

ANALISIS PERFORMANSI ROUTING HYBRID WIRELESS MESH PROTOCOL (HWMP) PADA WIRELESS MESH NETWORK (WMN) BERDASARKAN STANDAR IEEE 802.11S

Fenmelin Muhardafen Manullang, Niken Dwi Wahyu Cahyani, Vera Suryani

Institut Teknologi Telkom

fenmanullang@gmail.com, nkn@ittelkom.ac.id, vra@ittelkom.ac.id

Abstrak

Wireless Mesh Network (WMN) merupakan jaringan komunikasi wireless yang terbentuk dari node radio dimana minimal terdapat dua atau lebih jalur komunikasi data pada setiap node. Di dalam WMN terdapat beberapa node client yang dapat bergerak dengan kecepatan lambat (seperti kecepatan pejalan kaki) yang memungkinkan jaringan ini menjadi dinamis. Apalagi karena WMN merupakan jaringan yang wireless berarti akan memungkinkan ada user dalam jaringan yang terkadang bertambah ataupun berkurang. Dengan adanya perubahan kecepatan dan jumlah user, WMN membutuhkan suatu *protokol routing* yang handal untuk mencari jalur yang terbaik. *Protokol routing* yang digunakan adalah HWMP (*hybrid*) yang merupakan *default protokol routing* dalam WMN, sementara AODV (reaktif), dan DSDV (proaktif) dijadikan sebagai pembanding *protokol routing* dari HWMP. Dengan *protokol routing* ini akan diamati perubahan yang terjadi berdasarkan parameter uji seperti *Routing Overhead* (RO) dan *Normalized Routing Load* (NRL) yang akan disimulasikan pada *network simulator 2* (NS-2). Hasil nilai simulasi sudah diperoleh dengan menyimpulkan bahwa *protokol routing* DSDV merupakan *protokol routing* yang paling efisien dalam pengujian ini.

Kata kunci : WMN, IEEE 802.11s, HWMP, AODV, DSDV

1. Pendahuluan

Bagian ini mencakup latar belakang, permasalahan dan pemecahannya, tujuan penelitian serta manfaat penelitian dan batasan masalah.

1.1 Latar Belakang

Wireless mesh network (WMN) merupakan jaringan komunikasi wireless yang terbentuk dari node radio dimana minimal terdapat dua atau lebih jalur komunikasi data pada setiap node [2]. Node pada WMN dapat berupa sebuah *mesh router* dan *mesh client*. WMN memiliki jangkauan yang luas karena setiap node tidak hanya bertindak sebagai host tetapi juga dapat berfungsi sebagai sebuah router untuk meneruskan paket-paket informasi yang akan dikirim menuju node lain yang mungkin tidak dapat menjangkau tempat yang ingin dituju karena keterbatasan jarak. WMN merupakan trend baru dalam komunikasi wireless yang menjanjikan fleksibilitas tinggi, keandalan, dan performansi diatas WLAN konvensional. WMN dan jaringan ad-hoc mobile (*Mobile ad-hoc network* atau MANET) menggunakan konsep komunikasi yang sama antar nodenya, namun memiliki beberapa perbedaan. MANET memiliki latar belakang akademis dan memusatkan pada perangkat pengguna, mobilitas, dan kemampuan ad-hoc. WMN memiliki latar belakang bisnis dan memusatkan pada perangkat statis (infrastruktur), kehandalan, dan kapasitas jaringan [1].

Dengan adanya WMN banyak skenario-skenario jaringan yang dapat dibangun seperti membuat jaringan rumah untuk memperluas cakupan area *Enterprise WLAN network* dan

untuk membangun jaringan ad-hoc [5]. Kapasitas dari WMN dipengaruhi oleh banyak faktor seperti arsitektur jaringan, kepadatan jalur komunikasi, kepadatan *node*, topologi, jumlah *channel* yang digunakan setiap *node*, daya transmisi dan mobilitas dari *node*.

1.2 Rumusan Masalah & Pemecahannya

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana performansi *protokol routing* HWMP, AODV, dan DSDV dalam jaringan *wireless mesh*?
2. Bagaimana hubungan jumlah dan kecepatan *node station* terhadap kinerja protokol *routing* yang digunakan?
3. Bagaimana perbandingan performansi *protokol routing* HWMP, AODV dan DSDV berdasarkan parameter *routing overhead* dan *normalized routing load*?

