

## PEMODELAN VECTOR AR PADA DATA SPASIAL TRAFIK INTERNET DENGAN ANALISIS IMPULSE RESPONSE

Sis Soesetijo

Jurusan Teknik Elektro Universitas Surabaya  
Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293  
email: [ssoesetijo@ubaya.ac.id](mailto:ssoesetijo@ubaya.ac.id)

### Abstrak

Pengukuran trafik internet dilakukan secara spasial dengan mengambil 4 lokasi pengukuran trafik internet di kampus Universitas Surabaya yaitu Fakultas Bisnis dan Ekonomika, Fakultas Teknik, Perpustakaan dan Kampus Ubaya Ngagel. Pengukuran trafik internet dilakukan pada tanggal 3 Nopember 2010 dari jam 03.00 sampai 24.00 dengan sampel waktu per 5 menit. Pemodelan trafik ini merupakan model trafik internet harian menggunakan model VAR (Vector Auto Regressive) dengan validasi model menggunakan uji distribusi normal pada residu model. Dengan menggunakan estimasi AIC (Akaike Information Criterion) diperoleh model VAR dengan lag  $p=4$ . Model VAR(4) ini kemudian dianalisis Impulse Response-nya untuk mengetahui hubungan antar trafik spasialnya. Hasilnya menunjukkan bahwa impulse trafik Fakultas Teknik dan Perpustakaan memberikan response penurunan trafik pada ketiga lokasi lainnya sedangkan impulse dari Fakultas Bisnis dan Ekonomika dan Kampus Ubaya Ngagel memberikan response kenaikan trafik pada ketiga lokasi lainnya.

**Kata Kunci** : model VAR, trafik internet spasial, impulse response, AIC

### 1. PENDAHULUAN

Dalam 3 tahun terakhir terjadi peningkatan trafik internet broadband baik menggunakan teknologi nirkabel atau kabel. Ini terkait promosi yang gencar yang dilakukan oleh operator telepon nirkabel dan operator telepon konvensional sehingga perangkat akses internet dan biaya langganan internet yang semakin murah apalagi jumlah operator telepon yang banyak. Namun peningkatan trafik internet ini akan menyebabkan beban jaringan menjadi semakin berat dan selanjutnya akan mempengaruhi kualitas jaringan. Teknologi akses jamak (multiple akses) jaringan akan semakin memperburuk kualitas jaringan dengan membagi resource jaringan dengan orang lain dan akan bertambah parah jika operator menggunakan jaringan backbone internet yang bandwidthnya terbatas.

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa kualitas jaringan (throughput) pada satu lokasi akan mempengaruhi kualitas jaringan pada lokasi lain dan terdapat kemungkinan kedua lokasi juga akan saling mempengaruhi. Fakta di atas sudah dibahas dan dibuktikan pada makalah (Sis, 2012) yang menyatakan bahwa kualitas kinerja jaringan yang baik ( dengan nilai parameter H kecil ) akan mempengaruhi kinerja jaringan yang buruk (dengan nilai parameter H mendekati atau sama dengan 1) namun tidak sebaliknya. Pada makalah tersebut skala pengukuran trafik internet secara spasial hanya pada lokasi kampus dan menggunakan data volume trafik agregat dengan analisisnya menggunakan metode Granger Causality. Namun kelemahan penggunaan metode ini adalah pengaruhnya hanya sesaat saja (instantaneous Granger Causality), tidak terlihat berapa lama periode pengaruhnya atau berapa lama saling mempengaruhinya. Beberapa analisis trafik secara spasial dapat ditunjukkan pada makalah (Sis, 2011) yang membahas hubungan kausalitas dengan korelasi spasial antar trafik di kampus Ubaya dan makalah (Luciano, 2004) membahas hubungan korelasi spasial antar trafik TCP dan UDP.

