

MODEL VEKTOR AUTOREGRESSIVE UNTUK PERAMALAN CURAH HUJAN DI INDRAMAYU (*Vector Autoregressive Model for Forecast Rainfall In Indramayu*)

Dewi Retno Sari Saputro¹, Aji Hamim Wigena², Anik Djuraidah²

¹Jurusan Matematika FMIPA UNS
²Departemen Statistika FMIPA – IPB
e-mail : dewi_rss@yahoo.com

Abstract

There are three regions of rainfall that has been formed, each rainfall regions has a variety of homogeneous and there is a correlation between rainfall stations. In each region can be determined rainfall prediction model simultaneously. The model is a model of Vector Autoregressive (VAR) which is an extension of the autoregressive model (AR). Based on this research, we can determine the VAR model by lag 1 or VAR (1) for each region. Region 1 (Anjatan and Sumurwatu), region 2 (Salamdarma and Gantar) and region 3 (Kedokan Bunder and Sudimampir), each of which has a Root Mean Square Error Prediction (RMSEP) of 3.93; 5:03; 4:48; 5.3; 2:18 and 3:53. Correlation value of observations with predictions of rainfall respectively, 0.71; 0.62; 0:57; 0:59; 0.89, and 0.91.

Keywords: AR, VAR, RMSEP, correlation

PENDAHULUAN

Model curah hujan yang berbasis waktu, di antaranya dengan model ARIMA. Beberapa literatur yang banyak membahas model ARIMA ini dapat dilihat pada Cryer (1986), Wei (1990) dan Box *et al.* (1994). Selain itu, sifat-sifat yang berkaitan dengan teori statistik untuk model ARIMA juga telah banyak dianalisis dan dikembangkan oleh beberapa peneliti, antara lain dilakukan oleh Brocwell dan Davis (1991). Pendekatan statistik pada analisis deret waktu dilakukan dengan menggunakan model-model statistik untuk menjelaskan perilaku dinamis dari suatu deret waktu. Beberapa pemodelan curah hujan yg menggunakan model ARIMA ini: Mauludiyanto (2008, 2009), Kalfarosi (2009), Naill (2009). Beberapa pemodelan lainnya telah dikembangkan di antaranya dengan model Atmosfer Global, yang telah banyak dipergunakan para pakar iklim dunia dalam prakiraan iklim (musiman).

Pemodelan ARIMA hanya menggunakan satu peubah (univariat), sehingga jika dikehendaki pemodelan secara simultan dengan beberapa peubah, tidak dapat dilakukan dengan model tersebut melainkan dengan menggunakan model *Vector Autoregresi* (VAR). VAR merupakan suatu sistem persamaan dinamis, dengan pendugaan suatu peubah pada periode tertentu tergantung pada

pergerakan peubah tersebut dan peubah-peubah lain yang terlibat dalam sistem pada periode-periode sebelumnya (Enders 1995; Bank of England 2004). Jadi peubah penjelas dalam VAR meliputi nilai lag seluruh peubah tak bebas dalam system. Model VAR pada umumnya digunakan untuk menyusun sistem peramalan dari data deret waktu yang saling terkait, dan untuk menganalisis efek/impact dinamis dari keberadaan faktor acak yang mengganggu sistem tersebut. Pendekatan VAR diterapkan jika struktur model yang ada membuat setiap peubah berfungsi sebagai peubah endogen yang merupakan fungsi dari nilai-nilai lag seluruh peubah endogen yang ada pada sistem. Model VAR berlaku jika pada saat nilai setiap peubah dalam sebuah sistem tidak hanya tergantung pada lagnya sendiri, namun juga pada nilai lag peubah lain.

Pemodelan curah hujan dapat dilakukan dengan model waktu tunggal dan dapat pula dilakukan secara bersamaan (simultan) karena pergerakan data curah hujan terjadi secara bersama atau mengikuti pergerakan data curah hujan di stasiun penakar hujan lainnya. Dengan kata lain, dengan memasukkan peubah deret waktu yang lain ke dalam model untuk meramalkan pergerakan deret waktu tertentu, diharapkan dapat meningkatkan ketepatan peramalan.

