

PERAMALAN UNSUR CUACA DAN IKLIM DI KABUPATEN SUMBAWA MENGUNAKAN MODEL VECTOR AUTOREGRESSIVE (VAR)

FORECASTING ELEMENTS OF WEATHER AND CLIMATE IN SUMBAWA DISTRICT USING THE VECTOR AUTOREGRESSIVE (VAR) MODEL

INTAN YULIANTI

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam , Universitas Mataram.

email: intanylt21@gmail.com

ABSTRAK

Curah hujan merupakan suatu atribut yang berpengaruh besar terhadap kondisi dan perubahan iklim. Dampak dari perubahan iklim ini akan dirasakan oleh semua sektor kehidupan, namun dampak terbesar sangat dirasakan di sektor pertanian. Menurunnya kualitas, kesuburan dan daya dukung lahan menyebabkan produktivitas hasil pertanian juga ikut menurun. Selain itu, ketersediaan air yang semakin terbatas serta kualitasnya yang semakin menurun juga menjadi penyebab turunnya produksi pertanian. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan model dan melakukan peramalan terhadap unsur cuaca dan iklim Kabupaten Sumbawa menggunakan model terbaik yang diperoleh dengan metode *Vector Autoregressive* (VAR), dimana metode ini dapat mengolah data *time series* lebih dari satu variabel secara simultan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan unsur cuaca dan iklim yaitu curah hujan, kelembaban udara dan temperatur udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik yang diperoleh adalah VAR(1) dengan ketepatan peramalan berdasarkan nilai MAPE untuk data curah hujan sebesar 35% yang menyatakan hasil peramalan cukup baik, untuk data kelembaban udara sebesar 10% dan temperatur udara sebesar 11% yang menyatakan hasil peramalan baik.

Kata kunci: Curah Hujan, Kabupaten Sumbawa, MAPE, VAR

ABSTRACT

Rainfall is an attribute that has a major influence on climate conditions and change. The impact of climate change will be felt by all sectors of life, but the biggest impact will be felt in the agricultural sector. The decline in the quality, fertility, and carrying capacity of the land causes the productivity of agricultural products to also decrease. In addition, the increasingly limited availability of water and its decreasing quality are also the cause of the decline in agricultural production. The aim of this research is to determine the model and forecast the elements of weather and climate in Sumbawa District using the best model obtained by the Vector Autoregressive (VAR) method. This method can process time series data of more than one variable simultaneously. The data used in this study were monthly data on weather and climate elements, namely rainfall, air humidity, and air temperature. The results showed that the best model obtained was VAR(1) with forecasting accuracy based on the MAPE value for rainfall data of 35% which stated that the forecasting results were quite good, for air humidity data of 10% and air temperature of 11% which stated the forecast results good.

Keywords: Rainfall, Sumbawa District, MAPE, VAR

1. Pendahuluan

Cuaca dan iklim adalah salah satu komponen alam yang penting bagi kehidupan manusia. Pengetahuan tentang pola musim dan curah hujan dapat dimanfaatkan bagi sektor pertanian, perkebunan, transportasi, dan lain-lain. Ada beberapa unsur yang mempengaruhi keadaan cuaca dan iklim suatu daerah atau wilayah, yaitu suhu atau temperatur udara, tekanan udara, angin, kelembaban udara, dan curah hujan. Curah hujan merupakan suatu atribut yang berpengaruh besar terhadap kondisi dan perubahan iklim. Perubahan variabel iklim ini, khususnya suhu udara dan curah hujan terjadi secara berangsur-angsur dalam jangka waktu yang panjang antara 50 sampai 100 tahun (Susandi, 2008).

Perubahan iklim akan berdampak pada perubahan pola dan intensitas curah hujan. Dampak dari perubahan iklim ini akan dirasakan oleh semua sektor kehidupan, namun dampak terbesar sangat dirasakan di sektor pertanian. Menurunnya kualitas, kesuburan dan daya dukung lahan menyebabkan produktivitas hasil pertanian juga ikut menurun. Selain itu, ketersediaan air yang semakin terbatas serta kualitasnya yang semakin menurun juga menjadi penyebab turunnya produksi pertanian.

