

Analisis Spasial Trafik Internet Agregat

Sis Soesetijo¹, Febrianto Budimulyono², Lukas Hadi Purnama³, Welly Wellandow Santoso⁴, Hendrik Setiawan⁵
^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro Universitas Surabaya, Surabaya 60293
email: ¹ssoesetijo@ubaya.ac.id, ²febrianto_b4130n@hotmail.com, ³squall_fire2000@yahoo.com, ⁴w_ly_inzsight@hotmail.com, ⁵hendriksetiawan@gmail.com

Abstrak

Analisis spasial trafik internet ini bertujuan untuk mengetahui pola hubungan kausalitas (sebab-akibat) antara trafik dari satu lokasi dengan lokasi trafik yang lain. Pengukuran trafik internet spasial dilakukan secara agregat selama satu tahun dari bulan September 2009 – September 2010 dengan mengambil 4 lokasi pengukuran trafik internet di kampus Universitas Surabaya yaitu trafik internet pada Fakultas Bisnis dan Ekonomika, Fakultas Teknik, Perpustakaan dan Kampus Ubaya Ngagel. Analisis spasial trafik internet pada makalah ini menggunakan metode Granger Causality dan korelasi silang. Hasil analisis spasial trafik menggunakan Granger Causality menunjukkan bahwa trafik internet di Perpustakaan (S) dipengaruhi oleh trafik internet dari Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) dan Kampus Ubaya Ngagel (N). Sedangkan trafik internet di kampus Ubaya Ngagel (N) mempengaruhi trafik di Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M). Pengaruh terkuat berasal dari trafik Fakultas Teknik (E). Analisis Granger causality dan korelasi silang membuktikan bahwa hanya nilai koefisien korelasi yang di atas 0,25 saja yang memiliki hubungan kausalitas.

Kata Kunci: Granger causality, korelasi silang, trafik internet agregat, trafik internet spasial.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan trafik internet di Indonesia selama dekade tahun terakhir terbilang sangat tinggi. Bahkan para operator telekomunikasi, saat ini lebih cenderung menjual layanan data daripada layanan suara. Untuk mengetahui karakteristik hubungan kausalitas (sebab-akibat) trafik internet spasial umumnya dilakukan analisis perhitungan korelasi. Namun pada analisis menggunakan perhitungan korelasi hanya menunjukkan ada tidaknya hubungan korelasi antara trafiknya sedangkan arah hubungan antara trafik internet sama sekali tidak diketahui.

Beberapa penelitian trafik internet sebagai fungsi spasial dan temporal telah dilakukan dan dipresentasikan pada makalah [1][2][3]. Makalah [1] menggunakan data trafik Round Trip Time (RTT) pada beberapa router dan dianalisis menggunakan spasial korelasi sedangkan pada makalah [2] menggunakan data trafik TCP dan UDP dengan membanding distribusi zipf masing-masing trafiknya. Pada makalah [3] trafik internet dianalisis secara spasial temporal dengan menggunakan Graph Wavelets untuk mendeteksi anomali trafiknya.

Pada penelitian ini dibahas dan dianalisis trafik internet agregat yang diukur secara spasial dengan menggunakan korelasi silang dan uji kausalitas (sebab-akibat) Granger Causality. Pengukuran trafik internet dilakukan di kampus Universitas Surabaya selama satu tahun dari bulan September 2009 – September 2010. Untuk mewakili fungsi spasial, pengukuran trafik internetnya dilakukan pada 4 lokasi yaitu trafik pada router di fakultas teknik (E), fakultas bisnis dan ekonomika (M), perpustakaan (S) dan kampus Ubaya Ngagel (N).

