

Analisis Kinerja Protokol *Routing* DSR dan AOMDV pada Jaringan WPAN 802.15.4 (ZIGBEE) dengan Metode NDAMR

(Performance Analysis of DSR and AOMDV Routing Protocol on WPAN 802.15.4 Network with NDAMR method)

Muh. Arya Maula Syahid*, Andy Hidayat Jatmika, I Wayan Agus Arimbawa

Department of Informatics Engineering, University of Mataram
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA
Email: aryamsyahid@gmail.com, [andy, arimbawa]@unram.ac.id

*Penulis korespondensi

Abstract - In this research, a simulation and analysis of communication data between nodes on a housing monitoring system was conducted using WPAN ZIGBEE technology, where the node was a sensor that was installed in each house. To exchange the data, we used DSR and AOMDV protocols. NDAMR is a method to overcome the failure path that may occur in the routing and data delivery. The purpose of this study was to compare the performance of DSR and AOMDV protocols. We simulated Zigbee networks with NS-2, and evaluated their performance. The simulation results show that in the 10 to 40 node scenarios, the AOMDV protocol has a higher throughput value than the DSR protocol, with a ratio of 2.92 and 2.05 Kbps. The End-to-end delay DSR protocol was less than the AOMDV protocol with a ratio of 5.5 ms and 16.48 ms. Moreover, the value of the Packet Delivery Ratio from the AOMDV protocol was higher than the DSR protocol with a ratio of 70.79% and 13.91%.

Key words: WPAN, Zigbee, DSR, AOMDV, NDAMR

I. PENDAHULUAN

Teknologi internet dibedakan menjadi dua macam, yaitu teknologi kabel (*wire*) dan nirkabel (*wireless*). Dari kedua teknologi tersebut, teknologi nirkabel yang paling banyak digunakan karena dapat digunakan di mana saja dan kapan saja. Salah satu penerapan teknologi nirkabel yaitu *Wireless Personal Area Network* (WPAN) yang merupakan jaringan dengan luas area jangkauan yang pendek seperti cocok untuk perumahan, dan gedung-gedung di perkotaan.

Salah satu yang termasuk dalam teknologi WPAN yaitu *Zigbee* dengan standar komunikasi IEEE 802.15.4 [1]. WPAN *Zigbee* digunakan pada cakupan area jaringan yang kecil seperti perumahan, kantor, maupun kampus. Sifat dari teknologi *Zigbee* ini adalah konsumsi dayanya yang sedikit dan mudah dalam instalasinya. Selain itu, biaya yang dikeluarkan juga murah. Penggunaan Teknologi *Zigbee* yang bisa diaplikasikan yaitu sistem *monitoring* pada perumahan, di mana perangkat *Zigbee* dipasang di setiap rumah dan dihubungkan dengan sensor. Dalam instalasinya, terdapat pengatur utama yang

disebut PAN *coordinator* yang bertugas menerima seluruh data dari perangkat *Zigbee* yang terdapat di setiap rumah pada suatu perumahan. Selanjutnya untuk dapat melakukan pertukaran dan pengiriman data diperlukan proses *routing* yang menggunakan protokol *routing*.

Pada penelitian yang pernah dilakukan [2] diperoleh hasil bahwa protokol *routing* DSR lebih baik daripada protokol OLSR pada jaringan *ZigBee* dengan pergerakan *node* yang statis. Sementara itu, penelitian Izard [3] memberi hasil bahwa protokol *routing Ad-hoc On-Demand Multipath Distance Vector* (AOMDV) lebih baik daripada protokol *routing Ad-hoc On-demand Distance Vector* (AODV). Dengan demikian, menurut Oswar dkk. [2] dan Izard [3] disimpulkan bahwa bahwa protokol DSR dan AOMDV lebih baik digunakan pada jaringan *ZigBee* dibandingkan beberapa protokol pembandingan lainnya, sehingga pada penelitian ini protokol yang akan digunakan yaitu protokol *Dynamic Source Routing* (DSR) dan *Ad-hoc On-demand Multipath Distance Vector* (AOMDV).

Protokol DSR dan AOMDV dapat mengalami kegagalan jalur rute ketika mengirimkan paket data. Penyebabnya bisa karena pergerakan *node* yang saling berjauhan, maupun kerusakan *node* yang menjadi jalur utama pada saat pengiriman data. Ketika terjadi kerusakan jalur, paket data yang dikirimkan harus segera diselamatkan agar dapat sampai ke tujuan. Untuk itu diperlukan suatu metode untuk menyelamatkan datanya

Metode yang digunakan untuk mengatasi terjadinya kegagalan jalur rute adalah *Node Disjoint Alternative Multipath Routing* (NDAMR). Metode NDAMR ini akan mencari jalur alternatif selain jalur utama sebagai jalur cadangan dalam pengiriman paket data. Cara kerja dari metode ini yaitu ketika jalur utama mengalami kerusakan, maka akan dicari *node* terdekat yang tidak terdapat pada jalur utama tetapi memiliki jarak terdekat dari jalur utama, setelah itu *node* tersebut akan dijadikan jalur alternatif sehingga paket data dapat dikirimkan ke *node* tujuan tanpa harus melakukan *route discovery* kembali. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi dan analisa

kinerja dari protokol *routing* DSR dan AOMDV pada jaringan WPAN Zigbee pada studi kasus sistem monitoring perumahan serta bagaimana menyelamatkan datanya menggunakan metode NDAMR.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan salah satunya oleh Osvar, dkk. [2] melakukan simulasi dan analisis komunikasi data Topologi *Hybrid* pada WSN menggunakan protokol OLSR dan DSR menggunakan NS-2, dengan parameter uji *delay*, *throughput*, *packet loss*, dan *energy*. Hasil yang didapatkan yaitu *delay* protokol DSR lebih besar dari protokol OLSR, *throughput* protokol DSR lebih besar dari protokol OLSR, *packet loss* protokol OLSR lebih besar dari protokol DSR, dan *energy* protokol OLSR lebih besar dari protokol DSR.

