

Analisis Kinerja Protokol *Routing* Reaktif dan Proaktif pada MANET Menggunakan NS2

Alamsyah^{1,2}, Eko Setijadi³, I Ketut Eddy Purnama^{3,4}, Mauridhi Hery Purnomo^{3,4}

Abstract—The development of mobile ad-hoc network (MANET) is becoming popular and interesting to research because it has a fast characteristic, cost-effective deployment, able to manage topology change independently, and can be applied to emergency locations such as forest fire detection, military operation, and health monitoring. However, the problems faced by MANET are dynamic network topology changes, limited energy consumption, and without the support of existing infrastructure. In order to overcome dynamic topology changes and to obtain reliable network quality, then routing protocol selection is critical in designing MANET. This study aims to analyze the performance of AODV, DSR, DSDV, and OLSR routing protocols based on the quality of service (QoS). Scenarios based on the number of vertices, packet size, a broad area of simulation, length of simulation, simulation speed, mobility model, and propagation model. The simulation has been done to produce four graphs, each of which describes the PDR, throughput, packet loss, and delay. The simulation results show that OLSR performs better than DSR, AODV, and DSDV in terms PDR, throughput, packet loss, and delay. OLSR average value in PDR by 39.997%, throughput by 417.383 Kbps, packet loss by 60.003%, and delay of 15.52 milliseconds.

Intisari—Perkembangan *mobile ad-hoc network* (MANET) menjadi populer dan menarik untuk diteliti karena memiliki karakteristik yang sifatnya cepat, hemat biaya penyebaran, mampu mengelola perubahan topologi secara mandiri, dan dapat diterapkan pada lokasi darurat seperti deteksi kebakaran hutan, operasi militer, dan pemantauan kesehatan. Permasalahan yang dihadapi oleh MANET adalah perubahan topologi yang dinamis, konsumsi energi yang terbatas, dan tanpa didukung oleh infrastruktur yang ada. Guna mengatasi perubahan topologi yang dinamis dan memperoleh kualitas jaringan yang handal, maka pemilihan protokol *routing* sangat

penting dalam perancangan MANET. Makalah ini bertujuan menganalisis kinerja protokol *routing* AODV, DSR, DSDV, dan OLSR berdasarkan *quality of service* (QoS). Skenario dibuat berdasarkan jumlah simpul, ukuran paket, luas area simulasi, lama simulasi, kecepatan simulasi, model mobilitas, dan model propagasi. Simulasi yang telah dilakukan menghasilkan empat buah grafik yang masing-masing menjelaskan tentang *packet deliver ratio* (PDR), *throughput*, *packet loss*, dan *delay*. Hasil simulasi menggunakan Network Simulator versi dua (NS-2) menunjukkan bahwa OLSR memiliki kinerja yang lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV dalam hal PDR, *throughput*, *packet loss*, dan *delay*. Nilai rata-rata OLSR pada PDR sebesar 39,997%, *throughput* sebesar 417,383 Kbps, *packet loss* sebesar 60,003%, dan *delay* sebesar 15,52 milidetik.

Kata Kunci— MANET, AODV, DSR, DSDV, OLSR, *quality of service*.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan MANET beberapa tahun terakhir ini menjadi populer dan menarik untuk diteliti karena memiliki karakteristik yang sifatnya cepat, mampu mengelola perubahan topologi secara mandiri, hemat biaya penyebaran [1], dan mendukung untuk diterapkan pada lokasi darurat seperti pemulihan bencana alam [2], operasi militer, dan pemantauan kesehatan. Permasalahan yang dihadapi oleh MANET adalah simpul bergerak secara bebas dan sulit diprediksi akan menimbulkan pengaruh terjadinya redundansi pengiriman paket pada setiap simpul tetangga, konsumsi energi yang dihasilkan sangat terbatas karena menggunakan baterai [3], [4], dan komunikasi yang dibangun antara simpul yang satu dengan simpul lainnya tanpa didukung oleh infrastruktur yang ada [5], [6]. Dalam rangka mengatasi perubahan topologi yang dinamis dan memperoleh kualitas jaringan yang andal, maka pemilihan protokol *routing* sangat penting dalam perancangan MANET.

Beberapa peneliti telah mengusulkan topik protokol *routing* reaktif dan proaktif, di antaranya evaluasi kinerja AODV, DSR, AOMDV menggunakan NS2 menunjukkan bahwa AODV memiliki kinerja yang lebih baik daripada DSR dalam hal PDR, *throughput*, dan *routing overhead* (RO). Protokol DSR lebih baik daripada AODV dalam hal *delay* [7], sedangkan AOMDV hanya unggul dalam hal *delay* [8]. Kinerja AODV, DSR, dan TORA berdasarkan parameter *quality of service* (QoS) menggunakan OPNET menunjukkan bahwa AODV memiliki kinerja yang lebih baik daripada DSR dan TORA dalam hal PDR, *throughput*, *delay* [9]. TORA hanya unggul dalam hal *routing overhead* (RO) dibandingkan dengan AODV dan DSR [10]. Pengaruh penggunaan model mobilitas *random way point* dan *random walk* pada AODV dan DSR menggunakan NetSim menunjukkan bahwa DSR

