

# OPTIMASI OLSR ROUTING PROTOCOL PADA JARINGAN WIRELESS MESH DENGAN ADAPTIVE REFRESHING TIME INTERVAL DAN ENHANCE MULTI POINT RELAY SELECTING ALGORITHM

Faosan Mapa, Supeno Djanali, Ary Mazharuddin S.

Fakultas Teknologi Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, Jawa Timur

Email: ahfao1@gmail.com, supeno@its.ac.id, shidiq@its-sby.edu

## ABSTRAK

Wireless Mesh Network (WMN) adalah suatu konektivitas jaringan yang self-organized, self-configured dan multi-hop. Tujuan dari WMN adalah menawarkan pengguna suatu bentuk jaringan nirkabel yang dapat dengan mudah berkomunikasi dengan jaringan konvensional dengan kecepatan tinggi dan dengan cakupan yang lebih luas serta biaya awal yang minimal. Diperlukan suatu desain protokol routing yang efisien untuk WMN yang secara adaptif dapat mendukung mesh routers dan mesh clients. Dalam tulisan ini, diusulkan untuk mengoptimalkan protokol OLSR, yang merupakan protokol routing proaktif. Digunakan heuristik yang meningkatkan protokol OLSR melalui adaptive refreshing time interval dan memperbaiki metode MPR selecting algorithm. Suatu analisa dalam meningkatkan protokol OLSR melalui adaptive refreshing time interval dan memperbaiki algoritma pemilihan MPR menunjukkan kinerja yang signifikan dalam hal throughput jika dibandingkan dengan protokol OLSR yang asli. Akan tetapi, terdapat kenaikan dalam hal delay. Pada simulasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa OLSR dapat dioptimalkan dengan memodifikasi pemilihan node MPR berdasarkan cost effective dan penyesuaian waktu interval refreshing hello message sesuai dengan keadaan jaringan.

**Kata Kunci:** WMN, OLSR, MPR, Time Interval.

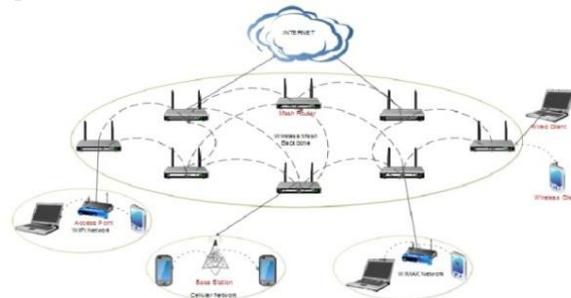
## 1. PENDAHULUAN

Wireless Mesh Network (WMN) adalah suatu jaringan nirkabel multi-hop dimana router mesh stasioner mengirimkan trafik kepada router mesh lain atau klien dalam bentuk wireless backbone. Untuk memungkinkan mobile node klien yang potensial seperti laptop dan smartphone dapat terhubung kepada router mesh. Mesh Access Points (MAP) memiliki interface standar WLAN dan bertindak sebagai router mesh untuk meneruskan trafik ke tujuan melalui router mesh lain atau gateway yang menghubungkan mesh tersebut ke internet. Gambar 1 menunjukkan arsitektur WMN. Node tidak hanya bertindak sebagai host namun juga bertindak sebagai router mesh, klien mesh, atau gateway [4].

Asumsi pada WMN adalah bahwa tidak semua node dapat langsung berkomunikasi dengan node lain, hanya relay node yang Sehingga diperlukan untuk merancang suatu protokol routing yang efisien untuk WMN yang secara adaptif dapat mendukung router mesh dan klien mesh digunakan untuk melewati paket di seluruh jaringan. Banyak protokol routing telah distandarisasi oleh IETF untuk WMN, salah satunya adalah protokol Optimized Link State Routing (OLSR). OLSR adalah protokol routing proaktif yang diusulkan untuk Mobile Ad hoc Network (MANET), OLSR adalah optimasi dari protokol link state. Konsep kunci dalam OLSR

adalah MPRs (Multi Point Relays), dimana setiap node dapat mempertahankan rute ke semua tujuan di jaringan menggunakan pertukaran secara periodik pesan protokol seperti HELLO dan Topologi Control (TC). Setiap node dalam jaringan secara berkala menyiarkan pesan HELLO kepada tetangga satu hop-nya.

