

Analisis Kinerja *Reactive Routing Protocol* dalam *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) Menggunakan NS-2 (*Network Simulator*)

Olivia Kembuan¹, Widyawan², Sri Suning Kusumawardani³

Abstract— Mobile Ad-Hoc Network (MANET) is the type of network that can connect people without depending on fixed infrastructure. Dynamic topology that characterizes this network leads to different routing process compared to wired-network with fixed topology. The two main classes of routing protocols for mobile ad-hoc networks (MANETs) are proactive and reactive (or on-demand). Reactive routing protocols consume less bandwidth compared to proactive routing protocols because they establish the route on demand. This thesis presents the simulation results and performance analysis of reactive routing protocol Dynamic Source Routing (DSR) and Ad Hoc On-demand distance Vector Routing (AODV). The analysis is based on packet delivery ratio, routing overhead, average delay, and average throughput by varying the number of nodes and speed of nodes. The simulation is performed using NS2 network simulator. The results show that AODV outperforms DSR in more stress situations, however DSR outperforms AODV in less stressful situations (smaller number of nodes and lower speed of nodes). DSR produces higher delay in all scenarios, therefore this protocol not recommended for MANET with the need for low delay.

Intisari— Mobile Ad-hoc Network (MANET) merupakan jenis atau tipe jaringan khusus yang mampu melibatkan banyak orang atau peralatan komunikasi tanpa ketergantungan terhadap suatu infrastruktur. Protokol routing untuk jaringan ad-hoc tentunya berbeda dengan protokol routing yang biasa diimplementasikan pada jaringan kabel. Hal ini disebabkan sifat MANET yang dinamis, sehingga memiliki topologi yang berubah-ubah, berbeda dengan jaringan kabel yang cenderung tetap. Pada umumnya MANET memiliki dua jenis routing protocol yaitu, reactive routing protocol dan proactive routing protocol. Reactive routing hanya menemukan rute jika diperlukan sehingga mempunyai overhead route discovery yang cukup kecil dibandingkan dengan proactive routing. Dalam penelitian ini bersifat simulasi dan selanjutnya menganalisis performa reactive protocol routing Dynamic Source Routing (DSR) dan Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV). Kinerja routing protocol yang akan diukur adalah jumlah packet delivery ratio, rata-rata delay, rata-rata throughput dan routing overhead pada skenario yang berbeda dengan memvariasikan jumlah node dan kecepatan node. Simulasi dilakukan menggunakan simulator jaringan NS2.

Hasil penelitian menunjukkan AODV memiliki performa yang lebih baik dalam kondisi jaringan yang padat dan saat pergerakan node pada jaringan semakin cepat, sedangkan DSR menunjukkan performa yang lebih baik pada jaringan dengan kepadatan node dan kecepatan node yang lebih rendah. Delay DSR lebih tinggi dibandingkan AODV pada semua skenario, karena itu protokol ini tidak direkomendasi bagi MANET dengan kebutuhan akan delay yang rendah.

Kata Kunci— MANET, AODV, DSR, NS2, reactive routing protocol.

I. PENDAHULUAN

Sejalan dengan pesatnya perkembangan di bidang teknologi komunikasi dan informasi, diperlukan suatu jenis atau tipe jaringan khusus yang mampu melibatkan banyak orang atau peralatan komunikasi tanpa ketergantungan terhadap suatu infrastruktur. Hal inilah yang dimaksud dengan *Mobile Ad-hoc Network* (MANET). MANET terbentuk dari sekumpulan *node* yang menggunakan antarmuka nirkabel untuk melakukan komunikasi antara satu *node* dengan *node* yang lainnya [10].

MANET menjadi subjek yang sangat populer untuk penelitian karena adanya laptop dan teknologi wi-fi yang banyak digunakan pada pertengahan akhir tahun 1990-an. Penerapan MANET terutama di bidang militer, pada situasi darurat yang tidak didukung oleh infrastruktur dan penggunaan seperti sharing file atau perangkat keras antar beberapa *node* di rumah maupun di perkantoran. Jaringan ini dipilih karena penerapannya yang lebih cenderung lebih murah, cepat, mudah dikonfigurasi dibandingkan jaringan infrastruktur wireless maupun jaringan kabel.

Dalam MANET, setiap *node* tidak hanya berperan sebagai pengirim/penerima saja, tetapi juga akan memiliki kemampuan layaknya *router* yang meneruskan pesan antar *node* di sekitarnya. Untuk itu dibutuhkan *routing protocol* untuk membantu tiap-tiap *node* melakukannya. *Routing protocol* untuk MANET tentunya berbeda dengan *routing protocol* yang biasa diimplementasikan pada jaringan kabel. Hal ini disebabkan sifat MANET yang dinamis dan cenderung memiliki topologi yang berubah-ubah, berbeda dengan jaringan kabel yang cenderung tetap. *Reactive routing* hanya menemukan rute jika diperlukan sehingga memiliki konsumsi bandwidth yang lebih sedikit dibandingkan *proactive routing* [4]. Dengan melakukan perbandingan protokol, dapat diketahui jenis *routing protocol* mana yang tepat untuk diterapkan dalam kondisi jaringan tertentu.

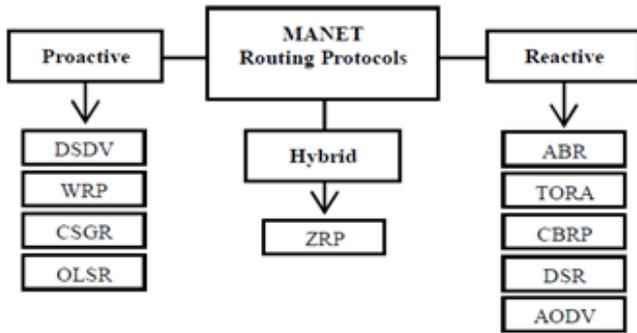
Dalam penelitian ini akan dianalisis performa *reactive routing protocol* MANET yaitu, *Dynamic Source Routing* (DSR) dan *Ad-hoc On-demand Distance Vector* (AODV). Kedua *reactive routing protocol* ini dipilih selain karena merupakan yang paling populer dan sering diimplementasikan (Suchdeo, 2008) serta memiliki *research background* yang cukup signifikan dibandingkan *reactive routing protocol* lainnya. Performa *routing protocol* akan diukur berdasarkan *packet delivery ratio*, *average throughput*, *average end-to-end delay*, dan *routing overhead* dengan beberapa skenario yang berbeda menggunakan simulator jaringan NS2.

