

Optimasi Protokol Routing ZRP Menggunakan PA-SHORT untuk Mengurangi Jumlah Hop Pada Suatu Rute di Jaringan Manet

(ZRP Routing Protocol Optimization Using PA-SHORT to Reduce the Number of Hop on a Route on the MANET Network)

Laeli Oktami, Andy Hidayat Jatmika, Nadiyahari Agitha*
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA
Email: laelioktami19@gmail.com, [andy, nadiya]@unram.ac.id

*Penulis korespondensi

Abstract – MANET is a dynamic node's network that can move anywhere when a route has been found that broken links often occur due to high mobility. ZRP is a protocol for finding routes in a hybrid. The working principle of ZRP is that each node will create a zone so that it can create a multi-hop path if the length of the number of hops causes a high delay effect and decreases the value of throughput. To overcome this problem, we need an algorithm that can eliminate a number of hops by finding a shortcut. The suitable algorithm to use is the PA-SHORT algorithm which is applied to the ZRP routing protocol framework to optimize the main route to eliminate the number of hops. In this study, the authors conducted 5 experiments with results that showed an increase in throughput in the 1000×1000 m² area of 52,081% for nodes 20, on average E2D contained a 0.737% decrease for nodes 20 in a 500×500 m² area, and PDR increased by 64,931 % for nodes 20 in an area of 500×500 m². in a suitable area of 1000×1000 m² the results of routing overhead contain a decrease of 36.815% for nodes 20.

Key words: ZRP, PASHORT-ZRP, Path Aware SHORT, MANET, NS-2.

I. PENDAHULUAN

Mobile ad hoc network (MANET) merupakan jaringan yang terdiri dari beberapa simpul yang dapat disesuaikan dan dapat berkumpul secara spontan kemudian berkomunikasi dengan cara menggunakan antarmuka nirkabel (*wireless interface*) tanpa memerlukan infrastruktur yang bersifat tetap dengan topologi yang dinamis dan setiap simpul memiliki kedudukan yang sama[1]. Trend Isu penelitian di bidang MANET yang paling banyak dilakukan dari tahun 1998 hingga saat ini adalah *routing*. *Routing* adalah langkah pada saat melakukan pengiriman data atau informasi dengan meneruskan paket daya yang dikirim dari jaringan satu ke jaringan lainnya[2]. Dalam proses *routing* dibutuhkan protokol yang mencari *route* dari sumber ke tujuan. Sifat protokol *routing* ada tiga yaitu, reaktif digunakan hanya saat *route* dibutuhkan, proaktif selalu memperbaharui

informasi *routing* dalam jaringan, dan *hybrid* merupakan gabungan dari reaktif dan proaktif.

Simpul dalam MANET dapat berpindah kemana saja, sehingga topologi jaringan mengalami perubahan secara signifikan tanpa dapat diprediksi, hal ini dapat mempengaruhi kinerja protokol *routing*[3]. Permasalahan yang sering timbul pada jaringan ini adalah bagaimana mengoptimalkan jumlah *hop* dalam proses pencarian *route*. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan untuk mengurangi jumlah *hop* antara lain yaitu, penelitian protokol *routing* AODV dan DSR dengan Algoritma *Path Aware Short* yang dilakukan oleh [4], [5], [6], dan [7]. Dari penelitian yang telah disebutkan terdapat beberapa jenis protokol *routing* yang digunakan yaitu protokol *routing* yang bersifat reaktif. Sehingga perlu dilakukan penelitian protokol *routing* dengan sifat lainnya menggunakan algoritma PA-SHORT

Pada penelitian ini digunakan protokol *routing* *Zone Routing Protocol* (ZRP) yang bersifat *hybrid*. Prinsip kerja ZRP adalah setiap simpul akan membuat sebuah zona. Besaran setiap zona tergantung pada radius yang didefinisikan pada jumlah *hop* (lompatan) pada setiap simpulnya. Untuk simpul-simpul yang berada di dalam zona, *route* menuju suatu simpul akan langsung ditemukan (sifat proaktif), namun ketika simpul tujuan berada di luar zona, maka akan dilakukan prosedur penemuan *route* (sifat reaktif). Dalam ZRP, pengetahuan yang dimiliki oleh topologi lokal dapat digunakan untuk pemeliharaan *route*. Letak kegagalan *link* dan segmen *route* sub-optimal dalam satu zona dapat diatasi. Paket yang masuk dapat diarahkan ke *link* lainnya di sekitar *link* yang rusak melalui jalur multi-*hop* aktif.

Jika semakin panjang jumlah *hop* pada suatu *route*, maka akan menyebabkan *delay* yang tinggi dan menurunnya *throughput*. Simpul *intermediate* dengan mobilitas tinggi dapat terjadi pada *route* yang dipilih. Hal ini menyebabkan topologi mengalami perubahan bentuk. Perubahan topologi ini dapat dimanfaatkan dengan mengurangi jumlah *hop* sebelum terjadi kerusakan *route*,

sehingga diharapkan mampu meningkatkan *throughput* dan *delay*. Salah satu metode untuk mengurangi jumlah *hop* adalah algoritma *Path aware Short*.

Path Aware Short (PA-SHORT) adalah suatu mekanisme pengoptimalan panjang *route* yang memiliki keuntungan peningkatan kinerja dalam hal *bandwidth* dan *latency*. Tujuan dari algoritma ini adalah mencoba untuk mempersingkat panjang jalur bila memungkinkan. *Route* yang lebih pendek tidak hanya mengurangi *latency*, tetapi juga meningkatkan *throughput*[4].

Pengoptimalan *route* dengan PA-SHORT mencoba memendekkan *route* utama ketika terjadi mobilitas simpul yang mengakibatkan perubahan bentuk *route* untuk kecepatan pengiriman paket data. Algoritma PA-SHORT mencoba melakukan koneksi dengan simpul yang masih dalam jangkauan simpul *intermediate* dengan membentuk *link* untuk pengoptimalan. Protokol *routing* yang telah diterapkan algoritma PA-SHORT diperuntukkan dalam menemukan *route* dengan mengurangi jumlah *hop*, sehingga efisiensi *route* sangat penting dalam memfasilitasi komunikasi antar jaringan. Proses pengiriman paket data dalam jaringan komunikasi berlangsung dengan cepat adalah tujuan dari efisiensi *route* tersebut.

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi pada kerangka protokol *routing* ZRP untuk mengoptimalkan *route* utama dengan cara mengurangi jumlah *hop* menggunakan algoritma PA-SHORT. Kinerja protokol *routing* yang diukur adalah jumlah *throughput*, rerata *end to end delay*, Rasio Pengiriman Paket (PDR), dan *routing overhead* pada simulasi percobaan yang berbeda dengan memvariasikan beberapa parameter simulasi. Simulasi protokol *routing* akan dibuat menggunakan tools *Network Simulator 2* (NS2) versi 2.35, sedangkan untuk analisis terhadap parameter uji menggunakan *AWK Script* yang mempunyai kegunaan untuk mem-*parsing* atau mengurai *file .tr* yang terdapat pada NS2. Hasil dari penelitian ini diharapkan, bahwa Algoritma PA-SHORT yang diterapkan dalam protokol *routing* ZRP mampu mengoptimalkan performansi jaringan dalam mempersingkat *route* dengan mengurangi jumlah *hop*.

