

# **SIMULASI *THROUGHPUT* SKEMA A-MSDU DAN *BLOCK ACK* PADA JARINGAN WiFi MENGGUNAKAN NS-3**

**Teuku Yuliar Arif**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Syech Abdurrauf No.7 Darussalam, Banda Aceh 23111

E-mail : yuliar@unsyiah.ac.id

---

## **Abstrak**

*A-MSDU dan Block ACK merupakan dua skema baru pada lapisan MAC yang diperkenalkan pada standar WiFi IEEE 802.11n. Skema A-MSDU ditujukan untuk mengurangi overhead pengiriman multiple paket MSDU dan skema Block ACK ditujukan untuk mengefisienkan pengiriman paket ACK. Kedua skema digunakan untuk meningkatkan throughput lapisan MAC IEEE 802.11n. Simulator jaringan NS-3 dapat digunakan untuk mensimulasikan pengiriman paket melalui jaringan WiFi menggunakan skema A-MSDU dan Block ACK. Di dalam paper ini dilakukan simulasi NS-3 untuk mensimulasikan pengiriman paket MSDU menggunakan skema A-MSDU dan pengiriman paket ACK menggunakan skema Block ACK. Hasil simulasi memperlihatkan penggunaan skema A-MSDU dapat meningkatkan throughput lapisan MAC terutama pada pengiriman MSDU berukuran kecil. Penggunaan A-MSDU berukuran 7935 byte dapat memaksimalkan throughput lapisan MAC karena mengurangi overhead pengiriman paket. Skema Block ACK dapat meningkatkan throughput lapisan MAC terutama ketika digunakan untuk mentransmisikan MPDU yang berukuran kecil.*

**Kata kunci:** Simulasi, A-MSDU, Block ACK, Throughput, WiFi, NS-3

## **Abstract**

*A-MSDU and Block ACK is two new schemes were introduced in the MAC layer in the IEEE 802.11n WiFi standard. A-MSDU scheme aimed at reducing the overhead of sending multiple MSDU packets and Block ACK scheme is intended to streamline the delivery of ACK packets. Both schemes are used to increase the MAC layer throughput IEEE 802.11n. NS-3 network simulator can be used to simulate the delivery of packets through WiFi networks using A-MSDU scheme and Block ACK. In this paper conducted simulation in NS-3 to simulate MSDU packet transmission using A-MSDU scheme and ACK packet delivery using the Block ACK scheme. The simulation result shows the use of A-MSDU scheme can increase the MAC layer throughput, especially in small-sized MSDU delivery. The use of A-MSDU size 7935 bytes can maximize throughput by reducing the overhead MAC layer packet delivery. Block ACK scheme can increase the MAC layer throughput, especially when used to transmit the small MPDU.*

**Keyword:** Simulation, A-MSDU, Block ACK, Throughput, WiFi, NS-3

## **1. PENDAHULUAN**

Aggregate MAC Service Data Unit (A-MSDU) dan Block Acknowledgement (Block ACK) merupakan dua skema baru pada lapisan Medium Access Control (MAC) yang diperkenalkan pada standar WiFi IEEE 802.11n [1]. Skema A-MSDU bertujuan untuk mengurangi overhead pengiriman multiple paket MSDU dan skema Block ACK bertujuan untuk mengefisienkan pengiriman paket ACK. Penggunaan kedua skema tersebut diharapkan akan meningkatkan throughput lapisan MAC IEEE 802.11n.

Pengukuran throughput lapisan MAC menggunakan skema A-MSDU dan Block ACK dapat dilakukan menggunakan metode perhitungan matematis [2], menggunakan simulasi [3] atau menggunakan jaringan WiFi sesungguhnya [4]. Di dalam paper ini pengukuran throughput lapisan MAC dilakukan menggunakan simulasi. Tujuan penelitian ini yaitu melakukan simulasi pengiriman paket MSDU menggunakan skema A-MSDU pada jaringan WiFi, melakukan simulasi pengiriman paket ACK menggunakan skema Block ACK pada jaringan WiFi dan melakukan analisis hasil simulasi NS-3 terhadap peningkatan throughput lapisan MAC WiFi menggunakan skema A-MSDU dan Block ACK.