^{1,2,3} Program Studi S2 Teknik Elektro – Magister Teknologi Informasi Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA (e-mail: oliv@mti.gadjahmada.edu)

II. ROUTING PROTOKOL PADA MANET

Routing protocol layaknya sebuah router yang berkomunikasi dengan perangkat lain untuk menyebarkan informasi dan mengijinkan adanya pemilihan rute di antara dua node dalam jaringan. Dalam MANET setiap titik tidak hanya sebagai host, tetapi juga sebagai router yang meneruskan paket data kepada perangkat lain. Selanjutnya, agar node bisa berkomunikasi dengan node yang di luar jangkauannya, diperlukan routing protocol yang memiliki kemampuan untuk melewati banyak titik/node (multihop). Jika suatu node sering berpindah, maka topologi jaringan akan sering berubah, sehingga jalur routing yang baik mungkin akan tidak tersedia untuk beberapa saat. Routing protocol pada MANET menjadi suatu permasalahan yang menantang untuk diteliti semenjak sebuah node bisa bergerak secara bebas (acak).

Ada dua jenis routing protocol yang terdapat dalam MANET berdasarkan mekanisme update informasi routing-nya, yaitu [5] proactive routing protocol dan reactive routing protocol. Ada juga pendekatan pada routing protocol hybrid yang mengkombinasikan antara kedua tipe routing protocol, proactive dan reactive, contohnya Zone Routing protocol (ZRP). Routing protocol pada MANET dapat dilihat pada Gbr. 1.



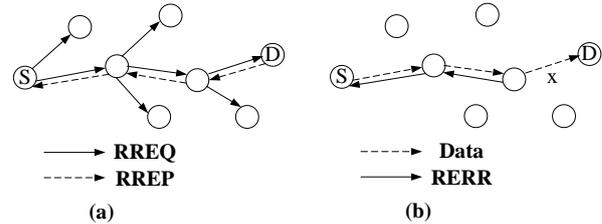
Gbr. 1 Routing protocol pada MANET

A. Ad-Hoc On-Demand Distance-Vector Routing Protocol (AODV)

AODV adalah distance vector routing protocol yang termasuk dalam klasifikasi reactive routing protocol, yang hanya melakukan request sebuah rute saat dibutuhkan. AODV yang standar ini dikembangkan oleh C. E. Perkins, E.M. Belding-Royer dan S. Das pada RFC 3561 [7]. Ciri utama dari AODV adalah protokol ini menggunakan destination sequence number (DestSeqNum) untuk menentukan rute terbaru ke node tujuan. Sebuah node hanya akan melakukan update informasi rutenya saat nilai DestSeqNum dari paket yang diterima lebih besar dibandingkan DestSeqNum yang ada pada node. AODV memiliki mekanisme route discovery dan route maintenance. Route discovery berupa route request (RREQ) dan route reply (RREP). Sedangkan route maintenance berupa Data, route update, dan route error (RRER). Mekanisme route discovery, route update, dan route error dapat dilihat pada Gbr. 2.

RREQ pada AODV memuat source identifier (SrcID), destination identifier (DestID), source sequence number (SrcSeqNum), destination sequence number (DestSeqNum), broadcast identifier (BcastID), dan field time to live (TTL). Saat intermediate node menerima paket RREQ, node akan meneruskan atau membalas dengan RREP jika tersedia rute yang valid menuju node tujuan. Validitas rute ditentukan dengan membandingkan SeqNum pada intermediate node

dengan SeqNum pada RREQ paket yang diterima. Ketika menerima RREP, informasi mengenai node sebelumnya yang menerima paket tersebut juga ikut tersimpan sebagai next hop menuju node tujuan.



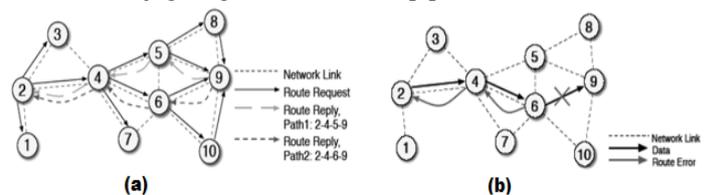
Gbr. 2 (a) Mekanisme Route discovery (b) Mekanisme Route Update dan Route error [10]

AODV tidak memperbaiki rute yang putus secara lokal. Saat rute putus, end node (node sumber dan node tujuan) diberitahu dan segera mengganti nilai hop count menjadi ∞ [6].

Kelebihan utama dari AODV adalah sebuah rute dibangun secara on-demand dan destination sequence number digunakan untuk menemukan rute terakhir/terbaru ke node tujuan. Delay yang dibutuhkan protokol ini untuk membentuk rute pun kecil. Kekurangan AODV adalah multiple route reply packet untuk merespon sebuah paket route request dapat mengakibatkan melonjaknya jumlah routing overhead packet.

B. Dynamic Source Routing protocol (DSR)

DSR adalah protokol routing yang menggunakan node sumber dalam menentukan rute paket yang dikirim setelah mengetahui serangkaian rute yang lengkap. Proses routing pada protokol ini terdiri atas 2 mekanisme yaitu route discovery dan route maintenance (Gbr. 3). Route discovery yaitu node ingin mengirimkan paket data ke tujuan yang belum diketahui rutenya, sehingga node pengirim mengirim route request (RREQ). RREQ akan melakukan proses flooding yaitu proses pengiriman data atau control message ke setiap node pada jaringan untuk mencari rute ke tujuan. RREQ akan menyebar ke seluruh node dalam jaringan. Tiap node akan mengirim paket RREQ ke node lain kecuali node tujuan. Kemudian node-node yang menerima RREQ akan mengirim paket route reply (RREP) ke node yang mengirim paket RREQ ke node yang mengirim RREQ tadi. Setelah rute ditemukan node sumber mulai mengirim paket data. Protokol ini menggunakan route cache yang menyimpan semua informasi yang mungkin dari node sumber yang terdapat pada paket data. Route cache juga digunakan saat tahap pembentukan rute.



