

EVALUASI KINERJA *ZONE ROUTING PROTOCOL* PADA *MOBILE AD-HOC NETWORK*

Jeffrey Anthoni¹, Veronica Windha Mahyastuty²
Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya – Jakarta
email: ²veronica.may@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Mobile Ad hoc Network (MANET) merupakan jaringan *wireless* yang bersifat dinamis, karena setiap *node* bergerak secara bebas, sehingga topologi jaringan seringkali berubah tanpa dapat diprediksi. Kondisi topologi yang berubah-ubah akan mempengaruhi kinerja protokol *routing* pada MANET. Salah satu permasalahan terbesar dalam MANET adalah bagaimana membuat protokol *routing* yang efektif pada kondisi topologi apapun. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah *routing* pada MANET dapat digunakan protokol *routing hybrid* yang merupakan gabungan antara protokol *routing proactive* dan *reactive*. Salah satu protokol *routing hybrid* adalah *Zone Routing Protocol* (ZRP). ZRP terdiri dari empat subprotokol yaitu *Intrazone Routing Protocol* (IARP) yang bekerja sama dengan *Neighbour Discovery Protocol* (NDP) yang mengontrol *node* tetangga dalam zona lokal dan *Interzone Routing Protocol* (IERP) yang bekerja sama dengan *Bordercast Resolution Protocol* (BRP) dalam melakukan pencarian rute menuju *node* yang tidak berada pada *node* lokal. Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap kinerja dari protokol *routing* ZRP pada MANET dengan pendekatan simulasi menggunakan *Network Simulator 2* (NS-2). Skenario yang digunakan dalam simulasi adalah membuat skenario jalur putus, variasi jumlah *node*, jumlah koneksi, dan kecepatan *node* sumber. Indikator kinerja yang dievaluasi adalah waktu tempuh satu paket dan *throughput* pada koneksi utama. Dari serangkaian simulasi yang dilakukan, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa IERP akan mencari jalur satu kali dan bila jalur utama putus, dan ada jalur alternatif, maka jalur alternatif yang akan digunakan. Sedangkan untuk rute yang berada di dalam zona *routing* dapat dengan cepat tersedia karena IARP melakukan pembaruan rute secara *periodic*. Penambahan jumlah *node* dan koneksi mengakibatkan waktu tempuh satu paket menjadi bertambah dan *throughput* menjadi berkurang.

Kata kunci: MANET, protokol *routing* ZRP, NS-2, waktu tempuh satu paket, *throughput*

ABSTRACT

Mobile Ad hoc Network (MANET) is a *wireless network* that is dynamic because each *node* moves freely so the network topology changes frequently and unpredictable. Changes in network topology will affect the performance of routing protocols in MANET. One of the biggest problems in MANET routing protocols is how retain an effective routing scheme regardless of the network topology. One solution to overcome the problem of routing in MANET is the use of hybrid protocol, which is a combination of proactive and reactive routing protocols. One such hybrid routing protocol is *Zone Routing Protocol* (ZRP). ZRP is composed of four subprotocols, namely *Intrazone Routing Protocol* (IARP) in collaboration with the *Neighbor Discovery Protocol* (NDP) which controls the neighbor nodes in the local zone and *Interzone Routing Protocol* (IERP) in collaboration with *Bordercast*

Resolution Protocol (BRP) that performs a search route to nodes that are not on the local node. Thus, in this paper, we evaluated the performance of ZRP routing protocol in MANET with simulation approach using Network Simulator 2 (NS-2). The scenario used in the simulation is broken path scenario, and varying the amount of nodes, the number of connections and the speed of the source node. Performance indicators evaluated are the travel time of the packet and throughput at the main connection. From a series of simulations performed, the results obtained indicate that IERP will seek the path once and when the main path is broken, and there are alternative paths, then the alternate path will be used. As for the inside zone routing can be quickly available because IARP performs periodic updates. The increase of the number of nodes and connections will result in the increase of packet travel time and reduction of throughput.

Keywords: MANET, ZRP routing protocol, NS-2, delay, throughput

PENDAHULUAN

Mobile Ad hoc Network (MANET) merupakan jaringan *wireless* yang bersifat dinamis. Hal ini dikarenakan setiap *node* dalam MANET dapat bergerak secara bebas, sehingga topologi jaringan seringkali berubah tanpa dapat diprediksi. Kondisi topologi yang berubah-ubah tersebut akan mempengaruhi kinerja protokol *routing* pada MANET. Salah satu permasalahan terbesar yang ada pada MANET adalah bagaimana membuat protokol *routing* yang efektif pada kondisi topologi apapun.

Protokol *routing proactive* dan *reactive* dapat digunakan pada MANET. Protokol *proactive* selalu memperbarui informasi *routing* di dalam jaringan, sedangkan pada protokol *reactive*, pencarian rute hanya dilakukan saat rute tersebut dibutuhkan. Dari kebanyakan penelitian tentang *protokol proactive* dan *reactive*, terlihat bahwa protokol *proactive* hanya efektif digunakan jika letak *node* sumber dan *node* tujuan tidak terlalu jauh. Sebaliknya jika letak *node* sumber dan *node* tujuan berjauhan, protokol *reactive* lebih efektif dibandingkan dengan protokol *proactive*.

Untuk mengatasi masalah *routing* pada MANET dapat digunakan protokol *routing hybrid*, yang merupakan gabungan antara protokol *routing proactive* dan *reactive*. Salah satu

protokol *routing hybrid* adalah *Zone Routing Protocol (ZRP)*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi kinerja ZRP pada MANET.

