

Adaptasi Dinamis Protokol Routing AODV Menggunakan Distributed Routing pada Mobile Ad Hoc Networks untuk Sistem Komunikasi Kapal Perang

Shelvi Eka Tassia^{1*} dan Gamantyo Hendranto²

Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia

*e-mail: tassiashelvieka@yahoo.co.id

Abstrak

Komunikasi pada operasi militer dikenal dengan istilah komunikasi taktis memiliki kebutuhan yang sangat tinggi dalam hal mobilitas, keamanan, kebutuhan anti-jaming, topologi yang dinamis, *bandwidth* serta jarak transmisi yang pendek. Selain itu, komunikasi taktis mendukung operasi militer yang berada dikawasan yang tidak memiliki jaringan infrastruktur yang tetap. Teknologi yang sesuai untuk mendukung kinerja jaringan taktis yaitu teknologi *mobile ad hoc networks* (MANETs). Karakteristik node pada MANETs yang memiliki sifat yang dinamis akan berpengaruh secara signifikan terhadap susunan topologi jaringan. Dalam taktikal MANETs, permasalahan yang terjadi adalah mengenai kerentanan terhadap perubahan topologi jaringan akibat adanya mobilitas node. Paper ini fokus pada salah satu varian dari *routing* reaktif, yaitu *Ad-hoc on demand distance vector* (AODV). AODV membangun rute hanya jika ada permintaan (*on demand*), sehingga tidak membebani jaringan. Namun protokol *routing* ini harus melakukan *route discovery* kembali jika ingin membangun rute baru ke tujuan apabila topologi jaringan berubah akibat mobilitas node. Algoritma *distributed routing* yang diusulkan dalam paper ini adalah penambahan rute alternatif pada protokol *routing* AODV yang sebelumnya hanya memiliki satu rute untuk satu tujuan pengiriman data. Berdasarkan hasil simulasi penambahan algoritma pada AODV menghasilkan *end-to-end delay* yang lebih rendah, *throughput* yang lebih tinggi, serta kemampuan adaptasi yang dinamis (*dynamic adaptability*) naik dua kali lipat, tetapi penambahan *routing overhead* yang signifikan jika dibandingkan dengan AODV.

Abstract

Dynamic Adaptability of AODV Routing Protocol Using Distributed Routing in Mobile Ad Hoc Networks for Tactical Communication Systems of Battleship. Communications on military operations known as tactical communications have very high requirements in terms of mobility, security, resistant to jamming, dynamic topology, bandwidth and transmission distance is short. In addition, tactical communications support military operations that are region which does not have a fixed network infrastructure. Appropriate technology to support the tactical network performance technology is mobile ad hoc networks (MANETs). Characteristics of the nodes in the MANET has dynamic properties will significantly influence the composition of the network topology. In tactical Mobile Ad Hoc Networks, problems occurred is the vulnerability to changes in the network topology due to node mobility. This paper focuses on one variant of the reactive routing, ad-hoc on demand distance vector (AODV). AODV build route only if there is demand (on demand), so it does not overload the network. However, this routing protocol must perform route discovery back if it wants to build a new route to the destination when the network topology changes due to node mobility. Distributed routing algorithm proposed in this paper is the addition of an alternative route in AODV routing protocol which previously only had one route to the destination data delivery. Based on the simulation results of the addition algorithm in AODV generate end-to - end delay is lower, higher throughput, and dynamic adaptability (dynamic adaptability) more than doubled, but the addition of routing overhead is significant when compared to AODV.

Keywords: tactical communications, MANET, node mobility, distributed routing, AODV

1. Pendahuluan

Peran jaringan komunikasi dalam operasi militer terus mengalami perkembangan dan menjadi sangat penting,

terutama untuk misi seperti operasi khusus, komando dan kontrol, serta logistik, yang semuanya bergantung pada jaringan komunikasi. Jaringan komunikasi pada operasi militer atau yang dikenal dengan istilah sistem

komunikasi taktis ini berbeda dengan jaringan komersial pada umumnya. Perbedaan antara kedua jaringan komunikasi ini terletak pada kendala keamanan, kebutuhan anti-jamming, mobilitas *user*, topologi yang dinamis, serta jarak transmisi yang pendek [1,2], yang keseluruhannya harus dimiliki oleh sistem komunikasi pada militer. Selain itu, sistem komunikasi taktis dibutuhkan untuk mendukung operasi militer yang berada di kawasan yang tidak memiliki infrastruktur yang tetap, sehingga sistem komunikasi ini lebih kompleks jika dibandingkan dengan jaringan komunikasi komersial pada umumnya.