Hasil simulasi NS-3 memperlihatkan perbandingan throughput lapisan MAC tanpa skema A-MSDU dan tanpa skema Block ACK, menggunakan skema A-MSDU saja, dan menggunakan skema A-MSDU dan Block ACK. Throughput diperlihatkan berdasarkan ukuran MSDU yang ditransmisikan dari 200 byte sampai 2200 byte. Throughput juga diperlihatkan berdasarkan jumlah STA dari 1 sampai 50 STA. Selain itu throughput juga diperlihatkan berdasarkan data rate lapisan physical (PHY), yaitu dari 6 Mbps sampai

dengan 54 Mbps. Didalam paper ini juga dilakukan analisis terhadap peningkatan *throughput* yang dihasilkan menggunakan skema A-MSDU dan *Block ACK* melalui simulasi NS-3.

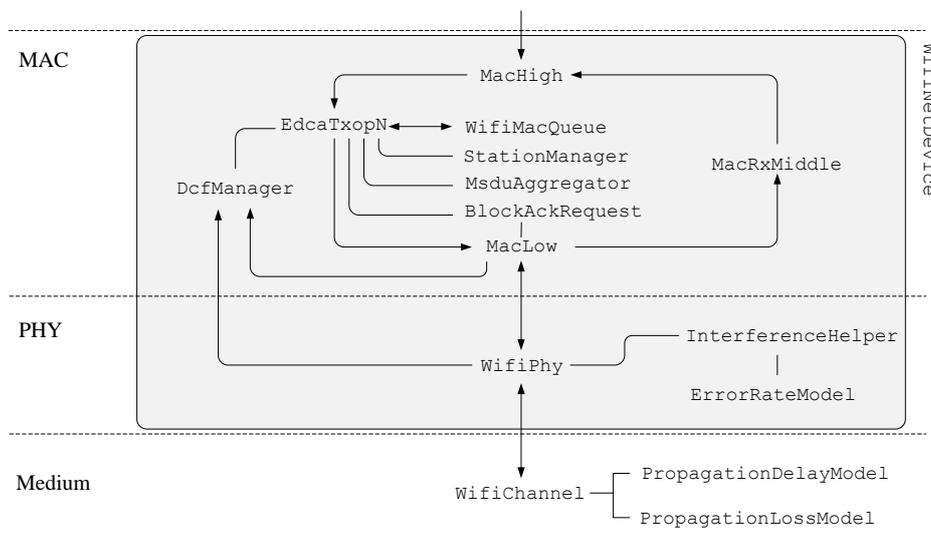
Bagian selanjutnya dari paper ini diorganisasikan sebagai berikut. Pada bagian 2 dijelaskan pemodelan WiFi pada NS-3. Pada bagian 3 diuraikan metode penelitian yang digunakan. Pada bagian 4 disampaikan hasil simulasi skema A-MSDU dan *Block ACK* menggunakan NS-3 dan pembahasan hasil simulasi. Pada bagian 5 diuraikan kesimpulan dan saran.

## 2. PEMODELAN WiFi PADA NS-3

NS-3 merupakan *network* simulator baru yang dikembangkan dari *network* simulator NS-2. NS-3 dibuat untuk menyediakan *network* simulator yang sesuai dengan kebutuhan penelitian terkini. Pembuatan NS-3 dimulai pada tahun 2006 dan pada tahun 2013 ini, versi stabil NS-3 paling akhir adalah NS-3.18.

Implementasi NetDevice WiFi standar 802.11 pada NS-3 dikembangkan dari model YANS (*Yet Another Network Simulator*) [5]. YANS merupakan proyek pemodelan WiFi PHY/MAC 802.11 pada NS-2 yang dibuat oleh Mathieu Lacage dan Tom Henderson dari group penelitian INRIA, Prancis. Implementasi model A-MSDU, *Block ACK* dan EDCA pada NS-3 dibuat oleh Mirco Banchi dari Universitas Florence, Italy [6].

