

ADAPTIVE GATEWAY DISCOVERY HYBRID PADA JARINGAN AODV INTERNET MENGGUNAKAN ALGORITMA FUZZY

Elly Antika¹⁾, Supeno Djanali²⁾

¹⁾Jurusan Teknologi Informasi Politeknik Negeri Jember

²⁾Jurusan Teknologi Informasi ITS Surabaya

Jl. Mastrip no.164 Jember 68121 Telp (0331)-333531

e-mail : ellantika@yahoo.com¹⁾, supeno@its.ac.id²⁾

Abstrak

Jaringan AODV adalah jaringan yang independen dengan konfigurasinya mudah berubah. Agar jaringan AODV yang terhubung dengan sebuah jaringan internet membutuhkan sebuah gateway. Routing merupakan faktor penting dalam menangani pencarian dan pemeliharaan rute antar node dan node dengan gateway. Waktu jeda antar pengiriman pesan node dengan gateway disebut Advertisement interval. Metode gateway discovery pada penelitian ini menggunakan metode hybrid, yaitu, gateway akan selalu memberikan informasi keberadaannya secara proaktif dalam daerah cakupannya dan node yang berada diluar cakupan gateway dapat meminta informasi keberadaan gateway secara reaktif.

Node yang selalu bergerak menyebabkan perubahan topologi node, sehingga tiap node akan mengirimkan kembali route request untuk memperbarui informasi keberadaan gateway dan untuk mengetahui node-node yang ada disekitarnya. Dengan menggunakan logika fuzzy interaksi yang kompleks antara parameter tersebut dapat dimodelkan. Kontribusi dari penelitian ini adalah mengatur time advertisement interval T_{MRA} dari gateway discovery berdasarkan pada jumlah route request ke gateway dan data rate menggunakan algoritma fuzzy. Pengaturan T_{MRA} dapat meningkatkan performa jaringan AODV internet dengan meningkatnya nilai Packet Delivery Ratio dan menurunkan nilai Routing Overhead.

Kata Kunci : AODV internet, algoritma fuzzy, gateway discovery

1. PENDAHULUAN

Ad Hoc On-Demand Distance Vektor (AODV) merupakan protokol routing reaktif yang menggunakan route discovery untuk proses pencarian rute serta untuk perawatan rute yang ditemukan. Jaringan AODV agar terhubung dengan jaringan internet maka dibutuhkan sebuah internet gateway. Internet gateway secara periodik mengirimkan pesan router advertisement yang disebut Modified Router Advertisement (MRA) yang merupakan pesan route request ke node sekitarnya, agar semua node dalam MANET mengetahui dimana keberadaan internet gateway. Jika pesan route request dikirimkan oleh mobile node untuk mengetahui keberadaan gateway maka pesan ini disebut Modified Route Solicitation (MRS).

Pengaturan waktu interval T_{MRA} dari pengiriman pesan route request yang kecil akan menghasilkan pesan route request yang berlebihan, sedangkan dengan memperbesar waktu interval pengiriman pesan route request akan meningkatkan delay paket dan juga rute yang tidak valid karena rute yang berubah sesuai dengan pergerakan node. Pada mekanisme gateway discovery hybrid pesan MRA dikirimkan gateway untuk mobile node yang berada dalam cakupan gateway, sedangkan untuk node yang berada diluar cakupan gateway mobile node dapat mengirimkan MRS untuk dapat mengetahui keberadaan gateway.

Sebuah metode adaptive gateway discovery pada MANET hybrid dikembangkan berdasarkan jumlah MRS yang diterima oleh gateway. Dengan mengetahui jumlah MRS yang diterima oleh gateway maka akan dilakukan penyesuaian time interval T_{MRA} , sehingga diharapkan akan menurunkan overhead, packet drop dan end-to-end delay yang ada (Cabrera, 2007). Pada penelitian lainnya dikembangkan sebuah adaptive gateway discovery berdasarkan algoritma genetic fuzzy control. Parameter yang dijadikan masukan dalam penelitian tersebut adalah konektivitas jaringan, stabilitas jaringan dan jumlah route request dari node bergerak (Yuste dkk, 2009). Dalam penelitian ini hanya dikembangkan pada mekanisme gateway discovery secara proaktif.