Teknologi yang sesuai dan dapat mendukung kinerja sistem komunikasi taktis ini adalah Mobile Ad Hoc Networks (MANETs) [1] [3]. MANET terdiri dari mobile platform (router atau perangkat *wireless*) yang disebut sebagai "node" yang bebas berpindah kemana saja. Teknologi MANET merupakan jaringan *wireless multihop* untuk node yang bergerak tanpa adanya jaringan infrastruktur yang tetap [4]. Node yang berada dalam jangkauan *wireless* dapat berkomunikasi secara langsung, sedangkan *node* yang berada diluar jangkauan *wireless* harus berkomunikasi menggunakan rute multihop melalui *node* lain yang berada dalam jaringan [5].

MANET memiliki sifat yang dapat membentuk diri sendiri (*self-forming*) dan melakukan penyembuhan (*self-healing*), dalam arti setiap unit yang berwenang dapat bergabung, meninggalkan, dan bergabung kembali kedalam jaringan MANET tanpa adanya intervensi manual. Sifat MANET inilah yang sangat menguntungkan bagi sistem komunikasi militer [6].

MANET memainkan peranan penting dalam jaringan militer taktis dimasa yang akan datang karena dianggap sebagai dasar untuk mewujudkan *global information grid* (GIG) dan visi dari jaringan peperangan sentrik. Untuk operasi militer, MANET yang ideal harus memiliki sistem keanggotaan yang bersifat dinamis, tetapi tetap terbatas untuk keanggotaan yang memiliki kewenangan saja. MANET dapat terhubung ke GIG atau dapat beroperasi sendiri, tergantung pada misi dan lingkungan, tanpa adanya perubahan kinerja ataupun kemampuan fungsionalitas. Hal ini dibuktikan dengan adanya program-program seperti *joint tactical radio system* (JTRS) dan *warrior information network-tactical* (WIN-T) [7].

Karakteristik *node* pada MANET yang memiliki sifat yang dinamis, yaitu dapat berpindah kemana saja akan berpengaruh secara signifikan terhadap susunan topologi dalam suatu jaringan komunikasi. Dalam taktikal MANET, permasalahan yang terjadi yaitu mengenai kerentanan terhadap perubahan topologi jaringan akibat adanya mobilitas *node*. Perubahan posisi *node* dalam jaringan dapat disebabkan karena adanya

node yang rusak atau hancur, ataupun karena adanya *node* yang bergerak menjauhi rute awal. Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu mengenai protokol routing yang cocok digunakan di taktikal MANET.

Paper ini fokus pada salah satu varian dari protokol routing reaktif, yaitu *ad-hoc on demand distance vector* (AODV). AODV adalah on-demand routing dimana algoritma ini akan membangun rute antara *node* hanya apabila diinginkan oleh *source node*. AODV memelihara rute tersebut sepanjang masih dibutuhkan oleh *source node*. Di dalam AODV setiap *node* bertanggung jawab untuk memelihara informasi rute yang telah disimpan di dalam tabel *routing*-nya. Pada saat pengiriman data apabila terjadi perubahan topologi yang mengakibatkan suatu *node* tidak dapat dituju dengan menggunakan informasi rute yang ada tabel *routing*, maka suatu *node* akan mengirim *route error packet* (RRER) ke *node* tetangganya dan *node* tetangganya akan mengirim kembali RRER demikian seterusnya hingga menuju *node* sumber dan *node* sumber harus membangun rute baru ke tujuan apabila topologi jaringan berubah akibat mobilitas *node* [8].

