

ANALISIS PENGARUH HIDDEN NODE PADA QOS IEEE 802.11N WLAN DI GERBONG KERETA CEPAT

ANALYSIS OF HIDDEN NODE EFFECT ON QOS IEEE 802.11n WLAN ON PASSENGER COACH HIGH SPEED TRAIN

Sophie Dwivita Evans Anthen¹, Dr. Erna Sri Sugesti, Ir., M.Sc.², Dr. Doan Perdana, S.T., M.T.³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹sophieanthen@gmail.com, ²ernasugesti@telkomuniversity.ac.id, ³doan.perdana2010@gmail.com

Abstrak

Transportasi kereta merupakan salah satu transportasi pilihan antar kota yang pengembangannya terus dilakukan. Perancangan jaringan *wifi* di kereta merupakan salah satu bagian dari pengembangan layanan kereta cepat. Namun, dalam sistem komunikasi WLAN terdapat masalah yang dapat mengurangi kualitas performansi jaringan internet, salah satunya adalah masalah *hidden node*. Masalah *hidden node* menyebabkan terjadinya *collision* yang turut mempengaruhi performansi jaringan menjadi menurun. IEEE 802.11n memanfaatkan mekanisme RTS/CTS yang digunakan untuk meminimalisir *collision* pada jaringan akibat masalah *hidden node*.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis pengaruh *hidden node* pada QoS layanan IEEE 802.11n WLAN di gerbong kereta cepat. Pengujian yang dilakukan berupa simulasi menggunakan *simulator* NS3.26. Pada proses simulasi digunakan 4 skenario yaitu *hidden node* pada saat penumpang melakukan layanan VoIP, data, *video streaming*, dan *mixed* layanan. Parameter-parameter yang dianalisis pada Tugas Akhir ini adalah *throughput*, *delay* dan PDR dengan menggunakan mekanisme RTS/CTS.

Pengujian *hidden node* yang dilakukan terhadap *payload size* layanan VoIP, data, dan *video streaming* dengan nilai minimum dari standar ITU-T berpengaruh pada hasil *throughput*. Berdasarkan hasil pengujian *hidden node* layanan VoIP, data (*web browsing*), *video streaming*, dan *mixed* layanan menunjukkan komposisi pengujian 1 (48N + 2HN) menghasilkan *throughput*, *delay*, dan PDR yang tergolong bagus karena *throughput* yang dihasilkan tinggi, *delay* yang diperoleh ≤ 150 ms dan PDR untuk kondisi RTS/CTS *enable* 100%. Sedangkan, untuk komposisi pengujian 2, 3, dan 4 menghasilkan performansi jaringan yang buruk karena tidak sesuai dengan standar ITU-T G.1010. Penggunaan mekanisme RTS/CTS *enable* untuk pengujian *hidden node* dapat meningkatkan performansi jaringan. Namun, penggunaan mekanisme RTS/CTS *enable* pada pengujian dengan jumlah 4, 8, dan 12 *hidden node* tidak efektif untuk meminimalisir *collision* yang terjadi karena permintaan transmisi pada jaringan menjadi semakin tinggi.

Kata kunci : IEEE 802.11, Hidden Node, Access Point, RTS/CTS, NS3

Abstract

Train transportation is one of the inter-city transportation options for which development continues. The design of a *wifi* network on a train is one part of developing a high speed train service. However, in the WLAN communication system there are problems that can reduce the quality of internet network performance, one of which is the *hidden node* problem. *Hidden node* problems cause collisions that also affect network performance to decrease. IEEE 802.11n utilizes the RTS/CTS mechanism used to minimize collisions on the network due to *hidden node* problems.

In this final project, a *hidden node* analysis is performed on IEEE 802.11n WLAN in a fast train car. Tests carried out in the form of simulations using the NS3.26 simulator. In the simulation process, four scenarios are used, namely *hidden nodes* when passengers make VoIP services, data, *video streaming*, and *mixed* services. The parameters analyzed in this Final Project are *throughput*, *delay* and PDR using the RTS/CTS.

