

MODIFIKASI PROTOKOL AODV-BR MENGGUNAKAN LINK EXPIRATION TIME (LET) UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS LINK DI LINGKUNGAN MOBILE Ad-Hoc NETWORK (MANET)

Rachmat¹⁾, Supeno Djanali²⁾, dan Radityo Anggoro³⁾

^{1, 2, 3)}Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Gedung Teknik Informatika, Jl. Teknik Kimia – Surabaya, Indonesia

e-mail: rachmat.box@gmail.com¹⁾, supeno@its.ac.id²⁾, onggo@if.its.ac.id³⁾

ABSTRAK

Protokol Ad-Hoc On-demand Distance Vector (AODV) merupakan salah satu protokol yang cukup matang pada jaringan mobile Ad-Hoc. Namun protokol AODV tradisional dalam beberapa hal tampaknya kurang memuaskan khususnya pada stabilitas pengiriman data. Pengembangan terus dilakukan, salah satunya AODV-Backup Routing yang kemudian dikenal dengan AODV-BR, hadir untuk mengatasi masalah stabilitas pengiriman data dengan menyediakan rute cadangan, namun demikian AODV-BR masih menggunakan routing tradisional yang rentan terhadap pemutusan jalur karena pembentukan rute didasarkan pada perhitungan minimal hop. Penelitian ini mengusulkan modifikasi AODV-BR dengan reliabilitas berupa kemampuan membangun rute utama dan cadangan dengan nilai stabilitas tertinggi yang kemudian disebut AODV-Stable Backup Routing (AODV-SBR). Berbekal algoritma Link Expiration Time (LET) dengan teknik perhitungan pergerakan node, maka AODV-SBR mampu menghitung nilai minimal dan maksimal keterhubungan node-node dalam sebuah rute sebagai acuan utama dalam membangun rute pengiriman data yang lebih stabil. Hasil uji kedua protokol dari sisi Packet Delivery Ratio (PDR), Throughput, End-to-En Delay dan Routing Overhead secara keseluruhan memperlihatkan kinerja AODV-SBR lebih baik dibandingkan AODV-BR.

Kata Kunci: AODV-BR, Link ExpirationTime, AODV-SBR

ABSTRACT

AODV protocol is a protocol that is fairly mature in mobile Ad-Hoc network. But the traditional AODV protocol in some ways it seems less satisfying, especially on the stability of data transmission. Development continues, one of which AODV-Backup Routing which became known AODV-BR, were present to address the stability issues of data delivery by providing a backup route, however, AODV-BR still use traditional routing paths that are vulnerable to termination due to the formation of these calculations are based on minimum hop. This study proposes a modified AODV-BR with reliability be the ability to build main route and to choose the route up to the value of the highest stability was then called AODV-Stable bacupk Routing (AODV-SBR). Armed algorithms Link Expiration Time with node movement calculation technique, so the AODV-SBR is able to calculate the value of the minimum and maximum connectivity nodes in a route as the main reference in establishing a delivery route data more stable. The results test of the both protocols in Packet Delivery Ratio (PDR), Throughput, End-to-En Delay and Routing Overhead shows that performance of AODV-SBR better than AODV-BR.

Keywords: AODV-BR, Link Expiration Time AODV-SBR

I. PENDAHULUAN

PENGGUNAAN komunikasi *wireless* terus berkembang dan termasuk salah satu teknologi yang mendapat perhatian sangat besar dari para peneliti dibidang telekomunikasi dan informasi, diaranya adalah *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET). MANET merupakan sekumpulan beberapa wireless mobile yang salaing terhubung antara satu dengan yang lainnya tanpa memerlukan infrastruktur jaringan yang tetap atau permanen, serta tidak membutuhkan administrasi secara terpusat. Setiap node pada manet dapat berperan tidak hanya sebagai client, namun juga dapat berperan sebagai router yang bebas bergerak dari satu tempat ketempat yang lain tanpa adanya koordinasi dengan node yang lain [1]. Awalnya MANET diperuntukkan dalam membantu aktifitas militer di medan tempur. Namun dengan seiring perkembangannya MANET juga digunakan pada operasi penanganan bencana alam dan berbagai layanan darurat lainnya, hingga pada penggunaan dalam membantu aktivitas sehari-hari baik di kantor maupun rumah pribadi.

Tantangan utama pada MANET diantaranya adalah keterbatasan power dan mobilitas yang dimiliki setiap node [2] dengan demikian dibutuhkan sebuah mekanisme routing yang dapat bekerja dan menjamin sampainya paket data ketujuan dengan cepat dan tepat. Tujuan utama *routing protocol* tradisional adalah menemukan sebuah jalur dari sumber ke tujuan, sementara pada MANET mobilitas secara acak dari *node* yang ada dapat dengan mudah

menyebabkan rusaknya *jalur* yang telah terbentuk dikarenakan *node* bergerak keluar dari jangkauan sinyal transmisi yang menyebabkan link antar *node* terputus. Mengacu pada *routing protocol* tradisional yang hanya menggunakan satu jalur, maka babak baru pencarian rute karena rusaknya *link* akan memberikan *delay* dan *overhead* serta konsumsi daya yang lebih banyak [3]. Dengan demikian maka menentukan sebuah mekanisme ruting yang dapat menjamin stabilitas rute pengiriman paket data dari sumber ke tujuan merupakan salah satu yang terpenting.