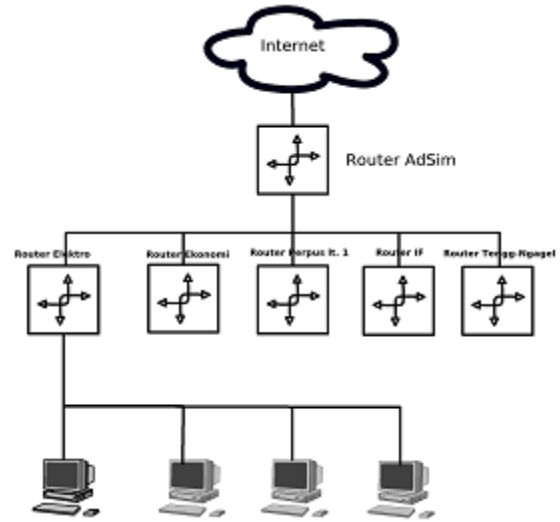
Untuk memperoleh hubungan kausalitas antar trafik di masing-masing lokasi, dilakukan uji kausalitas menggunakan metoda Granger Causality. Metoda Granger Causality ini akan mencari arah hubungan sebab-akibat dari trafik internet, apakah trafik dari lokasi yang satu dengan trafik dari lokasi trafik yang lain akan saling mempengaruhi atau tidak sehingga dengan menggunakan metoda ini dapat memperjelas pola hubungan antar trafik. Penggunaan metoda Granger causality ini memperbaiki metoda korelasi yang telah dipakai pada makalah [1] yang tidak mengurai pola hubungan sebab-akibat antar trafik.

Metoda Granger Causality sudah berhasil diaplikasikan pada beberapa bidang antara lain pada bidang biomedik seperti pada makalah [4], bidang ekonomi pada makalah [5] dan bidang energi pada makalah [6]. Hasil uji kausalitas ini kemudian dikomparasikan dengan hasil analisis korelasi untuk mengetahui arah hubungan korelasi antara trafik internet di satu lokasi dengan ketiga lokasi trafik lainnya. Hasil analisis spasial dilakukan menggunakan Granger Causality menunjukkan bahwa trafik di Perpustakaan (S) dipengaruhi oleh trafik internet dari Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan

Ekonomika (M) dan Kampus Ubaya Ngagel (N). Sedangkan trafik internet di kampus Ubaya Ngagel (N) mempengaruhi trafik di Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M). Dari analisis korelasi silang membuktikan bahwa hanya nilai koefisien korelasi yang di atas 0,25 saja yang memiliki hubungan kausalitas.