II. PENELITIAN TERKAIT

Adapun penelitian terkait yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian yaitu sebagai berikut:

a. Penelitian dengan membandingkan runutan cara kerja dari protokol *routing* AODV dan ZRP dalam mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing-masing protokol pada saat diterapkan di jaringan MANET. Langkah simulasi yang digunakan untuk menganalisis QoS jaringan pada protokol *routing* AODV dan ZRP adalah dengan memproyeksikan pola posisi yang sama antara protokol *routing* AODV dan ZRP. Parameter uji dalam penelitian ini menggunakan *Jitter*, *Packet delivery ratio*, *Delay*, dan *Throughput* dengan luas area 1000m × 1000m. Nilai hasil yang diberikan oleh *throughput* yang lebih memadai dengan menggunakan protokol ZRP. ZRP dapat menganalisis lebih awal simpul tujuan dalam

pengiriman paket lebih baik. Nilai rerata *throughput* pada ZRP adalah 963.34 Kb sedangkan AODV yang hanya 920.04 Kb. *Delay* pada *routing protocol* AODV lebih sedikit dibandingkan dengan ZRP. AODV menghasilkan nilai rerata sebesar 0.3134 dibandingkan dengan ZRP yang lebih besar yaitu 0.3891. Kesimpulan dari penggunaan *Jitter* pada *protocol* adalah *routing* protokol ZRP bernilai lebih tinggi dibandingkan dengan AODV, dikarenakan *protocol* AODV mengirimkan paket dengan simpul tujuan yang paling dekat. Dengan nilai *jitter* dari AODV adalah 0.9026. [8].

- b. Penelitian ini melakukan analisis protokol *routing* ZRP pada MANET dengan cara pendekatan simulasi memakai *Network Simulator 2* (NS-2). Parameter uji yang digunakan yaitu *Throughput*, *Delay*, dan PDR dengan jumlah *simpul* 10, 20, 50, dan 100. Hasil dari simulasi yang dilakukan diperoleh protokol *routing* ZRP memiliki *throughput* rerata yang dihasilkan sebesar 402,115 Kbps. Nilai *throughput* yang diamati semakin menurun disesuaikan pada pertambahan jumlah simpul dengan nilai tertinggi sebesar 727,081 Kbps pada simulasi pertama dengan *simpul* berjumlah 10 dan paling rendah bernilai 34,5702 Kbps pada simulasi keempat dengan jumlah *simpul* 100. Sedangkan *delay* memiliki rata-rata sebesar 1,083842 s. Nilai *delay* ZRP yang diamati semakin meningkat dari 0,606597 s pada percobaan simulasi pertama dan pada percobaan simulasi keempat mencapai 2,00939 s. Protokol *routing* ZRP memiliki nilai PDR rata-rata sebesar 76,114 %. Perbedaan nilai parameter performansi protokol *routing* yang jauh berbeda tidak terjadi pada hasil perhitungan nilai PDR, dimana penurunan rerata yang terjadi sebesar 5.8 %[9].
- c. Penelitian untuk mengimplementasikan metode yaitu, Optimalisasi *routing* dengan menggunakan metrik yang berbeda seperti panjang lintasan dan pemakaian energi di sepanjang jalur didefinisikan. Kemudian diusulkan sebuah kerangka kerja *Self-Healing and Optimizing Routing Techniques* (SHORT) untuk MANET. Saat menggunakan SHORT, semua *simpul* tetangga memantau *route* dan mencoba mengoptimalkannya bila ada jalur yang lebih baik. Pada penelitian ini, algoritma SHORT diterapkan untuk protokol *routing* AODV dan DSR. Algoritma SHORT meningkatkan optimalisasi *routing* dengan memonitor jalur *routing* secara terus menerus dan secara bertahap mengarahkan *route* untuk lebih optimal. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tingkat pengiriman yang lebih tinggi dan *network lifetime* yang lebih panjang. Tingkat pengiriman naik sekitar 8% pada AODV-SHORT dan 6% pada DSR-SHORT, serta *overhead* mengalami penurunan sekitar 10% [4].
- d. Penelitian selanjutnya membahas analisis perbandingan perhitungan kerja protokol *routing* TORA dan TORA dengan menggunakan algoritma SHORT. Algoritma ini meningkatkan optimalisasi *routing* secara bertahap mempersingkat *route*. 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 [5].

- e. Efisiensi *route* dengan metode yang sama dilakukan untuk pencarian *route* pada protokol DSR pada penelitian ini yaitu pencapaian maksimal pencarian *route* diantara simpul yang tidak membebani *link*, karena jika terjadi kegagalan *link* maka akan dilakukan *route discovery* ulang. Perhitungan optimasi *route* menggunakan fungsi obyektif digunakan untuk mencapai *route* mendapatkan nilai maksimal dengan parameter waktu tempuh yang paling sedikit. Untuk mencapai *link - link* yang maksimal, maka digunakan Algoritma PA-SHORT dengan mengetahui bahwa *link* yang menjadi rutenya dalam kondisi sesuai dengan harapan. Nilai parameter yang digunakan AVG, NRL, dan PDR. Penelitian menggambarkan bahwa ujicoba simulasi I nilai maksimal AVG untuk 50 simpul 0.002m/s dan 100 simpul 0.0051m/s. Nilai maksimal NRL untuk 50 simpul 0.026 dan 100 simpul 0.0136. Nilai maksimal PDR untuk 50 simpul 78.5801% dan 100 simpul 81.7333%. Sedangkan hasil ujicoba simulasi II nilai maksimal AVG untuk 50 simpul 0.0004m/s dan 100 simpul 0.0007m/s. Nilai maksimal NRL untuk 50 simpul 0.0112 dan 100 simpul 0.0058. Nilai optimum PDR untuk 50 simpul 85.6523%. dan 100 simpul 98.9327% [6].
- f. Penelitian terkait tentang efisiensi dengan metode yang sama juga dilakukan dengan Protokol *Routing* AOMDV Menggunakan Metode PA-SHORT di Jaringan MANET” [7]. Penemuan *route* pada protokol *routing* AOMDV dilakukan dengan menghitung jarak berdasarkan jumlah *hop*. Jika jumlah *hop* meningkat, itu dapat menyebabkan penundaan yang cukup besar dan penurunan *throughput*. Penelitian ini membandingkan bagaimana kinerja protokol *routing* AOMDV dengan protokol *routing* Path Aware-AOMDV (PA-AOMDV). Protokol *routing* PA-AOMDV diperoleh melalui modifikasi kinerja protokol AOMDV dengan algoritma *Path Aware* SHORT. Algoritma *Path Aware* SHORT adalah metode untuk mengurangi jumlah *hop*. SHORT meningkatkan optimisasi *route* dengan memantau *route* dan mengoptimalkan *route* ini yang memiliki jalur yang lebih baik. Kinerja kedua protokol akan dilihat sesuai dengan empat metode pengukuran, yaitu *throughput*, *average end-to-end delay*, *packet delivery ratio*, dan *routing overhead*. Hasil menunjukkan bahwa *throughput* meningkat untuk 50 simpul adalah 61,84% dan untuk 100 simpul adalah 45,2%, *average end-to-end delay* menurun untuk

