



Analisis Performansi Perubahan RAW Slot Pada Standar IEEE 802.11ah

Ana Oktaviana¹, Doan Perdana², Ridha Muldina Negara³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

^{1,2,3} Jl. Telekomunikasi No. 1 Terusan Buah Batu, Bandung 40257, Indonesia

Email korespondensi: ridhanegara@telkomuniversity.ac.id

Dikirim 19 Agustus 2017, Direvisi 31 Agustus 2017, Diterima 31 Agustus 2017

Abstrak – Meningkatnya kebutuhan dan permintaan layanan yang beragam oleh *user* untuk dapat bertukar dan mendapatkan informasi secara *real time*, *reliable*, dan fleksibel menjadi salah satu permasalahan yang dihadapi oleh teknologi komunikasi yang ada saat ini. WLAN pada standar IEEE 802.11 merupakan salah satu teknologi *wireless* yang dapat menjadi solusi dari permasalahan tersebut. Memiliki cakupan area komunikasi yang tidak terlalu luas, yaitu antara 20-70 meter saja, hanya mampu melayani hingga 2007 stasiun, dan memiliki konsumsi energi yang cukup besar, menyebabkan beberapa sistem yang terdapat pada WLAN pada standar IEEE 802.11 kurang bekerja secara maksimal. Dengan beberapa kekurangan tersebut, maka WLAN pada standar IEEE 802.11 mengenalkan *task group* baru yang disebut IEEE 802.11ah. IEEE 802.11ah adalah standar WLAN baru yang bekerja pada spektrum frekuensi 900 MHz, cakupan area komunikasi yang mencapai 1 kilometer, mampu melayani 8192 stasiun dengan hierarki AID yang baru, memiliki konsumsi energi yang lebih rendah dan mampu meningkatkan nilai *throughput* dengan mekanisme RAW. Penelitian ini melakukan perubahan jumlah RAW slot pada IEEE 802.11ah untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap performansi jaringan. Pada penelitian ini didapatkan bahwa perubahan jumlah RAW slot berpengaruh terhadap performansi jaringan, dalam hal ini adalah *throughput*, *average delay*, *packet delivery ratio*, dan *energy consumption*.

Kata kunci – IEEE 802.11ah, RAW, RAW Slot

Abstract - The increasing needs and demands of diverse services by the users to be able to exchange and obtain information in real time, reliable, and flexible to be one of the problems faced by existing communication technology. WLAN on the IEEE 802.11 standard is one of the wireless technologies that can be the solution to the problem. It has a relatively small area of communication that is between 20-70 meters only, only able to serve up to 2007 stations, and has considerable energy consumption, causing some systems contained in the WLAN in IEEE 802.11 standard less work maximally. With these shortcomings, the WLAN on the IEEE 802.11 standard introduces a new task group called IEEE 802.11ah. IEEE 802.11ah is a new WLAN standard working on the 900 MHz frequency spectrum, a 1 kilometer communications coverage area, capable of serving 8192 stations with new AID hierarchies, has lower energy consumption, and can increase throughput value by the RAW mechanism. This study will make changes to the number of RAW slots in the IEEE 802.11ah to see how they affect the network performance. In this research, it is found that the change of RAW slot number influence to network performance, in this case, is throughput, average delay, packet delivery ratio, and energy consumption.

Keywords - IEEE 802.11ah, RAW, RAW Slot

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan informasi dan komunikasi yang cepat tanpa terbatas oleh tempat dan waktu dan dengan semakin meningkatnya kebutuhan dan permintaan layanan yang beragam oleh *user* dengan mobilitas yang tinggi untuk dapat bertukar dan

mendapatkan informasi secara *real time*, *reliable* dan fleksibel. WLAN dapat menjadi solusi untuk kebutuhan manusia untuk mendapatkan dan saling bertukar informasi secara *real time*, *reliable*, fleksibel dan *low cost* [1].

