

Analisis Perbandingan Kinerja Protokol Routing DSDV dan OLSR Untuk Perubahan Kecepatan Mobilitas pada Standar IEEE 802.11ah

Muhammad Irfan Denatama¹, Doan Perdana², Ridha Muldina Negara³

^{1,2,3}Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

^{1,2,3}Jalan Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257

Email korespondensi : ¹denatama@yahoo.com, ²doanperdana@telkomuniversity.ac.id

Dikirim 16 Juni 2016, Direvisi 29 Juli 2016, Diterima 15 Agustus 2016

Abstrak – Dewasa ini, teknologi informasi yang praktis dan efisien sangatlah dibutuhkan. Jaringan *ad hoc* merupakan teknologi *wireless* LAN (WLAN) yang tidak membutuhkan suatu infrastruktur seperti *base station* pada jaringannya. Akan tetapi, teknologi *wireless* sering kali memiliki keterbatasan *resource*. Standar IEEE 802.11ah didesain untuk bekerja pada frekuensi sub – 1 GHz, jangkauan transmisinya mencapai 1 Km, konsumsi daya yang rendah, serta dapat melayani ribuan *station* untuk sebuah *access point*. Pada penelitian ini telah dibandingkan protokol *routing* DSDV dan OLSR pada standar IEEE 802.11ah dengan menggunakan NS 3. Sedangkan parameter perbandingan yang digunakan adalah *throughput*, *packet delivery ratio*, rata – rata *delay*, dan konsumsi energi. Berdasarkan hasil yang didapat, protokol *routing* OLSR memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan protokol *routing* DSDV pada skenario perubahan kecepatan. Nilai rata – rata *throughput* untuk OLSR adalah 28400 Bps sedangkan untuk DSDV adalah 2934 Bps. Nilai rata – rata PDR untuk OLSR adalah 14,582 % sedangkan untuk DSDV adalah 2,7 %. Nilai rata – rata *delay* untuk OLSR adalah 0,04453994 s sedangkan untuk DSDV adalah 0,6261986 s. Sedangkan rasio perbandingan untuk konsumsi energi antara protokol *routing* OLSR dan DSDV adalah 1,48 % untuk skenario perubahan kecepatan

Kata kunci – IEEE 802.11ah, Ad hoc Routing, QoS, Konsumsi Energi

Abstract—Nowadays, the simple and efficient information technology is needed. Ad hoc network is wireless LAN technology which doesn't need infrastructure as base station in the network. However, wireless technology usually has limited resource. IEEE 802.11ah designed to work at sub – 1 GHz frequency band, the coverage area up to 1 Km, low energy consumption, and can handle a large of device connected to the acces point. This research has compared DSDV and OLSR routing protocol on IEEE 802.11ah standard using NS3. The parameter comparison is throughput, packet delivery ratio, average delay, and energy consumption. Based on the result, OLSR routing protocol has better performance than DSDV. The average throughput for OLSR is 28400 Bps and DSDV is 2934 Bps. The average PDR for OLSR is 14,582 % and DSDV is 2,7 %. The average delay for OLSR is 0,04453994 s and DSDV is 0,6261986 s. While, the ratio for energy consumption between DSDV and OLSR is 1,48 %.

Keywords – IEEE 802.11ah, Ad hoc Routing, QoS, Energy Consumption

I. PENDAHULUAN

Teknologi jaringan *wireless* telah berkembang sangat pesat karena kebutuhan masyarakat akan teknologi informasi yang *real time*, *reliable*, dan *flexible*. Namun, teknologi *wireless* memiliki beberapa kekurangan seperti topologi yang berubah – ubah, *error – rate* yang tinggi, konsumsi daya yang besar, keterbatasan *bandwidth*, dan juga jangkauan area yang terbatas [1][2]. IEEE 802.11ah dirancang untuk mendukung kebutuhan jaringan *wireless* seperti dapat melayani banyak *device*, cakupan area yang cukup luas, dan terdapat mekanisme efisiensi energi untuk penggunaan energi yang terbatas [1]. Oleh karena itu,

standar IEEE 802.11ah dapat memenuhi kebutuhan jaringan *wireless* saat ini.

Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya bahwa salah satu kekurangan yang dimiliki teknologi *wireless* adalah topologi yang dapat berubah – ubah sehingga dapat menyebabkan jalur komunikasi terputus. Perubahan topologi dapat terjadi dikarenakan terdapat pergerakan dari *mobile node* dengan kecepatan tertentu. Untuk mengatasi masalah perubahan topologi tersebut maka dibutuhkan suatu protokol *routing* untuk menjaga jalur komunikasi pada jaringan.