Permasalahan diatas diselesaikan dengan melakukan pengujian dan analisis ketiga algoritma tersebut melalui sebuah proses simulasi.

1.3 Tujuan & Manfaat Penelitian

Hal – hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis perbandingan performansi protokol *routing* HWMP, AODV, dan DSDV dalam jaringan *wireless mesh*.
2. Menganalisis hubungan jumlah dan kecepatan *node station* terhadap kinerja *protokol routing* yang digunakan.
3. Membandingkan performansi *protokol routing* HWMP, AODV dan DSDV berdasarkan parameter *routing overhead* dan *normalized routing load*.

Hasil analisis dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para pengguna jaringan WMN untuk mendapatkan data awal performansi ketiga protokol *routing* tersebut.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Protokol routing hybrid* yang digunakan adalah HWMP, yang reaktif adalah AODV dan yang proaktif adalah DSDV.
2. Dalam penelitian ini kondisi jaringan adalah ideal (*error* pada pengujian diabaikan dan tidak ada *background traffic*).
3. Bottleneck pada *gateway* dapat diabaikan karena bukan fokus pada penelitian ini.
4. Alat bantu yang digunakan dalam simulasi adalah *Network simulator 2*.
5. Skenario penelitian yang dilakukan hanya fokus pada hubungan jumlah dan kecepatan *node station* yang berada di WMN yang bertipe *client*.
6. WMN yang digunakan merupakan jaringan *wireless LAN mesh*.
7. Penelitian hanya difokuskan pada proses *per-routing-an*.
8. Tidak membahas tentang masalah *security*, *handoff*, dan *scheduling* dalam *wireless mesh network*.
9. Parameter yang digunakan hanya *routing overhead* dan *normalized routing load*.
10. *Transport agent* yang digunakan dalam penelitian adalah UDP.
11. Generator trafik yang digunakan dalam penelitian adalah CBR.

2. Kajian Pustaka

Pada bagian ini dijelaskan kajian teoritis sebagai dasar pustaka untuk melakukan perancangan, pengujian dan analisis

2.1 Wireless Mesh Network (WMN)

Wireless Mesh Network (WMN) merupakan jaringan komunikasi wireless yang terbentuk dari node radio dimana minimal terdapat dua atau lebih jalur komunikasi data pada setiap node [2]. WMN merupakan trend baru dalam komunikasi wireless yang menjanjikan fleksibilitas tinggi, keandalan, dan performa diatas WLAN konvensional.

WMN memiliki kehandalan dan kelebihan, ketika satu node tidak bisa beroperasi lama, maka node yang lain yang sedang tidak bekerja masih bisa tetap berkomunikasi satu dengan yang lainnya secara langsung atau melalui satu atau lebih node yang terhubung. Seluruh wireless mesh node yang membangun suatu jaringan wireless mesh akan bekerja sama untuk membawa informasi dari suatu titik ke titik yang lain. Informasi tersebut dibawa dari sumber trafik ke tujuan dengan cara bekerja sama antara node wireless mesh. Jika terjadi kegagalan pada rute pertama, jaringan dapat melakukan self healing sehingga dapat dibentuk rute baru. Salah satu teknologi yang memungkinkan adanya bentuk jaringan mesh ini adalah wireless LAN IEEE 802.11. Berdasarkan [6] jaringan dikatakan kecil apabila jumlah node dalam jaringan berjumlah 2 hingga 29 node, medium berjumlah 30 hingga 100 node, besar apabila jumlah node dalam jaringan lebih besar dari 100 node dan sangat besar pada saat jumlah node berjumlah lebih besar dari 1000 node.

2.2 Arsitektur Wireless Mesh Network

Wireless Mesh Network memiliki dua tipe node yaitu mesh router dan mesh client. Mesh router selain memiliki kemampuan routing juga bisa berfungsi sebagai gateway ataupun repeater seperti fungsi dari wireless router konvensional, wireless mesh router berisi fungsi routing untuk mendukung jaringan mesh. Selain itu untuk meningkatkan fleksibilitas dari jaringan mesh, biasanya mesh router dilengkapi dengan *multiple wireless interface*.