Gbr. 3 (a) Route discovery (b) Route maintaince (Ijaz,M (2009))

Ketika intermediate node menerima sebuah RREQ yang memuat rute ke node tujuan dalam route cache-nya, maka intermediate node tersebut akan mengirimkan RREP ke node sumber yang berisi seluruh informasi rute dari sumber ke tujuan.

Route maintenance merupakan mekanisme untuk mendeteksi adanya perubahan topologi jaringan yang menyebabkan transmisi paket dari *node* sumber ke *node* tujuan mengalami kegagalan. Hal ini umumnya disebabkan karena salah satu *node* yang terdaftar dalam rute sebelumnya bergerak menjauh dari range *node* yang lain. Saat route maintenance mendeteksi masalah pada rute yang ada, paket *route error* (RERR) akan dikirim pada *node* sumber. Saat RERR diterima, hop ke *node* yang menjauh akan dihilangkan dari *route cache*. Kemudian rute lain yang masih tersimpan di cache akan digunakan. Jika tidak ada rute lagi maka protokol *DSR* akan melakukan proses *route discovery* lagi untuk menemukan rute baru [3].

Kekurangan protokol ini adalah mekanisme pengelolaan rute yang tidak memperbaiki link yang terputus secara lokal. *Delay* setup koneksi juga lebih tinggi dari protokol proaktif [6].

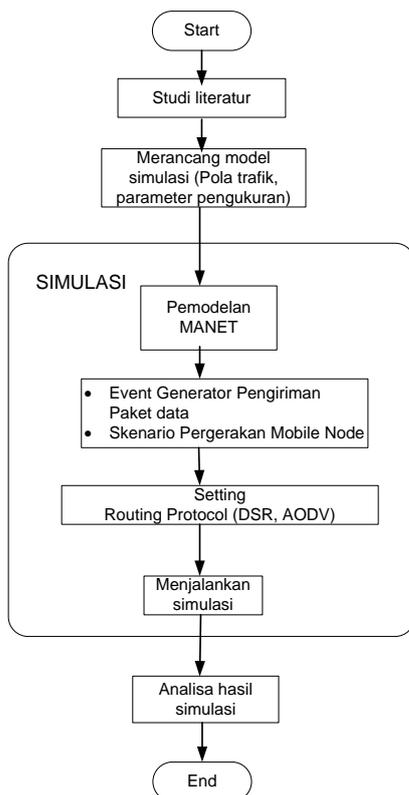
III. METODE PENELITIAN

A. Jalan Penelitian

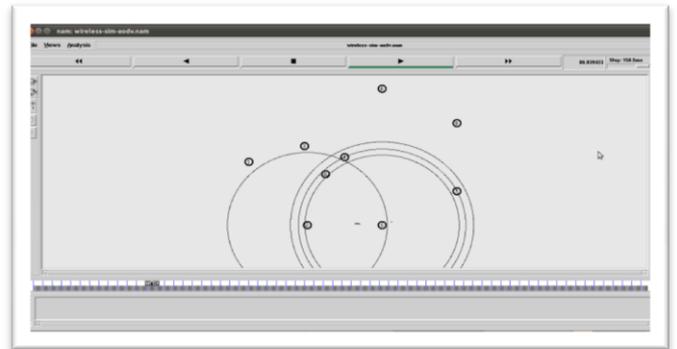
Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian simulasi. Simulator jaringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah NS2. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gbr. 4.

1) *Studi dan pendalaman pustaka*: Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai penelitian/teori-teori yang berkaitan dengan simulasi jaringan ad-hoc, *MANET* secara umum, mekanisme dan jenis-jenis *reactive protocol routing MANET* dan simulasi menggunakan simulator jaringan NS-2.

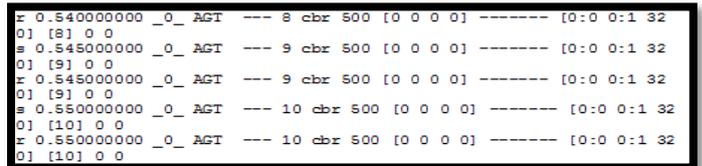
2) *Merancang model simulasi*: Berdasarkan studi literatur, akan dirancang model simulasi yang akan digunakan meliputi pola trafik dan parameter-parameter pengukuran yang telah ditentukan.



Gbr. 4 Diagram Alir Penelitian



Gbr. 5 Network Animator



Gbr. 6 Contoh Trace File

3) *Simulasi*: Membentuk model simulasi berdasarkan hasil perancangan model simulasi dan menjalankan simulasi menggunakan *Network simulator* (NS-2). Diagram alir dalam menjalankan skenario simulasi menggunakan NS2 dapat dilihat pada Gbr. 4. Simulasi dimulai dari menentukan parameter skenario, pola trafik dan pergerakan *node* dalam jaringan dalam bentuk script.

Script selanjutnya akan dieksekusi dan menghasilkan output file berupa network animator (Gbr. 5) berekstensi .nam dan Trace File (Gbr. 6) berekstensi .tr yang akan dianalisis lebih lanjut.

4) *Analisis hasil simulasi*: Output simulasi berupa file trace (*.tr) dan network animator (*.nam) selanjutnya akan dianalisis menggunakan tools seperti Gawk dan Microsoft Excel.