SISTEM MODEL

A. *Mobile Ad-hoc Network*

Mobile Ad hoc Network (MANET) merupakan kumpulan *node* yang bersifat dinamis dan membentuk jaringan sementara dengan infrastruktur yang tidak tetap [1]. *Node* di dalam MANET tersebar secara acak dan dapat bergerak ke segala arah. Setiap *node* dapat dengan bebas keluar atau masuk jaringan, sehingga topologi MANET selalu berubah dan tidak dapat diprediksi.

Setiap *node* pada MANET dapat bertindak sebagai *client* maupun *router*. Pada saat dua buah *node* berada dalam jangkauan transmisi masing-masing, maka kedua *node* tersebut dapat saling berkomunikasi secara langsung (mengirimkan dan menerima paket). Jika tidak, kumpulan *node* yang berada di antara kedua *node* tersebut yang akan meneruskan paket.

B. *Protokol Routing pada MANET*

Routing merupakan suatu fungsi untuk membantu *node* sumber mencari rute sehingga dapat mengirimkan paket ke *node* tujuan. *Routing* protokol pada

MANET dibagi menjadi tiga kategori, yaitu [2]:

1. *Proactive*

Proactive routing protocol melakukan pembaruan secara terus menerus terhadap peta topologi di seluruh jaringan. Dengan peta tersebut, semua rute akan diketahui dan langsung tersedia sesegera mungkin ketika paket akan dikirimkan.

2. *Reactive*

Reactive routing protocol tidak melakukan penentuan koneksi jaringan secara terus-menerus. Sebuah rute akan dibuat ketika ada permintaan oleh *node* untuk mengirimkan sebuah paket.

3. *Hybrid*

Hybrid routing protocol merupakan perpaduan antara *proactive* dan *reactive*.

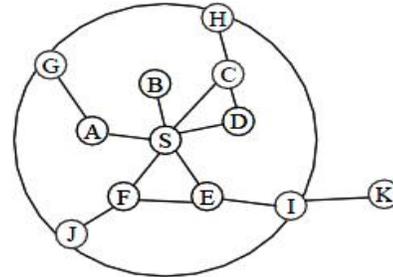
C. *Zone Routing Protocol*

Zone Routing Protocol (ZRP) merupakan protokol *routing hybrid* dengan komponen *proactive* dan *reactive* [7]. *Proactive routing* melakukan *routing* dengan *node* tujuan yang berada di dalam zona lokal. Sedangkan *reactive routing* melakukan *routing* menuju *node* tujuan yang berada di luar zona lokal [6].

ZRP mengelompokkan kumpulan *node* yang berada dalam suatu zona lokal dengan zona sentral menjadi pusat. Zona lokal tersebut dibatasi oleh suatu parameter yang disebut *hop*. Semua *node* yang berjarak sebanyak jumlah *hop* dari *node* sentral, berarti masuk ke dalam zona *routing* dari *node* sentral tersebut [4].

Pada Gambar 1, sebuah zona *routing* dengan *node* sentral S dan jumlah *hop* pada zona *node* S adalah dua. *Node* yang masuk ke dalam zona *routing node* S adalah *node* A-J, kecuali *node* K. *Node* A-F berjarak lebih kecil dari

jumlah *hop*. Sedangkan *node* G-J berjarak sama dengan jumlah *hop*. *Node* H dan J dapat dicapai melalui dua jalur, yang satu berjarak dua *hop* dan yang satu lagi berjarak tiga *hop*. *Node* H dan J masih termasuk ke dalam *node* S, karena jalur terpendeknya lebih kecil atau sama dengan jumlah *hop*.



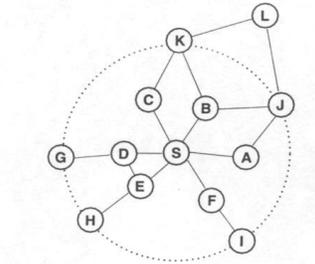
Gambar 1 Zona *routing node* S dengan jumlah *hop* dua [2]

ZRP terbagi dalam empat subprotokol, yaitu[3]:

1. *Intrazone Routing Protocol*

Intrazone Routing Protocol (IARP) merupakan bagian dari protokol *proactive* dengan jangkauan yang terbatas. Jangkauan IARP ditentukan dari suatu parameter *hop* yang membatasi zona *routing*. Untuk mendeteksi *node* tetangga dan rute yang rusak, IARP dibantu oleh *Neighbour Discovery Protocol* (NDP). IARP akan menyediakan pembaruan rute pada zona lokal ketika topologi dari zona *routing* berubah. Ketika ada *node* sumber yang ingin mengirimkan paket menuju sebuah *node* yang berada di dalam zona *routing node* sumber tersebut, rute dari *node* sumber menuju *node* tujuan akan tersedia dengan cepat [4]. Apabila ada jalur yang rusak, maka IARP akan memperbarui rute pada zona lokal dan mencari jalan yang baru dengan mengirimkan *hello message*

lagi ke *node* tetangga yang sudah berbeda dari sebelumnya.



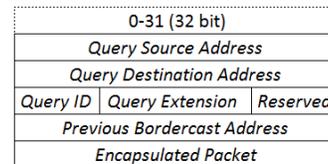
Gambar 2 Zona routing S dengan jumlah hop dua [1]

Sebagai contoh pada Gambar 2, *node* S sebagai *node* sumber ingin mengirimkan paket menuju *node* J, maka rute menuju *node* J akan tersedia dengan cepat. Paket bisa dengan segera dikirimkan menuju *node* J. Dengan adanya subprotokol ini, ZRP membatasi wilayah kerja protokol *proactive* ini hanya pada *node* yang berada pada zona routing lokal saja. Oleh karena itu, jika ada *node* yang keluar dari zona routing lokal atau masuk ke zona routing lokal, hanya *node* dalam zona lokal saja yang perlu diinformasikan mengenai perubahan topologi tersebut.