Curah hujan, merupakan salah satu karakteristik fisik dinamis, dimana datanya diambil dalam

selang waktu tertentu sehingga analisis deret waktu sangat diperlukan. Analisis tersebut menjadi penting dan relevan mengingat beda intensitas yang sangat besar antara musim kemarau dan musim penghujan di suatu wilayah tertentu. Dengan analisis deret waktu, fluktuasi intensitas dapat ditelaah dan dibandingkan dari tahun ke tahun berikutnya (Trisasongko et al. 2008).

Keuntungan dari analisis VAR antara lain adalah metode yang sederhana dan tidak perlu membedakan mana peubah endogen dan eksogen, estimasi yang sederhana dinamakan metode *Ordinary Least Square* (OLS) biasa dapat diaplikasikan pada setiap persamaan secara terpisah, dan hasil estimasi yang diperoleh dengan menggunakan pendekatan VAR pada beberapa kasus lebih baik dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan model persamaan simultan yang kompleks sekalipun.

METODOLOGI PENELITIAN

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini yakni data curah hujan dari 26 stasiun curah hujan di Indramayu, dengan data tahun 1980-2000 sebagai data pemodelan VAR dan data tahun 2001-2006 sebagai data validasi model. Model umum dari VAR ordo p yakni

$$Y_t = \alpha_0 + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

atau

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{n=1}^p A_n Y_{t-n} + \varepsilon_t$$

dengan Y_t merupakan vektor Y pada waktu t dari peubah endogen, α_0 vektor *intercept* (konstanta), A_n ($n = 1, \dots, p$) merupakan matriks yakni besarnya nilai parameter Y ke n , dan Y_{t-q} merupakan vektor dari peubah eksogen, ε_t merupakan vektor residual, sisaan pada saat t .

Adapun tahapan penyusunan model VAR (seperti juga ditunjukkan pada Gambar 1),

1. Melakukan uji kestasioneran data, jika data tidak stasioner dalam ragam dilakukan transformasi dengan metode Box-Cox. Uji stasioner dalam rata-rata dilakukan dengan augmented Dicky Fuller (ADF).
2. Melakukan uji kausalitas Granger untuk mengetahui apakah terdapat hubungan yang saling mempengaruhi antar peubah endogen sehingga spesifikasi model VAR menjadi tepat untuk digunakan mengingat sifatnya yang nonstruktural. Uji kausalitas Granger melihat pengaruh masa lalu terhadap kondisi sekarang.
3. Melakukan pemilihan ordo VAR, dengan memperhatikan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) atau *Schwarz Information Criterion* (SIC). Jumlah lag dapat ditentukan dengan menggunakan R^2 terkoreksi ataupun

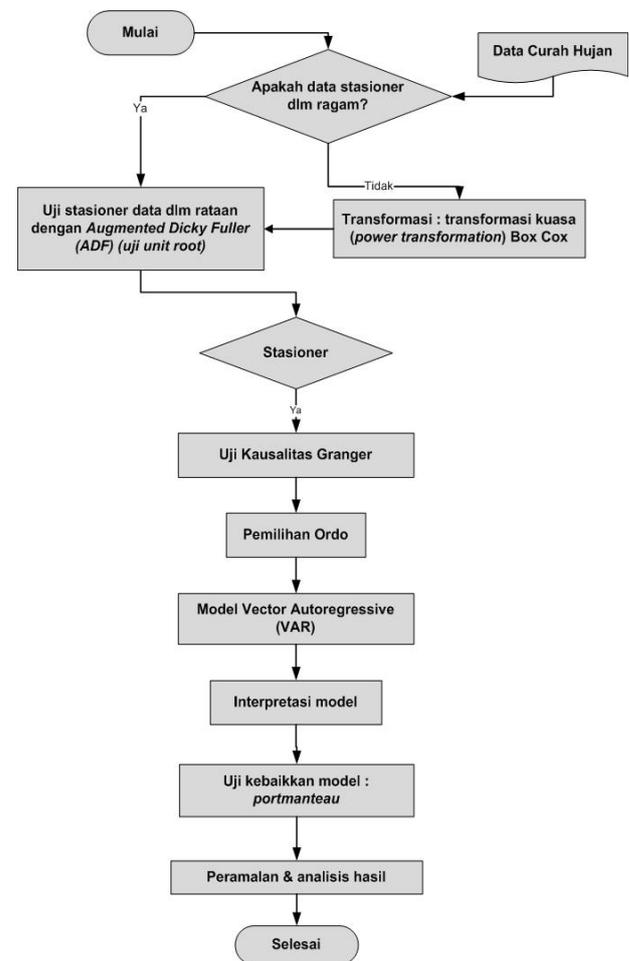
menggunakan nilai *Akaike Information Criteria* (AIC) dan *Schwarz Criteria* (SC) dengan rumus sebagai berikut:

$$AIC = \log \left(\frac{\sum \hat{e}_t^2}{n} \right) + \frac{2k}{n}$$

$$SC = \log \left(\frac{\sum \hat{e}_t^2}{n} \right) + \frac{k}{n} \log n$$

dengan $\sum \hat{e}_t^2$ menyatakan kuadrat residual, k adalah jumlah peubah independen dan n menyatakan jumlah observasi. Panjang lag yang dipilih didasarkan pada nilai AIC maupun SC yang minimum (Enders 2004).

4. Jika data sudah stasioner tanpa melakukan proses pembedaan, maka model VAR biasa dapat langsung dipergunakan.
5. Melakukan analisis terhadap model VAR.
6. Pendugaan model dan pemeriksaan kebaikan model.
7. Melakukan peramalan model VAR.



Gambar 1 Diagram alir metodologi pemodelan dengan VAR

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan VAR

VAR dikembangkan oleh seorang ahli Ekonometrik, Christopher A. Sims, sebagai pendekatan alternatif model terhadap model persamaan ganda dengan pertimbangan meminimalkan pendekatan teori yang bertujuan agar mampu menangkap fenomena ekonomi dengan baik (Widarjono 2007). Sims berpendapat bahwa jika terdapat hubungan simultan antar peubah yang diamati, maka peubah-peubah tersebut harus diperlakukan sama sehingga tidak ada lagi peubah endogen dan eksogen (Nachrowi 2006). Berawal dari pemikiran tersebut Sims memperkenalkan konsep VAR, yang ternyata juga menjawab tantangan kesulitan yang ditemui akibat model struktural yang tidak harus mengacu pada teori melainkan hanya perlu menentukan peubah yang saling berinteraksi. Dengan kata lain, model VAR tidak banyak bergantung pada teori namun hanya diperlukan penentuan peubah yang saling berinteraksi yang akan dimasukkan dalam sistem serta menentukan banyaknya lag yang diperlukan masuk dalam model. Hal ini diharapkan dapat ‘menangkap’ keterkaitan antar peubah dalam model.

Model curah hujan dengan VAR(1) pada wilayah 1, untuk stasiun Anjatan diberikan pada persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \widehat{ANJ}_t = & 2.003 + 0.209 ANJ_{t-1} + 0.103 BUG_{t-1} \\ & + 0.005 TIKac_{t-1} \\ & + 0.171 Ciked_{t-1} \\ & - 0.028 Kro_{t-1} \\ & - 0.231 Sukad_{t-1} \\ & - 0.256 SmrWatu_{t-1} \\ & + 0.173 Tugu_{t-1} \\ & - 0.071 KrAsem_{t-1} \\ & + 0.052 LWSemut_{t-1} \\ & - 0.019 Wanguk_{t-1} \\ & + 0.240 GBWet_{t-1} \\ & + 0.241 Bond_{t-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \widehat{SmrWatu}_t = & 3.456 + 0.221 Anj_{t-1} \\ & - 0.269 Bug_{t-1} \\ & + 0.170 TIKacang_{t-1} \\ & + 0.080 Ciked_{t-1} \\ & + 0.019 Kro_{t-1} \\ & - 0.13 Sukad_{t-1} \\ & - 0.03 SmrWatu_{t-1} \\ & + 0.21 Tugu_{t-1} \\ & - 0.148 KrAsem_{t-1} \\ & - 0.146 LwSemut_{t-1} \\ & + 0.245 Wanguk_{t-1} \\ & + 0.259 GBWet_{t-1} \\ & + 0.159 Bond_{t-1} \end{aligned}$$