Arsitektur implementasi WifiNetDevice pada NS-3 diperlihatkan pada Gambar 1. Komponen WiFi pada NS-3 terdiri dari beberapa modul dan *subclass*. WifiNetDevice dibuat dari *class* yang mengatur pengiriman dan penerimaan paket. Perjalanan paket dalam modul WiFi 802.11 dapat dijelaskan sebagai berikut. Sebuah paket memasuki lapisan MAC dari lapisan atas melalui *interface* WifiNetDevice. Paket tersebut kemudian ditambahkan *header* LLC dan SNAP dan selanjutnya dikirim ke MacHigh. *Class* MacHigh menjalankan fungsi manajemen MAC seperti proses *probing* dan proses asosiasi AP. Ada beberapa *class* pada MacHigh, seperti QstaWifiMac dan QapWifiMac. QstaWifiMac digunakan pada QoS *wireless* STA yang berusaha untuk dapat berasosiasi dengan sebuah QAP. QAP disimulasikan oleh QapWifiMac dan mengontrol sejumlah QSTA. Implementasi QoS menggunakan *class* yang disebut QosWifiMac untuk mendukung EDCA.



Gambar 1. Model WiFi pada NS-3

Paket data yang diterima oleh *class* MacHigh tersebut kemudian diteruskan ke EdcaTxopN. EdcaTxopN bersama dengan DcfManager, mengimplementasikan skema 802.11e EDCA pada NS-3. Pada EdcaTxopN terdapat 4 *queue* yaitu AC\_VO, AC\_VI, AC\_BE dan AC\_BK. Masing-masing *queue* memiliki *backoff counter* dan DcfManager yang digunakan untuk mengatur akses medium *wireless*. Ketika paket diizinkan untuk mengakses medium, EdcaTxopN melakukan agregasi beberapa paket yang memiliki alamat tujuan yang sama ke dalam A-MSDU. Jika jumlah paket dalam *queue* sama dengan nilai minimum *thresholdBlock ACK*, maka EdcaTxopN melakukan negosiasi transmisi menggunakan skema *Block ACK*. EdcaTxopN kemudian mentransmisikan paket A-MSDU, ADDBARRequest dan BAR melalui MacLow. Selama proses transmisi, paket diberikan *tag* dengan sebuah nomor urut yang dibagikan oleh MacTxMiddle. Parameter transmisi seperti ukuran *threshold* fragmen dan *threshold* RTS/CTS ditentukan oleh StationManager. Semua parameter transmisi seperti data *rate*, *threshold* RTS/CTS dan *counter backoff* dikontrol oleh StationManager. Setiap WifiNetDevice hanya memiliki satu *instance* StationManager yang menyimpan

informasi setiap keberhasilan atau kegagalan transmisi paket. Berdasarkan informasi tersebut, data *rate* yang digunakan ditentukan berdasarkan algoritma *rate control* seperti *constant rate manager*, ARF, AARF, AMRR, Onoe dan RRAA. Jika dibutuhkan informasi parameter transmisi, informasi tersebut diminta oleh EdcaTxopN dan MacLow.

