

---

# Jurnal *Rekayasa Elektrika*

---

VOLUME 10 NOMOR 4

OKTOBER 2013

---

**Simulasi Kinerja Jaringan Nirkabel IEEE-802.11a dan IEEE-802.11g Menggunakan NS-2** 161-165

*Helmy Fitriawan dan Amri Wahyudin*

**FPGA Implementation of 16-bit Multipliers based upon Vedic Mathematic Approach** 166-171

*Zulhelmi*

**Pengaruh Perubahan Set Point pada Pengendali Fuzzy Logic untuk Pengendalian Suhu Mini Boiler** 172-179

*Bhakti Yudho Suprpto, Wahidin Wahab, dan Mgs. Abdus Salam*

**Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin** 180-185

*Ryanuargo, Syaiful Anwar, dan Sri Poernomo Sari*

**Grounded Theory sebagai Metode Riset "Realitas Tertambah" di Museum Fatahillah** 186-192

*Leonardo Widya*

**Studi Perbandingan Layanan Cloud Computing** 193-201

*Afdhal*

**Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)** 202-206

*Arif Gunawan, Arisco Oktafeni, dan Wahyuni Khazli*

## LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul : Simulasi Kinerja Jaringan Nirkabel IEEE-802.11a dan IEEE-802.11b Menggunakan NS-2
2. Penulis : Helmy Fitriawan, Amri Wahyudin
3. Publikasi : Jurnal Rekayasa Elektrika
4. Vol./No./Hal. : 10 / 4/ 161-165
5. Bentuk Publikasi : Jurnal Nasional
6. ISSN/e-ISSN : 1412-4782 / 2252-620X
7. Penerbit : Universitas Syiah Kuala
8. Tahun Penerbitan : Oktober 2013
9. Website : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/view/1104>



Megetahui,  
Dekan Fakultas Teknik Unila

Prof. Ir. Suharno, M.Sc., Ph.D., IPU.  
NIP. 196207171987031002

Bandar Lampung, 6 Mei 2020  
Penulis,

Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.  
NIP. 197509282001121002



Menyetujui,  
Ketua LPPM Universitas Lampung

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.  
NIP. 196505101993032008

DOKUMENTASI LEMBAR PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS LAMPUNG	
TGL	19-5-2020
NO INVEN	157 / J / B / N / FT / 2020
JENIS	Jurnal
PARAF	st

# **JURNAL REKAYASA ELEKTRIKA**

## **Penerbit**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala  
Persatuan Insinyur Indonesia (PII) Provinsi Aceh

## **Penasehat**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

## **Penanggung Jawab**

Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Syiah Kuala

## **Ketua Editor**

Fitri Arnia

## **Wakil Ketua Dewan Editor**

Mohd. Syaryadhi

## **Editor Ahli**

Yuwaldi Away (Universitas Syiah Kuala)  
Khairul Munadi (Universitas Syiah Kuala)  
Nasaruddin (Universitas Syiah Kuala)  
T. Yuliar Arif (Universitas Syiah Kuala)  
Ardyono Priyadi (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)  
Ardian Ulvan (Universitas Lampung)  
Rinaldi Munir (Institut Teknologi Bandung)  
Achmad Munir (Institut Teknologi Bandung)  
Eko Setijadi (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)  
Sidiq Syamsul Hidayat (Politeknik Negeri Semarang)

## **Redaksi Pelaksana**

Muhammad Irhamsyah  
Roslidar  
Zulfikar  
Sayed Muchallil  
Yudha Nurdin  
Syahrul Wahyudi  
Nida Silmina

## **Alamat Redaksi & Tata Usaha**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Syiah Kuala  
Jl. T. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam  
Banda Aceh, 23111  
Telp/Fax: 0651-7554336.  
Email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net  
Website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>



Jurusan Teknik Elektro



PII  
ACEH

# Simulasi Kinerja Jaringan Nirkabel IEEE-802.11a dan IEEE-802.11g Menggunakan NS-2

Helmy Fitriawan dan Amri Wahyudin  
 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung  
 Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung 35145  
 e-mail: fitriawan@unila.ac.id