Algoritma *distributed routing* yang diusulkan dalam paper ini adalah penambahan rute alternatif pada protokol routing AODV yang sebelumnya hanya memiliki satu rute untuk satu tujuan pengiriman data. Sehingga jika terjadi kerusakan rute akibat mobilitas *node*, proses pengiriman data masih bisa dilakukan dengan menggunakan rute alternatif yang terdapat pada tabel routing AODV, tanpa harus melakukan proses *route discovery* kembali. Algoritma ini diharapkan mampu meningkatkan kinerja jaringan, khususnya dalam hal adaptasi terhadap perubahan topologi jaringan (*dynamic adaptability*).

2. Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari penjelasan mengenai algoritma *distributed routing* yang diterapkan pada AODV dan desain simulasi yang dilakukan.

Distributed routing pada AODV. Protokol *routing* AODV konvensional hanya menyediakan satu rute untuk pengiriman paket data dari *node* sumber ke *node* tujuan. Pergerakan *node* dalam MANET akan membuat topologi jaringan dapat berubah sewaktu-waktu yang dapat mengakibatkan putusnya jalur komunikasi. Pada protokol routing AODV, putusnya rute komunikasi antara *node* sumber dan *node* tujuan dapat mengakibatkan loss pada paket data ataupun paket *routing* yang terlibat dalam proses pencarian rute (*route discovery*).

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, ketika *node* S akan mengirimkan paket ke *node* D, *node* S akan

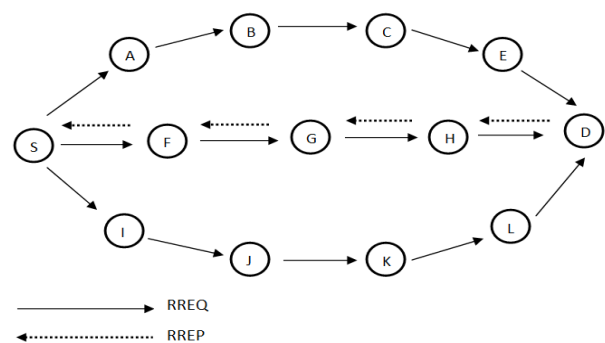
melakukan proses *route discovery* terlebih dahulu dengan membroadcast paket RREQ ke *node* tetangga yang terdekat. Jika *node* tetangga tersebut memiliki informasi mengenai *node* tujuan, maka *node* tersebut akan mem-broadcast paket RREP. Tetapi jika tidak, *node* tersebut akan mem-broadcast ulang RREQ ke *node* tetangga yang terdekat dengannya setelah menambahkan nilai *hop counter*. Jalur RREQ yang pertama kali mencapai *node* D akan disimpan sebagai jalur reverse (jalur balik), yaitu jalur S-F-G-H-D. Setelah *node* D menerima RREQ, *node* tersebut akan segera membroadcast RREP dan dikirimkan melalui jalur reverse yang telah terbentuk (D-H-G-F-S), dan proses pengiriman paket data dapat segera dilakukan. Proses pemilihan rute tetap berdasarkan pada nilai *sequence number* dan *hop count* yang ada pada AODV konvensional. Tetapi, pada saat salah satu *node* (*node* F) bergerak menjauhi rute utama ketika proses pengiriman paket data berlangsung, rute atau jalur yang telah terbentuk sebelumnya akan terputus. Pada AODV konvensional, ketika terjadi kerusakan jalur akibat mobilitas *node*, protokol *routing* ini harus melakukan proses pencarian rute (*route discovery*) kembali. Proses pencarian rute kembali ini akan menghasilkan *delay* yang besar, sehingga berakibat pada kurangnya kemampuan adaptasi protokol *routing* terhadap perubahan topologi jaringan. Gambar 2 menunjukkan terputusnya rute dari sumber ke tujuan akibat adanya perpindahan *node*.

