

# IMPLEMENTASI METODE ENERGY SUPPORTED PADA PROTOKOL ROUTING AOMDV DALAM MENCARI RUTE BERDASARKAN TINGKAT ENERGI NODE UNTUK MEMPERPANJANG UMUR JARINGAN

*(Implementation of the Energy Supported Method in the AOMDV Routing Protocol in Searching for Routes Based on Node Energy Levels to Extend Network Life)*

Ardha Naufal Herdyansah<sup>[1]</sup>, Andy Hidayat Jatmika<sup>[2]</sup>, Raphael Bianco Huwae<sup>[3]</sup>

<sup>[1]</sup>Dept Informatics Engineering, Mataram University  
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA  
Email: ardhanaufal17@gmail.com

*Abstract Mobile Ad Hoc Network (MANET) is a wireless network consisting of a number of nodes and has no fixed infrastructure. Nodes in MANET will always move freely in all directions so that a routing protocol is needed to control a node connected to other nodes on the network. The routing protocol used as the object of this research is the AOMDV (Ad Hoc On Demand Multipath Distance Vector) routing protocol. The AOMDV protocol is modified and added with the EN (Energy Supported) algorithm to improve route reliability. The main objective of this method is to calculate the energy of each node involved in the route search and select nodes that have good energy values to be passed by the route. Nodes with low energy values will be ruled out first so that no broken routes occur. In this study, the performance of the AOMDV routing protocol will be compared with the EN-AOMDV routing protocol. The results of the analysis show that the application of the EN (Energy Supported) algorithm in route search efficiency has succeeded in improving performance. Throughput results on the EN-AOMDV protocol have increased by 6.63%. Packet Delivery Ratio increased by 7.27%. Average End to End Delay decreased by 0.029% and Average Residual Energy increased by 7.34%.*

**Key words:** Mobile Ad Hoc Network, Protokol Routing AOMDV, EN-AOMDV, Energy Supported

## I. INTRODUCTION

Mobile Ad-Hoc Network (MANET) merupakan sebuah model jaringan tanpa kabel (*wireless*) yang terdiri dari sekumpulan perangkat yang bergerak dan tidak memiliki infrastruktur jaringan yang tetap [1]. Perangkat pada MANET disebut sebagai *node* dimana tiap *node* dapat melakukan fungsi sebagai *router* yaitu meneruskan jalur komunikasi antar *node* (perangkat) yang ditentukan dalam jaringan [2]. Dengan *node* yang selalu berubah dan bergerak dari waktu ke waktu ke arah yang berbeda membuat MANET sangat cocok diaplikasikan pada kondisi kritis seperti operasi militer, keamanan, telemedis, evakuasi bencana, daerah yang terisolir dan lain-lain.

Sehingga teknologi MANET sangat cocok untuk dikembangkan di era modern ini.

Topologi jaringan pada MANET dapat berubah dengan cepat dan sering tidak bisa diprediksi karena *node* yang selalu bergerak acak. Pergerakan *node* yang tidak beraturan ini dapat mengakibatkan kegagalan pada jalur rute. Sehingga dapat mempengaruhi kualitas pengiriman data dan terputusnya komunikasi antar *node*. Untuk mengatasi hal itu maka diperlukan sebuah standarisasi pada setiap *node*. Pada MANET standarisasi pada setiap *node* ini disebut dengan protokol *routing* yang digunakan untuk mengontrol *node* dalam meneruskan paket ke setiap *node*, sehingga satu *node* dapat berkomunikasi dengan *node* lainnya pada jaringan.

Protokol *routing* adalah penerapan standarisasi terhadap arah pergerakan *node* dalam meneruskan paket, dimana protokol *routing* berfungsi untuk mencari *path* (jalur rute) yang terbaik dari jalur yang akan dilalui *node* asal menuju *node* tujuan [3]. Protokol *routing* pada jaringan *ad-hoc* dibagi menjadi 3 klasifikasi yaitu protokol *routing hybrid*, protokol *routing proaktif* dan protokol *routing reaktif*. Protokol *routing hybrid* adalah gabungan antara protokol *routing reaktif* dan *proaktif*. Protokol *routing proaktif* adalah protokol *routing* dimana *routing table* nya diperbarui secara terus menerus [4]. Sedangkan protokol *routing reaktif* adalah protokol *routing* yang bekerja secara *on demand* yang berarti proses pencarian rute hanya dilakukan saat adanya permintaan [5].

Salah satu protokol *routing* reaktif adalah *Ad-Hoc On Demand Multipath Distance Vector* (AOMDV). Cara kerja protokol AOMDV adalah *node* sumber akan melakukan *flooding* paket RREQ ke semua *node* hingga *node* tujuan. Paket RREQ tersebut kemudian di duplikasi untuk dikirimkan ke *node* selanjutnya dan membuat jalur balik (*reverse path*) pada *node* yang telah dilalui. Rute ditemukan berdasarkan nilai *hop count* yang paling tinggi. Setelah jalur *routing* ditemukan dan sampai pada *node* tujuan, semua paket tersebut akan diterima dan *node* tujuan akan mengirimkan paket RREP ke *node* sumber berdasarkan jalur yang ditentukan. Jalur-jalur yang telah dilalui tersebut akan disimpan dengan tujuan untuk

mendapatkan rute alternatif atau rute cadangan dari *node* sumber ke *node* tujuan. Apabila terjadi sebuah permasalahan pada satu rute/jalur maka dapat digantikan atau dialihkan ke rute yang lain.