Mesh Client juga mempunyai fungsi yang penting yaitu sebagai mesh router. Mesh client biasanya memiliki satu wireless interface, sebagai konsekuensi hardware platform dan software untuk mesh client dapat lebih simple dari mesh router. Mesh client memiliki variasi yang lebih banyak dibandingkan mesh router, antara lain seperti laptop atau desktop, PC, PDA, dan IP phone.

2.3 Hybrid Wireless Mesh Protocol (HWMP)

Hybrid Wireless Mesh Network (HWMP) merupakan default protokol routing dari IEEE 802.11s WLAN mesh networking [1]. Sebagai salah satu jenis protokol routing yang hybrid, HWMP mendukung dua model dalam pencarian rutenya yaitu *on-demand mode* dan *proactive tree building mode*. Kombinasi reaktif dan proaktif dalam HWMP yang optimal dan efisien memungkinkan pemilihan path pada berbagai jaringan mesh dengan atau tanpa infrastruktur. Routing di HWMP menggunakan mekanisme nomor urut untuk menjaga konektivitas bebas *loop* setiap saat.

Dalam routing HWMP, On demand mode is based on Radio Metric AODV (RM-AODV), dimana routing akan dijalankan sesuai dengan permintaan. Bagian *reactive* pada HWMP mengikuti konsep umum dari AODV, dengan menggunakan metode *distance vector* dan proses *well-known route discovery* dengan *route request* dan *route reply*. Kemudian selanjutnya, dalam *proactive tree building mode* akan membuat *route/path tree* dari *root* ke semua *node* yang ada dalam topologi jaringan. Dalam bagian ini terdapat dua sub-mekanisme

dari pembuatan/pembentukan informasi *routing*, yaitu mekanisme *proactive* PREQ dan mekanisme *proactive* RANN (*root announcement*).

2.4 Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV)

AODV muncul pertama kali pada tahun 1997 dengan DSDV sebagai predecessor protocol. AODV merupakan distance vector protokol routing yang termasuk dalam klasifikasi reaktif protokol routing, yang hanya me-request sebuah rute saat dibutuhkan. AODV dikembangkan oleh C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer dan S. Das pada RFC 3561 [3]. AODV memiliki kemampuan routing unicast dan multicast. AODV menggunakan destination sequence number yang dibuat oleh node tujuan untuk melakukan jalur terbaru untuk node tujuan dan untuk menghindari pengiriman ganda pada paket yang sama, AODV menggunakan nomor identitas pengiriman yang menjamin bebas looping karena node intermediate-nya hanya meneruskan salinan pertama dari paket yang sama dan membuang duplikasi salinan. AODV memiliki dua komponen pencarian rute, yaitu *route discovery* : *Route Request* (RREQ), *Route Reply* (RREP); dan *route maintenance* : *Route Error* (RERR).

2.5 Destination Sequenced Distance Vector (DSDV)

DSDV merupakan protocol yang bersifat proaktif yang berdasarkan pada algoritma bellman-ford dimana kontribusi algoritma ini adalah untuk mengatasi routing loop. DSDV ini pertama sekali muncul pada tahun 1994 yang dikembangkan oleh C. Perkins dan P. Bhagwat [3,4]. Dalam *protocol routing* DSDV, *sequence number* akan dihasilkan oleh setiap node dalam jaringan tersebut. DSDV sangat ideal digunakan dalam jaringan berskala kecil dan mobilitas rendah. Ideal untuk jaringan berskala kecil karena *overhead message control* dalam protokol routing ini bertambah secara kuadratis (N^2) dimana N adalah jumlah node dalam jaringan. Dan ideal untuk mobilitas rendah adalah karena jika berada dalam mobilitas tinggi jaringan menjadi tidak stabil untuk sementara sebelum update paket mencapai semua *node* dalam jaringan.

2.6 Parameter Uji

Parameter uji merupakan bagian dari penelitian yang nilainya akan digunakan untuk melihat hasil performansi dari protokol routing yang digunakan. Adapun parameter uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah : *Routing Overhead* (RO).

