

# Perbandingan Kinerja Jaringan Internet Kampus Berdasarkan Karakteristik Trafik Self-Similarity

Sis Soesetijo<sup>1</sup>, Kallista Wening Krisnanda<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Surabaya  
Jl. Raya Kalirungkut, Surabaya 60293  
email: <sup>1</sup>ssoesetijo@ubaya.ac.id, <sup>2</sup>kkrisnanda@gmail.com

---

## Abstrak

Pengukuran trafik internet dilakukan pada 4 lokasi di kampus Universitas Surabaya yaitu Fakultas Teknik, Fakultas Bisnis dan Ekonomika, Perpustakaan dan kampus Ubaya Ngagel. Periode pengukuran trafik internet harian ini dilaksanakan antara jam 03.00 sampai 23.59 WIB dengan menggunakan rata-rata sampel setiap 5 menit. Kinerja jaringan internet pada penelitian ini dianalisis berdasarkan karakteristik trafik self-similarity. Karakteristik self-Similarity dinyatakan dalam parameter Hurst (H) dengan nilai  $H \in (\frac{1}{2}, 1)$ , di mana semakin mendekati  $H = 1$  maka semakin buruk kinerja jaringannya. Sedangkan nilai parameter H tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan model FARIMA (p,d,q) yang hubungannya dapat dinyatakan  $H = d + \frac{1}{2}$  dengan variabel d merupakan orde d pada model FARIMA. Dari hasil perhitungan dan analisis terhadap trafik internet harian diperoleh bahwa nilai parameter H terkecil terdapat pada lokasi Perpustakaan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kinerja jaringan terbaik di antara 3 lokasi yang lain di kampus berada pada lokasi Perpustakaan.

**Kata kunci:** kinerja jaringan internet, self-similarity, parameter Hurst, model FARIMA

---

## Abstract

Internet traffic measurements performed at four locations on the campus of the University of Surabaya the Faculty of Engineering, Faculty of Business and Economics, Library and campus Ubaya Ngagel. Daily Internet traffic measurement period was conducted between the hours of 03:00 am until 23:59 pm with an average sample every 5 minutes. Internet network performance in this study were analyzed based on the characteristics of traffic self-similarity. Characteristics of Self-Similarity is expressed in the Hurst parameter (H) with a value of  $H \in (\frac{1}{2}, 1)$ , where getting close to  $H = 1$  then the worse the performance of its network. While the value of H parameter can be obtained using FARIMA (p, d, q) model whose relationship can be expressed  $H = d + \frac{1}{2}$ , d is the order of FARIMA model. From the calculation and analysis of daily Internet traffic obtained that contained the smallest value of H parameter on the location of the Library. It can be concluded that the best network performance between the three other locations on campus are at the Library.

**Keywords:** internet network performance, self-Similarity, Hurst parameter, model FARIMA

---

## 1. Pendahuluan

Pertumbuhan trafik internet di Indonesia selama 5 tahun terakhir terbilang sangat tinggi. Bahkan para operator telekomunikasi baik operator seluler maupun operator telepon tetap, saat ini lebih cenderung menjual layanan data daripada layanan suara. Hal ini dikarenakan perkembangan teknologi telekomunikasi sudah memasuki tahap melambat demikian juga yang dialami oleh teknologi nirkabel. Namun pertumbuhan layanan data ini harus diimbangi dengan kualitas jaringan yang memadai agar dapat memuaskan pelanggannya. Kualitas jaringan telekomunikasi lebih sering disebut kinerja jaringan ( network performance ) meliputi throughput, packet delay, packet loss dan jitter. Kebutuhan layanan data yang semakin meningkat akan mempengaruhi kinerja

jaringan. Untuk itu kinerja jaringan harus selalu ditingkatkan seiring dengan peningkatan kebutuhan data dan jumlah pelanggan. Kinerja jaringan harus selalu di monitor terus menerus agar dapat menjamin kondisi jaringan tetap terjaga dengan selalu melakukan pengukuran terhadap parameter-parameter pada kinerja jaringan.

Parameter-parameter kinerja jaringan tersebut dapat diukur secara langsung baik dengan menggunakan hardware dan/atau software untuk mendapatkan data throughput, packet delay, jitter dan packet loss. Seperti disampaikan pada makalah [1] dan [2], pada makalah pertama membahas pengukuran bandwidth yang akurat dengan menggunakan packet window sedangkan pada makalah kedua pengukuran bandwidth menggunakan perangkat lunak pathload.