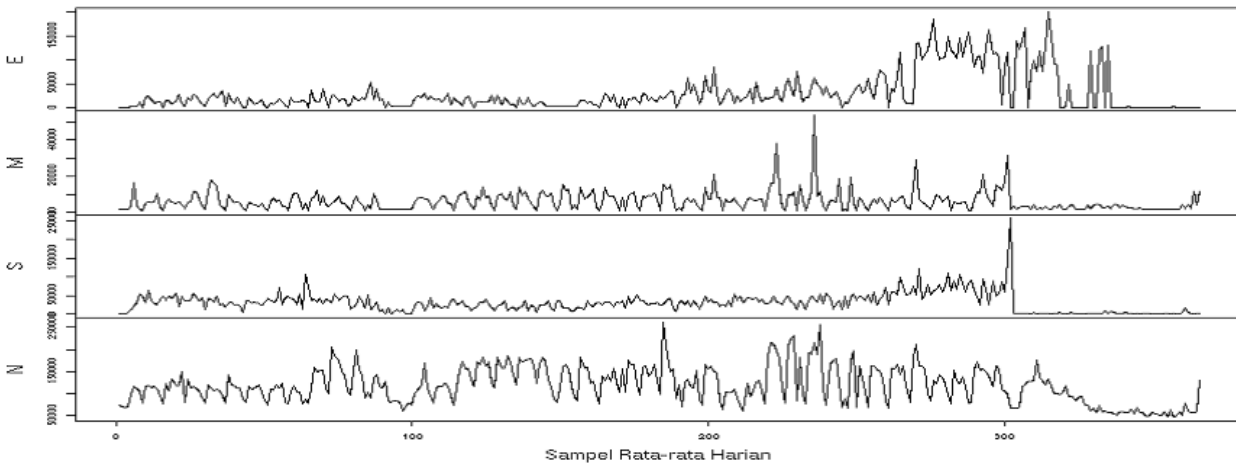
2. Sistem Pengukuran

Langkah awal pada metoda penelitian adalah pengukuran trafik internet secara agregat pada 4 lokasi router di kampus Universitas Surabaya. Keempat lokasi router tersebut adalah router fakultas teknik (E), router fakultas bisnis dan ekonomika (M), router perpustakaan (S) dan router kampus Ubaya Ngagel (N). Pemilihan keempat router diasumsikan dapat mewakili fungsi spasial dari keseluruhan trafik internet di kampus Ubaya. Topologi jaringan internet di kampus Ubaya ditunjukkan pada gambar 1. Untuk mendapatkan data trafik internet agregat harus dilakukan pengambilan data trafik dari router dengan menggunakan Simple Network Management Protocol (SNMP). Pengambilan data trafik internet menggunakan SNMP yang tersimpan dalam bentuk format logfile. Data trafik diambil dari bulan September 2009 sampai bulan September 2010 dengan menggunakan rata-rata harian (daily average). Trafik internet agregat yang diukur merupakan trafik downstream saja. Hasil pengukuran trafik internet dalam bentuk runtun waktu ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 1. Topologi Jaringan Internet

Gambar 2 menunjukkan trafik internet diukur pada empat lokasi yaitu trafik Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M), kampus Ubaya Ngagel (N) dan trafik Perpustakaan (S) menggunakan rata-rata harian dengan besaran trafik internet dinyatakan dalam bit perdetik.



Gambar 2. Trafik internet

3. Granger Causality dan Korelasi Silang

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. 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 :

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

Subvektor y_{1t} tidak “granger-cause” y_{2t} apabila $\alpha_{21,t} = 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, p$ dan sebaliknya Subvektor y_{1t} “granger-cause” y_{2t} apabila $\alpha_{21,t} \neq 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, p$. Dengan demikian analisis Kausalitas akan menguji apakah sebuah variabel dapat membantu memprediksi variabel yang lain. Uji Granger Causality paling mudah diperoleh dari model VAR(p) [7].

3.1. Model Vector AR (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 :

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + CD_t + u_t \quad (2)$$

di mana A_i adalah matrik koefisien (K x K) untuk $i = 1, \dots, p$ dan u_t merupakan dimensi K dari proses whitenoise yang mempunyai matrik kovarian $E(u_t u_t') = \Sigma_u$. Matrik C adalah matrik koefisien yang berdimensi (K x M) dan D_t merupakan matrik (M x 1).

Persamaan (2.1) dapat ditulis dalam bentuk polinomial lag $A(L) = (I_K - A_1 - \dots - A_p)$ sebagai berikut :

$$A(L) y_t = CD_t + u_t \quad (3)$$

Salah satu 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 [7] :

a. 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 :

$$\Delta y_t = \phi y_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} A_j^* \Delta y_{t-j} + u_t \quad (4)$$

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. Uji ini untuk menentukan lag mana yang paling relevan dipakai dalam model.

3.2 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi antara trafik satu lokasidengan lokasi trafik yang dapat formulasikan dalam bentuk :

$$C_{i,j} = \frac{E[x_i x_j] - E[x_i]E[x_j]}{\sqrt{V[x_i]} \sqrt{V[x_j]}} \quad (5)$$

di mana x_i dan x_j masing-masing merupakan trafik internet di lokasi i dan j , E merupakan nilai rata-rata dan V merupakan variansi masing-masing trafik.

Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (strength) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut 0 berarti tidak ada korelasi antara dua variabel, nilai 0 – 0,25 berarti korelasi sangat lemah, nilai 0,25 – 0,5 berarti korelasi cukup, nilai 0,5 – 0,75 berarti korelasi kuat, nilai 0,75 – 0,99 berarti korelasi sangat kuat dan nilai 1 berarti korelasi sempurna.

Pada makalah ini hasil yang dibahas dan dianalisis adalah trafik internet agregat downstream pada 4 lokasi router di kampus Universitas Surabaya pada periode September 2009 sampai dengan September 2010. Keempat lokasi router tersebut adalah fakultas Teknik (E), fakultas Bisnis dan Ekonomika (M), Perpustakaan (S) dan kampus Ubaya Ngagel (N). Analisis menggunakan software statistik open source R v2.12.2 pada sistem operasi Mandriva Linux 2008.

Gambar 3 menunjukkan distribusi trafik internet agregat pada masing-masing lokasi trafik dan nampak bahwa trafik di kampus Ubaya Ngagel (N) jauh lebih besar dari ketiga yang lainnya. Hanya trafik di fakultas Teknik (E) tidak mengikuti distribusi normal. Distribusi trafik terkecil dimiliki oleh trafik pada Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M).

