

PENCARIAN RUTE YANG HANDAL BERBASIS ENERGI MENGUNAKAN ALGORITMA EA-SHORT PADA PROTOKOL ROUTING ZRP DI JARINGAN MANET

(Energy Based Route Search for Reliable Using EA-SHORT Algorithm on ZRP Routing Protocol in Manet Network)

Mila Rosiana*, Andy Hidayat Jatmika, Ariyan Zubaidi

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: rosianaa.mila@gmail.com, [andy, zubaidi13]@unram.ac.id

Abstract

Mobile Ad-Hoc Network (MANET) is a wireless network from a set of nodes that don't have a fixed router. Each node in this network acts as a router that is responsible for finding and handling routes between nodes. In this study, the concept of energy-aware routing using the EA-SHORT algorithm applied to the framework of the Zone Routing Protocol (ZRP). EA-SHORT tries to distribute network load to all existing nodes by utilizing variations in the amount of energy by selecting nodes that have enough energy that can participate in the route and avoiding nodes that have low energy. ZRP performance will be compared with EA-SHORT ZRP which has been modified with EA-SHORT measured from the specified parameter values. From the simulation, The results show, at node 50, throughput increased by 12,374%. For 100 nodes, an increase of 44,597%. On the average end to end delay, at 50 nodes the EA-SHORT ZRP value decreased by 20,063%, node 100 EA-SHORT ZRP decreased by 8,375%. PDR results on EA-SHORT ZRP with 50 nodes increased by 0.545%, and for 100 EA-SHORT ZRP nodes increased by 21.301%

Keywords: MANET, Energy Aware SHORT, ZRP, EA-SHORT ZRP

*Penulis Korespondensi

1. PENDAHULUAN

Mobile Ad-Hoc Network (MANET) adalah sebuah jaringan wireless dari kumpulan node yang tidak memiliki router tetap. Setiap node dalam jaringan ini memiliki fungsi sebagai router yang bertanggung jawab untuk mencari dan menangani rute antara node di dalam jaringan[1]. MANET memiliki komponen penting dalam proses penemuan rute yang disebut dengan proses routing[2]. Dalam proses transmisi data dari node sumber menuju node tujuan dibutuhkan komunikasi dengan mobile node terdekatnya. Hal tersebut bertujuan agar paket dapat diterima oleh node tujuan dengan efisien[3]. Protokol routing terdiri atas tiga macam yakni proaktif, reaktif dan hybrid. Protokol proaktif secara berkala melakukan pemeriksaan rute di jaringan, sehingga saat paket akan dikirim, rute sudah diketahui dan dapat langsung digunakan. Protokol reaktif sebaliknya melakukan pemeriksaan rute hanya ketika ada paket yang akan dikirim[4]. Protokol routing hybrid merupakan protokol yang menggabungkan konsep kerja reaktif dan proaktif[5].

Komponen penting lainnya pada MANET adalah energi, di mana energi pada setiap node yang beroperasi jumlahnya terbatas. Hal ini dikarenakan pada umumnya sumber energi node berasal dari baterai. Dengan jumlah energi yang terbatas, node juga mengoperasikan protokol routing dan berperan sebagai router, sehingga kinerja node menjadi meningkat dan membutuhkan energi yang lebih besar[6]. Pada routing, ketika rute optimal sudah ditemukan, maka rute akan disimpan dalam routing table, jika routing tidak menerapkan konsep energy aware maka setiap node yang berada dalam rute tersebut akan digunakan terus menerus dalam proses pengiriman paket, sedangkan node-node disekitarnya dibiarkan bebas. Hal tersebut mengakibatkan jumlah energi pada setiap node bervariasi[7].

Selain jumlah energi pada node yang bervariasi, dalam MANET, node yang bergerak secara bebas dan acak dapat menyebabkan topologi jaringan berubah dan tidak dapat diprediksi posisinya, dan hal ini dapat dimanfaatkan dalam proses perubahan rute, sehingga terputusnya rute (link failure) dalam jaringan yang disebabkan oleh node yang kehabisan energi dapat

dicegah. Terputusnya rute akan menyebabkan menurunnya performa jaringan. Konsep *energy aware* salah satunya adalah EA-SHORT (*Energy Aware-Self Healing and Optimizing Routing Techniques*) yang mencoba mendistribusikan beban jaringan (*load balancing*) pada semua *node* yang ada dengan memanfaatkan variasi jumlah energi. Kehandalan suatu jaringan pada algoritma EA-SHORT diukur meningkatnya performa jaringan dilihat dari parameter uji yang digunakan yakni meningkatnya nilai *throughput* dan *packet delivery ratio* serta menurunnya nilai *average end to end delay*.

Pada penelitian ini konsep *routing* dengan *energy aware* menggunakan algoritma EA-SHORT untuk MANET akan diterapkan dalam kerangka protokol *routing Zone Routing Protocol* (ZRP) yang merupakan protokol *hybrid*. Protokol ini memiliki konsep membatasi area *routing* dari protokol proaktif dalam bentuk zona di setiap *node*. Sedangkan konsep protokol reaktif digunakan jika pengiriman paket berada diluar zona[8]. Pada ZRP, rute yang digunakan bisa saja tidak *reliable*, artinya setiap *node* yang berpartisipasi dalam rute bisa saja kehabisan energi pada saat sedang dilakukan pengiriman paket. Hal ini disebabkan karena protokol *routing* ZRP tidak melakukan proses penghitungan energi tiap *node*.

Kinerja protokol *routing* yang diukur adalah jumlah *throughput*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio* (PDR), dengan menerapkan skenario yang berbeda yakni memvariasikan beberapa parameter simulasi. Simulasi protokol *routing* pada penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan *tools network simulator 2* (NS2) versi 2.35, sedangkan untuk analisis terhadap parameter uji menggunakan *AWK Script* yang mempunyai kegunaan untuk mengurai file.tr yang terdapat pada NS2. Hasil simulasi dari kedua protokol akan analisa dan dibandingkan untuk mengetahui pengaruh penerapan EA-SHORT pada protokol ZRP.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan antara lain yakni penelitian tentang simulasi dan analisa pada protokol ZRP menggunakan simulator NS2 dengan melakukan perhitungan nilai Qos yakni *throughput*, *delay* dan PDR[5]. Jumlah *node* yang disimulasikan adalah, 10, 20, 50 dan 100. Dari hasil simulasi yang dilakukan, nilai *throughput* terendah terdapat pada 100 *node* dengan 34.5702 Kbps dan tertinggi ditemukan di jaringan dengan jumlah 10 *node*, sebesar 727.081 Kbps. Sementara rata-rata *delay*

terendah dalam jaringan dengan 10 *node* sama dengan 0,606597 s dan yang tertinggi di jaringan dengan 100 *node*, dengan rata-rata *delay* 2,00939 s. Untuk nilai hasil PDR dari simulasi yang dilakukan, nilai PDR terendah terdapat pada jaringan dengan 100 *node*, yaitu sebesar 71,6509%, dan nilai PDR tertinggi terdapat pada jaringan dengan jumlah 10 *node*, yaitu sebesar 80,439%. Dari hasil pengujian dapat diketahui jika semakin banyak jumlah *node* maka lalu lintas jaringan akan semakin padat dan menurunkan kualitas pelayanan. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan, yakni menggunakan protokol *routing* ZRP. Perbedaannya terletak penambahan metode EA-SHORT yang akan dilakukan sedangkan penelitian sebelumnya tidak menggunakan metode.

