

PERBANDINGAN KINERJA PROTOKOL AODV DENGAN OLSR PADA MANET

Wahyu Edy Seputra*, Sukiswo, S.T., M.T.***, Ajub Ajulian Zahra, S.T., M.T.**
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstract

Nowadays, communication technology is blooming rapidly and can't be dammed again. It's caused by globalization effect that has grown rapidly. In fact, cellular communication has moved to broadband communication which offer large capacity, wide range and great services. This case is known by a computerization in all field especially in telecommunication. Thus it will introduce a Mobile Ad hoc Network (MANET) as applicable technology to communicate each other.

This final project tells about comparison of routing protocol in MANET. Protocol used during simulation are Ad hoc On demand Distance Vector (AODV) and Optimized Link State Routing (OLSR). Each protocol is applied in different case of scenario contains 50 and 100 nodes. This aim is to compare result both of protocol in different scenario.

The result shows OLSR has the best performance in all scenario. Otherwise AODV is not good enough. It because proactive protocol has better routing than reactive protocol.

Keywords : MANET, protocol, routing, AODV, OLSR, proactive, reactive.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komunikasi nirkabel antara pengguna bergerak telah menjadi suatu terobosan baru dalam dunia komunikasi. Hal ini sebagai akibat perkembangan teknologi *laptop* dan perangkat komunikasi nirkabel, seperti modem dan *wireless LAN* yang terus meningkat seiring waktu dengan harga semakin terjangkau serta layanan kecepatan data lebih tinggi.

Ada dua pendekatan berbeda dalam membangun komunikasi *wireless* antar pengguna. Pendekatan pertama yaitu, membiarkan infrastruktur jaringan seluler yang ada membawa data seperti *voice*. Masalah yang muncul terutama pada proses *handoff*, yang mencoba untuk menangani situasi peralihan pengguna bergerak dari satu *base station* ke *base station* lain tanpa terpengaruh tundaan waktu dan rugi-rugi paket. Masalah lain dari jaringan infrastruktur yaitu keterbatasan tempat dalam membangun segala prasarana fisik jaringan dan faktor biaya yang besar.

Pendekatan kedua yaitu, membentuk jaringan *ad hoc* antara pengguna yang ingin berkomunikasi dengan pengguna lain. Maksud dari pendekatan ini yaitu setiap pengguna yang berpartisipasi di jaringan *ad hoc* harus rela meneruskan paket data untuk menjamin bahwa paket data berhasil terkirim dari sumber ke tujuan. Bentuk jaringan ini memiliki keterbatasan jarak transmisi tiap individu dan secara khas lebih kecil bila dibandingkan dengan jarak jangkauan pada sistem seluler. Hal ini tidak berarti pendekatan seluler lebih baik daripada pendekatan *ad hoc*. Jaringan *ad hoc* memiliki beberapa keuntungan dibanding seluler, yaitu

penggunaan protokol dalam berkomunikasi, toleransi kesalahan dan konektifitas yang tidak dibatasi.

Jaringan *ad hoc* tidak mengandalkan prasarana yang ada. Hal ini sangat bermanfaat untuk situasi pemulihan pasca bencana maupun perang dan dapat diletakan pada daerah yang mengalami kerusakan prasarana jaringan komunikasi fisik. Selain itu jaringan *ad hoc* dapat juga berguna untuk konferensi nirkabel, setiap orang yang berpartisipasi dapat membuat jaringan sementara tanpa memesan layanan dari jaringan yang telah ada sebelumnya.

Tiap pengguna yang berpartisipasi dalam jaringan *ad hoc* dengan menggunakan perangkat nirkabel disebut *node*^[1]. *Node* bebas bergerak selama masih berada dalam jaringan. Selain itu, *node* dapat mengirim dan meneruskan paket ke *node* lain, sehingga dibutuhkan sebuah aturan berupa protokol *routing* untuk menentukan rute pengiriman paket.