2. *Neighbour Discovery Protocol*
Neighbour Discovery Protocol (NDP) merupakan subprotokol yang disediakan oleh *layer* MAC sehingga IARP dapat mengetahui *node* tetangga yang berada di sekitarnya. NDP mengirimkan *hello message* secara *broadcast* ke *node* tetangga yang berada dalam zona. Rute menuju *node* tetangga akan selalu diperbarui secara periodik.
3. *Interzone Routing Protocol*
Interzone Routing Protocol (IERP) merupakan bagian dari *reactive routing*. Ketika *node* sumber ingin mengirimkan paket ke *node* yang berada di luar zona lokal, *node*

sumber membutuhkan rute yang belum tersedia, IERP akan membantu *node* sumber untuk mencari rute baru. Dalam melakukan proses pencarian rute baru, IERP dibantu oleh *Bordercast Resolution Protocol* (BRP) yang bertugas melakukan *bordercast*.

Pertama kali, *node* sumber memeriksa apakah *node* tujuan berada pada zona routing lokal atau tidak. Jika *node* tujuan tidak berada pada zona routing lokal, maka *node* sumber akan membentuk *route request packet* (RRP) dan melakukan *bordercast*. Format *route request packet* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 *Route request packet* [3]

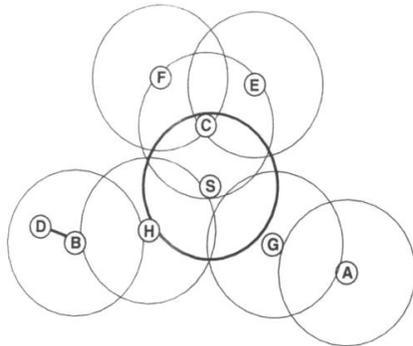
Keterangan dari *route request packet* adalah sebagai berikut:

- a. *Query Source Address* (32bit) merupakan alamat IP dari *node* sumber (*node* yang mengajukan permintaan rute).
- b. *Query Destination Address* (32bit) merupakan alamat IP *node* tujuan.
- c. *Query ID* (16bit) merupakan *sequence number* yang bersama-sama dengan *query source address* mengidentifikasi *query Bordercast Resolution Protocol* (BRP) lain di dalam jaringan.
- d. *Query Extension* (8bit) untuk menentukan *query* harus diteruskan ke tujuan *query* yang mana.
- e. *Reserved* (8bit) untuk alokasi sistem.
- f. *Previous Bordercast Address* (32bit) merupakan alamat IP dari

node yang sudah pernah menerima *bordercast*.

- g. *Encapsulated Packet* merupakan paket yang sudah dienkapsulasi.

Ketika *border node* menerima *route request packet* yang berasal dari *node* sumber, *border node* akan memeriksa *node* tujuan pada zona *routing* lokal. Jika *node* tujuan berada pada zona *routing* lokal, maka sebuah *route reply* akan dikirim kembali ke *node* sumber, setelah menambahkan alamatnya pada paket tersebut, serta menambahkan rute dari sumber menuju tujuan.



Gambar 4 Contoh kerja IERP [1]

Sebagai contoh pencarian rute ditunjukkan pada Gambar 4. *Node* sumber S ingin mengirimkan paket menuju *node* tujuan D. *Node* S mencari *node* D di dalam zona *routing* milik S. Jika *node* D ada di dalam zona *routing* S, maka *node* S sudah mengetahui rute menuju *node* D. Jika sebaliknya, S melakukan *bordercast* sebuah *route request packet* menuju semua *border node* yang berada dalam zona *routing* S (*node* C, G, dan H). Setiap *node* tersebut tidak menemukan *node* D berada dalam zona *routing* masing-masing dan meneruskan paket tersebut ke *border node* dalam zona *routing* masing-masing. Selanjutnya, *node* H mengirim paket tersebut ke *node* B dengan zona *routing*

mencakup *node* D. Lalu *node* D membalas paket tersebut, mengirimkan *route reply* setelah menambahkan alamat *node* D tersebut dan rute dari sumber menuju tujuan dengan rute S-H-B-D.

Salah satu keistimewaan dari proses pencarian rute adalah sebuah permintaan satu rute dapat mengembalikan *route reply* lebih dari satu dan dapat digunakan untuk menentukan rute terbaik berdasarkan *link cost* yang paling rendah.

4. *Bordercast Resolution Protocol*

Bordercast Resolution Protocol (BRP) merupakan layanan pengiriman paket yang digunakan pada ZRP untuk mengarahkan *route request packet* dari IERP menuju ke *border node*. Proses mengarahkan *route request packet* menuju *border node* disebut *bordercast*. Dengan adanya BRP ini, permintaan yang berlebihan dapat dihilangkan.

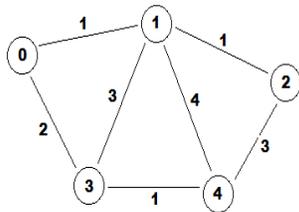
BRP bertanggung jawab untuk meneruskan RRP yang dibentuk IERP ke *border node*. Walaupun penerima dari RRP adalah *border node*, BRP tetap mengirim RRP pada setiap *hop*. BRP akan melacak *node* yang sudah tercakup oleh RRP. Ketika sebuah *node* menerima RRP, *node* tersebut menandai *node* tetangga dari *node* yang melakukan *bordercast* sebagai *node* yang sudah tercakup oleh RRP. Jika *node* penerima adalah *border node* dari *node* yang melakukan *bordercast*, maka *border node* tersebut akan menjadi *node* yang akan melakukan *bordercast* yang baru dan *node* tetangganya akan tercakup oleh RRP. BRP menggunakan tabel *routing* IARP dari *node* yang melakukan *bordercast*.