Berdasarkan penelitian sebelumnya diusulkan sebuah mekanisme adaptive gateway discovery pada MANET hybrid menggunakan algoritma fuzzy dengan masukan nilai route request dan data rate. Pengaturan terhadap time interval T_{MRA} untuk pengiriman MRA selanjutnya dapat dilakukan berdasarkan pada sebuah sistem kontrol fuzzy. Dengan time interval T_{MRA} yang adaptif berdasarkan jumlah route request dan nilai data rate diharapkan nilai packet delivery ratio semakin tinggi dan routing overhead semakin rendah sehingga kinerja jaringan MANET akan semakin baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi MANET ini berbeda dengan jaringan internet tetap, dimana topologi *router* bersifat statis, yang terbatas pada konfigurasi jaringan atau *router*. Namun pada MANET *router* bisa bergerak dan konektivitasnya bisa sering berubah-ubah. Agar dapat berhubungan dengan jaringan internet maka MANET harus terhubung ke *gateway*. Secara konseptual, *mobile* internet dapat dibagi menjadi dua lapisan jaringan tetap yang disebut *mobile host* dan *mobile router*. (Corson dkk, 1999)

Gateway router merupakan *node* yang berada antara jaringan internet tetap dan jaringan *ad hoc mobile* nirkabel. *Gateway* ini digunakan untuk menghubungkan *node* MANET ke internet. *Node* MANET harus menemukan informasi *gateway* dan rute untuk mengakses internet. Ketika *node* MANET bergerak dengan beberapa *gateway*, maka harus dapat menemukan dan memilih *gateway* dengan rute yang optimal. Oleh karena itu, penemuan *gateway* dengan *delay* minimal, *overhead* minimum, dan rute yang optimal merupakan masalah penting (Abduljalil dkk, 2007).

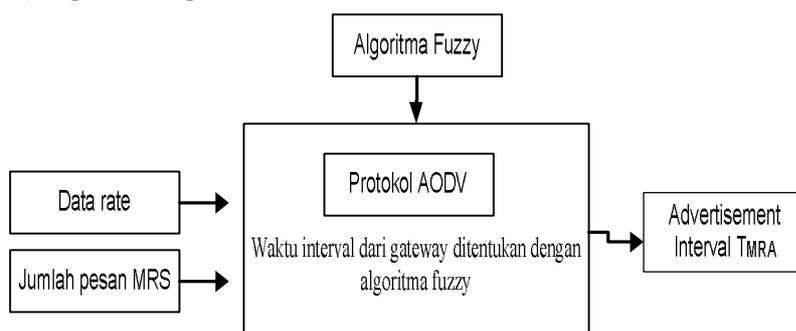
Agar jaringan AODV dapat terhubung ke jaringan internet terdapat 3 pendekatan yang berbeda dalam mekanisme penemuan *gateway*, yaitu secara proaktif, reaktif dan *hybrid*. (Naaz dkk, 2010). Dengan melihat kelebihan dan kelurangan dari mekanisme pencarian *gateway* secara proaktif dan reaktif maka ditawarkan sebuah skema pencarian *gateway hybrid* dengan menggabungkan kelebihan dari masing-masing mekanisme sebelumnya (Ratanchandani, 2003). Dalam perkembangannya mekanisme pencarian *gateway* juga menghadapi kendala, pada saat pesan MRA diterima *node* lebih dari satu maka akan menyebabkan *node* kebanjiran pesan *advertisement* sehingga *node* akan sibuk dan memungkinkan adanya paket yang hilang. Hamidian menawarkan sebuah perbaikan dengan memperpanjang *metric* dengan menambahkan *flag* pada *route request* dan *route reply*, sehingga *node* yang menerima pesan *route request* akan membandingkan dengan pesan *route request* yang telah diterima jika sama maka pesan diabaikan jika berbeda maka pesan yang lama dihapus dan pesan yang baru diterima disimpan. Demikian halnya pada penerimaan pesan *route reply* pada *gateway*. (Hamidian, 2003).