Di Indonesia bagian timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu penghasil pertanian yang cukup signifikan, sehingga wilayah ini tergolong sebagai daerah agraris. Salah satu daerah penghasil pertanian yang cukup besar di Provinsi NTB adalah Kabupaten Sumbawa. Kabupaten Sumbawa termasuk salah satu daerah penghasil padi terbesar jika dibandingkan dengan kabupaten lain yang ada di Provinsi NTB (Rahayu, 2021). Kabupaten Sumbawa memiliki iklim tropika setengah kering yang dimana sebenarnya memiliki potensi curah hujan yang cukup besar, namun distribusinya tidak merata. Perencanaan tanam tanaman palawija di lahan kering di pulau Sumbawa biasanya menggunakan rata-rata curah hujan bulanan dari bulan yang dianggap awal musim hujan, namun cara tersebut dianggap kurang tepat. Curah hujan bulanan sering mengalami anomali sehingga berakibat tidak tepatnya perkiraan curah hujan pada setiap awal musim tanam (Fibriyan, dkk, 2018).

Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan peramalan untuk mengetahui pola curah hujan pada periode yang akan datang. Jika diketahui hasil peramalan curah hujan di suatu wilayah, maka akan memberikan gambaran kondisi iklim yang akan terjadi sehingga bisa dilakukan langkah antisipasi terhadap kemungkinan-kemungkinan yang tidak diinginkan. Peramalan dapat dilakukan menggunakan data runtun waktu (*time series*) curah hujan dengan unsur-unsur yang berkaitan yaitu temperatur udara dan kelembaban udara. Berdasarkan jumlah variabel yang diteliti, data *time series* dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu univariate (tunggal) dan multivariate. Model *univariate time series* adalah model yang hanya melibatkan satu variabel amatan, sedangkan model *multivariate time series* adalah model yang melibatkan lebih dari satu variabel amatan secara bersama-sama (Pratama dan Saputro, 2018).

Pada penelitian ini menggunakan model *multivariate time series*, salah satu model *multivariate time series* yang sering digunakan adalah model VAR (Pratama dan Saputro, 2018). Model VAR digunakan untuk menjelaskan variabel simultan yang memiliki pengaruh satu sama lain. Menurut Gujarati (2003), analisis VAR memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak perlu membedakan antara variabel bebas dengan variabel terikat, estimasinya sederhana dimana metode *Ordinary Least Square* (OLS) dapat diaplikasikan pada tiap-tiap persamaan secara terpisah, serta peramalan dengan menggunakan metode VAR dalam beberapa kasus lebih baik dibandingkan persamaan simultan yang kompleks. Selain itu, VAR juga merupakan alat analisis yang dapat digunakan dalam memahami adanya hubungan timbal balik antar variabel. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan tujuan menentukan model dan melakukan peramalan terhadap unsur cuaca dan iklim Kabupaten Sumbawa menggunakan model terbaik yang diperoleh dengan metode *Vector Autoregressive* (VAR).

2. Landasan Teori

2.1 Peramalan

Peramalan adalah seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa mendatang dengan suatu bentuk model matematis (Heizer dan Render, 2011).

2.2 Time Series Analysis

Time series analysis adalah suatu metode kuantitatif untuk menentukan *pola data masa lampau yang telah dikumpulkan secara teratur*. (Boedijoewono, 2001). Tujuan *time series analysis* antara lain memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan suatu nilai di masa depan, dan mengoptimalkan sistem kendali (Makridakis, dkk, 1999).

2.3 Vector Autoregressive (VAR)

VAR merupakan pemodelan dalam analisis *time series* yang digunakan untuk aplikasi ramalan variabel jangka panjang maupun menengah panjang yang bersifat *multivariate*. Persamaan model VAR dengan n variabel dan orde p atau dapat dituliskan dengan VAR(p) sebagai berikut:

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + e_t$$

2.4 Stasioneritas

Stasioneritas data dapat diperiksa dengan mengamati apakah data *time series* mengandung akar unit (*unit root*). Adapun jenis uji *unit root* yang dapat digunakan untuk menguji stasioneritas data yaitu Uji *Unit Root Augmented Dickey-fuller* (ADF). Uji ADF dilakukan dengan tahap statistic uji sebagai berikut (Febrianti, dkk., 2021):

$$ADF_{hitung} = \frac{\phi}{SE(\phi)}$$

dengan,

$SE(\phi) = [\hat{\sigma}_e^2 / (\sum_{t=1}^n Y_{t-1}^2)]^{1/2}$ merupakan *standard error* dari koefisien Y_{t-1} atau ϕ .