Dengan menggunakan algoritma *distributed routing* yang diusulkan pada makalah ini, protokol *routing* AODV akan memiliki beberapa rute alternatif untuk pengiriman paket data. Ketika terjadi perubahan topologi yang disebabkan oleh pergerakan *node* dan menyebabkan rute utama terputus, *node* sumber tidak akan melakukan proses *route discovery* kembali, melainkan menggunakan rute alternatif yang telah tersedia dalam tabel *routing* dari masing-masing *node*. Proses pemilihan rute alternatif sama halnya dengan pemilihan rute utama, yaitu berdasarkan nilai *sequence number* dan *hop count*. Ketika *intermediate node* menerima lebih dari satu RREP, maka tabel *routing* dari *node* tersebut akan di-*update*. Jika *destination sequence number* pada paket RREP yang baru lebih besar daripada *sequence number* RREP yang ada pada tabel *routing*, maka *node* tersebut akan menghapus paket RREP yang lama dan menggantikannya dengan paket RREP yang baru. Hal ini menunjukkan adanya rute yang lebih baru. Sebaliknya, jika nilai *hop count* pada paket RREP yang baru lebih kecil daripada nilai *hop count* RREP yang ada pada tabel *routing*, hal ini menunjukkan rute yang lebih pendek. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa, ketika rute awal terputus akibat perpindahan *node* menjauhi rute utama (*node* F), proses pengiriman paket dapat langsung dialihkan ke rute alternatif lain, yaitu S-A-B-C-D yang telah disimpan sebelumnya dalam tabel *routing node* sumber.

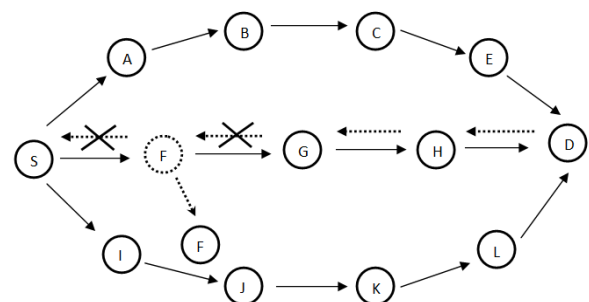
Penggunaan rute alternatif akan menghasilkan *delay* yang lebih kecil dan meningkatkan kemampuan protokol *routing* untuk dapat beradaptasi terhadap perubahan jaringan akibat mobilitas *node*.

Desain simulasi. Untuk mengevaluasi kinerja dari *distributed routing* pada AODV yang diusulkan dalam makalah ini, desain simulasi menggunakan Network Simulator 2 (NS-2) yang umum digunakan dalam mendesain jaringan komunikasi ad hoc dan dijalankan pada operating system Ubuntu.

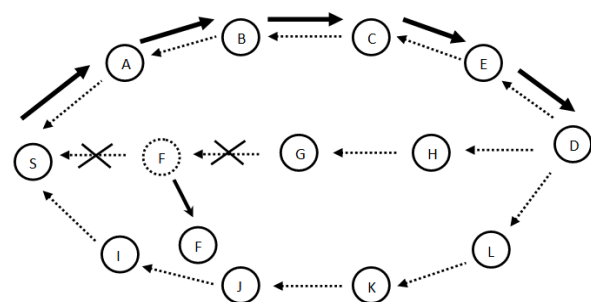
Algoritma *distributed routing* pada AODV ini dirancang untuk dapat diterapkan pada sistem komunikasi kapal perang, sehingga konfigurasi sistem yang digunakan disesuaikan dengan kondisi sebenarnya dilapangan (Tabel 1).



Gambar 1. Broadcast RREQ dan RREP



Gambar 2. Putusnya Rute Akibat Mobilitas Node



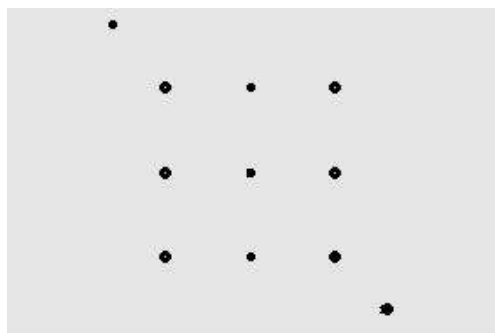
Gambar 3. Rute Alternatif

Tabel 1. Konfigurasi Sistem Simulasi

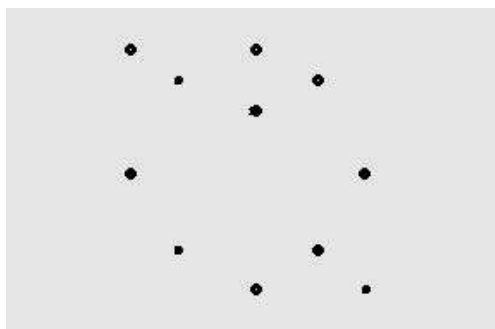
Parameter	Jenis
Frekuensi	VHF
Antena	Omnidirectional
Network	Ad Hoc
Model Propagasi	TwoRay
MAC	802.11