Dengan proses pencarian rute pada protokol AOMDV yang berdasarkan nilai *hop count*, maka nilai energi yang dikonsumsi oleh *node* tidak diperhatikan. Padahal proses transmisi yang dilakukan protokol AOMDV akan selalu mengkonsumsi energi. Kurangnya energi pada tiap *node* bisa mengakibatkan paket yang akan dikirim tidak sempurna dan yang lebih parah mengakibatkan jalur rute terputus karena ketika energi pada *node* habis, *node-node* tidak bisa melakukan komunikasi dengan *node* lainnya untuk mengirim atau menerima paket data [6]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode atau algoritma untuk meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang umur jaringan.

Berangkat dari permasalahan tersebut, maka penulis menawarkan gagasan penerapan metode *Energy Supported* pada protokol *routing* AOMDV dalam mencari rute berdasarkan tingkat energi *node* untuk memperpanjang umur jaringan. Metode *Energy Supported* (EN) ini bertujuan untuk meningkatkan kehandalan rute saat melakukan *route discovery* berdasarkan residual energi. Metode ini berkerja dengan cara menghitung nilai energi tiap *node* yang ikut terlibat dalam pemilihan rute. Saat *node* mulai mengalami penurunan energi, metode ini akan melihat ke *node* tetangganya untuk bersiap mengganti jalur *routing*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian implementasi metode EN (*Energy Supported*) AOMDV dalam mencari rute berdasarkan tingkat energi *node* untuk memperpanjang umur jaringan ini menggunakan beberapa referensi jurnal terkait dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Sridhar *et al* melakukan penelitian yang berjudul “Energy Supported AODV (EN-AODV) for QoS *routing* in MANET”. Penelitian ini bertujuan untuk memilih rute dengan konsumsi energi yang lebih baik dan memperpanjang umur jaringan. Penelitian ini membandingkan protokol *routing* AODV tradisional dengan EN-AODV atau AODV yang telah di implementasikan metode ES (*Energy Supported*). Pengujian dilakukan pada simulator NS-2 dengan parameter pengujian yang digunakan adalah *throughput*, PDR, dan *Delay*. Waktu pengujian dilakukan selama 30 menit dengan maksimum perangkat 50 *node*. Didapatkan kesimpulan bahwa protokol *routing* AODV yang telah ditambahkan algoritma EN-AODV lebih baik dibandingkan protokol *routing* AODV biasa. Hal tersebut terlihat dari hasil pengujian dimana perbedaan hasil PDR dari protokol EN-AODV dibandingkan AODV tradisional berjarak 20% lebih bagus serta *delay* yang lebih sedikit [7].

Badal dan Rajendra melakukan penelitian yang berjudul “Nodes Energy Aware Modified DSR Protocol for Energy Efficiency in MANET”. Penelitian ini memodifikasi protokol *routing* DSR yang bertujuan untuk

menghemat energi dan memperpanjang masa pakai baterai. Penelitian ini membandingkan protokol *routing* DSR yang telah dimodifikasi dengan protokol *routing* AODV, DSDV dan protokol *routing* DSR biasa. Pengujian dilakukan pada simulator NS-2 dengan parameter pengujian yang digunakan adalah *Energy Consumption*, *Throughput*, *End to end delay*, dan *Overhead*. Protokol DSR yang dimodifikasi menunjukkan konsumsi energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan protokol AODV, DSDV dan DSR normal [8].

Yuan *et al* melakukan penelitian yang berjudul “An Optimized Ad Hoc On Demand Multipath Distance Vector (AOMDV) *Routing Protocol*”. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja protokol AOMDV dengan cara menambahkan paket baru RREP\_ACK (*Route Reply Acknowledge*) agar mencegah terjadinya pemotongan *reverse path* (jalur balik) dalam jaringan. Pada penelitian ini membandingkan performa protokol AOMDV dan (OAOMDV) AOMDV yang telah dimodifikasi. Pengujian dilakukan menggunakan simulator NS-2 dengan parameter pengujian *Packet loss*, *Routing overhead*, dan *End to end Delay*. Pengujian dilakukan selama 500 detik dengan jumlah *node* 50 dan menunjukkan bahwa *packet loss* berkurang pada protokol AOMDV yang telah dimodifikasi. Parameter lainnya seperti *Routing Overhead* dan *End to end delay* juga mengalami peningkatan performa [9].

Rani *et al* melakukan penelitian yang berjudul “Energy Consumption Evaluation of ZBLE, AOMDV and AODV *Routing Protocols* in Mobile Ad-Hoc Networks”. Penelitian ini dilatar belakangi oleh pergerakan *node* tidak teratur yang menghabiskan masa pakai baterai. Tujuan utama dari penelitian ini adalah memodifikasi protokol *routing* agar lebih baik dalam efisiensi energi. Protokol *routing* yang ditawarkan bernama ZBLE (*Zona Based Leader Election Energy-Constructed*). Protokol ZBLE ini merupakan pengembangan dari protokol *routing* AOMDV, dimana protokol ini menggunakan algoritma pemilihan *node* pemimpin yang dipilih berdasarkan *Energy Label*, *Power Analysis*, dan *Node Position*. Simulasi dilakukan untuk membandingkan protokol *routing* ZBLE, AOMDV dan AODV menggunakan simulator NS-2 dengan parameter pengujian *Throughput*, PDR, *End to End Delay*, *Energy Consumption*, dan *Life Time*. Waktu simulasi dilakukan selama 600s dan hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa protokol *routing* ZBLE dapat mengurangi penggunaan energi dan memperpanjang masa pakai baterai dibandingkan protokol *routing* AOMDV dan AODV [10].

