1 non-musiman diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,01 < \alpha = 0,05$ yang berarti data telah stasioner dalam rata-rata baik musiman dan non-musiman.



Gambar 4 Diagram ACF dan PACF Curah Hujan Kota Makassar yang Telah Stasioner

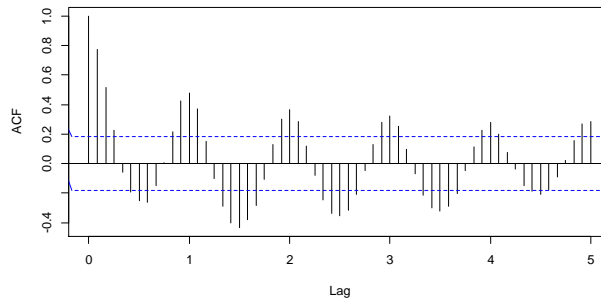
Setelah data curah hujan kota Makassar telah stasioner dalam variansi dan rata-rata, selanjutnya menentukan model ARIMA. Pada Gambar 4 terlihat bahwa *lag* dengan nilai koefisien ACF yang berada diluar batas interval adalah *lag* 1, 2, 3, 4, dan 12. Sedangkan *lag* dengan nilai koefisien PACF yang berada diluar batas interval adalah *lag* 1, 2, 4, 6, 9 dan 12. Maka dugaan model ARIMA sementara adalah model ARIMA (2,1,3)(2,1,1)¹², ARIMA (2,1,3)(1,1,1)¹², ARIMA (2,1,0)(2,1,1)¹², ARIMA (2,1,3)(0,1,1)¹², ARIMA (1,1,2)(0,1,1)¹², ARIMA (2,1,4)(0,1,1)¹², ARIMA (2,1,0)(2,1,1)¹². Setelah dilakukan estimasi parameter dan uji diagnosis model, maka model ARIMA terbaik curah hujan kota Makassar adalah model ARIMA (2,1,3)(1,1,1)¹².

b. Kelembaban Udara Kota Makassar (X_1)



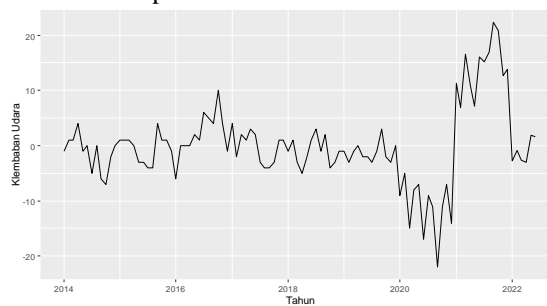
Gambar 5 Diagram Deret Waktu Kelembaban Udara Kota Makassar

Gambar 5 menampilkan data kelembaban udara kota Makassar belum stasioner karena data berfluktuasi tajam dan adanya pola musiman sehingga data tidak berfluktuasi disekitar nilai rata-ratanya. Selanjutnya dilakukan pengecekan stasioner dalam variansi pada data menggunakan transformasi Box-Cox. Hasil transformasi Box-Cox diperoleh nilai $\lambda = 1,99$ yang lebih besar dari 1, sehingga data kelembaban udara kota Makassar selanjutnya diasumsikan telah stasioner dalam variansi.



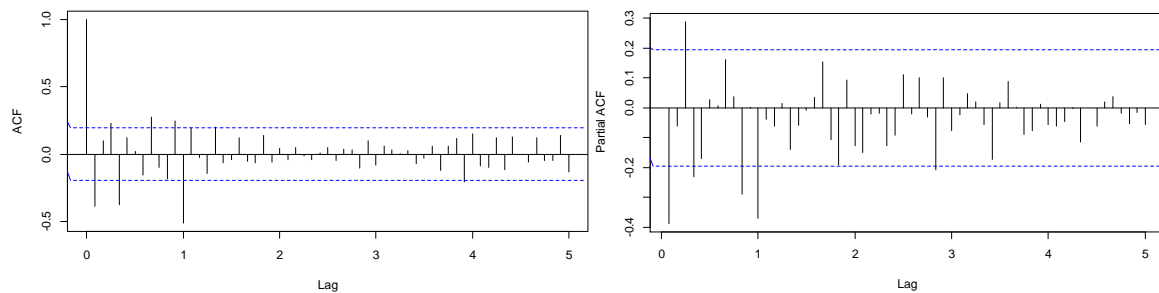
Gambar 6 Diagram ACF Kelembaban Udara Kota Makassar

Selanjutnya dilakukan pengecekan stasioner dalam rata-rata pada data kelembaban udara kota Makassar menggunakan diagram ACF. Berdasarkan Gambar 6, diidentifikasi data mengandung pola musiman 12 sehingga harus dilakukan *differencing* 1 musiman 12 pada data.



Gambar 7 Diagram Deret Waktu Kelembaban Udara Kota Makassar Setelah *Differencing* 1 Musiman 12

Setelah dilakukan *differencing* 1 musiman 12, data belum stasioner dalam rata-rata non-musiman karena Gambar 7 menampilkan diagram deret waktu yang tidak berfluktuasi disekitar nilai rata-ratanya. Pengecekan stasioner dalam rata-rata non-musiman dilakukan menggunakan uji ADF. Hasil uji ADF menunjukkan data belum stasioner karena nilai $p\text{-value} = 0,15 > \alpha = 0,05$. Sehingga harus dilakukan *differencing* 1 non-musiman pada data. Hasil uji ADF setelah *differencing* 1 non-musiman diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,01 < \alpha = 0,05$ yang berarti data telah stasioner dalam rata-rata baik musiman dan non-musiman.