Pada umumnya WLAN pada standar IEEE 802.11 bekerja pada spektrum frekuensi 2.4 GHz (IEEE 802.11 b/g/n) dan 5 GHz (IEEE 802.11 a/n/ac) [2][15][16]. Penggunaan spektrum frekuensi yang tinggi ini selain dapat menyebabkan konsumsi energi yang cukup besar, juga dapat menyebabkan cakupan area komunikasi menjadi tidak terlalu luas [3], dimana pada umumnya jangkauan untuk WLAN pada standar IEEE 802.11 yang ada saat ini hanya berkisar antara 20-70 meter saja [2]. Stasiun yang dapat dilayani oleh AP pada WLAN yang ada pada standar IEEE 802.11 hanya mencapai 2007 stasiun. Selain itu teknologi jaringan nirkabel lainnya seperti *bluetooth* dan telepon seluler juga beroperasi pada spektrum frekuensi 2,4 GHz sehingga hal ini dapat menyebabkan terjadinya tabrakan antar informasi [2].

IEEE 802.11ah merupakan sebuah protokol jaringan WLAN baru dan merupakan hasil pengembangan standar WLAN IEEE 802.11-2007. IEEE 802.11ah didesain untuk bekerja pada spektrum frekuensi sub gigahertz, dimana spektrum frekuensi yang lebih rendah dibandingkan dengan standar WLAN yang sudah ada sebelumnya ini menyebabkan konsumsi energi yang digunakan pun juga menjadi lebih rendah [3]. Dengan penggunaan frekuensi sub gigahertz, IEEE 802.11ah selain memiliki konsumsi energi yang lebih rendah, cakupan area komunikasinya mencapai 1 kilometer [4]. Selain itu IEEE 802.11ah juga mampu melayani hingga 8192 stasiun [5] dengan mengenalkan struktur hirarki AID yang baru. AID (*Association Identifier*) merupakan sebuah ID yang unik untuk setiap stasiun, dimana dengan AID ini *Access Point* dapat mengindikasikan stasiun yang saling terhubung dengan stasiun tersebut [3]. Selain itu IEEE 802.11ah mengenalkan suatu mekanisme baru yang disebut dengan *Restricted Access Window* (RAW) yang digunakan untuk memetakan stasiun ke dalam grup-grup, dimana setiap grup ini memiliki batasan untuk mengakses kanal selama periode waktu tertentu dan hal ini digunakan untuk meminimalisir terjadinya *collison* [2].

Pada mekanisme RAW terdapat RAW grup. Pada RAW grup terdapat slot-slot yang disebut dengan RAW slot. RAW slot ini merupakan kelompok-kelompok kecil yang berada dalam satu RAW grup yang digunakan untuk membatasi akses kanal tiap-tiap kelompok dalam satu RAW grup [6]. Tiap RAW slot memiliki durasi atau interval waktu untuk mengakses kanal. Tiap RAW slot memiliki giliran untuk mengakses kanal. Jika RAW slot tersebut belum berada di kondisi diperbolehkan untuk mengakses kanal, maka RAW slot tersebut tidak diperbolehkan untuk mengakses kanal dan semua stasiun yang berada dalam slot tersebut dalam kondisi *sleep* [14]. Dengan mekanisme RAW slot ini selain dapat membatasi akses kanal yang ditujukan untuk mengurangi *collision* dan dapat digunakan untuk menghemat energi [7].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan jumlah RAW slot terhadap *throughput*, *delay*, *packet delivery ratio* dan *energy consumption*. Pada penelitian sebelumnya [6] parameter yang diuji hanya *throughput* dan *delay*, sedangkan pada penelitian ini akan dilakukan pengujian untuk parameter *throughput*, *delay*, *packet delivery ratio* dan *energy consumption*. Pada penelitian ini menggunakan mekanisme EDCA (*Enhanced Distributed Channel Access*). Pada mekanisme EDCA terdapat tiga parameter, yaitu AIFS (*Arbitrary Interframe Space*), *Contention Window*, dan TXOP Limit [10]. Pada beberapa penelitian sebelumnya yang membahas tentang mekanisme EDCA [10][11][12][13], perubahan maupun modifikasi dari parameter EDCA dapat digunakan untuk meningkatkan performansi jaringan, sehingga pada penelitian ini melakukan perubahan salah satu parameter EDCA yaitu AIFS (*Arbitrary Inter Frame Space*) yang dapat digunakan untuk memperbaiki performansi jaringan yaitu *throughput* dan *average delay* seperti yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya [11]. Pada [11] peneliti hanya berfokus terhadap perbaikan *throughput* dan *delay* pada standar IEEE 802.11e. Pada penelitian ini menggabungkan antara penelitian [6] dan [11].