**Abstrak**—Jaringan nirkabel merupakan jaringan yang menggunakan media transmisi berbasis gelombang radio. Jaringan jenis ini banyak digunakan karena efisiensi dan kemudahan mobilitasnya dalam pertukaran data. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan dan simulasi jaringan nirkabel yang mengacu pada spesifikasi teknis perangkat Cisco Aironet 1130ag dengan standar IEEE 802.11a dan IEEE 802.11g. Pemodelan dan simulasi dilakukan dengan perangkat lunak *Network Simulator* versi 2 (NS-2) yang diinstal pada sistem operasi Linux Ubuntu v.10.10. Perangkat lunak NS-2 banyak digunakan dan bekerja baik dalam berbagai jenis simulasi jaringan. Dari simulasi didapatkan parameter kualitas layanan jaringan (QoS) dengan menerapkan beberapa skenario simulasi seperti jumlah *nodal*, jarak antar *nodal*, serta ukuran paket data. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan jaringan dengan standar IEEE 802.11g mempunyai kualitas pengiriman data lebih baik dibanding jaringan dengan standar IEEE 802.11a. Jaringan dengan standar IEEE 802.11g memberikan tingkat performansi rata-rata *throughput* yang lebih besar dengan nilai rata-rata *delay* dan persentase *packet loss* yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan jaringan IEEE 802.11a.

**Kata kunci:** *simulasi jaringan, jaringan nirkabel, network simulator versi 2, kualitas layanan jaringan*

**Abstract**—Wireless network uses transmission media based on radio waves. This type of networks is mainly used due to its efficiency and mobility in data exchanging. This paper reports the modeling and simulation of wireless networks based on Cisco Aironet 1130ag access point devices with IEEE 802.11a and IEEE 802.11g standards. The modeling and simulation are performed using network simulator version 2 (NS-2) that is installed on operation system Linux Ubuntu v.10.10. The NS-2 is commonly used and works well in numerous types of network simulation. From simulation, we obtain quality of service parameters by employing several simulation scenarios in terms of number of nodes, distances, and packet data sizes. It can be concluded from simulation results that the IEEE 802.11g networks transfer data with better quality than those of IEEE 802.11a networks. Furthermore, the IEEE 802.11g networks provide a higher throughput, with smaller amount of delay and packet loss percentage compared to those of IEEE 802.11a networks.

**Keywords:** *network simulation, wireless network, network simulator version 2, quality of services (QoS)*

## I. PENDAHULUAN

Teknologi nirkabel menjadi area yang paling berkembang di bidang jaringan dan telekomunikasi [1]. Jaringan dengan teknologi tersebut dapat mempertukarkan suara, data, dan video. Teknologi nirkabel mempunyai keunggulan diantaranya biaya pembangunan yang relatif murah, instalasi mudah serta kemampuannya menjangkau area geografis yang lebih luas.

*Wireless Fidelity (Wi-Fi)* sebagai merk dagang dari aliansi *Wi-Fi* menjadi teknologi nirkabel yang paling banyak digunakan pada saat ini. Secara teknis *Wi-Fi* mengacu pada standar komunikasi IEEE 802.11 untuk *Wireless Local Area Networks (WLAN)* [2]. Dengan meningkatnya penggunaan jaringan berbasis IEEE 802.11, menjadi sangat penting untuk mengetahui karakteristik trafik jaringan tersebut. Efisiensi dalam pengelolaan jaringan nirkabel menjadi hal yang penting di dalam pengembangan dan pembangunan infrastruktur jaringan. Untuk mengetahui perilaku dan kinerja jaringan nirkabel

dapat dilakukan dengan cara pemodelan dan simulasi berdasarkan spesifikasi dan parameter dari komponen-komponen yang menyusun jaringan tersebut. Pemodelan dan simulasi merupakan metode terapan dan eksperimen yang bertujuan untuk menggambarkan perilaku sistem dan memprediksikan perilaku di masa depan dikarenakan ada perubahan di dalam sistem [3]. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kinerja jaringan nirkabel dengan melihat beberapa parameter kualitas layanan jaringan seperti *throughput*, *packet loss*, dan *delay* melalui pemodelan dan simulasi. Selanjutnya juga akan dilihat perbandingan kinerja jaringan yang menggunakan protokol IEEE 802.11a dengan jaringan IEEE 802.11g [4].