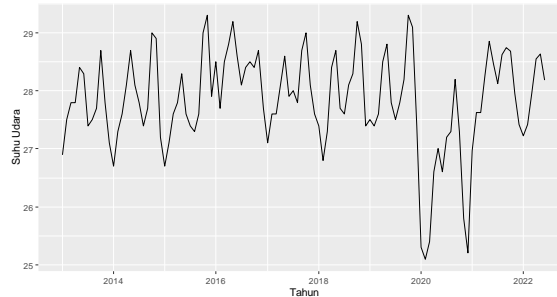


Gambar 8 Diagram ACF dan PACF Kelembaban Udara Kota Makassar yang Telah Stasioner

Setelah data kelembaban udara kota Makassar telah stasioner dalam variansi dan rata-rata, selanjutnya menentukan model ARIMA. Pada Gambar 8 terlihat bahwa *lag* dengan nilai koefisien ACF yang berada diluar batas interval adalah *lag* 1, 3, 4, 8 dan 12. Sedangkan *lag* dengan nilai koefisien PACF yang berada diluar batas interval adalah *lag* 1, 3, 4, 10 dan 12. Maka dugaan model ARIMA sementara adalah model ARIMA $(3,1,4)(1,1,1)^{12}$, ARIMA $(2,1,3)(1,1,1)^{12}$, ARIMA $(2,1,2)(1,1,1)^{12}$, ARIMA $(2,1,1)(1,1,1)^{12}$, ARIMA $(1,1,1)(1,1,1)^{12}$, ARIMA $(2,1,2)(0,1,1)^{12}$, ARIMA $(2,1,2)(1,1,0)^{12}$, ARIMA $(2,1,1)(0,1,1)^{12}$, dan ARIMA

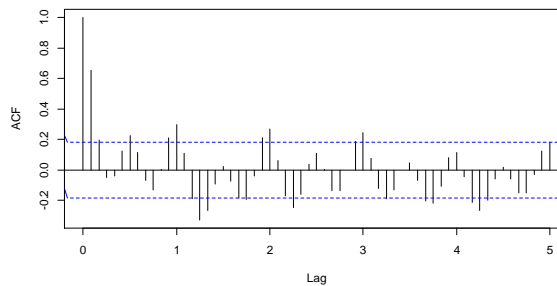
$(2,1,1)(1,1,0)^{12}$. Setelah dilakukan estimasi parameter dan uji diagnosis model, maka model ARIMA terbaik kelembaban udara kota Makassar adalah model ARIMA $(2,1,3)(1,1,1)^{12}$.

c. Suhu Udara Kota Makassar (X_2)



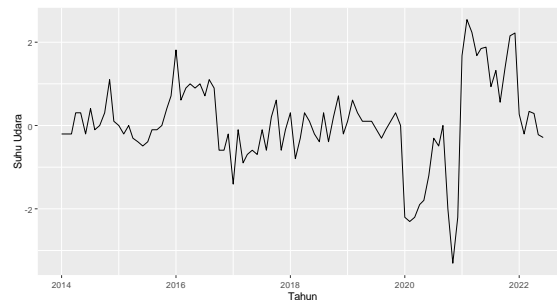
Gambar 9 Diagram Deret Waktu Suhu Udara Kota Makassar

Gambar 9 memperlihatkan data suhu udara kota Makassar belum stasioner karena data berfluktuasi tajam dan adanya pola musiman sehingga data tidak berfluktuasi disekitar nilai rata-ratanya. Selanjutnya dilakukan pengecekan stasioner dalam variansi pada data menggunakan transformasi Box-Cox. Hasil transformasi Box-Cox diperoleh nilai $\lambda = 1,99$ yang lebih besar dari 1, sehingga data suhu udara kota Makassar selanjutnya diasumsikan telah stasioner dalam variansi.



Gambar 10 Diagram ACF Suhu Udara Kota Makassar

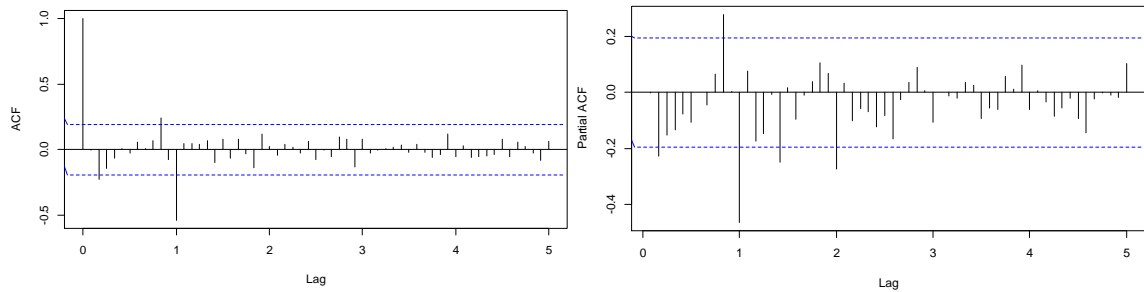
Selanjutnya dilakukan pengecekan stasioner dalam rata-rata pada data suhu udara kota Makassar menggunakan diagram ACF. Berdasarkan Gambar 10, diidentifikasi data mengandung pola musiman 12 sehingga harus dilakukan *differencing* 1 musiman 12 pada data.