Penelitian sebelumnya telah mempelajari kemungkinan yang dihadapi standar IEEE 802.11ah pada kasus *Internet of Things* (IoT) dan *Machine to*

Machine (M2M) [3]. Dibutuhkan suatu modifikasi pada bagian lapis MAC dan PHY untuk mendukung mekanisme energi efisiensi dan untuk mengatur banyaknya *station* (STA) yang terhubung ke *access point* (AP). Berdasarkan [4], perbaikan algoritma pada lapis MAC telah dirancang untuk meningkatkan kinerja sistem. Penelitian yang dilakukan oleh [5] telah berhasil memodifikasi NS 3 yang dapat mensimulasikan fitur – fitur dari standar IEEE 802.11ah seperti mekanisme RAW. Namun dari penelitian sebelumnya belum dilakukan penelitian mengenai pengaruh protokol *routing* pada standar IEEE 802.11ah. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengujian protokol *routing* pada standar IEEE 802.11ah.

Kontribusi dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi protokol *routing* DSDV dan OLSR pada standar IEEE 802.11ah dengan menggunakan NS 3. Pemilihan protokol *routing* DSDV dan OLSR dikarenakan protokol *routing* tersebut merupakan protokol *routing ad hoc* yang sangat sesuai untuk lingkungan jaringan dengan tingkat mobilitas yang cukup tinggi. Penelitian ini menganalisis dari sisi kinerja jaringan yaitu *throughput*, *packet delivery ratio*, rata – rata *delay*, dan konsumsi energi. Pada penelitian ini menggunakan skenario perubahan kecepatan mobilitas pada setiap *station*. Setelah itu, protokol *routing* DSDV dan OLSR akan dibandingkan berdasarkan kinerja jaringan dan konsumsi energi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. IEEE 802.11ah

IEEE 802.11ah merupakan pengembangan dari IEEE 802.11 untuk memenuhi kebutuhan *wireless sensor network* dan *machine to machine* (M2M) [6]. IEEE 802.11ah dapat menjadi solusi untuk diaplikasikan pada *smart metering*, *plan automation*, *eHealth*, dan juga *intelligent transport system*. IEEE 802.11ah menggunakan frekuensi sub – 1 GHz untuk melayani tambahan jangkauan jaringan Wi-Fi. Perubahan pada bagian lapis MAC dibutuhkan seperti frame format yang lebih kecil, *priority traffic sensors*, dan *baconless paging mode* untuk membuat konsumsi energi menjadi lebih rendah [7].

IEEE 802.11ah dirancang untuk beroperasi pada frekuensi sub 1 GHz [8], dengan jangkauan transmisi mencapai 1 Km [6][9], memiliki *data rate* lebih dari 100 Kbps, energi konsumsi yang kecil, dan dapat melayani hingga 8191 STA [1][9]. Kebutuhan untuk jangkauan transmisi cukup besar juga dibandingkan dengan teknologi rendah energi sebelumnya seperti *ultra wide band* (UWB), *Bluetooth*, *ZigBee*, dan lain-lain [10-12]. IEEE 802.11ah memiliki topologi jaringan *one-hop* dan juga memiliki data transmisi yang lebih pendek (~100 bytes untuk paket data) [6]. Desain dari IEEE 802.11ah meningkatkan *link budget* ketika dibandingkan dengan teknologi Wi-Fi 2,4

GHz. IEEE 802.11ah mendukung *bandwidth* 1 dan 2 MHz dan mendukung *bandwidth* 4, 8, dan 16 MHz untuk penggunaan dengan *data rate* yang tinggi [7].

Tabel 1. Jangkauan Transmisi dari Teknologi Rendah Energi [3]

Sistem	Range
ZigBee	10 – 100 m
Bluetooth	1 – 10 m
UWB	10 m
IEEE 802.11ah	> 1000 m

Protokol IEEE 802.11ah merupakan salah satu protokol yang paling beda dari model LAN lainnya, terutama berkaitan dengan *contention* pada *media access*-nya. Perbedaan yang mencolok pada IEEE 802.11ah adalah mekanisme pengelompokan STA untuk mengurangi terjadinya *contention* pada media transmisi, menggunakan relay untuk memperluas jangkauannya, menggunakan mekanisme *period of wake/sleep* untuk mengurangi kebutuhan daya, serta dapat mengirim data dengan kecepatan tinggi pada kondisi yang berbeda. IEEE 802.11ah menggunakan spesifikasi 802.11a/g untuk menyediakan 26 kanal, dimana setiap kanal dapat memberikan *throughput* sekitar 100 Kbps.