$$\hat{\sigma}_e^2 = \sum_{t=1}^n \frac{(y_t - \phi y_{t-1})^2}{(n-1)}, t = 1, \dots, n$$

2.5 Penentuan Lag Optimal

Penentuan lag optimal dapat menggunakan metode *Akaike Information Criterion* (AIC). Penentuan lag optimal dilihat dari pemodelan VAR yang menghasilkan nilai AIC yang terkecil (Febrianti dkk., 2021). Kriteria untuk menguji lag VAR dengan AIC dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$AIC_{(p)} = -\frac{2l}{n} + \frac{2k}{n}$$

dengan,

$$l = -\frac{T}{2} \left(1 + \ln(2\pi) + \ln\left(\frac{RSS}{T}\right) \right), \text{ merupakan fungsi Log likelihood}$$

n : jumlah observasi

p : lag

k : jumlah parameter yang diestimasi dalam model

RSS : *residual sum of square*

2.6 Uji Kausalitas Variabel

Salah satu analisis yang berkaitan dengan model VAR adalah mencari hubungan sebab akibat atau uji kausalitas antarvariabel endogen di dalam model VAR, sehingga dapat diketahui apakah variabel tersebut secara statistik saling mempengaruhi (hubungan dua arah atau timbal balik, memiliki hubungan searah atau tidak ada hubungan). Hubungan sebab akibat ini dapat diuji menggunakan uji kausalitas *Granger* (Widarjono, 2007).

$$F_{hitung} = \frac{(RSS_R - RSS_{UR})/p}{RSS_{UR}/(n-k)}$$

dan,

$$RSS = \sum_{i=1}^n e_t^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, t = 1, 2, \dots, n.$$

RSS_R : *Residual Sum of Square* dari regresi bersyarat (*restricted*).

RSS_{UR} : *Residual Sum of Square* dari regresi tidak bersyarat (*unrestricted*)

- p : lag
 n : banyak data pengamatan
 k : banyak parameter diestimasi pada model

2.7 Estimasi Parameter model VAR

Estimasi parameter model VAR dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Estimasi OLS diperoleh dengan meminimalkan jumlah kuadrat residual untuk persamaan linear berganda (Ratnawati, 2012). Persamaan estimasi parameter dengan OLS adalah :

$$\hat{\phi}_t = (\mathbf{x}_t^T \mathbf{x}_t)^{-1} \mathbf{x}_t^T \mathbf{y}_t$$

2.8 Uji Independensi Residual

Pada kasus multivariate, uji independensi menggunakan uji *Portmanteau* . Uji ini dilakukan untuk menguji apakah residual memenuhi asumsi *white noise*. Uji ini pertama kali diperkenalkan oleh Box dan Pierce pada tahun 1970. Uji *Portmanteau* menghasilkan statistik Q yang mengikuti sebaran *chi-square*.

$$Q_p = n \sum_{i=1}^p \text{tr}(\boldsymbol{\rho}_i^T \boldsymbol{\rho}_0^{-1} \boldsymbol{\rho}_i \boldsymbol{\rho}_0^{-1})$$

dimana $Q_p \sim \chi^2$ dan derajat bebas $m^2(h - p)$

dan

- n : banyaknya observasi residual
 h : panjang lag
 p : lag orde VAR
 m : banyaknya variabel endogen
 $\boldsymbol{\rho}_i$: matriks autokorelasi residual

2.9 Uji Normalitas Residual

Pengujian dapat dilakukan dengan *Kolmogorov Smirnov*. Uji *Kolmogorov Smirnov* adalah uji beda antar data yang diuji normalitasnya dengan data normal baku. Statistik uji didasarkan pada nilai D yang didefinisikan sebagai berikut :

$$D = \text{SUP}_x [|F(x) - F_0(x)|]$$

2.10 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE digunakan untuk mengukur kesalahan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase absolut residual. Perhitungan MAPE dapat ditulis sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \left| \left(\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right) \times 100\% \right|}{N}$$

dengan,

Y_t : data aktual

\hat{Y}_t : data hasil ramalan

N : banyaknya ramalan yang dilakukan

Semakin kecil nilai MAPE maka hasil peramalan semakin mendekati hasil yang aktual. Menurut Chang dkk., (2007) suatu model mempunyai kinerja sangat baik jika nilai MAPE kurang dari 10%, model mempunyai kinerja baik jika nilai MAPE berada diantara 10% dan 20%, model mempunyai kinerja cukup jika nilai MAPE berada diantara 20% dan 50%, dan model mempunyai kinerja buruk jika nilai MAPE lebih dari 50%.

3. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data bulanan unsur-unsur cuaca dan iklim yaitu curah hujan, kelembaban udara dan temperatur udara kabupaten Sumbawa dari Januari 2011 sampai dengan Desember 2020 sebagai *in-sample* dan Januari 2021 sampai dengan Desember 2021 sebagai *out-sample* yang bersumber dari Badan Metereologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kabupaten Sumbawa. Variabel yang akan diteliti dalam penelitian ini yaitu Curah Hujan ($Y_{1,t}$), Kelembaban Udara ($Y_{2,t}$), dan Temperatur Udara ($Y_{3,t}$).

Langkah-langkah peramalan Unsur Cuaca dan Iklim di Kabupaten Sumbawa menggunakan model VAR antara lain sebagai berikut :

- a. Pengujian stationeritas menggunakan Statistik uji *Augmented* Dickey-Fuller.
- b. Menentukan *lag* optimal model VAR menggunakan kriteria AIC.
- c. Pengujian kausalitas variabel menggunakan uji kausalitas *Granger*.

- d. Mengestimasi parameter dan menguji signifikansi parameter`

Pada langkah ini dilakukan penaksiran parameter menggunakan OLS dan pengujian parameter menggunakan uji-t (individual).

- e. Menguji asumsi residual yaitu pengujian independensi residual dan pengujian normalitas residual.

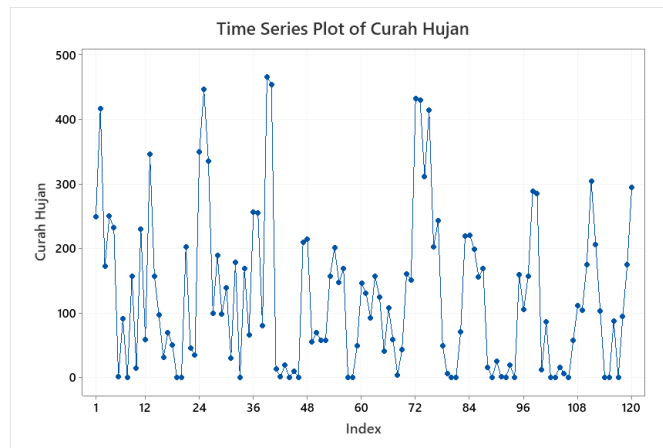
Pada langkah ini pengujian asumsi residual *White-Noise* menggunakan statistik uji *Portmanteau* dan pengujian asumsi kenormalan menggunakan statistik uji *Kolmogorov Smirnov*.

- f. Melakukan peramalan menggunakan model terbaik yang diperoleh. Selanjutnya dilakukan evaluasi untuk mengukur kesalahan nilai dugaan model menggunakan nilai MAPE.

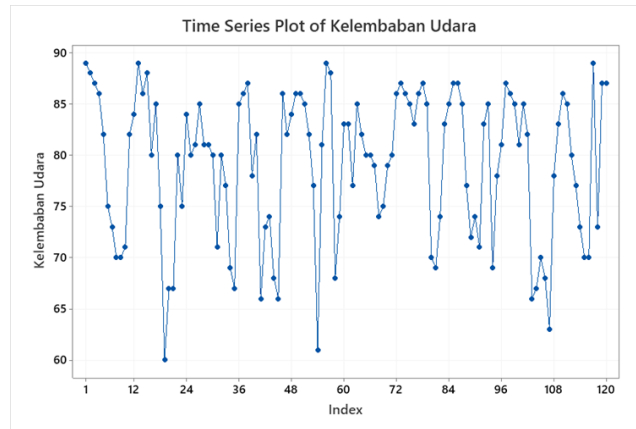
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Uji stasioneritas