Penelitian lain yang juga berhubungan [3] adalah analisis kinerja protokol AODV dan AOMDV pada jaringan *Zigbee*, dengan parameter uji *throughput*, PDR, dan *packet loss*. Hasilnya adalah protokol AOMDV lebih baik dibandingkan dengan protokol AODV dengan nilai *throughput* dan PDR protokol AOMDV yang lebih besar daripada protokol AODV serta nilai *packet loss* dan *delay* protokol AOMDV yang lebih kecil daripada protokol AODV.

Penelitian terkait lainnya [4] melakukan analisis tentang kinerja dari protokol AOMDV pada jaringan MANET dengan menggunakan NS-2. Parameter yang digunakan yaitu PDR, *Routing Overhead*, dan *end-to-end delay*. Hasilnya yaitu performa PDR menurun setiap penambahan kecepatan *node*, *Routing Overhead* meningkat berdasarkan penambahan jumlah kecepatan *node*, dan *end-to-end delay* meningkat setiap penambahan kecepatan *node*.

Penelitian lainnya yang juga berkaitan [5] melakukan simulasi dan analisis komunikasi data antar *node* pada jaringan *Zigbee* dengan studi kasus perumahan. Protokol yang digunakan yaitu AODV dengan dimensi topologi 70x70, 100x100, dan 130x130 m². Parameter yang digunakan yaitu *delay*, *packet loss*, *throughput*, dan PDR. Hasilnya adalah dengan meningkatnya *path loss* dan deviasi *shadowing*, nilai *delay* dan *packet loss* mengalami kenaikan, sedangkan *throughput* dan PDR mengalami penurunan.

Penelitian lainnya yang serupa [6] melakukan analisis tentang kinerja protokol DSR dan penyelamatan datanya menggunakan metode NDAMR. Parameter yang digunakan yaitu PDR, *Delay*, dan NRL. Hasilnya adalah kinerja penyelamatan data PDR meningkat apabila jumlah *node* ditingkatkan, nilai *end-to-end delay* mengalami peningkatan apabila jumlah *node* ditingkatkan, serta nilai NRL mengalami penurunan apabila jumlah *node* ditingkatkan.

Penelitian lainnya [7] melakukan analisis tentang pengaruh jumlah *client* dan jarak cakupan Wireless AP IEEE 802.11N terhadap kualitas jaringan menggunakan

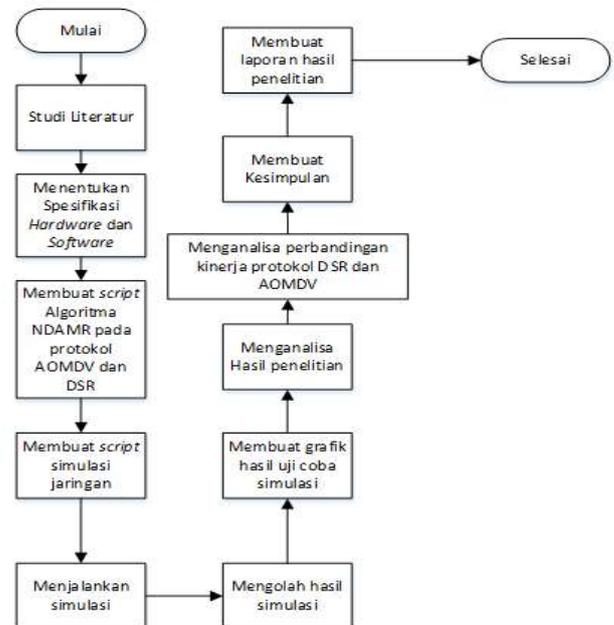
teknik UR dan WDS. Parameter uji yang digunakan adalah *Bandwidth*, *Jitter*, dan *Packet Loss*. Hasilnya adalah kualitas jaringan terbaik dihasilkan oleh jaringan UR dan kualitas jaringan terburuk dihasilkan oleh jaringan WDS.

Penelitian yang juga berkaitan [8] melakukan memodifikasi protokol MEDSR menggunakan metode *Link Expiration Time* (LET), parameter uji yang digunakan yaitu *residual energy*. Hasilnya yaitu protokol RMEDSR dapat mengoptimalkan penggunaan energi pada MANET menggunakan MEDSR dan LET.

III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian yang akan dilakukan terkait dengan kinerja protokol DSR dan AOMDV pada jaringan *ZigBee* dengan menggunakan metode NDAMR ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

a. Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan pembelajaran terhadap penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya sebagai dasar dalam melakukan penelitian yang akan dilakukan. Sumber penelitian tersebut berupa paper, skripsi, tesis, maupun buku.

b. Spesifikasi Hardware dan Software

Hardware yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. PC/Laptop Acer E5-475G-56N6 Processor Intel Core i5-7200U 2.5 GHz
2. Memory 4.00 GB

Sementara itu, *software* yang digunakan yaitu :

1. Linux Ubuntu-14.04.4 LTS 64 bit
2. NS-2.35
3. Microsoft Excel

c. *Pembuatan Script Algoritma NDAMR pada Protokol DSR dan AOMDV*

Pada tahap ini dilakukan modifikasi *script* pada protokol DSR dan AOMDV menggunakan metode NDAMR. Modifikasi ini diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja protokol DSR dan AOMDV dalam melakukan pencarian rute pada jaringan *Zigbee* menggunakan metode NDAMR.

d. *Pembuatan Script Simulasi Jaringan*

Pada tahap ini dilakukan perancangan simulasi jaringan pada jaringan *Zigbee*. Dalam melakukan simulasi jaringan, terdapat beberapa pola trafik sebagai dasar perbandingan kinerja jaringan pada kondisi tertentu. Efek yang dimaksud yaitu : *network area*, jumlah *node*, dan kecepatan *node*.

e. *Simulasi*

Pada tahap ini, *script* yang telah dibuat dijalankan menggunakan *Network-Simulator 2*, yaitu dengan menjalankan *file* TCL yang berisikan *script* simulasi yang dibuat.