Penelitian yang melakukan analisis perbandingan kinerja antara tiga protokol yakni AOMDV, DSDV dan ZRP di jaringan MANET [3]. Ketiga protokol tersebut disimulasikan dengan NS2 di lingkungan simulasi yang memiliki beberapa variasi luas area dan jumlah *mobile node*. Kinerja ketiga protokol tersebut diuji dan dianalisis kinerjanya berdasarkan beberapa parameter, yaitu *throughput*, *average end to end delay*, PDR dan *normalized routing load*. Jumlah *node* yang digunakan yakni 20, 40, 80 dan 100. Untuk luas area simulasi yang digunakan yakni 500 x 500, 800 x 800 dan 1000 x 1000. Hasil pengujian untuk luas area 1000 x 1000, dimana ZRP memiliki nilai rata-rata PDR tertinggi sebesar 0.784%, 0.834%, 0.165%, dan 0.143%. ZRP mengalami penurunan nilai PDR yang sangat drastis ketika *node* berjumlah 80 dan 100 walaupun sempat memiliki rasio tertinggi pada kepadatan *node* 40. ZRP memiliki nilai rata-rata *throughput* tertinggi, yaitu sebesar 79.985 bps, 83.420 bps, 16.573 kbps, dan 14.375 bps dan penurunan yang sangat drastis masih terjadi pada ZRP ketika *node* berjumlah 80 dan 100. *average end to end delay* juga mengalami peningkatan cukup jauh dari 0,278 s dan 0,310 s pada jumlah *node* 20 dan 40 menjadi 6,553 dan 11,556 s pada jumlah *node* 80 dan 100. Rata-rata untuk *normalized routing load* ZRP yakni 8.609 bytes, 23.528 bytes, 328.435 bytes, 955.22 bytes. Penelitian ini menunjukkan bahwa performa ZRP mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah *node* dan mengalami penurunan yang drastis antara jumlah *node* 24, 40 dengan 80, 100. Persamaan dengan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu protokol ZRP yang digunakan dan luas area 1000 m x 1000 m. Perbedaannya dengan penelitian yang akan dilakukan yakni pada penelitian ini tidak menerapkan metode apapun, sedangkan penelitian yang akan dilakukan akan diterapkan

metode EA-SHORT untuk meningkatkan performa protokol ZRP.

Penelitian yang melakukan analisis Qos pada jaringan Ad Hoc dengan membandingkan protokol *Ad hoc on Demand Distance Vector* (AODV) dan ZRP dengan parameter uji yakni *end to end delay*, *jitter*, PDR dan *throughput*[9]. Hasil pengujian dengan luas area simulasi 1000 m x 1000 m yakni protokol AODV dapat melakukan pengiriman paket lebih cepat. Kecepatan rata-rata 0.3134 s dari *routing* protokol ZRP dengan nilai 0.3891 detik, namun untuk jumlah paket yang terkirim *routing* protokol ZRP lebih baik dengan rata-rata *throughput* 963.34 bps dibandingkan *routing* protokol AODV. Persamaannya dengan penelitian yang akan dilakukan adalah menggunakan protokol ZRP dan cakupan luas area simulasi. Sedangkan perbedaannya yakni tidak ada penambahan metode *energy aware* pada penelitian sebelumnya.

Pada penelitian ini telah dilakukan analisis perbandingan kinerja antara protokol *routing* TORA dan TORA yang menerapkan algoritma SHORT[10]. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *throughput* yang lebih tinggi meningkat hingga 3-50%, *end to end delay* yang lebih rendah hingga 50%, *delay* mengalami penurunan sebesar 50%, penurunan *packet loss* bervariasi dari 12-57%, perbaikan energi sekitar 43%, dan *life time* jaringan yang lebih tinggi. TORA yang dimodifikasi mengungguli protokol *routing* TORA dalam hal *throughput*, *packet loss*, *end-to-end delay*, dan energi. Persamaan dari penelitian terkait dengan penelitian yang dilakukan yaitu menggunakan algoritma EA-SHORT. Sedangkan perbedaannya yaitu pada penelitian yang dilakukan menggunakan protokol *routing* ZRP namun penelitian sebelumnya menggunakan protokol *routing* TORA.

Penelitian yang melakukan analisis konsumsi energi pada protokol AODV, OLSR dan ZRP[11]. Penelitian ini melakukan analisis dengan parameter yakni *routing power*, *throughput*, konsumsi energi pada saat proses pengiriman, konsumsi energi pada saat penerimaan, dan *end to end delay*. Simulasi dilakukan selama 30 detik dengan luas area 1000m x 1000m dengan variasi jumlah *node* yakni 10, 20, 30, 40 dan 50. Hasil simulasi menunjukkan *throughput* tertinggi pada AODV dan OLSR dan terendah pada protokol ZRP. Pada nilai *end to end delay*, protokol terendah yakni OLSR. PDR tertinggi adalah AODV diikuti OLSR lalu ZRP. Total konsumsi energi saat pengiriman sangat rendah pada OLSR dibandingkan dengan dua protokol lainnya. Konsumsi energi terendah pada saat penerimaan yakni protokol ZRP. *Routing power* pada AODV adalah yang tertinggi

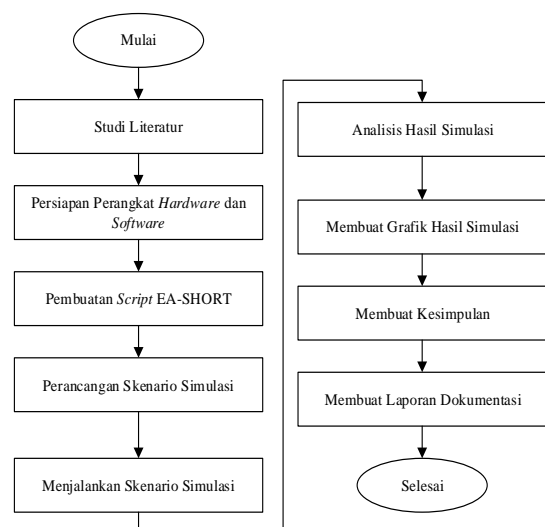
namun mengalami penurunan jika dilihat dari rata-rata *routing power* AODV dalam setiap simulasi. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan yakni menggunakan protokol ZRP, perbedaannya pada penelitian sebelumnya hanya melakukan analisa konsumsi energi sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan, protokol ZRP akan diterapkan metode Algoritma EA-SHORT dalam pencarian rute.

Penelitian tentang *energy aware* dengan menggunakan algoritma EA-SHORT yang bertujuan untuk menyeimbangkan konsumsi energi semua *node* pada jaringan[7]. Penelitian ini melakukan simulasi menggunakan protokol AODV dengan menggunakan 120 *node*, luas area simulasi yakni 1200m x 1200 m. Hasil uji coba dengan algoritma ini kemudian dibandingkan dengan AODV tanpa menggunakan EA-SHORT. Perbandingannya yakni jangka waktu atau lama hidup jaringan. Pada simulasi di detik 200 kapasitas kedua protokol masih relatif sama. Namun pada 1210 detik protokol AODV mulai mengalami interupsi karena partisi pada jaringan. Aliran data pada AODV terputus pada detik 1825, namun bertahan sampai akhir simulasi (2000 detik) menggunakan EA-SHORT. Persamaannya dengan penelitian yang akan dilakukan adalah menggunakan algoritma EA-SHORT, perbedaannya adalah penelitian selanjutnya akan menerapkan algoritma EA-SHORT pada kerangka protokol ZRP.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 merupakan diagram alir yang menggambarkan langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3.1.1. Studi literatur

Pada tahap studi literatur, dilakukan pengkajian berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada tahap ini, dilakukan pengkajian terhadap berbagai jurnal maupun *paper* mengenai performa protokol *routing* ZRP, teknik untuk memodifikasi *routing protocol*, teknik yang berkaitan dengan konsep *energy aware* untuk meningkatkan kehandalan jaringan berbasis energi *mobile ad hoc network*, dan beberapa penelitian lainnya yang mendukung penelitian yang akan dilakukan.