Sampai saat ini menurut [4], ada tiga model *routing protocol* yang bekerja pada MANET, di antaranya yaitu model *proactive*, *reactive*, dan *hybrid*. *Proactive routing* merupakan *protocol routing* yang terus melakukan evaluasi rute ke semua *node* dalam jangkauannya untuk mempertahankan konsistensi informasi ruting yang *up-to-date*. *Reactive routing* merupakan *protocol routing* yang hanya akan melakukan pencarian jalur untuk pengiriman data apabila diperlukan. Sedangkan *hybrid routing protocol* merupakan gabungan antara dua sifat yang ada pada *routing protocol* sebelumnya untuk mengatasi kekurangan-kekurangan yang dimiliki.

Menurut [5] AODV merupakan salah satu *reactive routing protocol* yang banyak digunakan dan dikembangkan, sehingga peningkatan dan perbaikan kinerja pada protokol ini terus dilakukan dengan berbagai macam studi. Satu di antaranya adalah yang dilakukan oleh Sung-Ju Lee dan Mario Gerla yang kemudian disebut *AODV-Backup Routing (AODV-BR)* [6]. Penelitian tersebut diusulkan untuk meningkatkan *reliability* berupa stabilitas pengiriman data dengan menyediakan jalur alternatif bila terjadi kerusakan jalur utama pada AODV tradisional saat proses pengiriman data sedang berlangsung.

Hasil pengujian AODV-BR menunjukkan kinerja yang baik, yaitu berupa peningkatan *packet delivery ratio* (PDR) jika dibandingkan dengan AODV tradisional. Namun demikian AODV-BR masih menyisakan bagian yang menurut peneliti perlu ditambahkan untuk meningkatkan kemampuannya terkait pemilihan jalur yang paling stabil. Bagian tersebut terkait dengan routing pada AODV-BR yang masih menggunakan mekanisme routing tradisional yang hanya menitik beratkan pencarian rute berdasarkan minimal hop, sehingga apabila *node* yang terpilih sebagai jalur utama justru memiliki pergerakan menjauh antar satu *node* dan *node* lainnya dalam jalur tersebut maka dapat dipastikan pada selang waktu tertentu jalur akan kembali terputus dikarenakan karakteristik *node* pada MANET yang senantiasa bergerak secara acak.

Penelitian lain, yang juga terkait pada bidang teknologi tanpa kabel [7] bertujuan untuk melakukan prediksi pergerakan pada jaringan *wireless*, yang selanjutnya disebut *Link Expiration Time (LET)*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rute yang terpilih menggunakan nilai LET tertinggi memiliki waktu terhubung paling lama, serta mengindikasikan bahwa *mobility prediction* yang diterapkan meningkatkan banyaknya paket data yang terkirim ke tujuan.

Berdasarkan analisa yang dilakukan pada penelitian yang telah disebutkan pada paragraf di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan studi peningkatan kemampuan AODV tradisional saat diterapkan pada lingkungan MANET, berupa modifikasi AODV-BR dengan menambahkan mekanisme *Link Expiration Time* sebagai acuan utama untuk mengetahui jalur dengan stabilitas tertinggi, yang kemudian disebut sebagai *AODV-Stable Backup Routing (AODV-SBR)*. AODV-SBR akan melakukan pemilihan rute cadangan yang telah terbentuk dengan melakukan menghitung lama keterhubungan antar satu *node* dan *node* lainnya menggunakan perhitungan LET berdasarkan parameter pergerakan sebuah objek yaitu posisi awal, arah pergerakan dan kecepatan pergerakan *node* pada MANET, dengan mengetahui batas waktu keterhubungan antara satu *node* dan lainnya yang membentuk rute, maka nilai stabilitas setiap rute yang terbentuk juga dapat diketahui. AODV-SBR selanjutnya akan memilih rute dengan nilai stabilitas tertinggi.

Modifikasi AODV-BR menjadi AODV-SBR berupa penggabungan kedua mekanisme yang telah disampaikan pada paragraf sebelumnya diharap dapat saling melengkapi guna meningkatkan kemampuan *routing protocol* AODV menjadi lebih handal, khususnya pada penghematan power dan stabilitas *packet delivery ratio* (PDR) saat diterapkan pada lingkungan MANET. Selain itu penelitian ini juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu acuan guna desain *routing protocol* MANET yang lebih baik.

II. PROTOKOL ROUTING PADA MANET

Protokol routing yang bekerja pada MANET memiliki dua model, yaitu *routing reactive* dan *routing proactive*. *Routing reactive* merupakan mekanisme routing yang bekerja dengan cara membentuk tabel routing jika ada permintaan pengiriman data atau terjadinya perubahan link dalam jaringan. Contoh protokol routing reactive adalah *Ad hoc On demand Distance Vector (AODV)*, *Dinamic Source Routing (DSR)*, dan *Temporary Order Routing Algorithm (TORA)*. Sedangkan *routing proactive* adalah metode routing yang bekerja dengan cara membentuk tabel routing dan melakukan update routing setiap saat dalam periode tertentu. Sebagai contoh adalah *Optimized Link State Routing (OLSR)*, *Source Tree Adaptive Routing (STAR)* dan *Wireless Routing Protocol (WRP)*.