Ketika BRP menerima RRP baru untuk di-*bordercast*, maka RRP dari

node pengirim akan mencakup *node* tetangga dari *node* pengirim dan RRP dikirim ke *border node*. BRP bisa memutuskan pengiriman, bila *node* menerima RRP yang sama dari *node* lain.

D. Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra merupakan algoritma untuk menghitung jalur terpendek dari *node* pengirim ke *node* penerima. Seluruh jalur harus disertakan ke dalam paket, sehingga *node* pengirim dapat menentukan jalur yang paling pendek untuk mengirim paket ke *node* penerima [8]. Besarnya *link cost* digunakan untuk menghitung jalur yang paling pendek. Algoritma Dijkstra digunakan pada ZRP, terutama pada IERP untuk penentuan rute terbaik berdasarkan *link cost* yang paling rendah jumlahnya.



Gambar 5 Jaringan dengan algoritma dijkstra

Node 0 sebagai *node* pengirim, ingin mengirimkan paket ke *node* 2. Terdapat berbagai jalur untuk sampai ke *node* 2. Besarnya *link cost* setiap *node* dengan *node* tetangganya dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk mengirimkan paket dari *node* 0 ke *node* 2 terdapat banyak jalur. Jalur yang paling hemat berdasarkan *link cost* adalah 0-1-2, dengan *link cost* sebesar 2. Jalur lain untuk mengirimkan ke *node* 2 yaitu 0-3-4-2 dengan *link cost* sebesar 6. Dengan perbedaan *link cost* tersebut, maka akan dipilih yang paling

rendah yaitu jalur 0-1-2 dengan *link cost* sebesar 2. Bila *node* 1 hilang dari jaringan, maka *link* 0-1-2 akan putus, kemudian dicarikan jalur yang baru. Jalur baru yang tersedia adalah 0-3-4-2 dengan *link cost* sebesar 6.

Tabel 1 *Link cost* antar tetangga *node*

Node	Node tetangga	Link cost
0	1	1
0	3	2
1	2	1
1	3	3
1	4	4
3	4	1
4	2	3

E. User Datagram Protocol

User Datagram Protocol (UDP) adalah salah satu protokol dari *layer transport* yang merupakan *layer* ketiga dalam model *TCP/IP Layer*. UDP mengirim paket berupa datagram yang terdiri dari sebuah *header* kecil dan data pengguna [5].

UDP memiliki karakteristik *connectionless*, yaitu pengirim mengirimkan paket secara langsung tanpa membangun koneksi ke *server*. Sehingga penggunaan UDP lebih cepat dan lebih tepat diperuntukkan untuk paket-paket kecil dalam jumlah banyak. Keunggulan lain dari UDP yaitu fleksibel karena rute pengiriman paket dapat dengan mudah diubah, apabila terjadi antrian pada suatu rute tertentu.

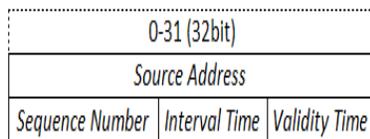
Berikut merupakan beberapa kelemahan pada UDP, yaitu:

1. UDP tidak dapat mendeteksi keberadaan paket yang sudah dikirimkan, sehingga paket dapat hilang pada perjalanan.
2. Paket pada UDP berupa datagram yang berdiri sendiri dan tidak disertai nomor urut paket, sehingga paket akan tiba di tujuan secara acak.

3. Paket pada UDP berukuran kecil dan mudah disimpan di dalam memori, sehingga tidak bisa digunakan untuk mengirimkan paket dengan data yang besar.

F. *Hello Message*

Hello message merupakan sebuah paket yang dikirimkan oleh sebuah *node* untuk mendeteksi keberadaan *node* tetangga di sekitar *node* pengirim. Format paket dari sebuah *hello message* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Format *hello message* [9]

Uraian mengenai format paket *hello message* dari Gambar 6 adalah sebagai berikut:

1. *Source Address* (32 bit) merupakan alamat dari *node* pengirim *hello message*.
2. *Sequence Number* (16 bit) merupakan urutan nomor dari *hello message*.
3. *Interval Time* (8 bit) merupakan waktu untuk pengiriman *hello message* berikutnya.
4. *Validity Time* (8 bit) merupakan periode sebuah *node* akan dihapus dari daftar *node* tetangga, ketika *node* pengirim sudah tidak mengirim *hello message* yang berikutnya.

PERANCANGAN SISTEM

Evaluasi kinerja *Zone Routing Protocol* dalam MANET dilakukan dengan pendekatan simulasi menggunakan program simulasi jaringan *Network Simulator 2 (NS-2)* versi 2.33, yang dijalankan pada sistem operasi *Ubuntu 10.10*.

A. Skenario Simulasi

Skenario simulasi yang digunakan untuk mensimulasikan protokol *routing ZRP* pada MANET dan untuk melakukan evaluasi kinerja protokol tersebut, dibuat dalam empat skenario, yaitu:

1. Skenario Jalur Putus

Tujuan dari skenario jalur putus adalah untuk mengetahui cara kerja dari protokol *routing ZRP*. Pada Skenario jalur putus menggunakan 6 (enam) buah *node* yang ditempatkan secara terencana. *Node 2* berada di luar zona *node 0*, menunjukkan kerja IERP dan *node 6* berada di dalam zona *node 0*, menunjukkan kerja komponen IARP.

