

ANALISIS TINGKAT KESUKSESAN *HARD HANDOFF* PADA JARINGAN 802.11G DENGAN MENGGUNAKAN *NETWORK SIMULATOR 2 (NS-2)*

Fajar Ramadhan^{*)}, Sukiswo, and Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} *E-mail* : fajarramadhanst@yahoo.com

Abstrak

Pada suatu jaringan WLAN terdapat Access Point (AP) yang merupakan suatu gerbang komunikasi antara perangkat komunikasi nirkabel dengan dunia luar maupun antar perangkat nirkabel dalam jaringan tersebut. Pengguna perangkat komunikasi bergerak di jaringan nirkabel dapat berpindah-pindah dari satu lokasi ke lokasi lain. Hal ini menyebabkan berpindahnya akses pengguna dari suatu AP ke AP lain. Perpindahan dari AP ke AP tanpa ada sambungan secara paralel ke AP tujuan lebih dulu inilah yang disebut hard handoff. Dalam tugas akhir ini dilakukan simulasi menggunakan Network Simulator 2 (NS-2) versi 2.35 untuk menganalisis tingkat kesuksesan hard handoff pada jaringan 802.11g. Simulasi dilakukan pada jaringan dengan intensitas trafik tinggi dengan menggunakan variasi jumlah node dan kecepatan bergerak node. Analisis hasil pengujian jaringan ini menggunakan parameter-parameter Quality of Service (QoS), yaitu Packet Delivery Ratio (PDR), waktu tunda (delay) dan juga persentase kesuksesan hard handoff. Berdasarkan hasil simulasi, persentase kesuksesan hard handoff terendah sebesar 16,67% terjadi pada jaringan dengan jumlah node 100 berkecepatan 1,90 m/s. Kemudian, persentase kesuksesan hard handoff tertinggi sebesar 50,00% terjadi pada jaringan dengan jumlah node 40 berkecepatan 1,90 m/s.

Kata kunci : WLAN, Access Point, 802.11g, hard handoff, NS-2

Abstract

In WLAN networking, wireless Access Point (AP) is a device that allows wireless devices to connect to a wired network or standalone as a hotspot. A mobile device user in a wireless networking is able to move to a various place. This led to the relocation of user access from an AP to another. The relocation between users from an AP to another without a parallel connection to destination's AP is called hard handoff. In this study, simulations are created using Network Simulator 2 (NS-2) version 2.35 to analyze the success rate of Hard Handoff in 802.11g network. The simulation performed in a high traffic intensity network by using variations of nodes number and moving speed. The results analysis of this network are using the parameters of Quality of Service (QoS), that are Packet Delivery Ratio (PDR), delay and also handoff success rate percentage. From the simulation results, the lowest hard handoff success rate is 16,67% in network with number of node 100 nodes and movement speed 1,90 m/s. Meanwhile, the highest hard handoff success rate is 50,00% in network with number of node 40 nodes and movement speed 1,90 m/s.

Keywords : WLAN, Access Point, 802.11g, hard handoff, NS-2

1. Pendahuluan

Jaringan nirkabel berperan penting dalam pertukaran informasi antar pihak yang tidak tersambung secara fisik (tanpa kabel). 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 standard dan aturan untuk aliran komunikasi data pada jaringan nirkabel. Dengan menggunakan standard yang sama, maka suatu perangkat nirkabel dapat berkomunikasi dengan perangkat nirkabel lainnya. Keluarga protokol IEEE 802.11 merupakan standar

protokol yang paling banyak digunakan pada jaringan nirkabel WLAN (*Wireless Local Access Network*).

Pada jaringan WLAN, *Access Point (AP)* digunakan sebagai gerbang penghubung antara perangkat dalam jaringan dengan dunia luar maupun dengan perangkat lain dalam jaringan nirkabel tersebut. Jika dalam suatu jaringan nirkabel yang di dalamnya terdapat beberapa AP, maka diperlukan suatu algoritma untuk menentukan AP mana yang harus digunakan. Pengguna perangkat komunikasi bergerak di jaringan nirkabel dapat berpindah-pindah dari satu lokasi ke lokasi lain. Hal ini menyebabkan berpindahnya akses pengguna dari suatu

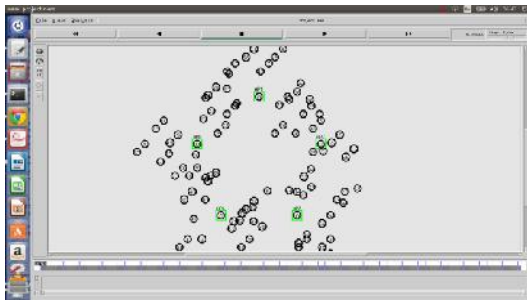
AP ke AP lain. Perpindahan dari AP ke AP tanpa ada sambungan secara paralel ke AP tujuan lebih dulu inilah yang disebut *hard handoff*.