Gambar 11 Diagram Deret Waktu Suhu Udara setelah *Differencing* 1 Musiman 12

Setelah dilakukan *differencing* 1 musiman 12, data belum stasioner dalam rata-rata non-musiman karena Gambar 11 menampilkan diagram deret waktu yang tidak berfluktuasi disekitar nilai rata-ratanya. Pengecekan stasioner dalam rata-rata non-musiman dilakukan menggunakan uji ADF. Hasil uji ADF menunjukkan data belum stasioner karena nilai $p\text{-value} = 0,19 > \alpha = 0,05$. Sehingga harus dilakukan *differencing* 1 non-musiman pada data. Hasil

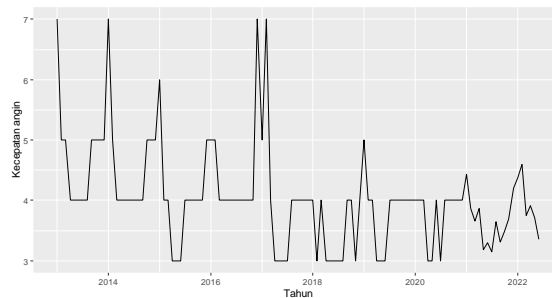
uji ADF setelah *differencing* 1 non-musiman diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,01 < \alpha = 0,05$ yang berarti data telah stasioner dalam rata-rata baik musiman dan non-musiman.



Gambar 12 Diagram ACF dan PACF Suhu Udara Kota Makassar yang Telah Stasioner

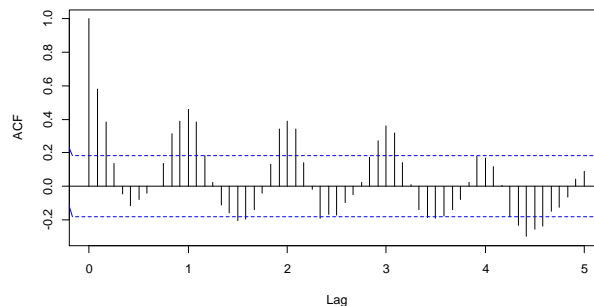
Setelah data suhu udara kota Makassar telah stasioner dalam variansi dan rata-rata, selanjutnya menentukan model ARIMA. Pada Gambar 12 terlihat bahwa *lag* dengan nilai koefisien ACF yang berada diluar batas interval adalah *lag* 2, 10 dan 12. Sedangkan *lag* dengan nilai koefisien PACF yang berada diluar batas interval adalah *lag* 2, 10 dan 12. Maka dugaan model ARIMA sementara adalah model ARIMA (0,1,0)(2,1,1)¹², ARIMA (0,1,0)(1,1,1)¹², ARIMA (0,1,0)(0,1,1)¹², ARIMA (0,1,0)(2,1,0)¹², dan ARIMA (0,1,0)(1,1,0)¹². Setelah dilakukan estimasi parameter dan uji diagnosis model, maka model ARIMA terbaik suhu udara kota Makassar adalah model ARIMA (0,1,0)(1,1,0)¹².

d. Kecepatan Angin Kota Makassar (X₃)



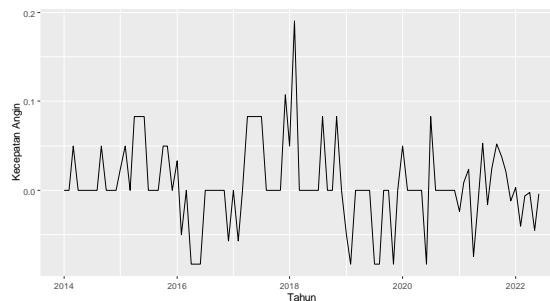
Gambar 13 Diagram Deret Waktu Kecepatan Angin Kota Makassar

Gambar 13 menampilkan data kecepatan angin kota Makassar belum stasioner karena data berfluktuasi tajam dan adanya pola musiman sehingga data tidak berfluktuasi disekitar nilai rata-ratanya. Selanjutnya dilakukan pengecekan stasioner dalam variansi pada data menggunakan transformasi Box-Cox. Hasil transformasi Box-Cox diperoleh nilai $\lambda = -1$ yang lebih besar dari 1, sehingga data harus ditransformasi menggunakan rumus $1/z_t$. Setelah dilakukan transformasi Box-Cox, data telah stasioner dalam variansi karena nilai $\lambda \approx 1$.



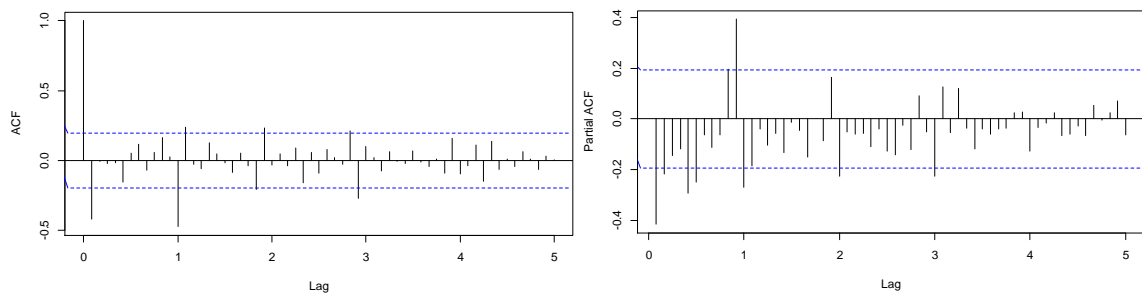
Gambar 14 Diagram ACF Kecepatan Angin Kota Makassar yang Telah Ditransformasi

Selanjutnya dilakukan pengecekan stasioner dalam rata-rata pada data kecepatan angin kota Makassar menggunakan diagram ACF. Berdasarkan Gambar 14, diidentifikasi data mengandung pola musiman 12 sehingga harus dilakukan *differencing* 1 musiman 12 pada data.