Sekarang ini belum ada standar yang mengatur protokol *routing* pada jaringan *ad hoc*. Banyak masalah muncul ketika menentukan penggunaan jalur yang efisien dalam pengiriman paket data dari sumber ke tujuan. Bertolak pada permasalahan ini, maka tugas akhir ini mencoba untuk menganalisa beberapa protokol yang sesuai untuk digunakan pada jaringan *ad hoc*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah membandingkan kinerja protokol *routing*, *Ad-hoc On Demand Distance Vector (AODV)* dengan *Optimized Link State Routing (OLSR)* pada MANET.

1.3 Batasan Masalah

Tugas akhir ini memiliki batasan agar pembahasan masalah tidak menyimpang jauh dari permasalahan. Berikut batasan masalah yang ada.

1. Area yang digunakan dalam simulasi sebesar 2000 m x 2000 m
2. Permodelan *node* menggunakan *manet_station mobile node*.
3. Setiap protokol menggunakan variasi jumlah *node* sebanyak 50 dan 100.
4. Komunikasi bersifat *Line of Sight* (LOS).
5. *Datarate* sebesar 1 Mbps.
6. Batas jarak komunikasi antar *node* sebesar 500 m.
7. Mobilitas dirancang untuk pejalan kaki dengan kecepatan sebesar 1 m/s.
8. Protokol yang digunakan yaitu AODV dan OLSR

II. LANDASAN TEORI

2.1 *Mobile Ad Hoc Network* (MANET)

Mobile ad hoc network (MANET) adalah sebuah jaringan yang terdiri dari gabungan perangkat-perangkat bergerak (*mobile*) tanpa infrastruktur, sehingga membentuk jaringan yang bersifat sementara.^[4] Tiap perangkat memiliki antarmuka nirkabel dan saling berkomunikasi melalui gelombang radio, kemudian tiap perangkat tersebut dinamakan *node*. Beberapa contoh *ad hoc node* yaitu *laptop* dan *personal digital assistants* (PDA) yang saling berkomunikasi secara langsung satu sama lain.

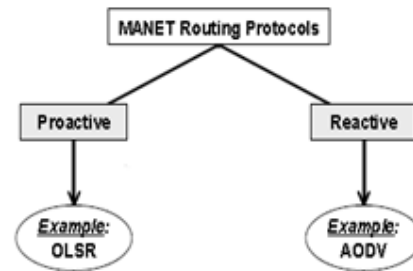


Gambar 1 Contoh jaringan *ad hoc* 3 *node*

2.2 Protokol Routing

Protokol adalah seperangkat aturan yang mengatur setiap komputer untuk saling bertukar informasi melalui media jaringan, sedangkan *routing* adalah proses memindahkan informasi dari pengirim ke penerima melalui sebuah jaringan.^[10]

Pada umumnya protokol untuk jaringan *ad hoc* dibagi menjadi 2 tipe yaitu proaktif dan reaktif.



Gambar 2 Karakteristik protokol routing dalam MANET

Protokol reaktif melakukan pencarian rute ke tujuan ketika dibutuhkan atau ada permintaan dari pengirim. Di lain pihak protokol proaktif bertujuan untuk menjaga konsistensi dan informasi perutean setiap pasangan *node* dalam jaringan MANET. Propagasi rute diperbaharui setiap interval waktu yang tetap.