Analisis tingkat kesuksesan *hard handoff* pada jaringan 802.11g menjadi fokus penelitian ini. Standard IEEE 802.11g menggunakan modulasi BPSK, transmisi DSSS dan OFDM. Standard ini mempunyai laju data maksimum sampai dengan 54 Mbps (pada prakteknya mencapai 31.4 Mbps) dan bekerja pada frekuensi 2,40 GHz. Pemilihan standard IEEE 802.11g pada penelitian ini adalah karena standard ini secara umum telah banyak digunakan di pasaran karena menawarkan nilai *throughput* tinggi.

2. Metode

2.1. Simulasi Jaringan WLAN

Simulasi jaringan WLAN pada penelitian menggunakan lima AP dengan sejumlah *node* bergerak yang tersebar acak di jaringan tersebut seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.

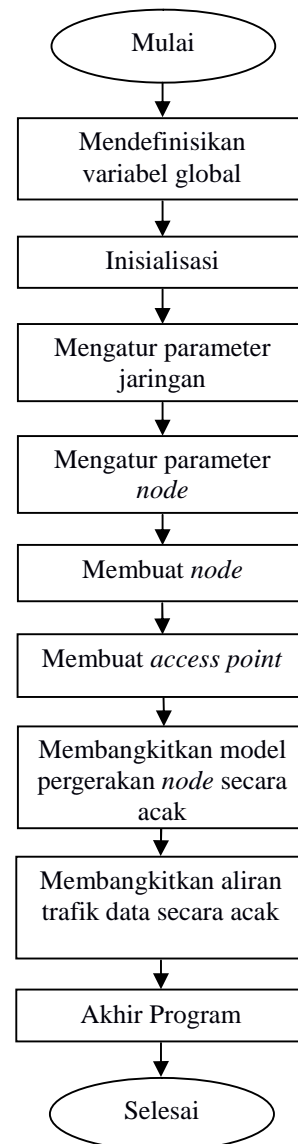


Gambar 1. Screenshot simulasi

Simulasi dibagi menjadi dua variasi (skenario). Variasi pertama adalah variasi jumlah *node* dalam jaringan masing-masing sejumlah 40, 60, 80 dan 100 *node*. Variasi kedua adalah variasi kecepatan *node* dengan kecepatan berjalan rata-rata manusia, yaitu 1,45, 1,60, 1,75, dan 1,90 m/s. Pengambilan data tiap variasi dilakukan dengan 5 kali percobaan. Data hasil simulasi tersedia dalam bentuk berkas *trace* yang berisi kejadian-kejadian saat simulasi berjalan.

2.2. Perancangan Simulasi

Pada Tugas Akhir ini dibuat suatu jaringan WLAN dengan menggunakan Network Simulator 2. Secara keseluruhan, tahapan pembuatan simulasi ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir simulasi

Pada simulasi ini, terdapat parameter yang digunakan untuk menjalankan simulasi. Parameter tersebut ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter simulasi

Parameter	Nilai
MAC Type	IEEE 802.11g
Jenis Antena	Omni Directional
Model Propagasi	Shadowing
Tipe Protokol Routing	DSDV
Disiplin antrian	Droptail
Antrian maks. paket	100
Dimensi topografi	600 x 600 m ²
Durasi simulasi	900 detik
Jenis trafik	TCP
Jenis Variasi	Jumlah dan kecepatan <i>node</i>

2.3 Metode Pengambilan Data

Data hasil simulasi tersedia dalam bentuk berkas *trace*. Berkas *trace* berisi semua kejadian yang terjadi pada saat simulasi berjalan. Dari berkas tersebut dapat diambil data yang diinginkan. Data dapat hitung dengan menggunakan berkas *awk*. Data kemudian diolah untuk mendapatkan nilai parameter performansi jaringan. Penilaian performansi jaringan terdiri dari beberapa parameter yaitu :

1. Packet Delivery Ratio (PDR)

Packet Delivery Ratio (PDR) merupakan perbandingan banyaknya jumlah paket yang diterima oleh *node* penerima dengan total paket yang dikirimkan dalam suatu periode waktu tertentu.