3.1.2. Persiapan perangkat *hardware* dan *software*

Uji coba dilakukan dengan menggunakan laptop Toshiba c640 dengan spesifikasi perangkat yang dapat dilihat pada Tabel 3.1

TABEL I. KOMPONEN HARDWARE DAN SOFTWARE

Komponen	Spesifikasi
CPU	Intel(R) Core(TM) i3-2310M CPU @ 2.10 GHz
Sistem Operasi	Linux Ubuntu 16.04 LTS 64 bit
Memori	2 GB (Alokasi 1 GB untuk instalasi Linux Ubuntu)
Harddisk	297 GB (Alokasi 10 GB untuk penyimpanan data simulasi)

Adapun perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Network Simulator 2* (NS2) versi 2.35 untuk melakukan simulasi jaringan MANET.
- Virtual Box* sebagai tempat instalasi *linux*. NS2 akan diinstal pada sistem operasi *linux* yang akan diinstal secara *virtual* pada *virtual box*.
- Microsoft Excel* untuk membuat grafik hasil simulasi.
- Linux Ubuntu* 16.04 LTS 64 bit sebagai sistem operasi.
- Microsoft Word*, sebagai pembuatan dokumentasi
- Microsoft Visio* sebagai pembuatan diagram.

3.1.3. Pembuatan skrip EA-SHORT

Pembuatan skrip EA-SHORT ZRP dilakukan dengan cara memodifikasi kerangka protokol *routing* ZRP dengan menyisipkan Algoritma EA-SHORT. Penulisan kode dilakukan untuk pencarian rute yang handal berbasis energi dengan mekanisme perubahan rute. Jika rute baru ditemukan maka rute tersebut yang akan digunakan untuk melakukan pengiriman data.

3.1.4. Perancangan skenario simulasi

Pada bagian ini, peneliti melakukan perancangan skenario simulasi jaringan MANET untuk melakukan analisis pengaruh algoritma EA-SHORT pada protokol *routing* ZRP dengan kondisi yaitu protokol ZRP belum menggunakan EA-SHORT dan kondisi di mana ZRP sudah dimodifikasi menggunakan EA-SHORT.

Terdapat beberapa parameter uji yang digunakan untuk menganalisis hasil pengujian dari skenario simulasi yang dilakukan, yaitu:

a. *Throughput*

Throughput adalah kecepatan transfer data efektif yang merupakan jumlah total kedatangan paket data yang sukses diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi dengan durasi interval waktu pengamatan.

Rumus:

$$\text{Throughput (Kbps)} = \frac{\text{ukuran data yang dikirim}}{\text{total waktu pengiriman data}} \quad (1)$$

b. *Average end to end delay*

Waktu jeda yang dibutuhkan dalam pengiriman paket dari pengirim ke penerima paket.

Rumus:

$$\text{Average delay (s)} = \frac{\text{total delay}}{\text{total paket yang diterima}} \quad (2)$$

c. *Packet delivery ratio* (PDR)

Perbandingan antara paket data yang terkirim dengan jumlah paket data yang diterima.

Rumus:

$$\text{Packet Delivery Ratio (\%)} = \frac{\text{paket data yang diterima}}{\text{paket data yang dikirim}} \times 100\% \quad (3)$$

3.1.5. Menjalankan skenario simulasi

Pada tahap ini skenario simulasi yang telah dibuat pada *file.tcl* dijalankan dengan perintah `#ns namafilename.tcl`.

3.1.6. Analisis hasil simulasi

Pada tahap ini dilakukan proses analisis terhadap hasil yang diperoleh dari proses pengujian skenario penelitian, dengan membandingkan hasil simulasi protokol *routing* ZRP dan protokol *routing* EA-SHORT ZRP, dengan percobaan pengiriman data dengan mobilitas *node* berdasarkan jumlah *node*, luas area, dan kecepatan *node*. Menggunakan *script* AWK, akan dilakukan analisis parameter berupa *throughput*, PDR, dan *end to end delay*. Hasil Analisa simulasi ditampilkan dalam bentuk grafik. Semakin besar nilai *throughput* dan PDR maka semakin banyak jumlah paket data yang dapat sampai ke tujuan dan semakin baik performa. Semakin rendah nilai *end to end delay* maka semakin

cepat kemampuan protokol *routing* dalam menemukan jalur komunikasi data, sehingga semakin cepat dan semakin banyak data yang dapat sampai ke tujuan. Hasil pengujian yang dijalankan diharapkan dapat menunjukkan pengaruh penerapan algoritma EA-SHORT terhadap protokol *routing* ZRP pada lingkungan MANET.

3.1.7. Membuat grafik hasil

Pembuatan grafik Hasil dari simulasi yang telah dilakukan menggunakan Microsoft Excel. Grafik atau data-data tersebut kemudian dianalisis dan dapat digunakan untuk membandingkan performansi ZRP dengan EA-SHORT ZRP.

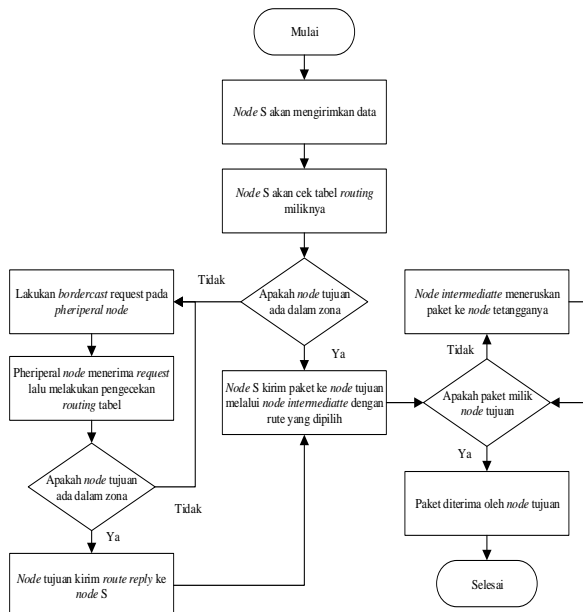
3.1.8. Membuat kesimpulan

Pada tahap ini akan dilakukan *review* terhadap hasil modifikasi protokol *routing* ZRP dan pengujian skenario, untuk mengetahui performa terbaik dari skenario yang telah diuji. Sehingga, dapat ditarik kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta saran sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya.

3.1.9. Membuat laporan dokumentasi

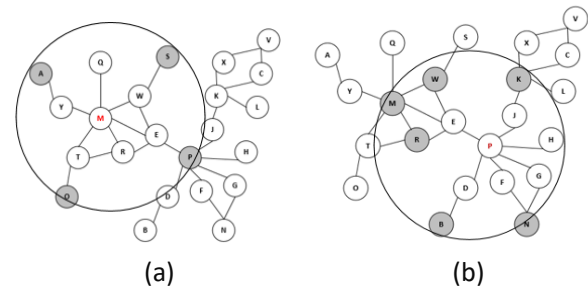
Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan laporan dokumentasi terhadap penelitian yang telah dilakukan. Dokumentasi laporan yang dibuat dapat membantu untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

3.2. Algoritma Pencarian Rute Menggunakan Protokol Routing ZRP



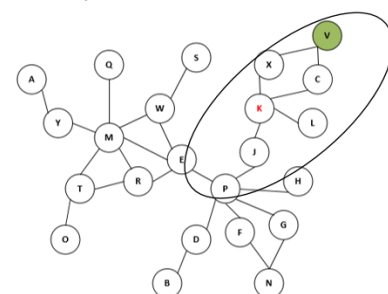
Gambar 2. Proses pencarian rute pada protokol *routing* ZRP

Dimisalkan jaringan pada Gambar 3, *node* M ingin mengirim paket menuju *node* V. dengan radius zona adalah kurang atau sama dengan 2. *Node* akan menggunakan *routing table* yang disediakan oleh IARP untuk mengecek apakah *node* tujuan berada dalam zona atau tidak. Karena tujuan tidak ditemukan, maka dilakukan *route request* menggunakan IERP. Pesan *request* diteruskan ke *peripheral node* yakni A,O,P,S, kemudian setiap *node* ini juga akan mengecek tujuan paket pada tabel *routing*-nya.