Tabel 2. Parameter Simulasi

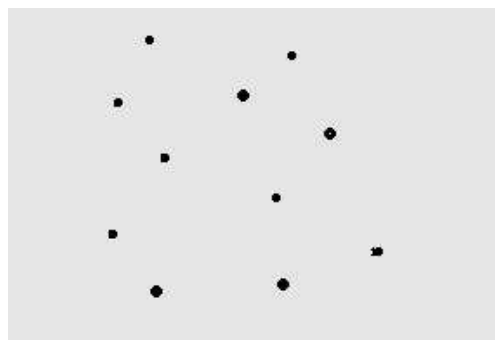
Parameter	Jenis
Jumlah <i>Node</i>	11
Jenis <i>Node</i>	Fixed dan Mobile <i>Node</i>
Ukuran topologi	600x600 m
Kecepatan <i>node</i>	10 m/s, 20 m/s, 30 m/s
Trafik sumber	CBR
Ukuran paket	1000
Protokol <i>routing</i>	AODV



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. (a) (b) (c) Desain Topologi Jaringan

Simulasi menggunakan tiga jenis topologi jaringan yang berbeda seperti pada Gambar 4, dengan area simulasi 600x600 meter. Jumlah *node* pada masing-masing topologi adalah 11 *node*, terdiri dari fixed *node* dan mobile *node*. Kecepatan *node* untuk setiap simulasi berbeda, yaitu 10 m/s, 20 m/s dan 30 m/s. Kecepatan *node* ini dikonversi dari kecepatan kapal perang sebenarnya, yaitu antara 15 knots untuk kecepatan ekonomis dan 40 knots untuk kecepatan maksimum. Dalam simulasi pada NS2, jangkauan transmisi antara *node* atau jarak maksimum antar *node* untuk dapat berkomunikasi adalah 250 m dengan jarak interferensi 550 m. Trafik yang digunakan adalah CBR yang dibangkitkan pada protokol UDP. Paket CBR berukuran 1000 byte. Jenis pergerakan *node* menggunakan model random waypoint model. Ringkasan parameter simulasi untuk ketiga jenis topologi ditunjukkan pada Tabel 2.

Variabel pengukuran: (a) Dynamic Adaptability: Kemampuan protokol *routing* untuk dapat beradaptasi terhadap perubahan topologi jaringan. Pengukuran kemampuan adaptasi dinamis ini bergantung pada parameter *route acquisition time* dan *throughput*; (b) *Route acquisition time* : Waktu yang dibutuhkan *node* sumber untuk menemukan rute ke *node* tujuan; (c) *Throughput* : Jumlah bit yang diterima dalam selang waktu tertentu; (d) *End-to-end delay* : Waktu suatu paket data untuk mencapai tujuan, termasuk delay buffer, delay re-transmisi, dan delay propagasi; (e) *Routing overhead* : Jumlah paket *routing* yang ditransmisikan selama proses simulasi berlangsung.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik menunjukkan perbandingan antara protokol *routing* AODV konvensional dan protokol *routing* AODV+ *Distributed Routing*.

End-to-End Delay. Nilai *end-to-end delay* pada protokol *routing* AODV yang menggunakan algoritma *distributed routing* lebih kecil dibandingkan protokol *routing* AODV konvensional seperti pada Gambar 5. Perbaikan nilai *end-to-end delay* disebabkan karena adanya rute alternatif yang disediakan oleh algoritma *distributed routing*, sehingga ketika terjadi kerusakan rute, *node* sumber tidak harus melakukan proses *route discovery* kembali. Perbedaan nilai *end-to-end delay* untuk setiap kecepatan pada protokol *routing* AODV yang menggunakan algoritma *distributed routing* tidak terlalu jauh berbeda, jika dibandingkan dengan AODV konvensional.