$$PDR = \frac{\sum_{i=1}^{i=T_{n1}} R_i}{\sum_{i=1}^{i=T_{n1}} S_i} \times 100 \% ; 0 \leq t \leq T \quad (1)$$

Keterangan :

- R_i = Paket yang diterima (paket)
- S_i = Paket yang dikirim (paket)
- T = waktu simulasi (detik)
- t = waktu pengambilan sampel (detik)

2. Delay rata-rata

Delay rata-rata merupakan waktu tunda rata-rata yang dibutuhkan oleh rata-rata dari seluruh paket dalam jaringan, bukan waktu tunda per paket. Untuk menghitung rata-rata waktu tunda digunakan persamaan 2.

$$\text{Rata-rata Waktu Tunda} = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^{i=T_{n1}} RT_i - \sum_{i=1}^{i=T_{n1}} ST_i}{\sum_{i=1}^{i=T_{n1}} RP_i} \right)}{; 0 \leq t \leq T} \quad (2)$$

Keterangan :

- RT = Jumlah waktu penerimaan paket (detik)
- ST = Jumlah waktu pengiriman paket (detik)
- RP = Jumlah paket diterima (detik)

Nilai delay dapat divalidasi dengan menggunakan *teorema little* pada persamaan 3.

$$N = \lambda T \quad (3)$$

Keterangan :

- N = Jumlah paket rata-rata dalam sistem
- λ = laju kedatangan
- T = waktu rata-rata dalam sistem

3. Persentase Kesuksesan Handoff

Persentase kesuksesan *handoff* merupakan nilai perbandingan antara jumlah *handoff* yang sukses ditangani berbanding jumlah *handoff* yang terjadi.

$$HO (\%) = \frac{SH}{HA} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

- HO = Persentase kesuksesan *handoff* (%)
- SH = Jumlah *handoff* yang sukses
- HA = Jumlah kejadian *handoff*

3. Hasil dan Analisis

3.1. Statistik Simulasi

3.1.1. Statistik Variasi Jumlah Node

Statistik hasil simulasi dari variasi jumlah *node* dalam jaringan ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Statistik simulasi variasi jumlah *node*

Jumlah <i>node</i> (<i>node</i>)	Total paket dikirim (<i>paket</i>)	Jumlah paket routing dikirim (<i>paket</i>)	Paket data dikirim (<i>paket</i>)	Paket data diterima (<i>paket</i>)	Total Paket drop (<i>paket</i>)	Intensitas trafik (erlang)
40	166146	89340	86752	84728	2024	0,92
60	176649	95131	64749	61904	2846	1,04
80	164192	98689	45348	42730	2618	1,13
100	154405	100688	31919	29648	2272	1,26

Data pada tabel 2 merupakan data intensitas trafik rata-rata dan jumlah paket yang dikirim dan diterima oleh seluruh *node* dalam jaringan. Nilai rata-rata intensitas trafik tertinggi, yaitu 1,26, terdapat pada jaringan dengan jumlah *node* 100. Sedangkan, nilai rata-rata intensitas trafik terendah, yaitu 0,92, terdapat pada jaringan dengan jumlah *node* 40. Data-data tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menghitung dan menganalisis nilai PDR dan *delay* rata-rata. Selain itu, data ini juga dapat digunakan untuk menganalisis tingkat kesuksesan *hard handoff*.

Bersama data pada tabel 2, seiring dengan bertambahnya jumlah *node*, jumlah paket yang dapat dikirim dan diterima semakin sedikit. Hal ini disebabkan karena paket-paket tersebut harus mengantri dalam antrian sistem. Sehingga sering kali paket tersebut *drop* dan gagal dalam pengiriman. Selain itu, paket juga perlu mengantri dalam proses pengiriman dikarenakan posisi tiap *node* dalam jaringan yang terus berubah-ubah. Hal ini mengakibatkan *node* pengirim perlu melakukan pengiriman paket *routing* secara terus menerus agar dapat mengetahui posisi AP dan *node* penerimanya.