## II. LATAR BELAKANG

### A. Jaringan Nirkabel

Jaringan nirkabel berperan penting dalam pertukaran informasi antar pihak yang tidak tersambung secara fisik.

Beberapa jenis jaringan nirkabel yang banyak digunakan adalah *bluetooth*, *Wi-Fi*, dan *wimax*. *Institute of Electrical and Electronics Engineering* (IEEE) merupakan suatu organisasi yang mengembangkan standar dan aturan untuk aliran komunikasi data pada jaringan nirkabel. Dengan menggunakan standar yang sama, maka suatu perangkat nirkabel dapat berkomunikasi dengan perangkat nirkabel lainnya.

Keluarga protokol IEEE 802.11 atau disebut juga *Wi-Fi* merupakan standar protokol yang paling banyak digunakan pada jaringan WLAN. Tiga standar yang paling banyak diimplementasikan pada banyak perangkat nirkabel LAN adalah IEEE 802.11a, 802.11b, dan 802.11g.

Perbandingan kinerja jaringan antara standar IEEE 802.11a dan IEEE 802.11g menjadi fokus penelitian ini, sehingga pembahasan selanjutnya akan difokuskan pada kedua protokol tersebut. Standar IEEE 802.11a merupakan standar protokol yang menggunakan modulasi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) dan mempunyai laju data maksimum sampai dengan 54 Mbps dengan *throughput* maksimum sampai 27 Mbps. Standar IEEE 802.11a beroperasi di *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM) band antara 5.745 dan 5.805 GHz, dan di bagian *Unlicensed National Information Infrastructure* (UNII) band antara 5.150 dan 5.320 GHz. Dengan frekuensi kerja yang lebih tinggi menyebabkan standar IEEE 802.11a mempunyai jangkauan yang lebih pendek dibandingkan IEEE 802.11b/g dengan daya pancar yang sama. Sedangkan standar IEEE 802.11g juga menggunakan modulasi OFDM dan mempunyai laju data maksimum sampai dengan 54 Mbps dengan *throughput* maksimum sampai dengan 22 Mbps. 802.11g bekerja pada frekuensi antara 2.400 sampai dengan 2.4835 GHz.

### B. Quality of Service (QoS)

*Quality of service* (QoS) menunjukkan kemampuan sebuah jaringan dalam menyediakan layanan yang lebih baik bagi trafik yang melewatinya. Beberapa parameter QoS yang dilihat untuk menentukan kualitas suatu jaringan adalah *throughput*, *delay*, dan *packet loss*.

*Throughput*, dinyatakan dalam satuan *bits per second* (bps), diukur dengan cara menghitung jumlah paket data yang terkirim secara sukses dalam suatu satuan waktu. Perhitungan *throughput* hanya memperhitungkan data aktual (*payload*) yang dikirimkan, tidak memperhitungkan *frame header* yang mungkin disisipkan selama proses pengiriman paket data. Sementara *delay* atau waktu tunda merupakan waktu yang dibutuhkan paket untuk dikirimkan secara sukses dari pengirim ke penerima.

*Packet loss* adalah presentase jumlah paket yang gagal dikirimkan secara sukses ke tujuan. Kegagalan tersebut dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, seperti pelemahan kekuatan sinyal saat proses transmisi, paket yang rusak, kegagalan perangkat jaringan, kegagalan perutean (*routing*), dan sebagainya.

### C. Network Simulator-2 (NS-2)

NS-2 merupakan perangkat lunak simulator jaringan bersifat kejadian diskrit dan berorientasi objek, yang dikembangkan oleh UC Berkeley dan USC ISI sebagai bagian dari VINT project [5]. Pada awalnya NS-2 digunakan untuk simulasi jaringan berbasis kabel pada LAN dan WAN, tetapi kemudian dikembangkan sehingga dapat mensimulasikan jaringan nirkabel dan ad-hoc. NS-2 banyak dipergunakan karena sederhana dan bersifat modular.