RO adalah jumlah total packet routing yang dikirimkan oleh protokol routing dalam setiap pengiriman paket data. Jadi, nilai parameter ini dilihat dari sisi node sumber ataupun juga node intermediate. Parameter ini digunakan untuk menghitung efisiensi kinerja suatu routing protokol. Persamaan 2.1 menunjukkan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari RO.

$$RO = \frac{\sum \text{Paket Routing terkirim}}{\sum \text{Paket Data terkirim}} \quad \dots 2.1$$

Normalized Routing Load (NRL)

Normalized routing load yaitu jumlah packet routing yang ditransmisikan pada setiap paket data yang diterima di tujuan. Jadi, nilai parameter ini dilihat dari sisi node tujuan. Semakin tinggi nilai perbandingan banyaknya paket routing dengan paket data maka kinerja suatu protokol routing semakin kurang efisien. Persamaan 2.2 menunjukkan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari NRL.

$$NRL = \frac{\sum \text{Paket Routing diterima}}{\sum \text{Paket Data diterima}} \quad \dots 2.2$$

3. Metode Penelitian

3.1 Tujuan Simulasi

Adapun tujuan dari simulasi ini adalah untuk mendapatkan informasi kinerja *protokol routing* HWMP, AODV dan DSDV dalam jaringan *wireless mesh network* dengan menganalisis performansi dari masing-masing ketiga protokol routing tersebut berdasarkan dua parameter uji yaitu, *routing overhead* dan *normalized routing load*-nya. Evaluasi performansi akan difokuskan terhadap hubungan jumlah node dan kecepatan yang disesuaikan oleh pejalan kaki yaitu rata-rata sekitar 5.04 km/jam (1.4 m/s) [2] dalam jaringan wireless mesh.

3.2 Batasan Simulasi

Berikut ini adalah ketentuan dasar yang dipakai dalam simulasi, parameter dan juga lingkungan perangkat baik perangkat lunak maupun perangkat keras yang digunakan.

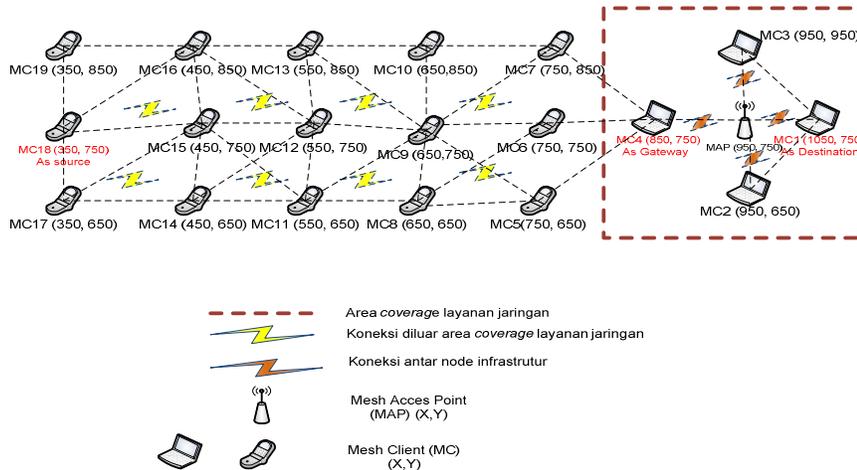
1. Simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *network simulator 2* (versi NS-2.33)
2. *Transport agent* yang digunakan dalam penelitian adalah UDP (*User Datagram protocol*).
3. *Generator* trafik yang digunakan dalam penelitian adalah CBR (*Constant Bit Rate*).
4. Arsitektur dari WMN yang digunakan adalah arsitektur WMN tipe *hybrid*.
5. Perubahan jumlah *node* dan kecepatan *node* yang terjadi berada di arsitektur WMN bertipe *client* dimana *node* yang berada di tipe *client* itu disebut dengan *node station* berdasarkan standarisasi IEEE 802.11s.
6. Jumlah *node station* yang digunakan adalah 5 *node station*, 15 *node station*, dan 35 *node station* dengan kecepatan yang sama yaitu 1.5 m/s
7. Kecepatan *node station* yang digunakan adalah 0.5 m/s, 1.0 m/s, 1.5 m/s, dan 2.0 m/s (kecepatan ini dapat ditempuh secara realistis oleh pejalan kaki) dengan jumlah *node* yang sama yaitu 18 *node*.
8. Antrian yang digunakan adalah *droptail* dengan penjadwalan FIFO (*First In First Out*)
9. Sumber energi dari tiap *node* dalam simulasi tidak diperhatikan dan dianggap tidak terbatas.