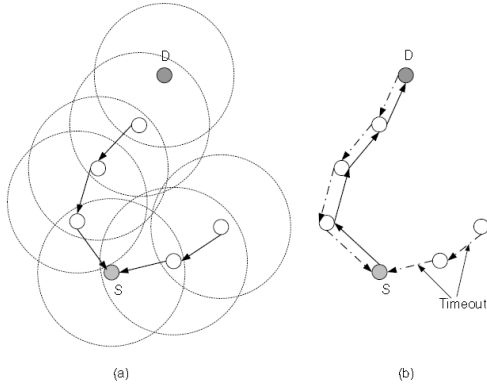
2.4 Gambaran Umum Routing AODV

Route request (RREQ), *route reply* (RREP) dan *route error* (RERR) merupakan jenis-jenis pesan yang ditentukan oleh AODV. Pesan-pesan tersebut dikirim menggunakan pengalaman IP. Dalam pengalaman IP, pesan tersebut ditambahkan *header* yang berfungsi untuk menentukan alamat yang akan dituju. Setelah sampai di penerima, IP *header* tersebut akan dipecah untuk mengetahui isi pesan yang dikirim. Pesan yang disebar memiliki waktu hidup (*time to live*) yang dibawa oleh *header* pada IP.^[2]

Selama koneksi rute dari pengirim ke penerima telah valid, AODV tidak melakukan pencarian rute lagi. Sebaliknya ketika diperlukan rute ke penerima yang baru, maka pengirim akan menyebarkan pesan *route request* (RREQ) secara *broadcast* ke semua *node* tetangga. *Node* tetangga yang menerima RREQ akan mengirim pesan balasan berupa RREP jika *node* tersebut adalah penerima atau memiliki rute ke penerima. *Node* yang mengetahui rute ke penerima disebut *node* penghubung. Baik *node* penghubung dan penerima akan menyimpan informasi baru yang dibawa oleh RREQ, kemudian mengirim RREP ke pengirim. Setiap *node* yang dilewati RREP akan membentuk suatu rute sendiri menuju pengirim. Jadi melalui pesan RREP inilah rute *end to end* antara pengirim ke penerima terbentuk. Pengirim akan menerima pesan RREP yang berisi informasi tentang alamat pengirim, alamat penerima, nomor urutan dari penerima, *hop count* dan waktu hidup pesan. Sumber akan mengganti rute apabila rute yang baru memiliki nomor urutan yang lebih besar dan *hop count* yang lebih sedikit dari rute yang ada saat ini.^[2]

Selama rute terbentuk, setiap *node* dalam jaringan memantau kondisi *link* di depannya untuk mengantisipasi adanya kerusakan. Apabila sebuah rute mengalami kerusakan atau terputus, maka *node* yang

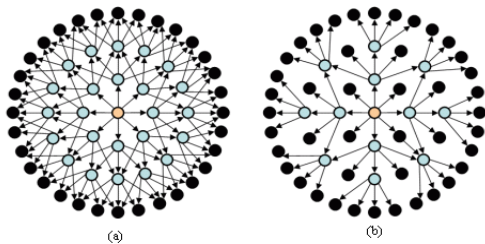
terhubung pada *link* tersebut akan memberitahukan ke seluruh *node* bahwa rute tersebut rusak. Kemudian *node* yang bersangkutan akan menyebarkan RERR ke seluruh *node* tetangga hingga ke pengirim. RERR mengindikasikan bahwa penerima tidak dapat dicapai melalui rute yang rusak. Oleh karena itu pengirim harus menyebarkan RREQ secara ulang.^[2]



Gambar 3 Routing AODV (a) pencarian rute (b) rute AODV

2.5 Gambaran Umum Routing OLSR

Perubahan topologi jaringan dapat menyebabkan luapan informasi topologi yang berujung *overhead* pada semua *node* yang berada dalam jaringan. Upaya untuk mengurangi jumlah *overhead* dalam jaringan yaitu, dengan menggunakan teknik *Multi Point Relays* (MPR). Tujuan utama dari MPR yaitu mengurangi luapan dengan cara memilih beberapa *node* untuk bertindak sebagai MPR, sehingga hanya *node-node* MPR saja yang dapat meneruskan paket kontrol yang diterima^[3]. Upaya ini juga dapat digunakan protokol untuk menyediakan rute terpendek.