Hidden node testing performed on the *payload size* of VoIP services, data, and *video streaming* with a minimum value of the ITU-T standard affects the results of *throughput*. Based on the *hidden node* test results of VoIP services, data (*web browsing*), *video streaming*, and *mixed* services show the composition of testing 1 (48N + 2HN) results in *throughput*, *delay*, and PDR that are relatively good because the resulting high *throughput*, the *delay* obtained is ≤ 150 ms and PDR for RTS/CTS conditions *enable* 100%. Meanwhile, the composition of tests 2, 3, and 4 results in poor network performance because it does not comply with ITU-T G.1010 standards. The use of the RTS/CTS mechanism enables *hidden node* testing to improve network performance. However, the use of the RTS/CTS mechanism allows the testing of the number of 4, 8, and 12 *hidden nodes* is not effective to minimize collisions that occur because of the higher transmission demand on the network

Keywords : IEEE 802.11, Hidden Node, Access Point, RTS/CTS, NS3

1. Pendahuluan

Persaingan antar moda transportasi yang semakin ketat, tentunya akan berpengaruh terhadap kualitas pelayanan yang diberikan kepada pelanggan pengguna jasa transportasi. Tingkat kepuasan pelanggan menjadi prioritas utama yang menjadi tolak ukur keberhasilan setiap perusahaan, tak terkecuali oleh PT. Kereta Api Indonesia. Agar semakin menarik minat masyarakat untuk menggunakan transportasi kereta cepat ditawarkan layanan baru yaitu koneksi *wifi* pada gerbong kereta penumpang juga diperlukan. Pada penelitian [1], telah dilakukan Perancangan dan Analisis *Coverage Area* jaringan WiFi pada Gerbong Kereta Api Penumpang Eksekutif Jakarta – Bandung. Pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil *coverage* terbaik 98% yaitu dengan penempatan *access point* menggunakan 2 *access point* di antara kursi nomor 1 dan 13. Meskipun penempatan *access point* ditempatkan sesuai dengan hasil *coverage* terbaik [1] tidak berarti bahwa semua penumpang dapat mengakses internet tanpa adanya masalah pada jaringan. Salah satu kemungkinan masalah yang terjadi pada jaringan WiFi yaitu *hidden node*. *Hidden node* terjadi saat *node* tidak dapat mendeteksi transmisi dari *node* lain karena *node* lain mendeteksi terjadinya kesibukan transmisi pada jaringan. Sehingga, adanya masalah *hidden node* akan mempengaruhi performansi kinerja jaringan. Untuk mengatasi masalah tersebut digunakan mekanisme RTS/CTS, yang mana mekanisme tersebut dapat mengurangi terjadinya *collision* pada beberapa kasus.

2. Dasar Teori dan Perancangan Sistem

2.1 Teknologi IEEE 802.11n

Standar IEEE 802.11n dirilis pada bulan Oktober 2009. Teknik modulasi yang digunakan dalam standar ini masih menggunakan skema teknik modulasi OFDM. Keunggulan dari standar ini adalah pemanfaatan beberapa antena *wireless* untuk mengirimkan dan menerima data melalui antena. Teknologi antena ini biasa disebut *Multiple Input, Multiple Output* (MIMO). Teknik MIMO menyebabkan 802.11n dapat menggunakan 2 frekuensi radio yang beroperasi pada 2,4 GHz dan 5 GHz [2].

2.2 Hidden Node

Pada jaringan *wireless* jika suatu *node* berada pada jangkauan dua *node* lainnya, tetapi dua *node* tersebut tidak dapat mengetahui aktifitas masing-masing disebut *hidden node*. *Node* 1 dapat mengetahui transmisi *node* 0 dan 2, tetapi *node* 0 dan *node* 2 tidak dapat mengetahui transmisi satu sama lain. Hal ini akan menyebabkan terjadinya situasi dimana *node* 2 saat menerima transmisi dari *node* 1, tetapi *node* 0 tidak mengetahui bahwa *node* 1 sedang melakukan transmisi. *Node* 0 yang menganggap tidak ada proses transmisi data pada medium, menganggap medium tersebut *idle*. Inilah yang dimaksud dengan *hidden node*. Masalah *hidden node* terjadi karena terdapat *node* yang tidak dapat mengetahui keberadaan *node* lain diluar *coverage sinyal node* masing-masing. Oleh karena itu, mekanisme RTS/CTS berfungsi untuk meminimalisir masalah *hidden node* yang terjadi pada mode akses dasar [3].

2.3 RTS/CTS

Pada standar 802.11 terdapat fitur berupa mekanisme RTS/CTS (*Request to Send / Clear to Send*). Mekanisme RTS/CTS ini dapat diaktifkan ataupun tidak diaktifkan. Tujuan dari penggunaan mekanisme RTS/CTS adalah untuk mengatasi terjadinya *Hidden Node*. Dengan menggunakan mekanisme RTS/CTS setiap *node* harus menunggu CTS dari *base station* sebelum melakukan transmisi [4].