Pada pencarian *gateway hybrid* terdapat dua mekanisme yang dijalankan, pada saat *node* berada dalam cakupan *node gateway* maka *node* akan menerima pesan MRA sebagai informasi keberadaan *gateway* pada jaringan MANET dan ketika *node* berada diluar cakupan *node gateway* maka jika *node* ingin terhubung ke jaringan internet maka *node* akan mengirimkan pesan MRS. Pada sisi pendekatan proaktif dari mekanisme pencarian *gateway hybrid*, pesan MRA akan dikirimkan secara periodik ke *node-node* yang ada setiap interval T_{MRA} . Sebuah T_{MRA} yang rendah dapat menyebabkan paket kontrol yang tidak perlu sementara T_{MRA} yang tinggi bisa membuat rute *node* ke *host* eksternal tidak valid. Sehingga, ditawarkan sebuah mekanisme baru yaitu pencarian *gateway* adaptif dengan menggunakan filter autoregresi untuk mengatur nilai T_{MRA} dan nilai TTL secara simultan berdasarkan jumlah pesan MRS yang diterima *gateway* pada sebuah waktu interval tertentu (MRS_COUNT_INTERVAL). (Cabrera, 2007).

Perbaikan skema adaptif terhadap pencarian *gateway* diusulkan oleh Yuste dkk. *Gateway* akan mengirimkan pesan MRA kemudian akan menghitung jumlah pesan MRA kopian yang diterima kembali oleh *gateway*. Jika *gateway* tidak mendengar adanya pesan MRA yang dikirimkan kembali maka dianggap telah terjadi kesalahan dalam transmisi dan *gateway* akan mengirimkan pesan MRA lagi. Jumlah pesan MRA yang diterima oleh *gateway*, secara spesifik merupakan sebuah pengontrol sederhana yang digunakan untuk menentukan nilai T . Sistem kontrol menggunakan dua nilai ambang, yaitu N_1 dan N_2 . Selama jumlah pesan yang diterima *gateway* tidak melebihi nilai N_1 maka T akan diatur ke T_{min} . Namun jika jumlah pesan yang diterima *gateway* melebihi jumlah N_2 maka nilai T akan diatur ke nilai T_{max} . Pada penelitian ini dilakukan pada tiga parameter yang beragam, yaitu, kecepatan maksimum, kecepatan minimum dan nilai *pause time*. (Yuste, 2009)

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini kedua parameter yang menjadi masukan algoritma fuzzy mengacu pada penelitian sebelumnya (Cabrera, 2007) yang mengatur waktu interval T_{MRA} berdasarkan pada jumlah pesan MRS yang diterima oleh *gateway* dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 1. Pengembangan Mekanisme Gateway Discovery Menggunakan Algoritma Fuzzy.

Tabel 1. Tabel pengaturan waktu interval berdasarkan jumlah pesan MRS.

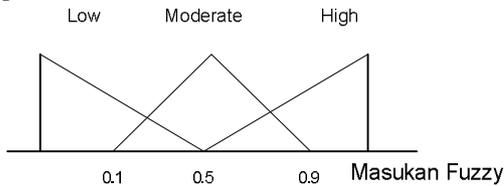
Jumlah pesan MRS yang diterima	Waktu interval T_{MRA} (detik)
0 - 100	8
101 - 200	4
>200	2

Untuk nilai *data rate* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian yang digunakan Chakeres, I.D. dan Belding-Royer, E.M. Besarnya nilai *data rate* yang digunakan sebagai salah masukan dari algoritma fuzzy ini disesuaikan dengan nilai maksimum *data rate* yang digunakan pada perangkat lunak simulator NS-2.28.

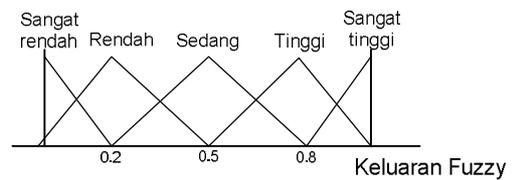
Tabel 2. Tingkatan besaran *data rate* sesuai dengan kapasitas NS-2.28.

Tingkatan	<i>Data rate</i> (Kbps)
Kecil	0 - 100
Sedang	101 - 500
Tinggi	501- 1000

Penggunaan algoritma fuzzy dalam pengaturan T_{MRA} dalam penelitian ini hal pertama melakukan proses fuzzifikasi. Variable masukan yang akan difuzifikasi mempunyai tiga kemungkinan nilai: rendah, sedang, dan tinggi. Fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian ini adalah fungsi segitiga seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Fungsi Anggota Sistem Fuzzy



Gambar 4. Keluaran kontrol fuzzy

Istilah yang digunakan untuk menunjukkan pengaturan waktu interval selanjutnya adalah : sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Nilai dari keluaran system kontrol fuzzy ini merupakan nilai ternormalisasi dalam range {0,1}.