Pada penelitian ini untuk mendapatkan parameter-parameter kinerja jaringan tersebut dilakukan dengan pengukuran volume trafik internetnya kemudian dari data trafik itu akan diolah dengan menggunakan pemodelan trafik dengan 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.

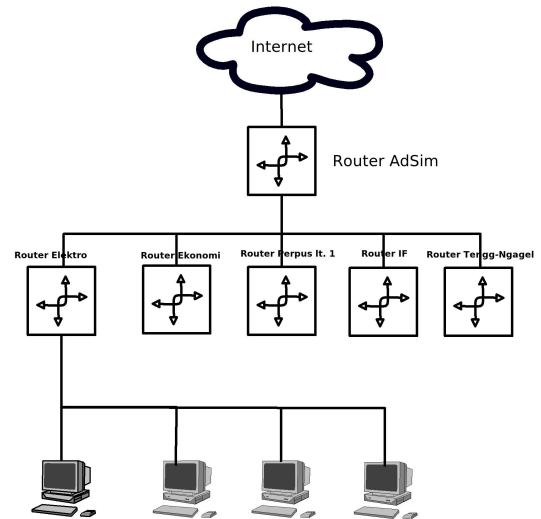
Beberapa penelitian kinerja jaringan yang menggunakan parameter Hurst ( $H$ ) seperti pada makalah [3], [4] dan [5]. Pada ketiga makalah tersebut evaluasi kinerja jaringannya menggunakan parameter  $H$  untuk menggambarkan sifat self-similar. Pada makalah [1] melakukan percobaan dengan mengubah nilai buffer pada router secara bertingkat kemudian diamati pengaruh packet delay pada jaringan. 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.

Untuk mendapatkan parameter  $H$  digunakan pemodelan FARIMA ( $p,d,q$ ) di mana hubungan antara nilai koefisien  $d$  dan  $H$  dinyatakan dalam  $d = H - \frac{1}{2}$ . Koefisien  $d$  diestimasi dengan menggunakan metoda Whittle dengan terlebih dahulu mendapatkan orde  $p$  dan  $q$  pada persamaan model ARIMA ( $p,d,q$ ). Nilai  $H \in (\frac{1}{2}, 1)$ , semakin besar nilai  $H$  semakin tinggi packet delay jaringan sehingga terjadi penurunan throughput pada jaringan internetnya. Parameter  $H$  ini menunjukkan sifat self-similarity pada trafik internet.

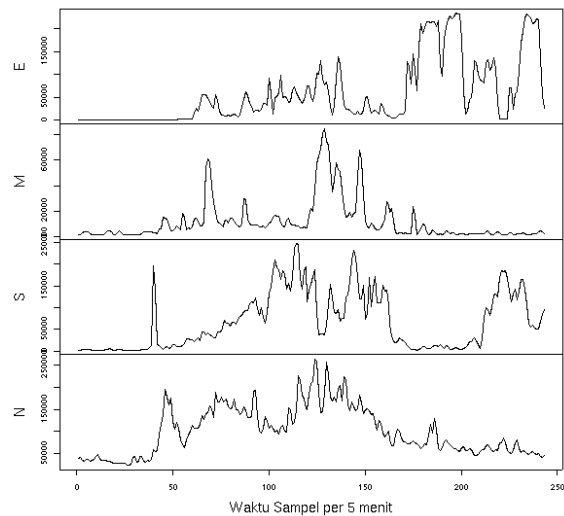
## 2. Sistem Pengukuran Trafik Internet

Pada penelitian ini dibahas perbandingan dan analisis kinerja jaringan 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 sebelumnya yaitu pada tanggal 13 Oktober 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 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 Jaringan



Gambar 2. Grafik Trafik Internet Harian

## 3. Model FARIMA ( $p,d,q$ )

Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA( $p,d,q$ ) didefinisikan dalam bentuk persamaan berikut

$$\phi(B)\nabla^d x_t = \theta(B)a_t \quad (1)$$

di mana:  $x_t$  menunjukkan runtun waktu awal,  $a_t$  menunjukkan runtun waktu yang bersifat white noise,  $B$  merupakan operator backward shift

$\nabla^d = (1-B)^d$  merupakan turunan derajat  $d$ .  
Operator autoregression (AR)

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad (2)$$

sedangkan operator moving average (MA)

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \quad (3)$$

Ketika  $d = 0$ , persamaan (1) menjadi model ARMA( $p,q$ ). Parameter  $d$  ini merupakan orde penurunan (differencing).