B. Parameter Simulasi

Model simulasi yang digunakan meliputi pemodelan mobilitas, model trafik dan menentukan parameter-parameter pengukuran *QoS* yang akan dianalisis. Parameter simulasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL I
PARAMETER SIMULASI

Parameter	Nilai
Transmission range	250 m
Simulation time	90 detik
Mac Type	802.11
Ukuran area simulasi	800 x 800 (m)
Antena	Omni-directional
Jumlah <i>node ad-hoc</i>	10,20,30,40,50
Jumlah <i>node</i> sumber	1
Model Mobilitas	Random waypoint
Traffic type	Constant bit rate/ UDP
Data rate	11 Mbps (802.11b)
Packet rate	5 packet/detik
Ukuran Paket	512, 1024 bytes
Pause time	5 detik
Maximum speed	5, 10, 15, 20, dan 25m/s
Routing protocol	AODV, DSR
Link Layer	MAC 802.11

Simulasi dilakukan menggunakan skenario jaringan wireless standar IEEE 802.11b dengan frekuensi 2.4 Ghz yang memiliki kecepatan 11 Mbps dan jangkauan 250 m. Jika sebuah *node* lebih dari 250 meter atau di luar jangkauan transmisi, maka *node* tersebut disimpulkan tidak dapat berkomunikasi dengan *node* yang lain. Metode transmisi yaitu metode DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).

C. Pola Trafik

Variasi pola trafik yang akan digunakan dalam mengukur performa *routing protocol* dalam penelitian ini, antara lain :

1) *Kapasitas jaringan (Network Size)*: Merupakan jumlah *node* yang digunakan dalam setiap skenario simulasi. Jumlah *node* akan divariasikan dengan jumlah *node* maksimal 50 *node* dan source *node* sebanyak 1 *node*. Ukuran area simulasi yang digunakan yaitu WLAN dengan luas area 800 meter * 800 meter.

2) *Pergerakan node (Mobility)*: Ditunjukkan dengan waktu berhenti (*pause time*) antara *node* melakukan pergerakan. Model mobilitas yang digunakan adalah *random waypoint*. Model ini menyertakan *pause time* dalam pola pergerakannya dan *node-node* dalam suatu area bergerak secara acak menuju tujuannya dengan distribusi kecepatan antara 0 hingga kecepatan maksimum tertentu (m/s). Pola pergerakan akan diulang pada setiap skenario dengan *pause time* bersifat konstan dan nilai kecepatan maksimum *node* 20 m/s untuk skenario dengan variasi jumlah *node*. *Pause time* ini diukur dalam detik (second). *Pause time* bernilai sama pada setiap skenario yaitu 5 detik [2], yang artinya *node* akan berhenti selama selang waktu 5 detik sebelum melakukan pergerakan selanjutnya. Dalam membuat pola pergerakan *node* dalam simulator NS2 digunakan *setdest* (Lampiran 1). *Setdest* tool mampu meng-generate posisi *node*, kecepatan pergerakan *node* dan arah pergerakan *node*. Tool ini terintegrasi dalam simulator NS2.

3) *Volume trafik*: Menunjukkan jumlah keseluruhan paket data yang ditransmisikan setiap detiknya. *Packet rate* bernilai 5 paket/detik dengan ukuran paket 512 bytes [2], [8], yang artinya setiap detik akan ditransmisikan 5 paket yang berukuran 512 bytes. Jenis trafik data yang digunakan adalah Constant Bit Rate (CBR)/UDP. Dengan pemodelan CBR, berarti setiap sumber trafik yang berada pada suatu jaringan akan mengirimkan datanya secara terus menerus. Tidak menggunakan koneksi TCP karena TCP mengimplementasikan time out dan pengiriman ulang, juga melakukan pengaturan laju pengiriman data yang berhubungan dengan kondisi/kesibukan jaringan. Sumber-sumber TCP akan menyediakan pembentukan load jaringan sehingga tidak mengijinkan kita untuk mengevaluasi semua protokol berdasarkan kondisi trafik yang hampir sama [1].

IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Dalam mengevaluasi dan menganalisis kinerja *reactive routing protocol* pada MANET, dilakukan simulasi menggunakan simulator jaringan NS2 dengan dua skenario utama. Skenario pertama mengukur *routing overhead*, *packet delivery ratio*, rata-rata *delay* dan rata-rata *throughput* berdasarkan variasi ukuran paket dan jumlah *node* yang terhubung untuk tiap *reactive routing protocol* dengan kecepatan maksimum bernilai sama yaitu 20 m/s. Skenario kedua mengukur kinerja *routing* protokol AODV dan DSR dengan memvariasikan ukuran paket dan kecepatan

maksimum *node* pada jaringan dengan jumlah *node* tetap 50 *node*. Parameter yang digunakan dalam simulasi dijelaskan secara detail pada bab 3.

Terdapat satu *node* pengirim data dengan tipe trafik CBR dan satu *node* penerima. Masing-masing *node* memiliki posisi acak (random) dan bersifat mobile (bergerak). Jaringan MANET disesuaikan dengan standar 802.11b (wi-fi) dengan data rate 11Mbps.

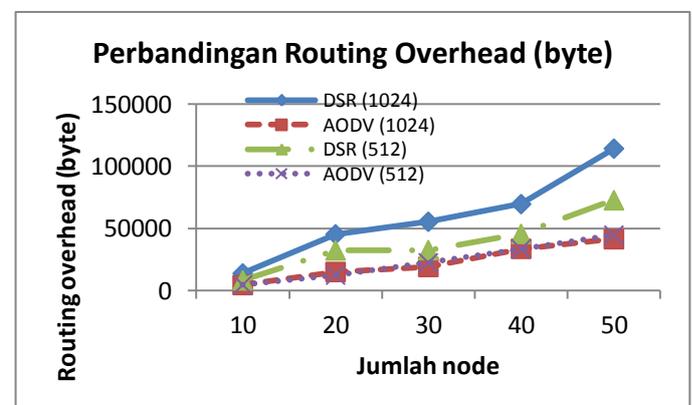
Simulasi berlangsung selama 90 detik dengan luas area simulasi 800x800 meter. Selama simulasi, *node* pengirim akan secara terus-menerus mengirimkan paket data ke *node* penerima yang dipilih secara acak. *Node-node* tertentu di sekitar *node* sumber maupun *node* tujuan akan berfungsi sebagai *router* yang akan bertugas melakukan proses *routing* sesuai dengan mekanisme *protocol routing* yang diterapkan (AODV dan DSR).

A. Perbandingan Routing overhead DSR dan AODV

Routing overhead merupakan merupakan jumlah keseluruhan dari paket *routing* (*route request*, *route reply*, *route error*) yang ditransmisikan selama simulasi. Setiap paket yang di-forward juga dihitung sebagai satu transmisi. Perbandingan *routing overhead* antara protokol *routing* AODV dan DSR dapat dilihat pada Gbr. 7 dan Gbr. 8.

