

ANALISIS HUBUNGAN KAUSALITAS PADA TRAFIK INTERNET SPASIAL BERDASARKAN KINERJA JARINGANNYA

Sis Soesetijo¹⁾, Kallista Wening Krisnanda²⁾

^{1,2)} Teknik Elektro, Universitas Surabaya

¹⁾ssoesetijo@ubaya.ac.id, ²⁾kkrisnanda@gmail.com

Abstract

This paper presents the analysis of causal relationships in the internet traffic measured at four different traffic locations (spatial measurements) on Universitas Surabaya campus. Analysis of causality relationships is based on self-similarity traffic characteristics which are expressed by the Hurst parameter (H). The greater of H parameter value worse the network performance. The methods used in causality analysis is Granger Causality, the method is tested whether the Internet traffic in one location do not affect each other or against other Internet traffic location. The causality pattern is analyzed based on the H parameter. The result show Internet traffic with a small value of the H parameter in one location will affect traffic to the other locations but not vice versa. Meanwhile, between locations that have a large H parameter values are not mutually exclusive.

Keywords— causality relationship, granger causality, H parameter, spasial internet traffic

PENDAHULUAN

Operator telekomunikasi semakin agresif memposisikan diri sebagai penyedia layanan data baik layanan mobile broadband maupun tetap. Transformasi layanan ini diharapkan bisa mempercepat peningkatan penetrasi internet di Indonesia yang saat baru mencapai 20 persen dari populasi penduduk.

Peningkatan penetrasi internet memberikan dampak peningkatan volume trafik sehingga membebani jaringan. Untuk mempertahankan kinerja jaringan maka harus dilakukan upaya terus menerus memonitor kualitas jaringan dan melakukan analisis kinerja jaringan sehingga peningkatan kualitas (termasuk menambah bandwidth) akan mengimbangi kebutuhan akan layanan data trafik internet. Kualitas jaringan telekomunikasi lebih sering disebut kinerja jaringan (network performance) meliputi throughput,

packet delay, packet loss dan jitter.

Pengukuran kinerja jaringan terbagi secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung, untuk memperoleh parameter throughput, packet delay, packet loss dan jitter secara realtime menggunakan perangkat lunak seperti netperf, pathload atau iperf seperti disampaikan pada makalah [1,2].

Pada penelitian [3] pengukuran kinerja jaringan secara tidak langsung yaitu dengan pengukuran volume trafik internetnya kemudian dari data trafik itu diolah dengan menggunakan pemodelan trafik Fractional Auto Regressive Integrated Moving Average (FARIMA). Hasil pemodelan FARIMA (p,d,q) dianalisis sedemikian rupa sehingga diperoleh parameter Hurst (H parameter) yang merupakan parameter untuk menunjukkan sifat self-similarity dari trafik internet. Semakin besar nilai H semakin besar pula nilai packet delay-nya sehingga semakin rendah kualitas jaringannya.

Pada makalah [4] dilakukan pengukuran parameter H pada data trafik hasil simulasi dan hasil pengukuran. Untuk mendapatkan parameter H dilakukan dengan 3 metoda yaitu R/S, Whittle dan Wavelet. Sedangkan pada makalah [5] pengukuran parameter H dilakukan pada data trafik yang diukur secara real time dengan menggunakan metoda R/S. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai $H = 0.5$ menunjukkan bahwa beban jaringan pada kondisi normal, semakin tinggi nilai H semakin berat beban pada jaringan.

Pada penelitian ini dilakukan analisis hubungan sebab akibat (kausalitas) berdasarkan kinerja jaringan yang dinyatakan dengan parameter- H . Untuk memperoleh hubungan kausalitas antar trafik di masing-masing lokasi trafik, dilakukan uji kausalitas menggunakan metoda Granger Causality. Metode 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 berdasarkan kinerja jaringan. Untuk mewakili fungsi trafik secara 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).

Hasil uji dan analisis terhadap 4 data trafik internet harian yang diukur secara spasial dan *real time* pada Bulan Oktober dan Nopember 2010 menunjukkan bahwa trafik internet dengan parameter H bernilai kecil pada satu lokasi akan mempengaruhi trafik dengan parameter H bernilai besar pada lokasi yang lain namun tidak sebaliknya. Sedangkan antar lokasi yang mempunyai parameter H bernilai besar bersifat tidak saling mempengaruhi.

