

# Rain Cell Size Determination using Granger Causality Test

Sis Soesetijo<sup>1</sup>, Achmad Mauludiyanto<sup>2</sup>, Gamantyo Hendranto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro Universitas Surabaya (UBAYA)

ssoesetijo@ubaya.ac.id

<sup>2</sup>Teknik Elektro ITS Surabaya

{maulud,gamantyo}@ee.its.ac.id

**Abstract**— Site Diversity is one of techniques to compensate rain attenuation in millimeter-wave. However, to implement appropriate site diversity techniques have to involve base knowledge about rain cell dimension. In this paper, Vector AR (VAR) Model with Granger Causality Test is implemented to rainrate at 3 raingauge sites. Granger Causality test is used to check whether one site “granger-cause” to another site and vice versa. The result show that site C “granger-cause” to site B and site B “granger-cause” to site A. It mean that rain cell have < 1 km diameter.

**Keywords**—Rain Cell, VAR, Granger-Causality, Site Diversity

## I. PENDAHULUAN

Site Diversity merupakan salahsatu cara melakukan kompensasi redaman hujan pada gelombang milimeter. Untuk menentukan jarak minimum antara dua lokasi diversity membutuhkan data sel hujan yang terjadi pada daerah tersebut.

Pada makalah [1] penentuan ukuran sel hujan menggunakan metode Synthetic Storm Techniques (SST). Metode ini mengasumsikan bahwa deret waktu curah hujan yang bergerak dapat dikonversikan ke deret ruang menggunakan kecepatan translasi hujan. Untuk itu diperlukan data arah dan kecepatan angin.

Sedangkan metode pada makalah [2] penentuan dimensi sel hujan menggunakan model VARIMA dengan deteksi outlier, di mana model yang digunakan merupakan data multivariate. Pada pemodelannya menggunakan data curah hujan dari 3 lokasi pengukuran dan pada event curah hujan yang sama. Suatu event hujan mempunyai arti bahwa data curah hujan diambil dari awal mulai hujan dan sampai berakhirnya hujan tersebut. Hasilnya bahwa model VARIMA hujan pada lokasi A dan B saling mempengaruhi serta B dan C saling mempengaruhi. Dari sini ditarik kesimpulan bahwa sel hujan yang terjadi mempunyai diameter < 1 km karena jarak A-B dan B-C adalah < 1 km.

Pada makalah ini, penentuan dimensi sel hujan menggunakan uji Granger Causality pada model VAR. Uji Granger Causality ini untuk

mengetahui hubungan variabel antar lokasi pengukuran curah hujan. Uji ini untuk mencari hubungan timbal balik (interrelationship) antara variabel pada satu lokasi dengan lokasi yang lain. Apakah masing-masing variabel di masa lampau berpengaruh signifikan atau tidak terhadap variable di lokasi yang lain, atau hanya berpengaruh pada dirinya sendiri saja. Dari uji ini dapat diketahui, hujan lokasi mana saja yang mempengaruhi lokasi hujan yang lain dan selanjutnya dapat diperoleh diameter sel hujan yang terjadi. Hasil yang diperoleh bermanfaat untuk penentuan site diversity

## II. MODEL VAR DAN GRANGER CAUSALITY

### A. Spesifikasi, Asumsi dan Estimasi Model VAR

Bentuk dasar dari VAR terdiri dari K variabel  $y_t = (y_{1t}, \dots, y_{kt}, \dots, y_{Kt})$  untuk  $k = 1 \dots K$ . Proses VAR(p) didefinisikan sebagai [3]:

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t \quad (2.1)$$

di mana  $A_i$  adalah matrik koefisien ( $K \times K$ ) untuk  $i = 1, \dots, p$  dan  $u_t$  merupakan dimensi K dari proses white noise yang mempunyai matrik kovarian  $E(u_t, u'_j) = \sum_u$ .

Salahsatu karakteristik dari proses VAR(p) adalah stabilitasnya. Artinya bahwa prosesnya menghasilkan deret waktu yang stasioner dengan rata-rata yang yang tidak berubah pada fungsi waktu.

Untuk mendapatkan parameter orde lag p dari VAR(p) dan koefisien A dari model, berikut langkah-langkah untuk identifikasi dan estimasinya, prosedur ini secara umum sama dengan model ARMA [3]:

- Uji Stasioner yaitu uji untuk melihat apakah data yang akan diamati stasioner atau tidak. Apabila belum stasioner maka perlu dilakukan penurunan pertama (*first differential*) agar diperoleh stasioner pada orde pertama. Uji stasioner yang umum digunakan adalah Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta y_t = \phi y_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} A_j^* \Delta y_{t-j} + u_t \quad (2.2)$$

dengan  $\phi = -A(1)$  dan  $A_j^* = -(A_{j+1} + \dots + A_p)$ .