Amir *et al* melakukan penelitian yang berjudul “Network Life Time Maximization of The AOMDV Protocol Using Nodes Energy Variation”. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi protokol AOMDV yang banyak menggunakan energi karna sifatnya yang *multipath*. Protokol *routing* yang diusulkan pada penelitian ini bernama PCEV-AOMDV (*Pre-Emptive Conserving Life Time AOMDV Energy Variation*). *Node* yang mengkonsumsi energi yang berlebihan akan

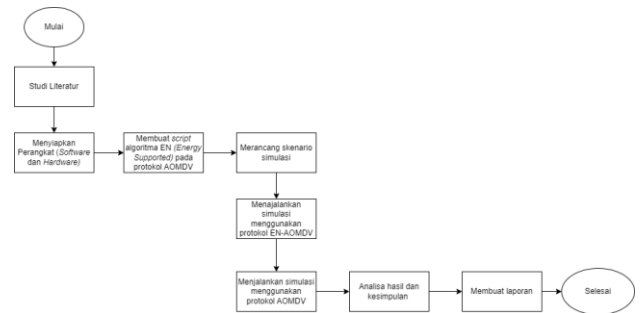
dianggap *overloaded* dan di kecualikan dari pencarian rute. Pada penelitian ini simulasi dilakukan dengan membandingkan protokol *routing* AOMDV dan PCEV-AOMDV. Simulasi dilakukan pada simulator NS-2 dengan parameter pengujian yaitu *Number of Alive Node*, *Overhead*, *Consumed Energy*, dan PDR. Setelah dilakukan simulasi, hasil menunjukkan bahwa protokol *routing* PCEV-AOMDV dapat mengurangi 30% *Number of Alive Node*, mengurangi 16% *Overhead*, mengurangi konsumsi energi yang digunakan, serta dapat meningkatkan PDR [11].

Geetha melakukan penelitian yang berjudul “Performance Evaluation of Multipath Routing Protocol (AOMDV) in Mobile Ad Hoc Network”. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dari protokol *routing* Ad Hoc On Demand Multipath Distance Vector (AOMDV). Pada penelitian ini pengujian dilakukan menggunakan simulator NS-2 dan dengan parameter pengujian yaitu *Throughput*, *End to end Delay*, PDR dan *Residual Energy*. Dari keseluruhan simulasi yang dijalankan diperoleh hasil bahwa kinerja protokol *routing* AOMDV bervariasi dari beberapa percobaan tergantung dari topologi yang diterapkan. Sehingga disimpulkan bahwa banyak macam faktor yang mempengaruhi kinerja protokol *routing* [12].

Gayatree *et al* melakukan penelitian yang berjudul “Performances Analysis of Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Network. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan protokol *routing* AODV, AOMDV, DSR, DSDV dan PA-AODV (*Power Aware Ad Hoc On Demand Distance Vector*). Simulasi dilakukan pada simulator NS-2 dengan parameter pengujian *Throughput*, *Residual Energy*, PDR dan *Average Delay*. Setelah dilakukannya simulasi, hasil menunjukkan bahwa AODV memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan protokol yang lain berdasarkan *Throughput*, PA-AODV memberikan kinerja yang lebih baik berdasarkan *residual energy* dan DSR memberikan kinerja yang lebih baik berdasarkan PDR dan *Average Delay* [13].

### III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian implementasi metode EN (*Energy Supported*) AOMDV dalam mencari rute berdasarkan tingkat energi *node* untuk memperpanjang umur jaringan ini menggunakan beberapa tahapan. Pada Gambar 1 terdapat diagram alir penelitian yang digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian agar hasil yang dicapai sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

#### A. Studi Literatur

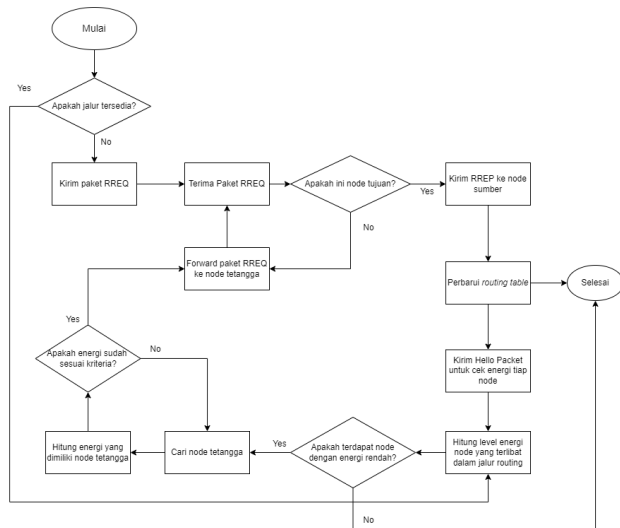
Pada tahap studi literatur, dilakukan pengkajian dan penggalian informasi mengenai penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya. Proses pembelajaran dilakukan melalui buku-buku cetak atau elektronik, jurnal dan berbagai artikel agar dapat memberikan pengetahuan dan informasi mengenai topik yang terkait.

#### B. Menyiapkan perangkat (*software* dan *hardware*)

Pada tahap ini diperlukan persiapan perangkat yang digunakan baik itu *software* atau *hardware* agar simulasi berjalan dengan lancar. Uji coba dan simulasi dilakukan dengan menggunakan simulator NS-2 (*Network Simulator*) yang dijalankan pada sistem OS Ubuntu menggunakan *software* Virtual Box.