Dengan mengirimkan pesan HELLO, suatu node mengidentifikasi dirinya dan melaporkan daftar tetangganya. Setiap node memilih dari tetangga satu hop nya suatu set Multi Point Relay (MPR). Dengan demikian, hanya node terpilih sebagai MPR yang dapat menyiarkan lalu lintas TC dalam jaringan. Penggunaan MPRs mengurangi jumlah pesan yang akan membanjiri jaringan selama proses routing update [3].



**Gambar 1.** Arsitektur WMN yang Terdiri dari Router Mesh dan Klien Mesh

Oleh karenanya diperlukan untuk merancang suatu protokol routing yang efisien yang dapat mendukung router mesh dan klien mesh. Pada tulisan ini, diusulkan untuk mengoptimalkan protokol OLSR, yang merupakan protokol routing proaktif. Digunakan heuristik yang meningkatkan protokol OLSR melalui *adaptive refreshing time interval* dan memperbaiki metode *MPR selecting algorithm*.

Tulisan ini dibahas dengan urutan sebagai berikut. Pertama, akan ditinjau secara singkat literatur mengenai sebuah jaringan mesh nirkabel yang sudah ada dan protokolnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Kedua, akan dijelaskan mengenai metode yang digunakan, yang akan mengoptimalkan protokol OLSR. Terakhir, akan ditampilkan analisis kinerja hasil protokol OLSR yang diusulkan dibandingkan dengan protokol OLSR asli dan kemudian menyimpulkan hasil analisis yang dilakukan serta mengusulkan beberapa fitur yang dapat menjadi tambahan ke depannya.

## 2. PROTOKOL ROUTING DALAM JARINGAN WIRELESS

Pada sesi ini akan dijelaskan mengenai beberapa protokol routing yang relevan digunakan dalam jaringan wireless mesh. Dimulai dengan memberikan gambaran singkat tentang DSR, AODV, dan OLSR.

### 2.1 Protokol DSR

Sebagai protokol routing on-demand, Dynamic Source Routing (DSR) sebagai header paket data akan membawa informasi routing yang lengkap kepada node tujuan, ketika node sumber mengirim paket data. Informasi routing termasuk alamat jaringan dari sejumlah node perantara di mana node sumber dapat mengirim paket data ke node tujuan. Intermediate dapat mengirim balasan ke inisiator atau meneruskan paket Route Request (RREQ) ke tetangga mereka setelah menambahkan alamat mereka ke RREQ tersebut [10]. Karena node tidak perlu memelihara informasi topologi jaringan secara real time, bagaimana caranya untuk mendapatkan rute dari node sumber ke node tujuan menjadi masalah utama dari protokol DSR, ketika node sumber memiliki untuk dikirimkan.

DSR utamanya terdiri dari dua jenis mekanisme, route discovery dan route maintenance. Route discovery menghitung rute dari node sumber ke node tujuan. Jika terdapat node intermediate yang mobile, dimatikan atau rusak, yang mengakibatkan paket data tidak akan bisa sampai ke node tujuan, rute tersebut

menjadi tidak berguna dan kemudian DSR menggunakan route maintenance untuk memantau ketersediaan rute saat ini. Saat memantau kegagalan rute tersebut, DSR menjalankan kembali route discovery. Menurut perbedaan metode pendeteksiannya, route maintenance dibagi menjadi *point-to-point confirmation* dan *end-to-end confirmation*.

Ketika terjadi kegagalan transmisi antar node, paket Route Error (RRER) dikirimkan ke node upstream, dimana node upstream yang menerima paket RRER akan menghapus rute tersebut dari routing cache-nya berdasarkan informasi dalam paket RRER. Walaupun *end to end confirmation* memeriksa validitas seluruh rute melalui *end to end confirmation*, tetap tidak dapat diketahui node manakah yang gagal ketika terjadi kegagalan rute; artinya, tidak dapat ditentukan dimana lokasi keagalannya [5].

### 2.2 Protokol AODV

Sebagai protokol routing on-demand, AODV adalah *purpose driven routing* dan meminjam dasar pembentukan routing serta mekanisme maintenance dari DSR. Perbedaannya adalah setiap node dari rute membangun dan mempertahankan tabel routing di AODV, sehingga header paket data tidak perlu membawa informasi routing yang lengkap [9].