3.3 Skenario dan Pemodelan Simulasi

Berikut adalah penjelasan untuk skenario dan pemodelan simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini.

3.3.1 Pemodelan Jaringan Wireless Mesh

Model Jaringan WMN yang digunakan adalah model yang bertipe hybrid yaitu gabungan antara tipe infrastruktur dan client. Berikut gambaran umum dari jaringan yang dibentuk.



Gambar 3.2 Arsitektur Jaringan yang Digunakan dalam Simulasi

Mesh client (MC) 18 dijadikan sebagai *source node* sedangkan MC4 dijadikan sebagai *gateway* yang digunakan sebagai penghubung antara WMN yang bertipe client dengan WMN yang bertipe infrastruktur. MC4 dijadikan sebagai *gateway* didasarkan pada sifat WMN itu sendiri. Di dalam wireless mesh network, coverage tidak dibatasi oleh ketersediaan koneksi secara langsung ke *base station*. *Node* yang terhubung secara langsung ke *base station* bisa disebut sebagai *gateway*. Tidak seperti *base station* pada umumnya, *node user* tidak perlu terhubung secara langsung namun bisa melalui user lain yang masuk dalam *coverage* dari *gateway*. Setiap *node user* di WMN tidak hanya beroperasi sebagai *host*, namun juga sebagai router untuk meneruskan (*forward*) paket untuk *node* lain yang tidak terhubung secara langsung ke *gateway*. MC1 dijadikan sebagai node tujuan dan MAP dibuat sebagai *mesh node* yang mempunyai fungsi tambahan sebagai *access point*. Sesuai dengan karakteristik dari WMN maka dalam WMN yang bertipe client dibuat *node* yang bergerak secara random sementara yang bertipe infrastruktur dibuat statis.

3.3.2 Pemodelan Trafik

Jenis trafik yang digunakan pada simulasi ini menggunakan *Constant Bit Rate* (CBR) dan memakai trafik dengan ukuran paket 512 byte. Trafik ini digunakan untuk menggambarkan aplikasi berupa *low quality audio streaming*.

3.3.3 Skenario

Skenario 1: Dalam skenario ini dicoba untuk melihat bagaimana perubahan parameter berdasarkan pada sejumlah node station yaitu dari 5 node station (mewakili jumlah node station sedikit), 15 node station (mewakili jumlah node station sedang), dan 35 node station (mewakili jumlah node station banyak) dalam WMN dengan pergerakan node station yang sama yaitu sebesar 1.5 m/s dengan luas area masing-masing 1000m x 1000m.

Tabel 3.1 Parameter yang Digunakan dalam Skenario 1

Skenario	Perubahan jumlah node station	Kecepatan
Skenario 1	5 node station	1.5 m/s
	15 node station	
	35 node station	

Skenario 2: Dalam skenario ini dicoba untuk melihat bagaimana perubahan parameter berdasarkan beberapa kecepatan yaitu mulai dari 0.5 m/s, 1.0 m/s, 1.5 m/s, dan 2.0 m/s dalam WMN. Pemilihan kecepatan ini disesuaikan dengan karakteristik dari WMN itu sendiri yaitu kecepatan yang disesuaikan dengan device yang bersifat hampir statis atau sedikit pergerakan. Luas area masing-masing 1000m x 1000m dengan waktu simulasi selama 80 detik.