¹ Mahasiswa S3, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jln. Teknik Mesin, Gedung B, C, dan AJ, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 6011, Indonesia (telp: 031-5994251; fax: 031-5931237; e-mail: alamsyah14@mhs.its.ac.id)

² Dosen, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jln. Soekarno Hatta Km. 9 Tondo, Mantikulore, Palu, Sulawesi Tengah 94118 Indonesia (telp: 0451-422611; fax: 0451-422844; e-mail: alamsyah.zakaria@untad.ac.id)

³ Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jln. Teknik Mesin, Gedung B, C, dan AJ, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 6011, Indonesia (telp: 031-5994251; fax: 031-5931237; e-mail: ekoset@ee.its.ac.id)

⁴ Dosen, Departemen Teknik Komputer Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jln. Teknik Mesin, Gedung B, C, dan AJ, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 6011, Indonesia (telp: 031-5994251; fax: 031-5931237; e-mail: ketut@ee.its.ac.id, hery@ee.its.ac.id)

memiliki kinerja yang lebih baik daripada AODV dalam hal PDR, *throughput*, dan *delay*, sedangkan AODV hanya unggul dalam hal RO [11]. Akan tetapi, protokol *routing* proaktif belum dievaluasi.

Analisis kinerja AODV berdasarkan jumlah simpul menggunakan OMNET menunjukkan bahwa AODV memiliki kinerja PDR yang lebih baik pada sepuluh simpul dan kinerja RO pada lima puluh simpul [12]. Akan tetapi, protokol DSR, DSDV, dan OLSR berdasarkan jumlah simpul belum dievaluasi.

Perbandingan kinerja AODV dan DSDV menggunakan NS2 menunjukkan bahwa AODV memiliki kinerja yang lebih baik daripada DSDV dalam hal *delay*, sedangkan DSDV lebih baik daripada AODV dalam hal PDR [13]. Akan tetapi parameter *throughput* dan RO belum dievaluasi.

Evaluasi dan perbandingan kinerja reaktif dan proaktif menggunakan NS2 menunjukkan bahwa AODV memiliki kinerja lebih baik daripada DSR, FSR, DSDV dalam hal *throughput* dan *delay*. DSR lebih baik daripada AODV, FSR, DSDV dalam hal PDR [14]. Akan tetapi, protokol OLSR belum dievaluasi dan simpul yang digunakan terbatas pada jumlah tiga puluh.

Analisis pengaruh kepadatan simpul dan waktu jeda pada AODV, DSDV, dan OLSR menggunakan NS3 menunjukkan bahwa OLSR memiliki kinerja yang lebih baik daripada semua parameter, baik dalam hal penambahan simpul dan waktu jeda. AODV dan DSDV hanya unggul dalam hal jumlah simpul, waktu jeda tertentu [15]. Pada pemantauan kesehatan, protokol OLSR memiliki kinerja yang lebih baik daripada AODV dan DSDV dalam hal PDR dan *throughput*, sedangkan AODV hanya unggul dalam hal *delay* dibandingkan DSDV dan OLSR [16]. Akan tetapi, protokol DSR belum dievaluasi.

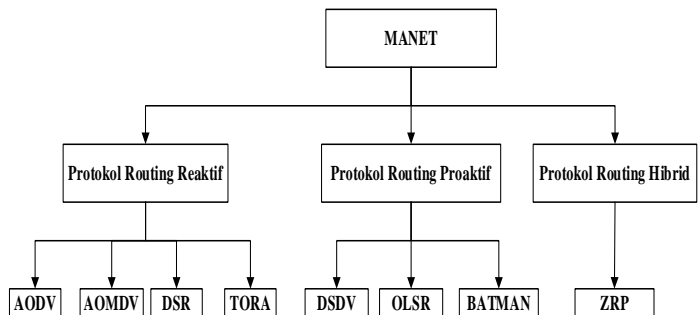
Perbandingan kinerja protokol AODV, DSR, dan DSDV pada MANET menggunakan NS2 menunjukkan bahwa DSR memiliki kinerja yang lebih baik daripada AODV dan DSDV dalam hal PDR, efisiensi energi, dan *delay* [17]. Akan tetapi, protokol OLSR belum dievaluasi.

Makalah ini bertujuan menganalisis kinerja kualitas jaringan protokol *routing* reaktif (AODV, DSR) dan protokol *routing* proaktif (DSDV, OLSR) dengan jumlah simpul yang bervariasi dari 25 sampai 200. Kinerja protokol *routing* dianalisis berdasarkan parameter QoS seperti PDR, *throughput*, *packet loss*, dan *delay*. Pembahasan makalah disusun sebagai berikut. Bagian pertama membahas tentang permasalahan, solusi dalam meningkatkan kualitas protokol *routing* dan penelitian yang terkait dengan MANET, bagian kedua membahas protokol *routing* reaktif dan proaktif pada MANET, bagian ketiga membahas metodologi, bagian keempat membahas hasil simulasi yang telah dilakukan, dan bagian kelima membahas kesimpulan dari hasil penelitian yang diperoleh.