Route discovery pada AODV umumnya dibagi menjadi dua; *reverse route establishment* dan *forward route establishment*. Dalam *reverse route establishment*, node sumber pertama-tama melakukan *broadcast* paket RREQ. Ketika node tujuan menerima paket RREQ, node tujuan mengirimkan paket Route Reply (RREP) kepada node sumber, dan rute yang dilalui paket RREP disebut sebagai *reverse route*. *Forward route* dibentuk dari node sumber ke node tujuan, yang digunakan untuk mentransmisikan paket data lain.

Apabila terjadi kegagalan route yang diakibatkan mobilitas node, AODV menggunakan beberapa cara untuk mengatasinya. Ketika kegagalan rute terjadi karena pergerakan node sumber, cara satu-satunya untuk melakukan inisialisasi proses permintaan rute baru adalah dari node sumber. Ketika kegagalan rute terjadi karena pergerakan node perantara atau node tujuan, maka node yang mendeteksi kegagalan rute akan mengirimkan paket RREP kepada upstream node. Dalam RREP, jumlah hop ke node tujuan diset tidak terbatas, dan nomor seri dari node tujuan dinaikkan 1. Dengan cara ini, ketika upstream node menerima paket RREP, rute akan diupdate tepat pada waktunya.

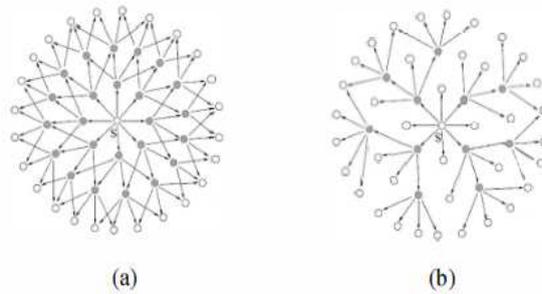
Untuk mengurangi waktu delay, sebuah pesan Hello digunakan dalam AODV untuk manajemen konektivitas sambungan untuk memelihara rute yang efisien. Node yang memiliki rute yang efisien melakukan broadcast paket RREP khusus, seperti; pesan Hello, selama interval waktu yang ditetapkan yaitu HELLO\_INTERVAL. Jika node tidak menerima pesan Hello dari node yang berdekatan dalam routing yang efisien selama beberapa HELLO\_INTERVAL, dapat diartikan bahwa link tersebut terganggu kemudian node dari rute yang terkait akan menerima paket RERR. Dengan cara ini, kegagalan rute yang efisien disebabkan oleh kegagalan link atau mobilitas node, yang tidak dapat ditemukan oleh node yang tersisa tepat pada waktunya akan menyebabkan peningkatan waktu delay dan usaha transmisi yang invalid [11].

### 2.3 Protokol OLSR

*Optimized Link State Routing* (OLSR) adalah protokol routing proaktif yang table-driven. OLSR secara periodic mengirimkan pesan control untuk memelihara jalur tujuan yang dapat dilalui pada jaringan. Contohnya, node dalam OLSR selalu menghitung entri rute dalam tabel routing-nya, oleh karena itu rute akan segera tersedia apabila diperlukan. Mirip dengan protokol link state lainnya, OLSR juga menggunakan sejumlah besar paket untuk pemeliharaan rute.

Untuk menghitung jalur rute, pesan topologi secara berkala digunakan, hal ini meningkatkan *network load*. Untuk mengurangi jumlah paket dan cost bandwidth, OLSR menggunakan seperangkat node khusus yang disebut Multi Point Relays (MPRs) dalam jaringan. Node ini digunakan untuk merelai paket. Setiap node memilih sekumpulan node dari tetangga satu-hop-nya yang digunakan untuk mentransmisikan paket broadcast. Tetangga yang terpilih terdiri dari sekumpulan MPR. Setiap node dari MPR memelihara sebuah tabel untuk mengidentifikasi node yang akan mengirimkan paket. Beberapa modifikasi yang dilakukan oleh OLSR untuk mengurangi cost overhead adalah sebagai berikut. Pertama, diperkenalkannya set MPRs dan kedua pengurangan ukuran pesan control yang selanjutnya meningkatkan penggunaan bandwidth selama routing. Setiap node memilih MPRs dari negara tetangga satu-hop nya dengan sambungan bi-directional. Pemilihan set MPR didasarkan pada konektivitas mereka dengan tetangga dua-hop nya. MPR node dipilih sebagai forwarding agent sehingga paket akan selalu ditransmisikan oleh MPR node serta sebagai titik perantara relay di jalur routing [2].