Gambar 4 Routing OLSR (a) flooding biasa (b) flooding MPR

OLSR menggunakan 2 jenis pesan kontrol, yaitu pesan *hello* dan *Topology Control* (TC). Pesan *hello* digunakan untuk menemukan informasi tentang kondisi *link* dan *node* tetangga. Selain itu pesan *hello* juga digunakan untuk memilih *multi point relay* (MPR) *Selector Set*. Tugas dari MPR *selector set* yaitu memilih *node* tetangga untuk bertindak sebagai *node*

MPR. Melalui pesan *hello* ini, *node* pengirim dapat menentukan *node* MPR-nya. Pesan *hello* hanya dikirim sejauh 1 *hop*, tetapi pesan TC dikirim secara *broadcast* ke seluruh jaringan. Kegunaan pesan TC yaitu untuk menyebarkan informasi tentang *node* tetangga yang telah ditetapkan sebagai MPR tak terkecuali MPR *selector*. Pesan TC disebar secara periodik dan hanya *node* MPR yang dapat meneruskan pesan TC.^{[3][6][7]}

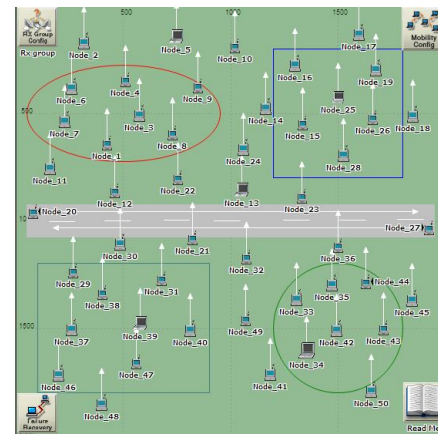
III. PERANCANGAN SIMULASI

3.1 Skenario Simulasi

OPNET menggunakan *project* dan skenario untuk merancang jaringan. *Project* adalah sekumpulan skenario dengan masing-masing bahasan aspek yang berbeda dari jaringan yang akan dibuat^[13]. Skenario yang dibuat dalam simulasi MANET terdiri dari 4, yaitu:

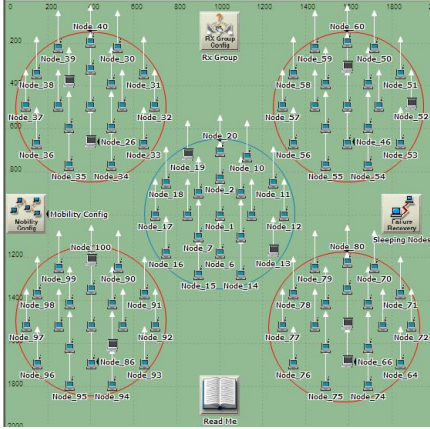
1. Skenario AODV jumlah *node* 50
2. Skenario OLSR jumlah *node* 50
3. Skenario AODV jumlah *node* 100
4. Skenario OLSR jumlah *node* 100

Skenario AODV dan OLSR 50 *node* memiliki susunan jaringan yang sama, demikian juga untuk AODV dan OLSR 100 *node*. Hal ini berguna untuk memudahkan perbandingan hasil antara kedua protokol. Berikut tampilan skenario 50 *nodes* dan 100 *nodes*.



Gambar 5 Tampilan skenario 50 *node*

Skenario tersebut dirancang pada area seluas 2000 m x 2000 m terdiri dari 50 *node*. Semua *node* dalam satu skenario menggunakan protokol yang sama. Protokol yang digunakan yaitu AODV dan OLSR.