3.1.2. Statistik Variasi Kecepatan Node

Statistik hasil simulasi dari variasi kecepatan *node* dalam jaringan ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Statistik simulasi variasi kecepatan *node*

Kecepatan <i>node</i> (m/s)	Total paket dikirim (<i>paket</i>)	Jumlah paket routing dikirim (<i>paket</i>)	Paket data dikirim (<i>paket</i>)	Paket data diterima (<i>paket</i>)	Total Paket drop (<i>paket</i>)	Intensitas trafik (erlang)
1,45	153558	84376	81549	79843	1706	0,85
1,60	150308	85830	83012	81436	1576	0,83
1,75	149138	86064	83352	81665	1688	0,82
1,90	149992	85079	82468	80699	1770	0,83

Data pada tabel 3 merupakan data intensitas trafik rata-rata dan jumlah paket yang dikirim dan diterima oleh seluruh *node* dalam jaringan. Nilai rata-rata intensitas

trafik tertinggi, yaitu 0.85, terdapat pada jaringan dengan kecepatan *node* rata-rata 1,45 m/s. Sedangkan, nilai rata-rata intensitas trafik terendah yaitu 0,82, terdapat pada jaringan dengan kecepatan *node* rata-rata 1,90 m/s. Selain itu, data ini juga dapat digunakan untuk menganalisis tingkat kesuksesan *hard handoff*.

Simulasi ini dibuat untuk menghitung tingkat kesuksesan *handoff* pada pengguna yang berjalan menggunakan perangkat komunikasi bergerak. Maka dari itu, variasi kecepatan pada simulasi ini merupakan kecepatan rata-rata manusia berjalan hingga berlari. Seiring dengan bertambahnya kecepatan *node*, terjadi fluktuasi jumlah paket yang dikirim dan diterima. Hal ini disebabkan karena antrian data dan model propagasi shadowing yang digunakan pada jaringan ini.

Berdasarkan data pada tabel 3, seiring dengan bertambahnya kecepatan *node*, terjadi fluktuasi jumlah paket yang dikirim dan diterima. Hal ini disebabkan karena perbedaan antrian data pada lapisan (*layer*) MAC pada jaringan ini. Kecepatan *node* tidak berpengaruh terhadap intensitas trafik berdasarkan rumus intensitas trafik. Pada dasarnya, intensitas trafik dipengaruhi oleh jumlah paket yang dikirim, waktu pengamatan (simulasi) dan laju data jaringan.

3.2. Analisis Packet Delivery Ratio (PDR)
3.2.1. Analisis PDR Variasi Jumlah Node

Dari hasil simulasi, didapatkan nilai PDR untuk masing-masing variasi. Nilai PDR variasi jumlah *node* ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai PDR variasi jumlah *node*

Jumlah <i>node</i> (<i>node</i>)	Paket data dikirim (<i>node</i>) (paket)	Paket data diterima (<i>node</i>) (paket)	PDR rata-rata (%)	Deviasi (%)
40	86752	84728	97,66	0,24
60	64749	61904	95,60	0,29
80	45348	42730	94,22	0,36
100	31919	29648	92,88	0,32

Berdasarkan tabel 4, nilai rata-rata PDR tertinggi yaitu 97,66%, terdapat pada jaringan dengan jumlah *node* 40. Sedangkan, nilai rata-rata PDR terendah yaitu 92,88% , terdapat pada jaringan dengan jumlah *node* 100. Semakin besar jumlah *node* pada jaringan maka nilai rata-rata PDR akan semakin kecil. Hal ini berarti bahwa semakin bertambahnya jumlah *node*, maka semakin buruk performa jaringan tersebut. Semakin menurunnya nilai PDR tersebut disebabkan karena nilai intensitas trafik yang semakin besar seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Semakin besar intensitas trafik menandakan bahwa semakin sibuk jaringan tersebut.

3.2.2. Analisis PDR Variasi Kecepatan Node

Dari hasil simulasi, didapatkan juga nilai PDR variasi kecepatan *node* seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai PDR variasi kecepatan *node*

Kecepatan <i>node</i> (m/s)	Paket data dikirim (paket)	Paket data diterima (paket)	PDR rata-rata (%)	Deviasi (%)
1,45	81549	79843	97,90	0,28
1,60	83012	81436	98,10	0,22
1,75	82468	80699	97,85	0,22
1,90	82129	80578	98,11	0,11

Berdasarkan tabel 5, nilai rata-rata PDR tertinggi yaitu 98,11%, terdapat pada jaringan dengan variasi kecepatan *node* 1,90 m/s. Sedangkan, nilai rata-rata PDR terendah yaitu 97,85%, terdapat pada jaringan dengan variasi kecepatan *node* 1,75 m/s. Bertambahnya kecepatan *node* pada simulasi ini tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai rata-rata PDR. Hal ini disebabkan karena perbedaan kecepatan rata-rata manusia berjalan hingga berlari yang tidak terlalu signifikan. Namun, fluktuasi nilai PDR dapat disebabkan karena perbedaan antrian data pada lapisan (*layer*) MAC pada jaringan ini.