A. Ad-Hoc On-demand Distance Vector (AODV)

Ad-Hoc On-demand Distance Vector (AODV) [5] merupakan protokol yang paling banyak digunakan dan dikembangkan, berbagai macam *problem* terus menerus diperbaiki pada protokol ini, *routing protocol* AODV merupakan salah satu protokol routing yang masuk dalam kategori reaktif, artinya protokol ini hanya akan di *setup* ketika ada permintaan untuk mengirim data. Algoritma AODV berjalan secara dinamis, *self-starting*, dan *routing multihop*. Pada AODV terdapat tiga buah pesan utama yang digunakan untuk proses pembentukan jalur routing dan pemeliharaan jalur routing yaitu: *route request* (RREQ), *route replay* (RREP) dan *route error* (RERR) [6].

1. Pembentukan Rute pada AODV

Proses pembentukan rute (*route*) pada protokol routing AODV yaitu dengan menggunakan dua pesan berupa penggunaan *route request* (RREQ) dan *route reply* (RREP) [5]. Ketika node sumber menginginkan suatu rute menuju node tujuan tetapi belum mempunyai rute yang benar, maka node sumber akan melakukan proses *route discovery* untuk menemukan rute ke node tujuan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Node sumber akan melakukan broadcast paket RREQ menuju node tetangganya. RREQ paket berisi *source address*, *destination address*, *hopcounter*, *source and destination sequence number*, serta *broadcast ID*. Nilai *broadcast ID* akan bertambah satu setiap suatu *source node* mengirimkan RREQ yang baru dan digunakan sebagai identifikasi sebuah paket RREQ.
- b. Jika *node* yang menerima RREQ memiliki informasi rute menuju *node* tujuan, maka *node* tersebut akan mengirim paket RREP kembali menuju *node* sumber. Tetapi jika tidak memiliki informasi rute, maka *node* tersebut akan melakukan *broadcast* ulang RREQ ke *node* tetangganya setelah menambahkan nilai *hop counter*.
- c. *Node* yang menerima RREQ dengan nilai *source address* dan *broadcast ID* yang sama dengan RREQ yang diterima sebelumnya akan membuang RREQ tersebut. *Source sequence number* digunakan oleh suatu *node* untuk memelihara informasi yang valid mengenai *reverse path* (jalur balik) menuju ke *node sumber*. Pada saat RREQ mengalir menuju *node* tujuan yang diinginkan, dia akan menciptakan *reverse path* menuju ke *node*, setiap *node* akan membaca RREQ dan mengidentifikasi alamat dari *node* tetangga yang mengirim RREQ tersebut.
- d. Ketika *node* tujuan atau *node* yang memiliki informasi rute menuju *destination* menerima RREQ maka *node* tersebut akan membandingkan nilai *destination sequence number* yang dia miliki dengan nilai *destination sequence number* yang ada di RREQ.
- e. *Route Replay* (RREP) akan dikirim menuju *source node* apabila nilai *destination sequence number* yang ada di *node* lebih besar atau sama dengan nilai yang ada di RREQ, namun jika nilai *destination sequence number* pada RREQ lebih besar maka akan di lakukan *broadcast* kembali ke *node* tetangganya.
- f. *Intermediate node* yang menerima RREP akan melakukan *update* informasi *time out* (masa aktif rute) jalur yang telah diciptakan. Informasi rute sumber ke *destination* akan dihapus apabila waktu *time out*-nya habis.

2. Pemeliharaan Rute AODV

Setiap *node* pada *Ad-Hoc On-demand Distance Routing* (AODV) bertanggung jawab untuk memelihara informasi rute yang telah disimpan di dalam *routing* tabel-nya. Pada saat pengiriman data apabila terjadi perubahan topologi yang mengakibatkan suatu *node* tidak dapat dituju dengan menggunakan informasi rute yang ada pada tabel routing, maka suatu *node* akan mengirim pesan *route error* (RERR) ke *node* tetangganya dan *node* tetangganya akan mengirim kembali RERR yang sama ke *node* tetangga yang lain, dan begitu seterusnya hingga menuju *node* sumber. Setiap *node* yang memperoleh RERR ini akan menghapus informasi yang mengalami *error* di dalam tabel routing-nya. Kemudian *node* sumber akan melakukan *route discovery process* kembali apabila rute tersebut masih diperlukan.

B. AODV-Backup Routing (AODV-BR)

Berbagai macam penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan kinerja, maupun perbaikan terhadap kekurangan-kekurangan yang ada pada AODV tradisional. Diantara beberapa penelitian yang dilakukan, salah satunya adalah AODV-Backup Routing yang kemudian disebut AODV-BR [6]. AODV-BR dihadirkan untuk menutupi kekurangan yang terdapat pada AODV tradisional, di antara kekurangan tersebut adalah:

- a. Tidak adanya rute cadangan atau rute alternatif yang dapat dipergunakan seketika itu juga apabila terjadi kerusakan pada rute utama, sehingga menyebabkan pembentukan rute baru oleh *node* sumber harus dilakukan.

- b. Data akan di-drop karena tidak adanya rute alternatif yang dapat dilalui sampai adanya rute baru yang terbentuk kembali.

Kejadian seperti yang telah disebutkan diatas akan menjadi masalah cukup besar, terutama jika pengiriman data mengharuskan *real time delivery*, seperti pada *voice* dan *video streaming*.