Gambar 2 menunjukkan perbedaan antara difusi klasik dan difusi melalui MPRs. Dalam kasus difusi klasik, suatu paket control topologi ditransmisikan oleh node sumber S memerlukan 24 retransmisi



**Gambar 2.** Difusi klasik (a) dan difusi yang dioptimasi melalui node MPR (b) [6]

paket untuk mencapai semua node berjarak tiga-hop (lihat Gambar 2 (a)). Dengan menggunakan node *multi-point-relay* (titik abu-abu dalam Gambar 2 (b)), node sumber memerlukan 11 retransmisi untuk mencapai semua node berjarak tiga-hop. Ketika MPR menerima pesan HELLO, MPR merekam daftar node yang memilihnya sebagai MPR (yakni *Advertised Neighbor Set*) kemudian menghasilkan pesan TC, dimana node MPR mengumumkan pemilihannya.

Pesan *routing update* ini direlai oleh MPRs lain ke seluruh jaringan. Dengan cara ini, setiap node MPR menginformasikan kepada jaringan bahwa node pemilih MPR dapat dijangkau. Setiap node memelihara tabel routing yang berisi informasi yang diterima secara berkala dari TC dan menggunakannya untuk menghitung jalur tersingkat keseluruhan tujuan [1].

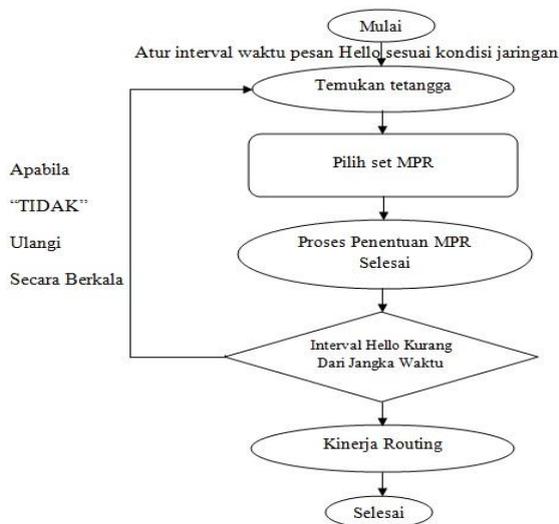
## 3. PENELITIAN TERKAIT

Modified Optimized Link State Routing (M-OLSR) adalah varian dari protokol OLSR, dan telah dikembangkan untuk adaptabilitas dalam skenario Wireless Mesh Networking (WMN). M-OLSR mengambil kelebihan dari router backbone statis untuk mengkalkulasi rute yang stabil dan optimal dengan hop count yang minimal. Hasil simulasi menunjukkan bahwa M-OLSR adalah protokol routing yang cocok untuk WMN dengan peningkatan throughput dan *packet delivery ratio* (PDR), yang secara adaptif mendukung router mesh statis dan mobile klien mesh untuk komunikasi [7].

Skema lain dikembangkan oleh [1] dengan cara memperpanjang visibilitas ke node tiga-hop dan menggunakan informasi ini ketika tetangga dua-hop memberikan keterjangkauan dan derajat yang sama. Ide utama dari skema ini adalah untuk memberikan lebih banyak kesempatan bagi node untuk memilih set MPR terbaik bahkan dalam kondisi tertentu (keterjangkauan dan derajat yang sama). Dalam simulasinya, skema tersebut dapat mengoptimalkan kinerja jaringan dengan mengurangi jumlah paket TC

sehingga dapat mengurangi *collision* dan *traffic congestion*.

Namun, apabila terdapat link atau kegagalan node atau ada node baru yang bergabung dengan jaringan, protokol M-OLSR membutuhkan waktu untuk melihat perubahan dan membangun kembali pandangan yang konsisten dari topologi baru. Keseluruhan proses bergantung pada nilai yang ditetapkan untuk me-refresh interval waktu. Penambahan interval waktu dapat menyebabkan inkonsistensi pada tabel routing, menghasilkan *path*



**Gambar 4.** Flowchart Penyesuaian Interval Waktu Pesan Hello

*loss* dan dapat menyebabkan *network congestion* [8].