#### C. Membuat *script* EN-AOMDV

Pembuatan *script* EN-AOMDV dilakukan dengan cara memodifikasi protokol *routing* AOMDV biasa dan disisipkan algoritma EN (*Energy Supported*). Penulisan kode dilakukan berdasarkan perhitungan berbasis energi pada *node* untuk mempertahankan masa hidup jalur rute yang ditempuh. Jika salah satu *node* dari rute yang ditempuh mengalami penurunan energi, maka akan diganti dengan *node* tetangga yang lain sekaligus mengupdate jalur rute yang digunakan. Tujuan utama digunakannya metode EN (*Energy Supported*) ini adalah untuk meningkatkan protokol AOMDV biasa yang tidak peka terhadap energi pada tiap *node*. Ketika energi yang dimiliki oleh salah satu *node* yang terlibat dalam jalur bernilai rendah, maka metode ini akan menghindari *node* tersebut dari proses pencarian jalur dan akan menggunakan *node* tetangganya yang lain dengan nilai energi yang lebih tinggi. Sehingga secara otomatis jalur yang akan dilalui telah berubah dan akan diperbarui pada *routing table*. Untuk lebih jelasnya, alur algoritma metode EN-AOMDV dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Flowchart EN-AOMDV

#### D. Merancang Skenario Simulasi

Pada tahap ini, penulis merancang skenario simulasi jaringan MANET untuk menganalisis performa protokol AOMDV biasa dan AOMDV yang telah di optimalkan menggunakan algoritma EN (*Energy Supported*). Adapun jumlah maksimum *node* yang digunakan adalah 25, 50 dan 100 dengan energi tiap *node* masing-masing 100 joules serta menggunakan jenis *traffic Constant Bit rate* (CBR). Simulasi akan dilakukan pada *network size* dengan ukuran 500m<sup>2</sup> x 500m<sup>2</sup> dan 1000m<sup>2</sup> x 1000m<sup>2</sup> dengan waktu simulasi selama 300 detik. Perbedaan kepadatan *node* dan luas area network ini dilakukan agar dapat mengetahui perbandingan kinerja kedua protokol berdasarkan pada besarnya *node* dan luas area network yang dimiliki. Uji coba akan dilakukan selama 3 kali percobaan agar mendapatkan hasil yang lebih jitu dan optimal. Untuk lebih lengkapnya parameter skenario simulasi dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

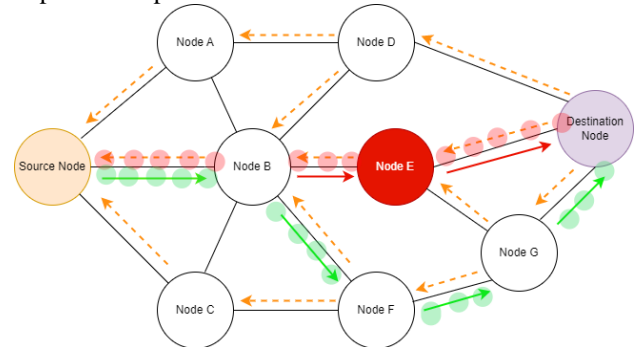
Tabel 1. Parameter skenario simulasi

Parameter	Nilai
Network Size	500 x 500 dan 1000 x 1000
Jumlah Node	25, 50, 100
Speed	100 m/s
Transmission range	250 meters
Traffic Type	CBR
Waktu Simulasi	300 detik
MAC layer protocol	IEEE 802.11
Protokol routing	AOMDV
NS2 version	2.35

#### E. Simulasi menggunakan protokol EN-AOMDV

Dalam melakukan *route discovery* atau pencarian rute, protokol *routing* AOMDV akan mencari jalur rute secara biasa terlebih dahulu yaitu berdasarkan jumlah *hop count* pada tiap *node*. Setelah menemukan rute yang tepat maka *source node* akan membroadcast hello packet yang telah disisipkan jumlah energi tiap *node*. Ketika salah satu *node* yang berpartisipasi dalam rute teridentifikasi

memiliki nilai energi yang rendah, maka *node* tersebut akan segera mencari *node* tetangga yang memiliki nilai energi yang lebih baik sebagai pengganti menuju *node* tujuan. Perhitungan energi akan dilakukan secara terus menerus untuk mengetahui energi tiap *node*. Ketika *node* pengganti sudah di temukan dan termasuk dalam kriteria energi yang dibutuhkan maka jalur algoritma EN akan memilih dan melewati *node* tersebut. Setelah sampai pada *node* tujuan, RREP akan diteruskan melalui jalur balik yang telah dibuat dan *routing table* akan di perbarui. Ilustrasi proses *route discovery* protokol EN-AOMDV dapat dilihat pada Gambar 3.