3.3. Analisis Delay
3.3.1. Analisis Delay Variasi Jumlah Node

Dari hasil simulasi, didapatkan nilai rata-rata total *delay* (T), *delay* transmisi (T_T), *delay* propagasi (T_P) dan *delay* proses / antrian (T_{PR}) variasi jumlah *node* seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai *delay* variasi jumlah *node*

Jumlah <i>node</i> (<i>node</i>)	Total waktu pengiriman (s)	Delay transmisi (ms)	Delay propagasi (ns)	Delay proses (ms)	Total Delay (ms)
40	68144,19	4,36	633,09	799,91	804,27
60	52945,19	4,36	703,71	850,92	855,28
80	45190,43	4,36	724,48	1053,22	1057,58
100	45841,56	4,36	729,06	1541,84	1546,19

Berdasarkan tabel 6, nilai rata-rata *delay* tertinggi yaitu 1546,19 ms, terdapat pada jaringan dengan jumlah *node* 100. Sedangkan, nilai rata-rata *delay* terendah yaitu 804,27 ms, terdapat pada jaringan dengan jumlah *node* 40. Semakin besar jumlah *node* pada jaringan menyebabkan nilai rata-rata *delay* semakin tinggi. Hal ini berarti bahwa semakin bertambahnya jumlah *node*, maka semakin buruk performa jaringan tersebut.

Semakin bertambahnya nilai *delay* tersebut disebabkan karena nilai intensitas trafik yang semakin besar seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Semakin besar intensitas trafik mengakibatkan semakin banyak paket yang mengantri dalam sistem. Hal tersebut dapat terlihat dari besarnya nilai *delay* proses pada tabel 6.

3.3.2. Analisis Delay Variasi Kecepatan Node

Dari hasil simulasi, didapatkan nilai rata-rata total *delay* (T), *delay* transmisi (T_T), *delay* propagasi (T_P) dan *delay* proses / antrian (T_{PR}) variasi kecepatan *node* seperti yang ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai Delay variasi kecepatan node

Kecepatan node (node)	Total waktu pengiriman (s)	Delay transmisi (ms)	Delay propagasi (ns)	Delay proses (ms)	Total Delay (ms)
1,45	60104,41	4,36	705,95	748,42	752,78
1,60	56191,17	4,36	729,74	685,64	690,00
1,75	56087,25	4,36	702,06	690,65	695,02
1,90	61644,43	4,36	685,52	760,67	765,03

Berdasarkan tabel 7, nilai rata-rata delay tertinggi yaitu 765,03 ms, terdapat pada jaringan dengan kecepatan node 1,90 m/s. Sedangkan, nilai rata-rata delay terendah yaitu 690,00 ms, terdapat pada jaringan dengan jumlah node 1,60 m/s.

Berdasarkan nilai delay rata-rata, bertambahnya kecepatan node pada simulasi ini tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai rata-rata delay. Nilai delay fluktuatif terhadap pertambahan kecepatan node. Fluktuasi tersebut disebabkan karena adanya perbedaan jarak tempuh dan pergerakan node yang acak. Pada penelitian ini, variasi kecepatan tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai delay karena kecepatan yang digunakan adalah kecepatan rata-rata manusia berjalan hingga berlari yang perbedaannya tidak terlalu signifikan terhadap nilai delay.

3.4. Analisis Kesuksesan Handoff

3.4.1. Analisis Kesuksesan Handoff Variasi Jumlah Node

Dari hasil simulasi, didapatkan persentase kesuksesan hard handoff variasi jumlah node seperti yang ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Persentase kesuksesan handoff variasi jumlah node

Jumlah node (node)	Jumlah kasus handoff rata-rata (handoff)	Jumlah handoff sukses rata-rata (handoff)	Jumlah handoff tertinggi (handoff)	Jumlah handoff terendah (handoff)	Persentase kesuksesan handoff (%)
40	11	4	13	8	36,36
60	17	7	27	5	41,18
80	8	4	12	2	50,00
100	5	1	7	1	20,00

Berdasarkan tabel 8, nilai persentase kesuksesan hard handoff tertinggi, yaitu 50,00 %, terdapat pada jaringan dengan jumlah node 80. Sedangkan, persentase kesuksesan hard handoff terendah, yaitu 20,00 %, terdapat pada jaringan dengan jumlah node 100. Jumlah kasus handoff terbanyak terjadi pada jaringan dengan jumlah node 60, yaitu 27 kali. Sedangkan jumlah terjadinya kasus handoff paling sedikit terdapat pada jaringan dengan jumlah node 100, yaitu 1 kali. Semakin bertambahnya jumlah node maka nilai persentase kesuksesan handoff semakin besar. Hal ini berkaitan dengan jumlah kasus terjadinya handoff yang juga bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah node.