f. *Pengolahan Hasil Simulasi*

Pada tahap ini didapatkan hasil simulasi jaringan menggunakan NS-2 dan menghasilkan *file trace* (.tr). Setelah itu, dilakukan filtering terhadap *file trace* menggunakan bahasa pemrograman AWK. Hasil *filtering* dari *file trace* adalah berupa parameter uji.

g. *Pembuatan Grafik Hasil Uji Coba Simulasi*

Pada tahap ini, nilai-nilai yang didapatkan setelah diolah ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memudahkan analisa. Grafik hasil uji coba simulasi dibuat menggunakan Microsoft Excel, di mana datanya diperoleh dari proses filtering dari *file trace* yang berisi parameter uji.

h. *Analisa Hasil Penelitian*

Pada tahap ini, nilai-nilai pada grafik yang telah didokumentasikan dianalisis untuk mengetahui bagaimana pengaruh metode NDAMR yang diharapkan dapat mengatasi masalah kegagalan rute pada protokol DSR dan AOMDV dalam jaringan *Zigbee*. Dari hasil simulasi yang kemudian dituangkan dalam bentuk grafik, dianalisis beberapa parameter uji yaitu *Throughput*, *Packet Loss*, dan *Delay*.

i. *Analisa Perbandingan Kinerja Protokol DSR dan AOMDV*

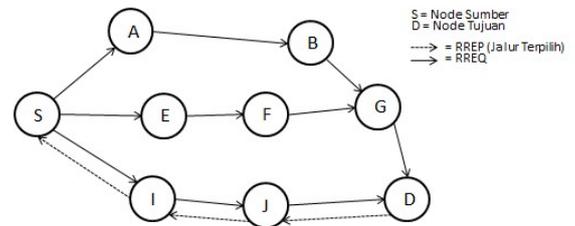
Setelah nilai dari *Throughput*, *Packet Loss*, dan *Delay* diperoleh, maka dilakukan analisa protokol *routing* mana yang lebih baik diterapkan pada penelitian yang dilakukan. Nilai *throughput*, *packet loss*, dan *delay* dari protokol *routing* DSR dan AOMDV dibuat dalam bentuk grafik dan dibandingkan.

j. *Penarikan Kesimpulan*

Kesimpulan dari penelitian ini diambil dengan melihat hasil kinerja protokol *routing* DSR dan AOMDV pada jaringan *Zigbee* menggunakan metode NDAMR.

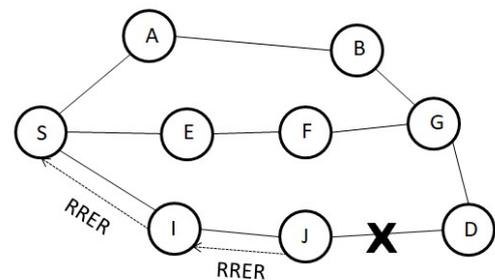
B. *Protokol Routing DSR*

Pada saat *node* sumber ingin mengirimkan paket data ke *node* tujuan, dilakukan *Route Discovery* dengan mem-*broadcast* paket RREQ dan *Intermediate Node* akan menerima paket RREQ tersebut. Setelah *Intermediate Node* menerima paket RREQ, dilakukan pengecekan apakah ada rute menuju *node* tujuan, jika ada maka akan dikirimkan RREP yang berisikan semua alamat ke *node* sumber, kemudian setelah *node* sumber menerima RREP maka paket data akan dikirimkan dan proses selesai. Jika *Intermediate Node* tidak memiliki rute ke *node* tujuan, maka dilakukan *broadcast* ulang RREQ setelah ditambahkan alamat ke dalam rute sumber, kemudian dilakukan pengecekan apakah jalur ke *node* tujuan ditemukan. Jika ditemukan, maka tabel *routing* akan di-*update*; jika tidak ditemukan, maka akan kembali ke *Intermediate Node* untuk dilakukan pengecekan apakah ada rute lainnya atau tidak seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses *Route Discovery* Protokol DSR[9]

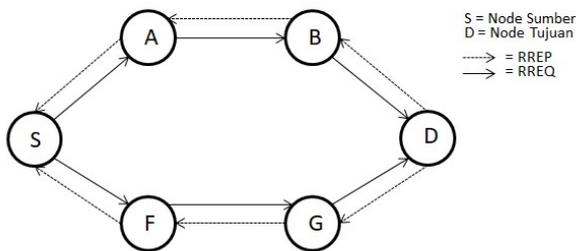
Proses *Route Maintenance* merupakan proses ketika terjadi kegagalan rute yang disebabkan oleh beberapa hal seperti adanya *node* yang menjauh atau *node* yang mengalami gangguan. Jika terjadi kegagalan rute, maka paket RRER akan dikirimkan ke *node* sumber. Jika paket RRER telah diterima oleh *node* sumber maka *hop* ke *node* yang mengalami kegagalan jalur rute akan dihapuskan/dihilangkan. Kemudian akan dilakukan pengecekan apakah terdapat jalur lainnya yang tersimpan pada *cache*. Jika ada, maka paket data dapat dikirimkan; jika tidak, maka akan dilakukan *Route Discovery* untuk mencari jalur rute yang baru dan proses selesai seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses *Route Maintenance* Protokol DSR [9]