Skenario simulasi diimplementasikan dalam bentuk skrip simulasi yang ditulis dalam bahasa pemrograman *tool command language* (tcl) [6]. Selain skenario simulasi, tcl juga berisi konfigurasi serta spesifikasi jaringan yang akan disimulasikan. Fleksibilitas NS-2 dapat meningkatkan lingkungan simulasi sesuai dengan yang dibutuhkan, walaupun sebagian besar komponen dasarnya sudah tersedia, seperti komponen nodal baik kabel dan nirkabel, model pola trafik, dan model error.

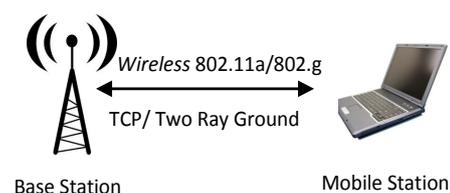
Hasil simulasi NS-2 dapat berbentuk *log file* dengan format *trace file* (.tr), yang berisikan informasi detail paket selama simulasi. *Trace file* tersebut digunakan oleh *Network Animator* (NAM), sebuah perangkat visualisasi simulasi yang juga merupakan bagian dari distribusi perangkat lunak NS-2, untuk ditampilkan dalam bentuk animasi simulasi pada layar. Sementara untuk mendapatkan data kuantitas kinerja jaringan seperti *throughput*, *delay* dan *packet loss*, *trace file* kemudian dibaca oleh perangkat lunak pengolah kata AWK [7].

## III. METODE

Langkah awal untuk melakukan simulasi pada NS-2 adalah membuat file skrip simulasi tcl yang berisikan spesifikasi komponen yang akan digunakan dan kejadian yang seharusnya terjadi. Nilai-nilai parameter yang digunakan disesuaikan dengan karakteristik perangkat yang sebenarnya. Secara umum, sebuah skenario simulasi terdiri dari tiga komponen, yaitu (1) topologi jaringan, (2) koneksi, trafik dan *protocol* dan (3) kejadian dan kesalahan.

Pada penelitian ini dilakukan dengan skenario sebagai berikut:

- Topologi jaringan yang dibuat diilustrasikan seperti pada Gambar 1 dengan 1 buah *base station* dan beberapa *mobile station*. Simulasi dilakukan untuk beberapa skenario dengan memvariasikan jumlah *nodal mobile station*, jarak antara *nodal base station* dengan *mobile station*, ukuran paket data, dengan



Gambar 1. Topologi jaringan simulasi

Tabel 1. Laju data bergantung jarak antar kedua nodal [8]

Laju Data	Indoor		Outdoor	
	802.11a	802.11g	802.11a	802.11g
54Mbps	24 m	30 m	30 m	37 m
48Mbps	45 m	53 m	91 m	107 m
36Mbps	60 m	76 m	130 m	168 m
24Mbps	69 m	84 m	152 m	198 m

protokol komunikasi yang digunakan adalah standar IEEE 802.11a dan IEEE 802.11g.

- Satu buah *nodal base station* yang digunakan pada jaringan simulasi mengacu pada perangkat Cisco Aironet 1130AG [8]. Sehingga beberapa aspek dan parameter yang digunakan disesuaikan dengan parameter yang ada pada perangkat ini.
- Protokol perutean yang digunakan dalam simulasi ini yaitu *Ad-hoc On-demand Distance Vector* (AODV) [9]. AODV adalah suatu protokol perutean di jaringan ad-hoc yang bersifat reaktif yang hanya menerima sebuah rute saat dibutuhkan.
- Nodal berkomunikasi secara nirkabel dengan model propagasi *two ray ground* dengan model antena *omnidirectional* dengan tinggi 1.5 m dan daya penguatan (*gain*) 3.0 dBi untuk IEEE 802.11g dan 4.5 dBi pada IEEE 802.11a.
- FTP server digunakan sebagai pembangkit data simulasi dengan menggunakan *Transmission Control Protocol* (TCP).
- Frekuensi tengah kanal sebesar 2.472 MHz pada IEEE 802.11g dan 5 MHz pada IEEE 802.11a.
- Ukuran paket yang dikirimkan dari *mobile station* ke *base station* yaitu 256, 512, dan 1024 bytes.
- Jarak dari *nodal base station* ke masing-masing *mobile station* divariasikan mulai dari 37 m, 50 m, 100 m, dan 150 m.
- Laju data akan berubah bergantung dari jarak antara *nodal base station* dan *mobile station* yang berkomunikasi mengikuti spesifikasi Cisco Aironet 1130AG (lihat Tabel 1).
- Untuk *collision threshold* bernilai 10, dengan nilai *carrier sense power* disesuaikan dengan spesifikasi Cisco Aironet 1130 AG (lihat Tabel 2).
- *Receive power threshold* untuk model propagasi *two ray ground* ditentukan berdasarkan persamaan [10]:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{d^4 L} \quad (1)$$