Gambar 3. (a) *Routing zone* pada *node* M; (b) *Routing zone* pada *node* P

Node P tidak menemukan tujuan paket pada *routing table*-nya, lalu pesan akan diteruskan ke *peripheral node* yakni *node* yang ditandai dengan warna abu-abu, karena adanya mekanisme *query control*, maka *request* tidak diteruskan ke *node* W,M,R.

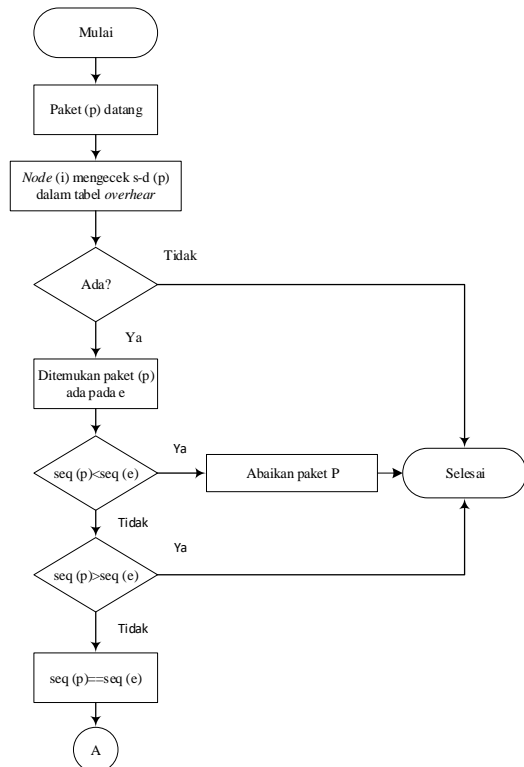


Gambar 4. *Routing zone* pada *node* K

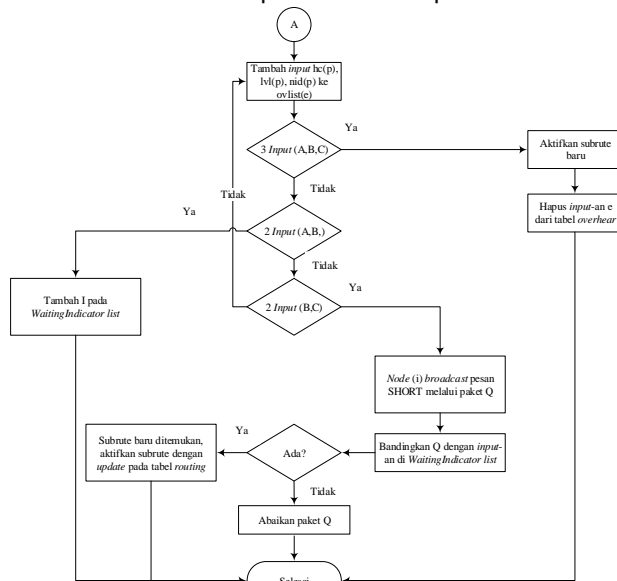
Ketika *route request* diterima oleh *peripheral node* dari P, dan diterima oleh *node* K, dimana *node* K menemukan tujuan dari *route request* yang ditunjukkan dengan warna hijau pada Gambar 3.5 yakni *node* V yang berada dalam zona *node* K. *node* K akan menambahkan jalur menuju *node* pada jalur di *route request*. Pesan berupa *route reply* yang dengan jalur dari *node* tujuan (*node* V) ke *node* pengirim (*node* M) berupa *reversed path* dan dikirim ke *node* M. jika *multipath* ke *node* tujuan tersedia, maka *node* sumber akan menerima beberapa *route reply*.

3.3. Algoritma EA-SHORT ZRP

Pencarian rute dengan menggunakan algoritma EA-SHORT dapat ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Flowchart pencarian rute pada EA-SHORT



Gambar 6. Flowchart pencarian rute pada EA-SHORT (Lanjutan Gambar 5)

Mekanisme EA-SHORT dalam Gambar 5 dan Gambar 6 dapat dijelaskan sebagai berikut:

Jika suatu *node* (i) mengetahui kedatangan paket P, Maka;

a. *Node* akan melakukan pengecekan rute untuk paket P pada *tabel overhear*. *Tabel overhear* merupakan tabel yang digunakan oleh *node* untuk menyimpan rute suatu paket.

b. Jika tidak ada rute yang cocok. Tambahkan *input* variabel *e'*, dimana rute (*e'*) sama dengan rute (*p*), *sequence number* (*e'*) sama dengan *sequence number* (*p*) lalu jadikan rute (*e'*) sebagai list rute pertama pada *tabel overhear* dengan isi (*e'*) berupa *hop count* (*p*), *level* energi (*p*), dan nomer id (*p*). Proses selesai.

c. Misalkan rute (*p*) ditemukan pada *input-an e*, dengan kondisi *sequence number* (*p*) kurang dari *sequence number* (*e*), maka *p* akan diabaikan, dan proses selesai.

d. Jika *sequence number* (*p*) lebih besar dari *sequence number* pada (*e*), maka perbaharui *e* dengan ketentuan yakni *sequence number* (*e*) sama dengan *sequence number* (*p*), list rute pada *tabel overhear* (*e*) direset sehingga memiliki satu *input-an* rute dengan isi *hop count* (*p*), *level* energi (*p*). nomer id (*p*) dan proses selesai.

e. Jika *sequence number* (*p*) sama dengan *sequence number* (*e*), maka:

1. Tambahkan *input-an* $\langle hc(p), lvl(p), nid(p) \rangle$ ke *ov-list* (*e*).

2. Jika daftar *overhear* pada (*e*) memiliki tiga *input-an* yakni A,B,C yang memenuhi kondisi berikut, maka subpath ditemukan.

- *Hop count* pada (C) sama dengan *hop count* (B)+1 dan sama dengan *hop count* (A)+2

- *Level* energi pada (*node i*) lebih besar atau sama dengan jumlah maksimal energi pada ((A) dan *level* energi pada (C));
- *level* energi pada (*node i*) – *level* energi (B) ≥ 2 , maka akan diaktifkan sub-rute baru, dan hapus *input-an* (*e*) dari *tabel overhear*.

3. Jika daftar *overhear* pada (*e*) memiliki dua *input-an*, yakni A dan B, dengan kondisi *hop count* (B) sama dengan *hop count* (A)+1 dan *level* energi pada *node* (*i*) \geq maksimal *level* energi (A) dan dan *level* energi (B)+2, tambahkan indikator I pada daftar tunggu indikator (*WaitingIndicator List*), dengan kandidat (I) sama dengan B. *sequence number* (I) disamakan dengan (*e*). rute (I) sama dengan rute (*e*), maka proses selesai.