Setelah dilakukan proses fuzzifikasi maka selanjutnya dilakukan penentuan *knowledge base rules* yang berfungsi menghubungkan antara masukan dan keluaran fuzzy ditunjukkan pada Tabel 3. Masukan pada kontrol fuzzy ini menggunakan kombinasi operator AND karena fungsi keanggotaannya menggunakan fungsi segitiga.

Tabel 3. Fuzzy rule untuk mengatur waktu interval T

Masukan		Keluaran
<i>Data rate</i>	Jumlah pesan MRS	T_{MRA}
Rendah	Rendah	Sangat rendah
Rendah	Sedang	Rendah
Rendah	Tinggi	Sedang
Sedang	Rendah	Rendah
Sedang	Sedang	Sedang
Sedang	Tinggi	Tinggi
Tinggi	Rendah	Sedang
Tinggi	Sedang	Tinggi
Tinggi	Tinggi	Sangat tinggi

Tabel 4 Fuzzy rule yang digunakan dalam pengaturan T_{MRA}

Tingkat <i>data rate</i>	Nilai <i>data rate</i> (Kbps)	$T_{MRA_DataRate}$ (detik)	Tingkat MRS	Jumlah MRS	T_{MRA_rq} (detik)	Interval T_{MRA_fuzzy} (detik)
Rendah	0-100	8	Rendah	0-100	8	4-8
Rendah	0-100	8	Sedang	101-200	4	3-6
Rendah	0-100	8	Tinggi	>200	2	2.5-5
Sedang	101-500	4	Rendah	0-100	8	3-6
Sedang	101-500	4	Sedang	101-200	4	2-4

Sedang	101-500	4	Tinggi	>200	2	1.5-3
Tinggi	501-1000	2	Rendah	0-100	8	2.5-5
Tinggi	501-1000	2	Sedang	101-200	4	1.5-3
Tinggi	501-1000	2	Tinggi	>200	2	1-2

Uji coba dalam penelitian ini dilakukan dengan mengatur T_{MRA} dengan parameter skenario uji coba Tabel 5 untuk mengatur T_{MRA} , membuat pola trafik jaringan dan pola pergerakan *node*.

Tabel 5. Parameter Skenario Uji Coba

Parameter	Nilai Parameter			
Propagation	TwoRayGround			
MAC Layer	IEEE 802.11			
Mobility model	Random Way Point			
Pola Traffic	Constan Bite Rate (CBR)			
Network Area	1500 X 300			
Waktu simulasi	200s			
Packet Size	512 bytes			
Constant transmission bandwidth	2 Mbps			
Gateway	2			
Data rate	100Kbps, 500Kbps, 1000Kbps			
Kecepatan minimal <i>node</i>	1 m/s			
Kecepatan maksimal <i>node</i>	10 m/s			
Jumlah <i>Node</i> (n)	10 <i>node</i>	20 <i>node</i>	50 <i>node</i>	100 <i>node</i>
Pause Time (p)	2s			
Nilai ADVERTISEMENT_INTERVAL	2 detik, 4 detik, 8 detik			
Jumlah MRS	Rendah 30 MRS Sedang 100 MRS Tinggi 200 MRS			

Pada penelitian ini, setiap skenario uji coba dilakukan pengujian lima kali dengan pola pergerakan *node* yang berbeda.

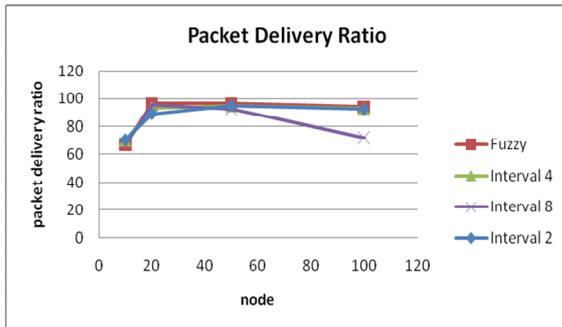
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis packet delivery ratio