B. Lapis Fisik (PHY) pada IEEE 802.11ah

Untuk kanalisasi IEEE 802.11ah bekerja pada frekuensi sub 1 GHz dimana merupakan versi 10x *downclock* dari 802.11ac [9]. Standar IEEE 802.11ah memiliki *bandwidth* kanal sebesar 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz, 8 MHz, dan 16 MHz. Kanal yang biasanya digunakan pada 802.11ah adalah 1 MHz dan 2 MHz. Oleh karena itu, lapis fisik dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu mode transmisi dengan *bandwidth* kanal ≥ 2 MHz dan mode transmisi dengan *bandwidth* kanal 1 MHz [9]. Transmisinya berdasarkan pada OFDM [1]. OFDM merupakan teknik pentransmisian dengan kecepatan tinggi yang menggunakan sinyal pembawa secara paralel [13]. Selain menggunakan transmisi OFDM, modulasi pada standar IEEE 802.11ah yang digunakan adalah 16 – 256 QAM, QPSK, dan BPSK [1]. Tabel 2 [5] menunjukkan *modulation and coding scheme* (MCS) untuk *bandwidth* 1 MHz dan 2 MHz.

Tabel 2. MCS Pada 802.11ah Dengan *Bandwidth* (BW) = 1 MHz dan 2 MHz serta *Number OF Spatial Stram* (NSS) = 1 [5]

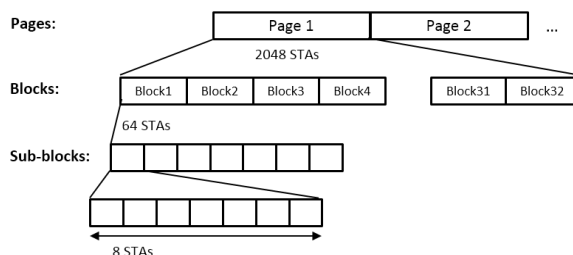
MCS Index	Modulation	Coding Rate	Data Rate (kbps)	
			1 MHz	2 MHz
0	BPSK	1/2	300	650
1	QPSK	1/2	600	1300
2	QPSK	3/4	900	1950
3	16 – QAM	1/2	1200	2600
4	16 – QAM	3/4	1800	3900
5	64 – QAM	2/3	2400	5200
6	64 – QAM	3/4	2700	5850
7	64 – QAM	5/6	3000	6500

MCS Index	Modulation	Coding Rate	Data Rate (kbps)	
			1 MHz	2 MHz
8	256 – QAM	3/4	3600	7800
9	256 – QAM	5/6	4000	Not Valid
10	BPSK	1/4	150	Not Valid

Pengaturan tipe MCS yang digunakan akan berpengaruh pada kinerja jaringan, dimana semakin tinggi penggunaan tipe MCS akan menghasilkan *throughput* dan konsumsi energi yang bagus [14]. Tetapi penggunaan tipe MCS yang lebih tinggi menyebabkan jangkauan transmisi yang lebih pendek [15].

C. Lapis MAC pada IEEE 802.11ah

IEEE 802.11ah melakukan pengelompokkan pada STA menggunakan AID (*association identifier*) [16] untuk mengatur besarnya jumlah STA yang berasosiasi kepada AP dengan empat bagian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 [17]. Ketika STA melakukan asosiasi dengan AP, AID akan dialokasikan kepada setiap STA oleh AP. Setiap STA memiliki AID yang berbeda dan memiliki panjang 13 bit [16]. AID diklasifikasikan menjadi *pages*, *blocks*, *sub-blocks*, dan indeks STA pada *sub-blocks*. Jumlah *pages* dan *blocks* dapat dikonfigurasi sesuai dengan kebutuhan jaringan. AID akan dialokasikan ulang ketika STA mengalami perubahan karakteristik.



Gambar 1. Hirarki AID [17]

TaskGroup ah (TGah) telah membuat mekanisme baru yaitu *Restricted Access Window* (RAW) untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *collision* dalam jaringan karena besarnya jumlah STA dan untuk mengurangi konsumsi energi [16]. Mekanisme RAW membuat STA dibagi menjadi beberapa kelompok dan membagi waktu akses kanal menjadi beberapa slot dimana setiap slot diberikan untuk satu kelompok. Sehingga, mekanisme RAW menyebabkan STA akan memiliki keterbatasan dalam mengakses kanal dan dibagi menjadi beberapa periode waktu untuk mengakses kanal. Dengan kata lain, STA hanya dapat melakukan pengiriman pada slot yang sudah diberikan [16]. RAW dialokasikan oleh AP dengan mengirim pesan *broadcast* yaitu *beacon* RAW parameter set (RPS). Medium hanya akan bisa diakses selama RAW untuk setiap kelompok STA yang telah diberikan AID

[18]. Selama periode RAW, kanal tidak bisa diakses oleh STA jika tidak berada pada slot bagiannya.

Mekanisme RAW sangat berpengaruh pada kinerja jaringan, sehingga mengatur jumlah kelompok RAW dan slot RAW yang digunakan akan berpengaruh pada hasil yang didapat. Jumlah kelompok RAW dan slot RAW yang terlalu besar atau terlalu sedikit akan berdampak pada trafik STA saat akan mengakses kanal [14]. Sehingga dibutuhkan pengaturan jumlah kelompok RAW dan slot RAW sesuai dengan kondisi yang diperlukan. Selain itu, pengalokasian durasi untuk setiap RAW juga akan berdampak pada kinerja jaringan [15].