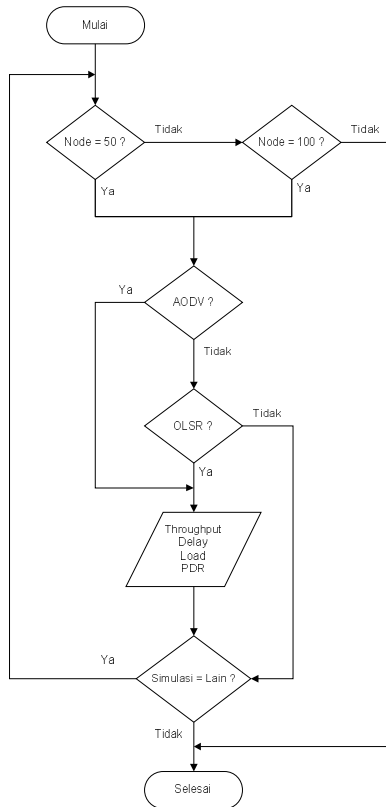


Gambar 6 Tampilan skenario 100 node

Gambar 6 menunjukkan tampilan skenario 100 node. Perbedaan terletak di jumlah node sebanyak 100.

3.2 Diagram Alir Simulasi

Perancangan simulasi dalam tugas akhir ini memiliki alur pemikiran seperti terlihat pada gambar diagram alir simulasi berikut ini.



Gambar 7 Diagram alir simulasi

3.3 Pengaturan Simulasi

Perancangan simulasi jaringan *Mobile Ad hoc Network* (MANET) menggunakan OPNET sebagai berikut.

Tabel 1 Atribut Jaringan

Atribut Jaringan	Nilai
Ukuran Jaringan	2000 m x 2000 m
Datarate	1 Mbps
Jarak komunikasi	500 m
Waktu Simulasi	10 menit
Kecepatan Node	1 m/s
Jenis trafik	VoIP G729, FTP dan HTTP
Ukuran Paket	38 Bytes (VoIP) dan 1024 bit

3.3.3 Parameter AODV

Parameter AODV yang digunakan pada simulasi tugas akhir ini sebagai berikut.

Tabel 2 Parameter AODV

Parameter	Nilai
<i>Allowed Hello Loss</i>	2 paket
<i>Hello Interval</i>	1 detik
<i>Active route timeout</i>	3 detik
<i>RREQ Retries</i>	5 detik
<i>Timeout Buffer</i>	20 detik
<i>Net Diameter</i>	70 hop
<i>TTL Start</i>	2 detik

Parameter tersebut berguna untuk bagi protokol AODV dalam pencarian rute. Kegunaan parameter tersebut dapat dilihat dalam sub bab 2.4.

3.3.4 Parameter OLSR

Parameter OLSR yang digunakan pada simulasi tugas akhir ini sebagai berikut.

Tabel 3 Parameter OLSR

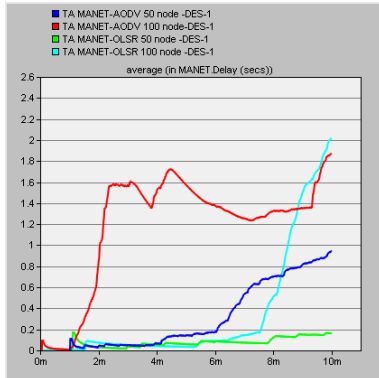
Parameter	Nilai
<i>Willingness</i>	<i>Default</i>
<i>Hello interval</i>	2 detik
<i>TC interval</i>	7 detik
<i>Neighbor hold time</i>	8 detik
<i>Topology hold time</i>	21 detik
<i>Duplicate message hold time</i>	30 detik
<i>Addressing mode</i>	IPv4

Parameter tersebut berguna bagi protokol OLSR dalam pencarian rute. Kegunaan parameter tersebut dapat dilihat dalam 2.5.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Delay

Delay yang dihasilkan dari skenario 50 dan 100 node dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Delay skenario 50 dan 100 node

Nilai rata-rata *delay* dari grafik skenario 50 dan 100 node dapat dilihat pada tabel 4.