*Class WifiPhy* memodelkan *transceiver wireless*. Implementasi *WifiPhy* pada NS-3 diberi nama *YansWifiPhy* yang memodelkan sebuah kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dengan kumulatif *noise* menggunakan *InterferenceHelper*. Dalam *InterferenceHelper* semua paket yang tiba disimpan tanpa memperhatikan apakah paket tersebut dapat diterima dengan benar atau tidak. Transmisi sinyal radio dimodelkan menggunakan *class WifiChannel* yang dapat terhubung dengan banyak *WifiPhy* lain. *WifiChannel* memberi *delay* pada paket yang tiba berdasarkan pada *PropagationDelayModel*. Kekuatan sinyal radio yang diterima di sisi *receiver* dimodelkan dengan *PropagationLossModel* dan perhitungan sinyal radio tersebut dilakukan oleh *WifiPhy*.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen menggunakan simulator jaringan NS-3. Konfigurasi yang digunakan pada NS-3 diperlihatkan pada Tabel 1. Pada simulasi jaringan WiFi terdapat 50 *wireless station* (STA) yang terhubung dengan sebuah *Access Point* (AP) menggunakan *YansWifiChannel*. Setiap STA dan AP menggunakan lapisan PHY *YansWifiPhy*. AP juga terhubung dengan sebuah *server* melalui jaringan *ethernet*. Agar dapat mentransmisikan paket menggunakan A-MSDU dan *Block ACK*, lapisan MAC setiap *wireless* STA dan AP dikonfigurasi menggunakan *QosWifiMac*. Agar *OfdmRate* dapat konstan selama durasi simulasi, *remote station manager* diset menggunakan *ConstantRateWifiManager*. *Threshold RTS/CTS* diset 100 *byte* agar paket selalu ditransmisikan menggunakan mode *Basic Access*. *Threshold fragmentasi* diset 9000 *byte* agar paket tidak difragmentasikan. Supaya paket dikirimkan menggunakan *Block ACK*, *thresholdBlock ACK* diset sama dengan 2. Pada setiap STA diinstall aplikasi *OnOffApplication* yang memiliki atribut *DataRate* dan *PacketSize*. Paket kemudian dikirimkan menggunakan *UdpSocketFactory*.

Untuk menginvestigasi pengaruh penggunaan skema A-MSDU dan *Block ACK* terhadap *throughput* lapisan MAC, simulasi dijalankan menggunakan tiga skenario. Skenario pertama dilakukan dengan mengirimkan paket dengan ukuran 200 – 2200 *byte*, pada jaringan WiFi hanya terdapat 5 STA dan paket ditransmisikan dengan data rate 54 *Mbps*. Skenario kedua dilakukan dengan mengirimkan paket dengan ukuran 200 *byte*, jumlah STA disimulasikan meningkat dari 5 sampai 50 STA dan data rate 54 *Mbps*. Skenario ketiga dilakukan dengan mengirimkan paket dengan ukuran 200 *byte*, 5 STA, dan pengiriman paket disimulasikan menggunakan data rate yang meningkat dari 6 *Mbps* sampai dengan 54 *Mbps*. Semua simulasi dijalankan selama 60 detik. *Throughput* diukur pada lapisan MAC disisi AP menggunakan metode *tracing* dengan menjalankan fungsi *MakeCallback* yang tersedia pada NS-3. Data hasil pengukuran kemudian di-*plot* pada grafik agar perbedaan *throughput* tanpa A-MSDU, menggunakan A-MSDU dan *Block ACK* dapat diketahui.

Tabel 1 Konfigurasi simulasi NS-3

|                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| <i>Channel</i>                | : <i>YansWifiChannel</i>         |
| PHY                           | : <i>YansWifiPhy</i>             |
| MAC                           | : <i>QosWifiMac</i>              |
| <i>Remote Station Manager</i> | : <i>ConstantRateWifiManager</i> |
| <i>Data Mode</i>              | : <i>OfdmRate</i>                |
| <i>Threshold RTS CTS</i>      | : 100 <i>byte</i>                |
| <i>Threshold Fragmentasi</i>  | : 9000 <i>byte</i>               |
| Ukuran A-MSDU                 | : 3839, 7935 <i>byte</i>         |
| <i>ThresholdBlock ACK</i>     | : 2                              |
| <i>Mobility model</i>         | : <i>ConstantPosition</i>        |
| <i>IP Address</i>             | : <i>Ipv4</i>                    |
| <i>Socket</i>                 | : <i>UdpSocketFactory</i>        |
| <i>Application</i>            | : <i>OnOffApplication</i>        |

### 4. SIMULASI DAN DISKUSI HASIL

Pada bagian ini digunakan simulator jaringan NS-3 untuk mensimulasikan dan menganalisis pengaruh penggunaan skema A-MSDU dan *Block ACK* terhadap *throughput* lapisan MAC WiFi pada IEEE 802.11n. *Throughput* MSDU yang diterima di sisi LLC/SNAP tujuan dihitung berdasarkan tiga variabel, yaitu ukuran MSDU, jumlah STA dan data rate lapisan PHY.