Dengan model persamaan ini, hipotesis yang digunakan adalah  $H_0: \phi=0$  versus  $H_1: \phi < 0$ . Jika hipotesis nol,  $H_0$  tertolak maka dipastikan data yang diuji adalah stasioner.

- b. Proses Estimasi yaitu proses untuk menentukan koefisien model yang diamati. Penentuan koefisien VAR(p) yang paling efektif adalah dengan menggunakan *least-squares* yang diterapkan terpisah pada masing-masing persamaan.
- c. Akaike Information Criterion (AIC) dari masing-masing regresi untuk menjamin bahwa residual yang dihasilkan bersifat White Noise. Tes ini untuk menentukan lag mana yang paling relevan dipakai dalam model.

### B. Granger Causality

Tujuan dari uji kausalitas menggunakan Granger Causality adalah mendeteksi ada tidaknya hubungan sebab-akibat (causalities) antara variabelnya. Variabel x dikatakan “granger-causes” variabel y, apabila variabel x membantu memprediksi variable y [3][4].

Untuk melakukan kedua uji tersebut, vector dari variabel  $y_t$  dibagi 2 subvektor  $y_{1t}$  dan  $y_{2t}$  dengan dimensi  $(K_1 \times 1)$  dan  $(K_2 \times 1)$  dengan  $K = K_1 + K_2$ . Proses VAR (p) dapat dituliskan kembali :

$$\begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^p \begin{bmatrix} \alpha_{11,i} & \alpha_{12,i} \\ \alpha_{21,i} & \alpha_{22,i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-i} \\ y_{2,t-i} \end{bmatrix} + CD_t + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Subvektor  $y_{1t}$  tidak “granger-cause”  $y_{2t}$  apabila  $\alpha_{21,i} = 0$  untuk  $i = 1, 2, \dots, p$  dan sebaliknya Subvektor  $y_{1t}$  “granger-cause”  $y_{2t}$  apabila  $\alpha_{21,i} \neq 0$  untuk  $i = 1, 2, \dots, p$ . Dengan demikian analisis Causality akan menguji apakah sebuah variabel pada lokasi satu dapat mempengaruhi variabel pada lokasi yang lain atau sebaliknya.

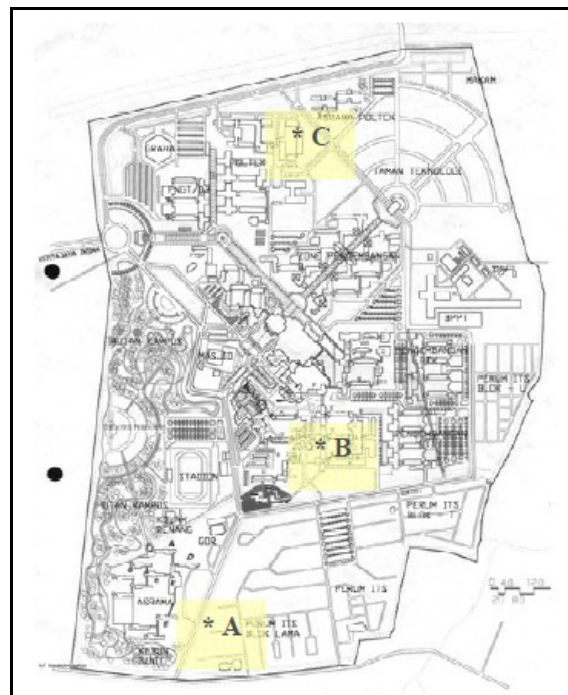
### III. SISTEM PENGUKURAN

Sumber data yang digunakan untuk uji Granger Causality adalah sama dengan makalah [2]. Data curah hujan yang digunakan adalah event curah hujan pada tanggal 1 Januari 2008. Lokasi yang diambil untuk penempatan rain gauge pada penelitian tampak pada gambar 1 berikut yaitu

gedung PENS (C), gedung Teknik Elektro (B) dan gedung Medical Center (A) di kampus ITS Sukolilo Surabaya. Kota Surabaya berada pada  $07^\circ 21'$  Lintang Selatan dan  $112^\circ 36' - 112^\circ 54'$  Bujur Timur.