D. Struktur Beacon pada IEEE 802.11ah

Beacon pada 802.11ah memiliki dua tipe *signaling*, yaitu DTIM dan TIM [9]. *Delivery traffic indication map* (DTIM) menginformasikan AP tentang kelompok STA yang memiliki *pending* data dan juga tentang pesan *broadcast* dan *multicast*. *Traffic Indication Map* (TIM) menginformasikan AP tentang spesifikasi letak STA yang memiliki *pending* data pada kelompok STA. Dengan menggunakan mekanisme *page segmentation*, setiap STA memungkinkan memiliki kondisi *power-saving* selama periode RAW jika sedang tidak memiliki paket data untuk dikirimkan.

E. Tipe Station pada IEEE 802.11ah

Lapis MAC dirancang untuk membuat jaringan mendukung jumlah STA yang besar. IEEE 802.11ah mengklasifikasikan tiga tipe STA dimana memiliki mekanisme yang berbeda untuk mengakses kanal, yaitu *traffic indication map* (TIM), non – TIM, dan *unscheduled station* [1].

- TIM station* : tipe STA ini harus memperhatikan TIM dan DTIM *beacon* untuk mengirim dan menerima data. Transmisi hanya dapat dilakukan di dalam periode RAW. Prosedur seperti ini cocok untuk STA dengan *traffic load* yang tinggi.
- Non – TIM station* : tipe STA ini tidak perlu memperhatikan *beacon* atau hanya perlu memperhatikan DTIM *beacon* untuk mengirim dan menerima data [9]. STA akan bernegosiasi langsung dengan AP untuk mendapatkan waktu transmisi yang dialokasikan pada *periodic restricted access window* (PRAW) selama proses asosiasi. Walaupun non-TIM *station* dapat mengirim data secara berkala tapi sangat direkomendasikan untuk menggunakan tipe TIM *station* untuk penggunaan dengan *traffic load* yang tinggi.
- Unscheduled station* : tipe STA ini tidak perlu memperhatikan *beacon*. Bahkan di dalam RAW, STA dapat meminta akses kanal secara langsung dengan mengirimkan *poll frame* kepada AP. Respon dari frame

mengindikasikan sebuah interval dimana *unscheduled station* dapat mengakses kanal. Prosedur ini diperuntukkan bagi STA yang ingin masuk ke dalam jaringan secara sporadis.

F. Ad hoc Routing Protocol

Protokol *routing ad hoc* secara umum dibagi menjadi dua tipe, yaitu proaktif dan reaktif. Namun, beberapa konsep telah mendefinisikan protokol dengan mengkombinasikan dua protokol yaitu protokol *routing hybrid*. Pembahasan selanjutnya hanya dibatasi pada dua protokol *routing* proaktif, yaitu DSDV dan OLSR.

G. Destination Sequenced Distance Vector (DSDV)

DSDV didasarkan pada protokol *routing* konvensional yaitu *routing information protocol* (RIP) untuk digunakan pada jaringan ad hoc [19]. DSDV menambahkan atribut baru seperti *sequenced number* untuk setiap informasi yang masuk ke dalam tabel *routing*. Pada DSDV, setiap *mobile node* di dalam jaringan ad hoc harus menyimpan dan menjaga tabel *routing* yang berisikan seluruh alamat tujuan, *metric*, *hop* selanjutnya, dan *sequence number* [19]. Setiap *mobile node* akan memperbarui isi tabel *routing* dengan mengirim pesan *broadcast* secara berkala.

H. Optimized Link State Routing (OLSR)

OLSR merupakan optimasi dari algoritma *link-state* [20]. Konsep utama dari OLSR adalah mekanisme MPR (*multipoint relay*). MPR merupakan node tetangga yang dipilih oleh suatu node dengan spesifikasi tertentu. Node yang terpilih menjadi MPR dapat berada dua hop dari node lainnya. Konsep dari MPR adalah untuk mengurangi jumlah pesan informasi *broadcast* yang memiliki informasi yang sama dan untuk mengurangi *routing overhead*. Keuntungan dari pemakaian OLSR adalah dapat mengoptimalkan penggunaan *bandwidth* yang tersedia [20].

I. Skenario dan Desain Sistem

Simulasi yang dilakukan menggunakan Network Simulator 3 (NS 3) untuk membandingkan protokol *routing* DSDV dan OLSR. Pembatasan simulasi akan dijelaskan sebagai berikut.

- Simulasi dijalankan pada NS 3 versi 3.23 yang dikeluarkan pada bulan Mei 2015.
- Skenario simulasi yang digunakan adalah perubahan kecepatan mobilitas pada setiap STA.