Dari grafik perolehan *routing overhead* (Gbr. 7), dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya jumlah *node* yang terhubung, jumlah *routing overhead* yang dihasilkan kedua *routing* protokol tersebut cenderung meningkat. Peningkatan terjadi karena semakin banyak jumlah *routing* packet yang harus di-broadcast ke setiap *node* yang terhubung.

Rata-rata *routing overhead* DSR pada ukuran data 1024 bytes adalah 59713 bytes, dengan maksimum perolehan *routing overhead* 114355 bytes pada jumlah *node* 50 dan pe Rata-rata *routing overhead* AODV pada ukuran data 1024 bytes adalah 36649 bytes, dengan maksimum perolehan *routing overhead* 65259 bytes pada kecepatan *node* 25m/s dan perolehan minimum 8168 bytes pada kecepatan *node* 5m/s, sedangkan pada skenario dengan ukuran data 512 bytes AODV menghasilkan rata-rata 32405 bytes *routing overhead*, dengan maksimum perolehan *routing overhead* 56537 bytes pada kecepatan *node* 25m/s dan perolehan minimum 6139 bytes pada kecepatan *node* maksimum 5m/s. Perolehan minimum 13816 bytes pada jumlah *node* 10.

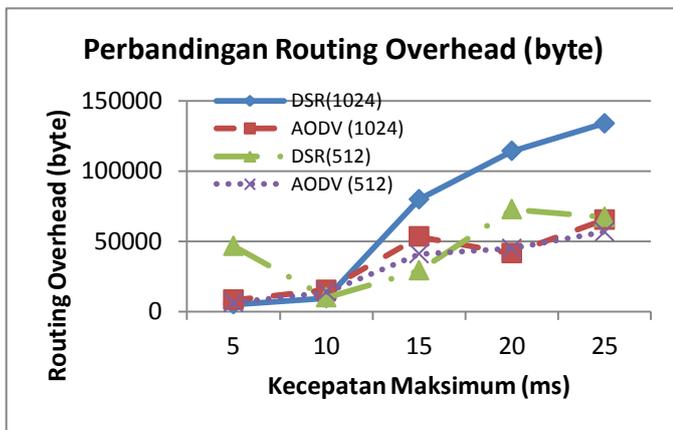


Gbr. 7 Perbandingan *Routing overhead* berdasarkan Jumlah *Node*

Pada skenario dengan ukuran data 512 bytes DSR menghasilkan rata-rata 38303 bytes *routing overhead*, dengan maksimum perolehan *routing overhead* 72782 bytes pada jumlah *node* 50 dan perolehan minimum 8190 bytes pada jumlah *node* 10. Rata-rata *routing overhead* AODV pada

ukuran data 1024 bytes adalah 22703 bytes, dengan maksimum perolehan *routing overhead* 41398 bytes pada jumlah *node* 50 dan perolehan minimum 4468 bytes pada jumlah *node* 10. Pada skenario dengan ukuran data 512 byte *AODV* menghasilkan rata-rata 23546 bytes *routing overhead*, dengan maksimum perolehan *routing overhead* 44744 bytes pada jumlah *node* 50 dan perolehan minimum 4644 bytes pada jumlah *node* 10.

Gbr. 8 merupakan perbandingan *routing overhead* yang diperoleh protokol *DSR* dan *AODV* berdasarkan variasi kecepatan maksimum *node*. Rata-rata *routing overhead* *DSR* pada ukuran data 1024 bytes adalah 68488 bytes, dengan maksimum perolehan *routing overhead* 133971 bytes pada kecepatan *node* 25m/s dan perolehan minimum 4958 bytes pada kecepatan *node* 5m/s, sedangkan pada skenario dengan ukuran data 512 bytes *DSR* menghasilkan rata-rata 45131 bytes *routing overhead*, dengan maksimum perolehan *routing overhead* 72782 bytes pada kecepatan *node* 20 m/s dan perolehan minimum 9894 bytes pada kecepatan *node* 10 m/s.

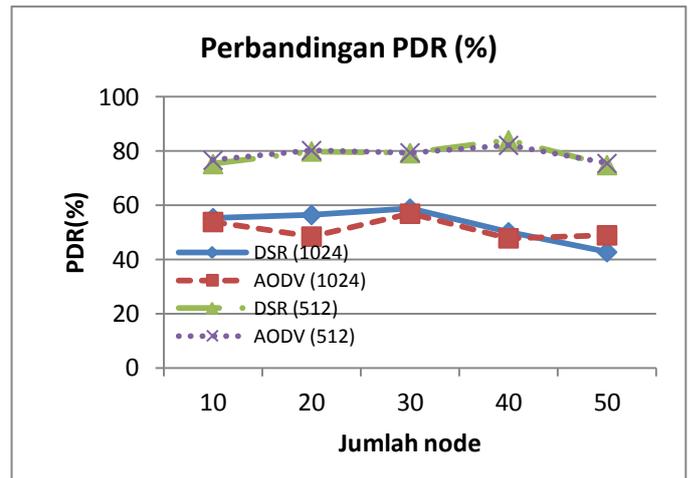


Gbr. 8 Perbandingan *Routing overhead* berdasarkan Kecepatan Maksimum *Node*

Routing overhead *DSR* lebih besar ketika jumlah *node* dan kecepatan maksimum *node* meningkat karena mekanisme *route cache* dari protokol ini yang melakukan maintain multiple route untuk tiap *node* tujuan. Sedangkan mekanisme *AODV* dengan *routing* tabelnya, melakukan maintain satu rute saja untuk setiap tujuan. Semakin banyak *node* yang terhubung semakin banyak pula *routing* paket yang harus dikirimkan *DSR* untuk mengetahui semua rute yang diperlukan ke *node* tujuan.