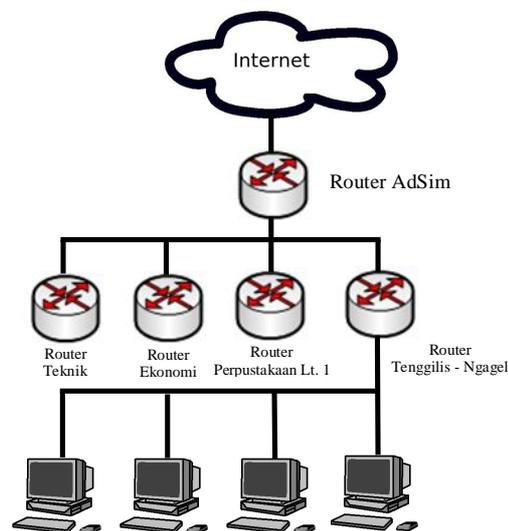
METODE PENELITIAN

Penelitian ini mempunyai tahapan metode penelitian yaitu pengukuran trafik internet harian pada 4 lokasi trafik yang berbeda, memodelkan data trafik internet dengan model FARIMA untuk mendapatkan parameter-H dan mendapatkan parameter kausalitas dengan menggunakan metode Granger Causality dengan menggunakan model VAR. Semua tahapan metode tersebut dijelaskan pada sub-bab berikut.

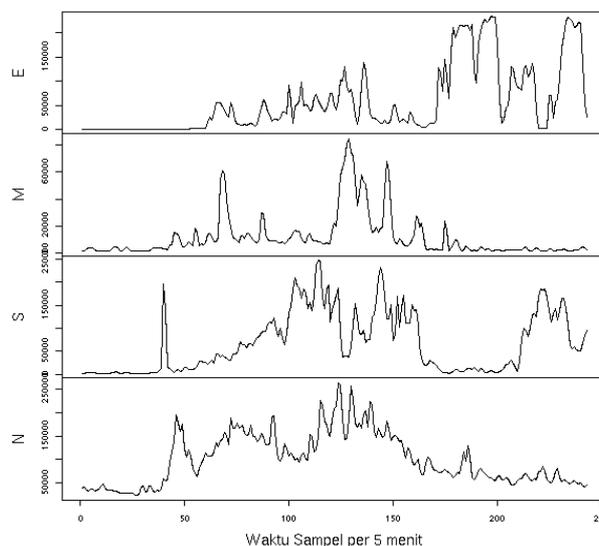
2.1 Sistem Pengukuran Trafik Internet Agregat

Pada penelitian ini pengukuran trafik internet pada 4 (empat) lokasi trafik internet di Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M), Perpustakaan (S) dan kampus Ubaya Ngagel (N). Pencatatan dan pengukuran trafik internet menggunakan perangkat lunak Simple Network Management Protocol (SNMP). Pengukuran trafik telah dilakukan yaitu 4 hari pada bulan Oktober dan Nopember 2010. Pemilihan 4 data trafik internet harian dilakukan secara acak yaitu data trafik tanggal 13 Oktober, dan 3 hari di bulan Nopember yaitu tanggal 10, 23 dan 28 Nopember 2010. Trafik yang diukur merupakan trafik internet harian yang diukur pada jam 03.00 WIB sampai jam 23.59 WIB dengan sampel waktu setiap 5 menit. Trafik hasil pengukuran ini merupakan trafik internet agregat di mana trafik yang terukur merupakan trafik gabungan dari beberapa protokol internet yang melewati masing-masing router. Topologi jaringan internet yang diukur ditampilkan pada gambar 1. Sedangkan gambar 2 menunjukkan grafik runtun waktu traffic internet hasil pengukuran pada tanggal 13 Oktober 2010 dengan sampel pengukuran setiap 5 menit.

Pengukuran volume trafik dinyatakan dalam satuan bit/detik. Data trafik internet yang terukur merupakan data trafik downstream agregat yaitu trafik downstream yang digunakan dalam penelitian ini tidak membedakan protokol dan jenis trafik yang lewat.



Gambar 1. Topologi Jaringan



Gambar 2. Grafik Runtun Waktu Trafik Internet Harian pada tanggal 13 Oktober 2010

2.2 Kinerja Jaringan dengan Parameter-H

Pengukuran kinerja jaringan terbagi secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung, untuk memperoleh parameter throughput, packet delay, packet loss dan jitter secara realtime

menggunakan perangkat lunak seperti netperf, pathload atau iperf seperti disampaikan pada makalah [1, 2]. Pengukuran kinerja jaringan secara tidak langsung yaitu dengan pengukuran volume trafik internetnya kemudian dari data trafik itu diolah sedemikian rupa untuk memperoleh parameter Hurst (H parameter) yang merupakan parameter untuk menunjukkan sifat self-similarity dari trafik internet. Untuk mendapatkan parameter H dilakukan dengan 3 metoda yaitu R/S, Whittle dan Wavelet [3,4,5].