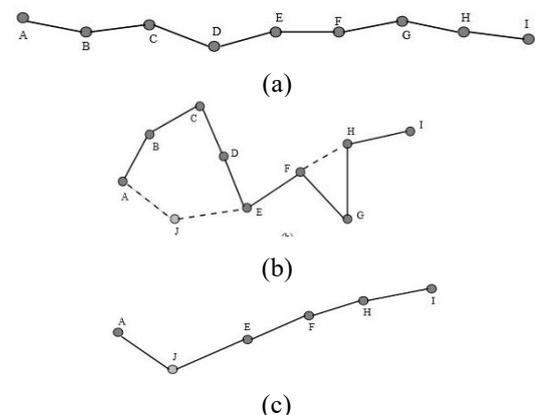
50 simpul adalah 0,066% dan untuk 100 simpul 0,12%, *packet delivery ratio* meningkat untuk 50 simpul adalah 60,87% dan untuk 100 simpul 82,02%, dan *routing overhead* menurun untuk 50 simpul adalah 67,07% dan 100 simpul 45,36% [7].

- g. Penelitian terkait optimasi *routing* juga pernah dilakukan pada protokol *routing* MEDSR dengan metode *Link Expiration Time* (LET) untuk mendapatkan *route reliable* yang dapat meningkatkan efisien energi. Penelitian ini memodifikasi *route request* kerangka protokol MEDSR untuk mengurangi pencarian *route* baru. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa protokol *routing* RMEDSR mampu mengoptimalkan penggunaan energi pada jaringan MANET dibandingkan tanpa menggunakan *route* yang *reliable* [10].

III. METODE PATH AWARE SHORT

Bentuk jalur *route* dapat berubah seiring dengan perubahan topologi akibat mobilitas simpul. Perubahan bentuk topologi ini dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan jalur *route* yang lebih baik jika dapat menghindari setiap *overhead* yang berlebihan.

Route yang telah ditemukan dari *simpul* sumber A ke *simpul* tujuan I memiliki jalur A-B-C-D-E-F-G-H-I yang dijelaskan pada Gambar 1 (a). *Route* awal ini ditentukan melalui proses penemuan *route*, di mana jarak antara sumber dan tujuan adalah jarak terpendek menurut jumlah lompatan *hop*. Dibutuhkan 8 *hop* untuk pengiriman paket saat bergerak dari *simpul* A ke *simpul* I. Selama waktu tertentu, mobilitas *simpul* dapat membuat bentuk *route* menjadi gambar yang ditunjukkan pada Gambar 1 (b). Selama waktu tertentu ini *route* yang terbentuk mempertahankan konektivitas. Dalam bentuk baru ini, *simpul* J berada dalam transmisi *simpul* A dan *simpul* E berada dalam transmisi *simpul* J. Demikian pula *simpul* H berada dalam transmisi *simpul* F. Sehingga, idealnya *route* terpendek dari *simpul* A ke *simpul* I hanya membutuhkan 5 *hop* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (c) [4] [7].



Gambar 1. Perubahan Jalur *Route* [4].

IV. JALANNYA PENELITIAN

A. Lingkungan Simulasi

Lingkungan simulasi pada penelitian ini terdiri dari dua parameter, yaitu parameter pengukuran dan parameter skenario simulasi. Kedua parameter tersebut akan dijelaskan pada sub bab A.1. dan sub bab A.2.

A.1. Parameter Pengukuran

Beberapa parameter yang digunakan untuk menguji kinerja PA-SHORT ZRP terhadap ZRP yaitu:

1. *Throughput* : Kecepatan (*rate*) jumlah paket data yang akan diterima oleh simpul penerima setiap detiknya[11]. *Throughput* dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut.

Rumus:

$$\text{Throughput (bps)} = \frac{\text{Ukuran data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman data}} \quad (1)$$

2. *Average End-to-end delay*: lama waktu jeda yang diperlukan pengiriman paket dari pengirim ke penerima paket. *Average End-to-end delay* dihitung menggunakan persamaan 2 sebagai berikut.

Rumus:

$$\text{Rata-rata waktu jeda(m/s)} = \frac{\text{Total waktu jeda}}{\text{Total paket yang diterima}} \quad (2)$$

dimana,

Waktu Jeda = Waktu Yang Diterima – Waktu Yang Dikirim

3. *Packet delivery ratio* (PDR): perbandingan antara paket data yang telah dikirimkan dengan jumlah paket data yang akan diterima. PDR dihitung dengan persamaan 3 sebagai berikut.

Rumus:

$$\text{PDR (\%)} = \frac{\text{Paket data yang diterima}}{\text{Paket data yang dikirim}} \times 100\% \quad (3)$$

4. *Routing overhead*: jumlah paket *routing* yang akan dikirim oleh *simpul* sumber untuk mencapai *simpul* tujuan. *Routing overhead* dihitung menggunakan persamaan 4 sebagai berikut.

$$\text{Routing Overhead} = \frac{\text{Jumlah paket routing}}{\text{Paket data yang diterima}} \quad (4)$$

A.2 Parameter Skenario Simulasi

Pada tahap ini dilakukan penentuan perangkat keras maupun perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian. Diantaranya adalah laptop, sistem operasi Linux Ubuntu, perangkat lunak network simulator 2 (NS2). Pada tahap ini juga dilakukan penentuan parameter uji coba penelitian yang dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I. Parameter Skenario.

Parameter Skenario	
Tipe Parameter	Nilai Parameter
MAC layer	IEEE 802.11
Jumlah simpul	20 simpul, 60 simpul, 100 simpul
Network area	500 m x 500 m ² , 1000 m x 1000 m ²
Waktu simulasi	200 s
Kecepatan simpul	1 m/s, 5 m/s, 10 m/s
Pause time	45 s, 90 s, 180 s
Pergerakan simpul	Random Waypoint
Propagation	TwoRayGround
Antena	Omni antenna
Pola trafik	CBR

B. Perancangan Skenario Penelitian

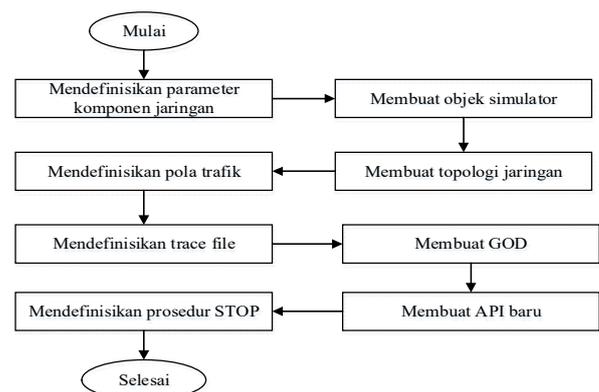
Bagian perancangan skenario penelitian dibagi menjadi dua bagian yaitu, Merancang protokol dan merancang skenario simulasi

B.1 Merancang protokol

Pembuatan skrip PA-SHORT ZRP dilakukan dengan cara memodifikasi protokol *routing* ZRP dengan menyisipkan Algoritma PA-SHORT pada protokol ZRP. Penulisan kode dilakukan untuk menemukan jalur *ShortCut*. Jika *ShortCut* telah ditemukan maka jalur tersebut yang akan digunakan untuk melakukan pengiriman data.