4. Jika daftar *overhear* (*e*) memiliki dua *input-an* B dan C, dengan kondisi *hop count* (C) sama dengan *hop count* (B)+1 dan *level* energi pada *node* (*i*) \leq dari maksimal *level* energi pada (B)+2 dan *level* energi (C), maka *node* I akan menyebarkan pesan SHORT untuk

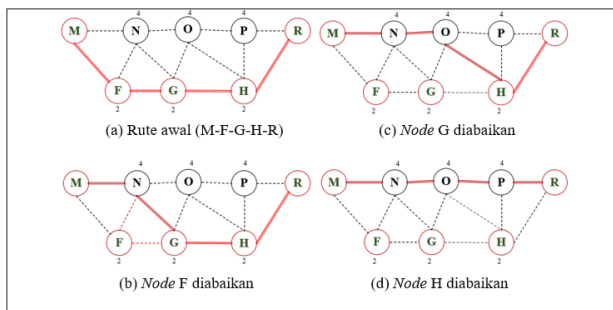
menginformasikan paket Q dengan ketentuan kandidat (Q) sama dengan B, *sequence number* pada (Q) sama dengan *sequence number* pada (e), dan rute (Q) sama dengan rute pada (e).

Ketika *node* i menerima paket informasi pesan SHORT Q, maka:

- Bandingkan bidang Q dengan *input*-an yang valid dalam *WaitingIndicator list*.
- Jika tidak ada yang cocok, maka abaikan paket Q;

Jika kondisi tidak terpenuhi, maka subrute yang lebih baik ditemukan. Aktifkan subrute ini dengan memperbaharui tabel *routing*. Proses selesai.

Contoh rute pada MANET yang dilakukan penerapan EA-SHORT



Gambar 7. Contoh proses perutean ulang dengan menggunakan algoritma EA-SHORT

Pada Gambar 7, menunjukkan contoh proses perutean ulang dengan menggunakan algoritma EA-SHORT, dimana rute awalnya yakni M-F-G-H-R (a). Terdapat *node* tetangga yakni N, O, P. *Node* N mengidentifikasi *node* F akan kehabisan energi dan kurang dari batas jumlah energi yang ditentukan dalam perutean, setelah dibandingkan dengan jumlah energi N, ternyata jumlah energi N lebih besar dari *node* F, sehingga *node* F diabaikan, rute berubah menjadi M-N-G-H-R (b). *Node* G diabaikan (c) karena *node* O mengidentifikasi jumlah energi *node* G yang hampir habis dan jumlah energi *node* O lebih besar, rute berubah menjadi M-N-O-H-R. Hal yang sama dilakukan pada *node* H, P mengidentifikasi jumlah energi *node* H, perutean ulang dilakukan karena energi P lebih besar dan jumlah energi H kurang dari batas jumlah energi yang ditetapkan (nilai *threshold*). Rute akhir setelah proses perutean ulang dengan algoritma EA-SHORT adalah M-N-O-P-R (d).

3.4. Parameter Skenario Simulasi

Parameter skenario simulasi digunakan sebagai suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan

karakteristik dan sifat dari suatu layanan. Dengan parameter performansi, suatu jaringan dapat memenuhi layanan yang berbeda menggunakan infrastruktur yang sama. Pada bagian ini merupakan skenario simulasi yang akan diimplementasikan menggunakan NS-2 versi 2.35. *Link layer* yang digunakan adalah berdasarkan pada standar IEEE 802.11. Fungsi koordinasi terdistribusi IEEE 802.11 untuk nirkabel LAN digunakan sebagai lapisan MAC. Jumlah *node* yang ada pada area sebanyak 50 dan 100 *node* [3]. Simulasi dilakukan pada area persegi (*network area*) dengan ukuran 1000 m x 1000 m[3]. Waktu simulasi yang dilakukan selama 2000 s[7]. Digunakan variasi kecepatan *node* untuk melihat perbandingan kinerja kedua protokol, yakni sebesar 1 m/s, 5 m/s, dan 10 m/s serta menggunakan variasi *pause time* selama 45 s, 90 s, dan 180 s untuk mengetahui perbandingan kinerja kedua protokol. Jenis mobilitas yang digunakan pada simulasi adalah *Random Waypoint*. Setiap *node* secara independen memilih *destination* yang hendak dituju secara acak di dalam batasan jaringan. Parameter skenario dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL II PARAMETER SKENARIO SIMULASI

Parameter Skenario	
Tipe Parameter	Nilai Parameter
MAC Layer	IEEE 802.11
Jumlah <i>node</i>	50, 100
<i>Network area</i>	1000m x 1000m
Waktu simulasi	200 s
Kecepatan <i>node</i>	1m/s, 5m/s, 10m/s
<i>Pause time</i>	45s, 90s, 180s
Pergerakan <i>node</i>	<i>Random Waypoint</i>
<i>Propagation</i>	<i>TwoRayGround</i>
Antena	Omni antenna
Pola <i>traffic</i>	CBR
<i>Channel</i>	<i>Wireless</i>

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Terhadap *Throughput*

Throughput merupakan jumlah rata-rata pengiriman paket data yang diterima setiap detik. Pada situasi ZRP standar, energi pada setiap *node* akan berkurang selama simulasi berjalan dan *link* akan terputus ketika energi pada *node* habis. Dalam kondisi ini, akan terjadi *route error* dan paket akan dikirim kembali menuju *node* sumber, dan *node* sumber akan menghapus *link* tersebut dalam topologi tabel-nya dan *node* akan melakukan *update* tabel dan menentukan kembali rute terdekat untuk mencapai *node* tujuan.

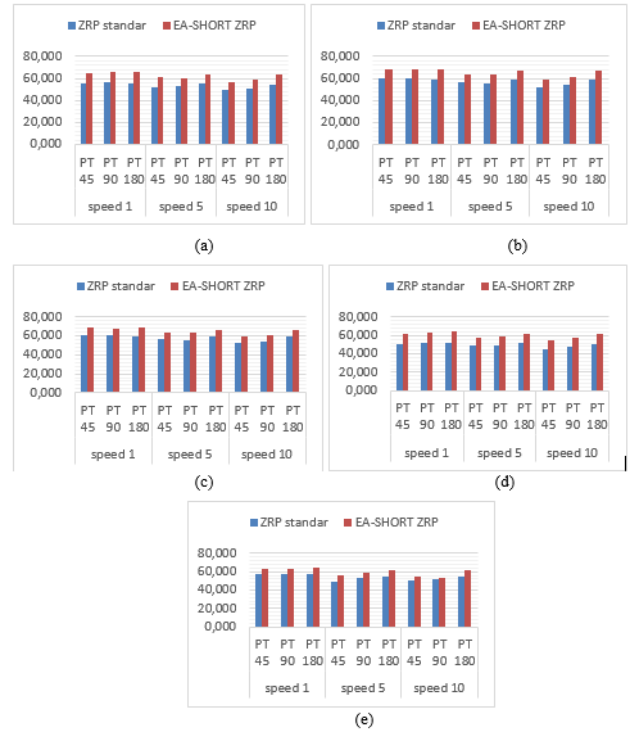
Setelah dilakukan penerapan algoritma pada kerangka protokol ZRP, dengan memperhatikan nilai energi pada setiap *node* agar tidak terjadi *link failure* dalam prosesnya. Hasil *throughput* sebelum dan sesudah penerapan algoritma dapat dilihat perbandingan hasilnya dalam bentuk grafik pada Gambar 8.

Berdasarkan grafik *throughput* pada Gambar 8 dan Gambar 9, menunjukkan bahwa kondisi protokol sesudah diterapkan algoritma EA-SHORT memiliki kualitas lebih baik daripada protokol ZRP standar. Berdasarkan kecepatan *node*, maka semakin besar kecepatan *node* maka nilai *throughput* semakin rendah. Kecepatan *node* menyebabkan posisi *node* dalam topologi jaringan bergerak dan data merusak rute yang telah ada. Sehingga semakin besar kecepatan *node*, maka kemungkinan rute menjadi terputus semakin tinggi sehingga dapat menurunkan kualitas *throughput*.