II. PROTOKOL ROUTING PADA MANET

MANET adalah kumpulan beberapa simpul yang bergerak secara dinamis untuk dapat melakukan komunikasi antara simpul dengan simpul lainnya tanpa infrastruktur yang terpusat [18], [19]. Proses *routing* pada MANET sangat rumit

karena topologi jaringan yang selalu berubah dan pergerakan simpul yang dapat berpindah-pindah, sehingga setiap simpul perlu melakukan pengecekan terhadap status simpul setiap saat untuk mengetahui simpul-simpul apa saja yang terhubung pada simpul tersebut. Hal ini sangat penting untuk menentukan rute yang tepat pada proses *routing*. MANET dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian utama, yaitu protokol *routing* reaktif, proaktif, dan *hybrid* [20]. Pada makalah ini, protokol *routing* yang digunakan adalah reaktif dan proaktif. Gbr. 1 menunjukkan skema protokol *routing* pada MANET.



Gbr. 1 Protokol *routing* pada MANET.

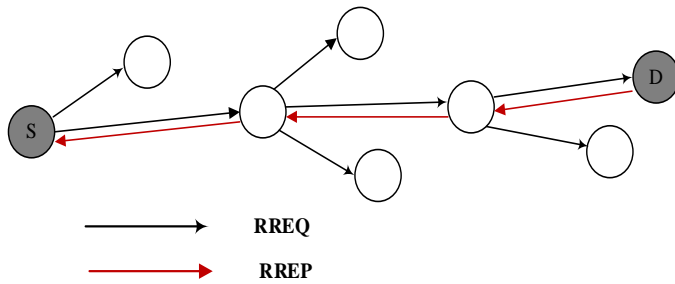
A. Protokol Routing Reaktif

Protokol *routing* reaktif adalah protokol yang bekerja berdasarkan permintaan untuk membuat rute baru atau perubahan rute. Contoh protokol *routing* reaktif adalah AODV dan DSR.

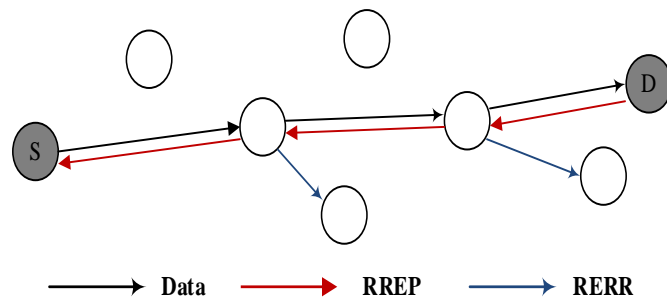
1) *AODV*: Merupakan protokol *routing* reaktif yang membentuk sebuah rute dari simpul sumber ke simpul tujuan berdasarkan pada permintaan simpul sumber. AODV mengelola informasi perutean terbaru dengan menggunakan prosedur penemuan rute dan *routing table* yang diperbarui [20]. Simpul dianggap sebagai rute aktif, jika mengirim, menerima, atau meneruskan paket. Pada AODV, penemuan dan perubahan rute dimulai jika ada sumber yang ingin menghubungi tujuan atau membutuhkan informasi. Namun, permasalahan AODV adalah tidak mendukung adanya hubungan asimetris. Artinya, AODV hanya mampu mendukung hubungan simetris antara simpul sumber dengan simpul tujuan. Pesan yang digunakan protokol AODV yaitu *route discovery* dan *route maintenance*. *Route request* (RREQ) dan *route reply* (RREP) merupakan bagian dari *route discovery*. *Data*, *route update*, dan *route error* (RERR) merupakan bagian dari *route maintenance*. Gbr. 2 menunjukkan simpul S mengirim pesan RREQ ke setiap simpul tetangga. Jika simpul S belum menemukan simpul D, maka simpul selanjutnya akan terus mengirim pesan RREQ sampai menemukan simpul D. Jika simpul S telah menemukan simpul D, maka secara otomatis simpul D akan mengirim pesan RREP ke simpul S.

Gbr. 3 menunjukkan hubungan ke *hop* selanjutnya tidak terdeteksi oleh sebuah metode penemuan rute, sehingga hubungan tersebut dinyatakan terputus dan *route RERR* akan disebar ke simpul tetangganya.

2) *DSR*: Merupakan protokol *routing* reaktif yang beroperasi pada dua prinsip seperti *routing* dan *caching* [21]. Proses perutean *DSR* terdiri atas dua mekanisme, yaitu *route discovery* dan *route maintenance*. Proses penemuan dimulai oleh simpul sumber dengan mengirimkan pesan *RREQ* untuk komunikasi antara simpul satu dengan simpul lain. Setiap simpul akan mengikuti tiga instruksi. Pertama, jika simpul tujuan menerima pesan *RREQ* maka simpul tujuan harus menerima pesannya. Kedua, jika bukan simpul tujuan, maka pada simpul ditambahkan identitas (*Id*) dan pesan diteruskan. Ketiga, jika simpul telah menerima pesan sebelumnya, maka pesan tersebut di-*drop*. Protokol *DSR* menggunakan *route cache* yang menyimpan semua informasi dari simpul sumber yang terdapat pada paket data.



Gbr. 2 Mekanisme penemuan rute.