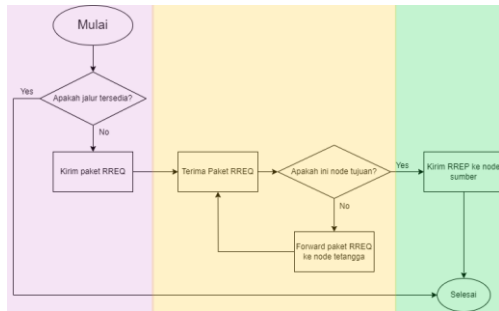


Gambar 3. Ilustrasi protokol EN-AOMDV

Pada Gambar 3 terlihat bahwa jalur yang ditandai dengan warna merah adalah jalur rute yang digunakan sebelumnya. Setelah dilakukan transmisi secara terus menerus dari waktu ke waktu, *Node E* yang ikut berpartisipasi dalam rute terdeteksi memiliki nilai energi yang rendah. Maka pada kasus seperti ini, algoritma EN akan menghindari *Node E* karna bisa mengakibatkan jalur terputus. *Node B* akan menghentikan paket ke *node E* dan segera untuk mencari *node* pengganti. Sehingga ditemukanlah *node F* dan *G* untuk dilalui oleh jaringan. Jalur yang ditandai dengan warna hijau adalah jalur yang telah diperbarui oleh protokol EN-AOMDV.

#### F. Simulasi menggunakan protokol AOMDV

Protokol *routing* AOMDV (*Ad Hoc On Demand Multipath Distance Vector*) melakukan pencarian rute atau *route discovery* berdasarkan jarak terdekat. Protokol ini akan mencari *node* dengan menggunakan nilai *hop count*. *Node* dengan nilai *hop count* yang paling baik akan dipilih dan dilalui sebagai jalur ke *node* tujuan. Protokol AOMDV tidak hanya menghasilkan satu jalur, tetapi protokol ini akan menghasilkan jalur alternatif atau jalur cadangan untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan pada rute utama. Sehingga protokol ini tidak akan mengulang pencarian rute dari awal tetapi menggunakan rute cadangan yang dimilikinya. Untuk lebih jelasnya, alur pencarian rute protokol AOMDV dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart route discovery protokol AOMDV

Pada Gambar 4 diatas warna ungu menandakan daerah *node* sumber, warna kuning menandakan daerah *intermediate node*, dan warna hijau menandakan daerah *node* tujuan. Ketika *node* sumber akan mengirimkan suatu paket ke *node* tujuan, *node* tersebut akan melihat apakah sudah ada jalur yang tersedia di *routing table*. Jika jalur tidak tersedia maka *node* sumber akan membanjiri jaringan dengan mengirimkan paket *route request* (RREQ). Setelah *node* sumber mengirimkan paket RREQ ke tetangganya, maka akan dibuat sebuah *reverse path* (jalur balik). Jika *intermediate node* atau *node* tengah memperoleh jalur balik melalui paket RREQ, maka *node* ini akan mengecek apakah dia adalah *node* tujuan atau tidak. Jika tidak, maka dia akan meneruskan paket RREQ ke tetangga berikutnya tetapi jika iya, maka *node* tersebut akan mengirimkan *route reply* (RREP) ke *node* sumber melalui *reverse path* yang telah dibuat sebelumnya.

#### G. Parameter Uji Kinerja

Pada penelitian ini, ada beberapa parameter uji yang digunakan untuk menganalisa hasil simulasi yang dilakukan yaitu:

##### 1. Throughput

*Throughput* adalah rasio kecepatan jumlah paket data yang diterima dari sumber ke tujuan dengan satuan waktu per detik. Semakin tinggi *throughput* maka semakin handal jaringan tersebut.

##### 2. PDR

*Packet Delivery Ratio* (PDR) adalah perbandingan jumlah paket yang terkirim dengan jumlah paket yang diterima. PDR yang memiliki nilai yang tinggi akan sangat baik untuk kehandalan jaringan.

##### 3. End to end Delay

*End to end delay* adalah waktu *delay* (jeda) yang dibutuhkan dalam pengiriman paket data. Semakin sibuk jaringan maka nilai *end to end delay* semakin tinggi. Ini menandakan bahwa nilai *end to end delay* yang rendah akan semakin baik untuk kehandalan jaringan.

##### 4. Residual Energy

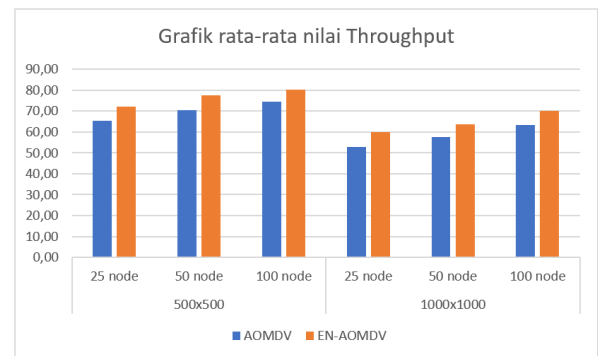
*Residual Energy* adalah jumlah energi yang tersisa setelah dikonsumsi oleh tiap *node* selama waktu simulasi dijalankan.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilakukan meliputi analisis kinerja protokol *routing* terhadap perubahan jumlah kepadatan *node* dan luas area network. Hasil percobaan yang diperoleh merupakan hasil percobaan yang dilakukan

sebanyak 3 kali pada jumlah *node* yang berbeda setiap skenario. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan akurasi data yang baik dalam membandingkan kinerja protokol *routing* AOMDV dengan protokol *routing* AOMDV yang telah dimodifikasi yaitu EN-AOMDV. Adapun parameter yang digunakan untuk menganalisis kinerja protokol *routing* adalah *throughput*, *packet delivery ratio* (PDR), *average end-to-end delay* dan *residual energy*. Berikut adalah data yang diperoleh selama simulasi terhadap protokol *routing* AOMDV dan protokol *routing* yang telah ditambahkan algoritma Energy Supported (EN-AOMDV).

