

Analisis Kointegrasi Trafik Internet Spasial

Sis Soesetijo

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Surabaya

Jl. Raya Kalirungkut, Surabaya 60293

e-mail : ssoesetijo@ubaya.ac.id

Abstrak

Analisis kointegrasi ini digunakan untuk mengetahui hubungan jangka panjang dan ketergantungan antar trafik internet. Apakah trafik internet dari satu lokasi akan saling mempengaruhi trafik internet pada lokasi lain. Pengukuran trafik internet dilakukan secara spasial selama satu hari pada 4 lokasi yang berbeda di kampus Universitas Surabaya. Ke-empat lokasi pengukuran trafik tersebut adalah Fakultas Teknik, Fakultas Bisnis dan Ekonomika, Perpustakaan dan Kampus Ubaya Ngagel. Pengukuran dilakukan secara agregat yaitu pengukuran dilakukan pada sisi downstream tanpa membedakan protokol dan aplikasi yang melalui jaringan internet. Analisis kointegrasi menggunakan metoda uji kointegrasi Johansen. Hasilnya membuktikan bahwa terdapat hubungan linier antar trafik spasial yang tidak berubah tergantung waktu dan juga menunjukkan sifat stasioner terhadap ruang.

Kata Kunci : trafik internet, spasial, uji kointegrasi Johansen, agregat, stasioner

Pendahuluan

Analisis kointegrasi banyak digunakan dalam bidang ekonometrik untuk mengetahui hubungan jangka panjang antar variabel ekonomi, apakah sebuah variabel ekonomi akan saling mempengaruhi variabel ekonomi yang lain dan melihat ketergantungan antar variabel ekonomi. Beberapa makalah yang terkait bidang ekonomi yang dianalisis dengan metoda kointegrasi disampaikan pada makalah [1][2]. Bidang yang terkait dengan bidang teknik dan bidang ekonomi seperti disampaikan pada makalah [3] yang membahas analisis hubungan konsumsi listrik dengan variabel ekonomi, dari makalah ini diketahui terdapat hubungan jangka panjang yang bersifat linier di mana konsumsi listrik di China dipengaruhi variabel ekonomi seperti pertumbuhan jumlah penduduk dan Gross Domestic Product (GDP). Bidang telekomunikasi yang menganalisis menggunakan metoda kointegrasi dan kausalitas Granger disampaikan pada makalah [4] yaitu analisis hubungan antar curah hujan pada satu lokasi dengan curah hujan di lokasi berbeda terhadap propagasi gelombang milimeter.

Dengan menggunakan metoda kointegrasi yang sama, pada penelitian ini digunakan untuk menganalisis hubungan antar trafik internet yang diukur secara spasial pada 4 lokasi berbeda di kampus Universitas Surabaya. Trafik internet yang dimaksud adalah bandwidth sesungguhnya (throughput) atau dikenal juga dengan volume trafik. Penggunaan metoda ini dapat diketahui dampak perubahan trafik internet pada satu lokasi karena adanya pemakaian trafik pada lokasi yang berbeda. Analisis kointegrasi akan menghasilkan hubungan linier antar variabel trafik pada lokasi berbeda sehingga perubahan trafik pada satu lokasi dengan trafik pada lokasi yang berbeda akan dapat diketahui. Perubahan trafik yang dimaksud dapat diartikan kenaikan atau penurunan trafik internet pada satu lokasi akan berdampak pada penurunan atau kenaikan trafik pada lokasi berbeda. Situasi ini sangat penting bagi seorang administrator jaringan untuk dapat mengatur pengelolaan trafik yang seimbang antar lokasi trafik. Bahkan untuk perencanaan jaringan di masa depan membutuhkan pengetahuan tentang beban dan kinerja trafik antar lokasi router. Penggunaan analisis kointegrasi akan memperjelas besaran perubahan atau penurunan volume trafik dan dampaknya besaran perubahan atau penurunan pada trafik lokasi berbeda. Hal ini akan memperkuat hasil pada makalah [5] yang menganalisis hubungan kausalitas antar trafik berbeda lokasi menggunakan metoda kausalitas Granger, hasilnya bahwa trafik internet lokasi mana yang mempengaruhi dan dipengaruhi oleh trafik internet yang lain namun besaran perubahan atau penurunan tidak diketahui. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan secara spasial pada 4 lokasi berbeda di kampus Universitas Surabaya yaitu lokasi router di Fakultas Teknik (disimbolkan dengan E), router di Fakultas Bisnis dan Ekonomika (disimbolkan dengan M), router di gedung Perpustakaan (disimbolkan dengan S) dan router di kampus Ubaya Ngagel (disimbolkan dengan N). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SNMP dengan sampel waktu setiap 5 menit dari pukul 03.00 sampai 23.59 WIB pada tanggal 3 Nopember 2010. Data trafik internet yang terukur merupakan data trafik downstream agregat yaitu trafik downstream yang digunakan dalam penelitian ini tidak membedakan protokol, aplikasi dan jenis trafik yang lewat.