II. METODE PENELITIAN

A. IEEE 802.11ah

IEEE 802.11ah adalah protokol jaringan *wireless* yang merupakan perubahan dari standar jaringan *wireless* IEEE 802.11-2007. IEEE 802.11ah merupakan kelompok kerja dari IEEE 802.11 yang beroperasi di sub gigahertz band (863-868.8 MHz di Eropa, 950.8-957.6 MHz di Jepang, 314-316 MHz, 430-432 MHz, 433-434.79 MHz di China, 917-923.5 MHz di Korea, dan 902-928 MHz di Amerika Utara) yang mampu menyediakan tambahan jangkauan jaringan Wi-Fi bila dibandingkan dengan jaringan Wi-Fi konvensional lainnya yang beroperasi pada band frekuensi 2.4 dan 5 GHz [5].



Gambar 1. Penggunaan IEEE 802.11ah Untuk IoT

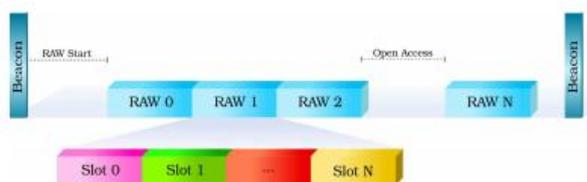
IEEE 802.11ah mendukung konsumsi daya yang rendah dengan memungkinkan sekumpulan *station* atau sensor untuk saling berbagi sinyal, dimana hal ini mampu mendukung konsep *Internet of Things* (IoT)

seperti *smart home*, *lower power sensor*, dan lain sebagainya. Konsumsi daya yang rendah juga dikarenakan terdapat beberapa perubahan pada protokol MAC seperti format *frame* yang lebih kecil, prioritas sensor *traffic* dan mode *beaconless paging*.

IEEE 802.11ah dirancang untuk beroperasi pada band frekuensi sub gigahertz, dengan area cakupan komunikasi hingga mencapai satu kilometer, memiliki *data rate* diatas 100 Kbps, konsumsi daya yang rendah dengan mengadopsi strategi penghematan daya (*power saving strategies*), mampu melayani sampai 8192 *station* melalui *hierarchical identifier structure*, serta solusi hemat untu perangkat jaringan manufaktur. IEEE 802.11ah memiliki topologi *one hop network* serta transmisi data yang pendek dan tidak terlalu sering (ukuran paket data mendekati 100 *bytes* dan waktu antar kedatangan lebih besar dari 30 detik) [7].

B. Restricted Access Window (RAW)

Untuk mendukung sejumlah perangkat yang berasosiasi dengan AP, TGah telah mengembangkan sebuah mekanisme baru untuk mengurangi *congestion* dalam *channel access*. Dalam mekanisme ini selama *time window* tertentu yang disebut *restricted access window* (RAW), sekelompok *station* dialokasikan dengan slot waktu tertentu yang digunakan untuk mengakses kanal. *Station* tidak diizinkan untuk mengakses kanal ketika berada diluar *RAW slot station* tersebut. Selain itu, dalam *beacon interval* terdapat beberapa RAW yang diizinkan untuk mengakses kanal [7].



Gambar 2. Struktur *Restricted Access Window* (RAW)

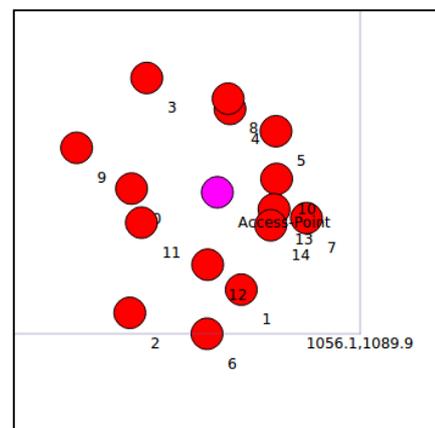
Ketika sebuah *STA* mendapatkan data uplink dari lapisan atas, maka *STA* tersebut dapat meminta akses kanal pada awal slot RAW yang dialokasikan untuk *STA* tersebut. Tetapi hal ini penting bahwa *STA* diperbolehkan untuk mengakses saluran pada slot RAW tertentu. *STA* akan segera berhenti untuk mentransmisi paket setelah waktu yang ditetapkan untuk slot tersebut berakhir. Ada kemungkinan juga bahwa *STA* mungkin tidak diizinkan untuk menggunakan slot RAW [8].