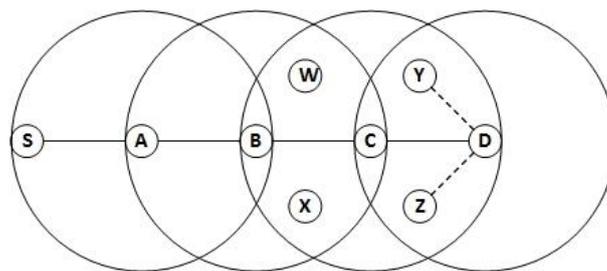
C. Pembentukan Backup Node pada AODV-BR

Karena merupakan pengembangan dari AODV, AODV-BR juga masih menggunakan mekanisme pencarian rute yang sama dengan mekanisme pencarian rute yang ada pada AODV, yaitu pencarian rute berdasar minimal hop. Saat sebuah paket data akan dikirim ke tujuan tertentu, maka *node* sumber akan melakukan pemeriksaan pada tabel routing yang dimilikinya. Bila rute yang dimaksud tidak ditemukan maka babak baru pencarian rute akan dilakukan untuk menemukan sebuah rute terbaik yang akan dilalui paket dari sumber ke tujuan. Perbedaan yang ada pada kedua protokol tersebut terletak pada kemampuan AODV-BR yaitu mampu menyediakan node backup yang dapat digunakan untuk menggantikan atau menghubungkan dua buah node pada jalur utama yang tidak lagi terkoneksi antara satu dengan yang lainnya dikarenakan mobilitas node keluar dari jangkauan node lainnya yang berada pada jalur pengiriman data.

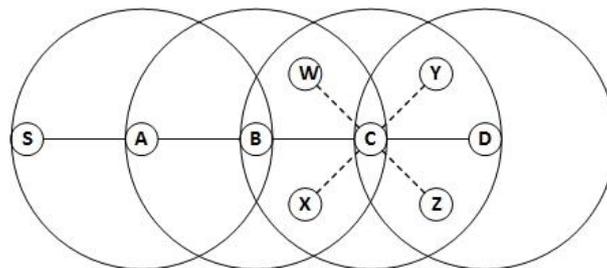
Agar node mampu melakukan backup maka sebelum *Route Request* (RREQ) dilakukan ada sebuah kondisi yang harus dimodifikasi, yaitu kondisi dimana *node* dapat melakukan backup RREP dengan cara *hearing* saat proses RREQ terjadi. *Hearing* pada *node* merupakan kemampuan *node* untuk menangkap informasi pesan pada trafik pengiriman data yang terjadi dalam cakupan area propagasinya (*promiscuous mode*), dalam hal ini menangkap informasi Route Replay (RREP) sebagai backup. Node-node tetangga yang menangkap informasi RREP secara otomatis akan berfungsi sebagai node backup pada jalur utama, node tetangga dalam hal ini adalah node W, X, Y dan nod Z sedangkan node pada jalur utama adalah nod A, B, dan nod C. Keterangan di atas dapat diperjelas dengan Gambar 1, dan Gambar 2.

D. Penggunaan Backup Node pada AODV-BR

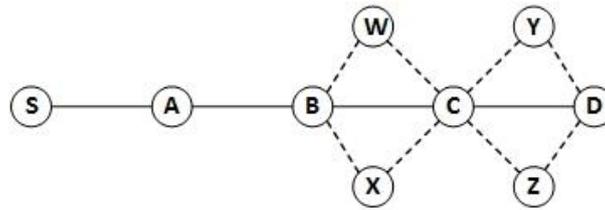
Sesuai contoh, dapat diilustrasikan nod A, B, dan C mula-mula berada dalam satu rute dari node S (source) sumber sampai pada node D (destination) atau tujuan. Node W, Y, X, dan node Z merupakan node backup. Beberapa saat kemudian node B mendeteksi terputusnya link menuju node C yang ditandai dengan gagalnya paket dari node B ke node C. Kegagalan terjadi dikarenakan node B bergerak menjauh hingga keluar dari jangkauan node C. Setelah mengetahui link terputus, maka node B melakukan broadcast 1 lompatan ke node yang berada dalam jangkauannya. Seperti pada gambar di atas, broadcast dapat diterima oleh node A dan node W. Node A akan melakukan drop paket karena telah menerima paket sebelumnya guna menghindari terjadinya duplikasi dengan cara memeriksa header paket. Sedangkan node W akan menerima paket dan langsung mengirimkannya secara unicast ke node C. node W dapat langsung mengirim paket ke node C karena node W sebelumnya telah melakukan backup RREP pada node B dan C yang membentuk jalur utama.



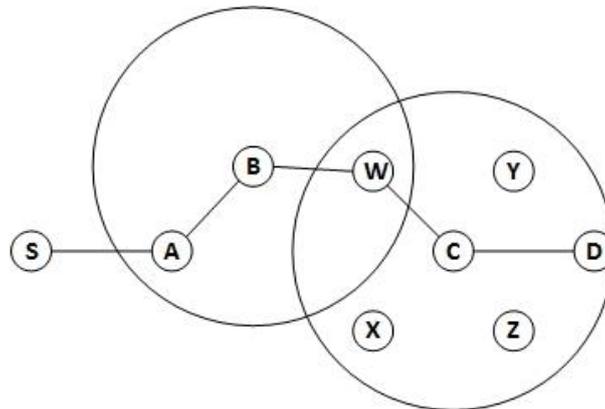
Gambar 1. Node Y dan Z melakukan Backup RREP nod D



Gambar 2. Node Y, Z, W dan Z melakukan Backup RREP nod C



Gambar 3. Node B saling terkoneksi dengan nod C



Gambar 4. Node W menjadi penghubung antara node B dan nod C

Jalur utama kembali dapat dilalui oleh paket data dengan komposisi node dari sumber (S) ke tujuan (D) adalah node A, B, W, dan node C. Ilustrasi di atas dapat dijelaskan dengan Gambar 3, dan Gambar 4.