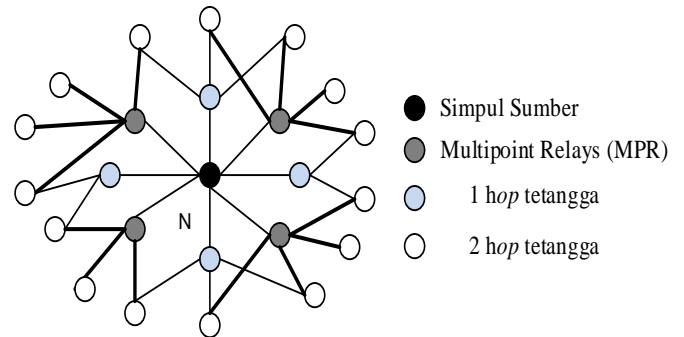
Gbr. 3 Mekanisme pengiriman data dan kesalahan rute.

B. Protokol Routing Proaktif

Protokol *routing* proaktif adalah protokol berdasarkan *routing table* yang terus menerus diperbarui secara reguler. Contoh protokol *routing* proaktif adalah *DSDV* dan *OLSR*.

1) *DSDV*: Protokol ini merupakan protokol *routing* proaktif yang meminta setiap simpul mengirim pesan pembaruan perutean ke semua simpul tetangga secara periodik. Dalam melakukan pembaruan perutean, *DSDV* menggunakan konsep algoritme Bellman-Ford dan setiap simpul yang berada dalam jaringan akan mempertahankan *routing table* ke simpul tetangganya. *Routing table* masing-masing berisi alamat simpul tujuan, jumlah *hop* yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan, dan nomor urut. Sebelum mengirimkan pesan pembaruan rute, simpul menunggu waktu penyelesaian untuk memastikan tidak menerima pesan pembaruan dari simpul tetangga [22]. Namun, jika salah satu *routing table* simpul telah diperbarui, maka simpul akan memilih rute untuk mencapai simpul tujuan.

2) *OLSR*: Merupakan protokol *routing* proaktif yang dikembangkan berdasarkan algoritme *link state routing* [23] dan menggunakan teknik optimal untuk mengekstrak informasi yang berkaitan dengan topologi jaringan [24]. *OLSR* memiliki kelebihan yaitu waktu tunda yang relatif lebih pendek karena bersifat *routing table*. Namun, sifatnya yang secara terus menerus memperbarui *routing table* menyebabkan terjadinya banjir data yang berlebihan (*overhead*). Pemilihan *MPR* pada *OLSR* merupakan teknik dalam mengatasi terjadinya *overhead*. Simpul *MPR* yang terpilih dapat meneruskan paket kontrol pada setiap simpul dalam jaringan [25]. *MPR* berfungsi untuk mengurangi jumlah pesan informasi yang sama dan mengurangi terjadinya redundansi pengiriman secara signifikan [26]. Gbr. 4 menunjukkan pemilihan simpul *MPR* pada *OLSR* yang dimulai dari simpul N sebagai simpul sumber. Simpul *MPR* yang terpilih terdiri atas empat dari delapan simpul yang terhubung dengan satu *hop* tetangga. Simpul sumber dapat berkomunikasi dengan semua tetangga *hop* melalui simpul *MPR* dan hanya simpul *MPR* yang dapat meneruskan pesan.



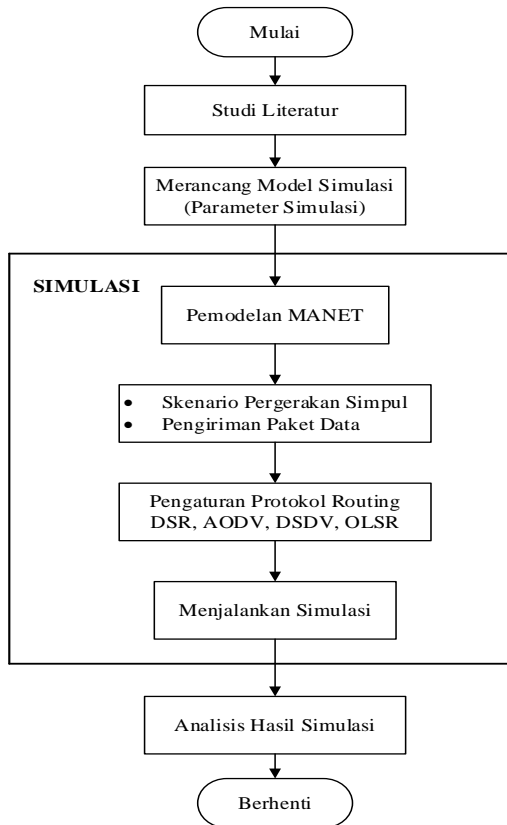
Gbr. 4 Pemilihan simpul MPR pada OLSR.

III. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan adalah penelitian berbasis simulasi. Gbr. 5 menunjukkan tahapan penelitian, dimulai dari studi literatur dengan mempelajari beberapa makalah yang terkait dengan protokol *routing* reaktif dan proaktif. Hasil studi literatur yang telah diperoleh dijadikan acuan dalam perancangan model simulasi, seperti program simulasi yang digunakan, jumlah simpul, ukuran paket, luas area simulasi, lama simulasi, kecepatan simulasi, model mobilitas, dan model propagasi.