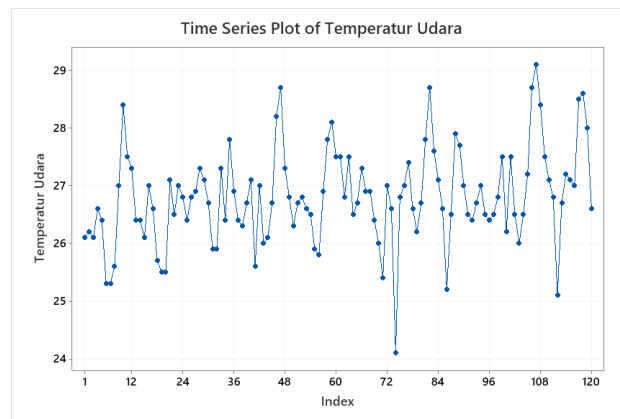
Pada penelitian ini menggunakan bantuan *software* statistika dalam proses menganalisis data, maka diperoleh plot data aktual terhadap waktu pada Gambar 1, 2, dan 3 berikut.



Gambar 1- Grafik data Curah Hujan



Gambar 2- Grafik data Kelembaban Udara



Gambar 3- Grafik data Temperatur Udara

Berdasarkan Gambar 1, 2, dan 3, terlihat bahwa grafik data Curah Hujan, Kelembaban Udara, dan Temperatur Udara telah stasioner secara visual. Uji ADF untuk data ketiga variabel dapat dilihat pada Tabel 1. Adapun hipotesis untuk uji stasioneritas adalah sebagai berikut.

$H_0 : \phi = 1$ (terdapat *unit root* atau data tidak stasioner)

$H_1 : |\phi| < 1$ (tidak terdapat *unit root* atau data stasioner)

Tabel 1- Uji stasioneritas ADF

Variabel	ADF_{hitung}	Nilai Tabel MacKinnon	Keputusan
Curah Hujan	-6,397376	-2,885863	Tolak H_0
Kelembaban Udara	-6,427163	-2,885863	Tolak H_0
Temperatur Udara	-6,527420	-2,885863	Tolak H_0

Hasil uji ADF menunjukkan bahwa H_0 ditolak yang artinya tidak terdapat *unit root* atau data curah hujan, kelembaban udara dan temperatur udara stasioner pada tingkat level.

4.2 Penentuan *Lag* Optimal

Penentuan *lag* optimal menggunakan metode *Akaike Information Criterion* (AIC), dimana dilihat dari nilai AIC yang terkecil pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2- Panjang *lag* optimal

<i>Lag</i>	Log Likelihood(l)	AIC
0	-1156,635	21,47473
1	-1112,957	20,83253*
2	-1108,253	20,91210
3	-1099,542	20,91744
4	-1091,717	20,93920
5	-1077,617	20,84477
6	-1075,572	20,97356
7	-1068,055	21,00103
8	-1059,029	21,00053
9	-1052,484	21,04599
10	-1046,878	21,10886
11	-1036,680	21,08666
12	-1030,107	21,13162

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa nilai AIC dihasilkan yang terkecil yaitu pada *lag* 1 yang artinya panjang *lag* optimal adalah *lag* 1 dan diperoleh model peramalan adalah VAR(1).

4.3 Uji Kausalitas Variabel

Untuk melakukan pengujian terhadap hipotesis digunakan Uji-*F* dengan tahapan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \phi_i = 0 \text{ (variabel } Y_1 \text{ tidak mempengaruhi variabel } Y_2)$$

$$H_1 : \phi_i \neq 0 \text{ (variabel } Y_1 \text{ mempengaruhi variabel } Y_2), \text{ untuk suatu } i = 1,2$$

Diperoleh hasil seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3- Uji kausalitas variabel

Hipotesis	F – <i>statistic</i>	F – <i>tabel</i>	Keputusan
$Y_{2,t}$ mempengaruhi $Y_{1,t}$	1,07272	3,92	Terima H_0
$Y_{1,t}$ mempengaruhi $Y_{2,t}$	7,91507	3,92	Tolak H_0
$Y_{3,t}$ mempengaruhi $Y_{1,t}$	0,20291	3,92	Terima H_0
$Y_{1,t}$ mempengaruhi $Y_{3,t}$	9,96910	3,92	Tolak H_0
$Y_{3,t,t}$ mempengaruhi $Y_{2,t}$	2,86446	3,92	Terima H_0
$Y_{2,t}$ mempengaruhi $Y_{3,t}$	6,51522	3,92	Tolak H_0

Berdasarkan uji kausalitas *Granger* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa curah hujan mempengaruhi kelembaban udara dan temperatur udara, namun kelembaban udara dan temperatur udara tidak mempengaruhi curah hujan serta kelembaban udara mempengaruhi temperatur udara namun tidak sebaliknya.