III. ALGORITMA LINK EXPIRATION TIME (LET)

Ada bermacam-macam teknik yang digunakan untuk menentukan atau memprediksi posisi pergerakan *node* pada jaringan *Ad-Hoc* [8], di antaranya adalah *Physical Topology Based Mobility Prediction Methods* yang mendasarkan prediksinya pada pemanfaatan karakteristik dari topologi fisik MANET, dan oleh karena itu diperlukan *Global Positioning System* (GPS) untuk mendapatkan informasi pergerakan dan lokasi *node* yang sebenarnya. *Mobility Prediction in Wireless Networks* [7] adalah salah satu penelitian pada kelas *Physical Topology based Mobility Prediction* dengan memanfaatkan *link expiration time*, algoritma yang digunakan untuk memprediksi waktu antara dua *node* tetap terhubung dikarenakan adanya perubahan topologi pada jaringan tanpa kabel. LET dihitung berdasarkan kecepatan dan arah pergerakan *node* yang diperoleh dari perangkat GPS. Meskipun perangkat GPS belum sepenuhnya merupakan komponen standar pada perangkat *mobile wireless*. Berdasarkan data GPS terhadap posisi *mobile node* yang sudah diketahui maka waktu berakhirnya sebuah *link* dapat diprediksi.

Sebagai contoh apa bila ada dua *node* i dan j berada dalam satu *range transmisi* r , maka nilai LET antara *node* i dan j dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

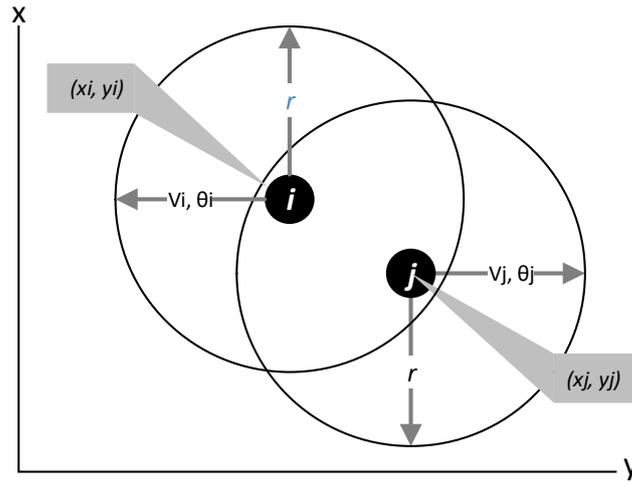
$$LET_{ij} = \frac{-(ab + cd) + \sqrt{(a^2 + c^2)r^2 - (ab - bc)^2}}{a^2 + c^2} \quad (1)$$

Dimana LET_{ij} adalah LET di antara *node* i dan j , a adalah kecepatan relatif *node* i dan j pada arah *horizontal*, b adalah jarak antara *node* i dan *node* j pada arah *horizontal*, c merupakan kecepatan relatif *node* i dan *node* j pada arah *vertical*, sedangkan d adalah jarak antara *node* i dan *node* j pada arah *vertical*, dan r adalah radius transmisi. Maka untuk menghitung a , b , c , dan d digunakan beberapa persamaan yang saling terhubung dari (2) sampai pada (5).

$$a = v_i \cos \theta_i - v_j \cos \theta_j \quad (2)$$

$$b = x_i - x_j \quad (3)$$

$$c = v_i \sin \theta_i - v_j \sin \theta_j \quad (4)$$



Gambar 5. Ilustrasi posisi *node* berdasarkan (1) sampai (6).

$$d = y_i - y_j \tag{5}$$

v_i adalah kecepatan node i , v_j adalah kecepatan node j , θ_i adalah sudut arah pergerakan node i dan θ_j adalah sudut arah pergerakan *node* j ($0 \leq \theta_i, \theta_j \leq 2\pi$), (x_i, y_i) adalah posisi *node* i , (x_j, y_j) merupakan posisi *node* j . Ilustrasi dari persamaan (1) sampai (5) dapat dilihat pada Gambar 5. Arah pergerakan *node* dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\tan \theta = \frac{y' - y}{x' - x} \tag{6}$$

Tahapan-tahapan berikut ini merupakan alur penentuan rute yang paling stabil oleh AOMDV-SBR. Jangka waktu maksimum sebuah rute dapat terhubung dapat ditentukan dengan menggunakan (7). Nilai PET tersebut diperoleh dari nilai minimum tertinggi beberapa LET yang membentuk sebuah jalur.

$$PET = \text{Min}_{n=1}^k (LET_n) \tag{7}$$

Dimana:

k = jumlah *link* pada suatu rute.

n = adalah nomor urut *link*.