2.4 Parameter QoS (Quality of Service)

a) Throughput

Throughput adalah kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data. Sifat *throughput* adalah dinamis tergantung trafik yang sedang terjadi. Semakin besar *bit-rate* maka akan semakin besar pula *throughput*-nya, semakin besar nilai *throughput*-nya akan menunjukkan semakin bagus pula kemampuan jaringan dalam mentransmisikan file [5]. Rumus perhitungan *throughput* dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$Th = \left[\left(\frac{rxB \times 8}{(tLRx - tFRx) / 1000000} \right) \div 1024 \right] \div 1024 \quad (1)$$

Keterangan:

Th = *Throughput* (Mbps)

rxB = Jumlah data yang diterima dalam *Bytes* (*bit*)

tLRx = Waktu absolut ketika paket terakhir dalam aliran diterima, yaitu saat penerimaan aliran berakhir (ns)

tFRx = Waktu absolut ketika paket pertama dalam aliran diterima oleh *node* akhir (ns)

b) Delay

Delay (waktu tunda) merupakan *interval* waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket data saat data mulai dikirim dan keluar dari proses antrian dari titik sumber awal hingga mencapai titik tujuan. Nilai *delay* diperoleh dengan

selisih antara waktu data diterima dan waktu data dikirim yang dipresentasikan dengan satuan *milisecond* (ms). Semakin kecil *delay* maka semakin baik pengiriman data [6].

$$D = \frac{dS}{rxP} \quad (2)$$

Keterangan:

D = rata-rata delay (s)

dS = Jumlah dari end-to-end delays untuk semua paket aliran yang diterima

rxP = Jumlah paket yang diterima

c) PDR

Packet delivery ratio (PDR) adalah rasio antara banyaknya paket yang diterima oleh tujuan dengan banyaknya paket yang dikirim oleh sumber [7]. PDR diukur dalam satuan persen (%), semakin besar nilai PDR maka semakin baik pengiriman data. Rumus perhitungan PDR dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$PDR = \frac{Pd}{Ps} \times 100\% \quad (3)$$

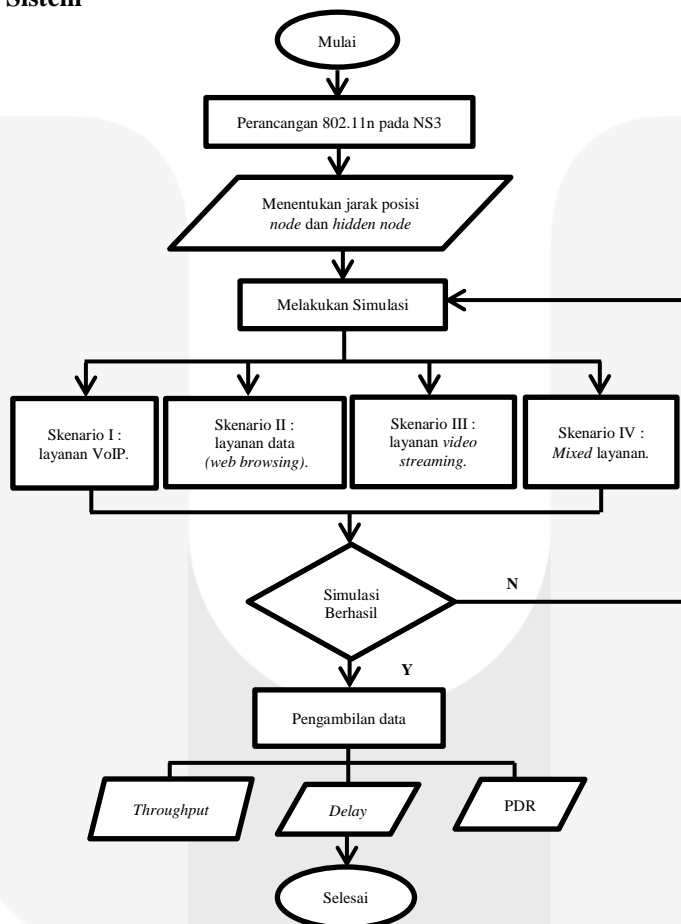
Keterangan:

Pd = Paket yang diterima (paket)

Ps = Paket yang dikirim (paket)

2.5 Perancangan Sistem

2.5.1 Diagram Alir Sistem



Gambar 1. Diagram alir perancangan sistem.