Pengelompokkan *station* dapat dilakukan oleh AP yang mana menugaskan grup ke *station* tersebut dengan menggunakan elemen *RAW Parameter Set* (RPS) yang di broadcast dalam *beacon frame*. Selain informasi penugasan grup, elemen RPS berisi informasi *essential control* tentang operasi RAW termasuk durasi slot dan jumlah slot RAW (N_{RAW}) [9]. Informasi ini digunakan oleh *station* untuk menghitung total durasi RAW (T_{RAW}) [7].

Berbeda dengan teknologi IEEE 802.11 lainnya, setiap stasiun menggunakan dua keadaan *back-off* untuk *Enhanced Distributed Channel Acces* (EDCA) untuk mengelola transmisi baik di dalam maupun di luar RAW yang ditetapkan masing – masing. Keadaan *Back-off* yang pertama digunakan diluar RAW dan yang kedua digunakan di dalam RAW slot. Untuk keadaan *back-off* yang pertama, stasiun menunda *back-off* di awal setiap RAW dan mengembalikannya untuk melanjutkan *back-off* di akhir RAW. Untuk keadaan *back-off* yang kedua, stasiun memulai *back-off* dengan awal keadaan *back-off* di dalam slot RAW dan menghilangkan keadaan *back-off* di akhir slot RAW [6].

C. Model Simulasi

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi dengan menggunakan *Network Simulator 3.23* dengan menggunakan *module 802.11ah*. Pada simulasi ini 1 buah *Access Point* dan beberapa *station* seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3. Pada module 802.11ah terdapat dua mekanisme MAC layer yang digunakan yaitu, mekanisme *fast authentication and association* dan *Restricted Access Window* (RAW). Mekanisme *fast authentication and association* digunakan ketika AP baru aktif kembali setelah listrik padam, maka sejumlah *station* akan secara terus menerus mencoba untuk melakukan asosiasi dengan AP, sehingga proses ini akan membutuhkan waktu yang lama karena terjadinya *collision*. Pada mekanisme *fast authentication and association* terdapat dua jenis, yaitu terpusat dan terdistribusi. Mekanisme *Restricted Access Window* (RAW) digunakan untuk memetakan stasiun ke dalam grup-grup, dimana setiap grup ini memiliki batasan untuk mengakses kanal selama periode waktu tertentu dan hal ini digunakan untuk meminimalisir terjadinya *collison*.



Gambar 3. Contoh Topologi Menggunakan 1 AP dan 15 Stasiun

D. Parameter Simulasi

Parameter-parameter yang ditetapkan secara umum untuk seluruh skenario simulasi IEEE 802.11ah dapat dilihat pada Tabel 1.

E. Skenario Simulasi

Skenario ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan jumlah RAW slot terhadap nilai *throughput*, *average delay*, PDR, dan *energy consumption*. Perubahan jumlah RAW slot yaitu 3, 5 dan 7, dimana jumlah *station* adalah dimulai dari 130 dengan penambahan *station* sebanyak 10 hingga mencapai 170 dan jarak maksimal antara *Access Point* dan *station* adalah 100 meter.

Tabel 1. Parameter Umum Skenario

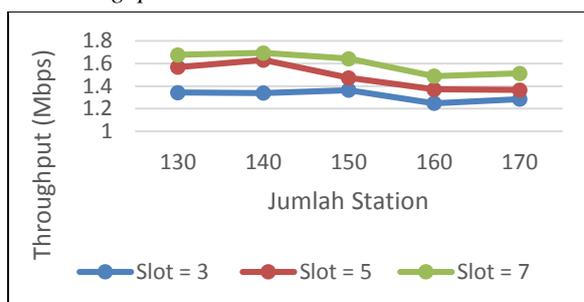
Parameter	Information
Physical Layer	WLAN / IEEE 802.11
Transport Layer	UDP
Datarate	7.8 Mbps
Bandwidth	2 Mhz
Mobility Model	Random Direction 2D Mobility Model
STA Speed	1.2 m/s – 1.8 m/s
Max range	100 Meter
TX Current	0.280 Ampere
RX Current	0.204 Ampere
Idle Current	0.178 Ampere
Sleep Current	0.14 Ampere
AIFSN	AC_BK= 2, AC_BE=1, AC_VI=1, AC_VO=1
CWmin	AC_BK= 15, AC_BE=15, AC_VI=7, AC_VO=3
CWmax	AC_BK= 1023, AC_BE=1023, AC_VI=15, AC_VO=7