Tahapan selanjutnya adalah simulasi protokol *routing* dengan menggunakan NS2 versi 2.35 [27] dan pembuatan kode program dalam bentuk *AWK script* [28]. Pemilihan model MANET yang digunakan terdiri atas skenario pergerakan simpul dengan model propagasi *two-ray ground* dan model mobilitas *random way point*. Pemilihan model *two-ray ground* berdasarkan pada kondisi yang dapat digunakan pada perambatan lintasan langsung dan pantulan permukaan (*ground reflection*) antara pengirim dan penerima [29], [30]. Model *two-ray ground* sangat akurat dalam memperkirakan kekuatan sinyal dalam skala luas area yang besar. Luas area simulasi yang digunakan adalah 1000 m x 1000 m. Pemilihan model *random way point* dilakukan berdasarkan pertimbangan

bahwa simpul bergerak dengan arah dan kecepatan secara acak untuk mencapai simpul tujuan [31].



Gbr. 5 Tahapan penelitian.

Komunikasi pengiriman paket data menggunakan konsep *user datagram protocol* (UDP). Pemilihan UDP berdasarkan pertimbangan bahwa proses pengiriman paket data berlangsung tanpa melalui rangkaian proses yang kompleks. Data yang diterima dapat diproses langsung oleh lapisan aplikasi tanpa memperlakukan paket yang dikirim sesuai dengan yang dipesan atau tidak.

Protokol *routing* yang disimulasikan terdiri atas AODV, DSR, DSDV, dan OLSR. Skenario simulasi keempat protokol *routing* tersebut akan diberikan perlakuan yang sama dengan jumlah simpul yang bervariasi dari 25, 50, 75, 100, 150, dan 200. Tujuan pemberian jumlah simpul yang sama pada setiap protokol adalah memastikan akurasi simulasi yang dihasilkan. Kecepatan simulasi diatur bernilai tetap sebesar 20 m/detik dengan durasi 200 detik. Pemberian jumlah simpul yang bervariasi pada protokol AODV, DSR, DSDV, dan OLSR bertujuan untuk mengetahui perubahan kinerja protokol *routing* terhadap penambahan simpul. Penambahan simpul secara otomatis memperpendek jarak antara simpul tetangganya. Hal ini akan memengaruhi protokol *routing* dalam melakukan penemuan rute atau pengiriman pesan dari simpul sumber ke simpul tujuan.

Simulasi protokol *routing* dijalankan menggunakan NS2 dalam bentuk file *.tr dan hasil simulasi divisualisasikan dalam bentuk file *.nam. Tahap selanjutnya adalah menganalisis simulasi protokol *routing* berdasarkan QoS seperti PDR, *throughput*, *packet loss*, dan *delay*. Hasil

simulasi yang dijalankan menggunakan NS2 berdasarkan parameter QoS memberikan kesimpulan kinerja protokol *routing* AODV, DSR, DSDV, dan OLSR. Parameter simulasi yang digunakan ditunjukkan pada Tabel I.

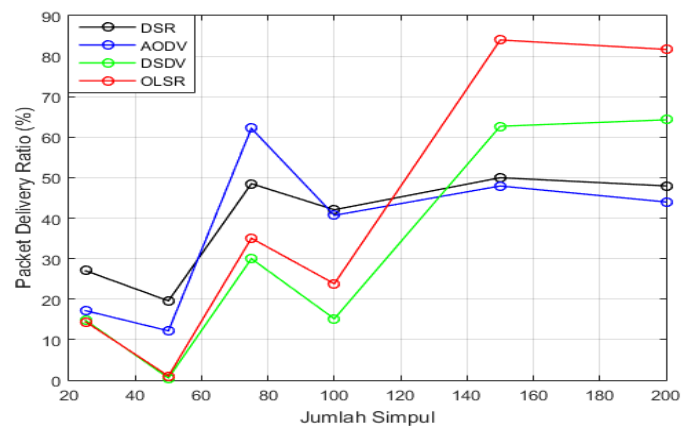
TABEL I
PARAMETER SIMULASI

Parameter	Nilai Parameter
Program Simulasi	NS2.35
Sistem Operasi	Ubuntu 14.04
Protokol <i>Routing</i>	DSR, AODV, DSDV, OLSR
Jumlah Simpul	25, 50, 75, 100, 150, 200
Luas Area	1000 m x 1000 m
Kecepatan Simulasi	20 m/detik
Model Propagasi Radio	<i>Two-Ray Ground</i>
Protokol Transportasi	<i>User Datagram Protocol</i>
Ukuran Paket	512 bytes
Protokol MAC	IEEE 802.11
RTS/CTS	<i>None</i>
Model Mobilitas	<i>Random Way Point</i>
Waktu Simulasi	200 detik

IV. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

A. Packet Delivery Ratio (PDR)

PDR adalah perbandingan jumlah paket yang berhasil diterima oleh simpul tujuan dengan total paket yang dikirim oleh simpul sumber. PDR merupakan salah satu parameter QoS yang menunjukkan tingkat keberhasilan sebuah protokol *routing*. Gbr. 6 menunjukkan bahwa OLSR memiliki kinerja PDR yang lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV pada simpul 150 sampai 200, sedangkan AODV lebih baik daripada DSR, DSDV, dan OLSR pada simpul 50 sampai 100. Secara keseluruhan, OLSR memiliki kinerja PDR yang lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV pada setiap penambahan simpul. Peningkatan nilai PDR disebabkan oleh kemampuan OLSR dalam memilih simpul MPR. Rata-rata PDR pada OLSR adalah sebesar 39,997%, DSR sebesar 39,197%, AODV sebesar 33,06%, dan DSDV sebesar 31,24%.