Pada penelitian ini untuk memperoleh parameter-H digunakan pemodelan FARIMA (p,d,q) dengan menggunakan metode Whittle. Fractional Autoregressive Integrated Moving Average (FARIMA) merupakan modifikasi bentuk runtun waktu dari ARIMA. Model ARIMA (p,d,q) berubah menjadi FARIMA (p,d,q) di mana nilai $d \in (0, \frac{1}{2})$ bukan nilai d dengan bilangan bulat lagi. Apabila koefisien ϕ dan θ sudah diketahui sehingga mendapatkan model yang stasioner dengan $d \in (0, \frac{1}{2})$, model yang didapatkannya merupakan Long Range Dependence (LRD) dengan $H = d + \frac{1}{2}$. Koefisien ϕ dan θ masing-masing merupakan koefisien dari AR dan MA. Tingkat self-similarity dinyatakan dalam besarnya parameter H. Nilai $H = 0.5$ menunjukkan bahwa beban jaringan pada kondisi normal, semakin tinggi nilai H semakin berat beban pada jaringan [3].

2.3 Hubungan Kausalitas

Tujuan dari uji hubungan 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 Vector Auto Regressive atau 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_{2t} “granger-cause” y_{1t} apabila $\alpha_{12,t} \neq 0$ 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) [6].

Metoda Granger Causality sudah berhasil diaplikasikan pada beberapa bidang antara lain pada bidang biomedik seperti pada makalah [7], bidang ekonomi pada makalah [8] dan bidang energi pada makalah [9] serta bidang telekomunikasi multimedia pada makalah [10].

Kemudian dari model VAR(p), 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 pada makalah [10,11] dipilih nilai confidence interval 95%, maka nilai p-value harus lebih kecil dari 5% (0.05) dengan hipotesa awal $H_0 : x$ tidak granger-cause terhadap y.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada makalah ini dibahas 4 data trafik internet harian menggunakan perangkat lunak opensource R versi 2.12.2 pada sistem operasi Linux Mandriva. Data trafik harian tersebut adalah trafik tanggal 13 Oktober dan 10, 23 dan 28 Nopember 2010. Pada pembahasan awal dilakukan perhitungan pada trafik tanggal 13 Oktober 2010.

Koefisien ϕ_1 dan ϕ_2 merupakan koefisien dari AR, sedangkan θ_1 dan θ_2 merupakan koefisien dari MA. Nilai RMSE dari masing-masing pemodelan pada 4 lokasi bernilai cukup kecil. Hasil pemodelan FARIMA terhadap data trafik tanggal 13 Oktober 2010 dengan menggunakan metoda whittle ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Model FARIMA

lokasi	FARIMA (p,d,q)	ϕ_1	ϕ_2	θ_1	θ_2	RMSE
E	2,0,5,2	0.56	0.18	0.13	-0.25	0.5
M	1,0,48,2	0.99	0	-0.3	-0.61	0.38
N	0,0,5,2	0	0	0.83	-0.14	0.15
S	2,0,38,2	1.03	-0.07	-0.27	-0.4	0.39

Perhitungan parameter H dapat dilakukan dengan memanfaatkan persamaan $H = d + \frac{1}{2}$. Hasil perhitungan parameter H ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini. Nilai H maksimal adalah 1 yang menunjukkan kinerja jaringan yang sangat buruk. Dengan kata lain semakin rendah nilai parameter H, maka kinerja jaringan semakin baik. Besarnya parameter H ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Parameter H

lokasi	FARIMA (p,d,q)	$H = d + 1/2$
E	$(p = 2, d = 0.5, q = 2)$	1
M	1,0.48,2	0.98
N	0,0.5,2	1
S	2,0.38,2	0.88

Tabel 3. Uji Kausalitas Granger Causality dan Parameter-H pada trafik 13 Oktober 2010

Kausalitas		<i>p-value</i>	<i>H</i>
sebab	akibat		
M*	E	0.03211	0.98
	S		
	N		
E	M	0.1494	1
	S		
	N		
S*	M	0.03988	0.88
	E		
	N		
N	M	0.07987	1
	E		
	S		

Hasil uji kausalitas dan perhitungan nilai parameter H pada trafik tanggal 13 Oktober 2010 ditunjukkan pada tabel 3 berikut. Nampak bahwa yang memenuhi terjadinya *granger-cause* hanya dari lokasi trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) dan Perpustakaan (S) dengan *p-value* lebih kecil dari 5% (0.05). Trafik dari lokasi Fakultas Bisnis dan Ekonomi (M) mempengaruhi trafik dari tiga lokasi trafik lainnya (E, S, N) Demikian juga pada trafik di lokasi Perpustakaan (S) mempengaruhi trafik pada 3

lokasi trafik yang lainnya (M, E, N). Apabila trafik pada lokasi M dan S dilihat nilai parameter-H mempunyai nilai lebih kecil dibandingkan dengan trafik pada lokasi E dan N.