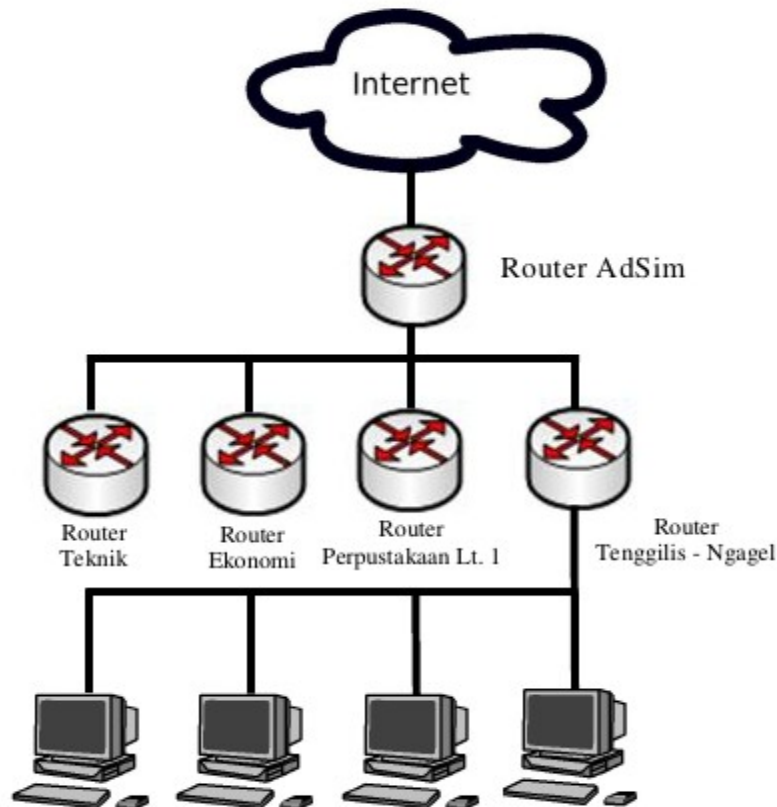
Hasil analisis menunjukkan terdapat hubungan linier jangka panjang (tidak tergantung waktu) antar trafik internet yang berbeda lokasi dan terdapat ketergantungan trafik spasial. Hubungan ini dinyatakan dalam persamaan kointegrasi dan bersifat stasioner terhadap ruang atau lokasi.