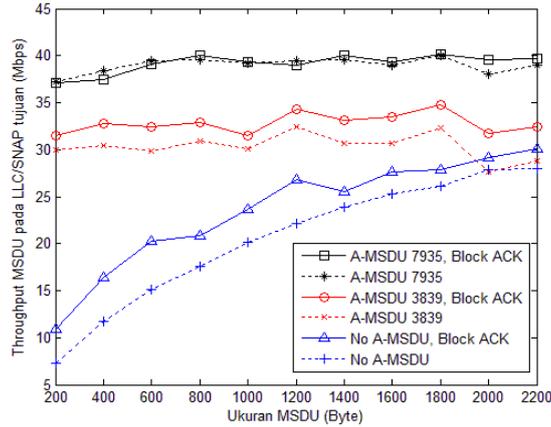
Parameter simulasi NS-3 diperlihatkan pada Tabel 2. Simulasi performansi *throughput* skema A-MSDU dan *Block ACK* berdasarkan variable ukuran MSDU diatur sebagai berikut. Ukuran MSDU yang ditransmisikan adalah 200-2200 *byte*. Sebelum diserahkan pada pada lapisan PHY, MSDU yang memiliki alamat tujuan yang sama diagregat ke dalam sebuah A-MSDU dengan ukuran 3839 *byte* atau 7935 *byte*. Pada A-MSDU ditambahkan 30 *byteheader* MAC dan 4 *byte* FCS untuk membentuk MPDU. Ukuran *Contention Window minimum* (CWmin) proses *backoff* pada lapisan MAC adalah 15 dan *Contention Window maximum* (CWmax) adalah 1023. Pada lapisan PHY, susunan bit MPDU diacak, dikodekan dengan BCC 5/6, ditambahkan 4 *bytepadding* dan diberikan *preamble* PHY. PPDU yang sudah terbentuk kemudian dimodulasikan menggunakan 64-QAM pada *subcarrier* OFDM. Di sisi *receiver*, simbol-simbol OFDM yang membentuk *preamble* PHY didekodekan untuk diketahui jenis modulasi dan *codingrate* yang digunakan agar PSDU dapat diekstrak menjadi MPDU dengan benar. MPDU yang telah diterima oleh lapisan MAC tujuan akan direspon dengan pengiriman 14 *byte* ACK pada STA *transmitter*.

Tabel 2 Parameter simulasi

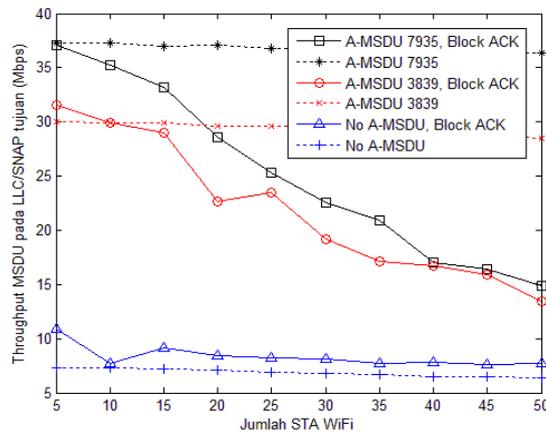
|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| CWmin             | : 15                    |
| CWmax             | : 1023                  |
| Maks. retransmisi | : 7                     |
| Durasi slot       | : 9 $\mu$ s             |
| SIFS              | : 16 $\mu$ s            |
| DIFS              | : 34 $\mu$ s            |
| MAC header        | : 30 <i>byte</i>        |
| MSDU              | : 200-2200 <i>byte</i>  |
| A-MSDU            | : 3839/7935 <i>byte</i> |
| FCS               | : 4 <i>byte</i>         |
| ACK               | : 14 <i>byte</i>        |
| Mode transmisi    | : Basic Access          |
| Jumlah STA        | : 5-50                  |
| Modulasi          | : 64-QAM                |
| Pengkodean        | : BCC                   |
| Coding Rate       | : 5/6                   |
| Padding           | : 4 <i>byte</i>         |
| Data Rate         | : 6/9/12/24/36/48/54    |