Pada makalah ini untuk mengetahui pengaruh trafik satu lokasi dengan lokasi yang lain (berbeda lokasi) menggunakan analisis Impulse Response, dengan metode ini dapat ditunjukkan apakah impulse trafik dari satu lokasi trafik akan memberikan response penurunan atau peningkatan trafik di lokasi lain. Trafik internet yang digunakan merupakan volume trafik agregat dalam satuan bit/detik yang diukur di kampus Universitas Surabaya selama satu hari pada tanggal 3 Nopember 2010 dari jam 03.00 sampai jam 24.00 WIB dengan sampel waktu 5 menit. Pengukuran menggunakan perangkat lunak SNMP (Simple Network Management Protocol) yang diinstal pada 4 lokasi router yaitu Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M), Perpustakaan (S) dan kampus Ubaya Ngagel (N). Untuk menganalisis data trafik menggunakan metode Impulse Response, maka harus digunakan pemodelan multivariate time series dan yang cara termudah untuk pemodelan tersebut adalah menggunakan model Vector Auto Regressive (VAR). Model VAR yang diperoleh dengan nilai lag  $p = 4$  kemudian diinvestigasi lebih lanjut dengan metode Wold Moving Average sehingga diperoleh fungsi impulse response antar lokasi trafik. Hasilnya menunjukkan bahwa impulse trafik Fakultas Teknik (E) dan Perpustakaan (S) memberikan response penurunan trafik pada ketiga lokasi lainnya sedangkan impulse dari

Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) dan Kampus Ubaya Ngagel (N) memberikan response kenaikan trafik pada ketiga lokasi lainnya.

## 2. MODEL VAR(p) DAN IMPULSE RESPONSE

Cara paling mudah untuk mendapatkan analisis impulse response adalah menggunakan pemodelan multivariate time series VAR(p) (Bernhard, 2008). Namun untuk mendapatkan fungsi impulse response dari model VAR harus diinvestigasi menggunakan Wold moving average.

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 :

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

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  $E(u_t u_t') = \Sigma_u$ . Matrik C adalah matrik koefisien yang berdimensi ( $K \times M$ ) dan  $Dt$  merupakan matrik ( $M \times 1$ ). Persamaan (1) dapat ditulis dalam bentuk polinomial lag  $A(L) = (I_K - A_1 - \dots - A_p)$  sebagai berikut :

$$A(L) y_t = CD_t + u_t \quad (2)$$

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

Wold moving average dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$y_t = \Phi_0 u_t + \Phi_1 u_{t-1} + \Phi_2 u_{t-2} + \dots \quad (3)$$

dengan  $\Phi_0 = I_K$  dan matrik  $\Phi_s$  dapat dihitung dengan persamaan

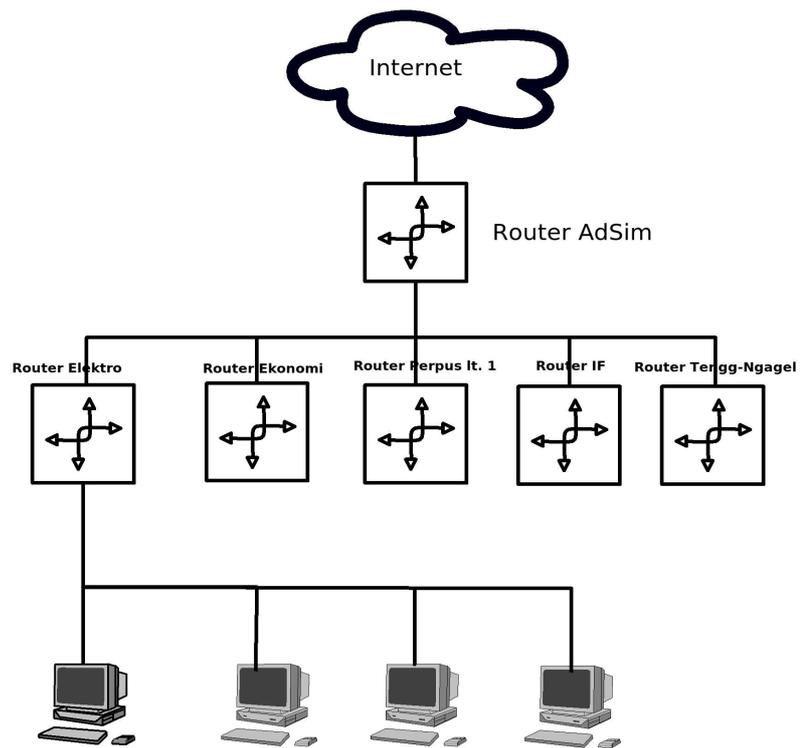
$$\Phi_s = \sum_{j=1}^s \Phi_{s-j} A_j \quad \text{untuk } s = 1, 2, \dots \text{ dan } A_j = 0 \quad \text{untuk } j > p \quad (4)$$