Apabila beberapa rute yang terbentuk selama *route discovery* telah mencapai *node* tujuan, maka *node* tujuan akan melakukan RREP berdasarkan pada nilai PET terbesar. Proses pemilihan tersebut dapat dilakukan dengan (8):

$$\text{Max } PET = \text{Max}_{h=1}^m (PET_h) \tag{8}$$

Dimana:

h = nomor urut *path* (rute)

m = jumlah *path* yang terbentuk

Pada pemakaian algoritma ini apabila ada beberapa rute yang sampai pada *destination node* selama proses *route request*, maka *destination node* akan memilih rute yang memiliki *Path Expiration Time* paling besar walaupun ada rute lain yang memiliki jumlah hop lebih kecil.

IV PENELITIAN TERKAIT

Beberapa penelitian lain yang juga menunjukkan peningkatan kinerja protokol baik dari sisi PDR maupun throughput berkat penggunaan algoritma LET dalam memilih jalur paling stabil adalah [9] dan [10]. Nurfiana, menerapkan algoritma LET pada Ad-hoc On-demand Multipath Distance Vector (AOMDV) guna mendahulukan penggunaan satu dari beberapa jalur yang terbentuk berdasarkan urutan nilai *Path Expiration Time* (PET) tertinggi, atau dalam kata lain jalur dengan waktu konektivitas terlama. Node sumber akan melakukan perbandingan pada setiap jalur yang terbentuk dari setiap RREP yang datang guna mencari jalur dengan nilai PET tertinggi. Bila

diketahui jalur yang baru memiliki nilai PET lebih tinggi maka jalur utama akan langsung digantikan dengan jalur yang baru tersebut, demikian seterusnya.

Sedangkan Wien, memanfaatkan algoritma LET untuk mengoptimasi pemilihan node *broadcast forwarding* pada protokol AODV_EXT di lingkungan MANET guna meminimalisasi proses transmisi paket RREQ yang berulang. Kejadian berupa transmisi packet secara berulang dapat berdampak pada *congestion dan packet collision* atau biasa disebut *broadcast storm*. Dengan demikian maka LET pada AODV_EXT tidak difungsikan secara langsung untuk memilih ataupun membangun jalur utama, namun LET pada AODV_EXT digunakan hanya untuk memilih jalur node *broadcast forwarder* yang paling stabil guna mengurangi *broadcas storm*.

Perbedaan AODV-SBR dengan dua penelitian sebelumnya meliputi dua hal. Pertama, pemilihan jalur utama dengan nilai stabilitas tertinggi dilakukan oleh node tujuan AODV-SBR. Dengan demikian maka AODV-SBR hanya akan melakukan satu RREP dalam setiap kali proses RREQ tidak seperti yang terjadi pada AOMDV dimana RREP akan terus dilakukan. Yang kedua adalah pemanfaatan node-node terdekat sebagai node backup yang berfungsi sebagai penyambung konektifitas antara dua node utama yang sempat terputus karena bergerak saling jauh. Selain itu node backup juga dapat berfungsi sebagai node pengganti apabila ada node pada jalur utama yang tiba-tiba mengalami drop.

IV. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk dapat meningkatkan kinerja *protocol routing* AODV-BR dengan menentukan jalur data yang dipilih adalah jalur yang memiliki keterhubungan antar *node* paling lama dari sumber ke tujuan. Lingkungan uji coba meliputi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan implementasi dan pengujian hasil modifikasi protokol routing AODV-BR menjadi AODV-SBR. Agar percobaan dapat dilakaukan dengan baik, maka lingkungan uji coba disesuaikan dengan kebutuhan routing protokol AODV. Pengujian dilakukan dengan menggunakan software (perangkat lunak) simulator yang telah banyak digunakan oleh para peneliti, yaitu *Network Simulator* atau NS-2 versi 2.35. dan *Vmware Workstation 12 Pro*. Sedangkan hardware (perangkat keras) yang digunakan adalah komputer berjenis *laptop* (komputer jinjing). Adapun detail spesifikasi perangkat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1:

- Processor Intel Core i5-4200U CPU 1.60 – 2.30GHz
- Memory 4.00 GB
- Sistem Operasi Ubuntu 14.04, 64 bit
- *Network Simulator* (NS-2) Versi 2.35
- *Script Analisis* AWK
- *Grahp Analisis* Ms.Office Excel 2016

Terdapat dua kelompok skenario utama yang masing-masing terdiri dari beberapa sub skenario yang keseluruhannya menjadi sepuluh skenario pengujian. Kelompok skenario pertama akan berfokus pada pengaruh jumlah node, sedangkan kelompok skenario kedua berfokus pada pengaruh kecepatan mobilitas node. Sebagai upaya untuk membuat lingkungan pengujian mendekati kondisi nyata, maka simulasi dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama dan diterapkan pada are cukup luas. Lama waktu pengujian dalam simulasi ini adalah 300 detik, sedangkan area yang digunakan dalam simulasi ini adalah 1000 x 1000 m². Penentuan luas area yang cukup luas dengan bentuk persegi empat diperuntukan agar nantinya dapat mengakomodir pergerakan node yang senantiasa acak, diikuti dengan penambahan jumlah node sampai pada batas jumlah tertentu sesuai dengan yang telah direncanakan.

Model propagasi radio yang digunakan adalah *Two Ray Ground*. Selain karena mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya yang menguji AODV, model ini juga mempertimbangkan dua aspek. Aspek pertama yaitu lintasan lurus antara *transmitter* node dengan *receiver* node dan pantulan permukaan bumi. Lintasan antara transmitter node dengan receiver node diasumsikan memenuhi kondisi line of sight, yang artinya tidak ada penghalang diantara node tujuan dengan node sumber. Model *Two Ray Ground* menggunakan rumus redaman daya sinyal sebagai $1/d^2$ dimana d adalah jarak antara node pengirim dengan node penerima. Sehingga sesuai untuk simulasi yang memerlukan jangkauan transmitter yang jauh. Pada penelitian ini jangkauan transmisi adalah 250 meter.