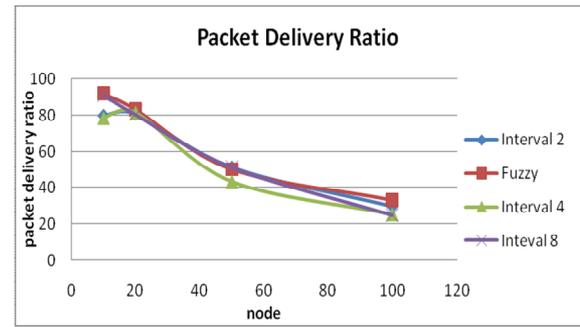
Data rate 100Kbps pada *mobile node* 10, 20, 50, dan 100 nilai *packet delivery ratio* pada pengaturan T_{MRA} menggunakan algoritma fuzzy lebih besar dibandingkan dengan pengaturan T_{MRA} statis. Begitu juga untuk *data rate* 500Kbps dan 1000Kbps. Peningkatan nilai *packet delivery ratio* menggunakan fuzzy dibandingkan nilai rata-rata *packet delivery ratio* pengaturan statis T_{MRA} adalah :

- Pada *data rate* 100Kbps dengan *mobile node* 20, 50 dan 100 berturut-turut nilai peningkatannya 4,08%, 2,19% dan 9,5%
- Pada *data rate* 500Kbps dengan *mobile node* 10, 20 dan 100 berturut-turut 10%, 3,1% dan 25,5%
- Pada *data rate* 1000Kbps dengan *mobile node* 10, 20 dan 50 nilai peningkatannya berturut-turut sebesar 2,9%, 5% dan 39%.

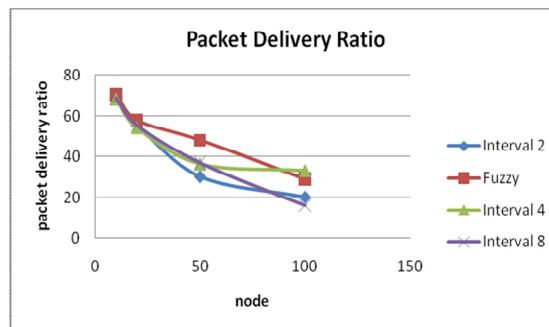
Peningkatan nilai *packet delivery ratio* ini disebabkan pada saat besar *data rate* meningkat dan jumlah *mobile node* juga meningkat maka interval T_{MRA} semakin kecil. Dengan demikian, waktu pengiriman dan penerimaan paket dari *mobile node* dan *gateway* semakin cepat, sehingga, semakin banyak paket yang terkirim maupun diterima oleh *mobile node* dan *gateway*. Jika digambarkan dalam bentuk grafik maka akan terlihat pada Gambar 5, 6 dan 7.



Gambar 5. Packet Deliveri Ratio Pada Saat Data Rate 100 Kbps



Gambar 6. Packet Deliveri Ratio Pada Saat Data Rate 500 Kbps



Gambar 7 Packet Deliveri Ratio Pada Saat Data Rate 1000Kbps

Pada Gambar 5, nilai *packet delivery ratio* pengaturan T_{MRA} pada saat *data rate* 100 Kbps *mobile node* 10 node, bernilai paling kecil sama dengan pengaturan statis T_{MRA} 8 detik. Hal ini disebabkan jumlah *node* yang sedikit dalam luasan $1500 \times 300 m^2$ dan interval 8 detik menyebabkan nilai *packet delivery ratio* yang kecil, karena banyak paket yang hilang atau tidak dapat sampai ke *node* tujuan. Sedangkan pada saat jumlah *node* bertambah nilai *packet delivery ratio* pengaturan T_{MRA} menggunakan algoritma fuzzy lebih besar dari pengaturan T_{MRA} statis. Ini terjadi karena pada saat jumlah MRS meningkat maka interval T_{MRA} diatur semakin kecil, sehingga, banyak paket yang dapat terkirim dan diterima dari dan ke *gateway*.

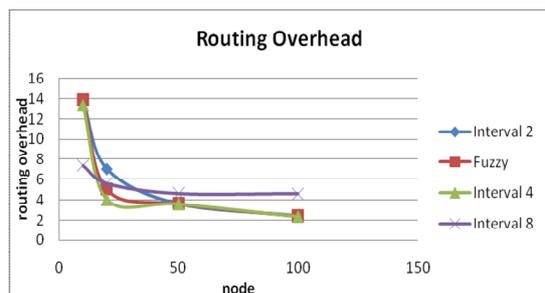
Pada Gambar 6, menunjukkan bahwa nilai *packet delivery ratio* pengaturan T_{MRA} menggunakan algoritma fuzzy pada saat jumlah *mobile node* 50 mempunyai nilai lebih kecil dari pengaturan T_{MRA} statis. Hal ini disebabkan adanya paket yang tidak sampai ke *node* tujuan karena terlalu lama dalam antrian.