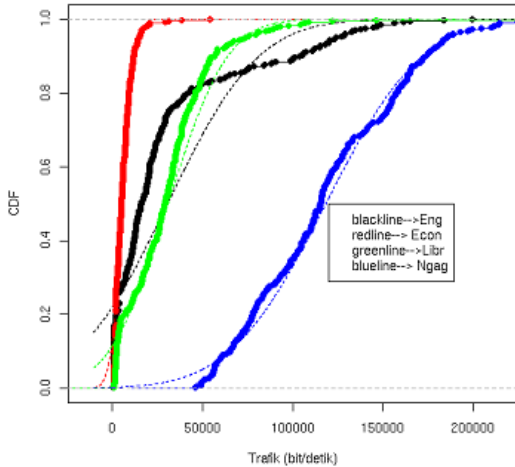
Untuk mendapatkan hasil uji kausalitas Granger Causality, maka cara termudah adalah dengan memperoleh terlebih dahulu model VAR.

Untuk memperoleh model VAR(p) yang memiliki stabilitas yang baik, yaitu dalam 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 trafik pada masing-masing lokasi router. Uji stasioner menggunakan uji Augmented Dickey-Fuller (ADF).

Tabel 1 menunjukkan bahwa data trafik dengan uji ADF merupakan data stasioner dengan tingkat

signifikansi 95% karena absolut test-value lebih besar dari absolut critical value 5% (ditandai * pada tabel 1).

Dari uji stasioner ini menunjukkan bahwa data trafik sudah stasioner sehingga dapat dimodelkan VAR(p) dengan mencari terlebih dahulu nilai lag p dengan menggunakan estimasi AIC dan BIC.



Gambar 3. Distribusi Kumulatif Trafik Internet

Hasil estimasi lag p menggunakan metoda AIC dan BIC masing-masing memperoleh nilai $p = 8$ dan $p = 1$. Nilai lag p tersebut akan menghasilkan model VAR dengan nilai kesalahan (RMSE) yang kecil. Untuk menentukan nilai lag p yang digunakan pada makalah ini maka digunakan uji asymptotic. Hasil uji dengan nilai p-value yang terkecil itulah yang akan digunakan untuk pemilihan lag p seperti ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 1. Uji Stasioner Data Trafik

Lokasi Trafik	Test-value	Critical Value	
		5%	10%
Teknik	-4.3078*	-1.95*	-1.62
Ekonomi	-5.703*	-1.95*	-1.62
Perpus	-3.800*	-1.95*	-1.62
Ngagel	-2.1476*	-1.95*	-1.62

Tabel 2. Uji Asymptotic

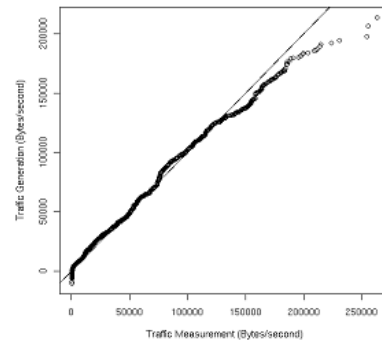
Lag p	Chi-squared	p-value
$p = 1$	607.56	$2.2 \cdot 10^{-16}$
$p = 8$	210.19	$6.37 \cdot 10^{-6}$

Hasil uji di tabel 2 tersebut menunjukkan bahwa model VAR(1) merupakan model terbaik yang digunakan pada pemodelan data trafik bulan September 2009 – September 2010.

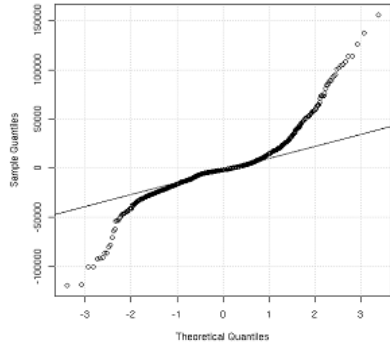
Untuk mengetahui apakah model VAR(1) merupakan model yang sesuai dan valid untuk pemodelan data trafik tersebut, maka harus dilakukan validasi model menggunakan metoda qqplot. Metoda ini dipilih karena menggunakan perbandingan distribusi data pembangkitan model VAR(1) dengan data trafik hasil pengukuran. Gambar 4 menunjukkan hasil validasi menggunakan qqplot. Nampak bahwa perbandingan distribusi antara data model dengan data pengukuran mengikuti garis diagonal sampai data trafik 150 kbit/detik dan mulai posisi trafik 150 kbit/detik tersebut nampak perbandingan distribusi tersebut semakin menjauh. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa pada trafik di atas 150 kbit/detik tersebut sudah mulai terdapat banyak data trafik yang outlier. Pada pemodelan VAR ini tidak dilakukan deteksi outlier. Namun demikian dapat disimpulkan bahwa hasil validasi model VAR(1) merupakan model yang sesuai dan valid untuk pemodelan data trafik spasial tersebut karena distribusi residu model VAR(1) menunjukkan bahwa residu model memiliki distribusi normal dan mempunyai nilai rata-rata sama dengan nol seperti ditunjukkan pada gambar 5 berikut ini.