B. Perbandingan Packet delivery ratio DSR dan AODV

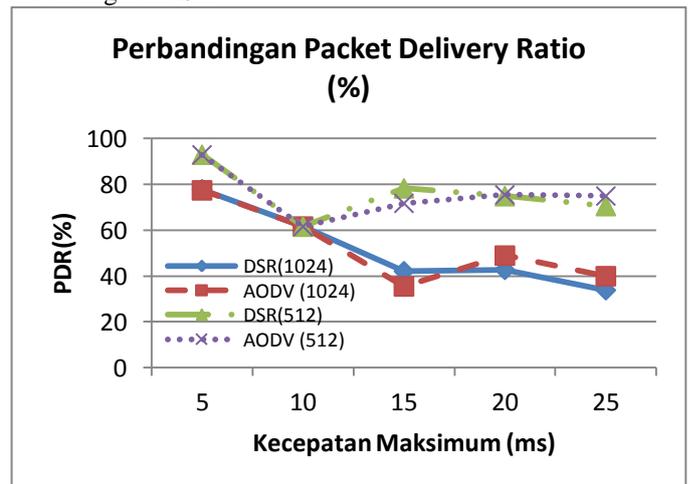
Packet delivery ratio merupakan perbandingan antara paket data yang terkirim (paket data yang diterima oleh *node* tujuan) dengan jumlah paket data yang dikirimkan *node* sumber. Pada setiap skenario simulasi yang dilakukan menunjukkan semakin kecil ukuran paket yang dikirimkan, *Packet delivery ratio* yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar ukuran paket akan membutuhkan waktu transfer yang lebih panjang, dan ketika terjadi perubahan topologi saat transfer data dilakukan, akan terjadi packet drop yang akhirnya mempengaruhi jumlah data yang berhasil dikirimkan.



Gbr. 9 Perbandingan *Packet delivery ratio* berdasarkan Jumlah *Node*

Melalui simulasi berdasarkan variasi jumlah *node* yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa *DSR* memiliki rata-rata rasio *packet delivery* yang tidak terlalu signifikan terhadap protokol *AODV*, yaitu sebesar 52,68% dan mengalami rata-rata penurunan sebesar 3,13% untuk setiap pertambahan 10 *node* pada ukuran data 1024 byte sedangkan *AODV* menghasilkan rata-rata PDR 51,23% dan mengalami rata-rata penurunan sebesar 1,55% untuk setiap pertambahan 10 *node*. Pada skenario dengan ukuran data 512 byte, *AODV* menghasilkan rata-rata PDR untuk setiap variasi *node*, yaitu sebesar 78,8% dengan penurunan 0,28% untuk setiap pertambahan 10 *node*, sedangkan *DSR* menghasilkan rata-rata 78,69% dengan penurunan 0,09% untuk setiap pertambahan 10 *node*. Grafik perbandingan PDR antara protokol *DSR* dan *AODV* berdasarkan variasi jumlah *node* dapat dilihat pada Gbr. 9.

Selisih perbandingan kedua protokol ini pada jaringan dengan ukuran paket data 512 byte tidak terlalu signifikan, berbeda dengan pada ukuran paket 1024 byte. Dari Gbr. 9 dapat dilihat bahwa ketika jumlah *node* meningkat, *AODV* memperoleh *Packet delivery ratio* yang lebih besar dibandingkan *DSR*.



Gbr. 10 Perbandingan *Packet delivery ratio* berdasarkan Kecepatan Maksimum *Node*

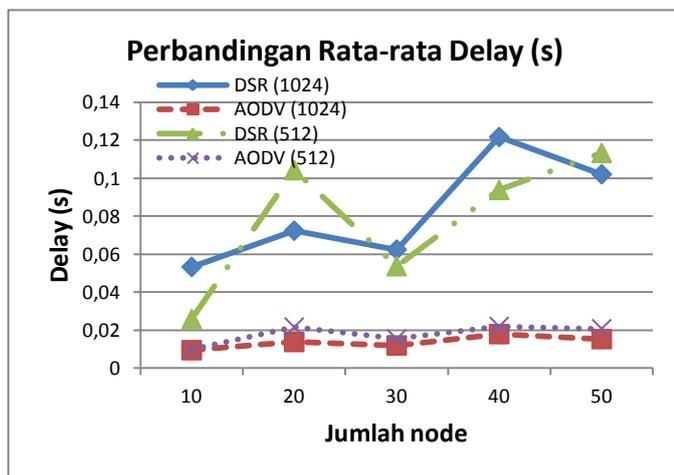
Melalui simulasi berdasarkan variasi kecepatan maksimum *node* yang dilakukan seperti yang dapat dilihat pada Gbr. 10, perolehan rata-rata rasio *packet delivery* *DSR* tidak terlalu jauh berbeda dengan *Packet delivery ratio* pada protokol *AODV*, yaitu sebesar 51,67% dan mengalami rata-rata penurunan sebesar 11,01% untuk setiap pertambahan kecepatan pada ukuran data 1024 byte, sedangkan *AODV*

menghasilkan rata-rata PDR 52,71% dan mengalami rata-rata penurunan sebesar 9,368% untuk setiap pertambahan kecepatan *node*. Pada skenario dengan ukuran data 512 *byte*, AODV menghasilkan rata-rata PDR sebesar 75,38% dengan penurunan 4,5% untuk pertambahan kecepatan, sedangkan DSR menghasilkan rata-rata 75,697% dengan penurunan 5,6%.

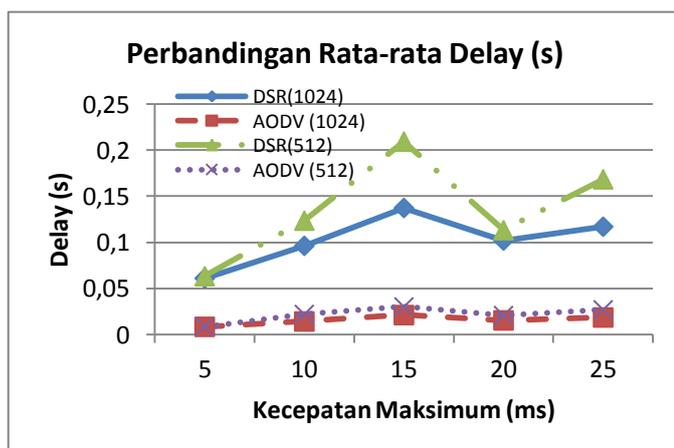
Dari Gbr. 10 dapat disimpulkan bahwa AODV menunjukkan performa yang lebih baik dari DSR ketika ukuran paket lebih besar dan kecepatan *node* meningkat. Hal ini disebabkan karena, ketika *node* bergerak lebih cepat, jaringan akan semakin rentan terhadap terjadinya path break. Dibutuhkan protokol yang mampu melakukan maintenance path secara cepat, sehingga packet drop yang terjadi bisa diminimalisir.