4.4 Estimasi dan Uji Signifikansi Parameter

Pada langkah ini dilakukan penaksiran parameter model dan pengujian signifikansi parameter model. Hipotesis untuk pengujian signifikansi parameter adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \Phi_{ij} = 0 \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \Phi_{ij} \neq 0 \text{ (parameter signifikan)}$$

Hasil estimasi parameter dari model VAR(1) dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4- Estimasi parameter model VAR(1)

Variabel	Parameter	Nilai estimasi	<i>Standard Error</i>	t – <i>statistic</i>
Curah Hujan ($Y_{1,t}$)	$\Phi_{1,0}$	-211,9400	346,321	-0,6120
	$\Phi_{1,1}$	0,4363	0,0930	4,6914*
	$\Phi_{1,2}$	1,6285	1,5576	1,0455
	$\Phi_{1,3}$	5,7510	11,9777	0,4801
Kelembaban Udara ($Y_{2,t}$)	$\Phi_{2,0}$	12,3243	19,5227	0,6313
	$\Phi_{2,1}$	0,0156	0,0052	2,9859*
	$\Phi_{2,2}$	0,3687	0,0878	4,1987*
	$\Phi_{2,3}$	1,3274	0,6752	1,9659

	$\Phi_{3,0}$	15,7843	2,2542	7,0022*
Temperatur	$\Phi_{3,1}$	-0,0013	0,0006	-2,2117*
Udara ($Y_{3,t}$)	$\Phi_{3,2}$	-0,0128	0,0101	-1,2666
	$\Phi_{3,3}$	0,4554	0,0780	5,8416*

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat hasil penaksiran parameter model VAR(1) menunjukkan bahwa model tersebut memiliki 12 parameter. Dapat diketahui bahwa parameter yang signifikan pada taraf nyata 5% yaitu pada parameter $\Phi_{1,1}$; $\Phi_{2,1}$; $\Phi_{2,2}$; $\Phi_{3,0}$; $\Phi_{3,1}$; dan $\Phi_{3,3}$. Berdasarkan hasil estimasi, diperoleh model untuk VAR(1) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Y_{1,t} &= -211,9400 + 0,4363Y_{1,t-1} + 1,6285Y_{2,t-1} + 5,7510Y_{3,t-1} + e_{1,t} \\ Y_{2,t} &= 12,3243 + 0,0156Y_{1,t-1} + 0,3687Y_{2,t-1} + 1,3247Y_{3,t-1} + e_{2,t} \\ Y_{3,t} &= 15,7843 - 0,0013Y_{1,t-1} - 0,0128Y_{2,t-1} + 0,4554Y_{3,t-1} + e_{3,t} \end{aligned}$$

Persamaan dapat diubah dalam bentuk matriks sehingga menjadi :

$$\begin{bmatrix} Y_{1,t} \\ Y_{2,t} \\ Y_{3,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -211,9400 \\ 12,3243 \\ 15,7843 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,4363 & 1,6285 & 5,7510 \\ 0,0156 & 0,3687 & 1,3274 \\ -0,0013 & -0,0128 & 0,4554 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-1} \\ Y_{2,t-1} \\ Y_{3,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1,t} \\ e_{2,t} \\ e_{3,t} \end{bmatrix}$$

Model ini menginterpretasikan bahwa variabel curah hujan ($Y_{1,t}$) pada waktu ke- t dipengaruhi variabel curah hujan ($Y_{1,t}$) pada waktu ke- $t - 1$ serta dipengaruhi oleh variabel kelembaban udara ($Y_{2,t}$) dan temperatur udara ($Y_{3,t}$) pada waktu ke- $t - 1$. Sedangkan variabel kelembaban udara ($Y_{2,t}$) pada waktu ke- t dipengaruhi variabel curah hujan ($Y_{1,t}$), kelembaban udara ($Y_{2,t}$) dan temperatur udara ($Y_{3,t}$) pada waktu ke- $t - 1$. Serta variabel temperatur udara ($Y_{3,t}$) pada waktu ke- t dipengaruhi variabel curah hujan ($Y_{1,t}$), kelembaban udara ($Y_{2,t}$) dan temperatur udara pada ($Y_{3,t}$) waktu ke- $t - 1$.