Modifikasi untuk pemodelan 802.11ah yang digunakan berdasarkan referensi dari [5]. Konfigurasi pada simulasi akan dibuat dengan menggunakan sebuah AP dan beberapa STA yang diletakkan secara acak disekitar AP dengan komunikasi yang dilakukan hanya dari STA menuju AP saja. Analisis akan dilakukan untuk seluruh *device*. Selain itu, parameter

uji yang digunakan adalah *throughput*, *packet delivery ratio*, rata – rata *delay*, dan konsumsi energi.

J. Parameter Analisis

Parameter analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Packet Delivery Ratio* (PDR) merupakan rasio antara jumlah paket yang sukses diterima dengan jumlah paket yang dikirimkan [9]. Pada perhitungan ini, paket yang ditinjau hanyalah paket data saja dan nilai PDR didapatkan melalui modul *flow monitor* yang terdapat pada NS 3.

$$PDR = \frac{\text{Total packets recieved}}{\text{Total packets sent}} \times 100\% \quad (1)$$

- Rata – rata *delay* merupakan rata – rata waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan paket dari pengirim ke tujuan [21]. Pada perhitungan ini, paket yang ditinjau hanyalah paket data saja dan nilai *delay* didapatkan melalui modul *flow monitor* yang terdapat pada NS 3.

$$DELAY = \frac{T_{\text{received packet destination}} - T_{\text{packet sent source}}}{\text{packet received}} \quad (2)$$

- Konsumsi energi merupakan jumlah energi yang dibutuhkan oleh node untuk melakukan transmisi dan menerima paket. Pada perhitungan ini, nilai konsumsi energi didapatkan melalui modul yang terdapat pada NS 3.
- Throughput* merupakan kecepatan (rate) transfer data efektif dimana dikalkulasi dalam *bytes per second* (Bps) sebagai total banyaknya paket diterima dibagi dengan waktu pengiriman [22]. Pada perhitungan ini, nilai *throughput* didapatkan melalui *software wireshark*.

$$Throughput = \frac{\sum \text{Received packet size}}{\sum \text{Delivery time}} \quad (3)$$

Tabel 3. Parameter Simulasi

Parameters	Information
Routing Protocol	DSDV / OLSR
Physical Layer	WLAN / IEEE 802.11
Transport Layer	UDP
Payload Size	100 Bytes
Data Rate	1,2 Mbps
Max. Packet Queue	10
Max. Packet Sent	100
Frequency Operation	900 MHz
Number of STA	100

Parameters	Information
Number of AP	1
Beacon Interval	200 ms
Bandwidth	1 MHz
RAW Group	5
RAW Slot	25
Time Duration of Slot	2 ms
Tx Current	0,280 ampere
Rx Current	0,204 ampere
Idle Current	0,178 ampere
Sleep Current	0,014 ampere

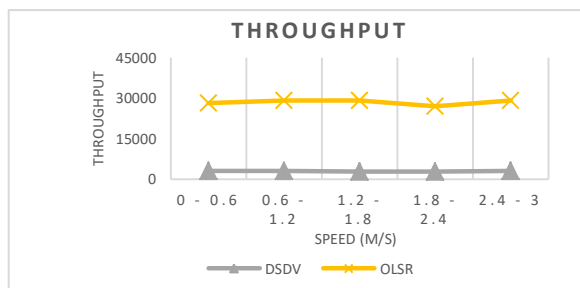
K. Skenario Perubahan Kecepatan Mobilitas

Skenario ini akan menganalisis kinerja jaringan dengan kondisi jaringan yang mengalami perubahan kecepatan mobilitas untuk setiap STA. Kemudian parameter kinerja dihasilkan berdasarkan kinerja protokol *routing* dan parameter simulasi lainnya yang selanjutnya akan dianalisis. Selain itu juga terdapat parameter khusus yang digunakan yaitu jarak maksimal antara AP dan STA sejauh 100 m. Pada skenario ini akan dilakukan beberapa simulasi dengan perbedaan kecepatan mobilitas dengan rentang 0 – 0,6 m/s, 0,6 – 1,2 m/s, 1,2 – 1,8 m/s, 1,8 – 2,4 m/s, dan 2,4 – 3 m/s. Sedangkan model mobilitas yang digunakan adalah *random direction mobility model*.

III. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

Grafik hasil perhitungan *throughput*, *packet delivery ratio*, rata – rata *delay*, dan konsumsi energi untuk perbandingan protokol *routing* DSDV dan OLSR berdasarkan simulasi untuk perubahan kecepatan mobilitas dapat dilihat pada Gambar 2 – Gambar 5.