4.1. Analisis Spasial dengan Granger Causality

Analisis ini untuk mencari hubungan timbal balik (interrelationship) antara variabel trafik pada satu lokasi dengan lokasi trafik yang lain. Apakah masing-masing variabel trafik di masa lampau berpengaruh signifikan atau tidak terhadap variable trafik di lokasi yang lain, atau hanya berpengaruh pada dirinya sendiri saja. Uji ini akan diterapkan dengan menggunakan hasil orde lag $p = 1$ pada model VAR(1).



Gambar 4. Grafik qqplot untuk validasi model



Gambar 5. Uji Distribusi Normal model VAR(1)

Analisis ini bertujuan untuk mempelajari dan menunjukkan bagaimana formulasi matematik dan statistik dapat digunakan untuk mengungkap hubungan sebab-akibat yang terjadi pada trafik masing-masing lokasi. Analisis kausalitas paling mudah dan sederhana diaplikasikan pada model VAR(1). Kemudian dari model VAR(1), dicari kemungkinan hubungan kausalitas yang terjadi dengan menggunakan Uji Statistik F (F-Test). Dari nilai nilai F-test tersebut dapat diperoleh nilai p-value. Oleh karena dalam uji sebelumnya dipilih nilai confidence interval 95%, maka nilai p-value harus lebih kecil dari 5% dengan hipotesa awal $H_0 : x$ tidak granger-cause terhadap y . Kekuatan kausalitas dapat diukur dari besarnya nilai F-test [8].

Tabel 3. Uji Kausalitas Granger Causality

Kausalitas	<i>F-test</i>	<i>p-value</i>
$M \rightarrow E$	0.6556	0.4186
$S \rightarrow E$	2.1732	0.1429
$N \rightarrow E$	0.6993	0.4035
$E \rightarrow M$	4.07×10^{-5}	0.9949
$S \rightarrow M$	3.4246	0.0650
$N \rightarrow M^*$	16.0850	7.36×10^{-5}
$E \rightarrow S^*$	23.3597	1.99×10^{-6}
$M \rightarrow S^*$	17.3228	3.94×10^{-5}
$N \rightarrow S^*$	4.9041	2.74×10^{-2}
$E \rightarrow N$	0.4377	0.5086
$M \rightarrow N$	2.4226	0.1205
$S \rightarrow N$	1.1438	0.2856

Hasil uji kausalitas ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini. Nampak bahwa yang memenuhi terjadinya granger-cause hanya $E \rightarrow S$, $M \rightarrow S$, $N \rightarrow S$ dan $N \rightarrow M$ (pada tabel 3 diberi tanda *). $E \rightarrow S$ berarti bahwa trafik internet pada fakultas teknik (E) mempengaruhi trafik pada Perpustakaan (S). Yang menarik adalah bahwa trafik internet pada Perpustakaan (S) dipengaruhi oleh ketiga trafik lainnya yaitu Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) dan kampus Ubaya Ngagel (N). Trafik dari Fakultas Teknik (E) mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap trafik Perpustakaan (S) dibandingkan dengan kedua trafik lainnya (M dan N). Selain ketiga kausalitas di atas juga terjadi kausalitas searah dari trafik kampus Ubaya Ngagel (N) ke trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M). Kekuatan kausalitas ini hampir sama dengan kausalitas searah antara trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) terhadap trafik internet Perpustakaan (S).