4.5 Uji Independensi Residual

Uji ini dilakukan untuk melihat apakah residual sudah bersifat white noise atau belum, dengan uji Portmateau Autocorrelation menggunakan *software* statistika dan diperoleh hasil seperti pada Tabel 5. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$ (residual memenuhi asumsi *white noise*)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \rho_j \neq 0, \forall_j = 1, 2, \dots, p$ (residual tidak memenuhi asumsi *white noise*)

Tabel 5- Uji independensi residual

<i>Lags</i>	<i>Q – Statistic</i>	<i>Q – tabel</i>	<i>Keputusan</i>
1	1,9	-	-
2	6,0	16,919	Terima H_0
3	28,7	28,869	Terima H_0
4	38,2	40,113	Terima H_0

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa pada *lag* 2, nilai $Q_2 < \chi_{0,05;9}^2(16,919)$ maka H_0 diterima yang artinya tidak terdapat autokorelasi antar residual model pada *lag* atau asumsi *white noise* terpenuhi, begitupun untuk *lag-lag* selanjutnya.

4.6 Uji Normalitas Residual

Selanjutnya dilakukan pengujian normalitas residual untuk memeriksa apakah residual dari model berdistribusi normal *multivariate* atau tidak. Pengujian dilakukan menggunakan statistik *Kolmogorov-Smirnov* dengan hipotesis :

$H_0 : F(x) = F_0(x)$ untuk semua nilai x (residual berdistribusi normal)

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$ untuk sekurang-kurangnya sebuah nilai x (residual tidak berdistribusi normal)

Nilai statistik uji yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D &= \text{SUP}_x [|F(x) - F_0(x)|] \\ &= 0,112887095 \\ &\approx 0,113 \end{aligned}$$

Oleh karena nilai *Kolmogorov Smirnov* atau $D(0,113) < D_{\alpha,n}(0,12467)$, maka diputuskan terima H_0 yang artinya residual berdistribusi normal.

4.7 Peramalan

Hasil peramalan untuk bulan Januari sampai dengan Desember 2021 ditunjukkan pada Tabel 6, yang berisi data aktual dan hasil peramalan Curah Hujan, Kelembaban Udara, dan Temperatur Udara. Peramalan ini diperoleh berdasarkan model VAR(1).

Tabel 6- Hasil peramalan menggunakan model VAR(1)

Periode	Curah Hujan		Kelembaban Udara		Temperatur Udara	
	Aktual	Prediksi	Aktual	Prediksi	Aktual	Prediksi
Januari 2021	234,7	211,2	87	84	25,7	28,6
Februari 2021	241,0	217,8	89	86	26,4	29,5
Maret 2021	190,5	192,8	87	87	26,6	30,0
April 2021	183,3	185,9	82	87	26,7	30,3
Mei 2021	172,2	185,4	78	88	27,7	30,5
Juni 2021	198,5	186,8	89	88	27,3	30,5
Juli 2021	90,5	188,4	71	88	26,8	30,5
Agustus 2021	169,8	189,7	70	88	27,9	30,6
September 2021	206,3	190,7	72	88	28,3	30,6
Oktober 2021	70,3	191,3	75	89	28,3	30,6
November 2021	335,8	191,7	86	89	27,2	30,6
Desember 2021	300,7	192,0	86	89	27,1	30,6

4.8 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Nilai MAPE yang diperoleh pada model VAR(1) untuk variabel Curah Hujan adalah 35%, untuk variabel Kelembaban Udara adalah 10%, dan untuk variabel Temperatur Udara adalah 11%. Hal ini menyatakan bahwa hasil peramalan untuk variabel Curah Hujan dapat dikatakan cukup baik karena memiliki nilai berkisar 20%-50%, sedangkan untuk variabel Kelembaban Udara dan Temperatur Udara hasil peramalan dapat dikatakan baik karena nilai berkisar 10%-20%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