Metodologi Penelitian

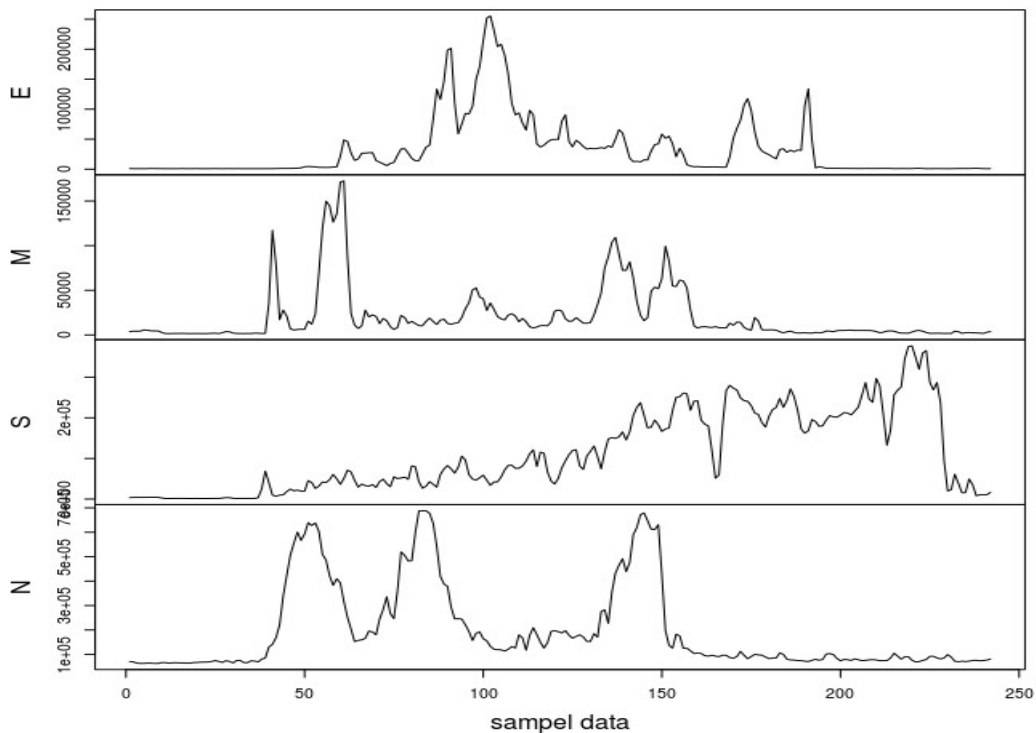
Penelitian ini mempunyai 4 tahapan metode yaitu pengukuran trafik internet harian pada 4 lokasi trafik yang berbeda di kampus Universitas Surabaya yaitu di Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M), Perpustakaan (S) dan kampus Ubaya Ngagel (N), pengujian data trafik apakah stasioner atau tidak, penentuan orde lag p dengan metode AIC dan tahapan yang terakhir adalah perhitungan model kointegrasi.

Sistem Pengukuran

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran trafik internet pada 4 (empat) lokasi trafik. Pencatatan dan pengukuran trafik internet menggunakan perangkat lunak Simple Network Management Protocol (SNMP). Pengukuran trafik telah dilakukan sebelumnya yaitu pada tanggal 3 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 dan aplikasi internet yang melewati masing-masing router. Topologi jaringan internet yang diukur ditampilkan pada gambar 1. Sedangkan gambar 2 menunjukkan grafik runtun-waktu trafik internet hasil pengukuran 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 Pengukuran Trafik Internet di Kampus Universitas Surabaya



Gambar 2. Grafik Runtun Waktu Trafik Internet Harian diukur pada 3 Nopember 2010

Konsep Kointegrasi Johansen

Gagasan dibalik kointegrasi adalah menemukan kombinasi linier antara data runtun-waktu nonstasioner I(d) yang menghasilkan orde yang lebih rendah [6]. Secara formal kointegrasi dapat terjadi jika antara komponen-komponen vektor x_t merupakan komponen yang nonstasioner atau dapat disimbolkan sebagai I(d) dengan $d \neq 0$. Teori kointegrasi bertujuan untuk menemukan hubungan keseimbangan antara data-data (variabel) yang nonstasioner dan membedakan apakah terdapat hubungan keseimbangan jangka panjang. Sebelum dilakukan analisis kointegrasi, kombinasi variabel-variabelnya harus nonstasioner [3].

Model Vector Autoregression (VAR) dengan lag p dapat dinyatakan dengan

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \mu_t \quad (1)$$

Dengan asumsi semua y_t adalah I(1), persamaan (1) dapat ditransformasikan menjadi persamaan model Vector Error Corection (VECM) sehingga diperoleh persamaan berikut

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-p} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \mu_t \quad (2)$$

di mana :

$$\Pi = \sum_{j=1}^p \beta_j - I_g \quad \text{dan} \quad \Gamma_i = \sum_{j=1}^i \beta_j - I_g \quad \text{dengan } I_g \text{ merupakan matrik identitas dengan } g \text{ tahapan.}$$

Matrik Π merupakan matrik koefisien yang menunjukkan variabel hubungan jangka panjang. Jika variabel dalam kondisi keseimbangan jangka panjang, maka turunan pertama dari persamaan (2) merupakan vektor nol dan $E(\mu_t) = 0$ sehingga $\Pi y_{t-p} = 0$.