C. Protokol Routing AOMDV

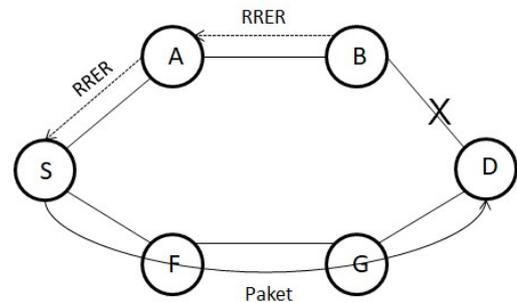
Route Discovery protokol AOMDV dimulai dengan *node* sumber yang membutuhkan sebuah jalur rute ke *node* tujuan. Kemudian jika jalur tersedia maka paket data akan dikirim. Sebaliknya jika tidak ada, maka langsung ke proses selanjutnya yaitu memulai pencarian jalur rute/Route Discovery. Setelah pencarian jalur rute dilakukan, maka paket Route Request (RREQ) di-broadcast, kemudian Intermediate Node menerima paket RREQ tersebut. Setelah Intermediate Node menerimanya, RREQ kemudian membuat reverse entry agar mendapatkan jalur secara multipath. Jika jalur rute ke *node* tujuan tersedia, maka dihasilkan Route Reply (RREP) yang berisikan *tabu list* atau *list* yang berisi jalur dari *node* sumber ke *node* tujuan, kemudian RREP dikirim kembali ke *node* sumber. Setelah itu, RREP diterima oleh *node* sumber dan dilakukan forward entry. Jika *node* sumber menerima RREP, maka paket data dapat dikirim. Jika *node* sumber tidak menerima RREP, maka broadcast kembali RREP. Kemudian jika tidak ada jalur rute ke *node* tujuan, maka ID jalur ditambahkan ke *tabu list*, kemudian RREQ di-broadcast kembali. Jika *node* tujuan ditemukan, maka tabel routing diupdate. Jika *node* tujuan tidak ditemukan, maka intermediate node akan kembali menerima RREQ seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Route Discovery Protokol AOMDV [10]

Route maintenance dilakukan pada protokol routing AOMDV, ketika terjadi kegagalan jalur rute saat dilakukan pencarian jalur. Jika terjadi kegagalan rute, maka akan dicari rute lainnya. Jika ada rute lainnya, maka paket data akan dikirim. Jika tidak ada, maka akan dihasilkan repair packet. Kemudian repair packet akan di-broadcast. Setelah itu, Intermediate Node akan menerima repair packet tersebut. Jika Time-to-live (TTL) dicapai, maka paket akan di-drop. Jika tidak, maka akan dicek apakah repair packet sudah diterima oleh Intermediate Node. Jika diterima, maka paket akan di-drop. Jika tidak, maka akan dicek apakah ID node tersedia di dalam Tabu list. Jika tersedia, maka paket akan di-drop. Jika tidak, maka akan dicek apakah jalur ke *node* tujuan tersedia. Jika jalur ke *node* tujuan tersedia, maka dihasilkan RREP yang berisikan Tabu list, kemudian RREP akan dikirim ke pembuat repair packet. RREP akan diterima dan dilakukan forward entry. Jika *node* pembuat menerima RREP maka paket data akan dikirim. Jika tidak, maka RREP akan dikirim kembali ke *node* pembuat repair packet sedangkan jika jalur ke *node* tujuan tidak tersedia, maka ID *node* akan ditambahkan ke

Tabu list. Kemudian repair packet akan di-broadcast. Jika *node* tujuan ditemukan, maka akan dihasilkan RREP berisikan Tabu list. Jika tidak, maka Intermediate Node kembali lagi akan menerima repair packet seperti pada Gambar 5.

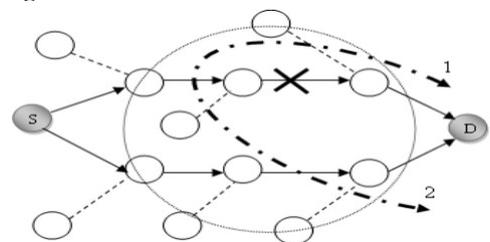


Gambar 5. Proses RouteMaintenance Protokol AOMDV [10]

D. Node Disjoint and Alternative Multipath Routing

Metode Node Disjoint and Alternative Multipath Routing merupakan metode yang menggunakan rute cadangan selain jalur utama dengan memanfaatkan *node* disjoint, yaitu *node* yang berada selain pada jalur utama tetapi memiliki jarak yang dekat dengan jalur utama. Dengan memanfaatkan *node* disjoint, bandwidth yang digunakan lebih efektif karena tidak dilakukan route discovery kembali, paket yang dikirimkan juga dapat diselamatkan hingga mencapai tujuan [11].

Metode ini dapat digunakan ketika ada jalur yang rusak pada jaringan. *Node* yang tidak memiliki intermediate node yang berada di sekitar *node* pada jalur utama akan digunakan sebagai *node* cadangan dengan syarat jarak dari *node* cadangan tersebut dekat dengan jalur utama. Hanya satu *node* cadangan yang digunakan dan diletakkan di samping *node* pada jalur utama. Ketika jalur rute cadangan sudah didapatkan, paket data dapat dikirimkan melalui jalur cadangan tersebut. Pada penelitian yang akan dilakukan, akan dianalisis pengaruh metode NDAMR dalam mengatasi terjadinya kegagalan jalur rute pada protokol routing DSR dan AOMDV di Jaringan ZigBee.



Gambar 6. Cara Kerja Metode NDAMR

E. Modifikasi DSR dan AOMDV Menggunakan NDAMR

Ketika terjadi kegagalan rute pada protokol routing DSR, maka paket Route Error (RRER) akan dikirim ke *node* sumber. Apabila paket RRER telah diterima hop ke

node yang terputus/menjauh akan dihilangkan. Setelah proses ini dilakukan, di sinilah metode dari NDAMR dilakukan untuk mencari jalur alternatif lainnya selain jalur utama agar penyelamatan paket data dapat dilakukan. Kemudian jika jalur alternatif ditemukan, maka paket data dapat dikirimkan. Jika jalur alternatif tidak ditemukan, maka akan dilakukan *route discovery* ulang. Proses selesai.