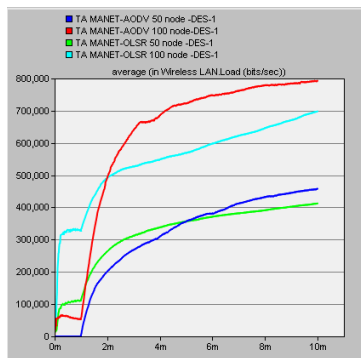
Tabel 4 Hasil *delay* skenario 50 dan 100 node protokol

Jumlah Node	Protokol	Delay (detik)
50	AODV	0,335
	OLSR	0,079
100	AODV	1,186
	OLSR	0,334

Hasil yang diperoleh dari tabel 4 menunjukkan OLSR memiliki *delay* lebih rendah daripada AODV. Selisih untuk skenario 50 sebesar 0,256 detik dan 100 node sebesar 0,852 detik. Hal ini dikarenakan jumlah *node* sebanyak 50 dan 100. Selain itu protokol AODV bekerja secara *on demand*, pencarian rute sesuai permintaan pengirim dan secara *hop by hop* sehingga lebih membutuhkan waktu ekstra untuk mencapai tujuan. Berbeda dengan OLSR yang bekerja secara *link state*, rute telah tersedia sehingga tidak memerlukan waktu terlalu lama untuk mencapai tujuan.

4.2 Load

Load yang dihasilkan dari skenario 50 dan 100 node sebagai berikut.



Gambar 9 Load skenario 50 dan 100 node

Besar *load* dari gambar dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

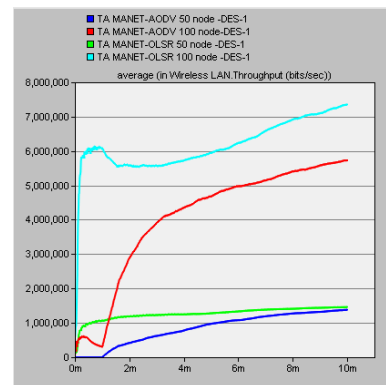
Tabel 5 Hasil *load* skenario 50 dan 100 node

Jumlah Node	Protokol	Load (bit)
50	AODV	184.416.384
	OLSR	191.866.476
100	AODV	368.578.038
	OLSR	330.149.010

Tabel 5 menunjukkan *load* OLSR memiliki *load* paling besar diantara seluruh skenario. Hal ini menunjukkan OLSR merutuskan paket lebih besar dari AODV seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.

4.3 Throughput

Throughput yang diperoleh dari simulasi skenario 50 dan 100 node ditunjukkan pada gambar 10 berikut ini.



Gambar 10 Throughput skenario 50 dan 100 node

Besar *throughput* dari gambar dapat dilihat pada tabel 6.

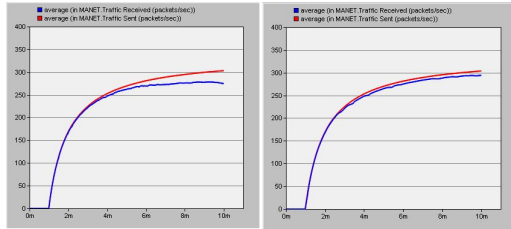
Tabel 6 Hasil *throughput* skenario 50 dan 100 node

Jumlah Node	Protokol	Throughput (bps)
50	AODV	841.199,38
	OLSR	1.266.713,82
100	AODV	4.068.832,52
	OLSR	6.158.824,13

Throughput merupakan keberhasilan pengiriman paket ke penerima. Tabel 6 menunjukkan keberhasilan pengiriman paket OLSR lebih besar untuk skenario 50 dan 100 *node*, karena OLSR menggunakan pesan *hello* dan pesan *topology control* (TC) dalam penyebaran paket, sedangkan AODV hanya menggunakan pesan *hello*.