4.2. Analisis Spasial dengan Korelasi

Hasil perhitungan koefisien korelasi ditunjukkan pada gambar 6 dan 7. Gambar 6 menunjukkan koefisien korelasi antara trafik Perpustakaan dengan 3 lokasi trafik lainnya. Nampak bahwa nilai koefisien korelasi ketiganya memiliki nilai antara 0,25-0,3 pada lag 0 di mana hal ini menunjukkan bahwa terjadi korelasi yang cukup kuat antara trafik Perpustakaan (S) dengan ketiga lokasi lainnya yaitu Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) dan kampus Ngagel (N).

Hasil korelasi ini dibandingkan dengan hasil uji kausalitas terdapat keterkaitan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3, bahwa pada uji kausalitas terdapat kausalitas antara trafik Perpustakaan (S) dengan trafik di 3 lokasi lainnya. Arah kausalitas berasal dari trafik Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) dan kampus Ngagel (N) menuju trafik Perpustakaan (S). Dengan kata lain bahwa trafik Perpustakaan (S) dipengaruhi oleh trafik dari Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) dan kampus Ngagel (N).

Gambar 7 menunjukkan koefisien korelasi antara trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) dengan 3 lokasi trafik lainnya. Nampak bahwa nilai koefisien korelasi antara Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) dengan kampus Ngagel (N) memiliki nilai 0,6 pada lag 0 di mana hal ini menunjukkan bahwa terjadi korelasi yang kuat antara Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) dengan kampus Ngagel (N) sedangkan korelasi antara Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) dengan Fakultas Teknik (E) mempunyai nilai 0,15 yang berarti berkorelasi lemah.

Hasil korelasi ini dibandingkan dengan hasil ujikausalitas terdapat keterkaitan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3, bahwa pada uji kausalitas terdapat kausalitas antara Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) dan kampus Ngagel (N) yang arahnya dari trafik

kampus Ngagel (N) menuju trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M). Untuk analisis spasial dengan korelasi untuk trafik lainnya semuanya berkorelasi lemah. Dengan kata lain bahwa trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) dipengaruhi oleh trafik dari kampus Ngagel (N).

Hasil analisis menggunakan korelasi dan Granger Causality menunjukkan saling keterkaitan dalam upaya untuk memperjelas arah korelasi. Dari analisis tersebut membuktikan bahwa hanya nilai koefisien korelasi yang di atas 0,25 saja yang memiliki hubungan kausalitas (granger-cause).

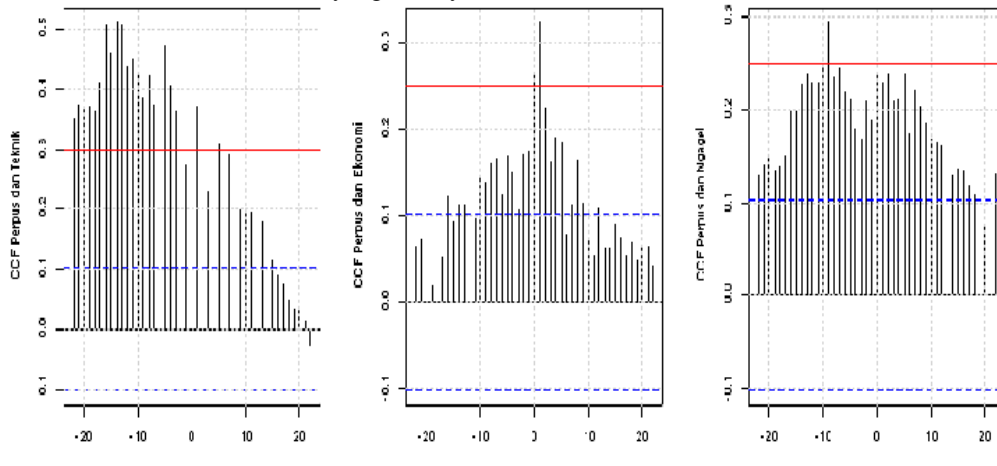
Pola hubungan kausalitas trafik ini diduga terkait dengan aktivitas pengguna internet pada masing-masing lokasi trafik. Apabila dikaitkan dengan distribusi trafik internet pada masing-masing lokasi diperoleh bahwa distribusi trafik pada lokasi trafik kampus Ubaya Ngagel (N) memiliki distribusi trafik yang terbesar dibandingkan dengan lokasi yang lain. Sedangkan pada hasil uji kausalitas diperoleh bahwa pengaruh kausalitas terkuat berada pada lokasi trafik Fakultas Teknik (E).