B.2 Merancang Skenario Simulasi

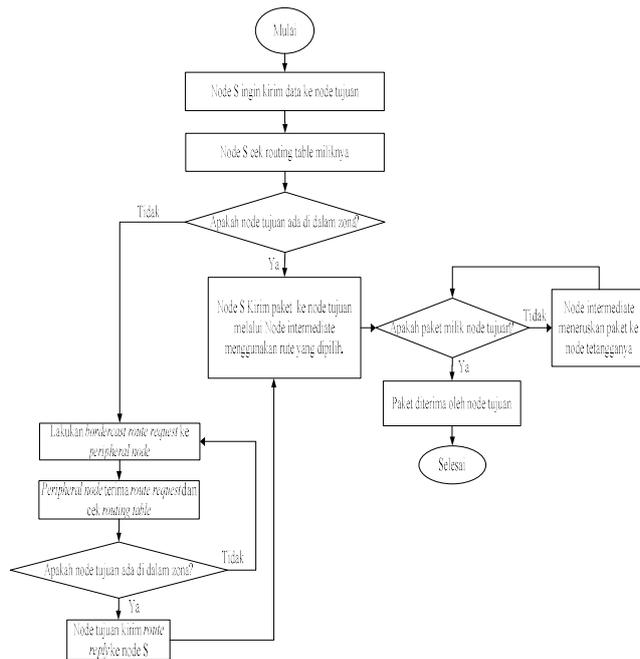
Berikut merupakan diagram alir perancangan skenario simulasi yang dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Skenario Simulasi

C. Mekanisme Protokol Routing ZRP (Zone Routing Protocol)

Pada Gambar 3 merupakan diagram alir penemuan jalur protokol *routing* ZRP



Gambar 3. Proses Penemuan *Rute* pada Protokol ZRP

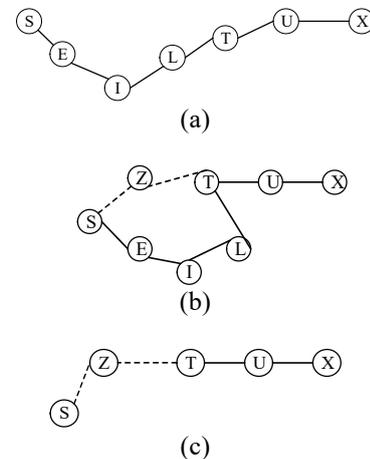
Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui cara kerja ZRP sebagai berikut:

1. Pada saat simpul sumber memiliki paket untuk dikirim ke simpul tujuan. Simpul sumber menggunakan tabel *routing* yang disediakan oleh IARP untuk memastikan bahwa simpul tujuan berada dalam zonanya. Jika simpul tujuan ada di dalam zona maka paket data akan dikirim menggunakan jalur yang telah tersedia.
2. Jika simpul tujuan tidak ditemukan di dalam zona, maka akan dilakukan proses *bordercast* ke peripheral simpul, kemudian setiap peripheral simpul mencari simpul tujuan di dalam tabel *routing*nya. Proses akan terus diulangi hingga simpul tujuan ditemukan.
3. Ketika simpul tujuan telah ditemukan, maka akan dibuat *route reply* yang berisi jalur dari simpul tujuan ke simpul sumber dihasilkan dan dikirim kembali ke simpul sumber.

D. Mekanisme PASHORT-ZRP

Bentuk jalur *route* dapat berubah secara signifikan saat konektivitas utuh karena mobilitas simpul. Perubahan bentuk dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan jalur yang lebih baik jika dapat menghindari *overhead* yang signifikan. Pertimbangan jalur dari simpul S ke simpul D ditunjukkan pada Gambar 4 (a) dan jalur terpendek yang ditemukan adalah dari simpul S-E-I-L-T-U-D. Jalur awal ini ditentukan melalui proses penemuan jalur, di mana jarak antara simpul *source* (simpul S) dan *destination* simpul (simpul D) paling pendek dalam hal jumlah *hop* yaitu membutuhkan 6 *hop*. Mobilitas simpul dapat membuat bentuk jalur *routing* berubah sehingga mengakibatkan munculnya simpul Z mendekati simpul S yang ditunjukkan pada Gambar 4 (b). Dalam bentuk baru

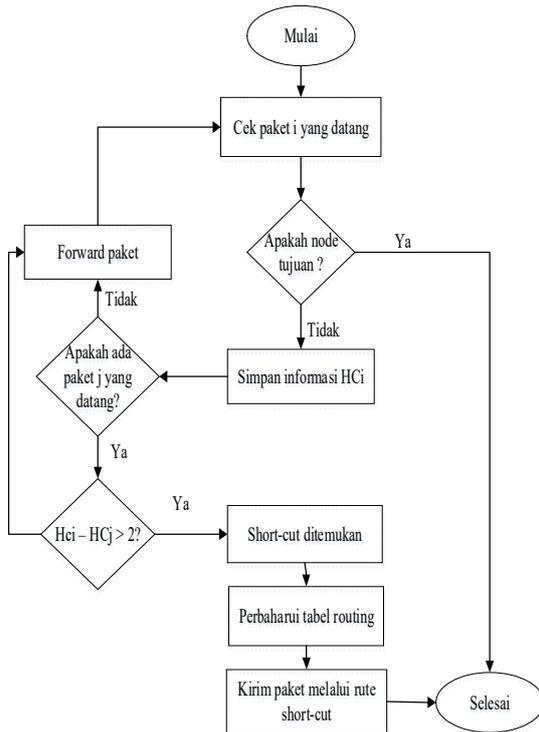
ini, simpul S berada pada rentang transmisi simpul Z sehingga simpul S masih dapat menjangkau simpul Z. Saat pengecekan, simpul Z masih dapat menjangkau simpul T. Dengan demikian, jalur terpendek dari simpul S ke D hanya membutuhkan 4 *hop* seperti yang ditunjukkan Gambar 4 (c).



Gambar 4. Ilustrasi *Path Aware* SHORT.