- Model peramalan yang diperoleh untuk peramalan unsur cuaca dan iklim Kabupaten Sumbawa adalah model VAR (1) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y_{1,t} = -211,9400 + 0,4363Y_{1,t-1} + 1,6285Y_{2,t-1} + 5,7510Y_{3,t-1} + e_{1,t}$$

$$Y_{2,t} = 12,3243 + 0,0156Y_{1,t-1} + 0,3687Y_{2,t-1} + 1,3247Y_{3,t-1} + e_{2,t}$$

$$Y_{3,t} = 15,7843 - 0,0013Y_{1,t-1} - 0,0128Y_{2,t-1} + 0,4554Y_{3,t-1} + e_{3,t}$$

Model ini menginterpretasikan bahwa variabel curah hujan ($Y_{1,t}$) pada waktu ke- t dipengaruhi variabel curah hujan ($Y_{1,t}$) pada waktu ke- $t - 1$ serta dipengaruhi oleh variabel kelembaban udara ($Y_{2,t}$) dan temperatur udara ($Y_{3,t}$) pada waktu ke- $t - 1$. Sedangkan variabel kelembaban udara ($Y_{2,t}$) pada waktu ke- t dipengaruhi variabel curah hujan ($Y_{1,t}$), kelembaban udara ($Y_{2,t}$) dan temperatur udara ($Y_{3,t}$) pada waktu ke- $t - 1$. Serta variabel temperatur udara ($Y_{3,t}$) pada waktu ke- t dipengaruhi variabel curah hujan ($Y_{1,t}$), kelembaban udara ($Y_{2,t}$) dan temperatur udara pada ($Y_{3,t}$) waktu ke- $t - 1$.

- b. Nilai MAPE yang diperoleh pada model VAR(1) untuk variabel Curah Hujan adalah 35%, untuk variabel Kelembaban Udara adalah 10%, dan untuk variabel Temperatur Udara adalah 11%. Hal ini menyatakan bahwa hasil peramalan untuk variabel Curah Hujan dapat dikatakan cukup baik karena memiliki nilai berkisar 20%-50%, sedangkan untuk variabel Kelembaban Udara dan Temperatur Udara hasil peramalan dapat dikatakan baik karena nilai berkisar 10%-20%.

Daftar Pustaka

- Boedijoewono, N., 2016, *Pengantar Statistik Ekonomi dan Bisnis Jilid 1 (Deskriptif)*, UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- Fibriyan, C.A., Mahrup, dan Yasin, I., 2018, Perencanaan Waktu Tanam Palawija Berdasarkan Karakteristik Jeda Hujan di Lahan Kering Kabupaten Sumbawa Nusa Tenggara Barat, *Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian* 28(1): 8-9.
- Heizer, J., dan Render, B., 2011, *Manajemen Operasi, Edisi 9*, Terjemahan Chriswan Sungkono, Salemba Empat, Jakarta.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., dan McGee, V.E., 1999, *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1, Edisi kedua*, Terjemahan Ir. Untung S. Andriyanto dan Ir. Abdul Basith, Erlangga, Jakarta.
- Rahayu, S., 2021, Analisis Luas Lahan Terhadap Pendapatan Usaha Tani Padi di Kabupaten Sumbawa, *Jurnal Riset Kajian Teknologi dan Lingkungan* 4(2):297-303.
- Ratnawati, 2012, Penerapan Model *Vector Autoregressive* (VAR) untuk Peramalan Curah Hujan Kota Pekanbaru, *Skripsi*, Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru.

- Sukarna, Abdy, M., dan Asnida, B., 2015, Model *Vector Autoregressive* untuk Peramalan Curah Hujan di Kota Makassar, *Journal of Mathematics, Computation, and Statistics* 1(1):1-8.
- Wardani, S.K., 2017, Pemodelan *Multivariate Time Series* Menggunakan *Multi Input Transfer Function* untuk Meramalkan Curah Hujan di Kota Semarang, *Skripsi*, Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Wei, W.W., 2006, *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Method*, Pearson Educations, USA.
- Wutsqa, D.U., dan Suhartono, 2006, Perbandingan model VAR dan STAR pada Peramalan Produksi Teh di Jawa Barat, *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains* 11(2): 78-81.