Pada trafik Perpustakaan (S) merupakan trafik yang dipengaruhi oleh trafik dari 3 lokasi yang lainnya

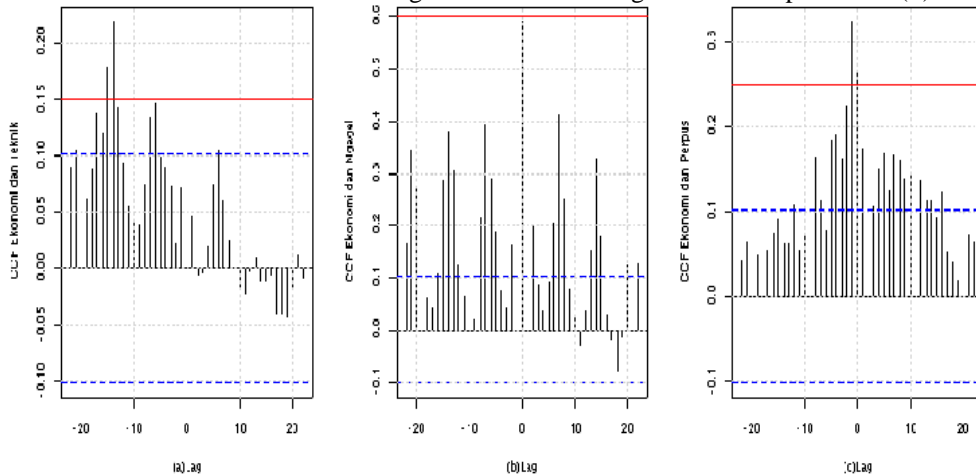
(E, M dan N) sedangkan distribusi trafik yang terkecil berada pada trafik lokasi Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M).

5. Kesimpulan

Analisis spasial trafik dilakukan dengan menggunakan metoda Granger Causality dan korelasi silang pada data trafik internet yang diukur pada 4 lokasi trafik di kampus Ubaya menunjukkan bahwa trafik internet di Perpustakaan (S) dipengaruhi oleh trafik internet dari Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) dan Kampus Ubaya Ngagel (N). Trafik dari Fakultas Teknik (E) memiliki pengaruh yang paling kuat.



Gambar 6. Grafik Korelasi Silang 3 lokasi Trafik dengan Trafik Perpustakaan (S)



Gambar 7. Grafik Korelasi Silang 3 lokasi Trafik dengan Trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M)

Ucapan Terimakasih

Makalah ini merupakan bagian dari hasil penelitian yang didukung oleh LPPM Ubaya. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih atas dukungan dari LPPM dan pihak AdSim Universitas Surabaya.

Referensi

- [1] Kensuke Fukuda, Hideki Takayasu, Misako Takayasu(1999),” Spatial and Temporal Behavior of Congestion in Internet Traffic,” *Fractal* Vol. 7 No.1 (1999) page 23-31
- [2] Luciano Rodrigues, Paulo Roberto Guardieiro (2004),”A Spatial and Temporal Analysis of Internet Aggregate Traffic at the Flow Level”, IEEE Communications Society
- [3] Vidarshana Bandara, Ali Pezeshki, Anura P. Jayasumana (2010),”Modeling Spatial and Temporal Behavior of Internet Traffic Anomalies”, 35th Annual IEEE Conference On Local Computer Networks, LCN 2010, Denver, Colorado
- [4] A.K. Seth. (2005),” Causalities connectivity of evolved neural networks during behavior”, *Network: Computation in Neural Network Systems*
- [5] Xiufang Du, Xiaofei Yan (2008),” Cointegration Analysis on The Relationship of China's Industrial Structure Change and The Oil Demand”, 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM '08.
- [6] Younghun Kim, Rahul Balani, Han Zhao, Mani B. Srivastava (2010), “ Granger Causality Analysis on IP Traffic and Circuit-Level Energy Monitoring”, *Proceeding of The 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing System for Energy Efficiency in Building*, New York, USA
- [7] Bernhard Pfaff (2008), “Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R”, Springer, Second Edition
- [8] Sis Soesetijo, Febrianto Budimulyono, Lukas Hadi Purnama, Welly Wellandow Santoso, Hendrik Setiawan (2011),” Analisis dan Pemodelan Trafik Internet Spasial “, SITIA 12th 2011, ITS Surabaya