Model ARIMA digunakan secara luas untuk menganalisis data runtun waktu. Model ARMA merupakan model runtun waktu univariate untuk data stasioner, sedangkan model ARIMA merupakan model runtun waktu univariate untuk data non stasioner. Proses acak stasioner merupakan karakteristik statistik (seperti rata-rata, variansi, fungsi korelasi) yang dipengaruhi oleh interval waktu. Prinsip dasar model ARIMA adalah mengubah data runtun waktu non stasioner menjadi data stasioner dengan melakukan diferensiasi. Ketika model ARMA( $p,q$ ) merupakan model non stasioner, data runtun waktu harus dilakukan penurunan paling tidak sekali untuk mendapatkan model runtun waktu yang stasioner yaitu model ARIMA ( $p,d,q$ ). Parameter  $p$  menyatakan orde dari komponen AR,  $q$  menyatakan orde dari komponen MA dan  $d$  menyatakan jumlah penurunan yang dilakukan untuk memperoleh data stasioner. Penentuan nilai  $p$  dan  $q$  tergantung pada fungsi autocorrelation (ACF) dan fungsi partial autocorrelation (PACF). Setelah menentukan orde  $p$  dan  $q$  dari model ARIMA, kami menggunakan maximum likelihood estimation (MLE) untuk estimasi nilai koefisien  $\phi$  dan  $\theta$  dan menggunakan Akaike Information Criterion (AIC) untuk mendapatkan parameter yang terbaik.

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  $\phi$  dan  $\theta$  sudah diketahui sehingga mendapatkan model yang stasioner dan  $d \in (0, \frac{1}{2})$ , model yang didapaknya merupakan Long Range Dependence (LRD) dengan  $H = d + \frac{1}{2}$ . Tingkat self-similarity dinyatakan dalam besarnya parameter  $H$ .

Untuk mendapatkan model FARIMA yang stabil, data trafik pengukuran harus dilognaturalkan terlebih dahulu untuk menghindari efek heteroskedaticity [4]. Proses pemodelan FARIMA ( $p,d,q$ ) dilakukan lebih mudah dengan memodelkannya dahulu dengan model ARIMA ( $p,d,q$ ). Pada model ARIMA, hasil orde  $p$  dan  $q$  dapat dimanfaatkan untuk estimasi orde  $d$  dengan menggunakan metoda whittle [4]. Pada model ARIMA, nilai orde  $d$  merupakan bilangan bulat sedangkan pada model FARIMA, dengan nilai  $d \in$

$(0, \frac{1}{2})$ . Hasil model FARIMA kemudian dilakukan validasi dengan membandingkan hasil distribusi data trafik pengukuran dengan distribusi data hasil pembangkitan model dengan menggunakan metoda qqplot.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, semua perhitungan dan analisis data trafik internet menggunakan perangkat lunak pengolah statistik opensource R versi 2.12.2 pada sistem operasi Mandriva linux 2008. Untuk data trafik internet harian tanggal 13 Oktober 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 pemodelan ARIMA untuk data trafik internet tersebut dengan menggunakan estimasi Akaike Information Criterion (AIC) ditampilkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Model ARIMA

lokasi	ARIMA (p,d,q)	$\phi_1$	$\phi_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	RMSE
E	2,1,2	0.48	0.28	-0.24	-0.65	0.47
M	1,1,2	0.43	0	-0.25	-0.49	0.38
N	0,1,2	0	0	0.23	-0.37	0.14
S	2,1,2	0.33	0.15	-0.03	-0.56	0.37

Orde  $d$  dari Model FARIMA ( $p,d,q$ ) dapat dihitung dengan menggunakan nilai orde  $p$  dan  $q$  dari model ARIMA. Estimasi orde  $d$  menggunakan metoda Whittle seperti digunakan pada makalah [4]. Hasil perhitungan orde  $d$  pada model FARIMA ditampilkan pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Model FARIMA