Jika semua variabel endogen adalah I(1), dan jika semua variabel-variabel dari $\Pi y_{t-p} = I(0)$, eror stokastiknya merupakan proses stasioner. Maka dengan demikian

$$0 < \text{Rank}(\Pi) = m < g$$

terdapat matrik α dan β , sehingga

$$\Pi = \alpha \beta'$$

Persamaan (2) dapat ditransformasikan menjadi persamaan (3) berikut

$$\Delta y_t = \alpha \beta' y_{t-p} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta_{t-i} + \mu_i \quad (3)$$

Setiap komponen dari $\beta' y_{t-p}$ merupakan variabel stasioner dan membentuk kombinasi variabel stasioner sehingga variabel-variabel $y_{1,t-1}, y_{2,t-1}, \dots, y_{g,t-1}$ merupakan kointegrasi. Bentuk dan nilai dari hubungan kointegrasi ditentukan oleh matrik β' .

Hasil dan Pembahasan

Pada makalah ini, semua perhitungan dan analisis data trafik internet menggunakan perangkat lunak pengolah statistik opensource R versi 2.15.0 pada sistem operasi Ubuntu 12.04. Untuk data trafik internet harian tanggal 3 Nopember 2010, pengukuran dilakukan antara jam 03.00 sampai 23.59 WIB dengan waktu sample setiap 5 menit dengan menggunakan SNMP. Trafik internet antara jam 00.00 – 03.00 WIB untuk keempat lokasi pengukuran hampir semuanya dapat dikatakan tidak terdapat volume trafiknya. Hasil pengukuran trafik internet spasial 3 Nopember 2010 ditampilkan pada gambar 2. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji stasioner terhadap data trafik menggunakan metoda Augmented Dickey Fuller (ADF) dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Stasioner dengan metoda ADF

Lokasi Pengukuran Trafik	Statistical Test Value	Confidences Interval	
		99 %	95 %
Fak. Teknik (E)	- 2.58	- 3.99	- 3.34
Fak. Bisnis & Ekonomika (M)	- 3.63*		
Kampus Ngagel (N)	- 2.62		
Gedung Perpustakaan (S)	- 1.72		

Tabel 1 merupakan hasil uji stasioner terhadap data trafik internet tanggal 3 Nopember 2010 dan menunjukkan bahwa data trafik merupakan data nonstasioner. Data nonstasioner ditunjukkan dengan nilai nilai uji statistik (statistical test value) lebih besar dari nilai kritisnya (critical value) baik pada 1% (confidence interval 99%) dan 5% (confidence interval 95%) kecuali data trafik pada lokasi Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) yang stasioner hanya pada tingkat kepercayaan 95% saja.

Setelah data trafik teruji nonstasioner maka dilakukan perhitungan orde lag p dengan menggunakan metoda Akaike Information Criterion (AIC). Nilai orde p ini akan digunakan untuk menghitung model kointegrasi. Hasil perhitungan ditampilkan pada gambar 3 berikut.

```

$selection
AIC(n)  HQ(n)  SC(n) FPE(n)
      4      4      3      4

$criteria
          1          2          3          4          5
AIC(n)  8.000784e+01  7.935931e+01  7.904472e+01  7.885925e+01  7.894563e+01
HQ(n)   8.015073e+01  7.959746e+01  7.937813e+01  7.928793e+01  7.946956e+01
SC(n)   8.036223e+01  7.994996e+01  7.987163e+01  7.992243e+01  8.024506e+01
FPE(n)  5.584461e+34  2.920112e+34  2.132718e+34  1.772835e+34  1.934716e+34
          6          7          8
AIC(n)  7.886999e+01  7.893263e+01  7.901708e+01
HQ(n)   7.948918e+01  7.964709e+01  7.982679e+01
SC(n)   8.040569e+01  8.070459e+01  8.102530e+01
FPE(n)  1.796397e+34  1.916338e+34  2.090634e+34
    
```

Gambar 3. Hasil Perhitungan Orde lag p dengan metoda AIC

Nampak pada gambar 3 bahwa orde lag p menggunakan metoda AIC dengan nilai yang terkecil adalah p = 4, dengan demikian nilai ini akan digunakan untuk menghitung model kointegrasi Johansen.