Ketika paket dikirim oleh simpul tujuan, simpul tetangga akan mengecek apakah paket ditujukan untuk simpul tersebut atau tidak. Jika simpul tersebut merupakan simpul tujuan, maka paket langsung dikirimkan. Namun jika simpul tersebut bukan simpul tujuan, maka paket akan diteruskan ke simpul *intermediate* dan informasi *Hop Count* (HC) disimpan (HC_i). Ketika paket lain datang untuk dikirim, paket akan dikirim melalui simpul *intermediate* (HC_j). Kemudian dilakukan perhitungan selisih nilai HC_i dan HC_j, jika HC_i dikurangi dengan HC_j dan hasilnya lebih besar dari 2, maka *route short-cut* ditemukan. Namun, jika hasil kurang atau sama dengan 2, maka *route short-cut* tidak ditemukan dan paket diteruskan ke simpul tetangga/selanjutnya. Setelah *route short-cut* ditemukan, simpul akan mengirim pesan ke simpul sebelumnya untuk memperbarui tabel *routing*, pengiriman paket dikirimkan melalui *route short-cut* [7].

Algoritma *Path Aware Short* mengoptimalkan *route* berdasarkan *hop* terpendek, maka dari itu pada *header* tiap paket membawa bidang *hop-count* (HC). Bidang *hop-count* (HC) diinisialisasi ke nol pada simpul sumber dan bertambah setiap satu dari setiap *hop* yang dibutuhkan paket. Pada *packet header* terdapat informasi berupa alamat tujuan (DA), alamat sumber (SA), dan *hop-count* (HC). Terdapat NA, yaitu alamat tetangga dalam transmisi simpul yang menyiarkan paket. Format setiap entri adalah <SA, DA, HC, NA>. Berikut adalah *flowchart* pencarian *route* Algoritma *Path Aware* SHORT yang ditunjukkan oleh Gambar 5.

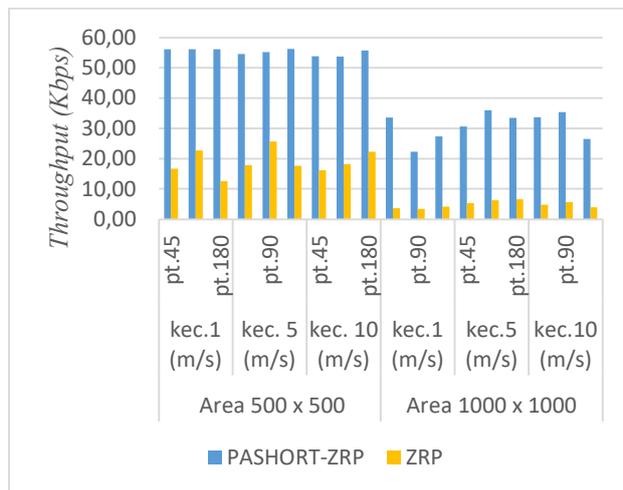


Gambar 5. Flowchart Path Aware -SHORT.

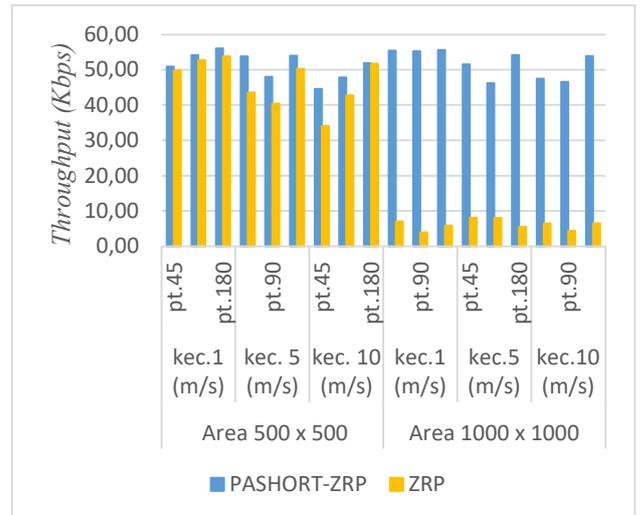
V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Parameter Uji Throughput

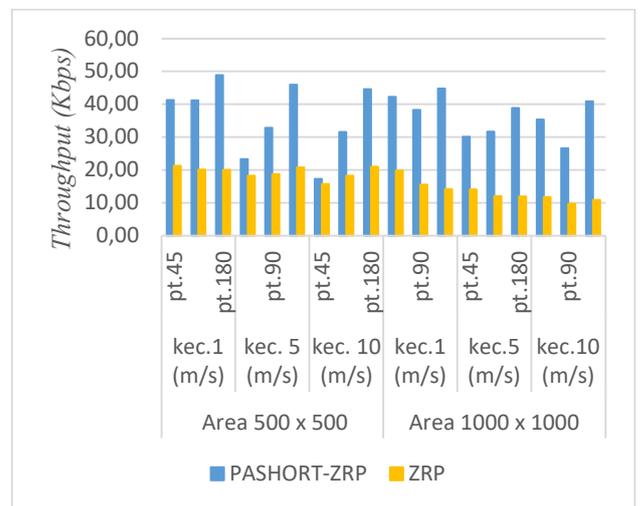
Gambar 6-8 merupakan grafik rata-rata *throughput* sesuai hasil uji coba skenario.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata *Throughput* Simpul 20 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata *Throughput* Simpul 60 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata *Throughput* Simpul 100 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²

Hasil nilai *throughput* yang dihasilkan pada percobaan 1 sampai percobaan 5 terjadi perubahan yang sangat signifikan pada percobaan luas area yang disediakan yaitu 1000 x 1000 m² untuk protokol ZRP. Hal ini disebabkan oleh adanya jarak antara simpul sumber dan simpul tujuan sangat jauh di luas area yang besar, sehingga membutuhkan banyak simpul yang tersedia di dalam jaringan maka zona *routing* semakin banyak terbentuk untuk dapat mengirimkan paket data. Karena setiap simpul memiliki informasi simpul tetangga pada zona lokalnya, maka apabila semakin banyak jumlah *hop* yang dilewati, sehingga semakin panjang *route* yang diperoleh. Apabila semakin panjang *route* yang dilewati, maka nilai *throughput* semakin menurun.

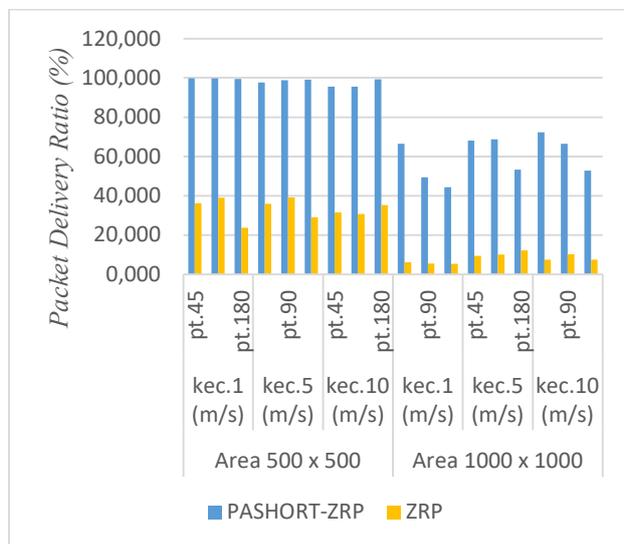
Perubahan kecepatan dan *pause time* juga mengakibatkan nilai *throughput* menurun, hal ini dapat terjadi adanya perubahan kecepatan sehingga mengakibatkan pergantian *route* yang cukup sering. Ketika simpul sumber dan simpul tujuan saling bergerak

berjauhan maka akan mengakibatkan semakin banyak *route* yang terputus dan mengakibatkan proses pergantian *route* semakin sering dilakukan. Pergantian *route* tersebutlah yang menyebabkan banyak paket yang akan di *drop* dan membuat *throughput* mengalami penurunan.