Curah hujan di stasiun Anjatan dipengaruhi oleh curah hujan di stasiun lain dalam satu wilayah pada

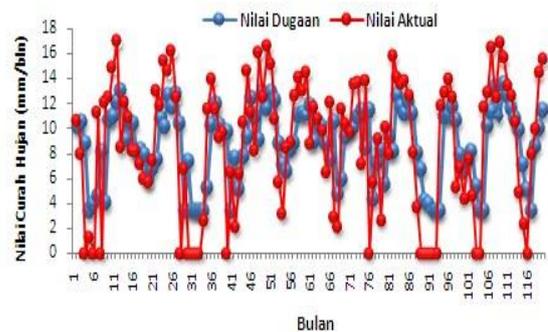
satu periode sebelumnya. Demikian juga curah hujan di stasiun Sumurwatu dipengaruhi oleh curah hujan di stasiun lain dalam satu wilayah pada satu periode sebelumnya.

Model curah hujan di wilayah 2 dengan VAR(1) di stasiun Salamdarma dan Gantar, masing-masing diberikan dengan persamaan di bawah ini :

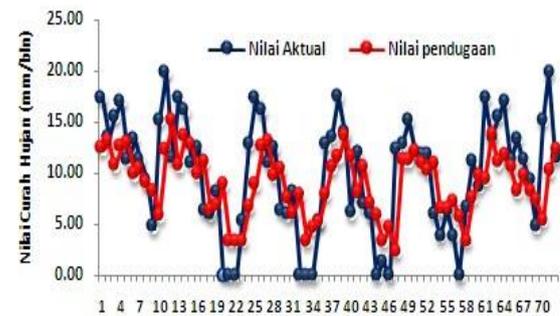
$$\widehat{SLM}_t = 3.358 + 0.426 SLM_{t-1} + 0.171 GAN_{t-1}$$

$$\widehat{GAN}_t = 3.573 + 0.304 GAN_{t-1} + 0.351 SLM_{t-1}$$

Grafik nilai dugaan dan nilai aktual pemodelan VAR curah hujan di stasiun Salam Darma ditunjukkan pada Gambar 2 (a), sementara untuk validasi modelnya ditunjukkan pada Gambar 2 (b).



(a)



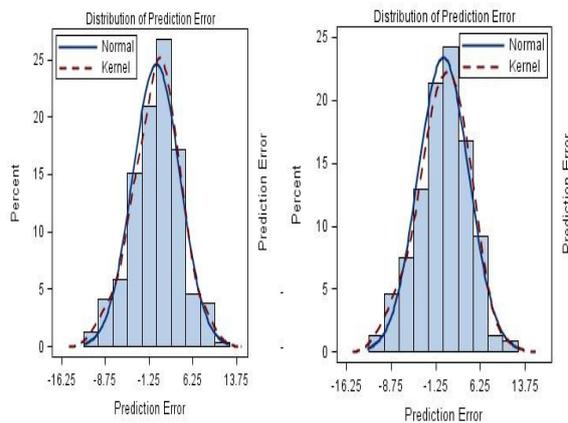
(b)

Gambar 2 Nilai dugaan dan aktual curah hujan model VAR(1) di Stasiun Salam Darma (a) data pelatihan, (b) data pengujian