Impulse response digunakan untuk investigasi interaksi dinamis antar variable dan didasarkan pada persamaan (3) sebagai persamaan Wold moving average dan persamaan (4). Koefisien  $(i, j)$  pada persamaan (4) diinterpretasikan sebagai respon dari variable  $y_{i, t+s}$  terhadap perubahan unit pada variable  $y_{jt}$ . Pengaruh ini dapat diakumulasikan melalui waktu  $s = 1, 2, \dots$ . Sehingga diperoleh pengaruh akumulasi dari perubahan variable  $j$  pada variable  $i$  pada waktu  $s$ .

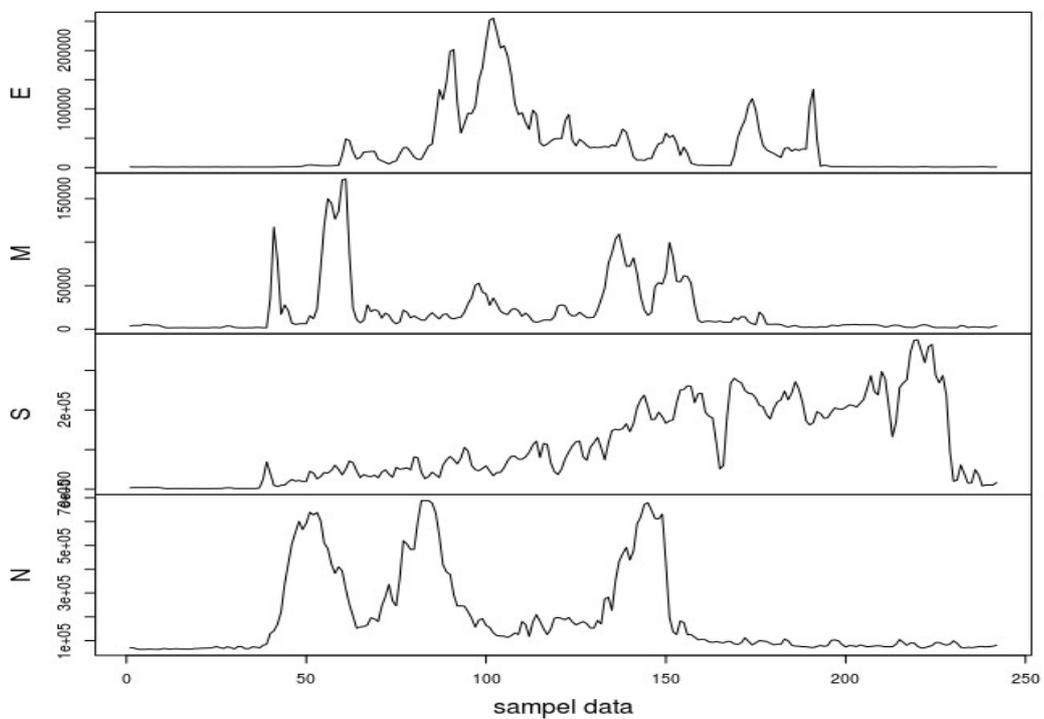
## 3. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dibagi atas beberapa langkah sebagai berikut :

- 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 (Sis, 2011). Data trafik diambil pada tanggal 3 Nopember 2010 dari jam 03.00 sampai 24.00 WIB. Trafik internet agregat yang diukur merupakan trafik *downstream* saja. Pengukuran trafik internet harian menggunakan rata-rata trafik setiap 5 menit ( 5 minutes average ). Hasil pengukuran trafik internet dalam bentuk runtun waktu untuk data trafik internet harian tanggal 3 Nopember 2010 ditunjukkan pada gambar 2 berikut.
- Setelah semua proses pengambilan dan pengolahan data selesai, kemudian dilakukan pemodelan VAR(p) menggunakan perangkat lunak statistik open source statistik R. Sebelumnya data diuji terlebih dulu apakah sudah stasioner atau belum. Langkah ini perlu dilakukan untuk menghindari model yang bersifat heteroskedatik. Untuk menguji apakah model VAR yang dihasilkan sudah sesuai maka dilakukan validasi model dengan menggunakan metoda uji distribusi normal pada residu model. Semua perhitungan dan analisis data trafik pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak statistik R versi 2.14 pada sistem operasi Ubuntu 12.04 kernel 3.2.0-24. Paket library yang digunakan untuk pemodelan VAR(p) adalah paket *vars* yang dapat diunduh di <http://cran.r-project.org/>.