Hasil simulasi pengaruh penggunaan skema A-MSDU dan *Block ACK* terhadap *throughput* WiFi menggunakan simulator jaringan NS-3 berdasarkan ukuran MSDU diperlihatkan pada Gambar 2. Transmisi MSDU dengan ukuran 200 *byte*, tanpa menggunakan skema A-MSDU dan tanpa menggunakan skema *Block ACK* hanya menghasilkan *throughput* 7,30 Mbps. Namun jika ditransmisikan menggunakan 3839 *byte* A-MSDU, *throughput* meningkat menjadi 30,01 Mbps dan menggunakan 7935 *byte* A-MSDU, *throughput* meningkat menjadi 37,25 Mbps. Hasil simulasi NS-3 memperlihatkan skema A-MSDU dapat meningkatkan *throughput* WiFi secara signifikan pada pengiriman MSDU berukuran 200-1000 *byte*. Namun jika digunakan ukuran MSDU yang lebih besar (1200-2200 *byte*), *throughput* yang dihasilkan oleh skema A-MSDU relatif tidak meningkat secara signifikan. Hasil simulasi juga memperlihatkan penggunaan skema *Block ACK* dapat meningkatkan *throughput* WiFi terutama pada transmisi MSDU tanpa A-MSDU dan dengan 3839 *byte* MSDU. Sedangkan pada transmisi 7935 *byte* A-MSDU dengan *Block ACK* tidak berpengaruh terhadap kenaikan *throughput* WiFi.

Hasil simulasi pengaruh penggunaan skema A-MSDU dan *Block ACK* terhadap *throughput* WiFi berdasarkan jumlah STA diperlihatkan pada Gambar 3. Jika jumlah STA dalam sebuah jaringan WLAN meningkat dari 5 menjadi 50, *throughput* jaringan WiFi sedikit menurun menggunakan skema A-MSDU dan tanpa A-MSDU. Jika ditransmisikan tanpa A-MSDU dan tanpa *Block ACK*, *throughput* menurun dari 7,30 Mbps menjadi 6,34 Mbps. Jika ditransmisikan menggunakan 3839 *byte* A-MSDU, *throughput* menurun dari 30,01 Mbps menjadi 28,46 Mbps dan jika ditransmisikan menggunakan 7935 *byte* A-MSDU, *throughput* menurun dari 37,25 Mbps menjadi 36,36 Mbps. Transmisi 200 *byte* MSDU dengan *Block ACK* menyebabkan *throughput* menurun menggunakan 3839 *byte* A-MSDU menjadi 13,39 *byte* dan menggunakan 7935 *byte* A-MSDU menjadi 14,83 Mbps.

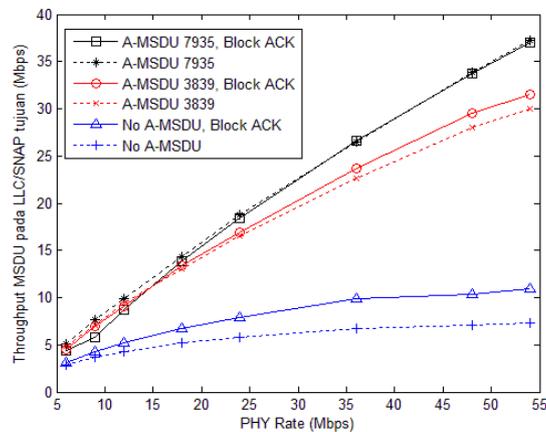


Gambar 2. Throughput A-MSDU dan Block ACK berdasarkan ukuran MSDU



Gambar 3. Throughput A-MSDU dan Block ACK berdasarkan jumlah STA WiFi

Hasil simulasi pengaruh penggunaan skema A-MSDU dan *Block ACK* terhadap *throughput* WiFi berdasarkan data rate lapisan PHY diperlihatkan pada Gambar 4. Jika data rate lapisan PHY dalam sebuah jaringan WLAN meningkat dari 6 Mbps hingga 54 Mbps, *throughput* jaringan WiFi meningkat secara signifikan. Pada transmisi menggunakan 3839 byte MSDU, *throughput* meningkat dari 4,86 Mbps menjadi 30,01 Mbps dan jika menggunakan 7935 byte A-MSDU, *throughput* meningkat menjadi 37,25 Mbps. Pada data rate 54 Mbps, transmisi menggunakan *Block ACK* meningkatkan *throughput* menjadi 10,93 Mbps dan jika secara bersamaan menggunakan 3839 byte MSDU, *throughput* meingkat menjadi 31,50 Mbps. Namun penggunaan *Block ACK* pada transmisi 7935 byte A-MSDU tidak meningkatkan *throughput* jaringan WiFi.