Pada Gambar 3 ditunjukkan galat yang menyebar normal untuk pendugaan curah hujan di masing-masing stasiun penakar curah hujan: Salam Darma dan Gantar. Model curah hujan di wilayah 3 dengan VAR (1) di stasiun Kedokan Bunder dan Sudi Mampir, masing-masing diberikan dengan persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} \widehat{KedBund}_t = & 2.12 + 0.012 Bang_{t-1} \\ & + 0.147 Cidem_{t-1} \\ & + 0.145 Indra_{t-1} \\ & + 0.132 Jatibar_{t-1} \\ & - 0.122 Junti_{t-1} \\ & + 0.287KedBund_{t-1} \\ & - 0.091 Loh_{t-1} + 0.076 Los_{t-1} \\ & - 0.00003SudiMamp_{t-1} \\ & + 0.017 Krang_{t-1} \\ & + 0.003SudiKamp_{t-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \widehat{SudiMamp}_t = & 2.12 + 0.012 Bang_{t-1} \\ & + 0.147 Cidem_{t-1} \\ & + 0.145 Indra_{t-1} \\ & + 0.132 Jatibar_{t-1} \\ & - 0.122 Junti_{t-1} \\ & + 0.287KedBund_{t-1} \\ & - 0.091 Loh_{t-1} + 0.076 Los_{t-1} \\ & - 0.00003SudiMamp_{t-1} \\ & + 0.017 Krang_{t-1} \\ & + 0.003 SudiKamp_{t-1} \end{aligned}$$



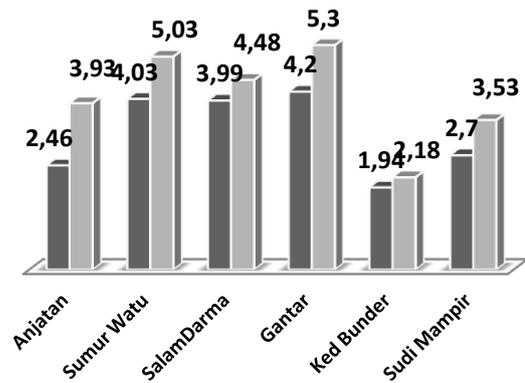
Gambar 3 Galat model VAR(1) pada stasiun (a) Salam Darma, (b) Gantar

Selanjutnya, nilai korelasi untuk masing-masing stasiun ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai korelasi data aktual curah hujan di stasiun Kedokan Bunder dengan pendugaannya menunjukkan korelasi tinggi sebesar 0.89 demikian juga untuk stasiun SudiMampir dengan nilai korelasi sebesar 0.91. Hasil ini berbeda jauh dengan nilai korelasi peubah data aktual curah hujan pada stasiun Kedokan Bunder dan Sudi Mampir dengan peubah penjelasnya, masing-masing sebesar 0.63 dan 0.57. Sementara nilai korelasi untuk stasiun yang lainnya, tidak begitu besar perubahannya.

Validasi model dilakukan dengan menggunakan data curah hujan yang tidak dipergunakan dalam proses pemodelan, yakni data curah hujan tahun 2001-2006 dengan hasil nilai RMSE dan RMSEP masing-masing stasiun ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai RMSE model lebih kecil dibandingkan nilai RMSEP pada validasi model.

Tabel 1 Korelasi antara respon dengan peubah penjelasnya,

No	Respon	Korelasi (r) antara respon dengan penduga respon
1	Anjatan	0.71
2	Smr Watu	0.62
3	SalamDarma	0.57
4	Gantar	0.59
5	Kedokan Bunder	0.89
6	Sudi Mampir	0.91



Gambar 4 Perbandingan nilai RMSE dan RMSEP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disusun model VAR (1) untuk wilayah 1 (Anjatan dan Sumurwatu), wilayah 2 (Salamdarma dan Gantar) dan wilayah 3 (Kedokan Bunder dan Sudimampir), masing-masing dengan *Root Mean Square Error Prediction* (RMSEP) sebesar 3.93; 5.03; 4.48; 5.3; 2.18 dan 3.53. Nilai korelasi curah hujan dengan pendugaannya masing-masing, 0.71; 0.62; 0.57; 0.59; 0.89; dan 0.91.

DAFTAR PUSTAKA

Bank of England. 2004. Economic Models at the Bank of England, Chapter 5: Vector Autoregression Models. <http://www.bankofengland.co.uk/five.pdf> [5 Februari 2010]

BMG [Badan Metereologi dan Geofisika]. 2003. Pengkajian prakiraan Musim untuk Pertanian di Kabupaten Indramayu. Laporan Akhir. Badan Metereologi dan Geofisika, Jakarta.