C. Perbandingan Rata-rata Delay DSR dan AODV

Rata-rata *delay* merupakan rata-rata waktu yang diperlukan mulai dari paket dikirimkan oleh *node* sumber sampai paket data tersebut berhasil diterima *node* tujuan. Dari hampir semua simulasi yang dilakukan DSR memiliki rata-rata *delay* yang lebih besar dibandingkan AODV. Perbandingan *delay* antara protokol DSR dan AODV berdasarkan variasi jumlah *node* dapat dilihat pada Gbr. 11.



Gbr. 11 Perbandingan Rata-rata Delay berdasarkan Jumlah Node



Gbr. 12 Perbandingan Rata-rata Delay berdasarkan Kecepatan Maksimum Node

Berdasarkan Gbr. 11, pada ukuran paket data 1024 *byte* dengan variasi jumlah *node*, DSR menghasilkan *delay* antara 0,05-0,12 detik, sedangkan AODV 0,009-0,017 detik dengan selisih rata-rata yang dihasilkan 0,0687 detik untuk setiap variasi *node*. Pada ukuran paket data 512 *byte* DSR memiliki rata-rata *delay* 0,02-0,11 detik, sedangkan AODV 0,009-0,022

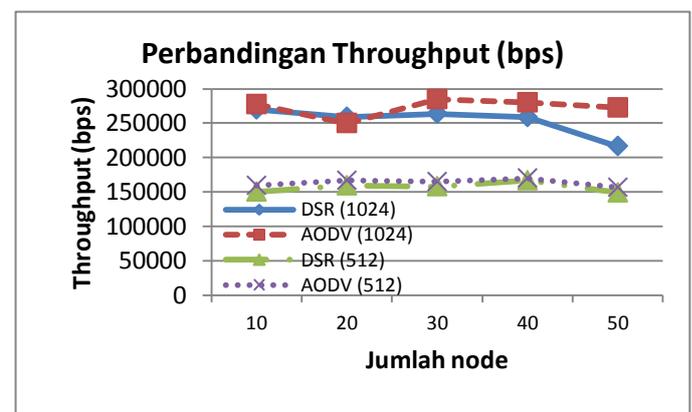
detik dengan selisih rata-rata yang dihasilkan 0,0602 detik untuk setiap variasi *node*. Semakin besar ukuran paket data yang dikirimkan, semakin bertambah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman.

Meskipun memiliki rata-rata *delay* yang diperoleh AODV lebih kecil meskipun ukuran paket yang dikirimkan diperbesar, *Packet delivery ratio* yang diperoleh justru menurun. Itu berarti banyaknya paket dropping yang terjadi ketika ukuran paket data diperbesar. Rata-rata *delay* pun meningkat seiring bertambahnya jumlah *node*.

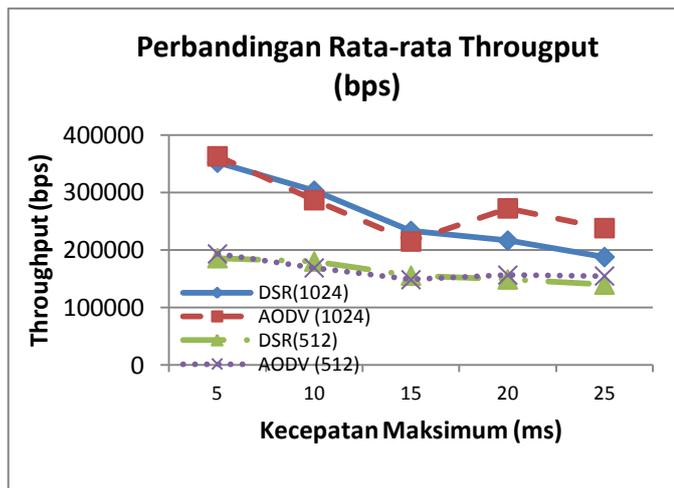
Pada setiap skenario dengan variasi kecepatan maksimum *node* seperti yang dapat dilihat pada Gbr. 12, DSR memiliki rata-rata *delay* yang jauh lebih tinggi dibandingkan AODV. Pada skenario dengan ukuran paket data 1024 *byte*, DSR menghasilkan *delay* antara 0,06-0,13 detik, sedangkan AODV 0,008-0,021 detik dengan selisih rata-rata yang dihasilkan 0,087 detik untuk setiap variasi kecepatan *node*. Pada ukuran paket data 512 *byte* DSR memiliki rata-rata *delay* 0,06-0,21 detik, sedangkan AODV 0,008-0,03 detik dengan selisih rata-rata yang dihasilkan 0,11 detik untuk setiap variasi kecepatan *node*. AODV lebih stabil meskipun kecepatan maksimum *node* meningkat.

D. Perbandingan Rata-rata Throughput DSR dan AODV

Rata-rata *throughput* merupakan rata-rata jumlah *byte* yang berhasil dikirim pada suatu jaringan dalam satuan waktu. Pada hampir setiap skenario yang disimulasikan, AODV memiliki rata-rata *throughput* lebih besar dibandingkan protokol DSR dengan rata-rata *throughput* 272824,5 bps pada ukuran paket data 1024 *byte* dan 163440,9 bps pada ukuran paket data 512 *byte* sedangkan DSR memiliki rata-rata *throughput* 253453,8 bps untuk ukuran paket data 1024 *byte* dan 163440,9 bps dalam skenario dengan ukuran paket data 512 *byte*. Perbandingan jumlah *throughput* antara DSR dan AODV pada skenario dengan variasi jumlah *node* dapat dilihat pada Gbr. 13. Berdasarkan Gbr. 13 dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran data yang dikirimkan, semakin besar pula *throughput* yang dihasilkan. Itu artinya jaringan masih mampu mem-buffer paket sebelum dikirimkan ke *node* tujuan, meskipun ketika jumlah *node* bertambah, penurunan jumlah *throughput* tidak bisa dihindari.