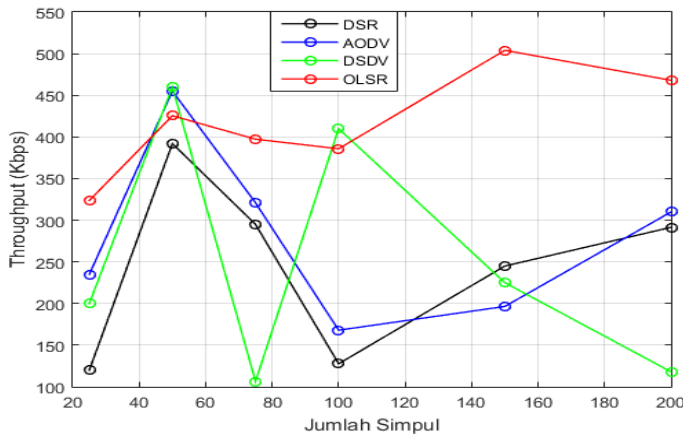


Gbr. 6 Hasil simulasi PDR terhadap jumlah simpul.

B. Throughput

Throughput adalah jumlah total paket data yang berhasil diterima dalam satuan waktu dan menggambarkan kondisi kecepatan data dalam suatu jaringan. Semakin tinggi

nilai *throughput* yang dihasilkan, kinerja protokol *routing* menjadi lebih baik. Gbr. 7 menunjukkan bahwa OLSR memiliki kinerja *throughput* yang lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV pada simpul 25, 75, 150, dan 200. Kinerja DSDV lebih baik daripada DSR, AODV, dan OLSR pada simpul tertentu, yaitu 50 dan 100. Peningkatan *throughput* disebabkan oleh konsep OLSR dalam penyebaran paket menggunakan pesan “Hello” dan “*topology control (TC)*”. Dalam melakukan penyebaran paket, AODV hanya menggunakan pesan “Hello”, tidak menggunakan TC. Begitu pula dengan DSR, dalam penyebaran paket tidak menggunakan pesan “Hello” dan “TC”. Rata-rata kinerja *throughput* pada OLSR adalah sebesar 417,383 Kbps, DSR sebesar 245,2 Kbps, AODV sebesar 280,917 Kbps, dan DSDV sebesar 253,25 Kbps.



Gbr. 7 Hasil simulasi *throughput* terhadap jumlah simpul.

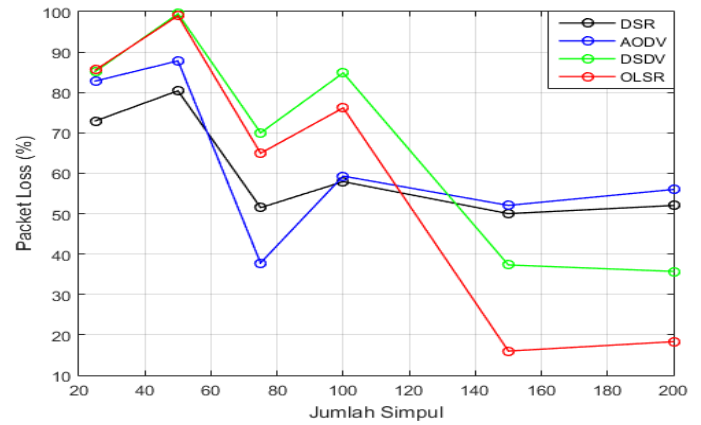
C. Packet Loss

Packet loss diukur sebagai persentase dari paket yang hilang sehubungan dengan paket yang dikirim antara simpul sumber ke simpul tujuan. Gbr. 8 menunjukkan bahwa protokol OLSR memiliki kinerja *packet loss* yang lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV pada simpul 50 sampai 200. Sementara itu, AODV lebih baik daripada DSR, DSDV, dan OLSR pada simpul 25 sampai 100. Secara keseluruhan, *packet loss* pada OLSR lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV dalam setiap penambahan simpul. Penurunan *packet loss* disebabkan oleh kemampuan OLSR dalam memilih MPR secara optimal dalam mengurangi *topology control* paket. Rata-rata *packet loss* pada OLSR adalah sebesar 60,003%, DSR sebesar 60,803%, AODV sebesar 62,635%, dan DSDV sebesar 68,76%.

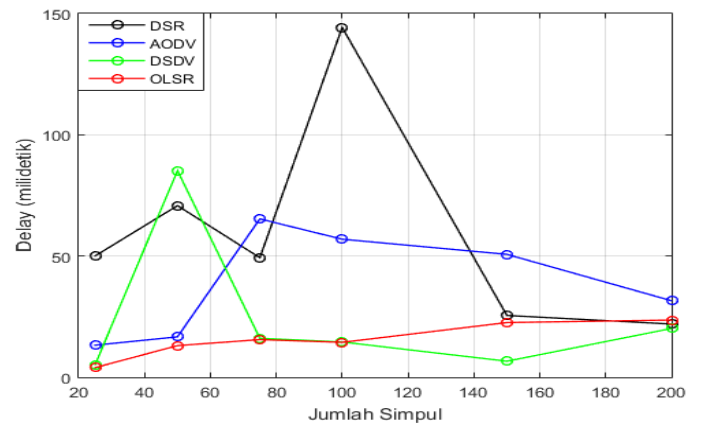
D. Delay

Delay adalah waktu tunda seluruh paket yang berhasil dikirim dari simpul sumber ke simpul tujuan. Gbr. 9 menunjukkan bahwa OLSR memiliki kinerja *delay* yang lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV pada simpul 25 sampai 100. DSDV lebih baik dari DSR, AODV, dan OLSR pada simpul 150 sampai 200. Namun, secara keseluruhan OLSR memiliki kinerja *delay* yang lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV pada setiap penambahan simpul.