Pada jaringan dengan jumlah node 40 dan 60, jumlah kasus handoff yang terjadi terus bertambah seiring bertambahnya jumlah node. Penanganan handoff berjalan dengan baik karena variasi jumlah node 40 masih dalam batas intensitas trafik dibawah 1,0 sedangkan jumlah node 60 dalam batas intensitas trafik 1,0. Sehingga jaringan masih dapat menangani kasus handoff yang terjadi.

Namun, pada variasi jumlah node 80, jumlah kasus handoff yang terjadi mulai menurun. Setelah mencapai variasi dengan jumlah node 100, jumlah kasus handoff yang terjadi pada variasi ini menjadi jumlah handoff paling kecil pada simulasi dengan variasi jumlah node. Hal ini disebabkan karena intensitas trafik yang nilainya terus bertambah melebihi 1,0 sehingga membebani jaringan dan mengakibatkan menurunnya jumlah kasus handoff yang berhasil ditangani. Jadi, semakin bertambahnya jumlah node dalam suatu jaringan akan mengakibatkan semakin bertambahnya intensitas trafik dan semakin buruknya performa jaringan tersebut dalam penanganan kasus handoff.

3.4.2. Analisis Kesuksesan Handoff Variasi Kecepatan Node

Analisis hasil kesuksesan hard handoff variasi kecepatan node ini secara khusus dilakukan dengan menggunakan 2 jenis variasi jumlah node, yaitu jumlah node 40 dan 100. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan 2 data kesuksesan hard handoff dari jaringan bertrafik sedang (40 node) dan dari jaringan bertrafik over traffic (100 node). Dari hasil simulasi, didapatkan persentase kesuksesan hard handoff variasi kecepatan node seperti yang ditunjukkan pada tabel 9.

Tabel 9. Persentase kesuksesan handoff variasi kecepatan node

Jumlah node (node)	Kecepatan node (m/s)	Jumlah kasus handoff rata-rata (handoff)	Jumlah handoff sukses rata-rata (handoff)	Jumlah handoff tertinggi (handoff)	Jumlah handoff terendah (handoff)	Persentase kesuksesan handoff (%)
40	1,45	13	5	14	7	38,46
	1,60	15	6	20	8	40,00
	1,75	15	7	21	8	46,67
100	1,90	14	7	19	9	50,00
	1,45	5	2	8	1	40,00
	1,60	5	1	7	1	20,00
	1,75	4	1	7	1	25,00
	1,90	6	1	8	2	16,67

Berdasarkan tabel 9, nilai persentase kesuksesan hard handoff tertinggi, yaitu 50,00%, terdapat pada jaringan variasi jumlah node 40 dengan kecepatan 1,90 m/s. Sedangkan, persentase kesuksesan hard handoff terendah, yaitu 16,67%, terdapat pada jaringan variasi jumlah node 100 dengan kecepatan 1,90 m/s. Jumlah kasus handoff terbanyak terjadi

pada jaringan dengan variasi jumlah node dengan kecepatan 1,75 m/s, yaitu 21 kali. Sedangkan jumlah terjadinya kasus handoff paling sedikit terdapat pada

jaringan variasi jumlah node 40 dengan variasi kecepatan 1,60 m/s, yaitu 7 kali.

Jumlah kasus *handoff* pada variasi jumlah *node* 40 dengan kecepatan 1,9 m/s adalah variasi dengan jangkauan *handoff* yang tinggi dan paling banyak terjadi, yaitu antara 9 sampai 19 kali. Hal tersebut merupakan jumlah yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya. Selain itu, variasi jumlah *node* 40 dengan kecepatan 1,90 m/s persentase kesuksesan lebih besar dibandingkan dengan variasi kecepatan lainnya, yaitu 50,00%. Hal tersebut disebabkan karena *node* dengan kecepatan 1,9 m/s bergerak lebih cepat meninggalkan wilayah cakupan AP asal ke wilayah cakupan AP tujuan. Jadi, semakin tinggi kecepatan *node* maka akan semakin tinggi kemungkinan *node* tersebut untuk mengalami perpindahan akses dari AP asal ke AP tujuan untuk melakukan *handoff*.