Gambar 1. Topologi Jaringan Internet di Kampus Ubaya



Gambar 2. Grafik Runtun Waktu Trafik Internet Tanggal 3 Nopember 2010

- c) Pada langkah di atas model VAR yang dihasilkan merupakan model yang valid untuk data trafiknya, maka dapat dilanjutkan uji analisis impulse response-nya, setiap ujinya harus dipilih salahsatu lokasi trafiknya sebagai impulse sedangkan yang lain sebagai response. Dalam makalah ini terdapat 4 lokasi trafik, maka akan terdapat 4 impulse dan 12 response trafiknya. Hasil ini akan ditunjukkan dalam bentuk grafik impulse response.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

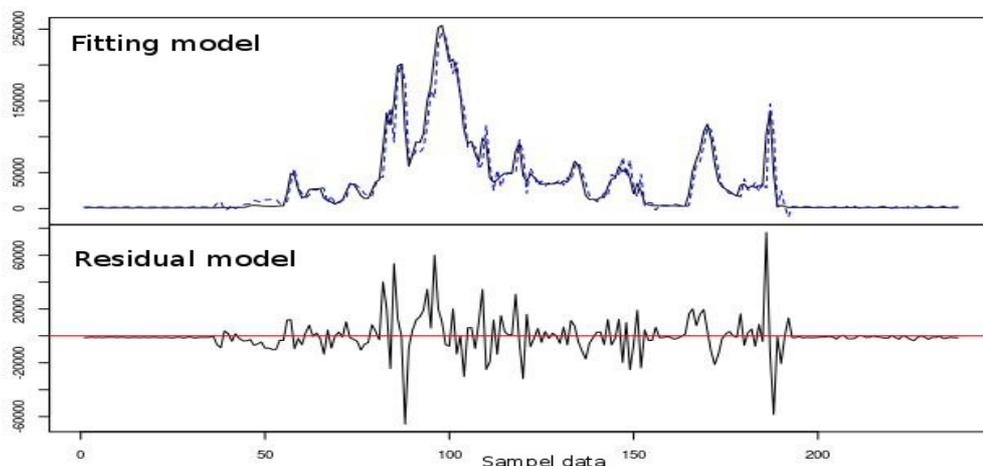
Pada penelitian ini hasil yang dibahas dan dianalisis adalah trafik internet agregat *downstream* pada 4 lokasi router di kampus Universitas Surabaya pada tanggal 3 Nopember 2010. Keempat lokasi router tersebut adalah fakultas Teknik (E), fakultas Bisnis dan Ekonomika (M), Perpustakaan (S) dan kampus Ubaya Ngagel (N). Analisis menggunakan software statistik open source R v2.14 pada sistem operasi Ubuntu 12.04 kernel 3.2.0-24 dengan paket library vars.

Hasil estimasi lag p menggunakan metode AIC diperoleh nilai p = 4 dengan nilai AIC terkecil dengan nilai maksimum 10, hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini.