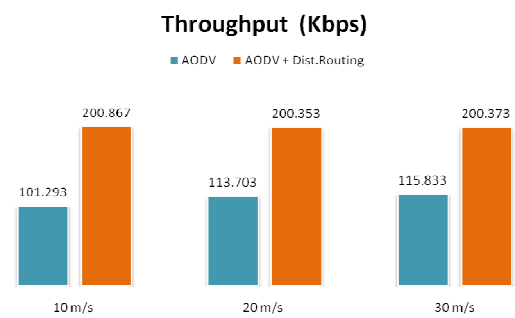
Throughput. Meningkatnya kecepatan *node* pada protokol *routing* AODV konvensional, menyebabkan kenaikan nilai *throughput*. Semakin cepat *node* bergerak, maka perubahan topologi akan semakin sering terjadi, dan proses pencarian rute baru akibat terputusnya rute

utama akan lebih cepat dilakukan. *Throughput* yang dihasilkan oleh protokol *routing* AODV yang menggunakan *distributed routing* lebih besar karena adanya rute alternatif yang dimiliki oleh *node* sumber. Karena adanya rute tersebut, jalur *forward* yang terputus dapat diminimalisasi, Gambar 6 menunjukkan perbandingan nilai *throughput* antara AODV konvensional dan AODV *distributed routing*.

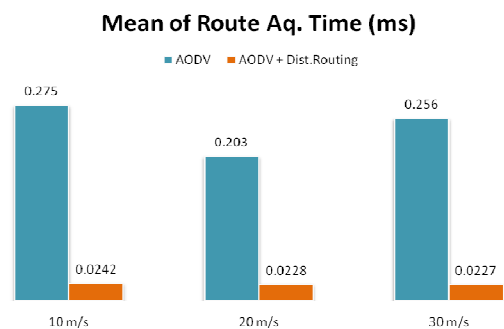
Route acquisition time. Rute alternatif yang terdapat pada tabel *routing node* sumber dapat mengurangi waktu pencarian rute baru akibat terputusnya rute utama. Ketika rute utama terputus akibat mobilitas *node*, *node* sumber tidak langsung melakukan proses *route discovery*, tetapi menggunakan rute alternatif yang telah disediakan sebelumnya. Hal ini dapat meminimalisasi waktu *route acquisition node* sumber. Kecepatan *node* dapat mempengaruhi nilai *route acquisition*. Pada protokol *routing* AODV konvensional, nilai *route acquisition time* lebih baik pada kecepatan 20 m/s. Sedangkan variasi waktu antara kecepatan pada protokol *routing* AODV yang menggunakan *distributed routing* tidak terlalu besar, seperti pada Gambar 7.

Dynamic adaptability. Kemampuan beradaptasi (*dynamic adaptability*) bergantung pada nilai pengukuran *throughput* dan *route acquisition time*. Protokol *routing* AODV yang menggunakan *distributed routing* memiliki nilai *throughput* yang besar dan waktu *route acquisition* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan protokol *routing* AODV konvensional. Hal ini menyebabkan kemampuan adaptasi terhadap perubahan topologi jaringan akibat mobilitas *node* pada protokol *routing* AODV yang menggunakan *distributed routing* jauh lebih besar. Semakin tinggi kecepatan *node*, maka kemampuan beradaptasinya akan semakin besar. Gambar 8 merupakan perbandingan nilai *dynamic adaptability*.

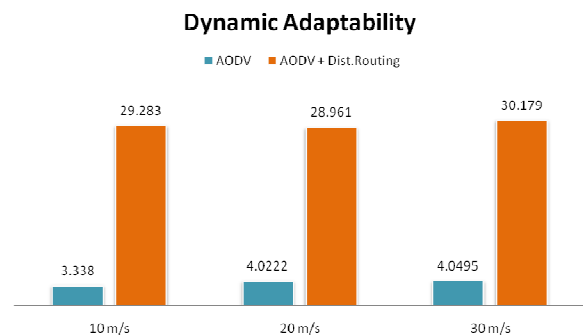
Routing overhead. Untuk nilai parameter *routing overhead*, protokol *routing* AODV yang menggunakan *distributed routing* memiliki nilai dua kali lebih besar dibandingkan AODV konvensional, seperti pada Gambar 9. Banyaknya RREP yang di-broadcast oleh *intermediate node* akibat penambahan rute alternatif