Tahapan perancangan Simulasi *hidden node* pada Gambar 3.1 terdiri dari menentukan parameter input yang dibutuhkan untuk perancangan jaringan 802.11n dalam gerbong kereta cepat. Selanjutnya, dilakukan perancangan simulasi dengan skenario simulasi yang telah dibuat dan menentukan posisi *node* dan *hidden node* sesuai skenario. Terdapat tiga skenario simulasi yang dirancang diantaranya: Skenario I pada saat penggunaan layanan VoIP, Skenario II layanan data, dan Skenario III layanan *video streaming*, Skenario IV *mixed* layanan. Simulasi skenario menggunakan mekanisme RTS/CTS (*enable* dan *disable*).

2.5.2 Skenario Perancangan

Tahapan perancangan simulasi hidden node terdiri dari menentukan parameter spesifikasi kebutuhan untuk simulasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Dari spesifikasi yang telah ditentukan, selanjutnya dilakukan perancangan simulasi dengan 4 skenario. Keempat skenario perancangan simulasi tersebut disebutkan pada Tabel 2. Penentuan nilai *payload size* dan *data rate* untuk setiap skenario disesuaikan dengan standar ITU-T G.1010 [8]. Pengujian layanan VoIP, data, dan video streaming diuji berdasarkan komposisi pengujian 1, 2, 3, dan 4. Sedangkan, *mixed* layanan diuji hanya menggunakan komposisi pengujian 2 dan 4. Keempat komposisi pengujian *hidden node* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Parameter spesifikasi simulasi.

Parameter	Keterangan
Physical layer	802.11n
RTS/CTS	Enable dan disable
Simulation time	10 s
Transport layer	UDP dan TCP/IP
Jumlah node	50
Jumlah AP	2
Propagation loss model	Nakagami
Jumlah node	50
Jumlah AP	2

Tabel 2. Parameter skenario perancangan simulasi.

Skenario Pengujian	Parameter	
	Payload size (byte)	Data rate (kbps)
Skenario I layanan VoIP	80 dan 160	64
Skenario II layanan data	50 dan 100	80
Skenario III layanan video streaming	100 dan 200	384
Skenario IV mixed layanan		
1. VoIP dan data	80 dan 160	80
2. Data dan video streaming	80 dan 160	384
3. Video streaming dan VoIP	50 dan 100	384

Tabel 3. Komposisi station pada tiap skenario.

Komposisi Pengujian	Skenario I VoIP	Skenario II (Data)	Skenario III (Video streaming)
1.	48 node + 2 hidden node	48 node + 2 hidden node	48 node + 2 hidden node
	<p>Posisi <i>hidden node</i> berada pada kursi nomor 7A, dan 7D dengan <i>range propagation</i> AP yaitu 8,53 m.</p>		
2.	46 node + 4 hidden node	46 node + 4 hidden node	46 node + 4 hidden node
	<p>Posisi <i>hidden node</i> berada pada kursi nomor 7A, 7B, 7C dan 7D dengan <i>range propagation</i> AP yaitu 8,62 m.</p>		
3.	42 node + 8 hidden node	42 node + 8 hidden node	42 node + 8 hidden node
	<p>Posisi <i>hidden node</i> berada pada kursi nomor 6A, 6D, 7A, 7B, 7C, 7D, 8A, dan 8D <i>range propagation</i> AP yaitu 9,72 m.</p>		
4.	38 node + 12 hidden node	38 node + 12 hidden node	38 node + 12 hidden node
	<p>Posisi <i>hidden node</i> berada pada kursi nomor 7A, 7B, 7C, 7D, 8A, 8B, 8C, 8D, 9A, 9B, 9C, dan 9D <i>range propagation</i> AP yaitu 9,78 m.</p>		

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Skenario I Layanan VoIP

Tabel 4(a). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR layanan VoIP dengan *payload size* 80 *byte*.

Skenario I (VoIP)		Throughput (kbps)		Delay (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		Disable	Enable	Disable	Enable	Disable	Enable
1	48 N + 2 HN	39,8683	50,7643	174,9916	138,0127	79,00%	100,00%
2	46 N + 4 HN	36,9831	45,6383	206,5388	167,5679	69,00%	88,00%
3	44 N + 6 HN	32,9348	39,8541	229,0220	192,0739	65,32%	82,50%
4	38 N + 12 HN	29,9245	34,9290	250,2196	215,5082	60,96%	77,80%

Tabel 4(b). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR layanan VoIP dengan *payload size* 160 *byte*.