Penurunan *delay* disebabkan oleh karakteristik OLSR yang bekerja secara *link state* dan bersifat *routing table*. Pengiriman paket secara terus-menerus membentuk rute dari simpul sumber ke simpul tujuan menjadi lebih pendek. AODV bekerja secara *on demand*, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama dalam pencarian rute. Rata-rata nilai *delay* pada OLSR adalah sebesar 15,52 milidetik, DSR sebesar 60,31 milidetik, AODV sebesar 39,07 milidetik, dan DSDV sebesar 24,63 milidetik.



Gbr. 8 Hasil simulasi *packet loss* terhadap jumlah simpul.



Gbr. 9 Hasil simulasi *delay* terhadap jumlah simpul.

V. KESIMPULAN

Setiap protokol disimulasikan menggunakan parameter yang sama untuk memastikan akurasi simulasi yang dihasilkan. Makalah ini bertujuan menganalisis kinerja protokol *routing* reaktif (DSR, AODV) dan proaktif (DSDV, OLSR) berdasarkan QoS. Parameter QoS yang dianalisis terdiri atas PDR, *throughput*, *packet loss*, dan *delay*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa OLSR memiliki kinerja yang lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV untuk semua parameter. Peningkatan nilai PDR dan *throughput* disebabkan oleh kemampuan protokol OLSR dalam memilih MPR secara optimal dan mengurangi TC paket dalam setiap simpulnya. Penurunan *delay* dan *packet loss* disebabkan oleh karakteristik OLSR yang bersifat *routing table* dengan bekerja secara *link state*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (Kemristekdikti) atas dukungan bantuan Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) dan bantuan hibah Penelitian Disertasi Doktor dalam mendukung terlaksananya penelitian ini.