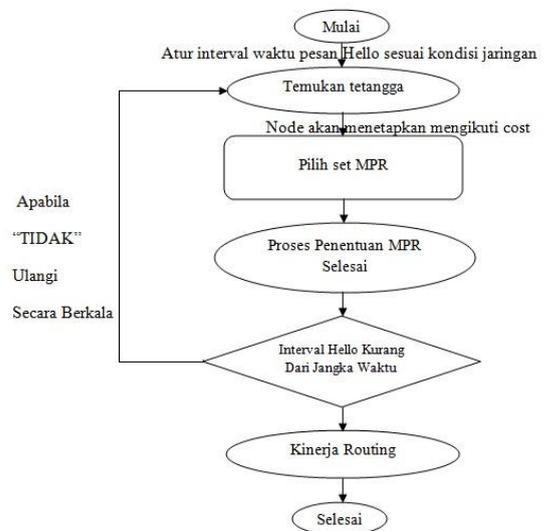
Algoritma pemilihan node MPR mengambil manfaat dari algoritma aslinya dan menambahkan parameter lain dalam pemilihan node MPR dengan menggunakan basis data lokal dari node tetangga yang diperpanjang sampai tiga-hop dari tetangga dua-hop yang terlihat seperti yang ditampilkan oleh [1] yang dikembangkan dalam lingkungan MANET. Dalam situasi yang berbeda, dengan router statis pada lingkungan WMN hasilnya diharapkan akan sesuai dibandingkan dengan algoritma pemilihan yang asli.

#### 4. ALGORITMA ADAPTIVE REFRESHING TIME INTERVAL DAN ENHANCE MULTI POINT RELAY SELECTING

Pengaturan interval waktu refresh berdampak pada protokol routing OLSR karena meningkatnya *routing overhead*. Namun, permasalahan ini dapat diatasi dengan mengadaptasikan pesan paket dalam *refreshing time interval*.

Melalui skema ini dapat disesuaikan pengaturan interval-nya. Pengaturan interval menyesuaikan dengan kondisi berikut; apabila informasi topologi tidak berubah selama periode sebelumnya, interval pesan hello akan digandakan, sedangkan apabila informasi topologi telah berubah, interval pesan hello dibagi sesuai dengan instabilitasnya. Flowchart pada Gambar 3 menunjukkan langkah-langkah penyesuaian interval waktu pesan hello.

Dalam penelitian ini dikembangkan algoritma seleksi MPR dengan mengambil kelebihan dari



**Gambar 3.** Flowchart Pemilihan Node MPR Berdasarkan Efektivitas Cost

algoritma aslinya dan memperkenalkan suatu parameter tambahan untuk pemilihan MPR berdasarkan efektivitas *cost*. Pengembangan ini mengurangi jumlah paket pesan TC. Pemilihan MPR node yang sudah ditingkatkan berdasarkan efektivitas *cost* dari kandidat node MPR. Maksud "*cost*" disini dikaitkan dengan data rate WLAN seperti sebelumnya ( $Cost = \text{referensi bandwidth} / \text{data rate sebenarnya}$ , referensi bandwidth = 54 Mbps). "*Cost*" diterapkan sebagai berikut: setiap node mengumumkan *cost*-nya dan memelihara *cost* setiap tetangganya. Dalam pemilihan MPR, tetangga dengan *low cost* lebih dipilih daripada tetangga dengan *high cost*, walaupun operasi tersebut dapat menghasilkan jumlah MPR yang lebih banyak. Pemilihan banyak MPR dapat membuat ukuran pesan TC menjadi lebih besar serta meningkatkan jumlah *forwarding node*.

Namun tambahan data rate yang disediakan MPR dapat dikatakan sesuai dengan *cost*. Flowchart pada Gambar 4 menunjukkan langkah pemilihan MPR berdasarkan efektivitas *cost*.

Kedua metode ini dapat dipertimbangkan sebagai protokol OLSR yang optimal yang cukup

bagus diterapkan dalam *wireless mesh network*. Namun, akan lebih baik apabila protokol ini dapat menggabungkan kualitas yang bagus dari kedua metode tersebut. Protokol OLSR akan memberikan kinerja yang lebih baik dalam hal *throughput* dan juga mengurangi *delay* melalui penyesuaian interval waktu *refreshing hello message*, serta mengurangi *network load* dengan mengembangkan algoritma pemilihan node MPR tanpa peningkatan *control overhead*.