Uji kausalitas dan perhitungan nilai parameter-H juga dilakukan pada data trafik tanggal 10 Nopember 2010 dengan cara yang sama seperti data tanggal 13 Oktober 2010. Hasilnya ditunjukkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Uji Kausalitas Granger Causality dan Parameter-H pada trafik 10 Nopember 2010

Kausalitas		<i>p-value</i>	<i>H</i>
sebab	akibat		
M	E	0.22	0.999998
	S		
	N		
E	M	0.7593	1
	S		
	N		
S	M	0.4965	0.9999965
	E		
	N		
N	M	0.1283	0.999996
	E		
	S		

Nampak bahwa tidak ada yang memenuhi terjadinya *granger-cause* pada semua lokasi trafik di mana pada masing-masing lokasi trafik mempunyai nilai parameter-H yang mendekati 1 atau sama dengan 1 atau dengan kata lain kondisi jaringan yang berat dengan trafik internet yang tinggi.

Langkah-langkah uji kausalitas dan perhitungan parameter-H juga dilakukan pada 2 data trafik yang lain yaitu trafik internet tanggal 23 dan 28 Nopember 2010. Hasilnya menunjukkan kecenderungan yang

sama bahwa trafik internet dengan parameter H bernilai kecil pada satu lokasi akan mempengaruhi trafik dengan parameter H bernilai besar (mendekati atau sama dengan 1) pada lokasi yang lain dan tidak sebaliknya. Sedangkan antar lokasi trafik yang mempunyai parameter H bernilai besar (mendekati atau sama dengan 1) bersifat tidak saling mempengaruhi.

KESIMPULAN

Pada uji kausalitas dan perhitungan parameter-H terhadap 4 data trafik internet yang diukur secara *realtime* dan spasial yaitu trafik di lokasi Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M), Perpustakaan (S) dan kampus Ubaya Ngagel (N) di kampus Universitas Surabaya menunjukkan bahwa :

- ▲ trafik internet dengan parameter H bernilai kecil pada satu lokasi akan mempengaruhi trafik dengan parameter H bernilai besar (mendekati atau sama dengan 1) pada lokasi yang lain dan tidak sebaliknya. Hasil ini ditunjukkan pada trafik internet tanggal 13 Oktober dan 28 Nopember 2010
- ▲ antar lokasi trafik yang mempunyai parameter H bernilai besar (mendekati atau sama dengan 1) bersifat tidak saling mempengaruhi. Hasil ditunjukkan pada trafik internet tanggal 10 dan 23 Nopember 2010.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Surabaya yang telah memberi dukungan finansial terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kevin Lai, Mary Baker (1999), Measuring Bandwidth, *INFOCOM '99. Eighteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*. Volume: 1
- [2] M. Jain, C. Dovrolis (2003), End-to-end available bandwidth: measurement methodology, dynamics, and relation with TCP throughput, *Networking, IEEE/ACM Transactions on Volume: 11, Issue: 4*
- [3] Sis Soesetijo, Kallista Wening (2011), Perbandingan Kinerja Jaringan Internet Kampus Berdasarkan Karakteristik Trafik Self-similarity, *Konferensi Nasional ICT&M, Politeknik Telkom, Bandung*
- [4] Kihong Park, Gitae Kim, Mark Crovella (1997), On the Effect of Traffic Self-Similarity on Network Performance,

Proceeding of the 1997 SPIE International Conference on Performance and Control of Network Systems

- [5] Richard G. Clegg (2006), A Practical Guide to Measuring The Hurst Parameter , *International Journal of Simulation : System, Science and Technology* 7 (2), pp. 3-14
- [6] Bernhard Pfaff (2008), “*Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R*”, Springer, Second Edition
- [7] A.K. Seth. (2005),” Causalities connectivity of evolved neural networks during behavior”, *Network: Computation in Neural Network Systems*
- [8] 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*.
- [9] 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*
- [10] Sis Soesetijo, Febrianto Budimulyono, Lukas Hadi Purnama, Welly Wellandow Santoso, Hendrik Setiawan (2011), Analisis Spasial Trafik Internet Agregat , *13th IES 2011 PENS ITS Surabaya, Oktober 2011*
- [11] Sis Soesetijo, Febrianto Budimulyono, Lukas Hadi Purnama, Welly Wellandow Santoso, Hendrik Setiawan (2011), “Analisis dan Pemodelan Trafik Internet Spasial”, *SITIA 12th 2011, ITS Surabaya*