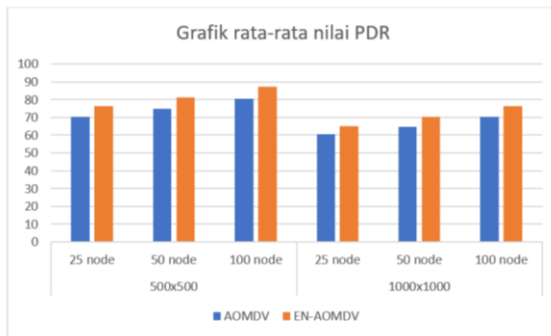
#### A. Analisis Throughput



Gambar 5. Grafik perbandingan *throughput*.

Berdasarkan ketiga percobaan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 5 yaitu perbandingan rata-rata hasil uji coba nilai *throughput* pada *node* 25, 50, dan 100 yang memperlihatkan bahwa pengiriman paket data oleh *throughput* dapat dipengaruhi oleh paket RREQ yang dikirimkan seperti jumlah *node* yang bisa menentukan kepadatan lalu lintas dan luas area jaringan yang digunakan. Peningkatan kepadatan *node* dapat meningkatkan nilai *throughput* karena jumlah rute alternatif pada protokol AOMDV akan meningkat seiring bertambahnya *node* yang digunakan untuk mengirimkan paket. Namun pada situasi jaringan dengan *node* yang terlalu padat dapat mengakibatkan penurunan nilai *throughput*. Hal ini terjadi karena adanya *overhead* yang tinggi serta interferensi dan kolisi yaitu menurunnya kualitas sinyal yang bisa mengganggu pengiriman data sehingga paket-paket data harus dikirim ulang. Pada luas area jaringan 1000 x 1000 m<sup>2</sup> dengan luas area yang lebih luas, jarak antar *node* sumber dan *node* tujuan akan cenderung lebih jauh sehingga bisa mempengaruhi nilai *throughput*. Oleh karena itu, berdasarkan grafik pada Gambar 5 terjadi kenaikan dan penurunan nilai *throughput* yang disebabkan oleh faktor kepadatan *node* dan luas area network. Sehingga jika dibandingkan nilai *throughput* pada protokol *routing* AOMDV lebih sedikit dibandingkan dengan protokol EN-AOMDV.

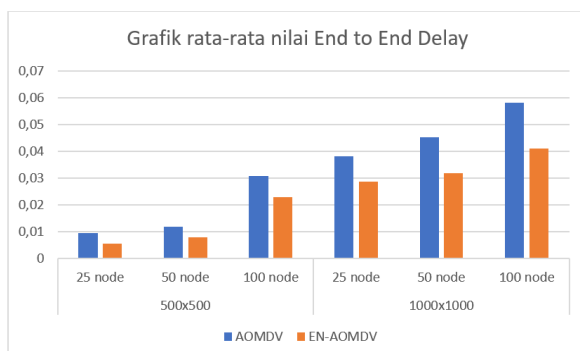
## B. Analisis Packet Delivery Ratio (PDR)



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai PDR.

Pada Gambar 6 merupakan perbandingan rata-rata nilai hasil uji coba *packet delivery ratio* pada node 25, 50, dan 100 memperlihatkan bahwa bertambahnya jumlah *node* akan mempengaruhi nilai PDR karena semakin banyak jumlah *node* maka protokol AOMDV akan semakin banyak menghasilkan jalur alternatif untuk mengirimkan paket. Namun pada kondisi jaringan yang terlalu padat dapat mengakibatkan penurunan nilai PDR. Hal ini terjadi karena adanya *overhead* serta interferensi dan kolisi yaitu menurunnya kualitas sinyal yang bisa mengganggu pengiriman data sehingga mengakibatkan paket-paket data harus dikirim ulang lagi. Bertambahnya luas area jaringan juga dapat berpengaruh pada nilai PDR karena semakin jauh jarak rute yang akan ditempuh dari *node* sumber ke *node* tujuan dan membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu, berdasarkan grafik pada Gambar 6 terjadi peningkatan dan penurunan nilai PDR yang disebabkan oleh peningkatan jumlah kepadatan *node* dan luas area network. Sehingga jika dibandingkan nilai *packet delivery ratio* pada protokol *routing* AOMDV lebih sedikit dibandingkan dengan protokol EN-AOMDV. Ini membuktikan protokol *routing* EN-AOMDV lebih baik dari segi *packet delivery ratio* jika dibandingkan dengan AOMDV.

## C. Analisis End to end delay

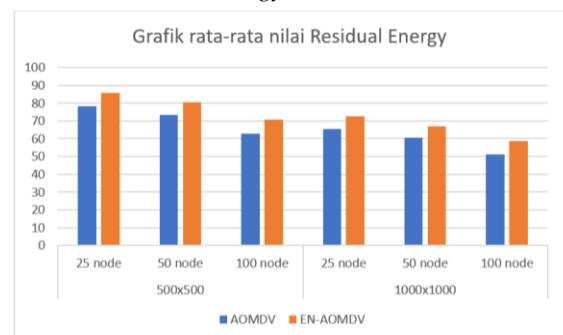


Gambar 7. Grafik perbandingan nilai end to end delay.