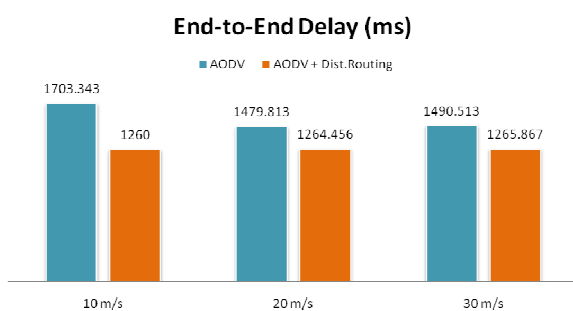
Gambar 6. Perbandingan nilai *Throughput*



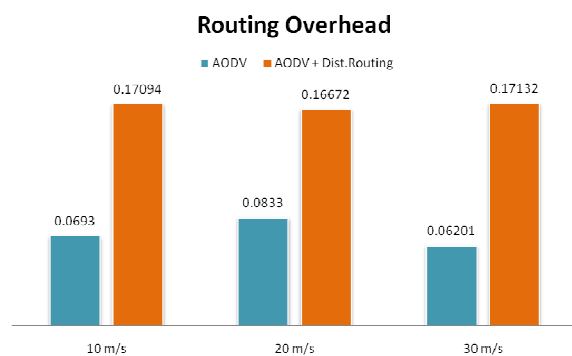
Gambar 7. Perbandingan nilai *Route Acquisition Time*



Gambar 8. Perbandingan nilai *Dynamic Adaptability*



Gambar 5. Perbandingan nilai *End-to-end delay*



Gambar 9. Perbandingan Nilai *Routing Overhead*

menyebabkan nilai overhead yang tinggi. Pada AODV konvensional, RREP yang dibroadcast oleh intermediate *node* hanyalah untuk satu jalur saja. RREP yang memiliki nilai *sequence* number yang lebih kecil dan nilai *hop count* yang lebih besar, akan dihapus dari tabel *routing*.

4. Simpulan

Dengan adanya penambahan algoritma *distributed routing* pada protokol *routing* AODV dapat membantu dalam mengatasi permasalahan taktikal MANET yaitu kemampuan beradaptasi terhadap perubahan topologi jaringan yang diakibatkan oleh mobilitas *node*. Protokol *routing* AODV yang menggunakan *distributed routing* memiliki kemampuan adaptasi yang lebih besar dibanding AODV konvensional. Rute alternatif yang dimiliki oleh *node* menghasilkan nilai *end-to-end delay* dan *route acquisition time* yang lebih rendah. *Throughput* yang dihasilkan lebih besar karena jalur forward yang terputus dapat diminimalkan dengan adanya rute alternatif, namun dengan penambahan alternatif ini menghasilkan overhead yang lebih besar akibat banyaknya RREP yang dibroadcast dalam proses pencarian rute alternatif.

Daftar Acuan

- [1] G.F. Elmasry, IEEE Commun. Mag. 48/10 (2010) 54.
- [2] A.A. Gohari, R. Pakbaz, P.M. Melliar-Smith, L.E. Moser, V. Rodoplu, IEEE J. On Selected Areas In Commun. 29/10 (2011) 1935.
- [3] T. Maseng, R. Landry, K. Young, IEEE Commun. Mag. 42/11 (2009) 77.
- [4] N. Adam, M.Y. Ismail, J. Abdullah, 2010 International Conference on Electronic Devices, Systems and Applications (ICEDSA2010), Kuala Lumpur, p.321.
- [5] M.R. Thoppian, R. Prakash, IEEE Trans. on Mobile Comput. 5/1 (2006) 4.
- [6] J.L. Burbank, P.F. Chimento, B.K. Haberman, W.T. Kasch, IEEE Commun. Mag. 44/11 (2006) 39.
- [7] C.F. Fossa, T.G. Macdonald, The 2010 Military Communications Conference-Unclassified Program-Networking Protocols and Performance Track (MILCOM 2010), San Jose, CA, p.611.
- [8] M.M. Islam, R. Pose, C. Kopp, Routing Protocols for Ad Hoc Networks, Monash University, Australia, p.177.