Tabel 3.2 Parameter yang Digunakan dalam Skenario 2

<i>Skenario</i>	<i>Perubahan kecepatan</i>	<i>Jumlah node</i>
Skenario 2	0.5 m/s	18 node
	1.0 m/s	
	1.5 m/s	
	2.0 m/s	

4. Analisis Hasil Simulasi

Berikut adalah hasil analisis terhadap simulasi yang telah dilakukan

4.1 Analisis Performansi Protokol Routing terhadap Sejumlah Node Station

Bagian ini menunjukkan hasil analisis berdasarkan perubahan jumlah node station.

4.1.1 Routing Overhead (RO)

HWMP dan AODV akan melakukan mekanisme *flooding* dengan mengirimkan paket RREQ dan RREP pada saat melakukan *route discovery* sehingga ketika terjadi perubahan jumlah yang semakin banyak maka jumlah paket *routing* RREQ dan RREP juga bertambah banyak sehingga nilai RO-nya bertambah banyak.

Tabel 4.1 Data Rata-rata Nilai RO dari Masing-masing Jumlah Node Station

<i>Jumlah node station</i>	<i>Routing overhead</i>		
	<i>HWMP (Hybird)</i>	<i>AODV (Reaktif)</i>	<i>DSDV (Proaktif)</i>
5 node station	0.0021643	0.00126408	0.000771654
15 node station	0.0039133	0.04557495	0.000645977
35 node station	0.0094847	0.07929535	0.001208641

4.1.2 Normalized Routing Load (NLR)

Nilai NLR untuk ketiga *protokol routing* selalu bertambah seiring dengan jumlah node station yang semakin banyak berada dalam WMN. Jadi, dari data tersebut didapat bahwa DSDV memiliki nilai NRL yang paling kecil. Penyebab hal ini adalah karena DSDV tidak melakukan *discovery flooding* saat melakukan pencarian rute baru. Oleh karena itu, saat terjadi penambahan jumlah *node* maka jumlah *routing* yang digunakan untuk membangun rute akan lebih sedikit digunakan/disebar.

Untuk protokol routing AODV dan HWMP pencarian rute akan melakukan mekanisme *discovery flooding* yang menggunakan 3 *message control* yaitu RREQ, RREP dan RERR. Bedanya, AODV akan selalu melakukan mekanisme tersebut saat terjadi perubahan node. Sedangkan HWMP yang memiliki sifat proaktif akan tetap menjaga rute yang telah tersambung meskipun komunikasih sudah tidak aktif sehingga jika akan dilakukan

komunikasi lagi maka rute langsung siap digunakan. Oleh karena itu, nilai NRL dari HWMP lebih kecil dibandingkan dengan nilai AODV.

Tabel 4.2 Data Rata-rata Nilai NRL dari Masing-masing Jumlah Node Station

Jumlah node station	Normalized Routing Load		
	HWMP (Hybrid)	AODV (Reaktif)	DSDV (Proaktif)
5 node station	0.007012933	0.004223187	0.003571480
15 node station	0.042223125	0.651838250	0.010445523
35 node station	0.229912750	2.726655000	0.036321575

4.2 Analisis Performansi Routing Protocol terhadap Perubahan Kecepatan Node Station

Bagian ini menunjukkan hasil analisis berdasarkan perubahan kecepatan node station

4.2.1 Routing Overhead

Nilai *routing overhead* dari ketiga *protokol routing* selalu bertambah seiring dengan penambahan kecepatan setiap *node station* yang ada dalam WMN bertipe client. Semakin kecil nilai *routing overhead* suatu *protokol routing*, maka semakin efisien kinerja *protokol routing* tersebut. Dalam hal ini DSDV mempunyai kualitas *protokol routing* pada WMN yang lebih efisien daripada HWMP dan AODV. Hal ini dikarenakan *protokol routing* ini setiap *node* yang ada dalam jaringan sudah mengetahui kondisi jaringan yang ada di dalamnya dan masing-masing node mengirimkan pesan secara periodik untuk menjaga rutenya agar paket data yang dikirim lebih banyak. Selain itu juga, karena DSDV ideal untuk jaringan yang mobilitasnya rendah seperti simulasi yang telah dilakukan.