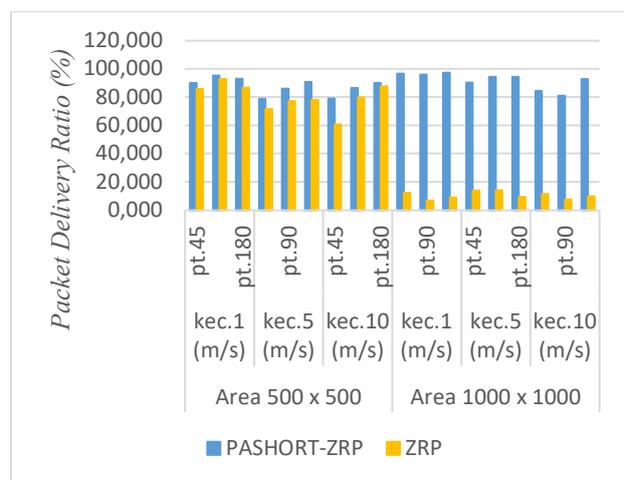
Protokol PASHORT-ZRP mampu meningkatkan *throughput* pada ZRP, hal ini disebabkan oleh algoritma PA-SHORT yang memperbaiki *route* jika terdapat *route* yang lebih panjang. Pada percobaan ini apabila semakin tinggi *pause time*, maka semakin lama waktu tiap *simpul* stabil sebelum pergerakan *simpul* berikutnya. Ini membutuhkan protokol *routing* PASHORT-ZRP lebih baik dari segi *throughput* jika dibandingkan dengan ZRP.

B. Analisis Parameter Uji Packet Delivery Ratio

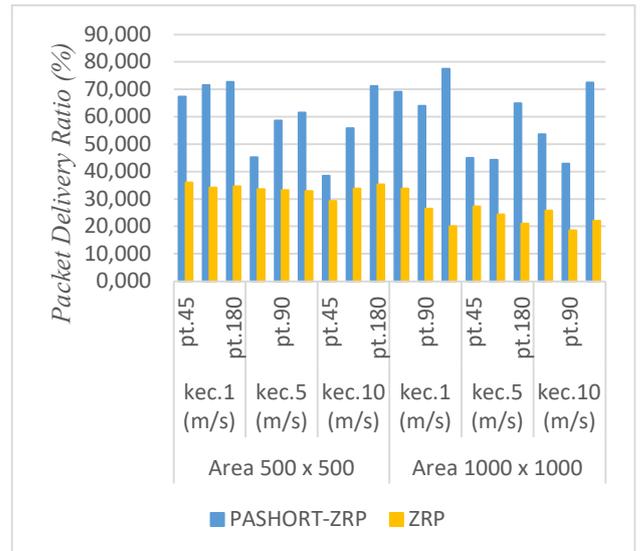
Gambar 9-11 menunjukkan grafik rata-rata *packet delivery ratio* sesuai hasil uji coba skenario.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata *Packet Delivery Ratio* Simpul 20 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²



Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata *Packet Delivery Ratio* Simpul 60 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²



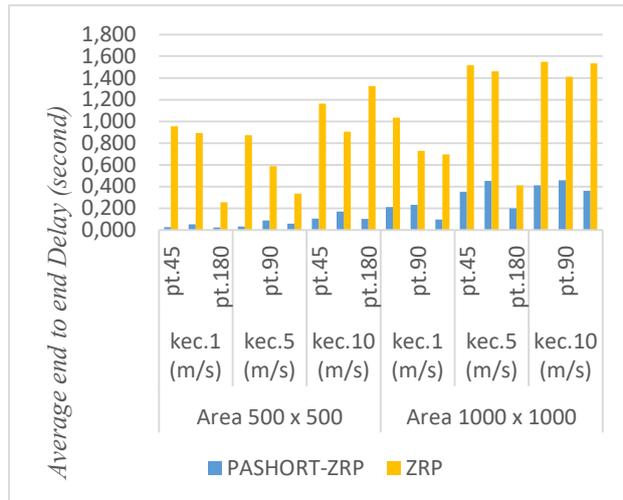
Gambar 11. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata *Packet Delivery Ratio* Simpul 100 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²

Setelah dilakukan beberapa percobaan, protokol *routing* PASHORT-ZRP menghasilkan nilai rata-rata *packet delivery ratio* paling tinggi dari pada ZRP hal ini dikarenakan penerapan algoritma PA-SHORT pada protokol *routing* ZRP yang memperbaiki *route* jika terdapat *route* yang lebih panjang. Semakin tinggi kecepatan *simpul*, menyebabkan *simpul* akan semakin cepat bergerak, semakin cepat *simpul* bergerak maka *route* yang akan dilalui untuk mengirimkan paket juga akan semakin cepat berubah karena *route* mengalami putus *link*. Sehingga banyak paket yang akan di *drop* karena *simpul* pengirim paket selanjutnya tidak ditemukan dan menyebabkan protokol harus mencai *route* baru.

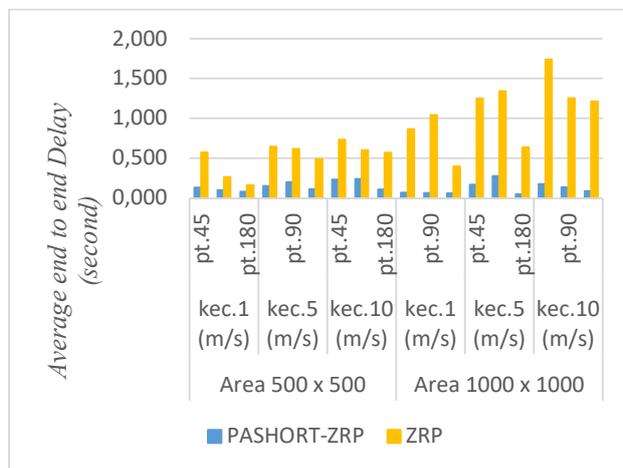
Pada protokol *routing* ZRP maupun PASHORT-ZRP *pause time* juga mempengaruhi pergerakan *simpul*, semakin sering *simpul* bergerak, maka zona yang terbentuk akan semakin sering berubah dan semakin banyak jumlah *hop* yang dihasilkan, hal tersebut menyebabkan proses penemuan *route* semakin sering dilakukan. Serta, hal ini menyebabkan semakin tingginya *buffer* paket data pada jaringan.