Namun, berdasarkan data pada tabel 4.10, jumlah kejadian *handoff* variasi jumlah *node* 100 menunjukkan bahwa jaringan telah mencapai batas maksimal untuk penanganan *handoff*. Hal ini terlihat dari data jumlah *handoff* yang berhasil ditangani sangat kecil, yaitu 1 sampai 2 kali untuk masing-masing variasi. Jadi, dapat disimpulkan bahwa variasi jumlah *node* 100 merupakan variasi dengan intensitas trafik jaringan yang *over traffic* sehingga menyebabkan semakin sulit penanganan kasus *handoff* pada jaringan tersebut meskipun kecepatan *nodenya* berubah.

3.5. Validasi Data

Nilai *delay* dapat divalidasi menggunakan teorema little pada persamaan 3. Persamaan 3 digunakan untuk menghitung jumlah rata-rata total paket yang berada dalam sistem pada waktu pengamatan. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai yang ada pada berkas *trace*. Waktu pengamatan yang dimaksud adalah nilai *delay* rata-rata pengiriman paket. Contoh perhitungan menggunakan persamaan 3 dengan data pada variasi kecepatan *node* adalah sebagai berikut

$$N = \lambda T$$

$$N = (1/0,01033) \times 0,75278$$

$$N = 73 \text{ paket}$$

Jumlah paket rata-rata dalam waktu pengamatan pada *trace file* adalah 73 paket. Dengan menggunakan persamaan 3 seperti contoh perhitungan tersebut, maka didapatkan nilai untuk variasi lain yang ditunjukkan pada tabel 10.

Berdasarkan tabel 10 tersebut, jumlah paket antara hasil perhitungan dengan teorema Little dan hasil pada berkas *trace* adalah sama. Hal ini membuktikan bahwa simulasi yang dilakukan telah sesuai dengan teori.

Tabel 10. Nilai rata-rata paket dalam sistem berdasarkan simulasi dan perhitungan

Jumlah node (node)	Kecepatan node (m/s)	Inter-arrival time (ms)	Total delay (ms)	Jumlah paket pada berkas trace (paket)	Jumlah paket hasil perhitungan (paket)
40	1,60	10,34	804,27	78	78
60	1,60	14,44	855,28	60	60
80	1,60	20,69	1057,58	51	51
100	1,60	30,20	1546,19	52	52
40	1,45	10,33	752,78	73	73
40	1,60	9,99	690,00	70	70
40	1,75	10,00	695,02	70	70
40	1,90	10,00	765,03	77	77

4. Kesimpulan

Pada skenario variasi jumlah *node*, nilai PDR rata-rata tertinggi sebesar 97,66% terjadi pada jaringan dengan jumlah *node* 40. Kemudian, nilai PDR rata-rata terendah sebesar 92,88% terjadi pada jaringan dengan jumlah *node* 100.

Pada skenario variasi jumlah *node*, nilai *delay* total rata-rata tertinggi sebesar 1546,19 ms terjadi pada jaringan dengan jumlah *node* 100. Kemudian, nilai *delay* total rata-rata terendah sebesar 804,27 ms terjadi pada jaringan dengan jumlah *node* 40. Pada skenario ini, nilai *delay* jaringan dengan jumlah *node* 40 ke jaringan dengan jumlah *node* 100 mengalami kenaikan sebesar 92,25%.

Pada skenario variasi jumlah *node*, nilai persentase kesuksesan *hard handoff* tertinggi terjadi pada jaringan dengan jumlah *node* 80 sebesar 50,00% ms. Kemudian, persentase kesuksesan *hard handoff* terendah terjadi pada variasi jumlah *node* 100 sebesar 20,00%. Namun, jumlah kasus *hard handoff* tertinggi sebanyak 27 kasus terjadi pada variasi jumlah *node* 60 dengan persentase kesuksesan *hard handoff* sebesar 41,18%.

Pada skenario variasi kecepatan *node*, nilai PDR rata-rata tertinggi sebesar 98,11% terjadi pada jaringan dengan kecepatan *node* 1,90 m/s. Kemudian, nilai PDR rata-rata terendah sebesar 97,85% terjadi pada jaringan dengan kecepatan *node* 1,75 m/s.

Pada skenario variasi kecepatan *node*, nilai *delay* total rata-rata tertinggi sebesar 765,03 ms terjadi pada jaringan dengan kecepatan *node* 1,90 m/s. Kemudian, nilai *delay* total rata-rata terendah sebesar 690,00 ms terjadi pada jaringan kecepatan *node* 1,60 m/s. Pada skenario ini, nilai *delay* dari jaringan dengan kecepatan *node* 1,60 m/s ke jaringan dengan kecepatan *node* 1,90 m/s mengalami penurunan sebesar 8,51%.