Gambar 15 Diagram Deret Waktu Kecepatan Angin Kota Makassar Setelah Ditransformasi

Setelah dilakukan *differencing* 1 musiman 12, data telah stasioner dalam rata-rata baik musiman ataupun non-musiman karena Gambar 15 menampilkan diagram deret waktu yang berfluktuasi disekitar nilai rata-ratanya. Pengecekan stasioner dalam rata-rata non-musiman dengan menggunakan uji ADF juga menunjukkan data telah stasioner karena nilai $p\text{-value} = 0,01 < \alpha = 0,05$. Namun pada pemodelan fungsi transfer agar hasil dari nilai estimasi sesuai dengan model dan memenuhi syarat *white noise*, maka perlu disamakan modelnya yaitu sama-sama distasionerkan pada *differencing* 1 musiman 12 dan *differencing* 1 non-musiman (Ahmat, 2014). Oleh karena itu, akan dilakukan *differencing* 1 non-musiman agar data kecepatan angin kota Makassar dapat masuk dalam model.



Gambar 16 Diagram ACF dan PACF Kecepatan Angin Kota Makassar yang Telah Stasioner

Setelah data kecepatan angin kota Makassar telah stasioner dalam variansi dan rata-rata, selanjutnya menentukan model ARIMA. Pada Gambar 16 terlihat bahwa *lag* dengan nilai koefisien ACF yang berada diluar batas interval adalah *lag* 1 dan 12. Sedangkan *lag* dengan nilai koefisien PACF yang berada diluar batas interval adalah *lag* 1, 2, 5, 6, 9 dan 12. Maka dugaan model ARIMA sementara adalah model ARIMA $(2,1,1)(2,1,1)^{12}$, ARIMA $(2,1,1)(0,1,1)^{12}$, ARIMA $(0,1,1)(2,1,1)^{12}$, ARIMA $(2,1,1)(2,1,0)^{12}$, ARIMA $(0,1,1)(1,1,0)^{12}$, ARIMA $(0,1,1)(2,1,0)^{12}$, ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)^{12}$ dan ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)^{12}$. Setelah dilakukan estimasi parameter dan uji diagnosis model, maka model ARIMA terbaik kecepatan angin kota Makassar adalah model ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)^{12}$.

4.3. Identifikasi Model Fungsi Transfer Multivariat

a. *Prewhitening* Deret *Input* dan Deret *Output*

Setelah didapatkan model ARIMA untuk masing-masing deret *input*, maka selanjutnya tahap *prewhitening*. Model yang terbentuk untuk deret *input* kelembaban udara kota Makassar adalah model ARIMA $(2,1,2)(0,1,1)^{12}$. Adapun persamaannya dituliskan sebagai berikut:

$$X_{1t} = X_{1t-1} + X_{1t-12} - X_{1t-13} + \phi_1 X_{1t-1} - \phi_1 X_{1t-2} - \phi_1 X_{1t-13} + \phi_1 X_{1t-14} + \phi_2 X_{1t-2} - \phi_2 X_{1t-3} - \phi_2 X_{1t-14} + \phi_2 X_{1t-15} + \alpha_{1t} - \theta_1 \alpha_{1t-1} - \theta_2 \alpha_{1t-2} - \Theta_1 \alpha_{1t-12} + \theta_1 \Theta_1 \alpha_{1t-13} + \theta_2 \Theta_1 \alpha_{1t-14}$$

Sehingga persamaan deret *input* kelembaban udara kota Makassar yang telah melalui *prewhitening* adalah:

$$\alpha_{1t} = X_{1t} - X_{1t-1} - X_{1t-12} + X_{1t-13} - \phi_1 X_{1t-1} + \phi_1 X_{1t-2} + \phi_1 X_{1t-13} - \phi_1 X_{1t-14} - \phi_2 X_{1t-2} + \phi_2 X_{1t-3} + \phi_2 X_{1t-14} - \phi_2 X_{1t-15} + \theta_1 \alpha_{1t-1} + \theta_2 \alpha_{1t-2} + \Theta_1 \alpha_{1t-12} - \theta_1 \Theta_1 \alpha_{1t-13} - \theta_2 \Theta_1 \alpha_{1t-14}$$

Prewhitening deret *output* (curah hujan kota Makassar) berdasarkan *prewhitening* deret *input* kelembaban udara kota Makassar dapat dituliskan persamaan berikut:

$$\beta_{1t} = Y_{1t} - Y_{1t-1} - Y_{1t-12} + Y_{1t-13} - \phi_1 Y_{1t-1} + \phi_1 Y_{1t-2} + \phi_1 Y_{1t-13} - \phi_1 Y_{1t-14} - \phi_2 Y_{1t-2} + \phi_2 Y_{1t-3} + \phi_2 Y_{1t-14} - \phi_2 Y_{1t-15} + \theta_1 \beta_{1t-1} + \theta_2 \beta_{1t-2} + \Theta_1 \beta_{1t-12} - \theta_1 \Theta_1 \beta_{1t-13} - \theta_2 \Theta_1 \beta_{1t-14}$$

Model yang terbentuk untuk deret *input* suhu udara kota Makassar adalah model ARIMA (0,1,0)(1,1,0)¹². Adapun persamaannya dituliskan sebagai berikut:

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

Sehingga persamaan deret *input* suhu udara kota Makassar yang telah melalui *prewhitening* adalah:

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

Prewhitening deret *output* (curah hujan kota Makassar) berdasarkan *prewhitening* deret *input* suhu udara dapat dituliskan persamaan berikut:

$$\beta_{2t} = Y_{2t} - Y_{2t-1} - Y_{2t-12} + Y_{2t-13} - \phi_1 Y_{2t-1} + \phi_1 Y_{2t-2} + \phi_1 Y_{2t-13} - \phi_1 Y_{2t-14}$$

Model yang terbentuk untuk deret *input* kecepatan angin kota Makassar adalah model ARIMA (0,1,1)(0,1,1)¹². Adapun persamaannya dituliskan sebagai berikut:

$$X_{3t} = \alpha_{3t} - \theta_1 \alpha_{3t-1} - \Theta_1 \alpha_{3t-12} + \theta_1 \Theta_1 \alpha_{3t-13} + X_{3t-1} + X_{3t-12} - X_{3t-13}$$

Sehingga persamaan deret *input* kecepatan angin kota Makassar yang telah melalui proses *prewhitening* adalah :

$$\alpha_{3t} = X_{3t} - X_{3t-1} - X_{3t-12} + X_{3t-13} + \theta_1 \alpha_{3t-1} + \Theta_1 \alpha_{3t-12} - \theta_1 \Theta_1 \alpha_{3t-13}$$

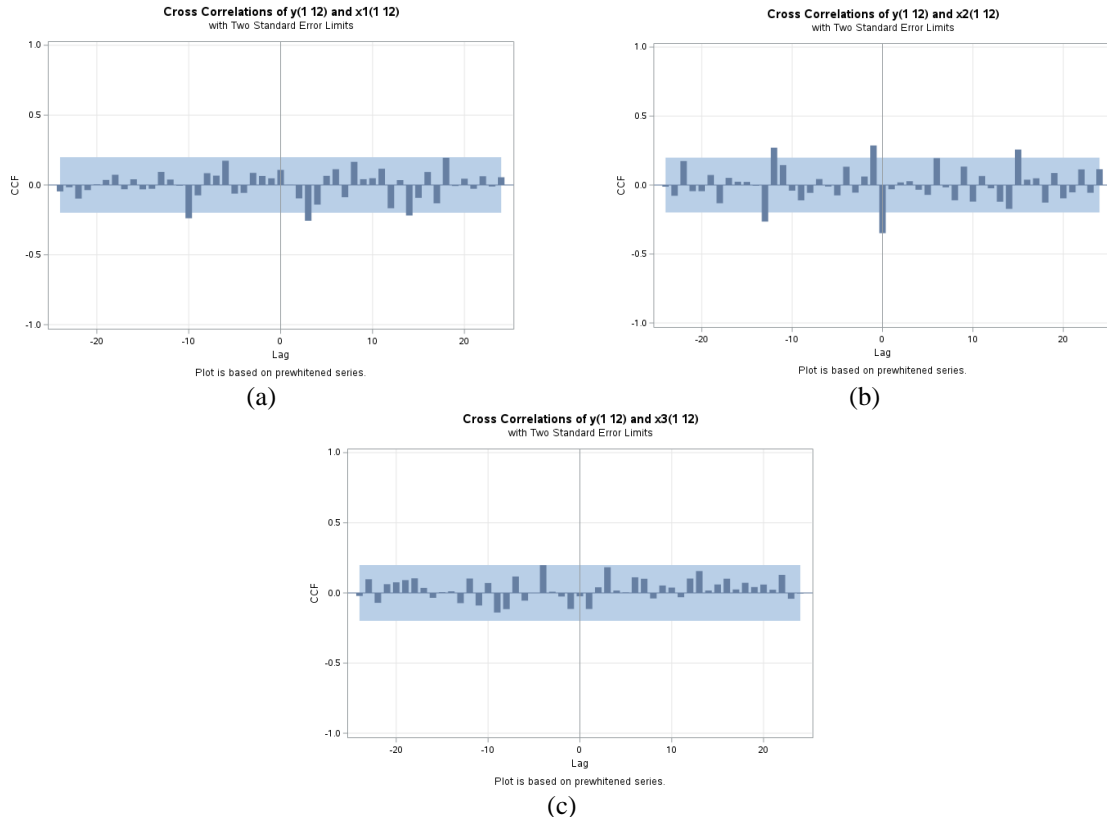
Prewhitening deret *output* (curah hujan kota Makassar) berdasarkan *prewhitening* deret *input* dapat dituliskan persamaan berikut

$$\beta_{3t} = Y_{3t} - Y_{3t-1} - Y_{3t-12} + Y_{3t-13} + \theta_1 \beta_{3t-1} + \Theta_1 \beta_{3t-12} - \theta_1 \Theta_1 \beta_{3t-13}$$

b. Penetapan (*b*, *r*, *s*) Model Fungsi Transfer pada Deret *Input*

Menentukan model fungsi transfer ditentukan berdasarkan diagram *Cross Correlation Function* (CCF) antara deret *input* dan *output* yang telah di *prewhitening*. Dari pola CCF yang dihasilkan akan digunakan untuk

mengidentifikasi nilai b , r , s yang merupakan orde dalam model fungsi transfer. Nilai b diperoleh berdasarkan lag yang pertama kali signifikan pada diagram CCF, s diperoleh berdasarkan lama x_t mempengaruhi y_t setelah lag yang pertama. Sedangkan nilai r diperoleh berdasarkan plot korelasi diri y_t yang menunjukkan berapa lama deret output (y_t) berhubungan dengan nilai yang terdahulu dari deret output itu sendiri.