Tabel 1. Jarak Antar Lokasi Pengukuran

Lokasi	Jarak (m)
A - B	700
B - C	950
A - C	1550



Gambar 1. Sistem Pengukuran Curah Hujan

Tabel 2. Karakteristik Event Hujan

Lokasi	$R_{max}$ (mm/jam)	$R_{ave}$ (mm/jam)	Durasi (menit)
A	129.48	17.75	146
B	147.19	22.79	185
C	203.2	26.42	174

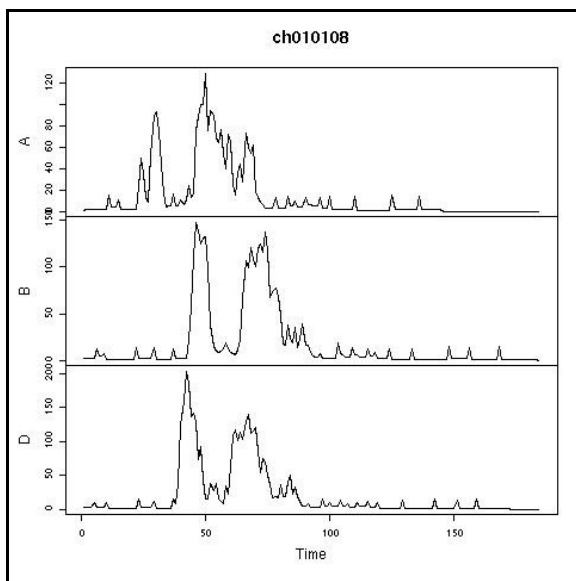
### IV. HASIL DAN DISKUSI

Pada makalah ini hasil yang dibahas dan didiskusikan adalah satu event curah hujan pada 3 lokasi rain gauges yang terjadi pada tanggal 1

Januari 2008 . Analisis menggunakan software open source R v2.8.1 pada pada sistem operasi Mandriva Linux 2008.

### A. Event Hujan

Event hujan merupakan kejadian dimana awal hujan terjadi dan berakhir. Antar event hujan tidak saling terkait, karena antar event hujan terdapat periode tidak terjadi hujan (periode kering). Agar periode kering tidak mempengaruhi dalam pemodelan maka pemodelan dan analisis uji granger-causality hanya memasukkan periode dimana hanya terjadi hujan saja yang disebut event hujan. Pada gambar 2 berikut ini merupakan grafik deret waktu event hujan pada tanggal 1 Januari 2008.



Gambar 2. Grafik Time Series Event hujan1 Jan 08

### B. Uji Stasioner dan Model VAR(p)

Untuk memperoleh model VAR(p) yang memiliki stabilitas yang baik, artinya bahwa proses pemodelannya menghasilkan deret waktu yang stasioner dengan rata-rata yang yang tidak berubah pada fungsi waktu. Oleh karena itu diperlukan uji stasioner terhadap data curah hujan pada masing-masing lokasi rain gauges. Uji stasioner menggunakan uji Augmented Dickey-Fuller (ADF). Sebelum diolah ADF, data hujan harus dilognaturalkan agar diperoleh data stasioner di varians.

Hasilnya pada tabel 3 menunjukkan bahwa event hujan tidak stasioner pada data awalnya karena absolut test-value lebih kecil dari absolut critical value 5% dan 10% sehingga data harus dilakukan penurunan (differencing). Hasilnya data stasioner pada orde pertama penurunan I(1) karena nilai absolut

test-valuenya dari turunan pertama lebih besar dari critical value 5% dan 10% (ditandai \* pada tabel 3)

Tabel 3. Uji ADF pada Event Hujan 1 Jan 2008

Lokasi	Test Value	Critical Value		Ket
		5%	10%	
A	-2.77	-3.43*	-3.13*	I(1)
$\Delta A$	-11.34	-1.95	-1.62	I(0)
B	-1.98	-3.43*	-3.13*	I(1)
$\Delta B$	-10.26	-1.95	-1.62	I(0)
C	-1.86	-3.43*	-3.13*	I(1)
$\Delta C$	-11.21	-1.95	-1.62	I(0)

Langkah berikutnya adalah menentukan orde  $p$  dengan menggunakan metode AIC. Dengan nilai AIC terkecil, orde nya dapat diperoleh  $p=5$ . Dengan demikian didapatkan model VAR(5).

### C. Uji Granger Causality

Uji ini untuk mencari hubungan timbal balik antara variabel pada satu lokasi dengan lokasi lain. Apakah masing-masing variabel di masa lampau berpengaruh signifikan atau tidak terhadap variable di lokasi yang lain, atau hanya berpengaruh pada dirinya sendiri saja. Uji ini akan diterapkan pada event hujan dengan menggunakan hasil orde lag  $p=5$ .