Tabel 2. Carrier sense power [8]

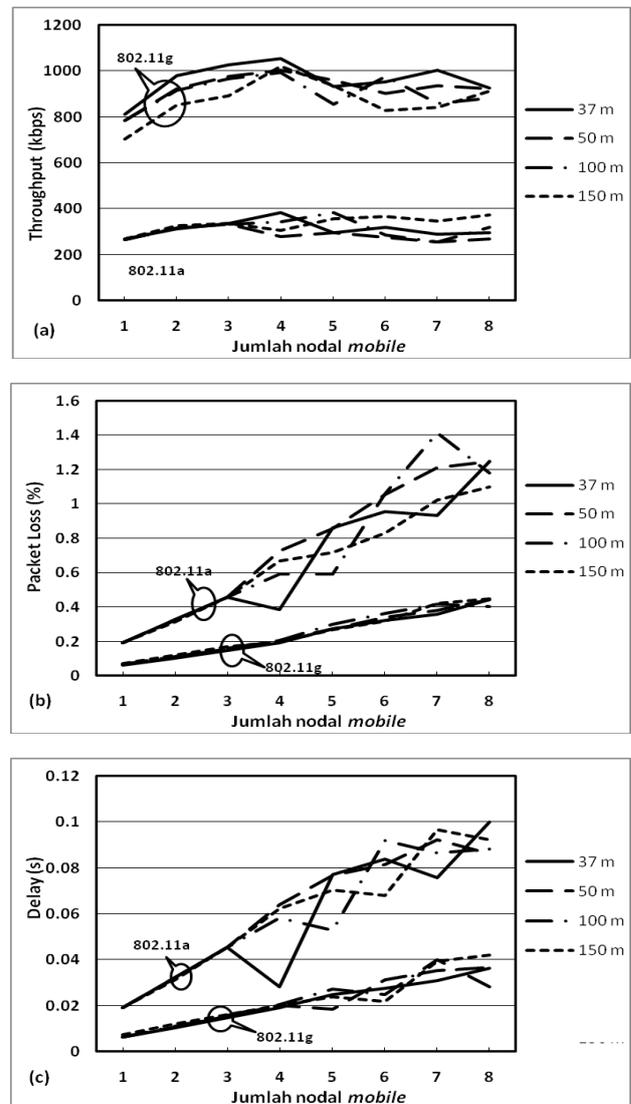
Laju Data	802.11a	802.11g
54Mbps	-71 dbm	-70 dbm
48Mbps	-73 dbm	-72 dbm
36Mbps	-78 dbm	-77 dbm

dimana  $h_t$  dan  $h_r$  adalah tinggi antena pengirim dan penerima yang dipisahkan dengan jarak  $d$ .  $P_t$  adalah daya yang ditransmisikan, sementara  $G_t$  dan  $G_r$  adalah penguatan (*gain*) perangkat pengirim dan penerima.  $L$  adalah faktor rugi-rugi (*loss factor*) yang diasumsikan bernilai 1.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan dengan memvariasikan jumlah *nodal mobile* sebanyak 1 sampai dengan 8 *nodal mobile* tersebut masing-masing mengirim paket dengan ukuran 256 byte, 512 byte dan 1024 byte ke *nodal base station*. Jarak antara *nodal mobile station* dengan *base station* ditentukan yaitu 37 m, 50 m, 100 m, dan 150 m. Dari hasil simulasi didapatkan parameter QoS untuk melihat perbandingan kinerja jaringan IEEE 802.11a dan IEEE 802.11g.