Gambar 17 Diagram CCF Antara Curah Hujan dan Kelembaban Udara(a) Curah Hujan dan Suhu Udara(b) Curah Hujan dan Kecepatan Angin(c) di Kota Makassar

Berdasarkan Gambar 17(a) diperoleh orde b , r dan s kelembaban udara kota Makassar yaitu $b=3$, $r=0$ dan $s=0$. Selanjutnya orde b , r dan s suhu udara kota Makassar dapat dilihat pada Gambar 17(b) dengan nilai $b=0$, $r=0$ dan $s=0$. Sedangkan, Gambar 17(c) merupakan diagram CCF kecepatan angin kota Makassar menunjukkan tidak terdapat korelasi silang yang signifikan antara curah hujan dan kecepatan angin. Dengan demikian, dapat disimpulkan tidak dapat dibangun model fungsi transfer antara kecepatan angin dan curah hujan di kota Makassar. Berikut disajikan pada Tabel 3 model fungsi transfer yang terbentuk.

Tabel 3 Model Awal Fungsi Transfer Masing-Masing Deret Input

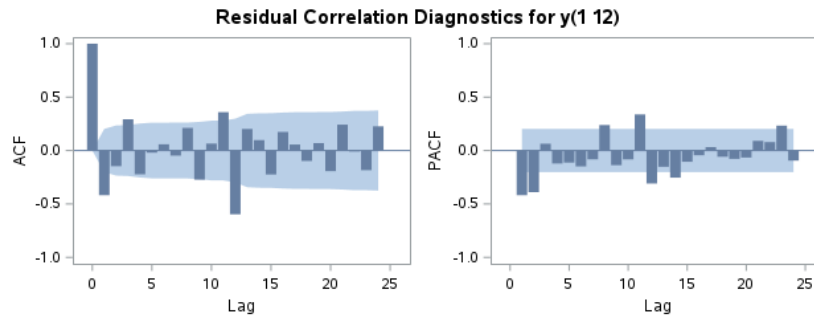
Variabel Input	Nilai b , r dan s	Model Fungsi Transfer
Kelembaban Udara	$b=3, r=0, s=0$	$v(B)x_{1t} = \omega_0 x_{1t-3}$
Suhu Udara	$b=0, r=0, s=0$	$v(B)x_{2t} = \omega_0 x_{2t}$

c. Identifikasi dan Penentuan Model ARIMA Deret Noise

Setelah orde b , r dan s pada masing-masing deret input berhasil diidentifikasi, maka tahap selanjutnya adalah menentukan model ARIMA deret noise. Berdasarkan hasil identifikasi nilai b , r dan s sebelumnya, model awal fungsi transfer multivariat dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Y_t = \omega_{01}X_{1t-3} + \omega_{02}X_{2t} + \eta_t$$

Selanjutnya dilakukan pemodelan ARMA deret *noise* (η_t). Berdasarkan Gambar 18 diidentifikasi model ARIMA sementara dari deret *noise* yaitu model ARIMA (2,1,0)(1,1,0)¹², ARIMA (1,1,0)(1,1,0)¹², dan ARIMA (2,1,0)(0,1,0)¹².



Gambar 18 Diagram ACF dan PACF Deret *Noise*

d. Penaksiran Parameter Model Fungsi Transfer Multivariat

Dalam tahap ini dilakukan penaksiran parameter model fungsi transfer yang telah diidentifikasi sebelumnya. Hasil estimasi dan uji signifikansi parameter disajikan pada Tabel 4. berdasarkan tabel tersebut ketiga model memiliki nilai *p-value* < $\alpha(0,05)$ yang berarti parameter signifikan.

Tabel 4 Hasil Estimasi dan Uji Signifikan Parameter Model Fungsi Transfer Multivariat

Model	Parameter	Estimasi	<i>p-value</i>	Var	Keterangan
Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(1,1,0) ¹²	ϕ_1	-0,587	< 0,001	Y	Signifikan
	ϕ_2	-0,409	< 0,001	Y	Signifikan
	Φ_1	-0,607	< 0,001	Y	Signifikan
	ω_{01}	-10,373	0,010	X_1	Signifikan
	ω_{02}	-70,273	0,003	X_2	Signifikan
	Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (1,1,0)(1,1,0) ¹²	ϕ_1	-0,389	< 0,001	Y
Φ_1		-0,662	< 0,001	Y	Signifikan
ω_{01}		-8,792	0,046	X_1	Signifikan
ω_{02}		-89,933	0,001	X_2	Signifikan

Model	Parameter	Estimasi	p-value	Var	Keterangan
Fungsi Transfer	ϕ_1	-0,749	< 0,001	Y	Signifikan
Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(0,1,0) ¹²	ϕ_2	-0,554	< 0,001	Y	Signifikan
	ω_{01}	-10,121	0,007	X ₁	Signifikan
	ω_{02}	-51,921	0,016	X ₂	Signifikan

e. Uji Diagnosis Model Fungsi Transfer

Tahap pengujian diagnosis terdiri atas *crosscorrellation* antara residual model dan deret *input* yang telah *diprewhitening* dan *autocorrelation* residual model.