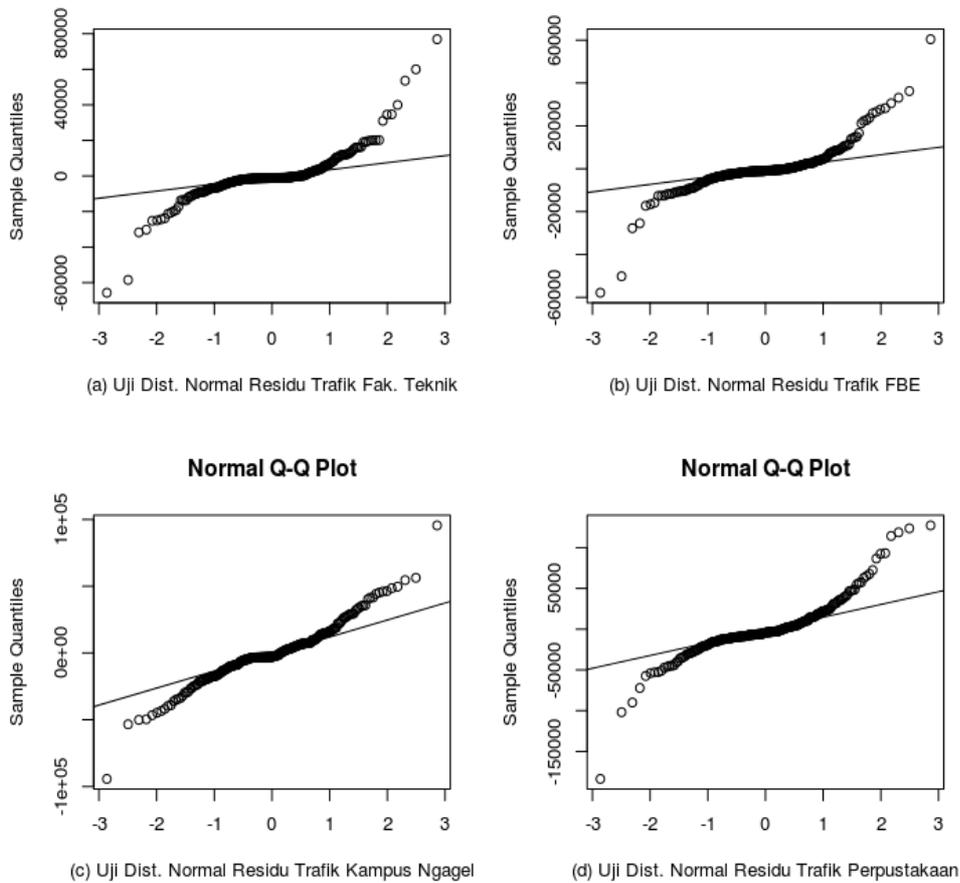
AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)		
4	4	3	4		
<b>Sriteria</b>					
	1	2	3	4	5
AIC(n)	8.001839e+01	7.939090e+01	7.905187e+01	7.887994e+01	7.896333e+01
HQ(n)	8.013822e+01	7.960659e+01	7.936343e+01	7.928737e+01	7.946662e+01
SC(n)	8.031552e+01	7.992573e+01	7.982441e+01	7.989019e+01	8.021129e+01
FPE(n)	5.643586e+34	3.013670e+34	2.147801e+34	1.809593e+34	1.968810e+34
	6	7	8	9	10
AIC(n)	7.889135e+01	7.894633e+01	7.903049e+01	7.907046e+01	7.914174e+01
HQ(n)	7.949051e+01	7.964134e+01	7.982137e+01	7.995721e+01	8.012435e+01
SC(n)	8.037702e+01	8.066970e+01	8.099156e+01	8.126924e+01	8.157822e+01
FPE(n)	1.834591e+34	1.941950e+34	2.117767e+34	2.211238e+34	2.384154e+34

Gambar 3. Estimasi nilai p = 4 dengan metode AIC

Dengan demikian, model yang diperoleh adalah model VAR(4). Untuk memastikan apakah model VAR(4) merupakan model yang valid untuk data trafik agregat tanggal 3 Nopember 2010 maka harus dilakukan uji distribusi normal pada residu modelnya. Residu model merupakan selisih antara data pengukuran dengan data hasil pembangkitan model VAR(4). Grafik fitting antara data pengukuran trafik Fakultas Teknik (garis warna hitam) dan data pembangkitan model (garis putus-putus warna biru) ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini sedangkan dibawahnya merupakan grafik runtun waktu dari residu model. Salahsatu cara untuk menguji apakah model yang dihasilkan merupakan model valid adalah menggunakan uji ditribusi normal pada residu modelnya. Apabila distribusi data residu sudah memenuhi distribusi normal maka model dapat dikategorikan model valid untuk data trafiknya.