Pada Gambar 7 merupakan grafik perbandingan nilai parameter *end-to-end delay*, rata-rata hasil uji coba pada node 25, 50, dan 100 memperlihatkan bahwa protokol EN-AOMDV dapat mengurangi waktu *delay*

atau waktu jeda yang dibutuhkan oleh protokol AOMDV biasa. Hal ini dikarenakan algoritma EN-AOMDV yang dapat meningkatkan optimasi *routing* dengan melakukan perhitungan energi sehingga memperkecil kemungkinan rute terputus sebelum *node* sumber sampai pada *node* tujuan. Adanya penambahan jumlah *node* dan luas area jaringan yang digunakan dapat mempengaruhi nilai parameter *end-to-end delay*. Bertambahnya jumlah *node* akan memperbanyak proses komunikasi antar *node* di dalam jaringan dan bertambahnya luas area network mengakibatkan proses pencarian rute yang panjang dan membutuhkan waktu yang lama karena jarak antara *node* sumber dan *node* tujuan yang cenderung lebih jauh. Oleh karena itu, berdasarkan grafik pada Gambar 7 terjadi kenaikan nilai *end-to-end delay* seiring bertambahnya jumlah kepadatan *node* dan luas area network. Sehingga jika dibandingkan nilai *end-to-end delay* pada protokol *routing* AOMDV lebih besar dibandingkan dengan protokol EN-AOMDV. Ini membuktikan bahwa protokol *routing* EN-AOMDV lebih baik dari segi *end-to-end delay* jika dibandingkan dengan AOMDV.

## D. Analisis Residual Energy



Gambar 8. Grafik perbandingan nilai residual energy

Pada Gambar 8 merupakan grafik perbandingan nilai parameter *Residual Energy*, rata-rata hasil uji coba *residual energy* pada node 25, 50, dan 100 memperlihatkan bahwa protokol EN-AOMDV dapat mengurangi jumlah penggunaan energi yang berlebihan. Hal ini dikarenakan diterapkannya algoritma *Energy Supported* pada protokol AOMDV yang dapat mempertahankan rute dengan *node* yang memiliki jumlah energi yang stabil. Algoritma EN-AOMDV akan terus mempertahankan rute dengan menyeleksi *node-node* yang mempunyai jumlah energi yang lebih kuat dari *node* lain. Kepadatan *node* serta luas area jaringan dapat berpengaruh terhadap nilai *Residual Energy* karena semakin banyak *node* yang ada dalam satu jaringan maka akan semakin sering terjadi komunikasi antar banyak *node* yang dapat menguras energi yang dimiliki *node* tersebut. Ditambah dengan luas area jaringan yang membesar dan membutuhkan waktu yang lama sehingga mengakibatkan energi yang dihabiskan akan semakin banyak. Oleh karena itu, pada Gambar 8 terjadi penurunan nilai *residual energy* seiring dengan bertambahnya jumlah *node* dan luas area jaringan. Sehingga jika dibandingkan nilai parameter *Residual*

Energy protokol EN-AOMDV memiliki *residual energy* yang lebih banyak dibandingkan dengan protokol AOMDV biasa. Sehingga dapat membuktikan protokol *routing* EN-AOMDV lebih baik dari segi *Residual Energy* jika dibandingkan dengan AOMDV.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi metode EN (*Energy Supported*) AOMDV dalam mencari rute berdasarkan tingkat energi *node* untuk memperpanjang umur jaringan ini. Setelah melakukan simulasi dan analisa terhadap kedua protokol *routing* yaitu EN-AOMDV dan AOMDV maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji coba penelitian, penerapan algoritma EN (*Energy Supported*) mampu meningkatkan performa protokol AOMDV. Di mana setelah penerapan algoritma *Energy Supported*, rata-rata nilai *throughput* mengalami peningkatan sebesar 6,63 %, *Packet Delivery Ratio* (PDR) sebesar 7,27 %, *average end-to-end delay* menurun sebesar 0,029 % dan meningkatkan nilai *residual energy* sebesar 7,34%.
2. Adanya penambahan signifikan pada jumlah *node* dapat mempengaruhi hasil nilai *Throughput*, *Packet Delivery Ratio*, *End to End Delay* dan *Residual Energy*. Semakin banyak jumlah *node* yang ada pada suatu jaringan maka akan semakin sering dilakukannya pencarian rute yang menyebabkan jarang terjadinya *link failure* tetapi waktu *delay* yang dibutuhkan semakin banyak dan dapat menguras lebih banyak energi. Semakin rendah jumlah *node* yang ada pada suatu jaringan maka akan menyebabkan nilai *Throughput* dan PDR menurun karna sedikitnya jumlah *node* yang berpartisipasi dalam jaringan.
3. Adanya perubahan signifikan pada luas area jaringan juga dapat mempengaruhi hasil nilai *Throughput*, *Packet Delivery Ratio*, *End to End Delay* dan *Residual Energy*. Semakin luas network area yang digunakan maka nilai *Throughput*, *Packet Delivery Ratio* dan *Residual Energy* akan semakin rendah sedangkan nilai *End to End Delay* akan semakin tinggi. Hal ini terjadi karna adanya jarak yang jauh antara *node* sumber dan *node* tujuan di area yang luas. Ketika *node* sumber dan *node* tujuan saling bergerak berjauhan akan mengakibatkan seringnya terjadi jalur yang putus dan proses pencarian rute akan semakin sering dilakukan.

### B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukam, maka peneliti dapat memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini kecepatan *node* yang digunakan sama sehingga diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan kecepatan *node* yang berbeda tiap *node* nya sehingga memberikan hasil yang lebih bervariasi.