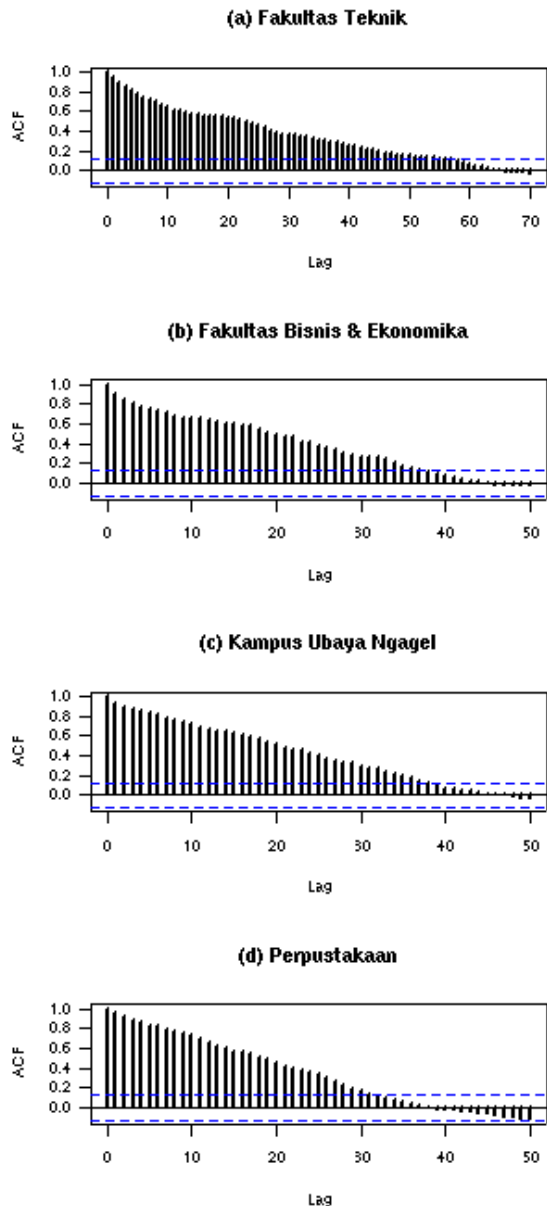
lokasi	FARIMA (p,d,q)	$\phi_1$	$\phi_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	RMSE
E	2,0.5,2	0.56	0.18	0.13	-0.25	0.5
M	1,0.48,2	0.99	0	-0.3	-0.61	0.38
N	0,0.5,2	0	0	0.83	-0.14	0.15
S	2,0.38,2	1.03	-0.07	-0.27	-0.4	0.39

Perhitungan parameter  $H$  dapat dilakukan dengan memanfaatkan persamaan  $H = d + \frac{1}{2}$ . Hasil perhitungan parameter  $H$  ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Parameter H

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

Hasil pada tabel 3 menunjukkan bahwa nilai H terkecil ( $H = 0.88$ ) ditunjukkan pada lokasi trafik Perpustakaan dan terbesar ( $H = 1$ ) terdapat pada lokasi Fakultas Teknik dan kampus Ubaya Ngagel. Seperti disampaikan pada makalah [3][4]