1. *Crosscorrellation*

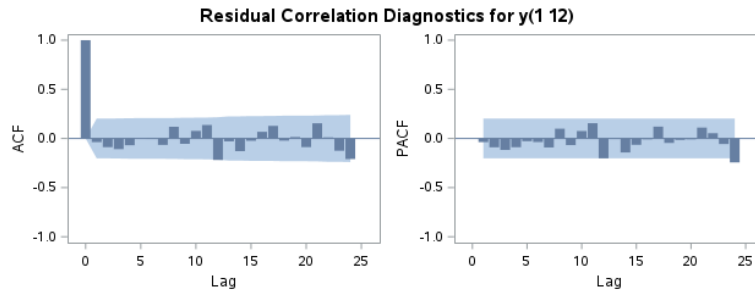
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah residual model dan deret *input*-nya telah saling independen. Berdasarkan Tabel 5 diperoleh model Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(1,1,0)¹² dan model Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (1,1,0)(1,1,0)¹² antara residual model fungsi transfer dan deret *input* kelembaban udara dan suhu udara telah memenuhi asumsi independen karena semua *lag* mempunyai nilai *p-value* > $\alpha(0,05)$. Sedangkan model Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(0,1,0)¹² tidak memenuhi asumsi independen karena antara residual model fungsi transfer dan deret *input* kelembaban udara mempunyai *lag* yang nilai *p-value* < $\alpha(0,05)$.

Tabel 5 Hasil Pengecekan *Crossscorellation* Antar Residual dan Deret *Input*

Model	Var	Lag	p-value	Keterangan
Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(1,1,0) ¹²	X ₁	5	0,309	Independen
		11	0,077	Independen
	X ₂	5	0,608	Independen
		11	0,527	Independen
Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (1,1,0)(1,1,0) ¹²	X ₁	5	0,078	Independen
		11	0,050	Independen
	X ₂	5	0,842	Independen
		11	0,634	Independen
Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(0,1,0) ¹²	X ₁	5	0,211	Independen
		11	0,016	Tidak Independen
	X ₂	5	0,262	Independen
		11	0,341	Independen

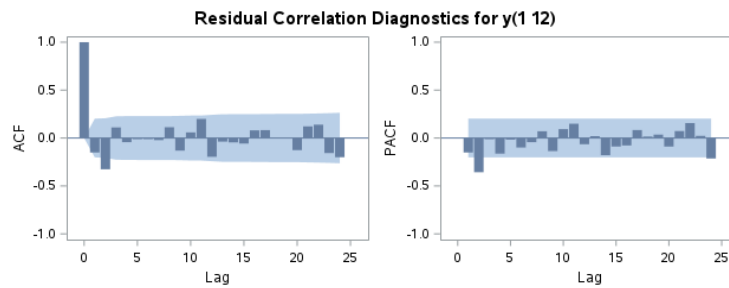
2. *Autocorrelation*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah residual model telah saling independen. Pada syarat kelayakan model, diagram ACF dan PACF dari deret *noise* tidak menunjukkan suatu pola atau tidak ada *lag* yang signifikan. Berdasarkan Gambar 19 deret *noise* model Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(1,1,0)¹² telah memenuhi asumsi independen karena diagram ACF dan PACF tidak menunjukkan adanya *lag* yang signifikan atau melewati garis signifikansi.



Gambar 19 Diagram ACF dan PACF Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0) X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(1,1,0)¹²

Sedangkan model Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0) X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (1,1,0)(1,1,0)¹², pada Gambar 20 menunjukkan lag ke-2 diagram ACF dan PACF signifikan atau melewati batas garis signifikansi. Sehingga model Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0) X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (1,1,0)(1,1,0)¹² tidak memenuhi asumsi independen.



Gambar 20 Diagram ACF dan PACF Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0) X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (1,1,0)(1,1,0)¹²

Dengan demikian, model Fungsi Transfer Multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0) X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(1,1,0)¹² merupakan model terbaik. Berikut dapat ditulis persamaan model fungsi transfer multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0) X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(1,1,0)¹².

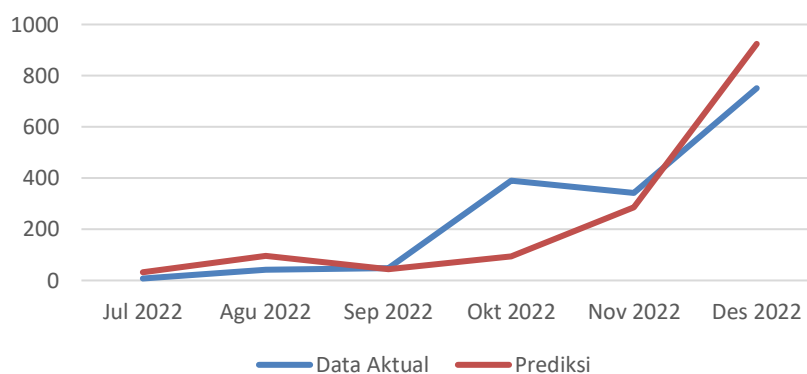
$$Y_t = \omega_{01}X_{1t-3} + \omega_{02}X_{2t} + \frac{\alpha_t}{(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)(1 - \Phi_1 B^{12})(1 - B)(1 - B)^{12}}$$

4.4. Peramalan dan Akurasi Model

Data aktual curah hujan pada data *testing* dan data hasil prediksi yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 6. Pada tabel tersebut terlihat hasil peramalan memiliki perbedaan yang cukup jauh dan hanya hasil peramalan bulan September yang mendekati dengan data aktualnya. Sedangkan, pada Gambar 21 menunjukkan hasil prediksi 3 bulan pertama memiliki pola yang sama dengan data aktualnya. Hasil perhitung antara data aktual curah hujan dan hasil prediksi diperoleh nilai MAPE sebesar 95,5%. Nilai MAPE tersebut tergolong kategori buruk, akan tetapi nilai MAPE yang tinggi disebabkan karena data curah hujan yang berfluktuasi tajam.