Skenario I (VoIP)		Throughput (kbps)		Delay (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		Disable	Enable	Disable	Enable	Disable	Enable
1	48 N + 2 HN	67,4360	85,8860	178,0026	139,0623	79,00%	100,00%
2	46 N + 4 HN	66,9753	82,8190	206,5826	167,8911	69,00%	88,00%
3	44 N + 6 HN	56,8210	68,4785	230,3958	192,5961	64,92%	82,10%
4	38 N + 12 HN	55,2854	65,1865	250,2174	215,5747	60,88%	77,72%

Tabel 4(a) dan Tabel 4(b) merupakan hasil pengujian *throughput*, *delay*, dan PDR layanan VoIP dengan *payload size* 80 dan 160 *byte*. Dari hasil pengujian, *throughput* meningkat ketika *payload size* berada pada nilai 160 *byte*. Sebaliknya, pengujian dengan *payload size* 80 *byte* menghasilkan *throughput* yang rendah. Meskipun demikian, *delay* dan PDR yang diperoleh dari pengujian dengan *payload size* 80 dan 160 *byte* tidak memiliki perubahan yang cukup signifikan. Dari pengujian layanan VoIP disetiap komposisi pengujian, dengan penggunaan *payload size* 80 dan 160 *byte* diketahui bahwa komposisi pengujian 1 menghasilkan *throughput*, *delay*, dan PDR yang paling baik. Sedangkan, komposisi pengujian 2, 3, dan 4, menghasilkan *throughput*, *delay*, dan PDR yang buruk karena tidak sesuai dengan standar ITU-T G.1010. PLR untuk layanan VoIP menurut standar ITU-T G.1010 adalah $\leq 1\%$ dan *delay* < 150 ms. Penggunaan RTS/CTS *enable* disetiap pengujian diketahui efektif untuk meningkatkan *throughput* dan PDR, sebaliknya memperkecil *delay*. Melalui penggunaan RTS/CTS *enable* maka *node* yang akan mengirim transmisi terlebih dahulu melakukan pengecekan terhadap kanal. Jika *node* merasa bahwa kanal sedang sibuk, maka kanal akan menunggu hingga kanal *idle*. Pada kondisi tersebut, *node* akan menghasilkan *random backoff time* untuk menghindari beberapa *node* mentransmisikan data secara bersamaan.

3.2 Skenario II Layanan Data

Tabel 5(a). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan data dengan *payload size* 50 *byte*.

Skenario II (data)		Throughput (kbps)		Delay (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		Disable	Enable	Disable	Enable	Disable	Enable
1	48 N + 2 HN	44,5765	57,8145	186,7058	140,8296	76,00%	100,00%
2	46 N + 4 HN	41,0988	52,0553	199,9425	160,0813	72,00%	88,00%
3	44 N + 6 HN	39,9630	49,0108	239,6233	197,6793	70,00%	82,00%
4	38 N + 12 HN	35,4058	42,2670	263,5077	232,3259	68,00%	77,00%

Tabel 5(b). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan data dengan *payload size* 100 *byte*.

Skenario II (data)		Throughput (kbps)		Delay (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		Disable	Enable	Disable	Enable	Disable	Enable
1	48 N + 2 HN	87,8946	114,6565	188,7145	145,8433	76,00%	100,00%
2	46 N + 4 HN	81,4526	103,4775	200,9725	160,0985	72,00%	88,00%
3	44 N + 6 HN	75,4699	92,4894	240,7651	198,8013	70,00%	82,00%
4	38 N + 12 HN	70,1287	83,9195	265,6026	235,3950	68,00%	77,00%

Tabel 5(a) dan Tabel 5(b) merupakan hasil pengujian *throughput*, *delay*, dan PDR layanan data (*web browsing*) dengan *payload size* 50 dan 100 *byte*. Pengujian dengan *payload size* 50 dan 100 *byte* diperoleh *payload size* 100 *byte* memberikan hasil *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *payload size* 50 *byte*. Sedangkan, hasil *delay* dan PDR yang diperoleh dengan *payload size* 50 dan 100 *byte* tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Suatu jaringan dikatakan dalam performansi yang baik apabila *throughput* yang dihasilkan tinggi, *delay* ≤ 150 ms, dan PDR memiliki peresentase 100%. Standar ITU-T G.1010 untuk PLR (*packet loss ratio*) layanan data adalah 0%. Melalui standar tersebut, dari pengujian *payload size* 50 dan 100 *byte* diperoleh komposisi pengujian 1 merupakan pengujian *hidden node* dengan hasil *throughput*, *delay*, dan PDR yang paling baik. Sedangkan, komposisi pengujian 2, 3, dan 4 tidak *acceptable* karena memiliki *packet loss* dan *delay* yang dihasilkan lebih dari 150 ms. Terlalu banyak *hidden node* menyebabkan terjadinya *collision* karena beberapa *node* secara bersamaan akan mengulang-ulang proses *handshake* yang gagal. Peningkatan *collision* yang terjadi menyebabkan performansi kinerja jaringan menjadi lebih lambat yang berarti *delay* semakin meningkat, *throughput* mejadi rendah, dan ada banyak paket yang dibuang.