C. Analisis Parameter Uji Rerata End-to-end Delay

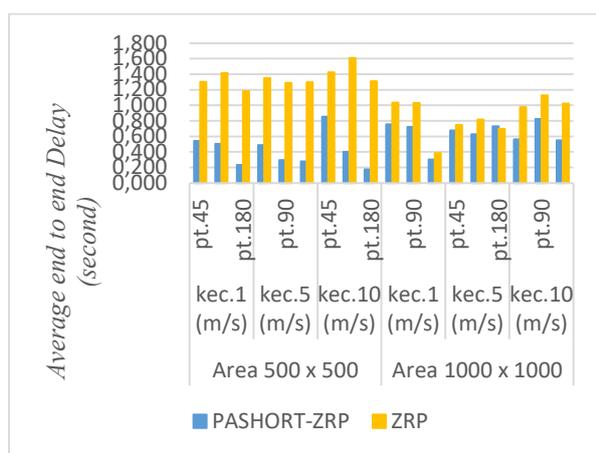
Gambar 12-14 merupakan grafik rata-rata rerata *end-to-end delay* sesuai hasil uji coba skenario.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata Average End-to-end Delay Simpul 20 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²



Gambar 13. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata Average End-to-end Delay Simpul 60 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²



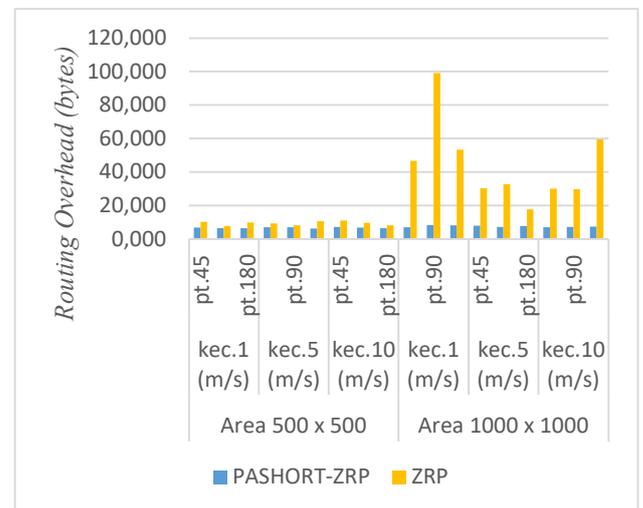
Gambar 14. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata Average End-to-end Delay Simpul 100 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²

bahwa protokol *routing* ZRP memiliki nilai waktu jeda (*delay*) yang lebih tinggi, hal ini dikarenakan jika *simpul* tujuan tidak berada dalam zona sumber, maka, IERP akan melakukan *bordercast* untuk menemukan *rute* yang menyebabkan adanya *delay* tambahan. *Delay* akan terus meningkat ketika jarak antara *simpul* sumber dan tujuan semakin jauh, karena semakin sering *bordercast* yang dilakukan membuat semakin banyak *simpul* berkomunikasi di zona yang sama menyebabkan *delay* ZRP semakin rendah, hal ini dikarenakan adanya pemeliharaan informasi *routing* yang dilakukan oleh IARP.

Adanya penerapan algoritma PA-SHORT pada protokol *routing* ZRP terbukti dapat menurunkan nilai *delay*. Hal ini dikarenakan algoritma PA-SHORT meningkatkan optimasi *routing* yang secara bertahap memperpendek *rute* bila memungkinkan. Adanya peningkatan kecepatan *simpul*, menyebabkan semakin sering dilakukan pencarian *rute* akibat *rute* sebelumnya terputus, sehingga semakin sering pencarian *rute* dilakukan maka semakin tinggi *delay* pengiriman paket pada routokol. Pada protokol *routing* ZRP maupun PASHORT-ZRP semakin sering *simpul* bergerak, maka zona yang terbentuk akan semakin sering berubah dan semakin banyak jumlah hop yang dihasilkan, hal tersebut menyebabkan proses penemuan *rute* semakin sering dilakukan. Serta, hal ini menyebabkan semakin tingginya *buffer* paket data pada jaringan.

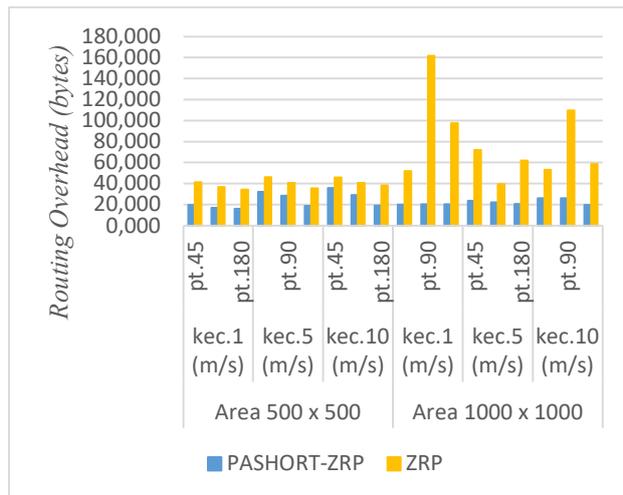
D. Analisis Parameter Uji Routing Overhead

Gambar 15-17 merupakan grafik rata-rata *routing overhead* sesuai hasil uji coba skenario.

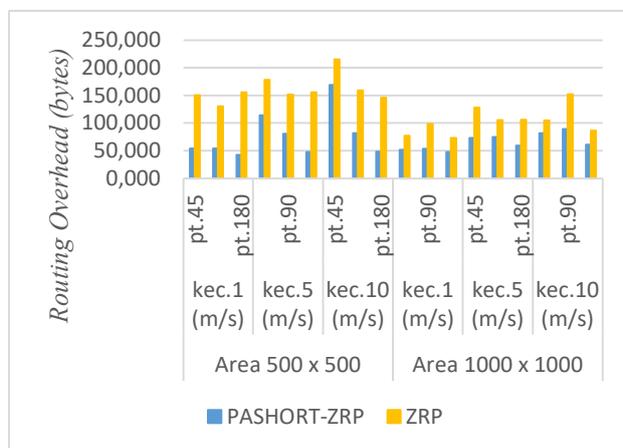


Gambar 15. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata Routing Overhead Simpul 20 pada Area 500 × 500 m² dan 1000 × 1000 m²

Hasil nilai rata-rata *average end-to-end delay* yang dihasilkan pada percobaan 1 samapai 5 memperlihatkan



Gambar 16. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata *Routing Overhead* Simpul 60 pada Area $500 \times 500 \text{ m}^2$ dan $1000 \times 1000 \text{ m}^2$



Gambar 17. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata *Routing Overhead* Simpul 100 pada Area $500 \times 500 \text{ m}^2$ dan $1000 \times 1000 \text{ m}^2$

Pada Gambar 15-17 terlihat bahwa hasil rata-rata nilai *outing overhead* tidak selalu stabil, hal ini dikarenakan oleh kemungkinan jarak yang timbul antara *simpul* pengirim dan *simpul* penerima yang berada saling berjauhan sehingga membutuhkan banyak *simpul* yang tersedia di dalam jaringan maka zona *routing* akan semakin banyak terbentuk untuk dapat mengirimkan paket data. Karena setiap *simpul* memiliki informasi *simpul* tetangga pada zona lokalnya, maka semakin banyak jumlah *hop* yang dilewati, sehingga semakin panjang *route* yang diperoleh. Apabila semakin panjang *route* yang dilewati, maka nilai *routing overhead* semakin tinggi.