REFERENSI

- [1] P. Ghosekar, G. Katkar, dan P. Ghorpade, "Mobile Ad Hoc Networking: Imperatives and Challenges," *International Journal of Computer Applications*, Vol. 1, hal. 153–158, 2010.
- [2] I. Chlamtac, M. Conti, dan J. J.N.Liu, "Mobile Ad Hoc Networking: Imperatives and Challenges," *Ad Hoc Networks*, Vol. 1, Issue 1, hal. 13–64, 2003.
- [3] V. Rishiwal, A. Kush, dan S. Verma, "Stable and Energy Efficient Routing for Mobile Adhoc Networks," *Proc. IEEE Information Technology New Generations (ITNG)*, 2008, paper 9939554, hal. 1028–1033.
- [4] A. Tiwari dan I. Kaur, "Performance Evaluation of Energy Efficient for MANET Using AODV Routing Protocol," *Proc. IEEE Computational Intelligence and Communication Technology (CICT)*, 2017, hal. 1-5.
- [5] W. Abdou, A. Henriot, C. Bloch, D. Dhoutaut, D. Charlet, dan F. Spies, "Using an Evolutionary Algorithm to Optimize the Broadcasting Methods in Mobile Adhoc Networks," *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 34, Issue 6, hal. 1794–1804, Nov. 2011.
- [6] S. Mohapatra and P. Kanungo, "Performance Analysis of AODV, DSR, OLSR and DSDV Routing Protocols Using NS2 Simulator," *Procedia Engineering*, Vol. 30, hal. 69–76, 2012.
- [7] O. Kembuan, Widyawan, dan S. S. Kusumawardani, "Analisis Kinerja Reactive Routing Protocol dalam Mobile Ad-Hoc Network (MANET) Menggunakan NS-2 (Network Simulator)," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, Vol. 1, No. 1, Mei 2012.
- [8] T.K. Araghi, M. Zamani dan A. B.T. Abdul Mnaf, "Performance Analysis in Reactive Routing Protocols in Wireless Mobile Ad Hoc Networks Using DSR, AODV and AOMDV," *Proc. IEEE International Conference on Informatics and Creative Multimedia. ICICM*, 2013, paper 14030257, hal. 81–84.
- [9] A. K. S. Ali, dan U.V. Kulkarni, "Comparing and Analyzing Reactive Routing Protocols (AODV, DSR and TORA) in QoS of MANET," *Proc. IEEE International Advance Computing Conference. IACC*, 2017, paper 17030496, hal. 345–348.
- [10] N. Adam, M. Y. Ismail, dan J. Abdullah, "Effect of Node Density on Performances of Three Manet Routing Protocols," *Proc. IEEE International Conference on Electronic Devices, Systems and Applications (ICEDSA)*, 2010, paper 11404383, hal. 321–325.
- [11] P. Nayak dan P. Sinha, "Analysis of Random Way Point and Random Walk Mobility Model for Reactive Routing Protocols for MANET Using NetSim Simulator," *Proc. IEEE International Conference on Artificial Intelligence, Modelling and Simulation (AIMS)*, 2015, paper 16410451, hal. 427–432.
- [12] B. Karthikeyan, N. Kanimozhi, dan S. H. Ganesh, "Analysis of Reactive AODV Routing Protocol for MANET," *Proc. IEEE World Congress on Computing and Communication Technologies (WCCCT)*, 2014, paper 14220409, hal. 264–267.
- [13] D. Kumar, A. Srivastava, dan S. C. Gupta, "Performance Comparison of Pro-active and Reactive Routing Protocols for MANET," *Proc. IEEE International Conference on Computing, Communication and Applications (ICCCA)*, 2012, paper 12655238, hal. 1–4.
- [14] Y. Bai, Y. Mai, dan N. Wang, "Performance Comparison and Evaluation of the Proactive and Reactive Routing Protocols for MANETS," *Proc. IEEE Wireless Telecommunications Symposium (WTS)*, 2017, paper 16947755, hal. 1–5.
- [15] L. Naik, L., R. U. Khan dan R. B. Mishra, "Analysis of Node Density and Pause Time Effects in MANET Routing Protocols Using NS3," *International Journal of Computer Networks and Information Security*, Vol. 12, hal. 9–17, Desember 2016.
- [16] Alamsyah, M. H. Purnomo, I. E Purnama, dan E. Setijadi, "Performance of the Routing Protocols AODV, DSDV and OLSR in Health Monitoring Using NS3," *Proc. IEEE International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 2016, paper 16619021, hal. 323–328.
- [17] S. E. Khediri, N. Nasri, A. Benfradj, A. Kachouri, dan A. Wei, "Routing Protocols in MANET: Performance Comparison of AODV, DSR and DSDV Protocols Using NS2," *Proc. IEEE International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*, 2014, paper 14485262, hal. 1–4.
- [18] S. L. Meshram dan P. D. Dorge, "Design and Performance Analysis of Mobile Ad Hoc Network with Reactive Routing Protocols," *Proc. IEEE International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 2017, hal. 443–447.
- [19] B. Kannhavong, H. Nakayama, N. Kato, A. Jamalipour, dan Y. Nemoto, "A Study of a Routing Attack in OLSR-based Mobile Ad Hoc Networks," *International Journal of Communication Systems*, Vol. 20, No. 11, hal. 1245–1261, Maret 2007.
- [20] S. Tamilarasan, "Performance Analysis of Multi-Hop Wireless Ad-Hoc Network Routing Protocols in MANET," *International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)*, Vol. 2, No. 5, hal. 2141–2146, 2011.
- [21] D. B. Johnson dan D. A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks," *Mobile Computing*, Vol. 353, hal. 153–181, Oktober 2012.
- [22] L. Shrivastava, S. S. Bhadauria, dan G. S. Tomar, "Influence of Traffic Load on the Performance of AODV, DSR, and DSDV in MANET", *International Journal of Communication Systems and Network Technologies*, Vol.1, hal. 22–34, Apr 2013.
- [23] P. Jacquet, P. Muhlethaler, T. Clausen, A. Laouti, A. Qayyum, dan L. Viennot, "Optimized Link State Routing Protocol for Ad-Hoc Networks," *Proc. IEEE International Multi Topic Conference (INMIC)*, 2001, paper 7425407, hal. 62–68.
- [24] Y. Ge, T. Kunz dan L. Lamont, "Quality of Service Routing in Adhoc Networks Using OLSR," *Proc. IEEE International Conference on System Sciences (ICSS)*, 2003, paper 8150549, hal. 9.
- [25] T. Rasheed, U. Javaid, M. Jerbi, dan K. A. Agha, "Scalable Multi-Hop Ad Hoc Routing Using Modified OLSR Routing Protocol," *Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (ISPIMRC)*, 2007, hal. 1–6.
- [26] R. Desai dan B. P Patil, "Analysis of Routing Protocols for Ad Hoc Networks," *Proc. IEEE International Conference on Circuits, Systems, Communication and Information Technology Applications (ICCSCTA)*, 2014, hal. 111–115.
- [27] Kevin Fall & Kannan Varadhan, The NS Manual (formerly NS notes and documentation), *The VINT Project*, Xerox PARC, 2011.
- [28] Arnold D. Robbins, *GAWK: Effective AWK programming*, Ed. 4.2 A User's Guide for GNU Awk, Boston, USA; Free Software Foundation, 2016.
- [29] B. M. Mughal, A. A. Wagan, dan H. Hasbullah, "Analyzing Safety Beacon Loss Rate in Vanets with Two-Ray Ground and Nakagami Propagation Models," *Proc. IEEE National Postgraduate Conference (NPC)*, 2011, paper 12495001, hal. 1–6
- [30] Naseeruddin dan V. C Patil, "Performance Evaluation of MANET Protocols: A Propagation Model Perspective", *Proc. IEEE International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATcT)*, 2016, hal. 55–61.
- [31] J. Rangaraj dan M. Anitha, "Performance Analysis of Proactive and Reactive Protocol Under Different Mobility Models for MANET," *Proc. IEEE International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud (ISMALC))*, hal. 637–643.