3.3 Skenario III Layanan Video Streaming

Tabel 6(a). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan *video streaming* dengan *payload size* 100 byte.

Skenario III (<i>video streaming</i>)		<i>Throughput</i> (kbps)		<i>Delay</i> (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>
1	48 N + 2 HN	63,1204	79,8779	184,4986	140,2095	84,00%	100,00%
2	46 N + 4 HN	61,3980	74,7509	207,2330	163,7521	78,00%	93,56%
3	44 N + 6 HN	58,5036	68,6763	240,0220	198,0738	73,72%	81,62%
4	38 N + 12 HN	55,0320	63,2406	265,9670	223,5907	70,88%	78,02%

Tabel 6(b). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan *video streaming* dengan *payload size* 200 byte.

Skenario III (<i>video streaming</i>)		<i>Throughput</i> (kbps)		<i>Delay</i> (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>
1	48 N + 2 HN	108,2510	137,6266	185,5310	142,2250	84,00%	100,00%
2	46 N + 4 HN	97,9167	119,5409	208,2510	165,8341	78,00%	93,56%
3	44 N + 6 HN	82,9166	97,1121	240,0300	199,1190	73,72%	81,62%
4	38 N + 12 HN	80,5970	93,0425	267,8390	235,3950	70,88%	78,02%

Tabel 6 (a) dan Tabel 6 (b) merupakan hasil pengujian *throughput*, *delay*, dan PDR untuk layanan *video streaming* dengan *payload size* 100 dan 200 byte. Dari hasil pengujian tersebut, diperoleh *payload size* 200 byte menghasilkan *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *payload size* 100 byte. Meskipun hasil pengujian pada kedua kondisi *payload size* tersebut menghasilkan *throughput* yang berbeda, akan tetapi *delay* dan PDR yang diperoleh tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Penggunaan RTS/CTS *enable* mampu meningkatkan *throughput* dan PDR, sebaliknya memperkecil *delay*. Hasil dari setiap komposisi pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa komposisi pengujian 1 merupakan komposisi pengujian *hidden node* dengan hasil performansi jaringan yang baik. Hal tersebut karena untuk layanan *video streaming*, memiliki ketentuan maksimal PLR yaitu $\leq 1\%$. Sedangkan, untuk komposisi pengujian 2, 3, dan 4 hasil PLR disetiap pengujianya melebihi dari standar ITU-T G.1010.

3.4 Skenario IV Mixed Layanan

a) VoIP dan Data

Tabel 7(a). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan VoIP dan data dengan *payload size* 80 byte.

VoIP dan Data		<i>Throughput</i> (kbps)		<i>Delay</i> (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>
2	46 N + 4 HN	63,1204	79,8779	204,3370	162,7743	72,00%	93,75%
4	38 N + 12 HN	61,3980	74,7509	257,8591	222,4757	68,00%	78,00%

Tabel 7(b). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan VoIP dan data dengan *payload size* 160 byte.

VoIP dan Data		<i>Throughput</i> (kbps)		<i>Delay</i> (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>
2	46 N + 4 HN	85,8606	108,3122	206,5446	164,8143	72,00%	93,75%
4	38 N + 12 HN	70,3383	85,3424	257,8934	222,7140	68,00%	78,00%

Tabel 7(a) dan Tabel 7(b) merupakan hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan VoIP dan data dengan *payload size* 80 dan 160 byte. Pengujian dengan menggunakan *payload size* 160 byte menghasilkan *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan dengan 80 byte. Meskipun *throughput* mengalami perubahan seiring dengan berubahnya *payload size*, akan tetapi *delay* dan PDR yang dihasilkan tidak memiliki perubahan yang signifikan sama seperti layanan VoIP, data, dan *video streaming*. Adanya penggunaan RTS/CTS *enable* dapat meningkatkan *throughput* dan PDR, juga memperkecil *delay*. Sesuai dengan standar ITU-T G.1010 bahwa *delay* < 150 ms dan PLR (*packet loss ratio*) untuk layanan VoIP adalah $\leq 3\%$ dan data yaitu 0%. Sehingga dari hasil *delay* dan PDR yang diperoleh untuk layanan VoIP dan data pada komposisi pengujian 2 dan 4 tidak *acceptable* karena PLR tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan.

b) Data dan Video Streaming

Tabel 8(a). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan data dan *video streaming* dengan *payload size* 50 byte.