Node 0 mengirimkan paket menuju *node 2* dan *node 6*. *Node 1* sebagai perantara, akan meneruskan paket dari *node 1* menuju ke *node 2*. *Node 1* sebagai perantara, akan keluar dari jangkauan *node 0* menunjukkan bahwa jalur putus. Kemudian, *node 0* akan mencari jalur yang baru melewati *node 3* dan *node 4*.

2. Skenario Variasi Jumlah *Node*

Tujuan dari skenario variasi jumlah *node* adalah untuk mengetahui pengaruh dari jumlah *node* terhadap kinerja protokol *routing ZRP* pada MANET.

Pada skenario variasi jumlah *node*, dilakukan pengamatan pada satu koneksi utama antara dua *node*. Kemudian pada dua buah koneksi lain yang berhubungan dengan dua buah *node* tersebut, sebagai pengganggu koneksi utama. Jumlah *node* dibuat bervariasi, yaitu 30, 40, 50, dan 60 *node*. Simulasi dilakukan sebanyak 5 (lima) kali dengan posisi *node* tetap. Koneksi utama dimulai dari detik pertama dan setiap koneksi pengganggu dimulai pada waktu

yang sudah diacak untuk setiap simulasi.

3. Skenario Variasi Jumlah Koneksi

Tujuan dari skenario variasi jumlah koneksi adalah untuk mengetahui pengaruh dari jumlah koneksi terhadap kinerja protokol routing ZRP pada MANET.

Pada skenario variasi jumlah koneksi, total *node* yang dipakai adalah 60 *node*. Pengamatan dilakukan pada satu koneksi utama yang menghubungkan dua *node*. Jumlah koneksi dibuat bervariasi, yaitu 1, 5, dan 10 koneksi. Simulasi dilakukan sebanyak 5 kali dengan posisi *node* tetap. Koneksi utama dimulai dari detik pertama dan koneksi tambahan dimulai pada waktu yang sudah diacak untuk setiap simulasi.

4. Skenario Variasi Kecepatan *Node* Sumber

Tujuan dari skenario variasi kecepatan *node* sumber adalah untuk mengetahui pengaruh dari kecepatan pergerakan *node* sumber terhadap kinerja protokol routing ZRP pada MANET.

Pada skenario ini, total *node* yang dipakai adalah 50 *node*. Pengamatan dilakukan pada satu koneksi utama antara *node* sumber dan *node* tujuan, dengan 2 (dua) koneksi tambahan sebagai koneksi pengganggu. *Node* sumber dibuat bergerak dengan kecepatan yang bervariasi, yaitu 1 m/s, 5 m/s dan 10 m/s. Simulasi dilakukan sebanyak 5 (lima) kali dengan waktu mulai koneksi pengganggu yang berubah-ubah untuk setiap simulasi. Koneksi utama dimulai dari detik pertama.

B. Indikator Kinerja

Indikator kinerja yang digunakan untuk menguji kinerja ZRP adalah:

1. Waktu tempuh satu paket adalah jeda waktu antara saat paket dikirim oleh *node* sumber sampai dengan paket tersebut diterima oleh *node* tujuan.
2. *Throughput* adalah banyaknya paket yang berhasil dikirimkan dari *node* sumber ke *node* tujuan per satuan waktu.

C. Perancangan Simulasi

1. Parameter simulasi untuk skenario jalur putus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter simulasi untuk skenario jalur putus

Parameter	Nilai
Luas jaringan	1000m x 1000m
Jumlah <i>Node</i>	6
Jumlah <i>Node</i> bergerak	1
Kecepatan <i>Node</i> bergerak	40 m/s
Jumlah koneksi	2
Besar paket CBR	512 byte
Zona radius ZRP	1
Waktu simulasi	65 detik

2. Parameter simulasi untuk skenario variasi jumlah *node* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Parameter simulasi untuk skenario variasi jumlah *node*

Parameter	Nilai
Luas jaringan	500m x 500m
Jumlah <i>node</i>	variansi (30, 40, 50 dan 60)
Jumlah <i>node</i> bergerak	10
Kecepatan <i>node</i> bergerak	<i>random</i>
Jumlah koneksi	3
Besar paket CBR	512 byte
Zona radius ZRP	2
Waktu simulasi	400 detik

3. Parameter simulasi untuk skenario variasi jumlah koneksi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Parameter simulasi untuk skenario variasi jumlah koneksi

Parameter	Nilai
Luas jaringan	500m x 500m
Jumlah <i>node</i>	60
Jumlah <i>node</i> bergerak	10
Kecepatan <i>node</i> bergerak	<i>random</i>
Jumlah koneksi	variasi (1, 5, dan 10)
Besar paket CBR	512 <i>byte</i>
Zona radius ZRP	2
Waktu simulasi	400 detik

4. Parameter simulasi untuk skenario variasi kecepatan *node* sumber dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Parameter simulasi untuk skenario variasi kecepatan *node* sumber

Parameter	Nilai
Luas jaringan	500m x 500m
Jumlah <i>node</i>	50
Jumlah <i>node</i> bergerak	11
Kecepatan <i>node</i> bergerak	variasi (1, 5 dan 10 m/s)
Jumlah koneksi	3
Besar paket CBR	512 <i>byte</i>
Zona radius ZRP	2
Waktu simulasi	400 detik

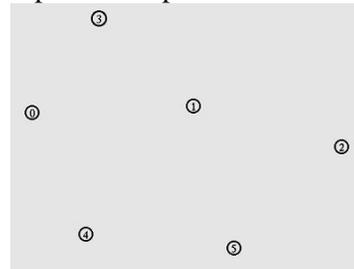
EVALUASI KINERJA ZRP PADA MANET

Simulasi kinerja protokol *routing* ZRP dengan menggunakan NS-2 menghasilkan dua jenis keluaran, yaitu *trace file* dan *nam file*. *Trace file* merupakan pencatatan seluruh kejadian simulasi dari awal hingga akhir. *Nam file* merupakan gambaran dari simulasi yang dilakukan dengan kondisi jaringan

yang sudah diatur. Hasil *trace file* tersebut disaring oleh program *awk* dan digunakan untuk mengevaluasi indikator kinerja ZRP.