Tabel 6 Data Aktual Curah Hujan dan Hasil Prediksi 6 Bulan Kedepan

Tanggal	Curah Hujan	Prediksi
Jul 2022	7.60	32.09
Agu 2022	41.70	95.31
Sep 2022	47.90	44.58
Okt 2022	389.60	93.50
Nov 2022	341.40	286.02
Des 2022	751.10	924.25



Gambar 21 Diagram Deret Waktu Data Aktual Curah Hujan dan Hasil Prediksi

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh model fungsi transfer multivariat untuk peramalan curah hujan di kota Makassar dengan model fungsi transfer multivariat $X_1(b=3, r=0, s=0)$ $X_2(b=0, r=0, s=0)$ ARIMA (2,1,0)(1,1,0)¹², dimana X_{1t-3} merupakan kelembaban udara kota Makassar yang mempengaruhi curah hujan pada waktu t-3. Sedangkan X_{2t} merupakan suhu udara kota Makassar yang mempengaruhi curah hujan pada waktu t. Dengan demikian faktor yang signifikan mempengaruhi curah hujan di kota makassar adalah kelembaban dan suhu udara. Pada hasil penelitian ini model yang diperoleh memiliki nilai MAPE dengan kategori buruk. Hal tersebut terjadi karena data curah hujan kota Makassar yang sangat ekstrim dan menimbulkan outlier pada data sehingga penulis menyarankan untuk menambahkan metode deteksi outlier.

References

Aswi dan Sukarna. (2006). Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi. Andira Publisher.

Ahmat, A. (2014). Peramalan Runtun Waktu Menggunakan Model Fungsi Transfer Multivariat.

Azmi, U., Hadi, Z. N., & Soraya, S. (2020). ARDL METHOD: Forecasting Data Curah Hujan Harian NTB. *Jurnal Varian*, 3(2), 73–82. <https://doi.org/10.30812/varian.v3i2.627>

BMKG. “Probabilistik Curah Hujan”. Informasi Cuaca. Diakses pada 10 Februari 2023, dari <https://www.bmkg.go.id/cuaca/pribabilistik-curah-hujan.bmkg>.

Bowerman, B. L. & O’Connell, R. T. (1993). *Forecasting and Time Series: An Applied Approach Third Edition*.

Gunawan, N. E., Sumarjaya, I. W., & Srinadi, I. G. A. M. (2018). Peramalan Jumlah Penderita Demam Berdarah Dengue di Kota Denpasar menggunakan Model Fungsi Transfer Multivariat. *E-Jurnal Matematika*, 7(1), 64–70.

- Indra, Mara, M. N., & Martha, S. (2015). Peramalan Curah Hujan di Kabupaten Kubu Raya dengan Menggunakan Model Fungsi Transfer Multivariat. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*, 4(3), 191–200.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Mcgee, V. E. (1983). *Forecasting Methods and Applications (2nd edition)* (S. Makridakis, S. C. Wheelwright, & V. E. McGee (eds.); Second Eci). Wiley.
- 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. <https://doi.org/10.30862/jn.v15i2.138>
- Nanlohy, Y. W. A., U, B. S. S., & P, S. W. (2019). Model Fungsi Transfer Multi Input untuk Peramalan Curah Hujan di Kota Surabaya. *VARIANCE: Journal of Statistics and Its Applications*, 1(2), 82–92.
- Pabalik, I., Ihsan, N., & Arsyad, M. (2015). Analisis Fenomena Perubahan Iklim dan Karakteristik Curah Hujan Ekstrim di Kota Makassar. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 11(1), 88–92.
- Pei-Chann, C., Yen-Wen, W., & Chen-Hao, L. (2007). The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting. *Expert Systems with Applications*, 32(1), 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.11.021>
- Praopta, N. S., Sembiring, P., & Bangun, P. (2013). Analisis Pengaruh Curah Hujan di Kota Medan. *Saintia Matematika*, 1(5), 459–468.
- Prahesti, D. D., Puspita, E., & Agustina, F. (2016). Peramalan Curah Hujan Kota Bandung Menggunakan Model Fungsi Transfer Multivariat pada Deret Berkala Musiman. *Jurnal EurekaMatika*, 4(1), 104–118.
- Ramli, U. (2010). *Meteorologi dan Klimatologi*. Makassar: Badan Penerbit UNM.
- Resti, Y. R., Hoyyi, A., & Rahmawati, R. (2015). Pendekatan Model Fungsi Transfer Multi Input untuk Analisis Hubungan Antara Luas Panen dan Luas Tambah Tanam dengan Produksi Bawang Merah di Jawa Tengah. *Jurnal GAUSSIAN*, 4(3), 705–714.
- Waruwu, R. M., & Susiana. (2021). Model Fungsi Transfer Multivariat Untuk Meramalkan Kurs Eur/Usd pada Pasar Forex Online. *Karismatik*, 8(1), 52–61. <http://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/46143%0Ahttp://digilib.unimed.ac.id/46143/7/9>. NIM 4173230022 CHAPTER I.pdf
- Wei, W. W. S. (2006). Time Series Analysis Univariate and Multivariate Method (Second Edition). In *Greg Tobin*. <https://civil.colorado.edu/~balajir/CVEN6833/lectures/wwts-book.pdf>
- Wijaya, A. S. (2017). *Optimasi Parameter Model Support Vector Regression untuk Pemodelan Beban Listrik di Empat Belas Wilayah di Jawa Timur Dengan Menggunakan Genetic Algorithm dan Particle Swarm Optimization*.
- Yohansa, M., Notodiputro, K. A., & Erfiani. (n.d.). Multi-Input Transfer Function Model for Covid-19 Incidences in Jakarta. *AIP Conference Proceedings*, 2662(1). <https://doi.org/10.1063/5.0109435>