Perubahan kecepatan dan *pause time* juga mengakibatkan nilai *routing overhead* menurun, hal ini dapat terjadi adanya *pause time* sehingga mengakibatkan pergantian *route* yang cukup sering. Ketika *simpul* sumber dan *simpul* tujuan saling bergerak berjauhan maka akan mengakibatkan semakin banyak *route* yang terputus dan mengakibatkan proses pergantian *route* semakin sering dilakukan. Pergantian *route* tersebutlah yang menyebabkan banyak paket yang akan di *drop* dan membuat *routing overhead* mengalami peningkatan

Nilai *routing overhead* yang dihasilkan protokol *routing* PASHORT-ZRP menghasilkan nilai yang lebih kecil dengan protokol *routing* ZRP, karena penerapan algoritma PA-SHORT meningkatkan optimasi *routing* secara bertahap memperpendek *route* apabila memungkinkan. Semakin pendek *route*, maka semakin rendah nilai *routing overhead*. hal ini membuktikan bahwa protokol *routing* PASHORT-ZRP lebih baik dari segi *routing overhead* jika dibandingkan dengan ZRP.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan simulasi dan analisa terhadap kedua algoritma protokol *routing* PASHORT-ZRP dan ZRP maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Dari hasil simulasi, optimasi protokol *routing* dengan menggunakan algoritma PA-SHORT meningkatkan kinerja dalam hal *throughput*. Hasil *throughput* pada PASHORT-ZRP mengalami peningkatan sebesar 36.45 % untuk simpul 20, 3.21 % untuk simpul 60, dan 16.97 % untuk simpul 100 di daerah $500 \times 500 \text{ m}^2$. Sedangkan pada daerah $1000 \times 1000 \text{ m}^2$ hasil *throughput* PASHORT-ZRP mengalami kenaikan sebesar 26.16 % untuk simpul 20, 45.59 % untuk simpul 60, dan 23.2 % untuk simpul 100.
2. Hasil *packet delivery ratio* pada PASHORT-ZRP mengami peningkatan sebesar 64.931 % untuk simpul 20, 7.763 % untuk simpul 60, dan 26.644% untuk simpul 100 di daerah $500 \times 500 \text{ m}^2$. Sedangkan pada daerah $1000 \times 1000 \text{ m}^2$ hasil *packet delivery ratio* PASHORT-ZRP mengalami kenaikan sebesar 52.081 % untuk simpul 20, 81.475 % untuk *simpul* 60, dan 34.912 % untuk simpul 100.
3. Hasil *average end-to-end delay* pada PASHORT-ZRP mendapatkan nilai yang lebih kecil dibanding sebelumnya yaitu 0.737 % untuk simpul 20, 0.365 % untuk simpul 60, dan 0.939 % untuk simpul 100 di daerah $500 \times 500 \text{ m}^2$. Sedangkan pada daerah $1000 \times 1000 \text{ m}^2$ hasil *average end-to-end delay* PASHORT-ZRP mengalami penurunan sebesar 0.841 % untuk simpul 20, 0.960 % untuk simpul 60, dan 0.232 % untuk simpul 100.
4. Hasil *routing overhead* pada PASHORT-ZRP mengami penurunan sebesar 2.664 % untuk simpul 20, 15.872 % untuk simpul 60, dan 83.201 % untuk simpul 100 di daerah $500 \times 500 \text{ m}^2$. Sedangkan pada daerah $1000 \times 1000 \text{ m}^2$ hasil *routing overhead* PASHORT-ZRP mengalami penurunan sebesar 36.815 % untuk simpul 20, 56.267 % untuk simpul 60, dan 37.538 % untuk simpul 100.
5. Dengan menerapkan algoritma *Path Aware* SHORT dapat meningkatkan kinerja protokol *routing* ZRP dalam memanfaatkan perubahan topologi jaringan dengan cara mengurangi jumlah *hop* pada *route* utama agar *route* menjadi lebih optimal.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diberikan dari penelitian di atas, maka saran – saran yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian menggunakan protokol *routing mesh/tree* pada jaringan MANET dengan penerapan algoritma *Path Aware SHORT*.
2. Melakukan penelitian terkait dengan menggunakan protokol *routing* yang sama dengan parameter simulasi yang berbeda dengan menggunakan jumlah *simpul* lebih banyak dan *pause time* lebih variasi.
3. Melakukan penelitian terkait dengan menggunakan protokol *routing* yang sama dengan algoritma *Energy Aware SHORT*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Haqqi, Ma'ruf Nashrul, Sukiswo, Zahra, "Analisis Kinerja Puma Pada Manet Menggunakan Ns 2," *Transient*, vol. 2, no. 3, pp. 765–769, 2013.
- [2] S. Hud, R. Primananda, and S. R. Akbar, "Analisis Perbandingan Performa Routing Flooding dan Convergecast Pada Wireless Sensor Network," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 1, no. 3, pp. 166–173, 2017.
- [3] J. Anthoni and V. W. Mahyastuty, "Evaluasi Kinerja Zone Routing Protocol Pada Mobile Ad-Hoc Network," *J. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14, 2014.
- [4] C. Gui and P. Mohapatra, "SHORT : Self-Healing and Optimizing Routing Techniques for Mobile Ad Hoc Networks," *ACM Int. Symp. Mob. Ad Hoc Netw. Comput.*, pp. 279–290, 2003.
- [5] 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.*, vol. 2008, pp. 1–7, 2008.
- [6] N. Fahrani, S. Djanali, and A. M. Shiddiqi, "EFISIENSI RUTE PADA PROTOKOL DSR MENGGUNAKAN PA-SHORT," pp. 1–8, 2012.
- [7] Y. P. Wulandari, A. H. Jatmika, and F. Bimantoro, "MENINGKATKAN EFISIENSI RUTE PADA PROTOKOL ROUTING AOMDV MENGGUNAKAN METODE PA-SHORT (Improving Route Efficiency on the AOMDV Routing Protocol Using PA-SHORT on the Mobile Ad-Hoc Network)."
- [8] 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," *Kinet. UMM*, vol. 2, no. 3, pp. 165–174, 2017.
- [9] 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, 2010.
- [10] M. H. Andy Hidayat Jatmika, Supeno Djali, "Optimasi Routing pada Jaringan MANET Menggunakan MEDSR dan LET," *Pros. Semin. Nas. Manaj. Teknol. XIII*, 2011.
- [11] H. Akbar, A. H. Jatmika, and M. A. Albar, "Analisis Pengaruh Metode LET Pada Protokol Routing DSDV Untuk Efisiensi Pencarian Rute Pada Jaringan MANET," pp. 1–7.