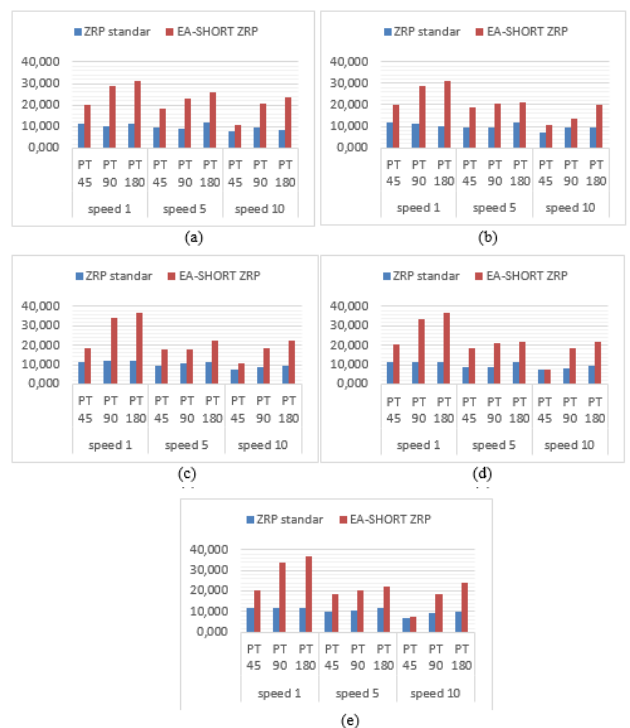
Dari hasil *throughput*, jika dilihat berdasarkan *pause time*, nilai *throughput* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah *pause time*, nilai *pause time* yang lebih tinggi artinya *node* berada dalam posisi diam yang lebih lama (stabil) sehingga menurunkan kemungkinan kerusakan rute akibat pergerakan *node*. Hal inilah yang menyebabkan nilai *throughput* lebih baik.

Nilai *throughput* pada 50 *node* lebih tinggi daripada 100 *node*. Jumlah *node* yang semakin bertambah membuat kecepatan *throughput* berkurang. Hal ini disebabkan karena kepadatan trafik yang lebih tinggi dan lebih banyak zona yang terbentuk oleh ZRP. Karena setiap *node* memiliki informasi *node* tetangga pada zona lokalnya, maka semakin banyak jumlah *node* yang tersedia menyebabkan semakin banyak jumlah trafik sehingga menyebabkan kongesti pada *node* perantara, kongesti adalah suatu kondisi dimana *node* perantara menanggung beban yang melebihi kapasitas jaringan. Hal ini menyebabkan beberapa paket akan di *drop*, sehingga mengakibatkan *throughput* koneksi utama menjadi turun.

EA-SHORT ZRP membuktikan dapat menghasilkan nilai *throughput* yang lebih baik dibandingkan ZRP standar baik pada skenario dengan 50 *node* ataupun 100 *node*. Hal ini disebabkan algoritma EA-SHORT mengantisipasi terjadinya kerusakan rute akibat energi yang terdapat pada *node* habis dengan mengalihkannya pada *node* terdekatnya (*load balancing*). Antisipasi yang dilakukan sebelum rute terputus menyebabkan waktu yang dibutuhkan untuk mengirim paket lebih rendah. Nilai *throughput* meningkat pada EA-SHORT ZRP dikarenakan rata-rata *end to end delay* mengalami penurunan sehingga



Gambar 8. Grafik perbandingan hasil uji coba 50 *node* terhadap nilai *throughput* pada (a) uji coba ke 1 (b) uji coba ke 2, (c) uji coba ke 3, (d) uji coba ke 4 (e) uji coba ke 5



Gambar 9. Grafik perbandingan hasil uji coba 100 *node* terhadap nilai *throughput* pada (a) uji coba ke 1, (b) uji coba ke 2, (c) uji coba ke 3, (d) uji coba ke 4 (e) uji coba ke 5

jumlah paket yang dapat sampai ke tujuan meningkat. EA-SHORT ZRP meningkatkan nilai *throughput* dengan memastikan paket tersebut melewati rute yang handal dengan kualitas energi yang cukup sehingga tidak terjadi *link failure*.

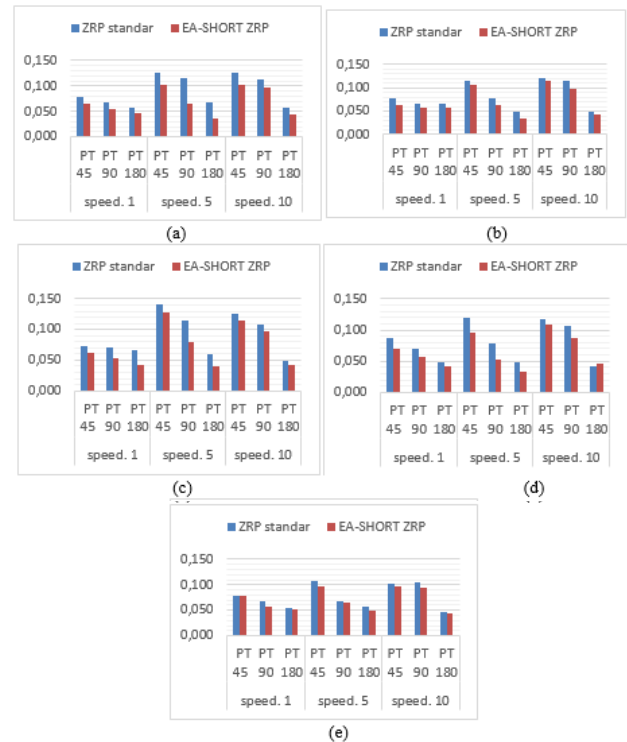
4.2. Hasil Pengujian Terhadap Average End-to-end Delay

Average End-to-end delay adalah rata-rata dari jumlah waktu yang digunakan oleh sebuah paket ketika dikirim oleh sebuah *node* dan diterima di *node* tujuan. Faktor yang sangat mempengaruhi *average end-to-end delay* adalah waktu untuk *routing* protokol tersebut dalam menemukan rute, hal ini dikarenakan sebelum mengirim pesan, *node* sumber terlebih dahulu harus mengetahui rute yang menghubungkan ke *node* tujuan. Selain itu dapat dipengaruhi oleh proses *delay* pengiriman paket dari satu *node* ke *node* lainnya karena membutuhkan waktu untuk menganalisis harus dibawakan paket tersebut. Dalam proses pengiriman paket di luar zona, protokol ZRP akan melakukan *bordercast* paket RREQ pada *peripheral node* dan menyebabkan *delay* meningkat. Jika dalam tabel *routing peripheral node* tujuan tidak ditemukan, maka akan dilakukan *bordercast* lagi sampai *node* tujuan paket ditemukan.

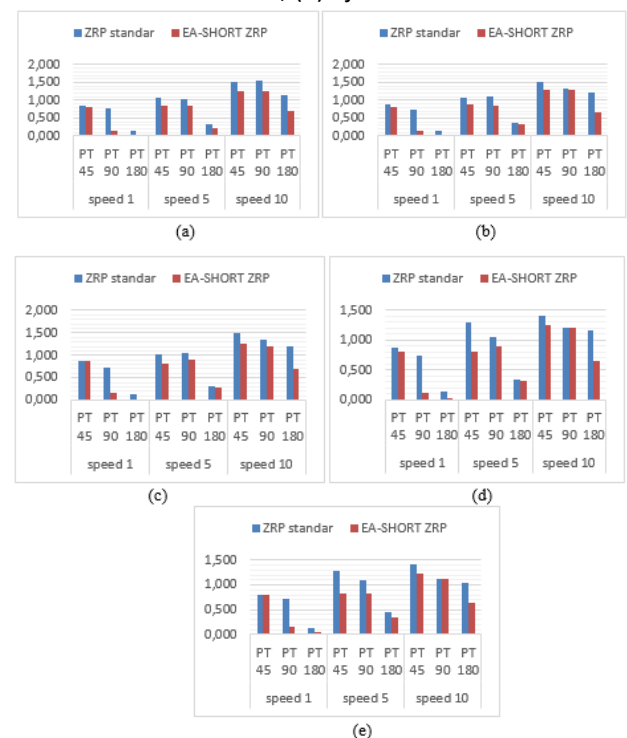
Berikut merupakan hasil dan grafik kualitas *average end-to-end delay* berdasarkan jumlah *node* yaitu 50 dan 100, variasi kecepatan *node* dan *pause time*, seperti pada Gambar 10.