Modifikasi protokol *routing* AOMDV dan penggunaan metode NDAMR dilakukan ketika terjadi kegagalan jalur rute saat dilakukan pencarian jalur. Jika terjadi kegagalan rute maka akan dicari rute lainnya. Jika ada rute lainnya maka paket data akan dikirim. Jika tidak ada, maka akan dilakukan *repair packet*. Kemudian *repair packet* akan di-broadcast. Setelah itu, *Intermediate Node* akan menerima *repair packet* tersebut. Jika *Time-to-live* (TTL) dicapai, maka paket akan di-drop. Jika tidak, maka akan diperiksa apakah *repair packet* sudah diterima oleh *Intermediate Node*. Jika diterima, maka paket akan di-drop. Jika tidak, maka akan diperiksa apakah ID *node* tersedia di dalam *Tabu list*. Jika tersedia, maka paket akan di-drop. Jika tidak, maka akan dilakukan proses Metode NDAMR untuk mencari apakah terdapat jalur alternatif atau tidak. Jika jalur alternatif tersedia, maka dihasilkan RREP yang berisikan *Tabu list*. kemudian RREP akan dikirim ke pembuat *repair packet*. RREP akan diterima dan dilakukan *forward entry*. Jika *node* pembuat menerima RREP maka paket data akan dikirim. Jika tidak, maka RREP akan dikirim kembali ke *node* pembuat *repair packet*. Sementara itu, jika jalur alternatif tidak tersedia, maka ID *node* akan ditambahkan ke *Tabu list*, kemudian *repair packet* akan di-broadcast. Jika *node* tujuan ditemukan, maka akan dihasilkan RREP berisikan *Tabu list*. Jika tidak, maka *Intermediate Node* kembali lagi menerima *repair packet*. Proses selesai.

F. Lingkungan Parameter Simulasi

Pada penelitian ini, simulasi dilakukan menggunakan *software* NS-2.35, dengan protokol *routing* DSR dan AOMDV pada area dengan ukuran 100 x 100 m². *Link layer* yang digunakan adalah berdasarkan pada standar IEEE 802.15.4. Jumlah paket maksimal yang dikirimkan yaitu 50 paket. Simulasi dalam penelitian ini akan dilakukan selama selang waktu 180s. Kapasitas *node* yang digunakan sebanyak 10 *node*, 20 *node*, 30 *node*, dan 40 *node*. Sumber trafik yang digunakan yaitu CBR. Model propagasi yang digunakan, *Shadowing*, yaitu model propagasi yang disebabkan oleh bangunan perumahan, gedung-gedung, atau pohon.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi NDAMR pada Protokol DSR dan AOMDV

Pada metode NDAMR, pertama kali dilakukan permintaan jalur rute dengan mengumpulkan informasi dari rute. *Node* sumber pada jalur utama melakukan *broadcast*, pada *intermediate node* dilakukan pengecekan apabila paket RREQ sudah pernah diterima dan jalurnya

jauh, maka paket RREQ akan dijatuhkan, kemudian ada jalur yang lebih pendek ke *node* sumber, maka *hop* paket RREQ tersebut dihitung dan disimpan didalam akumulasi paket RREQ ke Alamat *node* tujuan. *Node* tujuan menerima beberapa paket RREQ dengan akumulasi jalur yang berbeda, setelah itu paket RREQ dibandingkan dan disimpan pada *routing table*. Paket RREQ kemudian di-broadcast sampai menemukan *node* terpendek dalam cakupan sinyal yang sama dan disimpan menjadi jalur cadangan.

TABEL I. PARAMETER SIMULASI

Parameter	Keterangan
Protokol	DSR dan AOMDV
Network Simulator	NS-2.35
Network Area	100 x 100 m ²
Waktu Simulasi	180 s
Jumlah Node	10, 20, 30, 40 <i>node</i>
Maksimal Paket	50 paket
MAC Layer	IEEE 802.15.4
Sumber Trafik	CBR
Model Propagasi	Shadowing

```

If (Paket RREQ sudah pernah diterima)
    And (jalur lebih jauh) then
        Drop paket RREQ;
Else if (jalur lebih dekat) then
    Hop terpendek := hitung hop RREQ;
    Hop sebelumnya ke sumber := Hop sebelumnya
yang mengirim paket RREQ;
    Simpan daftar akumulasi paket RREQ ke
(alamat node tujuan);
    Hitung hop paket RREQ += 1 ;
    Broadcast kembali paket RREQ;
Else drop paket RREQ;
Endif
    
```

B. Hasil Uji Coba dan Analisis

B.1. Average Throughput dengan Metode NDAMR

TABEL II. TABEL PERBANDINGAN THROUGHPUT NDAMR-AOMDV DAN NDAMR-DSR PADA JARINGAN ZIGBEE

Jumlah <i>node</i>	NDAMR-AOMDV (Kbps)	NDAMR-DSR (Kbps)
10	3,03	2,37
20	2,97	2,37
30	2,91	2,31
40	2,87	2,19
Rata-rata	2,94	2,31

TABEL II merupakan perbandingan hasil *throughput* dari protokol *routing* NDAMR-AOMDV dan NDAMR-DSR pada jaringan *Zigbee* pada skenario 10 sampai 40 *node*. Hasilnya pada skenario 10 *node*, nilai *throughput* NDAMR-AOMDV yaitu 3.03 Kbps dan nilai

NDAMR-DSR yaitu 2.37 Kbps. Pada skenario 20 *node*, nilai *throughput* NDAMR-AOMDV yaitu 2.97 Kbps dan nilai NDAMR-DSR yaitu 2.37 Kbps. Pada skenario 30 *node*, nilai *throughput* NDAMR-AOMDV yaitu 2.91 Kbps dan nilai NDAMR-DSR yaitu 2.31 Kbps, Sementara itu, pada skenario 40 *node*, nilai *throughput* NDAMR-AOMDV 2.87 Kbps, nilai NDAMR-DSR 2.19 Kbps, nilai *throughput* rata-rata NDAMR-AOMDV 2.94 Kbps, dan nilai NDAMR-DSR 2.31 Kbps.

B.2. End-to-End Delay dengan Metode NDAMR

TABEL III. TABEL PERBANDINGAN END-TO-END DELAY PROTOKOL NDAMR-AOMDV DAN NDAMR-DSR PADA JARINGAN ZIGBEE

Jumlah <i>node</i>	NDAMR-AOMDV (ms)	NDAMR-DSR (ms)
10	6,19	5,66
20	17,08	5,89
30	17,74	5,6
40	22,53	5,69
Rata-rata	15,88	5,71

TABEL III merupakan perbandingan hasil *delay* dari protokol *routing* NDAMR-AOMDV dan NDAMR-DSR pada jaringan *Zigbee* pada skenario 10 sampai 40 *node*. Hasilnya, pada skenario 10 *node*, nilai *delay* NDAMR-AOMDV yaitu 6.19 ms dan nilai NDAMR-DSR yaitu 5.66 ms. Pada skenario 20 *node*, nilai *delay* NDAMR-AOMDV yaitu 17.08 ms dan nilai NDAMR-DSR yaitu 5.89 ms. Pada skenario 30 *node*, nilai *delay* NDAMR-AOMDV yaitu 17.74 ms dan nilai NDAMR-DSR yaitu 5.6 ms. Pada skenario 40 *node*, nilai *delay* NDAMR-AOMDV 23.53 ms dan nilai NDAMR-DSR 5.69 ms, nilai *delay* rata-rata NDAMR-AOMDV 15.88 ms dan nilai NDAMR-DSR 5.71 ms.