Gambar 2 memperlihatkan parameter QoS sebagai fungsi jumlah *nodal mobile station* untuk paket dengan ukuran 256 byte. Hasil simulasi tersebut menunjukkan



Gambar 2. (a). Hasil simulasi jaringan (*throughput*) (b). *packet loss*, dan (c). *delay* sebagai fungsi jumlah *nodal mobile station* dengan masing-masing jarak ke *base station* adalah 37 m, 50 m, 100 m, dan 150 m

bahwa kinerja jaringan dengan standar IEEE 802.11g lebih baik dibandingkan dengan IEEE 802.11a. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata *throughput* yang lebih tinggi, tetapi dengan *packet loss* dan *delay* yang lebih rendah.

Gambar 2(a) juga memperlihatkan bahwa penambahan jumlah *nodal mobile station* pada jaringan tidak terlalu mempengaruhi *throughput*. Sementara *packet loss* dan *delay* sangat dipengaruhi oleh jumlah *nodal mobile* di jaringan seperti terlihat pada Gambar 2(b) dan 2(c). Seiring dengan penambahan jumlah *user* yang diwakili dengan banyaknya *nodal mobile station* menyebabkan lalu lintas trafik paket data yang lebih padat hal ini ditunjukkan dengan semakin tingginya persentase hilangnya paket (*packet loss*) dan semakin lamanya paket sampai di tujuan (*delay*). Perubahan *packet loss* dan *delay* pada jaringan IEEE 802.11g seiring penambahan *user* tidak sebesar pada IEEE 802.11a, hal ini dapat diartikan bahwa jaringan IEEE 802.11g mempunyai kinerja lebih baik dalam menangani

banyak *user* dibanding IEEE 802.11a.

Parameter QoS juga digambarkan sebagai fungsi dari ukuran paket (dalam *byte*), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut memperlihatkan parameter QoS untuk simulasi jaringan dengan 1 *base station* dan 2 *mobile station* dengan jarak *base station* ke masing-masing *mobile station* 37 m, 50 m, 100 m, dan 150 m serta ukuran paket divariasikan mulai 256, 512, dan 1024 *byte*.

Seperi yang sudah diperkirakan, kinerja jaringan standar IEEE 802.11g lebih baik dari IEEE 802.11a. Hal ini ditunjukkan dari perbandingan rata-rata *throughput*, *packet loss* dan *delay* untuk kedua jaringan tersebut. Seiring dengan kenaikan ukuran paket yang dikirimkan terlihat bahwa rata-rata *throughput* yang terukur mengalami kenaikan seperti terlihat pada Gambar 3(a). Hanya pada jaringan dengan standar IEEE 802.11g mempunyai kecendrungan kenaikan yang lebih tinggi dibanding jaringan dengan IEEE 802.11a. Sementara itu ukuran paket tidak terlalu mempengaruhi *packet loss* dan *delay* yang terjadi. Gambar 3(b) dan 3(c) memperlihatkan nilai *packet loss* dan *delay* yang relatif konstan dengan perubahan ukuran paket yang dikirimkan.

## V. KESIMPULAN

Naskah ini memaparkan perbandingan kinerja jaringan dengan *protocol* IEEE 802.11a dan IEEE 802.11g. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja jaringan dengan standar IEEE 802.11g lebih baik dibanding dengan IEEE 802.11a, hal ini terlihat dari nilai rata-rata *throughput* yang lebih besar serta nilai *packet loss* dan *delay* yang lebih kecil. Ini terjadi pada simulasi jaringan baik dengan memvariasikan jumlah *nodal mobile* atau ukuran paket data yang dikirimkan.