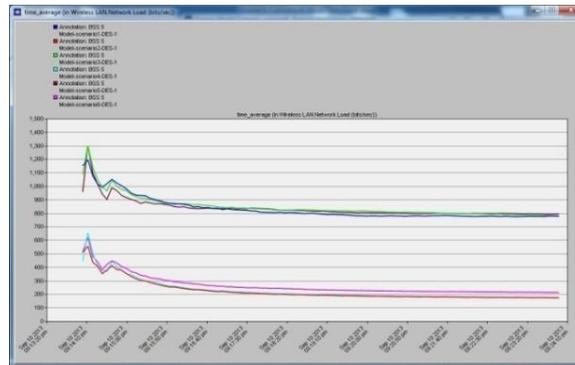
### 5. ANALISA KINERJA DAN HASIL



**Gambar 7.** Grafik Parameter Throughput Untuk Semua Skenario

*node* dan penyesuaian interval waktu *refreshing* pesan hello selama 5 detik kemudian mengkombinasikan dengan metode yang diusulkan yaitu pengembangan pemilihan node MPR sebagai topologi WMN.

Simulasi difokuskan pada jumlah *delay*, *network load*, dan *throughput* untuk beban trafik ftp. Lebih jauh akan dijelaskan hasil dari penelitian ini. Berdasarkan Gambar 5, 6 dan 7, yang menunjukkan perilaku protokol OLSR dengan 100 dan 60 node dengan menyesuaikan waktu *refresh* pesan hello menjadi 1 dan 5 detik kemudian mengkombinasikan



**Gambar 6.** Grafik Parameter Network Load Untuk Semua Skenario

Pada penelitian ini dilakukan simulasi dari enam skenario dengan durasi 10 menit. Metode yang diusulkan diimplementasikan ke dalam beberapa skenario berbeda. Untuk skenario pertama digunakan *default* OLSR. Dengan mengimplementasikan 100 *mobile node* dengan penyesuaian interval waktu *refreshing* pesan hello selama 1 detik. Untuk skenario kedua digunakan *default* OLSR. Dengan mengimplementasikan 100 *mobile node* dengan penyesuaian interval waktu *refreshing* pesan hello selama 5 detik. Untuk skenario ketiga digunakan *default* OLSR. Dengan mengimplementasikan 60 *mobile node* dengan penyesuaian interval waktu *refreshing* pesan hello selama 5 detik. Untuk skenario empat digunakan *default* OLSR. Dengan mengimplementasikan 60 *mobile node* dengan penyesuaian interval waktu *refreshing* pesan hello selama 1 detik. Skenario kelima ini akan mengimplementasikan hasil simulasi terbaik yang didapatkan oleh skenario sebelumnya yang mengimplementasikan 60 *mobile node* dan penyesuaian interval waktu *refreshing* pesan hello selama 1 detik kemudian mengkombinasikan dengan metode yang diusulkan yaitu pengembangan pemilihan node MPR sebagai topologi WMN. Dan Skenario keenam ini akan mengimplementasikan hasil simulasi terbaik yang didapatkan oleh skenario sebelumnya yang mengimplementasikan 100 *mobile*



**Gambar 5.** Grafik Parameter Delay Untuk Semua Skenario

**Tabel 1.** Informasi Statistik

Nodes	Parameters	1 second	5 second	Enhance Selecting MPR
100	Delay (sec)	0.0009	0.0008	0.00145
	Network Load (bits/sec)	180	780	220
	Throughput (bits/sec)	190	800	22,000
60	Delay (sec)	0.00092	0.00093	0.00235
	Network Load(bits/Sec)	180	780	800
	Throughput (bits/sec)	700	1,800	170,000

dengan kontribusi mengembangkan pemilihan node MPR.

Dapat disimpulkan bahwa OLSR dengan 60 node dengan penyesuaian waktu refresh pesan hello 1 detik dan dikombinasikan dengan pemilihan node MPR yang baru pada skenario 5 melampaui lima skenario lain dalam hal delay (Gambar 7) dan *throughput* (Gambar 5) sementara untuk *network load* (Gambar 6) terlihat bahwa OLSR dengan penyesuaian waktu *refresh* pesan hello dengan interval waktu 1 detik pada skenario 1, 3 dan 5 mencapai nilai numeric yang besar dibandingkan dengan OLSR dengan penyesuaian waktu *refresh* pesan hello dengan interval waktu 5 detik pada skenario 2, 4 dan 6. Untuk *network load*, terlihat bahwa skenario 2, 4 dan 6 mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tiga skenario lain karena memberikan *network load* yang rendah pada jaringan.