B.3. PDR dengan Metode NDAMR

TABEL IV. TABEL PERBANDINGAN PDR PROTOKOL NDAMR-AOMDV DAN NDAMR-DSR PADA JARINGAN ZIGBEE

Jumlah <i>node</i>	NDAMR-AOMDV (%)	NDAMR-DSR (%)
10	37,33	13,79
20	87,89	14,49
30	87,25	13,98
40	85,71	14,38
Rata-rata	74,54	14,16

TABEL IV merupakan hasil perbandingan PDR pada skenario 10 sampai 40 *node* protokol *routing* AOMDV dan DSR pada jaringan *Zigbee* dengan menggunakan metode NDAMR. Hasilnya pada skenario 10 *node*, nilai PDR NDAMR-AOMDV yaitu 37.33 % dan nilai NDAMR-DSR yaitu 13.79 %. Pada skenario 20 *node*, nilai PDR NDAMR-AOMDV yaitu 87.89 % dan nilai NDAMR-DSR yaitu 14.49 %. Pada skenario 30

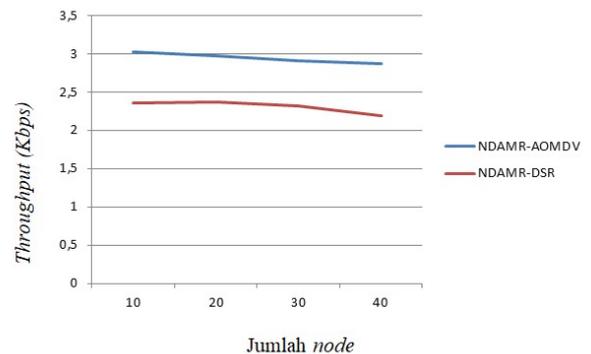
node, nilai PDR NDAMR-AOMDV yaitu 87.25 % dan nilai NDAMR-DSR yaitu 13.98 %. Pada skenario 40 *node*, nilai PDR NDAMR-AOMDV yaitu 85.71 % dan nilai NDAMR-DSR yaitu 14.38 %, nilai PDR rata-rata NDAMR-AOMDV yaitu 74.54 %, dan nilai NDAMR-DSR yaitu 14.16 %.

B.4. Analisis Kualitas Jaringan

Pada penelitian ini, pada skenario jaringan dibuat beberapa *node* selain *node* pada jalur utama sebagai jalur cadangan ketika terjadinya gangguan pada jaringan pada pengiriman paket data. Selanjutnya dilakukan simulasi gangguan pada jalur rute untuk dapat mengetahui bagaimana kinerja protokol AOMDV dan DSR dengan metode NDAMR pada skenario jaringan yang dibuat.

• Analisis *Average Throughput*

Average Throughput merupakan kecepatan rata-rata yang diterima oleh suatu *node* pada jaringan dalam selang waktu tertentu, yang juga merupakan jumlah rata-rata pengiriman paket setiap detiknya. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi *throughput* yaitu perangkat jaringan yang digunakan, topologi yang digunakan, tipe paket data yang ditransfer, maupun banyak *node* pada jaringan.



Gambar 7. Grafik Perbandingan *Throughput* Protokol NDAMR-AOMDV dan NDAMR-DSR pada Jaringan *Zigbee* pada Skenario 10 sampai 40 *Node*

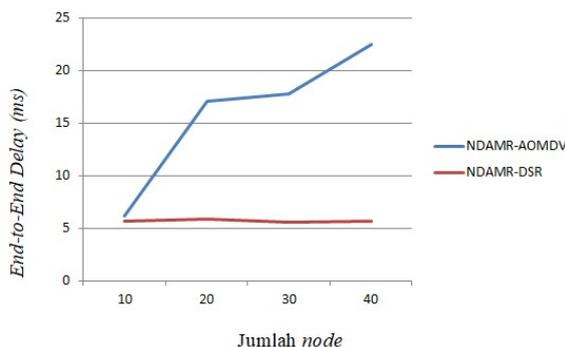
Gambar 7 merupakan grafik perbandingan nilai *throughput* protokol NDAMR-AOMDV dan NDAMR-DSR pada jaringan *Zigbee* pada skenario 10 sampai 40 *node*. Hasilnya yaitu nilai *throughput* protokol NDAMR-AOMDV lebih besar daripada protokol NDAMR-DSR. Hal ini disebabkan karena jika metode NDAMR diterapkan pada kerangka protokol AOMDV dan DSR, metode NDAMR akan menemukan dua jalur ketika dilakukan *Route Discovery* yaitu jalur utama dan jalur alternatif, jalur alternatif yang dibuat dengan memanfaatkan *node disjoint*. Hasil *throughput* dari protokol NDAMR-AOMDV bisa lebih besar karena memiliki lebih dari satu jalur utama dan jalur alternatif yang disimpan pada *routing table* sehingga apabila terjadi kerusakan jalur, paket data dapat diselamatkan melalui jalur alternatif dan apabila jalur alternatif mengalami kerusakan maka paket data masih dapat diselamatkan melalui cadangan yang disimpan pada *routing table* yang memiliki jalur primer dan jalur alternatif dari protokol

NDAMR-AOMDV. Oleh sebab itu, *throughput* dari protokol NDAMR-AOMDV lebih tinggi dari protokol NDAMR-DSR. Sementara itu, protokol NDAMR-DSR hanya memiliki satu jalur utama dan jalur alternatif saja, ketika terjadi kerusakan jalur pada jalur utama dan alternatif, maka akan dilakukan *route discovery* ulang sehingga nilai *throughput*-nya lebih rendah daripada protokol NDAMR-AOMDV.