Berdasarkan grafik rata-rata *average end-to-end delay* pada Gambar 10 dan Gambar 11, bahwa *average end to end delay* setiap skenario pada 50 *node* dan 100 *node* mengalami perubahan pada setiap parameter simulasi. Perubahan kecepatan pada *node* menyebabkan perubahan hasil pada nilai *average end to end delay*. Pada *node* 100, nilai rata-rata *average end to end delay* lebih tinggi dibandingkan dengan *average end to end delay* pada *node* 50, dikarenakan jaringan yang lebih padat dan lebih banyak transmisi data yang dilakukan dan pada 100 *node*, zona yang terbentuk menjadi lebih banyak dibandingkan *node* 50, sehingga *node* sumber melalui IERP akan lebih sering melakukan *bordercast* terlebih dahulu saat akan mengirim paket.

Kecepatan *node* juga berpengaruh pada hasil *average end to end delay*. Semakin tinggi kecepatan *node*, maka nilai *average end to end delay* semakin tinggi. Hal ini dikarenakan perubahan pada posisi *node* yang lebih cepat dan posisi *node* menjadi tidak stabil, dan mengakibatkan kerusakan pada rute sehingga IARP lebih sering melakukan pemeliharaan rute. Semakin sering pemeliharaan rute dilakukan, maka



Gambar 10. Grafik perbandingan hasil uji coba 50 *node* terhadap nilai *average end to end delay* pada (a) uji coba ke 1, (b) uji coba ke 2, (c) uji coba ke 3, (d) uji coba ke 4, (e) uji coba ke 5



Gambar 11 Grafik perbandingan hasil uji coba 100 *node* terhadap nilai *average end to end delay* pada (a) uji coba ke 1, (b) uji coba ke 2, (c) uji coba ke 3, (d) uji coba ke 4, (e) uji coba ke 5

semakin tinggi nilai *average end to end delay*, hal ini menyebabkan nilai *buffer* pada paket data jaringan semakin tinggi. Perubahan *pause time* juga membuat perubahan pada nilai *average end to end delay*. Semakin tinggi nilai *pause time*, maka nilai *average end to end delay* semakin rendah, karena *pause time* yang lebih tinggi menyebabkan posisi *node* lebih stabil dan pengiriman paket dapat berjalan dengan baik. Selain kerusakan rute akibat pergerakan *node*, padatnya transmisi pada jaringan juga berakibat pada menurunnya jumlah energi yang lebih cepat, sehingga kemungkinan kerusakan rute akibat *node* kehabisan energi juga menjadi lebih tinggi.

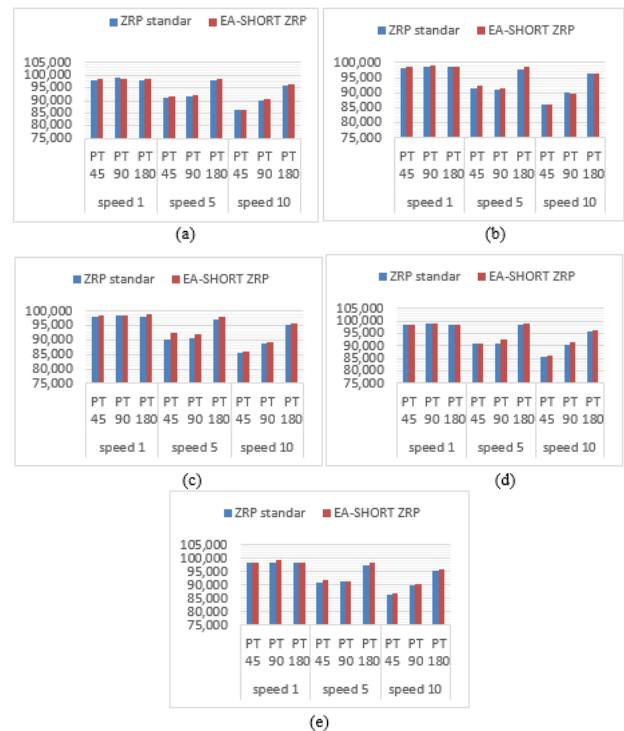
Hasil penerapan algoritma EA-SHORT pada protokol ZRP, menunjukkan algoritma ini dapat menurunkan nilai *average end to end delay*. Dikarenakan algoritma EA-SHORT memastikan paket memiliki rute yang stabil dengan jumlah energi yang cukup selama proses transmisi. Sehingga jika rute mengalami perubahan akibat pergerakan *node*, algoritma EA-SHORT akan mengusahakan perubahan rute yang lebih baik kualitas energinya dibandingkan dengan ZRP standar. Dari rata-rata hasil pada setiap uji coba, didapatkan kualitas *average end to end delay* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah *speed* yang digunakan. Hal ini dikarenakan topologi jaringan berubah lebih cepat dan lebih jauh pada area yang luas sehingga menyebabkan proses transmisi data menjadi lebih lama karena *hop* yang lebih panjang, dan kemungkinan untuk terjadi kerusakan rute lebih tinggi jika pergerakan *node* lebih cepat sehingga menemukan rute yang baru akan meningkatkan nilai *delay*. Pada setiap kondisi jumlah *node* memiliki kenaikan kualitas yang beragam dikarenakan kondisi simulasi jaringan yang bergerak secara *random* (kondisi *random waypoint*).

4.3. Hasil Pengujian Terhadap PDR

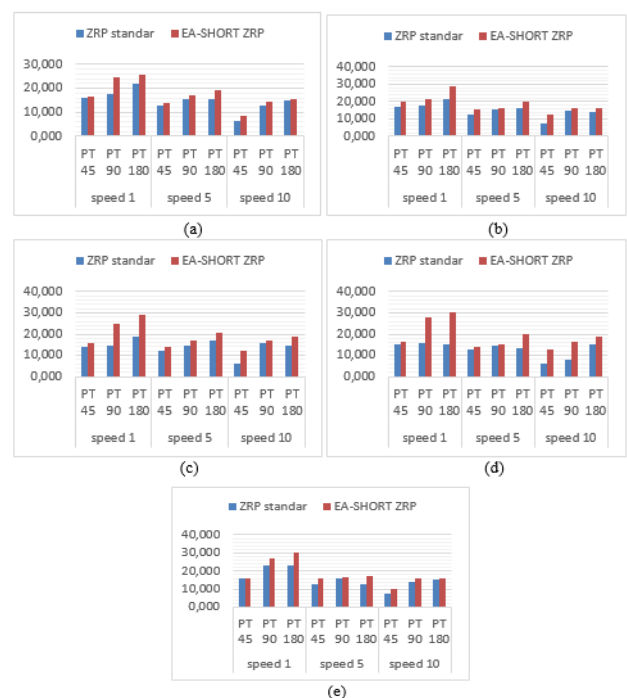
Skenario uji coba ketiga adalah mencari nilai perbandingan antara paket data yang terkirim (paket data yang berhasil diterima oleh *node* tujuan) dengan jumlah paket data yang dikirimkan oleh *node* sumber (paket data yang di-*generate* *node* sumber). Hasil dari peregrakan *node* terhadap PDR dapat dilihat pada grafik yang terdapat pada Gambar 12 dan 13.