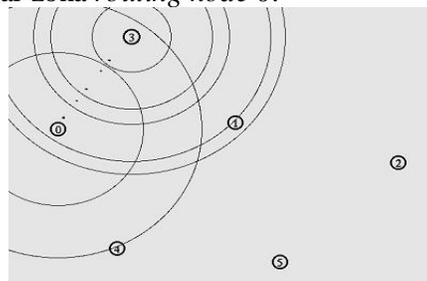
A. Evaluasi Skenario Jalur Putus

Node yang digunakan untuk skenario ini berjumlah 6 *node* dengan masing-masing *node* dapat menjangkau *node* tetangganya. Letak masing-masing *node* dapat dilihat pada Gambar 7.



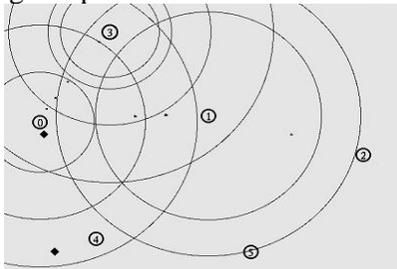
Gambar 7 Posisi awal 6 *node*

Node 0 mengirimkan paket CBR pada saat detik pertama ke *node* 2 dan *node* 3. Pada awal simulasi setiap *node* mengirim *hello message* ke *node* tetangga yang berada dalam zona masing-masing *node*. *Node* 0 ingin mengirimkan paket ke *node* 3 dan mendapati bahwa *node* 3 berada dalam zona *node* 0, sehingga rute dari *node* 0 menuju *node* 3 dapat tersedia dengan segera. Dapat dilihat pada Gambar 8, saat $t = 1.000$ s, *node* 0 langsung mengirim paket CBR ke *node* 3. Sedangkan untuk rute dari *node* 0 menuju *node* 2 belum tersedia, karena *node* 2 berada di luar zona *routing* *node* 0.



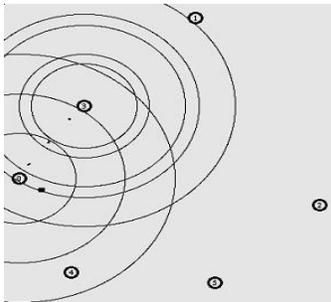
Gambar 8 *Node* 0 mulai mengirim paket ke *node* 3

Pada saat $t = 1.000$ s, *node 0* menggunakan IERP untuk mencari rute menuju *node 2*. IERP menggunakan BRP untuk melakukan *bordercast* dan mengirimkan *route request packet*. Kemudian ada dua *route reply* yang kembali ke *node 0*, yang berarti ada dua rute untuk mencapai *node 2*. Rute pertama adalah 0-1-2 dan rute kedua adalah 0-4-5-2. ZRP akan menentukan rute menuju *node 2* berdasarkan jumlah *hop* terkecil yaitu rute 0-1-2. Pada Gambar 9, terlihat *node 0* mulai mengirim paket ke *node 2* saat $t = 3.1$ s.



Gambar 9 *Node 0* mengirim paket ke *node 2*

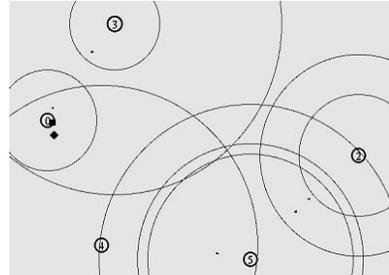
Saat $t = 12.000$ s, *node 1* mulai berjalan ke atas agar menghilang dari jangkauan *node 0* dan *node 2*. Sekitar $t = 17.000$ s, *node 1* sudah tidak terdeteksi keberadaannya oleh *node 0* dan *node 2*, posisi *node 1* yang sudah menjauh pada Gambar 10. Rute dari *node 0* ke *node 2* dengan *node* perantara *node 1* sudah putus.



Gambar 10 Posisi *node 1* yang sudah menjauh

Node 0 menggunakan *route reply* yang dikirim pada awal simulasi untuk

menggunakan rute yang sudah pernah dicari sebelumnya yaitu rute 0-4-5-2. ZRP akan menggunakan rute tersebut untuk melanjutkan pengiriman paket ke *node 2*. Saat $t = 20.516$ s, *node 0* mengirimkan paket ke *node 2* dengan rute baru 0-4-5-2, dapat dilihat pada Gambar 11.