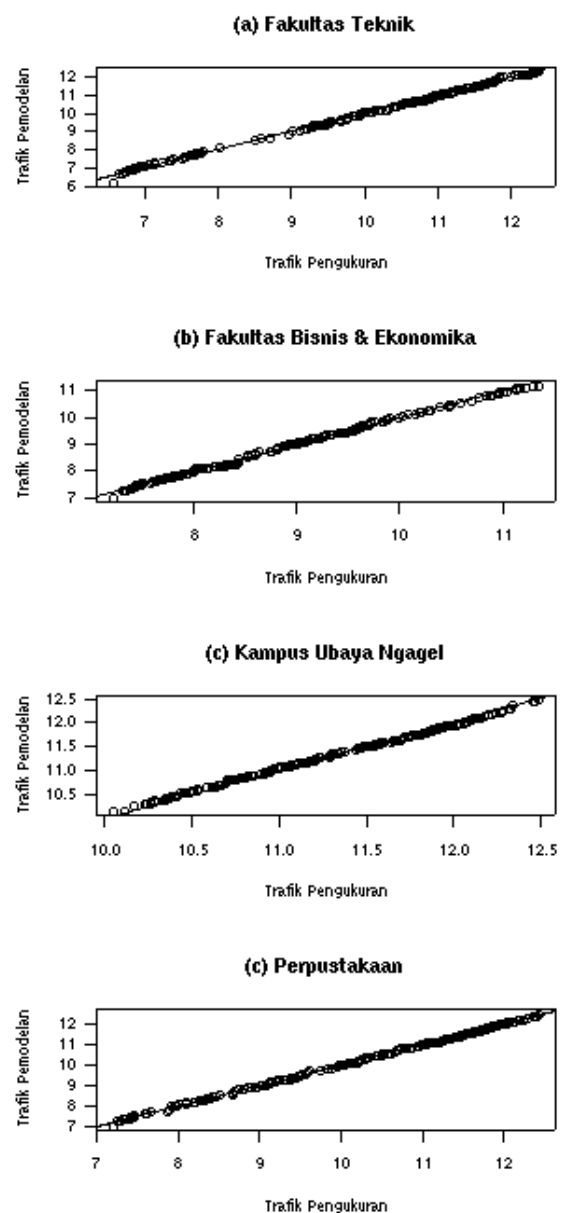
Gambar 3. Grafik ACF

dan [5] bahwa semakin besar nilai H ( nilai  $H = 1$  merupakan nilai parameter-H terbesar) menyatakan bahwa kondisi jaringan mengalami beban berat dan delay-packet yang besar.

Untuk kinerja delay-packet dapat dianalisis menggunakan metode Auto Correlation Function (ACF) seperti ditunjukkan pada gambar 3. Gambar 3(d) pada lokasi trafik di Perpustakaan menunjukkan bahwa nilai ACF mengalami penurunan yang paling cepat untuk mencapai  $ACF = 0$  yaitu pada lag 35. Gambar 3(b) untuk lokasi Fakultas Bisnis dan

Ekonomika dan 3(c) untuk lokasi trafik di kampus Ngagel mencapai nilai  $ACF = 0$  pada lag = 42. Sedangkan pada gambar 3(a) untuk trafik di lokasi Fakultas Teknik mencapai penurunan sampai mencapai  $ACF = 0$  pada lag 63. Berdasarkan proses perhitungan ACF ini dapat dinyatakan bahwa delay-packet yang terkecil dialami oleh trafik di lokasi Perpustakaan (S) dan terbesar di lokasi Fakultas Teknik (E).

Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa jaringan internet pada Fakultas Teknik dan kampus Ubaya Ngagel mempunyai kinerja yang terburuk dibandingkan dengan Fakultas Bisnis dan Ekonomika dan Perpustakaan. Sedangkan kinerja jaringan di Perpustakaan mempunyai kinerja yang terbaik.



Gambar 4. Validasi Model FARIMA

Langkah terakhir adalah melakukan validasi terhadap model FARIMA dengan menggunakan metoda qqplot yaitu membandingkan antara distribusi data trafik pengukuran dengan distribusi data trafik hasil pemodelan. Validasi dimaksudkan untuk mengetahui apakah model FARIMA yang diperoleh merupakan model yang valid dan sesuai. Dengan demikian hasil perhitungan parameter-H juga dapat dikatakan valid. Hasil validasi ditunjukkan pada gambar 4, dapat disimpulkan bahwa perbandingan antara distribusi data trafik pengukuran dengan distribusi data trafik pemodelan membentuk garis linear  $45^\circ$  sehingga distribusi kedua data trafik sama untuk keempat data trafiknya.

## 5. Kesimpulan

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan kinerja jaringan internet menggunakan karakteristik trafik self-Similarity terhadap 4 lokasi di kampus Universitas Surabaya (Ubaya) yaitu Fakultas Teknik (E), Fakultas Bisnis dan Ekonomika (M), Perpustakaan (S) dan kampus Ubaya Ngagel (N). Karakteristik Self-Similarity dinyatakan dengan parameter-H. Perhitungan parameter Hurst (H) menggunakan nilai orde d dari model FARIMA (p,d,q). Dari hasil perhitungan dan analisis disimpulkan bahwa kinerja trafik di lokasi Perpustakaan (  $H = 0.88$  ) lebih baik dibandingkan dengan lokasi trafik yang lainnya. Sedangkan kinerja terburuk terdapat pada lokasi Fakultas Teknik dan kampus Ubaya Ngagel (  $H = 1$  ).

## Ucapan Terimakasih

Makalah ini merupakan bagian dari hasil penelitian yang didukung secara penuh oleh LPPM Universitas Surabaya. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih atas dukungan dana dari LPPM Universitas Surabaya dan pihak AdSIM atas pengukuran trafiknya.

## 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] 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
- [4] 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
- [5] J.M. Pitts, J.A. Schormans, M. Woolf, R.J. Mondragon, D.K. Arrowsmith (2002), *End to end Performance in Real Time IP Networks with Self-Similar Behaviour* , IEEE International Conference on Acoustic Speech, Signal Processing