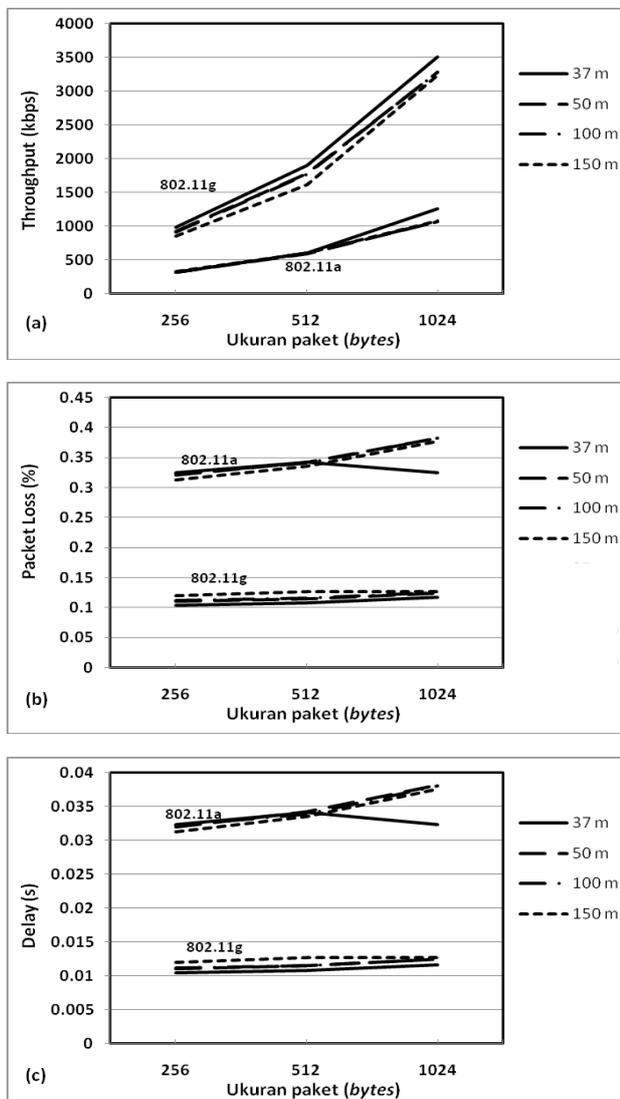
Simulasi jaringan dengan memvariasikan jumlah *nodal mobile station* (pengguna), terlihat bahwa walaupun rata-rata *throughput* relatif stabil, tetapi lalu lintas trafik paket data semakin padat yang ditunjukkan dengan semakin tingginya persentase hilangnya paket (*packet loss*) dan semakin lamanya paket sampai di tujuan (*delay*).

Selanjutnya, simulasi jaringan dengan memvariasikan jumlah *nodal mobile station* (pengguna) juga terlihat bahwa perubahan *packet loss* dan *delay* pada jaringan IEEE 802.11g tidak sebesar pada IEEE 802.11a, hal ini dapat diartikan bahwa jaringan IEEE 802.11g mempunyai kinerja lebih baik dalam menangani lebih banyak pengguna dibanding IEEE 802.11a.

Sementara simulasi jaringan dengan memvariasikan ukuran paket, dapat terlihat bahwa *packet loss* dan *delay* tidak terlalu terpengaruh dibanding pada perubahan jumlah *mobile station* (pengguna).

## REFERENSI

- [1] W. Stallings, *Wireless Communications & Networks*, Prentice Hall, 2005.
- [2] Information technology—Telecommunications and information



Gambar 3. Hasil simulasi jaringan untuk *throughput* (a), *packet loss* (b), dan *delay* (c), sebagai fungsi ukuran paket yang dikirimkan dengan jarak *base station* ke masing-masing *mobile station* adalah 37 m, 50 m, 100 m dan 150 m

- exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, IEEE Standard 802.11, 1999.
- [3] R. E. Shannon, "Introduction to the art and science of simulation," in *Proceedings of winter simulation conference (WSC'98)*, 1988.
- [4] Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, IEEE Standard 802.11g, 2003.
- [5] Network Simulator [Online]. Available: [www.isi.edu/nsnam/ns/](http://www.isi.edu/nsnam/ns/).
- [6] B. Welch, *Practical Programming in Tcl and Tk*, Prentice Hall, 1995.
- [7] A. D. Robbins, *GAWK: Effective AWK Programming*, Boston, MA: Free Software Foundation, 2009.
- [8] Cisco Aironet 1130AG Data Sheet [Online]. Available: <http://www.cisco.com/>.
- [9] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc on-demand distance vector routing," in *Proceeding 2nd IEEE Workshop on Mobile Computer Systems and Applications*, 1999, pp. 90-100.
- [10] T. S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles & Practice*, New Jersey, NJ: Prentice Hall, 1996.