Tabel 4.3 Data Rata-rata Nilai RO dari Masing-masing Kecepatan Node Station

Kecepatan station	Routing Overhead		
	HWMP (Hybrid)	AODV (Reaktif)	DSDV (Proaktif)
0.5 m/s	0.003815475	0.023857675	0.000796661
1.0 m/s	0.004040695	0.031627200	0.000789930
1.5 m/s	0.004397100	0.037646825	0.000793273
2.0 m/s	0.004675630	0.038679175	0.000793304

4.2.2 Normalized Routing Load

DSDV merupakan *protokol routing* yang memiliki nilai NRL yang kecil dibandingkan *protokol routing* yang *hybrid* dan reaktif adalah karena *protokol routing* ini setiap *node* yang ada dalam jaringan sudah mengetahui kondisi jaringan yang ada di dalamnya dan tiap *node* pada *protokol* ini akan mengirimkan secara periodik perbaharuan yang terjadi dalam jaringan agar tabel tetap konsisten sehingga paket data yang terkirim bisa lebih banyak dibandingkan paket *routing*-nya. Oleh karena itu, *protokol routing* DSDV memiliki nilai NRL yang lebih kecil dibandingkan HWMP dan AODV.

Tabel 4.4 Data Rata-rata Nilai NRL dari Masing-masing Kecepatan Node Station

Kecepatan station	Normalized Routing Load		
	HWMP (Hybrid)	AODV (Reaktif)	DSDV (Proaktif)
0.5 m/s	0.0332883	0.23737625	0.00849053
1.0 m/s	0.0391285	0.30216225	0.00892546
1.5 m/s	0.0405876	0.36125025	0.00907737
2.0 m/s	0.0413504	0.36158575	0.00914889

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan pada WMN dengan menggunakan protokol routing HWMP, AODV dan DSDV maka dapat diambil kesimpulan bahwa DSDV merupakan protokol routing yang paling efisien dibandingkan HWMP dan AODV. Hal ini dikarenakan DSDV merupakan protokol routing yang proaktif sehingga setiap node yang ada dalam jaringan sudah mengetahui kondisi jaringan yang ada di dalamnya terlebih dahulu dan tiap node pada protokol ini akan mengirimkan secara periodik perbaharuan yang terjadi dalam jaringan agar tabel routing-nya tetap konsisten sehingga paket data yang terkirim bisa lebih banyak dibandingkan paket routing-nya. Selain itu juga karena ciri-ciri dari WMN sendiri menyerupai ciri-ciri jaringan yang ideal untuk jaringan yang menggunakan protokol routing DSDV yaitu jaringan yang *coverage area*-nya yang kecil dan sedang serta dengan mobilitas yang kecil seperti pergerakan pejalan kaki. Sementara HWMP yang merupakan default protokol routing untuk WMN ternyata belum tentu menjadi protokol routing yang lebih efisien dibandingkan DSDV untuk WMN.

5.2 Saran

Beberapa hal yang menjadi saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Dapat dibandingkan protokol *routing* yang sifatnya sama dengan HWMP yaitu seperti protokol *routing* ZRP yang bersifat *hybrid*.
2. Dapat digunakan simulator NS-3 karena dalam versi ini sudah memiliki protokol *routing* HWMP.
3. Dapat dilakukan penelitian dalam hal *scheduling* dan *security system* dalam WMN.

Referensi

- [1] Bahr, Michael. 2006. "*Proposed Routing for IEEE 802.11s WLAN Mesh Networks*". Siemens corporate technology, information & communication. Munchen. Germany.
- [2] Budiawan, Ashadi. 2008. "*Analisis Ujuk Kerja*". Universitas Indonesia..
- [3] C. Perkin, E. M. Belding-Royer, S. Das. 2002. "*Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing*". IETF Internet Draft.
- [4] Charles E. Perkins and Pravin Bhagwat. "*Highly dynamic Destination-sequance-distance-vector routing (DSDV) for mobile computers*". in Proceedings of the SIGCOMM '94 conference on comunacations architectures, Protocol and Applications pages 234-244, agust 1994.

- [5] Ian F. Akyidiz, Xudong Wang, Weilin Wang (2005). “*Wireless Mesh Network: a survey*”. Gregoria Institute of technologi.
- [6] S. Basagni, M. conti, S.Giordano, and I. Stojmenovic. 2004. “*Mobile Ad Hoc Networking*”.