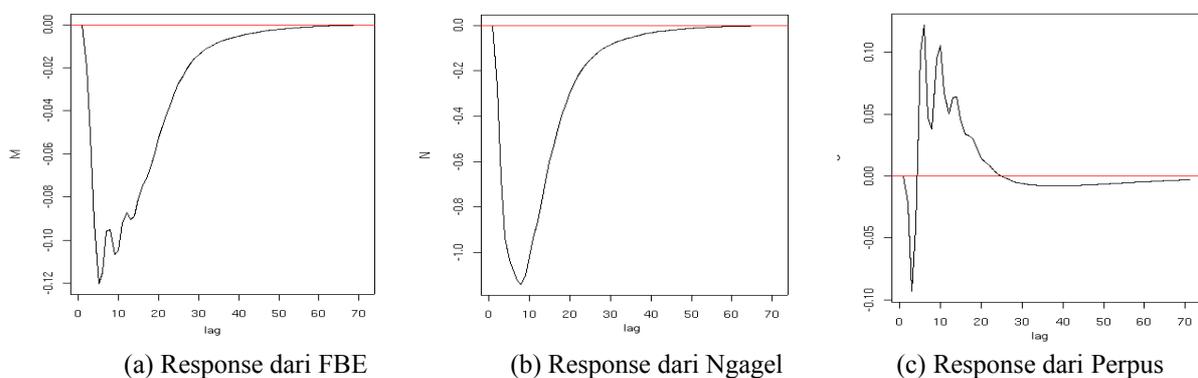


Gambar 4. Fitting Data Pengukuran dan Pembangkitan Model (garis putus-putus biru) beserta Residu modelnya

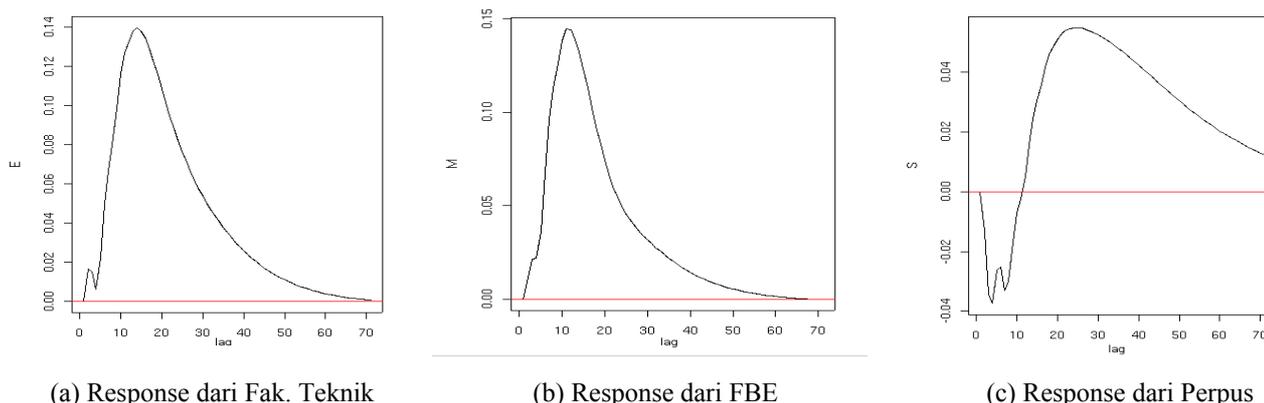


Gambar 5. Uji Distribusi Normal pada masing-masing Residu Model VAR(p)

Gambar 5 menunjukkan hasil uji distribusi normal pada masing-masing residu model VAR(4) dengan garis lurus merupakan garis distribusi normal yaitu gambar 5(a) merupakan hasil uji distribusi normal pada data residu model untuk trafik Fakultas Teknik (E), 5(b) merupakan hasil uji distribusi normal pada data residu model untuk trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M), 5(c) merupakan hasil uji distribusi normal pada data residu model untuk trafik Kampus Ubaya Ngagel (N) dan 5(d) merupakan hasil uji distribusi normal pada data residu model untuk trafik Perpustakaan (S). Dari hasil uji ini menunjukkan bahwa sebagian besar data residu model memenuhi garis distribusi normal sehingga dapat dikatakan bahwa model VAR(4) merupakan model valid untuk data trafik internet tanggal 3 Nopember 2010.