Boer R, Notodiputro KA, Las I. 1999. Prediction of daily rainfall characteristics from montly climate indices. *Proceeding of The Second International Conference on Science and Technology for the Assessment of Global Climate Change and Its Impacts on*

- Indonesian Maritime Continent*, 29 November-1 December 1999.
- Boer, R. 2006. Pendekatan Dalam Mengelola Resiko Iklim. Makalah dalam Pelatihan Dosen Bidang Pemodelan dan Simulasi Komputer untuk Pertanian. Cisarua Bogor, 7-20 September 2006.
- Box GEP, Jenkins GM, Reinsel GC. 1994. *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, 3 edition. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Cryer JD. 1986. *Time Series Analysis*. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- Djuraidah A. 2007. Model Aditif Spatio-Temporal untuk Pencemar Udara PM10 dan Ozon di Kota Surabaya dengan Pendekatan Model Linear Campuran [disertasi]. Bogor : Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Enders W. 2004. *Applied Econometric Time Series*. John Willey and Sons, Inc.
- Haryanto U. 1999. Response to Climate Change: Simple Rainfall Prediction Based on Southern Oscillation Index. Paper presented at The Second International Conference on Science and Technology for the Assessment of Global Climate Change and Its Impacts on Indonesian Maritime Continent, 29 November-01 Desember 1999.
- Kalfarosi D. 2009. Pemodelan Curah Hujan dan Redaman Hujan Dengan Model ARIMA di Surabaya [tesis]. Surabaya : Institut Teknologi 10 November Surabaya (ITS).
- Khoerudin M. 2010. Pendugaan Data Hilang dengan Menggunakan Metode Ordinary Kriging [Skripsi]. Bogor: Departemen Statistika FMIPA IPB
- Mauludiyanto A, Hendrantoro G, Hery PM, Suhartono. 2009. Pemodelan Varima dengan Efek Deteksi Outlier Terhadap Data Curah Hujan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*. Vol 7, No 3 (2009).
- Nail PE. 2009. Time Series Analysis Model For Rainfall Data In Jordan: Case Study For Using Time Series Analysis. *American Journal of Environmental Sciences*, 5(5), October 2009
- Ruchjana BN. 2005. Karakteristik Reservoir Minyak Bumi Melalui Pendekatan Spatio-Temporal. Laporan Riset Unggulan Terpadu XI Bidang Kelautan, Kebumihan, dan Kedirgantaraan. Kementerian Riset dan Teknologi RI.
- Saputro DRS, Mattjik AA, Boer R, Wigena AH, & Djuraidah A. 2011a. Pewilayahan Curah Hujan di Kabupaten Indramayu dengan Metode Gerombol (Berdasarkan Data Median Tahun 1980-2000) *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 14 Mei 2011
- Saputro DRS, Mattjik AA, Boer R, Wigena AH, & Djuraidah A. 2011b. Pendugaan Data Tidak Lengkap Curah Hujan di Kabupaten Indramayu dengan Kriging dan Rata-rata Bergerak (Berdasarkan Data tahun 1980-2000). Seminar Nasional Statistika 2011 UNDIP, *Prosiding Seminar Nasional Statistika*, Universitas Diponegoro, Fakultas MIPA Semarang, 21 Mei 2011.
- Saputro DRS, Djuraidah A. 2011c. Analisis Profil Pewilayahan Curah Hujan di Indramayu. Konferensi Nasional Sains dan Aplikasinya 2011 UNISBA, *Prosiding Konferensi Nasional Sains dan Aplikasinya (KNSA 2011)* Sains untuk Kemaslahatan Umat, *Universitas Islam Bandung*, Juni 2011.
- Sutikno. 2008. Statistical Downscaling Luaran GCM Dan Pemanfaatannya untuk Peramalan Produksi Padi [disertasi]. Bogor : Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Wei WWS. 1990. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. USA: Addison-Wesley Publishing Co.