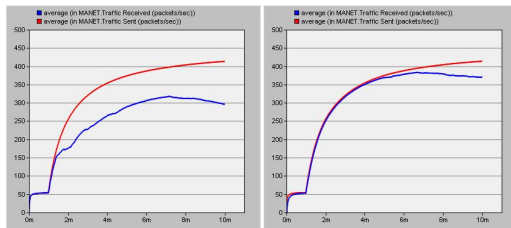
4.4 Packet Delivery Ratio (PDR)

Perbandingan paket yang berhasil diterima dan dikirim dalam jaringan disebut *packet Delivery ratio* (PDR). Gambar 11 menunjukkan PDR skenario 50 *node*.



Gambar 11 PDR skenario 50 *node* AODV dengan OLSR

Gambar 12 berikut ini menunjukkan grafik PDR skenario 100 *node* antara AODV dengan OLSR.



Gambar 12 PDR skenario 100 *node* AODV dengan OLSR

Hasil PDR dari gambar dan dapat dilihat dari tabel 7 berikut.

Tabel 7 PDR skenario 50 dan 100 *node*

Jumlah <i>Node</i>	Protokol	PDR (%)
50	AODV	96,02
	OLSR	97,80
100	AODV	76,40
	OLSR	95,67

Tabel 7 menunjukkan protokol OLSR memiliki PDR terbaik untuk semua skenario. Hal ini karena OLSR bersifat proaktif sedangkan AODV bersifat reaktif.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil simulasi tugas akhir yaitu sebagai berikut.

1. Hasil simulasi skenario 50 dan 100 *node* menunjukkan bahwa OLSR memiliki kinerja terbaik. Parameter kedua protokol yang mempengaruhi kinerja yaitu pesan *hello*. OLSR memiliki pengaturan pesan

hello sebesar 2 detik sedangkan AODV sebesar 1 detik.

2. Berdasarkan hasil simulasi skenario 50 *node*, AODV memiliki *delay* sebesar 0,335 detik dan OLSR sebesar 0,079 detik. Pada simulasi skenario 100 *node*, AODV menghasilkan *delay* sebesar 1,186 detik dan OLSR sebesar 0,334 detik, sehingga OLSR lebih cepat dalam mencari rute. OLSR menggunakan jarak terpendek berdasar informasi tabel routing, sedangkan AODV menambahkan jarak (*hop*) dari 1 *node* ke *node* lain.
3. Berdasarkan hasil simulasi skenario 50 *node*, AODV menghasilkan *load* sebesar 184.416.384 bit dan OLSR sebesar 191.866.476 bit. Pada simulasi skenario 100 *node*, AODV menghasilkan *load* sebesar 368.578.038 bit dan OLSR sebesar 330.149.010 bit. Hal ini menunjukkan AODV skenario 50 *node* lebih sedikit mengirim paket ke jaringan, sehingga AODV lebih cocok untuk jaringan skala kecil. Sebaliknya untuk skenario 100 *node*.
4. Berdasarkan hasil simulasi skenario 50 *node*, AODV memiliki *throughput* sebesar 841.199,38 bps dan OLSR sebesar 1.266.713,82 bps. Pada simulasi skenario 100 *node*, AODV memiliki *throughput* sebesar 4.068.832,52 bps dan OLSR sebesar 6.158.824,13 bps. Keberhasilan pengiriman paket lebih besar OLSR, karena informasi topologi OLSR selalu diperbarui jika ada perubahan terutama saat *node* bermobilitas. Setiap *node* dalam OLSR dapat menerima informasi topologi lebih dari sekali, sehingga menimbulkan pengulangan pesan (*overhead*).
5. Berdasarkan hasil simulasi skenario 50 *node*, AODV menghasilkan PDR sebesar 96,02 % dan OLSR sebesar 97,80 %. Pada simulasi skenario 100 *node*, AODV menghasilkan PDR sebesar 76,40 % dan OLSR sebesar 95,67 %. OLSR lebih handal dalam mengirim paket terutama untuk jaringan dengan jumlah *node* lebih besar, karena OLSR menggunakan jarak terpendek dan tabel *routing* ketika merutekan paket, sedangkan AODV berdasarkan jarak *hop* antar tetangga.