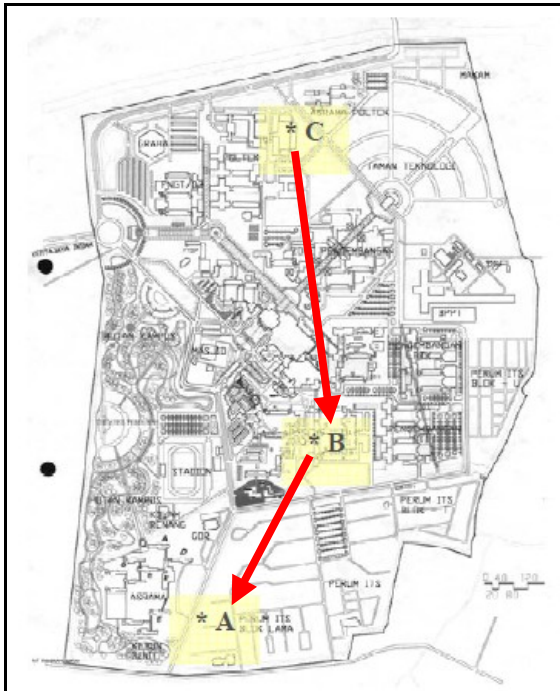
Tabel 4. Uji Granger Causality

Causality	Event Hujan	
	$p$ -value	Granger-Cause
B→A	0.0418	YA
C→A	0.3549	TIDAK
A→B	0.3704	TIDAK
C→B	2.69E-012	YA
A→C	0.0845	TIDAK
B→C	0.2165	TIDAK

Hasil uji Granger Causality pada tabel 4, pada tingkat kepercayaan (confidence interval) 95% terjadi “granger cause” dari lokasi C ke lokasi B dan “granger cause” dari lokasi B ke lokasi A. Hal ini dapat diartikan bahwa hujan pada lokasi C berpengaruh pada pada lokasi B namun tidak sebaliknya. Demikin juga hujan pada lokasi B berpengaruh pada pada lokasi A namun tidak

sebaliknya. Pemilihan nilai  $ci=95\%$  sudah sesuai dengan makalah [4]. Sedangkan apabila  $ci=99\%$ , hanya lokasi C yang “granger-cause” ke lokasi B.

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa curah hujan di lokasi C berpengaruh ke lokasi B yang berjarak 950 m. dan curah hujan di lokasi B berpengaruh ke lokasi A yang berjarak 700 m. Dengan kata lain, sel hujan mempunyai diameter  $< 1$  km.



Gambar 3. Lokasi C “Granger-Cause” lokasi B

Sel hujan dengan diameter  $< 1$  km dari hasil uji Granger Causality memiliki kesamaan dengan hasil pada makalah [2].

## V. KESIMPULAN

Pada pembahasan uji Granger Causality pada model VAR terhadap event hujan pada tanggal 1 Januari 2008 diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini.

Diperoleh model VAR(5) untuk 3 lokasi curah hujan yang terpisah di mana lokasi C “granger cause” ke lokasi B dan lokasi B “granger cause” ke lokasi A yang keduanya berjarak  $< 1$  km. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sel hujan mempunyai diameter  $< 1$  km.

Dugaan penyebab mengapa A-B dan B-C tidak timbal balik adalah pengaruh arah angin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sahena Begum, Chethana Nagaraja, Ifiok Otung (2006), “ *Analysis Of Rain Cell Size Distribution For Application In Site Diversity*”, Proc. European Conference on Antenna and Propagation 2006, Nice, France
- [2] Achmad Mauludiyanto, Gamantyo Hendratoro, Mauridhi Hery P., Suhartono (2009), “ *Pemodelan VARIMA Dengan Efek Deteksi Outlier Terhadap Data Curah Hujan*”, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI 2009), Yogyakarta
- [3] Bernhard Pfaff (2008), “ *VAR, SVAR and SVEC Models: Implementation Within R Package vars*”, Journal of Statistical Software, Volume 27, Issue 4.
- [4] Xing-ping Zhang, Rui Gu, Xu Zhao (2008), “ *Electricity Consumption and Economic Activities in China*”, 4<sup>th</sup> The Int'l Conferc on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM'08.
- [5] Sis Soesetijo, A. Mauludiyanto, G. Hendratoro (2009), “ *Pemodelan VAR dengan Uji Kausalitas Terhadap Data Spasial Curah Hujan di Surabaya*”, CITEE 2009 UGM Yogyakarta.