Pada Gambar 7 pada pengaturan T_{MRA} menggunakan fuzzy saat *mobile node* bertambah dan *data rate* meningkat maka interval T_{MRA} diatur semakin kecil. Hal ini menyebabkan semakin banyak paket yang dibangkitkan. Dengan demikian dengan bertambahnya paket yang diterima dan yang harus direspon oleh *gateway* serta dengan kapasitas *buffer* dan batas waktu pengiriman yang terbatas maka akan banyak paket yang hilang.

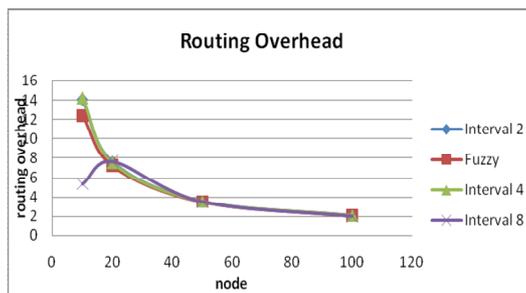
4.2 Analisis routing overhead

Besar nilai *routing overhead* ini dipengaruhi oleh seberapa banyaknya *node* mencari rute ketika terjadi *packet data drop* karena *node* tujuan tidak ditemukan dan juga karena kapasitas antrian terlampaui. Kinerja jaringan dinyatakan baik jika nilai *routing overhead* kecil. Menurunnya nilai *routing overhead* ini disebabkan interval T_{MRA} disesuaikan dengan jumlah MRS yang diterima oleh *gateway* sehingga pada saat jumlah MRS yang diterima meningkat dan meninjau besar *data ratenya* maka intervalnya akan diperkecil. Penurunan nilai *routing overhead* pada pengaturan T_{MRA} menggunakan fuzzy dibandingkan dengan T_{MRA} statis adalah :

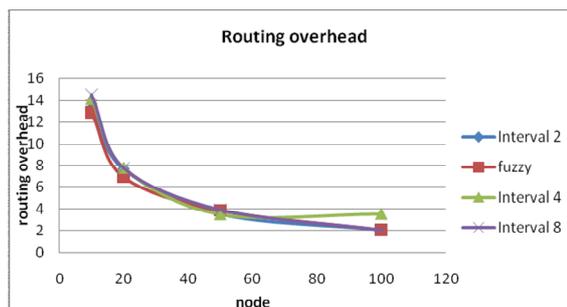
- Pada *data rate* 100Kbps *mobile node* 50 dan 100 berturut-turut 9,03% dan 32,9%
- Pada *data rate* 500Kbps *mobile node* 20, 50 dan 100 berturut-turut 4,9%, 3,1% dan 0,24%
- Pada *data rate* 1000Kbps *mobile node* 10, 20 dan 100 penurunannya sebesar 8,53%, 12,33% dan 26,06%



Gambar 4.17 Hasil Analisis Routing Overhead Pada Data Rate 100Kbps



Gambar 4.18 Hasil Analisis Routing Overhead Pada Data Rate 500Kbps



Gambar 4.19 Hasil Hasil Analisis Routing Overhead Pada Data Rate 1000Kbps

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil uji coba dan analisis penelitian yang dilakukan terhadap metode yang diusulkan adalah :