Pada grafik juga ditunjukkan nilai *throughput* semakin berkurang apabila jumlah *node* ditambah. Hal ini karena apabila jumlah *node* pada jaringan semakin banyak, maka pengiriman pakatnya menjadi lebih lama sampai ke *Node* tujuan.

- Analisis *End-to-End Delay*

End-to-End Delay merupakan waktu keterlambatan pengiriman paket data yang dikirimkan dari satu *node* ke *node* lainnya dari *node* sumber ke *node* tujuan atau. Beberapa yang dapat mempengaruhi *delay* pada jaringan yaitu jarak antar *node*, semakin dekat jarak antar *node* maka semakin sedikit nilai *end-to-end delay* pada saat pengiriman paket. Tentunya ketika nilai *end-to-end delay* semakin kecil maka paket data yang dikirimkan semakin cepat sampai ke *node* tujuan, dan juga waktu dari protokol *routing* dalam menemukan jalur rute juga berpengaruh pada nilai *delay* pada jaringan. \



Gambar 8. Grafik Perbandingan *End-to-End Delay* Protokol NDAMR-AOMDV dan NDAMR-DSR pada Jaringan *Zigbee* pada Skenario 10 sampai 40 *Node*

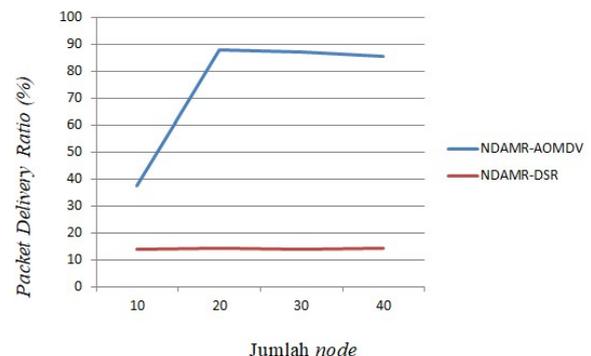
Gambar 8 merupakan grafik nilai *delay* protokol NDAMR-AOMDV dan NDAMR-DSR pada jaringan *Zigbee* pada skenario 10 sampai 40 *node*. Hasilnya yaitu nilai *delay* protokol NDAMR-DSR lebih kecil daripada protokol NDAMR-AOMDV. Hal ini disebabkan karena pada metode NDAMR yang diterapkan pada kedua protokol, metode NDAMR akan menemukan dua jalur yaitu jalur primer dan jalur alternatif ketika melakukan *Route Discovery* dengan memanfaatkan *node disjoint*. Hasil nilai *delay* protokol NDAMR-DSR bisa lebih rendah dikarenakan protokol DSR standar hanya mencari jalur dengan jumlah *hop* yang lebih pendek daripada protokol AOMDV standar, dengan ditambahkannya metode NDAMR maka jumlah jalur alternatif yang ditemukan sesuai dengan jumlah rute utama protokol DSR dan AOMDV. Apabila jarak *node* semakin jauh maka nilai

delay akan semakin tinggi, protokol NDAMR-DSR mampu mendapatkan jalur utama dan jalur alternatif dengan jarak yang pendek sehingga paket dapat dikirimkan melalui jalur alternatif tersebut jika terjadi kerusakan pada jalur utama. Sementara itu, pada protokol NDAMR-AOMDV, jalur yang dimiliki lebih banyak namun dengan jarak yang tidak begitu dekat daripada protokol NDAMR-DSR, sehingga pengiriman paket menjadi lebih terlambat dan dapat menyebabkan nilai *delay* menjadi lebih tinggi.

Pada grafik juga ditunjukkan nilai *delay* dari protokol NDAMR-AOMDV semakin meningkat apabila jumlah *node* diperbanyak, karena apabila *node* semakin padat/banyak, maka pencarian jalur menjadi lebih lama dan juga pengiriman pakatnya menjadi lebih lama dari *node* sumber ke *node* tujuan. Di sisi lain, nilai *delay* dari protokol NDAMR-DSR bergerak secara konstan karena pencarian jalurnya hanya mencari jalur dengan jumlah *hop*.

- Analisis PDR

Packet Delivery Ratio merupakan perbandingan jumlah paket yang diterima oleh *node* tujuan dengan total paket yang dikirimkan pada waktu tertentu. PDR akan menentukan seberapa baik pengiriman paket yang dikirimkan pada jaringan, semakin tinggi nilai PDR maka semakin baik pengiriman paket pada jaringan.



Gambar 9. Grafik Perbandingan *Packet Delivery Ratio* Protokol NDAMR-AOMDV dan NDAMR-DSR pada Jaringan *Zigbee* pada Skenario 10 sampai 40 *node*

Gambar 9 merupakan grafik nilai PDR protokol NDAMR-AOMDV dan NDAMR-DSR pada jaringan *Zigbee* pada skenario 10 sampai 40 *node*. Hasilnya yaitu nilai PDR protokol NDAMR-AOMDV lebih besar daripada protokol NDAMR-DSR. Hal ini disebabkan karena metode NDAMR yang diterapkan pada kerangka protokol AOMDV dan DSR, akan menemukan dua jalur ketika dilakukan *Route Discovery* yaitu jalur utama dan jalur alternatif, jalur alternatif yang dibuat dengan memanfaatkan *node disjoint*. Pada protokol NDAMR-AOMDV, jalur primer dan jalur alternatif yang dimiliki adalah lebih dari satu jalur dikarenakan bersifat *multipath*, sedangkan protokol NDAMR-DSR hanya memiliki satu jalur primer dan satu jalur alternatif, inilah yang menyebabkan nilai PDR dari protokol NDAMR-AOMDV lebih tinggi daripada protokol NDAMR-DSR,

karena apabila terjadi kerusakan pada jalur primer protokol NDAMR-AOMDV, paket data akan dikirimkan melalui jalur alternatif, dan apabila terjadi kerusakan pada jalur alternatif, maka paket data akan dikirimkan melalui jalur cadangan yang disimpan dalam *routing table* yang memiliki jalur primer dan jalur alternatif. Sedangkan apabila terjadi kerusakan pada jalur primer protokol NDAMR-DSR, paket data akan dikirimkan melalui jalur alternatif, dan apabila terjadi kerusakan pada jalur alternatif, maka akan dilakukan *route discovery* ulang. Nilai PDR juga berhubungan dengan nilai *throughput*, jika nilai *throughput* tinggi, maka nilai PDR juga tinggi.