Salahsatu syarat utama terjadinya kointegrasi adalah data bersifat nonstasioner telah terpenuhi, maka uji data trafik untuk model kointegrasi dapat dihitung dengan menggunakan orde $p = 4$. Hasil uji kointegrasi Johansen ditampilkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Kointegrasi Johansen

H_0	Trace Value	Confidence Interval	
		99 %	95 %
$r = 0$	65.21	70.05	62.99
$r \leq 1$	30.39	48.45	42.44
$r \leq 2$	16.96	30.45	25.32
$r \leq 3$	7.88	16.26	12.25

Tabel 2 di atas menunjukkan hasil bahwa nilai *Trace-Value* lebih besar dibandingkan dengan nilai kritisnya untuk tingkat kepercayaan 95% pada $H_0: r = 0$. Dengan demikian dapat ditunjukkan bahwa terdapat hubungan keseimbangan jangka panjang antar lokasi trafik yang diukur secara spasial. Hubungan keseimbangan jangka panjang ini berupa persamaan linier yang dimodelkan dalam persamaan kointegrasi sebagai berikut ini :

$$E + 568.12 = 1.92N + 0.46S - 15.47M \quad (4)$$

Persamaan (4) menunjukkan bahwa apabila ada kenaikan 1% volume trafik dari kampus Ngagel (N) akan menaikkan volume trafik 1.92% dari Fakultas Teknik (E) dengan asumsi trafik dari 2 lokasi yang lain tidak berubah (S dan M). Sedangkan dengan asumsi trafik dari lokasi N dan S adalah tetap, maka apabila ada kenaikan volume trafik 1% saja dari trafik Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M) akan berdampak penurunan volume trafik 15.47% dari trafik Fakultas Teknik (E). Persamaan (4) merupakan model kointegrasi untuk trafik internet harian tanggal 3 Nopember 2010 yang mempunyai hubungan linier yang tidak berubah tergantung waktu dan juga dapat menunjukkan bahwa terdapat sifat stasioner terhadap ruang.

Kesimpulan

Analisis kointegrasi Johansen menghasilkan model hubungan linier antar trafik internet harian yang diukur secara spasial di kampus Universitas Surabaya yang bersifat tidak berubah tergantung waktu dan juga dapat menunjukkan bahwa terdapat sifat stasioner terhadap ruang/lokasi dan saling ketergantungan antar besaran trafiknya. Hubungan linier ini hanya berlaku untuk trafik internet harian untuk tanggal 3 Nopember 2010 saja dan tidak berlaku untuk data trafik yang lain.

Daftar Pustaka

- [1] 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*.
- [2] Bernhard Pfaff (2008), "VAR, SVAR and SVEC Models: Implementation Within R Package vars", *Journal of Statistical Software. 2008; Vol. 27. Issue 4*.
- [3] Zhang Xing-ping, Niu Yu-qin, Ji Jian-jun (2007), "Multivariate Cointegration Analysis of The Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in China", *14th International Conference on Management Science & Engineering, August 20-22, 2007*
- [4] Sis Soesetijo, Achmad Mauludiyanto, Gamantyo Hendratoro (2009), "Analisa Kointegrasi dan Kausalitas Pada Data Spasial Curah Hujan di Surabaya", *Electronics Seminar, IES 2009 PENS ITS Surabaya, Oktober 2009*
- [5] Sis Soesetijo, Febrianto Budimulyono, Lukas Hadi Purnama, Welly Wellandow Santoso, Hendrik Setiawan (2011), "Analisis Spasial Trafik Internet Agregat", *13th IES 2011 PENS ITS Surabaya, 26 Oktober 2011*
- [6] Bernhard Pfaff (2008), "Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R", *Springer, Second Edition*