Pada skenario variasi kecepatan *node* dengan jumlah *node* pada jaringan berjumlah 40 *node*, nilai persentase kesuksesan *hard handoff* tertinggi sebesar 50,00% terjadi pada jaringan dengan kecepatan *node* 1,90 m/s. Kemudian, nilai persentase kesuksesan *hard handoff* terendah sebesar 38,46% terjadi pada variasi kecepatan

node 1,45 m/s. Kesuksesan *hard handoff* meningkat sebesar 11,54% dari jaringan dengan kecepatan *node* 1,45 m/s ke jaringan dengan kecepatan *node* 1,90 m/s.

Pada skenario variasi kecepatan *node* dengan jumlah *node* pada jaringan berjumlah 100 *node*, nilai persentase kesuksesan *hard handoff* tertinggi sebesar 40,00% ms terjadi pada variasi kecepatan *node* 1,45 m/s. Kemudian, nilai persentase kesuksesan *hard handoff* terendah sebesar 16,67% terjadi pada variasi kecepatan *node* 1,90 m/s. Kesuksesan *hard handoff* menurun sebesar 23,33% dari jaringan dengan kecepatan *node* 1,45 m/s ke jaringan dengan kecepatan *node* 1,90 m/s.

Referensi

- [1]. Ram Krishan, Dr. Vijay Laxmi, "Handoff Implementation in IEEE 802.11 Wireless Local Area Network Using Riverbed Modeler", dalam IJESRT ISSN 2277-9655. Vol. 1, No. 38. Feb., 2015.
- [2]. Ankit Kumar, Lakshay Sethi. "Handover Schemes in Wireless Communication", dalam IJR ISSN 234-6848. Vol. 1 Issue-10, Nov., 2014.
- [3]. Jyoti Sachan, Prof. Anant Kr. Jaiswal. "Reducing the Latency of IEEE 802.11 MAC Layer Handoff using Virtual Access Point", dalam IJERT ISSSN 2278-0181. Vol. 2 Issue 2, Feb., 2013.
- [4]. Ahmed Riadh Rebai, Mariam Fliss, Sa'ïd Hanafi. "A Multimedia and Voip-Oriented Cell Search Technique for the IEEE 802.11 WLANS", dalam In Tech Multimedia – A Multidiciplinary Approach to Computer Issues. ISBN 978-953-51-0216-8. Mar., 2012.
- [5]. Yin Chen. "MeshScan : A Fast and Efficient Handoff Scheme for IEEE 802.11 Wireless Mesh Networks", Thesis, Dublin Institute of Technology, Apr., 2010.
- [6]. Melwin Syafrizal. "7 Layer OSP". STMIK AMIKOM, Yogyakarta, Indonesia. 2007.
- [7]. Jangeun Jun. "Theoretical Maximum Throughput Of IEEE 802.11 and Its Applications", dalam IEEE Computer Society, 2003.
- [8]. CWNP, Inc. "Chapter 8 : 802.11 PHY Layers", dalam CWAP Exam Objective, CWAP, Agu., 2010. pp. 213-238.
- [9]. The VINT Project. "The NS Manual", Information Sciences Institute, University of Southern California, 2008.
- [10]. Qing-An Zeng. "Handoff In Wireless Mobile Network", University Of Cincinnati, 2015.
- [11]. E. Bayu Wirawan. "Mudah Membangun Simulasi dengan Network Simulator-2 (NS- 2)", Yogyakarta, 2004.
- [12]. Chrisman H Manurung. "Perbandingan Tipe MAC pada Jaringan VSAT Mesh dengan NS2", Skripsi, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2008.
- [13]. [Delay Analysis. <http://www.cs.sfu.ca/CourseCentral/765/qgu/Notes/note4.pdf>] [10 Agustus 2015.]
- [14]. Adi Wahyu Christianto. "Mengukur Kecepatan dan Percepatan Gerak Kaki Manusia Menggunakan Kamera Digital", Dalam Teknik Pomits ISSN : 2337-3539, Vol. 2, 2013.
- [15]. Cristian Hernandez Benet, Fransisco Domingo S. V. "Study of TCP Available Bandwidth Using NS2 and Its Forecasting Based on Genetic Algorithm". Computer Science, Faculty of Health Science and Technology, Karlstads University, 2014