Grafik pada Gambar 9 menunjukkan nilai PDR pada skenario 10 *node* menggunakan protokol NDAMR-AOMDV memiliki nilai yang kecil, dikarenakan apabila terjadi kerusakan jalur pada skenario 10 *node*, jalur alternatif yang didapatkan tidak banyak sehingga penyelamatan datanya juga kecil, sedangkan pada skenario 20 sampai 40 *node* dengan protokol NDAMR-AOMDV menunjukkan penyelamatan PDR lebih dari 50 % dikarenakan jalur primer dan alternatif yang didapatkan lebih dari satu karena bersifat *multipath*. Dengan demikian, penyelamatan datanya bisa langsung dilakukan. Sementara itu, protokol NDAMR-DSR menunjukkan nilai penyelamatan PDR yang kecil yaitu dibawah 50 % di skenario 10 sampai 40 *node* dikarenakan protokol NDAMR-DSR hanya memiliki satu jalur primer dan alternatif sehingga paket datanya hanya bisa dikirimkan melalui dua jalur saja.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin besar jumlah *node* pada jaringan *ZigBee*, *throughput* protokol NDAMR-AOMDV lebih besar daripada protokol NDAMR-DSR pada setiap skenario *node* yang diujikan yaitu 10 sampai 40 *node*, yang berarti bahwa keberhasilan penerimaan paket dari protokol NDAMR-AOMDV lebih tinggi daripada protokol NDAMR-DSR.
2. Semakin besar jumlah *node* pada jaringan *ZigBee*, *End-to-end Delay* protokol NDAMR-DSR lebih rendah daripada protokol NDAMR-AOMDV pada setiap skenario *node* yang diujikan yaitu 10 sampai 40 *node*, yang berarti bahwa pada pengiriman paketnya, protokol NDAMR-DSR memiliki waktu tunda yang lebih baik daripada protokol NDAMR-AOMDV.
3. Semakin besar jumlah *node* pada jaringan *ZigBee*, PDR protokol NDAMR-AOMDV lebih tinggi daripada protokol NDAMR-DSR pada setiap skenario *node* yang diujikan yaitu 10 sampai 40 *node*, yang berarti bahwa penyelamatan paket data ketika terjadinya kerusakan jalur dari protokol

NDAMR-AOMDV lebih baik daripada protokol NDAMR-DSR.

4. Dari ketiga parameter uji *throughput*, *delay*, dan *packet delivery ratio* menggunakan protokol *routing* NDAMR-DSR dan NDAMR-AOMDV, protokol NDAMR-AOMDV lebih unggul yaitu dengan *throughput* dan PDR yang lebih tinggi daripada protokol NDAMR-DSR pada jaringan *Zigbee*.

B. Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperbaiki kekurangan dan kelemahan yang terdapat pada penelitian ini dengan beberapa saran yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian menggunakan jumlah *node* yang lebih banyak.
2. Pengujian dengan menggunakan perangkat yang sebenarnya.
3. Pengujian dengan menggunakan protokol *routing* yang belum pernah digunakan.
4. Pengujian dengan menggunakan sumber trafik lainnya seperti FTP.
5. Pengujian dengan menggunakan model propagasi lainnya seperti *Two Ray Ground*, dan *Free Space*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Tomar and Global Technology Centre, "Introduction to Zigbee Technology," vol. 1, no. July, pp. 1–24, 2011.
- [2] Z. L. Oswar, R. Munadi, and T. Adiprabowo, "Analisis Simulasi Topologi Hybrid pada Wireless Sensor Network Menggunakan Protokol Routing Optimized Link State Routing Dan Dynamic Source Routing," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 4477–4488, 2016.
- [3] O. Miralbell i Izard, "Gestió d'oficines de turisme," p. 163, 2007.
- [4] M. N. Ns-, B. Bahteradi, and R. Anggoro, "Studi Kinerja Multipath AODV dengan," vol. 5, no. 2, 2016.
- [5] K. Agnawatri and A. A. Zahra, "Menggunakan Network Simulator 2."
- [6] H. E. Wahanani, J. T. Informatika, F. T. Industri, N. Disjoint, and N. D. Path, "Kinerja Protokol Dsr Pada Jaringan Manet Dengan Metode Node Disjoint and Alternative Multipath," no. September, pp. 33–41, 2013.
- [7] I. Hafazah, I. W. A. Arimbawa, and A. H. Jatmika, "Analisis Pengaruh Jumlah Client dan Jarak Cakupan Wireless AP IEEE 802.11n Terhadap Kualitas Jaringan WLAN Menggunakan Teknik UR Dan WDS," *J. Comput. Sci. Informatics Eng.*, vol. 2, no. 1, Sep. 2018.
- [8] A. H. Jatmika, S. Djanali, and M. Husni, "Optimasi Routing pada Jaringan MANET," pp. 1–7, 2011.
- [9] P. Kumar and T. Gupta, "Implementation of Dynamic Source Routing," Indian Institute of Technology Delhi, 2015.
- [10] Jieying Zhou, H. Xu, Z. Qin, Y. Peng, and C. Lei, "Ad Hoc On-Demand Multipath Distance Vector Routing Protocol Based on Node State," *Commun. Netw.*, vol. 5, no. 3C, pp. 408–413, 2013.
- [11] F. C. Jiang, C. H. Lin, D. C. Huang, and C. T. Yang, "Dual paths node-disjoint routing for data salvation in mobile ad hoc," *J. Supercomput.*, vol. 59, no. 1, pp. 268–296, 2012