2. Melakukan penelitian selanjutnya dengan menggunakan algoritma EN-AOMDV yang dibandingkan dengan algoritma lain agar mendapat hasil yang lebih maksimal.
3. Melakukan penelitian selanjutnya dengan menggunakan algoritma EN (*Energy Supported*) pada protokol *routing* yang lain sehingga dapat ditemukannya perbedaan pada tiap protokol yang telah di terapkan.

## REFERENCES

- [1] B. Tavli and W. Heinzelman, "Mobile Ad Hoc Networks: Energy-Efficient Real-Time Data Communications," Springer: USA. 2006.
- [2] B. M. Susanto, A. Hariyanto, and Surateno, "Performance Comparison of Proactive and Reactive Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Network," J. Commun., vol. 13, no. 5, pp. 218–224, 2018, doi: 10.12720/jcm.13.5.218-224.
- [3] W. E. Henni. "Kinerja Protokol DSR Pada Jaringan Manet Dengan Metode Node Disjoint And Alternative Multipath Routing," Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Jatim Jl. Rungkut Madya, Surabaya. 2013.
- [4] V. K. Arora, V. Sharma, and M. Sachdeva, "On QoS evaluation for ZigBee incorporated Wireless Sensor Network (IEEE 802.15.4) using mobile sensor nodes," J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci., pp. 2–10, 2018, doi: 10.1016/j.jksuci.2018.10.013.
- [5] F. T. Al-Dhief, N. Sabri, M. S. Salim, S. Fouad, and S. A. Aljunid, "MANET Routing Protocols Evaluation: AODV, DSR and DSDV Perspective," MATEC Web Conf., vol. 150, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201815006024.
- [6] N. A. Faruk and N. Ida, "ANALISIS PENGARUH KINERJA ROUTING PROTOCOL AODV DAN DSDV TERHADAP KONSUMSI ENERGI NODE PADA JARINGAN MANET," Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia. 2018
- [7] S.Sridhar, R. Baskaran and P. Chadraserkar. "Energy Supported AODV (EN-AODV) for QoS Routing in MANET". Procedia-Social and Behavioral Sciences Vol. 73, 294-301. 2013.
- [8] D. Badal and R. S. Kushwah, "Nodes energy aware modified DSR protocol for energy efficiency in MANET, " Annual IEEE India Conference (INDICON), New Delhi, India, 2015, pp. 1-5, doi: 10.1109/INDICON.2015.7443740.
- [9] YuHua Yuan, HuiMin Chen and Min Jia, "An Optimized Ad-hoc On-demand Multipath Distance Vector(AOMDV) Routing Protocol," 2005 Asia-Pacific Conference on Communications, Perth, WA, 2005,pp.569-573,doi: 10.1109/APCC.2005.1554125.
- [10] R. Sahu, S. Sharma, M. A. Rizvi, "Energy Consumption Evaluation of ZBLE, AOMDV and AODV Routing Protocols in Mobile Ad-hoc Networks," *Advances in Wireless Communications*

- and Networks*. Volume 5, Issue 2, December 2019 , pp. 41-51. doi: [10.11648/j.awcn.20190502.11](https://doi.org/10.11648/j.awcn.20190502.11)
- [11] A. A. Amir, S. B. Hacene, P. Lorenz, M. Gilg, "Network Life Time maximization of the AOMDV Protocol Using Nodes Energy Variation," *International Journal Network Protocols and Algorithms*. 2018.
- [12] N. Geetha, "Performance Evaluation of Multipath Routing Protocol (AOMDV) In Mobile Ad Hoc Networks," Department of Computer Applications, PSG College of Technology, Coimbatore. 2021.
- [13] G. Rana, B. Ballav and B. K. Pattanayak, "Performance Analysis of Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Network," 2015 International Conference on Information Technology (ICIT), Bhubaneswar, India, 2015, pp. 65-70, doi: 10.1109/ICIT.2015.45.
- [14] M. Ali, M. Welzl, A. Adnan and F. Nadeem, "Using the NS-2 Network Simulator for Evaluating Network on Chips (NoC)," 2006 International Conference on Emerging Technologies, Peshawar, Pakistan, 2006, pp. 506-512, doi: 10.1109/ICET.2006.335967.
- [15] N. Alamsyah, A. H. Jatmika, and R. P. Huwae, "Analisis Perbandingan Konsumsi Energi Pada Protokol Routing PA-AOMDV dan AOMDV Standar Di Jaringan MANET," *Jtika*, vol. 5, no. 1, pp. 2021.
- [16] I Putu Gede K. Parwata, A. H. Jatmika, and A. Zubaidi, "Meningkatkan Kinerja Protokolo Routing AOMDV Dalam Memilih Node Tetangga Berdasarkan Bandwith, Round Trip Time, dan Packet Loss Ratio Untuk Menemukan Rute Terbaik," *Jcosine*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [17] B. Matur and A. Jain, "AOMDV Protocol: A Literature Review," *International Journal of New Technology and Research (IJNTR)*, ISSN: 2454-4116, Volume-4, Issue-7, July 2018 Pages 27-30
- [18] S. Puri and S. R. Devene, "Congestion Avoidance and Load Balancing in AODV-Multipath Using Queue Length," 2009 Second International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology, Nagpur, India, 2009, pp. 1138-1142, doi: 10.1109/ICETET.2009.62.
- [19] Abdur Rashid Sangi, Jianwei Liu, Zhiping Liu, "Performance Comparison of Single and Multi-Path Routing Protocol in MANET with Selfish Behaviours", *World Academy of Science, Engineering and Technology* 2010.