Hasil nilai PDR yang dihasilkan pada kelima percobaan Gambar 12 dan Gambar 13 memperlihatkan nilai PDR pada EA-SHORT ZRP lebih tinggi daripada ZRP standar. Kecepatan pada *node* yang berubah menyebabkan nilai PDR juga berubah. Semakin tinggi kecepatan *node*, semakin rendah nilai PDR yang dihasilkan, perubahan rute karena kondisi

node yang tidak stabil menyebabkan lebih banyak rute yang terputus dan terjadi paket drop.



Gambar 12. Grafik perbandingan hasil uji coba 50 *node* terhadap nilai PDR pada (a) uji coba ke 1, (b) uji coba ke 2, (c) uji coba ke 3, (d) uji coba ke 4 (e) uji coba ke 5



Gambar 13. Grafik perbandingan hasil uji coba 100 *node* terhadap nilai PDR pada (a) uji coba ke 1, (b) uji coba ke 2, (c) uji coba ke 3, (d) uji coba ke 4 (e) uji coba ke 5

Nilai PDR dengan 50 *node*, baik untuk ZRP standar ataupun EA-SHORT ZRP tidak jauh berbeda. *Node* 50 pada area 1000 m x 1000 m masih menghasilkan nilai rata-rata PDR yang cukup tinggi. Namun, EA-SHORT ZRP menghasilkan nilai rata-rata yang lebih tinggi pada setiap percobaan dibandingkan dengan ZRP standar. Hal ini karena EA-SHORT ZRP berusaha memastikan paket sampai ketujuannya dengan mengalihkan rute (*load balancing*) menuju tetangga terdekatnya sebelum rute terputus akibat habisnya energi pada *node* selama transmisi. Hal ini dikarenakan semakin padat lingkungan simulasi, yang menyebabkan kemungkinan terjadinya putus *link* antar *node* semakin rendah, sehingga jumlah paket yang di-*drop* juga akan semakin berkurang.

Nilai PDR dengan 100 *node*, lebih rendah pada ZRP standar dibandingkan EA-SHORT ZRP dan besarnya berbeda cukup jauh dibandingkan nilai PDR pada 50 *node* yang menghasilkan nilai rata-rata PDR yang cukup tinggi. Pada 100 *node*, nilai PDR mengalami penurunan karena beberapa faktor seperti *node* yang lebih banyak dengan luas area yang besar sehingga menyebabkan jaringan menjadi lebih padat dan menurunkan kualitas pelayanan jaringan. Namun, EA-SHORT ZRP menghasilkan nilai rata-rata yang lebih tinggi pada setiap percobaan dibandingkan dengan ZRP standar. Hal ini karena pada area yang luas, EA-SHORT ZRP berusaha memastikan suatu paket agar paket dapat sampai ke tujuan dengan mengalihkan rute paket ke tetangga terdekatnya (*load balancing*).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan penjelasan yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

- a. Penerapan algoritma EA-SHORT pada jaringan MANET menggunakan protokol ZRP menunjukkan bahwa protokol *routing* EA-SHORT ZRP lebih baik dari pada protokol *routing* ZRP standar, baik dari segi *throughput*, *average end-to-end delay* dan PDR.
- b. Hasil simulasi yang dilakukan, performa protokol *routing* ZRP dengan menggunakan algoritma EA-SHORT meningkatkan kualitas pada *throughput*. Hasil 50 *node* terhadap *throughput* pada EA-SHORT ZRP mengalami rata-rata peningkatan, 12,374 % dari ZRP standar. Untuk 100 *node*, peningkatan EA-SHORT ZRP sebesar 44,597 % dibandingkan ZRP standar. Hasil uji coba terhadap nilai *average end to end delay*, pada 50 *node* nilai EA-SHORT ZRP turun sebesar 20,063 %, pada *node*

100 EA-SHORT ZRP mengalami penurunan sebesar 8,375 % dari ZRP standar. Hasil PDR pada EA-SHORT ZRP dengan 50 *node* mengalami peningkatan sebesar 0,545 % dari ZRP standar, dan untuk 100 *node* EA-SHORT ZRP mengalami peningkatan sebesar 21,301 %.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap penerapan algoritma EA-SHORT pada protokol *routing* ZRP, dari kesimpulan yang telah dipaparkan, maka peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut:

- a. Melakukan penelitian menggunakan protokol *routing* yang sama dengan parameter simulasi yang berbeda dengan menggunakan jumlah *node* lebih banyak dan *pause time* lebih variasi serta model pergerakan *node* yang berbeda.
- b. Melakukan penelitian dengan membandingkan performa jaringan MANET menggunakan algoritma EA-SHORT dengan algoritma atau metode *energy aware* yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Raheja and S. K. Maakar, "A Survey on Different Hybrid Routing Protocols of MANET," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 5512–5516, 2014.
- [2] A. H. Jatmika, S. Djanali, and M. Husni, "Optimasi Routing pada Jaringan MANET," *Pros. Semin. Nas. Manaj. Teknol.* XIII, pp. 1–7, 2011.
- [3] E. R. Widasari and A. Bhawiyuga, "Analisis Perbandingan Kinerja Protokol AOMDV, DSDV, Dan ZRP Sebagai Protokol Routing Pada Mobile Ad-Hoc Network (MANET)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 10, pp. 3671–3680, 2018.
- [4] E. S. Gsr, N. Gayathri, A. Rai, and J. K. R., "Energy Aware Zone Routing Protocol for MANET," *Asian J. Pharm. Clin. Res.*, vol. 10, no. 1, pp. 437–440, 2017.
- [5] S. A. Sasongko and A. A. Zahra, "Analisis Performansi dan Simulasi Protokol ZRP (Zone Routing Protocol) pada MANET (Mobile Ad Hoc Network) dengan Menggunakan NS-2," pp. 1–8, 2012.
- [6] I. N. R. Hendrawan, "Simulasi Penggunaan Energi pada Protokol Routing OLSR dengan Simulator ns-3," *SNAPTI*, pp. 3–6, 2016.
- [7] C. Gui and P. Mohapatra, "SHORT: Self-Healing and Optimizing Routing Techniques for Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. 4th ACM Int. Symp. Mob. ad hoc Netw. Comput.*, pp. 279–290, 2003.
- [8] Z. J. Haas and M. R. Pearlman, "On the performance of a routing protocol for the Reconfigurable Wireless Networks," *IEEE Veh. Technol. Conf.*, vol. 1, no. C,

- pp. 102–106, 1998.
- [9] B. S. Kusuma, D. Risqiwati, and D. R. Akbi, “Analisis Perbandingan Performansi Protokol Ad Hoc On-Demand Distance Vector dan Zone Routing Protocol Pada Mobile Ad Hoc Network,” *Kinetik*, vol. 2, no. 3, pp. 165–175, 2017.
- [10] A. H. Networks, R. Asokan, A. M. Natarajan, and C. Venkatesh, “Quality-of-Service Routing Using Path and Power Aware Techniques in Mobile Ad Hoc Networks,” *J. Comput. Syst. Networks, Commun.*, no. 2, p. 7, 2014.
- [11] M. Otmani and A. Ezzati, “Performance Evaluation of Energy Consumption of Ad hoc Routing Protocols Abstract :,” *Int. J. Comput. Eng. Reasearch*, vol. 04, no. 4, pp. 30–37, 2014.