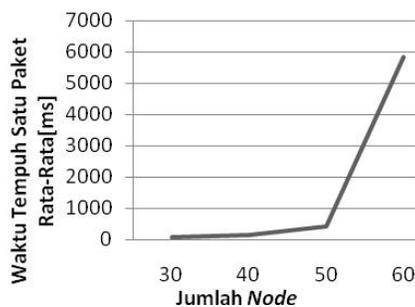
Gambar 11 *Node 0* menggunakan rute baru

B. Evaluasi Skenario Variasi Jumlah Node

B.1 Waktu tempuh satu paket

Tabel 6 Waktu tempuh satu paket rata-rata variasi jumlah *node*

Jumlah Node	Waktu Tempuh Satu Paket Rata-Rata [ms]
30	86.9797
40	171.8352
50	420.5832
60	5831.292



Gambar 12 Grafik waktu tempuh satu paket rata-rata variasi jumlah *node*

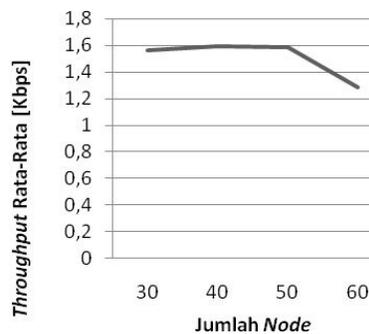
Dari Tabel 6 dan Gambar 12 terlihat bahwa untuk setiap penambahan jumlah *node*, maka terjadi peningkatan pada besarnya waktu tempuh satu paket.

Dengan bertambahnya jumlah *node* pada jaringan, mengakibatkan kerja setiap *node* semakin bertambah, karena harus mengontrol setiap *node* tetangga. Ketika *node* tujuan tidak ditemukan dalam zona lokal dari *node* pengirim, maka *node* pengirim akan menggunakan IERP. ZRP memerlukan waktu untuk melakukan komunikasi antara IERP dengan IARP. Sehingga waktu tempuh paket untuk tiba di *node* penerima memerlukan tambahan waktu dan mengakibatkan waktu tempuh satu paket rata-rata menjadi bertambah.

B.2 Throughput

Tabel 7 Tabel *throughput* rata-rata variasi jumlah *node*

Jumlah Node	<i>Throughput</i> Rata-Rata [Kbps]
30	1.559758
40	1.591706
50	1.582694
60	1.287784



Gambar 13 Grafik *throughput* rata-rata variasi jumlah *node*

Dari Tabel 7 dan Gambar 13 terlihat bahwa pada jumlah *node* 30 dan

40, terjadi kenaikan *throughput* tetapi pada saat jumlah *node* ditambah menjadi 50 dan 60, terjadi penurunan *throughput*.

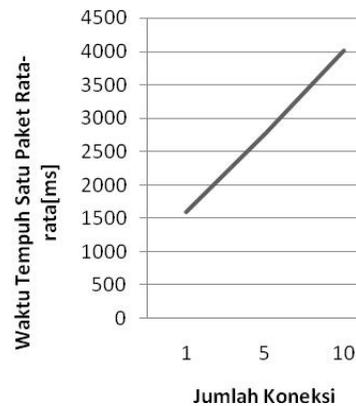
Penurunan *throughput* karena jarak antara *node* penerima dengan *node* pengirim cukup jauh dan melibatkan banyak zona *routing*. Masing-masing *node* memiliki informasi *node* tetangga pada zona lokal masing-masing. Semakin banyak jumlah *node*, maka jumlah trafik akan menyebabkan kongesti pada *node* perantara. Kongesti tersebut menjadikan beberapa paket mengalami *drop*. paket-paket yang mengalami *drop* tersebut mengakibatkan *throughput* koneksi utama menjadi turun.

C. Evaluasi Skenario Variasi Jumlah Koneksi

C.1 Waktu tempuh satu paket

Tabel 8 Tabel waktu tempuh satu paket rata-rata variasi jumlah koneksi

Jumlah koneksi	Waktu tempuh satu paket rata-rata (ms)
1	1598.64
5	2764.022
10	4012.684



Gambar 14 Grafik waktu tempuh satu paket rata-rata variasi jumlah koneksi

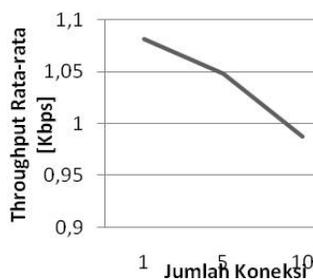
Dari Tabel 8 dan Gambar 14 terlihat bahwa dengan bertambahnya koneksi gangguan, maka waktu tempuh satu paket rata-rata pada koneksi utama mengalami kenaikan.

Semakin banyak jumlah koneksi, mengakibatkan jumlah antrian akan bertambah pada *node* perantara. Hal ini bisa mengakibatkan paket yang dikirim menjadi lebih lama tiba di *node* penerima. Sehingga waktu tempuh rata-rata menjadi bertambah.

C.2 Throughput

Tabel 9 Tabel *throughput* rata-rata variasi jumlah koneksi

Jumlah koneksi	<i>Throughput</i> rata-rata
1	1.08134
5	1.048574
10	0.9878552



Gambar 15 Grafik *throughput* rata-rata variasi jumlah koneksi

Dari Tabel 9 dan Gambar 15 terlihat bahwa dengan bertambahnya jumlah koneksi, nilai *throughput*-nya mengalami penurunan

Throughput menurun, ketika koneksi gangguan semakin bertambah diakibatkan oleh *bit rate* yang kurang cepat pada *node* perantara. *Node* perantara menerima banyak paket dari *node* pengirim dan *node* yang meneruskan paket dari *node* pengirim. Kemudian *node* perantara tidak mampu

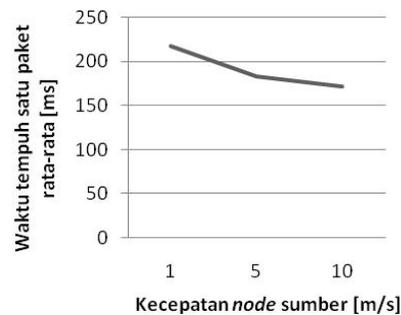
meneruskan paket dengan cepat, sehingga penumpukan paket pada *buffer* mengakibatkan paket *drop*.