Gbr. 13 Perbandingan Rata-rata Throughput berdasarkan Jumlah Node



Gbr. 14 Perbandingan Rata-rata *Throughput* berdasarkan Kecepatan Maksimum *Node*

Perbandingan rata-rata *throughput* antara protokol *AODV* dan *DSR* berdasarkan kecepatan maksimum *node* dapat dilihat pada Gbr. 14. Pada hampir setiap skenario yang disimulasikan, *AODV* memiliki rata-rata *throughput* lebih besar dibandingkan protokol *DSR*, dengan rata-rata *throughput* 274989,3761 bps pada ukuran paket data 1024 *byte* dan 164485,9383 bps pada ukuran paket data 512 *byte* sedangkan *DSR* memiliki rata-rata *throughput* 258505,7582 bps untuk ukuran paket data 1024 *byte* dan 162174,2693 bps dalam skenario dengan ukuran paket data 512 *byte*. Rata-rata *throughput* mengalami penurunan ketika kecepatan *node* maksimum meningkat. Pada ukuran paket data 1024 *byte*, *AODV* mengalami penurunan rata-rata 31174,8 bps sedangkan *DSR* 40954,4 bps. Pada jaringan dengan ukuran paket data 512 *byte*, *AODV* mengalami penurunan *throughput* rata-rata sebesar 9591,41 bps, sedangkan *DSR* 11472 bps.

Berdasarkan hasil simulasi, dapat diketahui bahwa *AODV* menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan *DSR* berdasarkan perolehan *delay* dan jumlah *routing overhead* pada hampir semua skenario simulasi yang digunakan.

Dari segi jumlah *throughput* yang dihasilkan, performa *AODV* tetap stabil ketika jumlah *node* mengalami peningkatan (skenario dengan 40 dan 50 *node*), sedangkan *DSR* menunjukkan performa yang lebih baik pada jaringan dengan jumlah *node* yang lebih sedikit dan ketika kecepatan maksimum *node* di bawah 15ms. Demikian pula dari segi jumlah *Packet delivery ratio* yang dihasilkan. *AODV* menghasilkan PDR yang lebih besar ketika jumlah *node* mulai meningkat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- *AODV* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan *DSR* dari segi *throughput*, PDR, dan perolehan *routing overhead* di saat jaringan semakin padat (jumlah *node* yang lebih dari 20 *node*) dan saat pergerakan *node* semakin cepat. Hal ini disebabkan karena ketika *node* bergerak lebih cepat, jaringan akan semakin rentan terhadap terjadinya path break. *DSR* yang menggunakan mekanisme *route cache*, akan mengirimkan paket dengan header yang memuat setiap perubahan rute yang terjadi. Ukuran paket yang besar bisa menurunkan performa protokol ini.
- Semakin besar ukuran paket data yang dikirimkan, semakin besar pula jumlah *throughput* yang diperoleh masing-masing protokol.
- *Delay DSR* lebih tinggi dibandingkan *AODV* pada semua skenario, karena itu protokol ini tidak direkomendasikan bagi *MANET* dengan kebutuhan akan *delay* yang rendah. *Delay* dipengaruhi oleh ukuran data yang dikirimkan, jumlah *node* yang terhubung dalam jaringan serta kecepatan masing-masing *node*.
- *DSR* memiliki performa yang lebih baik dari *AODV* pada jaringan dengan jumlah *node* yang sedikit (10-30 *node*) dan pada jaringan dengan kecepatan pergerakan *node* rendah.

REFERENSI

- [1] Imawan, D. (2009). "Analisis Kinerja Pola-Pola Trafik Pada Beberapa Protokol *Routing* Dalam Jaringan *MANET*", Institut Teknologi Sepuluh November.
- [2] Godder, T; Hossain, M; Rahman, M; Miah, M; Mondal, S. (2011). "Performance Comparison And Analysis Of Mobile Ad Hoc *Routing protocols*", Computer Science & Engineering: An International Journal (CSEIJ), Vol.1, No.1, April 2011.
- [3] Johnson, D. (2007). "The Dynamic Source *Routing protocol* (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4", Microsoft Research February 2007 (RFC 4728) : <http://tools.ietf.org/html/RFC4728>. Diakses 8 Juli 2011.
- [4] Kapoor, C; Sharma, G. (2011). "To Improve The Qos In *MANETs* Through Analysis Between *Reactive* And *Proactive Routing protocols*", Computer Science & Engineering: An International Journal (CSEIJ), Vol.1, No.3, August 2011.
- [5] Kopp, C. (2002). "Ad hoc Networking", Background Article, Published in 'System', p.33-40.
- [6] Murthy, C; Manoj, B S. (2004). "Ad-hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols", Pearson Education Inc, Upper Saddle River, New Jersey.
- [7] Perkins, C; Belding-Royer, E; Das, S. (2002). "Ad hoc On-Demand Distance Vector *Routing*", IETF *MANET* Draft, Charles E. Perkins, Ad Hoc Networking, ISBN 0-201-30976-9 February 2003.
- [8] Rath, S. (2009). "Study of Performance of *Routing protocols* for Mobile Adhoc Networking in NS2". National Institute of Technology, Rourkela
- [9] Royer, E; Toh, C. (1999). "A Review of Current *Routing protocols* for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks", IEEE Personal Communications, April 1999 Volume: 6 Issue:2, page(s): 46 – 55.
- [10] Sari, R.; Syarif, A; Budiardjo, B. (2008), "Analisis Kinerja Protokol *Routing* Ad Hoc On-Demand Distance Vector (*AODV*) pada Jaringan Ad Hoc Hybrid: Perbandingan Hasil Simulasi Dengan NS2 dan Implementasi pada Testbed dengan PDA, "MAKARA, TEKNOLOGI VOL.12, NO. 1, hal 7-18.