A. Throughput

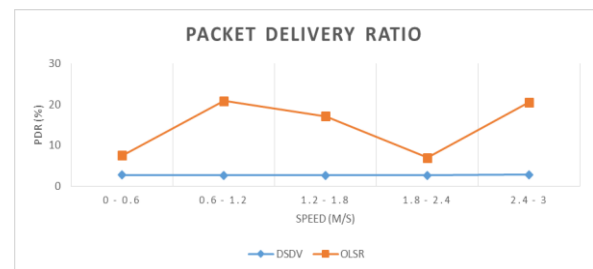


Gambar 2. Throughput Untuk Perubahan Kecepatan Mobilitas

Pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa kinerja protokol *routing* OLSR lebih baik dibandingkan dengan DSDV saat dilakukan perbandingan berdasarkan nilai rata – rata *throughput* terhadap perubahan kecepatan mobilitas. Nilai rata – rata *throughput* terhadap perubahan kecepatan mobilitas untuk OLSR adalah 28400 Bps dan DSDV adalah

2934 Bps. Ketika kecepatan bertambah akan menyebabkan perubahan topologi. DSDV akan menyimpan seluruh informasi untuk seluruh STA dan secara berkala menyebarkan informasi terbaru dari tabel *routing*. Kemudian, ketika salah satu STA keluar dari jalur, maka DSDV akan mengirim pesan *broadcast* ke seluruh STA untuk memberi tahu bahwa terdapat jalur yang rusak. Keadaan tersebut menyebabkan penggunaan *bandwidth* yang berlebih pada DSDV untuk melakukan *broadcast* ketika seharusnya dapat digunakan untuk mengirim paket data. Selain itu, DSDV hanya menyimpan satu rute untuk menuju ke tujuan dan masih menggunakan tabel *routing* tradisional. Sedangkan, OLSR menggunakan sistem MPR dalam mengupdate tabel *routing* miliknya. Jadi hanya node yang ditandai sebagai MPR yang akan mengirimkan pesan *broadcast*. Hal ini akan mengurangi *routing overhead* dan menjaga penggunaan *bandwidth* berlebih.

B. Packet Delivery Ratio



Gambar 3. PDR Untuk Perubahan Kecepatan Mobilitas

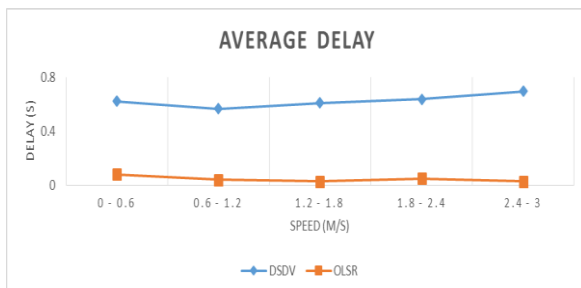
Gambar 3 menunjukkan bahwa kinerja protokol *routing* OLSR lebih baik dibandingkan dengan DSDV saat dilakukan perbandingan berdasarkan nilai rata – rata PDR terhadap perubahan kecepatan mobilitas. Nilai rata – rata PDR terhadap perubahan kecepatan mobilitas untuk OLSR adalah 14,582 % dan DSDV adalah 2,7 %. Kecepatan yang cukup tinggi akan membuat perubahan jalur antar node secara berkala. Pada situasi seperti ini, putusnya jalur mungkin akan terjadi dan OLSR dapat mengatasinya karena memiliki sistem MPR. Berbeda dengan DSDV yang proaktif dan selalu memperbarui tabel *routing*. Jadi, rendahnya jumlah paket yang terkirim dikarenakan ketika mengalami putus jalur, DSDV akan melakukan *trigger update* untuk mencari jalur baru dan tidak akan mengirim paket langsung karena harus menunggu sampai batas waktu *settling time*, kemudian menyebabkan proses pengiriman paket dibatalkan atau menunggu sampai proses *update routing table* telah selesai. Selain itu, parameter simulasi lainnya juga berpengaruh dimana jumlah paket yang dapat ditampung pada antrian hanya sebesar 10 paket. Sehingga, ketika jumlah paket di antrian melebihi batas maka paket yang lainnya akan dibuang.

Hasil simulasi yang diperoleh berdasarkan parameter PDR dipengaruhi oleh kondisi jaringan dimana saat pergerakan STA menjauhi AP maka akan

menyebabkan hanya sedikit paket yang berhasil terkirim. Hal tersebut dapat disebabkan karena putusnya jalur komunikasi atau paket yang hilang saat dikirim. Selain itu mekanisme RAW juga sangat berpengaruh dimana saat paket siap untuk dikirim tetapi belum mendapat kesempatan pada bagian RAW slot, maka paket tersebut harus menunggu dalam antrian dan kemungkinan akan gagal terkirim ketika terlalu lama berada dalam antrian.