Gambar 6. Grafik Analisis Impulse dari Trafik Fak. Teknik



Gambar 7. Grafik Analisis Impulse dari Trafik Kampus Ubaya Ngagel

Langkah terakhir adalah melakukan analisis impulse response pada masing-masing lokasi trafik. Gambar 6 merupakan hasil dari impulse dari trafik Fakultas Teknik (E) di mana (a) merupakan response dari Fakultas Bisnis dan Ekonomika (b) merupakan response dari kampus Ubaya Ngagel dan (c) merupakan response dari Perpustakaan. Untuk hasil dari impulse dari Fakultas Teknik (E) menyebabkan response penurunan trafik pada lokasi Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) dan lokasi kampus Ngagel (N) sampai pada lag 50. Untuk response penurunan trafik pada lokasi Perpustakaan (S) hanya sampai pada lag 5 setelah itu terjadi kenaikan trafik sampai lag 25. Untuk kasus ini dapat diambil rangkuman bahwa impulse dari trafik Fakultas Teknik (E) menyebabkan response penurunan trafik pada 3 lokasi yang lainnya. Kasus di atas terjadi juga pada impulse dari trafik Perpustakaan (S) dan menyebabkan response penurunan trafik pada 3 lokasi yang lain. Keduanya hanya berbeda pada lamanya response dari masing-masing lokasi saja, hal ini ditunjukkan pada besaran nilai lag-nya.

Gambar 7 merupakan hasil dari impulse dari trafik kampus Ubaya Ngagel (N) di mana (a) merupakan response dari Fakultas Teknik (b) merupakan response dari Fakultas Bisnis dan Ekonomika dan (c) merupakan response dari Perpustakaan. Untuk hasil dari impulse dari kampus Ubaya Ngagel (N) menyebabkan response kenaikan trafik pada lokasi Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) dan lokasi Fakultas Teknik (E) sampai pada lag 50. Untuk response penurunan trafik pada lokasi Perpustakaan (S) hanya sampai pada lag 10 setelah itu terjadi kenaikan trafik sampai lag 80. Untuk kasus ini dapat diambil rangkuman bahwa impulse dari trafik kampus Ubaya Ngagel (N) menyebabkan response kenaikan trafik pada 3 lokasi yang lainnya. Kasus di atas terjadi juga pada impulse dari trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) dan menyebabkan response penurunan trafik pada 3 lokasi yang lain. Keduanya hanya berbeda pada lamanya response dari masing-masing lokasi saja, hal ini ditunjukkan pada besaran nilai lag-nya.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini membahas analisis impulse response dari masing-masing lokasi terhadap 3 lokasi trafik lainnya dengan menggunakan model VAR. Pemodelan VAR merupakan cara paling mudah untuk menganalisis impulse response dengan mendapatkan nilai lag  $p$  sehingga menghasilkan model VAR( $p$ ). Dari hasil analisis data trafik internet harian yang diukur secara spasial tanggal 3 Nopember 2010 dan diolah menggunakan software statistik R versi 2.14 didapatkan model VAR(4). Untuk validasi model digunakan uji distribusi normal pada residu model. Analisis impulse response menunjukkan bahwa impulse dari trafik Fakultas Teknik (E) dan Perpustakaan (S) masing-masing menyebabkan response penurunan trafik pada 3 lokasi yang lainnya dan impulse dari trafik kampus Ubaya Ngagel (N) dan Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) masing-masing menyebabkan response kenaikan trafik pada 3 lokasi yang lainnya. Secara umum dapat dikatakan bahwa response kenaikan maupun penurunan trafik hanya terjadi sampai lag 50. Dengan sampel data setiap 5 menit maka dapat disimpulkan bahwa response penurunan atau kenaikan hanya terjadi selama 250 menit (4 jam 10 menit).

## DAFTAR PUSTAKA

- Bernhard Pfaff, 2008, *Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R*, Springer, Second Edition
- Luciano Rodrigues, Paulo Roberto Guardieiro, 2004, *A Spatial and Temporal Analysis of Internet Aggregate Traffic at the Flow Level*, IEEE Communications Society
- Sis Soesetijo, Kallista Wening Krisnanda, 2012, *Analisis Hubungan Kausalitas Pada Trafik Internet Spasial*

*Berdasarkan Kinerja Jaringannya*, Seminar Nasional Komputer dan Elektro (Senaputro 2012), Universitas Surakarta, 10 Maret 2012  
Sis Soesetijo, Febrianto Budimulyono, Lukas Hadi Purnama, Welly Wellandow Santoso, Hendrik Setiawan, 2011, *Analisis Spasial Trafik Internet Agregat*, 13<sup>th</sup> IES 2011 PENS ITS Surabaya, 26 Oktober 2011