TABEL 1
PARAMETER SIMULASI

Parameter	Keterangan
Protokol	AODV-BR, AODV-SBR
Area	100 m x 100m
Waktu simulasi	300 s
Jumlah Node	50, 70, 100, 120, 150 node
Kecepatan Node	0-1m/s, 1-10m/s, dan 1-20m/s
Pause Times	0s
Pergerakan Node	Random Waypoint
Maksimum Koneksi	10 node
Channel	Wireless
Propagation	Two Ray Ground
Jangkauan Transmisi	250 m
MAC layer	IEEE 802.11
Antena	Omni Antena
Pola Traffik	Constant Bit Rate (CBR)
Tipe Transport	UDP
Ukuran Paket	512 Bytes

TABEL 2
MODIFIKASI PADA AODV ROUTE REQUEST (RREQ) MESSAGE

Hop Count	Broadcast ID	Destination IP Address	Destination Squence Number	Source IP Address	Source Squence Number	X Position	Y Position	Speed	Moving Direction	Path Expiration Time
-----------	--------------	------------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	------------	------------	-------	------------------	----------------------

Model komunikasi antara node menggunakan *Constant Bit Rate (CBR)*. CBR merupakan aplikasi yang berjalan di atas transport UDP. Prosesnya adalah node sumber akan mengirimkan trafik CBR dalam paket-paket data sebesar 512 bytes selama simulasi berlangsung. CBR diketahui sangat baik untuk melakukan uji stressing terhadap kemampuan *routing protocol* ketika melakukan proses *route discovery* dan *route maintenance*.

Pergerakan node pada setiap simulasi menggunakan model pergerakan *Random Way Point*. *Random Way Point* merupakan model sintetik yang biasa digunakan untuk mobilitas, misalnya pada jaring *Ad-Hoc*. Setiap node yang menggunakan model pergerakan ini akan bergerak secara zigzag dari satu titik ke arah titik yang lain atau *waypoint* secara merata pada area jaringan yang telah ditentukan luasnya [11]. Node dengan pergerakan random waypoint ini akan memiliki kecepatan yang berbeda-beda ketika melakukan mobilitas dari satu titik ke titik yang lain, kecepatan minimum dan maksimum pergerakan sebuah node ditentukan saat melakukan proses generate mobilitas. Agar algoritma *Link Expiration Time* dapat bekerja pada protokol routing, maka perlu pula modifikasi terhadap *RREQ message*. Saat suatu *source node* mengirimkan *RREQ*, maka *RREQ packet* tersebut harus dapat menyimpan informasi lokasi, kecepatan serta arah pergerakan *node* [12]. Sehingga *node* berikutnya (*next hop*) dapat memperkirakan lamanya waktu koneksi atau LET dari *node* tersebut terhadap *source node*. Jika node B merupakan *next hop* dari node A, maka *node A* akan menambahkan informasi lokasi, kecepatan serta arah pergerakannya pada paket *RREQ* sehingga *node B* dapat menghitung nilai LET antara *node A* dan *node B*.

Pada saat *RREQ* telah mencapai *destination node*, maka paket tersebut juga diharapkan dapat membawa nilai PET dari rute yang telah dilaluinya. Sehingga untuk kemudian *destination node* dapat memilih harga PET terbesar dari beberapa *RREQ* yang sampai kepadanya. Untuk itu perlu ditambahkan informasi nilai PET pada *RREQ message*. Penghitungan nilai PET dapat dijelaskan dengan metode sebagai berikut: saat suatu *source node S* mengirimkan *RREQ* ke *node* berikutnya A, maka setelah sampai di *node A* nilai PET disamakan dengan nilai LETSA dan nilai PET tersebut disimpan pada *RREQ message*. Apabila berlanjut sampai ke *node B* maka nilai PET yang dibawa oleh *RREQ* akan dibandingkan dengan harga LETAB. Apabila LETAB lebih kecil dari PET, maka nilai PET akan diganti dengan nilai LETAB. Apabila tidak, maka nilai PET tetap. Proses perbandingan nilai ini akan terus berlanjut dari *intermediate node* ke *intermediate node* berikutnya hingga *RREQ* mencapai *destination node* dengan membawa nilai PET atau minimum LET dari rute yang dilaluinya. Metode ini sama dengan algoritma untuk mencari nilai minimum pada suatu deretan angka. Modifikasi terhadap *RREQ message* dapat dilihat pada Tabel 2. Informasi yang perlu ditambahkan ditunjukkan oleh kotak dengan *background* warna gelap. Untuk mengetahui kinerja dari ketiga protokol routing tersebut, maka ditentukan beberapa parameter yang digunakan untuk evaluasi pada penelitian ini yaitu:

Setiap hasil uji coba simulasi yang didapatkan akan dianalisa dengan menggunakan script AWK, serta akan dilakukan perbandingan kinerja dari setiap protokol yang diuji, hasil uji coba yang dilakukan meliputi *number of packet drop*, *packet delivery ratio (PDR)*, *throughput* dan *end-to-end delay*.