Gambar 4. Throughput A-MSDU dan Block ACK berdasarkan data rate lapisan PHY

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bagian ini disampaikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian pengaruh skema A-MSDU dan *Block ACK* terhadap *throughput* lapisan MAC WiFi.

### 5.1 Kesimpulan

Skema A-MSDU dan *Block ACK* merupakan skema baru pada lapisan MAC IEEE 802.11n yang digunakan untuk meningkatkan *throughput* lapisan MAC. Didalam paper ini telah dilakukan simulasi pengaruh skema A-MSDU dan *Block ACK* terhadap *throughput* lapisan MAC WiFi. Hasil simulasi memperlihatkan penggunaan skema A-MSDU dapat meningkatkan *throughput* lapisan MAC terutama pada pengiriman MSDU berukuran kecil. Penggunaan A-MSDU yang besar semakin meningkatkan *throughput* lapisan MAC karena mengurangi overhead lapisan MAC. Skema *Block ACK* dapat meningkatkan *throughput* lapisan MAC terutama ketika digunakan untuk mentransmisikan MPDU yang berukuran kecil. Pada transmisi MPDU yang berisi A-MSDU berukuran 7835 byte, penggunaan skema *Block ACK* tidak meningkatkan *throughput* lapisan MAC.

### 5.2 Saran

NS-3 dapat digunakan untuk pengembangan protokol IEEE 802.11 masa depan seperti IEEE 802.11ac dan IEEE 802.11ad. Lapisan PHY dari kedua standar akan menggunakan bandwidth hingga 160 MHz, 256 QAM, 8 aliran spasial dan penggunaan Multi User MIMO (MU-MIMO) untuk menyediakan data rate hingga 6 Gbps. Lapisan MAC kedua standar ditargetkan mampu menyediakan *throughput* hingga 1 Gbps yang dapat mengirimkan MPDU pada empat pengguna yang berbeda secara bersamaan. Perancangan *header* PHY dan skema MAC baru untuk kedua kandidat standar dapat dilakukan menggunakan NS-3. NS-3 juga disarankan digunakan sebagai simulator jaringan pada pengajaran kuliah jaringan komputer dan penelitian terkait pengembangan protkol jaringan komputer.

## 6. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher *Throughput*," *IEEE Std 802.11n-2009*, vol., no., pp.1-565, Oct. 29 2009.
- [2] Ginzburg, B.; Kesselman, A.; , "Performance analysis of A-MPDU and A-MSDU aggregation in IEEE 802.11n," *Sarnoff Symposium, 2007 IEEE* , vol., no., pp.1-5, April 30 2007-May 2 2007.
- [3] Charfi, E.; Chaari, L.; Kamoun, L.; , "Fairness of the IEEE 802.11n aggregation scheme for real time application in unsaturated condition," *Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC), 2011 4th Joint IFIP*, vol., no., pp.1-8, 26-28 Oct. 2011
- [4] G. Bhanage, D. Raychaudhuri, I. Seskar, "Backlogged queue based MAC frame aggregation", *Pervasive and Mobile Computing*, Volume 7, Issue 4, August 2011, Pages 449-466, ISSN 1574-1192.
- [5] Mathieu Lacage , Thomas R. Henderson, Yet another network simulator, *Proceeding from the 2006 workshop on ns-2: the IP network simulator*, October 10-10, 2006, Pisa, Italy.
- [6] M. Banchi, S. Bracciali, T. Pecorella., Realization of 802.11n and 802.11e models, *NS3 Workshop*, Rome, March 2, 2009.