C. Rata – rata Delay

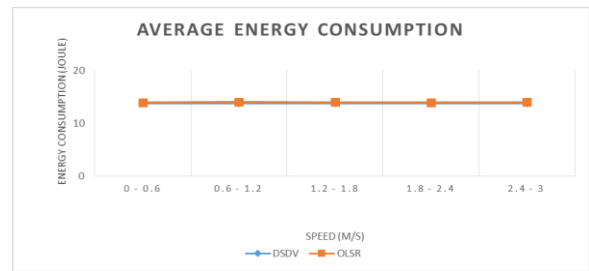
Gambar 4 menunjukkan bahwa kinerja protokol *routing* OLSR lebih baik dibandingkan dengan DSDV saat dilakukan perbandingan berdasarkan nilai rata – rata *delay* terhadap perubahan kecepatan mobilitas. Nilai rata – rata *delay* terhadap perubahan kecepatan mobilitas untuk OLSR adalah 0,04453994 s dan DSDV adalah 0,6261986 s. Kecepatan yang tinggi memungkinkan terjadinya perubahan topologi dan akan membuat semakin menjauhnya jarak antar node sehingga bisa terjadi putusnya jalur. Karakteristik proaktif dari DSDV dapat memperbarui dan menjaga *route request* untuk seluruh tujuan secara berkala dan menyimpannya di dalam tabel *routing*. Kemudian ketika paket data dikirimkan dan secara bersamaan jalurnya terputus, DSDV tidak akan mengirimkan paket data dan menunggu *trigger routing table*, sehingga tidak ada paket yang dikirimkan dan tidak ada *delay* yang dihitung karena *delay* dihitung berdasarkan waktu diterimanya paket. *Trigger update* merupakan mekanisme tabel *routing* untuk DSDV dengan mencari jalur baru tetapi tidak langsung melakukan *updating* dan *broadcasting* sampai batas waktu *settling time* untuk memastikan jalur baru tersebut tidak mengalami perubahan lagi. Namun, hal tersebut sangat berpengaruh untuk PDR. Sedangkan pada OLSR membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencari jalur baru karena sitem MPR yang digunakan sehingga akan membutuhkan waktu bagi STA untuk mengirim paket.



Gambar 4. Rata – Rata Delay Untuk Perubahan Kecepatan Mobilitas

Hasil simulasi yang diperoleh berdasarkan parameter rata – rata *delay* dipengaruhi oleh mekanisme RAW dimana saat paket siap untuk dikirim tetapi belum mendapat kesempatan pada bagian RAW slot, maka paket tersebut harus menunggu dalam antrian dan menyebabkan waktu tunggu yang cukup lama sampai paket tersebut berhasil terkirim.

D. Konsumsi Energi



Gambar 5. Rata – Rata Konsumsi Energi Untuk Perubahan Kecepatan Mobilitas

Gambar 5 menunjukkan konsumsi energi untuk kedua protokol *routing* memiliki nilai yang hampir sama saat dilakukan perbandingan berdasarkan nilai rata – rata konsumsi energi terhadap perubahan kecepatan mobilitas. Hal ini dikarenakan DSDV dan OLSR memiliki karakteristik proaktif dan jumlah paket yang akan dikirimkan sama. Namun secara keseluruhan, rata – rata konsumsi energi pada OLSR (13,99982356 J) sedikit lebih besar dibandingkan DSDV (13,80134237 J). Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme efisiensi energi pada 802.11ah bekerja sangat baik. Karena ketika kecepatan mobilitas semakin meningkat, nilai rata – rata konsumsi energi hanya naik sedikit.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan simulasi dan perbandingan pada protokol *routing* DSDV dan OLSR pada standar IEEE 802.11ah. Terdapat empat metrik performansi yang dievaluasi, yaitu *throughput*, *packet delivery ratio*, rata – rata *delay*, dan konsumsi energi dengan kondisi perubahan kecepatan mobilitas. Berdasarkan hasil simulasi, OLSR memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan DSDV pada skenario perubahan kecepatan. Nilai rata – rata *throughput* untuk OLSR adalah 28400 Bps sedangkan untuk DSDV adalah 2934 Bps. Nilai rata – rata PDR untuk OLSR adalah 14,582 % sedangkan untuk DSDV adalah 2,7 %. Nilai rata – rata *delay* untuk OLSR adalah 0,04453994 s sedangkan untuk DSDV adalah 0,6261986 s. Sedangkan rasio perbandingan untuk konsumsi energi antara protokol *routing* OLSR dan DSDV adalah 1,48 % untuk skenario perubahan kecepatan. Efisiensi energi yang merupakan fitur dari IEEE 802.11ah telah dibuktikan dalam simulasi.