1. Dari hasil uji coba pengaturan T_{MRA} menggunakan algoritma fuzzy menunjukkan bahwa nilai *packet deliveri ratio* meningkat pada *data rate* 100Kbps sebesar 2,19% sampai 9,5, pada *data rate* 500Kbps meningkat dari 3,1% sampai 25,5%, dan pada *data rate* 1000Kbps meningkat dari sampai 2,9% sampai 39%.
2. Besar *routing overhead* menurun pada saat *data rate* 100Kbps dan jumlah *mobile node* 50 dan 100 *node* berturut-turut menurun sebesar 9,03% dan 32,9%, pada *data rate* 500Kbps dengan jumlah *mobile node* 20, 50 dan 100 *node* penurunannya berturut-turut sebesar 4,9%, 3,1%, dan 0,24%, serta pada *data rate* 1000Kbps dan pada jumlah *mobile node* 10, 20, dan 100 *node* penurunannya berturut-turut sebesar 8,53%, 12,33%, dan 26,06%.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan kinerja jaringan masih dapat ditingkatkan dengan mengadaptifkan *time to life* dari *node* disesuaikan dengan kondisi trafik. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kecepatan pergerakan *node* yang beragam dan pada mode pergerakan *node* yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduljalil, Fekri M., Bodhe, Shrikant K., (2007), "A Survey Of Integrating Ip Mobility Protocols And *Mobile Ad hoc Networks*", IEEE Communications Surveys & Tutorials • 1st Quarter
- Cabrera Alicia T., Villalobos, Bernardo Ruiz, Casilari, Eduardo, (2007), "Adaptive *Gateway Discovery* in *Hybrid MANETs*", ASWN University of Cantabria - Santander
- Chakeres, I.D., Belding-Royer, E.M., (2002), "The utility of hello messages for determining link connectivity", IEEE
- Corson, M.Scott, Macker, Joseph P. & Ciricione, Gregory H., (1999), "Internet-based *Mobile Ad hoc Networking*", IEEE Internet Computing Magazine, July/Aug
- Hamidian A., U. Korner, and A. Nilsson, (2003), "A Study of Internet Connectivity for *Mobile Ad hoc Networks* in NS2", Department of Communication Systems, Lund Institute of Technology, Lund University, January.
- Lee J, D. Kim, J. J. Garcia-Luna-Aceves, Y. Choi, J. Choi and S. Nam, (2003) "Hybrid gateway Advertisement Scheme for Connecting *Mobile Ad hoc Networks* to the Internet," Proceedings of the 57th IEEE VTC 2003, Korea, pp. 1991-1995, April.
- Meenaghan P. dan Delaney D. , (2004), " An Introduction to NS, Nam and OTcl scripting ", National University of Ireland, Maynooth, Co. Kildare, Ireland. Department of Computer Science Technical Report Series.
- Naaz Saba, Chandra Pravin, (2010), "A Survey of *Gateway Discovery Mechanism* in *Ad hoc Network*", Proceedings of the 4th National Conference; INDIACom-

- Passino, Kevin M. & Yurkovich, Stephen, (1998), "Fuzzy Control", Addison Wesley Longman, Inc,
- Perkins C.E dan Royer E.M , (2000), "Ad hoc On Demand Distance Vector Protocol. *Ad hoc Networking*", AddisonWesley
- Ruiz, Pedro M, Ros, Francisco J., Skarmeta, Antonio Gomez, (2005), "Internet Connectivity for *Mobile Ad hoc Networks*": Solutions and Challenges, *IEEE Communications Magazine* • October
- Ratanchandani P, and R. Kravets, (2003), "A *Hybrid* Approach to Internet Connectivity for *Mobile Ad hoc Networks*," in Proceedings of the IEEE WCNC 2003, New Orleans, USA, vol. 3, pp. 1522-1527, March.
- U. Jonsson, F. Alriksson, T. Larsson, P. Johansson, and G.M. Maquire, (2000), "MIPMANET: *Mobile IP* for *Mobile Ad hoc Networks*," Proceedings of IEEE/ACM Workshop on *Mobile and Ad hoc Networking and Computing*, Boston, MA USA, pp. 75-80, August
- Yuste, A. J., Triviño A., Trujillo, F.D., & Casilari, E., (2010), "Improved Scheme for Adaptive *Gateway Discovery* in *Hybrid MANET*", IEEE
- Yuste, A. J., Triviño A., Trujillo, F.D., Casilari, E., & Diaz-Estrella, A., (2009), "An Adaptive Genetic Fuzzy Control *Gateway Discovery* To Interconnect *Hybrid MANETs*", IEEE
- Ye, Zhenzhen & Abouzeid, Alhussein A., 2008, "A Unified Model For Joint Throughput-Overhead Analysis Of *Mobile Ad hoc Networks*", ACM Proceeding MSWiM '08
- Zhuang, Lin, Liu, Yuanan, Kaiming Liu, Zhai, Linbo, & Yang, Ming, 2009, "A *Hybrid Internet Gateway Discovery Scheme* in *Mobile Ad hoc Networks*", IEEE