Hal yang sama apabila kita lihat pada Gambar 5, OLSR dengan 100 node dengan penyesuaian waktu refresh pesan hello 5 detik dan dikombinasikan dengan pemilihan node MPR yang baru pada skenario 6 melampaui hasil dari empat skenario lain dalam hal *throughput*.

Namun hal ini akan dikonfirmasi dari statistik informasi/perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 1. Dari grafik ini, dapat dilihat bahwa OLSR dengan 100 node dengan penyesuaian waktu refresh pesan hello 5 detik dan dikombinasikan dengan kontribusi mengembangkan pemilihan MPR node pada skenario 6, dalam hal *network load* dan *throughput* mendapatkan hasil yang luar biasa bagus.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

OLSR dengan penyesuaian waktu refresh pesan menunjukkan sedikit efektivitas untuk parameter *delay* dibandingkan dengan *network load* dan *throughput*. *Throughput* terbukti lebih efektif dengan interval waktu pesan hello yang kecil. Demikian pula untuk *network load* yang dapat dipengaruhi oleh penyesuaian interval waktu pesan hello, akan tetapi dengan interval waktu pesan hello yang kecil dapat meningkatkan *message flooding* yang tidak baik untuk *network load*. Protokol OLSR yang dikembangkan dengan memodifikasi pemilihan node MPR bergantung pada daftar *cost effective* rata-rata memberikan *throughput* yang lebih efisien terutama apabila dikombinasi dengan penyesuaian interval waktu *refresh* pesan hello yang kecil. Akan tetapi, *delay* juga lebih mempengaruhi hasil yang didapat terutama dalam jaringan yang tersebar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa OLSR dapat dikembangkan dengan memodifikasi pemilihan node MPR berdasarkan *cost effective* dan penyesuaian interval waktu *refreshing* pesan hello berfungsi dengan baik tergantung pada situasi jaringan.

Terdapat juga tantangan lain dalam hal pengurangan *delay*. Penelitian tentang hal tersebut harus dilakukan di masa mendatang untuk mengembangkan komunikasi yang handal dan *scalable* dalam WMN.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Boushaba A., Benabbou A., Benabbou R., Zahi, A. and Oumsis, M., 2012. "Optimization on OLSR Protocol for Reducing Topology Control Packets" Fez, Morocco.
- [2] Chandanal, R., Jain, S., Kumar, A., 2012. "A Weighted Approach for MPR Selection in OLSR Protocol" 2nd IEEE International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing.
- [3] Clausen, T. and Jacquet P., Oct. 2003. "Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)," IETF Network Working Group RFC 3626.
- [4] Dely, P., Kassler, A., and Bayer N., 2011. "OpenFlow for Wireless Mesh Networks", IEEE.
- [5] Johnson, D., Hu, Y., and Maltz, D., February 2007. "The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4", In RFC 4728. DOI: <<http://www.faqs.org/rfcs/rfc4728.html>>
- [6] Laouiti, A., Qayyum, A. and Viennot L., 2000. "Multipoint relaying: An efficient technique for flooding in mobile wireless networks", Technical Report RR-3898, INRIA, French.
- [7] Paul, A. B. and Nandi S., 2008. "Modified Optimized Link State Routing (M-OLSR) for Wireless Mesh Networks", In Proc. of the 11th International Conference on Information Technology (ICIT 2008), pages 147–152.
- [8] Paul, A. B. and Nandi S., 2009. "Impacts of Refresh Interval Parameter on M-OLSR Performance for Wireless Mesh Networks" Guwahati, India.
- [9] Pirzada, A., Portmann M., and Wishart, R., 2009. "Safe mesh: a wireless mesh network routing protocol for incident area communications", Pervasive and Mobile Computing.
- [10] Rango, F., 2008. "OLSR vs DSR: a comparative analysis of proactive and reactive mechanisms from an energetic point of view in wireless ad hoc networks", Computer Community.
- [11] Yu, Y., Peng, Y., Guo, L., and Wang X., 2010. "Performance Evaluation for Routing Protocols in Wireless Mesh Networks", International Conference on Educational and Information Technology.