B. Saran

Untuk penelitian yang akan datang, dengan menggunakan hasil kinerja ini kita dapat merancang protokol yang sesuai dan dapat menghasilkan kinerja jaringan yang lebih baik pada standar IEEE 802.11ah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adame, T., Bel, A., Bellalta, B., Barcelo, J., & Oliver, M. (2014). IEEE 802.11 ah: the WiFi approach for

- M2M communications. *Wireless Communications*, IEEE, 21(6).
- [2] Saeed, N. H., Abbod, M. F., & Al-Raweshidy, H. S. (2012, April). MANET routing protocols taxonomy. In *Future Communication Networks (ICFCN)*, 2012 International Conference on. IEEE.
- [3] Hazmi, A., Rinne, J., & Valkama, M. (2012, December). Feasibility study of IEEE 802.11 ah radio technology for IoT and M2M use cases. In *Globecom Workshops (GC Wkshps)*, 2012 IEEE. IEEE.
- [4] Park, C. W., Hwang, D., & Lee, T. J. (2014). *Enhancement of IEEE 802.11 ah MAC for M2M Communications*. Communications Letters, IEEE.
- [5] Le Tian, Steven Latre, Jeroen Famaey. (2016). An IEEE 802.11ah simulation module for NS-3. University of Antwerp technical report. Retrieved from <https://www.uantwerpen.be/en/rg/mosaic/projects/ieee-802-11ah/>.
- [6] Aust, S., Prasad, R. V., & Niemegeers, I. G. (2012, June). IEEE 802.11 ah: Advantages in standards and further challenges for sub 1 GHz Wi-Fi. In *Communications (ICC)*, 2012 IEEE International Conference on. IEEE.
- [7] Qualcomm. Wi-Fi Advanced 802.11ah. Retrieved from: www.Qualcomm.com/Invention/research/projects/wi-fi-evolution/80211ah. Taken on 2015-09-26.
- [8] IEEE. Sub 1 GHz license-exempt PAR and 5C. Retrieved from : <https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/10/11-10-0001-13-0wng900mhz-par-and-5c.doc>.
- [9] Adame, T., Bel, A., Bellalta, B., Barceló, J., Gonzalez, J., & Oliver, M. (2013). Capacity analysis of IEEE 802.11 ah WLANs for M2M communications. In *Multiple Access Communications*. Springer International Publishing.
- [10] IEEE Std. 802.15.4. Wireless MAC and PHY Specifications for Low-Rate WPANs. 8 Sept., 2006.
- [11] Morrow, R. (2002). *Bluetooth : Operation and Use*. NewYork. McGraw-Hill.
- [12] Tsang, T. K., & El-Gamal, M. N. (2005, June). Ultra-wideband (UWB) communications systems: an overview. In *IEEE-NEWCAS Conference*, 2005. The 3rd International. IEEE.
- [13] Nugroho, K., & Utami, R. (2015). Analisis Estimasi Kanal Dengan Menggunakan Metode Invers Matrik Pada Sistem MIMO-OFDM. *Jurnal Infotel-Jurnal Informatika, Telekomunikasi dan Elektronika*, 7(1), 39-46.
- [14] Daneshfar, N. (2015). Performance Enhancement Mechanism of IEEE 802.11 AH Machine Communication System.
- [15] Le Tian, Jeroen Famaey, Steven Latré. (2016). Evaluation of the IEEE 802.11ah Restricted Access Window Mechanism for dense IoT networks. Seventeenth International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), Ciombra, Portugal.
- [16] Khorov, E., Lyakhov, A., Krotov, A., & Guschin, A. (2015). A survey on IEEE 802.11 ah: An enabling networking technology for smart cities. *Computer Communications*, 58, 53-69.
- [17] M. Park, TGah Efficient TIM Encoding, 2012. <<http://mentor.ieee.org/802.11/dcn/12/11-12-0388-02-00ah-tgah-efficient-tim-encoding.pptx>>.
- [18] J. Kim, RAW Assignment follow up, 2013. <<http://mentor.ieee.org/802.11/dcn/13/11-13-0510-01-00ah-raw-assignment-follow-up.ppt>>.
- [19] He, G. (2002). Destination-sequenced distance vector (DSDV) protocol. Networking Laboratory, Helsinki University of Technology, Finland.
- [20] Clausen, T., Jacquet, P., Adjih, C., Laouiti, A., Minet, P., Muhlethaler, P., ... & Viennot, L. (2003). Optimized link state routing protocol (OLSR).
- [21] Muhtadi, A., Perdana, D., & Munadi, R. (2015). Performance Evaluation of AODV, DSDV, and ZRP Using Vehicular Traffic Load Balancing Scheme on VANETs. *International Journal of Simulation, Systems, Science, and Technology, United Kingdom Simulation Society*.
- [22] Perdana, D., & Sari, R. F. (2013). Mobility Models Performance Analysis using Random Dijkstra Algorithm and Doppler Effect for IEEE 1609.4 Standard. *International Journal of Simulation, Systems, Science, and Technology, United Kingdom Simulation Society*.