D. Evaluasi Skenario Variasi Kecepatan *Node* Sumber

D.1 Waktu tempuh satu paket

Tabel 10 Tabel waktu tempuh satu paket rata-rata variasi kecepatan *node* sumber

Kecepatan <i>node</i> sumber [m/s]	Waktu tempuh satu paket rata-rata [ms]
1	216.7636
5	183.2468
10	171.4958



Gambar 16 Grafik waktu tempuh satu paket rata-rata kecepatan *node* sumber

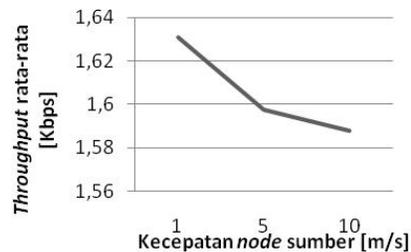
Dari Tabel 10 dan Gambar 16 terlihat bahwa semakin cepat pergerakan *node* sumber ke *node* tujuan, waktu tempuh satu paket rata-rata mengalami penurunan. Hal ini disebabkan *node* sumber yang bergerak terus menerus akan secara cepat mendapatkan daftar *node* tetangga dengan menggunakan IARP. Sehingga ketika *node* sumber yang bergerak-gerak ingin melakukan pengiriman menuju *node* tujuan, IERP melakukan pencarian rute menuju *node* tujuan dengan berkomunikasi dengan IARP untuk masing-masing zona lokal. Sehingga rute menuju *node* pengirim

baik di luar zona atau di dalam zona lokal didapatkan dengan cepat dan waktu tempuh satu paket rata-rata menjadi berkurang.

D.2 Throughput

Tabel 11 Tabel *throughput* rata-rata variasi kecepatan *node* sumber

Kecepatan <i>node</i> sumber [m/s]	<i>Throughput</i> rata-rata [Kbps]
1	1.631026
5	1.597442
10	1.58761



Gambar 17 Grafik *throughput* rata-rata variasi kecepatan *node* sumber

Dari Tabel 11 dan Gambar 17 terlihat bahwa semakin cepat pergerakan *node* sumber ke *node* tujuan, *throughput* mengalami penurunan.

Penurunan *throughput* rata-rata dengan penambahan kecepatan *node* sumber disebabkan oleh paket *drop* pada koneksi utama. Dalam melakukan pengiriman paket dari *node* sumber menuju *node* tujuan, dengan keadaan *node* sumber yang bergerak-gerak mengakibatkan pergantian rute yang cukup sering. Pergantian rute tersebut mengakibatkan paket yang dikirimkan mengalami paket *drop*. Sehingga *throughput* rata-rata menjadi menurun.

SIMPULAN

Dari serangkaian simulasi yang sudah dilakukan, dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. IERP akan mencari jalur satu kali. Bila jalur utama putus, dan ada jalur alternatif, maka jalur alternatif akan dipakai. Sedangkan untuk rute yang berada di dalam zona *routing* dapat dengan cepat tersedia karena IARP melakukan pembaruan rute secara periodik.
2. Penambahan jumlah *node* (30, 40, 50, dan 60 *node*) membuat waktu tempuh satu paket pada koneksi utama menjadi naik dan *throughput* koneksi utama menjadi turun.
3. Penambahan jumlah koneksi (1, 5, dan 10 koneksi) membuat waktu tempuh satu paket pada koneksi utama menjadi naik dan *throughput* koneksi utama menjadi turun.
4. Penambahan kecepatan *node* sumber (1, 5, dan 10 m/s) membuat waktu tempuh satu paket pada koneksi utama menjadi turun dan *throughput* koneksi utama menjadi turun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Awash, E. 2004. *Evaluation of Various Routing Protocol for Mobile Ad-hoc Networks (MANETs)*. Thesis. Ethiopia: Computer Engineering of Addis Ababa University.
- [2] Beijar, N. *Zone Routing Protocol (ZRP)*. Finland: Helsinki University of Technology.
- [3] Haas, Z. J., Pearlman M. R., and Samar, P. 2002. *The Bordercast Resolution Protocol (BRP) for Ad Hoc Networks*. IETF Internet Draft, (<http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-manet-zone-brp-02>, diakses 24 November 2012).

- [4] Lakhtaria, K. I. and Patel, P. 2010. Analyzing Zone Routing Protocol in MANET Applying Authentic Parameter. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 2(10):114.
- [5] Lay Networks. 2000. *Comparative Analysis – TCP – UDP*. (<http://www.laynetworks.com/Comparative%20analysis%20TCP%20Vs%20UDP.htm>, diakses 17 Desember 2012)
- [6] Nayak, T. R. 2010. *Implementation of Adaptive Zone Routing Protocol for Wireless Networks*. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(12): 7273-7288.
- [7] Satish, S., Thangavel, K., and Boopathi, S. *Performance Analysis of DSR, AODV, FSR and ZRP Routing Protocols in MANET* (hal. 57-61). India: Periyar University.
- [8] Sreelatha, A. et al. 2010. Mobile Wireless Enhanced Routing Protocol in Adhoc Networks. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 7(2): 2398-2401.
- [9] Ververidis C. N. 2008. *Energy Efficient and Adaptive Service Advertisement, Discovery and Provision for Mobile Ad Hoc Networks*. Dissertation. Greece: Department of Computer Science of Athens University of Economics and Business.