5.2 Saran

Saran dari penulis yang dapat digunakan untuk mengembangkan tugas akhir ini lebih lanjut yaitu:

1. Penerapan protokol MANET dalam WIMAX.
2. Simulasi *real time* MANET dalam WIMAX
3. Penerapan MANET dalam jaringan WMN (*Wireless Mesh Network*).
4. Membangun aplikasi *chatting* dalam MANET sebagai antarmuka pengguna.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Corson., J. Macker., *Mobile Ad Hoc network (MANET): Routing Protocol Performance Issues And Evaluation Considerations*. RFC 2501, IETF Networking Group, January, 1999.
- [2] C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das., *Ad-hoc On Demand Distance Vector(AODV) Routing*. RFC 3561, IETF Network Working Group, July, 2003.
- [3] T. Clausen, and P. Jacquet., *Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)*, RFC 3626, IETF Network Working Group, October 2003.
- [4] Larsson, T. and Hedman, N., *Routing Protocol In Wireless Ad-hoc Networks A Simulation Study*, Master Thesis, Lulea University of Technology, Stockholm, 1998.
- [5] Boukerche, A., *Algorithm And Protocols For Wireless And Mobile Ad hoc Networks*, A John Wiley and Sons, Inc., New Jersey, 2009.
- [6] Roy Radhika R., *Handbook of Mobile Ad Hoc Networks for Mobility Models*, Springer, New York, 2010.
- [7] P. Jacquet., A. Laouiti., P. Minet., dan L. Viennot., *Performance of Multipoint Relaying in Ad Hoc Mobile Protocol*, Networking 2002, Pise, Italy, 2002.
- [8] T. H. Clausen., G. Hansen., L. Christensen., and G. Berhmann., *The Optimized Link State Routing Protocol: Evaluation Through Experiments and Simulation*, IEEE Symposium on Wireless Personal Mobile Communications, September, 2001.
- [9] Qasim. N., Said. F, dan Aghvami. H, “*Mobile Ad Hoc Networking Protocols Evaluation through Simulation for Quality of Service*”, *IAENG journal*, 36, 1 -10, 2009
- [10] Cisco., *Internetworking Technology Handbook 4th Edition*, Cisco system. Inc, Cisco Press, 2004.
- [11] Cisco., *Cisco Application Analysis Solution Models Methodologies and Case Studies*, Cisco. Inc, 2005.
- [12] Banks. J., Carson. J. S., *Discrete Event System Simulation*, Prentice Hall. Inc., New Jersey, 1984.
- [13] Sign, J., *Quality of Services in Wireless LAN Using OPNET MODELER*, Master of Engineering, Thapar University, Patiala, 2009.
- [14] ____, IEEE 802.11b Wireless LANs, Technical Paper, 3Com Corp., USA, 2000.
- [15] Sukiswo., *Kinerja Jaringan Telekomunikasi*, 2010.
- [16] Dewo, S., “Bandwidth dan Throughput”, Artikel populer ilmukomputer.com, 2003.
- [17] ____, *Modeler Documentation*, OPNET 14.0. 2010.
- [18] Batas jarak komunikasi, <http://en.kioskea.net>, Oktober 2010.
- [19] Pareto, <http://www.pj.freefaculty.org>, Desember 2010.
- [20] Pareto interarrival time, <http://www.net.t-labs.tu-berlin.de/~joerg/nsweb/doku/node44.html>, Desember 2010.

VII. BIODATA PENULIS



Wahyu Edy Seputra lahir di Surabaya. Sekarang sedang menyelesaikan pendidikan strata satu di Universitas Diponegoro jurusan Teknik Elektro konsentrasi elektronika dan telekomunikasi.

Mengetahui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I,

Sukiswo, S.T, M.T
NIP.196907141997021001

Dosen Pembimbing II,

Ajub Ajulian Zahra, S.T, M.T
NIP.197107191998022001