Tabel 2. Parameter Untuk Skenario Perubahan Jumlah RAW Slot

Parameter	Nilai
Jumlah RAW Grup	1
Jumlah RAW Slot	3, 5 dan 7
Jumlah Stasiun	130, 140, 150, 160 dan 170
Jarak antara AP dan STA	~ 100 Meter

III. HASIL PENELITIAN

A. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Throughput

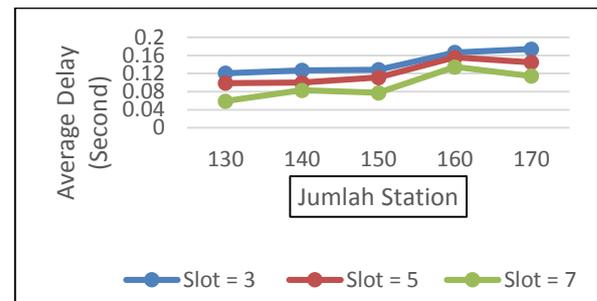


Gambar 4. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Throughput

Rata-rata nilai *throughput* keseluruhan untuk RAW slot 7 adalah 1.60241 Mbps dengan nilai *throughput* tertinggi pada saat jumlah *station* 140 yaitu 1.6928

Mbps dan nilai *throughput* terendah pada saat jumlah *station* 160 yaitu 1.48819 Mbps. Rata-rata *throughput* keseluruhan untuk RAW slot 5 adalah 1.481714 Mbps dengan nilai *throughput* tertinggi yaitu 1.630975 Mbps pada saat jumlah *station* sama dengan 140 dan nilai *throughput* terendah yaitu 1.366015 Mbps pada saat jumlah *station* 170. Untuk rata-rata *throughput* keseluruhan untuk RAW slot 3 adalah 1.315674 Mbps dengan nilai *throughput* tertinggi yaitu 1.342465 Mbps pada saat jumlah *station* sama dengan 130 dan nilai *throughput* terendah yaitu 1.248255 Mbps pada saat jumlah *station* 160.

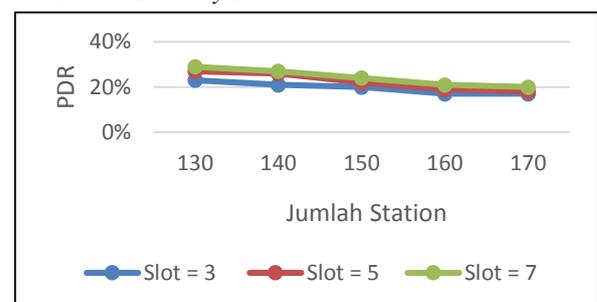
B. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Average Delay



Gambar 5. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Average Delay

nilai *average delay* keseluruhan untuk RAW slot 7 adalah 0.09359892 *second* dengan nilai *average delay* tertinggi pada saat jumlah *station* 160 yaitu 0.134655 *second* dan nilai *average delay* terendah pada saat jumlah *station* 130 yaitu 0.058955. *Average delay* keseluruhan untuk RAW slot 5 adalah 0.1220626 *second* dengan nilai *average delay* tertinggi yaitu 0.155632 *second* pada saat jumlah *station* sama dengan 160 dan nilai *average delay* terendah yaitu 0.098718 *second* pada saat jumlah *station* 130. Untuk *average delay* keseluruhan pada RAW slot 3 adalah 0.143382 dengan nilai *average delay* tertinggi yaitu 0.174132 *second* pada saat jumlah *station* sama dengan 170 dan nilai *throughput* terendah yaitu 0.120738 pada saat jumlah *station* sama dengan 130.

C. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Packet Delivery Ratio



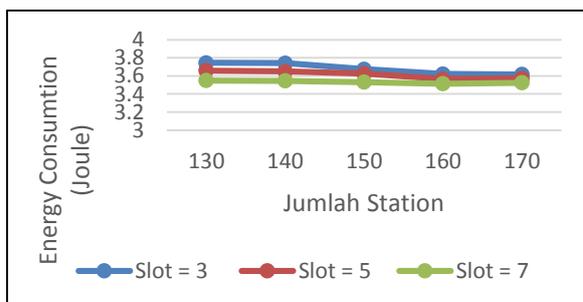
Gambar 6. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Packet Delivery Ratio

Rata-rata nilai PDR keseluruhan untuk RAW slot 7 adalah 24.20% dengan nilai PDR tertinggi pada saat

jumlah *station* 130 yaitu 29% dan nilai PDR terendah pada saat jumlah *station* 170 yaitu 20%. Rata-rata PDR keseluruhan untuk RAW slot 5 adalah 22.40% dengan nilai PDR tertinggi yaitu 27% pada saat jumlah *station* sama dengan 130 dan nilai PDR terendah yaitu 18% pada saat jumlah *station* 170. Untuk rata-rata PDR keseluruhan untuk RAW slot 3 adalah 19.60% dengan nilai PDR tertinggi yaitu 23% pada saat jumlah *station* sama dengan 130 dan nilai PDR terendah yaitu 17% pada saat jumlah *station* sama dengan 170.

D. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Energy Consumption

Rata-rata nilai *energy consumption* keseluruhan untuk RAW slot 7 adalah 3.532964 Joule, dengan nilai *energy consumption* tertinggi pada saat jumlah *station* 130 yaitu 3.549304 Joule, dan nilai terendah pada saat jumlah *station* 160 yaitu 3.513236 Joule. Rata-rata *energy consumption* keseluruhan untuk RAW slot 5 adalah 3.613795 Joule dengan nilai tertinggi yaitu 3.658874 Joule pada saat jumlah *station* sama dengan 130, dan nilai *energy consumption* terendah yaitu 3.564885 Joule pada saat jumlah *station* 160. Untuk rata-rata *energy consumption* keseluruhan untuk RAW slot 3 adalah 3.67941 Joule dengan nilai PDR tertinggi yaitu 3.744605 Joule pada saat jumlah *station* sama dengan 130, dan nilai terendah yaitu 3.61552 pada saat jumlah *station* sama dengan 170.



Gambar 7. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Energy Consumption

IV. PEMBAHASAN

A. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Throughput

Skema perubahan jumlah RAW slot dalam satu RAW group memiliki efek terhadap performansi jaringan, dalam hal ini adalah performansi throughput. Pembagian atau pengelompokkan *station* ke dalam beberapa kelompok dalam satu RAW group dapat digunakan untuk meminimalisir terjadinya *contention* antar *station* dalam satu RAW group dan mengurangi probabilitas terjadinya *collision* yang dapat menyebabkan turunnya performansi jaringan.

B. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Average Delay

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya jumlah *user* maka akan makin meningkatkan nilai *average delay*. Hal ini dikarenakan

semakin banyak *station* yang mencoba untuk mengakses kanal yang digunakan untuk mentransmisikan paket data, oleh karena itu setiap *station* harus menunggu *station* lainnya selesai mengakses kanal, lama dari setiap *station* yang menunggu inilah yang menyebabkan *delay* semakin meningkat seiring dengan meningkatnya penambahan jumlah *station*.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa skema perubahan jumlah RAW slot dalam satu RAW group memiliki efek terhadap performansi jaringan, dalam hal ini adalah performansi *average delay*. Alasan mengapa nilai *average delay* dapat menjadi baik pada jumlah slot yang banyak hal ini dikarenakan, misalkan terdapat 30 *station* yang akan dibagi ke dalam 5 slot, sehingga satu slot berisi 6 *station*. 6 *station* dalam satu slot ini akan bersaing untuk mengakses kanal, dimana waktu tunggu untuk menunggu kanal dalam kondisi *idle* lebih sedikit bila dibandingkan dengan 30 *station* yang berada dalam 3 slot yang mana tiap slot terdiri dari 10 *station*, sehingga setiap *station* harus menunggu lebih lama dikarenakan jumlah *station* yang mengakses kanal jauh lebih banyak.

C. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Packet Delivery Ratio

Pada Gambar 6 di atas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah *station* yang ada pada suatu jaringan mengakibatkan PDR menjadi turun. Hal ini dikarenakan semakin banyak *station* yang mencoba untuk mengakses kanal, dimana hal ini menyebabkan kemungkinan *collision* menjadi lebih besar, sehingga hal ini dapat menyebabkan paket menjadi banyak yang *loss*. Banyaknya paket yang *loss* inilah yang menyebabkan nilai PDR menjadi menurun.

D. Pengaruh Perubahan Jumlah RAW Slot Terhadap Energy Consumption

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa IEEE 802.11ah memiliki konsumsi energi yang rendah. Konsumsi energi yang lebih rendah ini dikarenakan IEEE 802.11ah beroperasi pada sub gigahertz, yang mana semakin rendah spektrum frekuensi menyebabkan konsumsi energi juga semakin rendah.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Perubahan jumlah RAW slot berpengaruh terhadap performansi jaringan. Mekanisme RAW ini mampu meningkatkan nilai *throughput*, *average delay*, PDR dan *energy consumption*, namun hal ini bergantung pada *metric* evaluasi yang digunakan, jumlah *station*, serta beban trafik pada jaringan. Dari penelitian ini bahwa mekanisme efisiensi energi pada 802.11ah bekerja dengan baik walaupun terdapat perubahan jumlah RAW slot, tetapi nilai rata-rata *energy consumption* cenderung stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Denatama, M. I., Perdana, D., & Negara, R. M. (2016). Analisis Perbandingan Kinerja Protokol Routing DSDV dan OLSR Untuk Perubahan Kecepatan Mobilitas pada Standar IEEE 802.11ah. *Journal Infotel* Vol 8, 100-106.
- [2] B, S. S. (2016). A Quantitative Analysis of 802.11ah Wireless Standard. *International Journal of Latest Research in Engineering and Technology*.
- [3] Weiping Sun, M. C. (2013). IEEE 802.11ah : A Long Range 802.11 WLAN at Sub 1 GHz.
- [4] T Adame, A. B. (2014). IEEE 802.11ah : Wi-Fi Approach for M2M Communication. Barcelona.
- [5] Zhao, Y. (2015). Analysis of Energy Efficiency in IEEE 802.11ah. AALTO UNIVERSITY, School of Electrical Engineering, Department of Communications and Networking.
- [6] Tian, L., Latre, S., Deronne, S., & Famaey, J. (2017). *Research Gate*. Retrieved from Implementation and Validation of an IEEE 802.11ah Module for NS-3: <https://www.researchgate.net/publication/301328811>
- [7] Ud-Din, M. Q. (2015). *Enhancements and Challenges in IEEE 802.11ah - a Sub Gigahertz Wi-Fi for IoT Applications*. Faculty of Computing and Electrical Engineering.
- [8] Daneshfar, N. (2015). *Performance Enhancement Mechanism of IEEE 802.11ah Machine Communication System*.
- [9] Park, M. (2014). IEEE 802.11ah : Energy Efficient MAC Protocols for Long Range Wireless LAN. *IEEE*.
- [10] Prasetya, S. (2015). Quality of Service Improvement with 802.11e EDCA Scheme Using Enhanced Adaptive Contention Window Algorithm. *IEEE International Conference on Communication, Network and Satellite (COMNETSAT)*.
- [11] Riyadh Qashi, M. B., & Hanssger, K. (2011). Case Study : The Effect of Variable Priority Parameters on the QoS of WLANs IEEE 802.11e EDCF. *IEEE*, 104-108.
- [12] Rathnakar Achary, V. V. (2014). Performance Enhancement of IEEE 802.11e WLAN by Dynamic Adaptive Contention Window. *International Conference of Advanced Communication Technology (ICACT)*.
- [13] Wang, Z., & Guo, X. (2013). Priority-based Parameter Performance Optimization for EDCA. *International Conference on Computer Science and Network Technology*.
- [14] 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), Ciombrá, Portugal.
- [15] Vishali.R. (2014). Security Wireless Local Area Network. *International Journal of Computer Science and Information Technology*.
- [16] Sharma, E. (2014). Comparative Study of Wi-Fi. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 824.