Data dan Video Streaming		<i>Throughput</i> (kbps)		<i>Delay</i> (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>	<i>Disable</i>	<i>Enable</i>
2	46 N + 4 HN	55,7770	71,2144	203,2693	164,3409	72,00%	94,00%
4	38 N + 12 HN	49,3000	60,0218	263,7095	228,7164	66,00%	85,00%

Tabel 8(b). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan data dan *video streaming* dengan *payload size* 100 byte.

Data dan Video Streaming		Throughput (kbps)		Delay (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		Disable	Enable	Disable	Enable	Disable	Enable
2	46 N + 4 HN	95,0550	120,7923	205,5443	164,5443	72,00%	94,00%
4	38 N + 12 HN	87,0609	105,9086	264,9925	228,8520	66,00%	85,00%

Tabel 8(a) dan Tabel 8(b) merupakan hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan data dan *video streaming* dengan *payload size* 50 dan 100 byte. Dari hasil pengujian diketahui bahwa dengan *payload size* 100 byte menghasilkan *throughput* yang tinggi dibandingkan pengujian dengan *payload size* 50 byte. Untuk hasil *delay*, dengan adanya perubahan *payload size* hasil yang didapatkan tidak memiliki perubahan yang signifikan. Sedangkan untuk PDR, persentase yang diperoleh dari pengujian dengan kedua kondisi *payload size* tersebut konstan. Pengujian *hidden node* terhadap layanan data dan *video streaming* menghasilkan komposisi pengujian 2 dan 4 tidak *acceptable*. Hasil persentase paket yang *loss* untuk layanan data dan *video streaming* melebihi dari standar ITU-T G.1010. Dimana, standar ITU-T G.1010 untuk layanan data $\leq 0\%$ dan *video streaming* $\leq 1\%$.

c) Video Streaming dan VoIP

Tabel 9(a). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan *video streaming* dan VoIP dengan *payload size* 80 byte.

Video Streaming dan VoIP		Throughput (kbps)		Delay (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		Disable	Enable	Disable	Enable	Disable	Enable
2	46 N + 4 HN	57,5990	72,1890	200,1690	169,6174	73,00%	93,75%
4	38 N + 12 HN	50,8778	61,8020	254,7695	224,2294	63,60%	75,16%

Tabel 9(b). Hasil *throughput*, *delay*, dan PDR pada layanan *video streaming* dan VoIP dengan *payload size* 160 byte.

Video Streaming dan VoIP		Throughput (kbps)		Delay (ms)		PDR (%)	
Komposisi Pengujian		RTS/CTS					
		Disable	Enable	Disable	Enable	Disable	Enable
2	46 N + 4 HN	106,3433	133,3433	202,1920	170,6770	73,00%	93,94%
4	38 N + 12 HN	89,5816	108,2324	255,8615	225,2376	63,56%	75,24%

Tabel 9(a) dan Tabel 9(b) merupakan hasil *throughput*, *delay*, dan PDR layanan *video streaming* dan VoIP dengan *payload size* 80 dan 160 byte. Pengujian dengan *payload size* 160 byte, menghasilkan *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *payload size* 80 byte. Semakin besar ukuran paket maka nilai *throughput* yang diperoleh juga semakin tinggi. Sedangkan, *delay* dan PDR pada kedua kondisi *payload size* tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan. *Throughput*, *delay* dan PDR dipengaruhi oleh jarak, kepadatan trafik, serta masalah *hidden node*. Dari hasil pengujian, semakin banyak jumlah *hidden node* maka performansi jaringan juga semakin buruk. Apabila melihat pada standar ITU-T G.1010 diketahui bahwa batas PLR pada layanan VoIP adalah $\leq 3\%$ dan untuk *video streaming* adalah $\leq 1\%$. Melalui standar tersebut maka pengujian *hidden node* yang dilakukan pada komposisi pengujian 2 dan 4 untuk *mixed* layanan *video streaming* dan VoIP tidak *acceptable*. Masalah *hidden node* memungkinkan *node* satu dengan yang lainya untuk bertransmisi secara bersamaan pada saluran yang sama sehingga memicu terjadinya *collision*. Pengaruh dari *collision* yang terjadi menyebabkan paket yang dikirimkan tidak 100% sampai, yang mana pada kondisi tersebut dibuktikan pada hasil pengujian komposisi 2 dan 4.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Penelitian mengenai analisis *hidden node* pada jaringan 802.11n WLAN, menghasilkan kesimpulan sebagai berikut.

- Masalah *hidden node* yang terjadi pada jaringan WLAN di kereta cepat menyebabkan performansi jaringan menjadi menurun. Pengujian layanan VoIP, data (*web browsing*), *video streaming*, dan *mixed* layanan di setiap komposisi pengujian menunjukkan komposisi pengujian 1 (48N + 2HN) merupakan pengujian *hidden node* dengan hasil performansi jaringan yang paling baik yaitu *delay* ≤ 150 ms dan PDR 100% untuk kondisi RTS/CTS *enable*.
- Peningkatan jumlah *hidden node* di setiap skenario pengujian menghasilkan performansi jaringan yang buruk pada komposisi pengujian 2, 3, dan 4 karena menghasilkan *delay* lebih dari 150 ms dan hasil PLR (*Packet Loss Ratio*) layanan VoIP $> 3\%$, data $> 0\%$, dan *video streaming* $> 1\%$.
- RTS/CTS *enable* berguna untuk meminimalisir *collision* akibat masalah *hidden node*. Hal tersebut dibuktikan dengan *throughput* dan PDR yang meningkat, sedangkan *delay* mengalami penurunan. Namun, dengan penambahan jumlah *hidden node* pada komposisi pengujian 2, 3, dan 4 RTS/CTS *enable* tidak efektif untuk mengatasi *collision* karena hasil performansi jaringan yang diperoleh semakin menurun.
- Payload size* maksimum untuk layanan VoIP yaitu 160 byte, data yaitu 80 byte, dan *video streaming* yaitu 200 byte. Hasil pengujian *payload size* layanan VoIP, data, dan *video streaming* dengan nilai minimum dari standar ITU-T menghasilkan *throughput* yang rendah. Sedangkan, *delay* dan PDR tidak mengalami

perubahan yang signifikan terhadap perubahan *payload size* karena *delay* dan PDR dipengaruhi oleh jarak dan kepadatan trafik jaringan.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh diketahui bahwa penggunaan mekanisme RTS/CTS *enable* kurang efektif untuk meminimalisir *collision* yang terjadi akibat masalah *hidden node*. Sehingga, untuk pengembangan dari Tugas Akhir ini penulis menyarankan untuk melakukan penelitian dengan menggunakan mekanisme RAW (*Restricted Access Window*) untuk mengurangi dampak *collision* dan meningkatkan *throughput* meskipun *node* yang mengakses kanal dalam jumlah yang banyak. Selain itu, perlu untuk menentukan parameter lainnya yang lebih baik agar dapat menekan dampak dari *hidden node* pada jaringan WLAN 802.11n.

Daftar Pustaka :

- [1] L.P. Aryaningrum, "Perancangan dan Analisis Coverage Area Jaringan Wifi pada Gerbong Kereta Api Penumpang Eksekutif Jakarta-Bandung". Tugas Akhir, Universitas Telkom, Bandung, 2016.
- [2] R.B.M. Abdelrahman, A.B.A. Mustafa, and A.A. Osman. "A comparison between IEEE 802.11a, b, g, n and ac Standards". IOSR Journal of Computer Engineering, Vol. 17, Issue 5, Ver. III, pp. 26-29, Sept. 2015.
- [3] J. Jeong, H. Kim, S. Lee, and J. Shin. "An Analysis of Hidden Node Problem in IEEE 802.11 Multihop Networks". Sungkyunkwan Korea, pp. 282, Sept. 2010.
- [4] S. Ray, J.B. Carruthers, and D.Starobinski, "RTS/CTS-Induced Congestion in Ad Hoc Wireless LANs". IEEE Standards Board. New Orleans, USA. May 2003.
- [5] M. Li, "Performance Analysis of Wireless Network Maximum Throughput Based on Network Coding," 2017 4th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE), Changsha, 2017, pp. 1582-1586.
- [6] Y. Xiao and J. Rosdahl, "Throughput and delay limits of IEEE 802.11," in IEEE Communications Letters, vol. 6, no. 8, pp. 355-357, Aug. 2002.
- [7] S. Tyagi, G. Gopal and V. Garg, "Detecting malicious node in network using packet delivery ratio," 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, 2016, pp. 3313-3318.