a. *Packet Delivery Ratio (PDR)*

Packet delivery ratio merupakan perbandingan banyaknya jumlah paket yang diterima oleh *node* penerima dengan total paket yang dikirimkan dalam suatu periode waktu tertentu. Atau bisa juga dihitung dengan cara mengurangi jumlah paket keseluruhan yang dikirim dengan paket yang *loss* atau hilang.

b. *End-to-End Delay* (E2E Delay)

Nilai *end-to-end delay* adalah waktu yang dibutuhkan oleh paket ketika pengiriman paket dari *source* ke *destination*. Satuan yang digunakan adalah *second* (s). Semakin kecil nilai *end-to-end delay*, maka semakin bagus kinerja dari protokol tersebut.

c. *Throughput*

Throughput adalah laju rata-rata paket data yang berhasil dikirim melalui kanal komunikasi atau dengan kata lain *throughput* adalah jumlah paket data yang diterima setiap detik. Satuan yang digunakan adalah *kilo-bit-per-second* (kbps). Semakin besar nilai *throughput* mengindikasikan semakin baik kinerja jaringan.

d. *Routing Overhead* (RO)

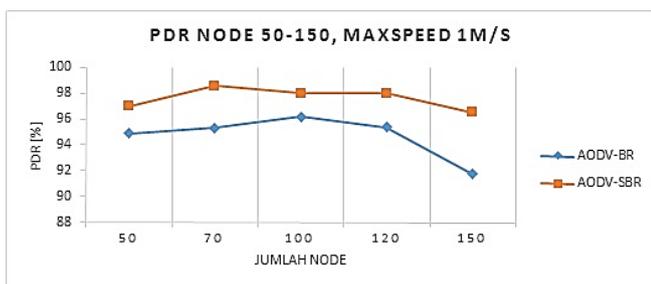
Routing overhead merupakan perbandingan antara total jumlah paket routing yang dikirim dengan total jumlah paket data yang diterima dalam persen. Semakin kecil nilai *routing overhead* suatu protokol routing, maka semakin efisien kinerja protokol routing tersebut, dalam hal ini terkait stabilitas jalur pengiriman data.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

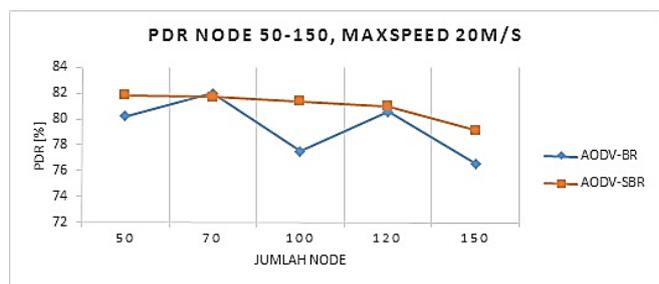
Pada bagian sub bab ini akan memaparkan hasil uji implementasi yang telah dilakukan menggunakan simulator NS-2, pengujian dilakukan terhadap protokol routing AODV-BR dan yang telah dimodifikasi yaitu AODV-SBR, dengan menggunakan berbagai sekenario pengujian sebagaimana telah dipaparkan pada bagian sebelumnya. Hasil simulasi kemudian klasifikasi menggunakan script AWK untuk mendapatkan nilai dari metrik analisa yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu *Packet Delivery Ratio*, *End-to-End Delay*, *Routing Overhead*, dan *Throughput*. Selanjutnya, data yang telah diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk dapat dianalisa. Perbandingan hasil uji kinerja berturut-turut mulai dari PDR, End-to-End Delay, Throughput, dan Routing Overhead dapat dilihat pada Gambar 6 – Gambar 13.

Dari dua skenario pengujian yang telah dilakukan dengan fariasi peningkatan jumlah node, diketahui bahwa protokol AODV-SBR mengalami peningkatan kinerja khususnya pada nilai rata-rata PDR, yaitu sebesar 1.765% terhadap nilai PDR pada protokol AODV-BR.

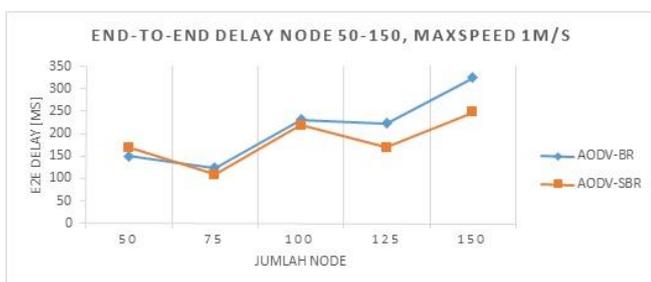
Hasil uji ini juga memperlihatkan bahwa penerapan jumlah node berdampak pada fluctuatifitas nilai PDR. Perolehan hasil dengan pola yang demikian karena bertambahnya jumlah node dapat meningkatkan stabilitas konektifitas, berupa jalur dengan keterhubungan lebih lama dan juga mampu meningkatkan ketersediaan jalur cadangan sehingga nilai PDR dapat meningkat. Disisi lain, meningkatnya jumlah node juga dapat berdampak pada penurunan nilai PDR. Kondisi yang demikian terjadi karena node semakin padat sehingga jalur terpilih sangat berpotensi memiliki jumlah hop yang lebih banyak. Dampaknya, delay meningkat yang berakibat pada penurunan nilai PDR.



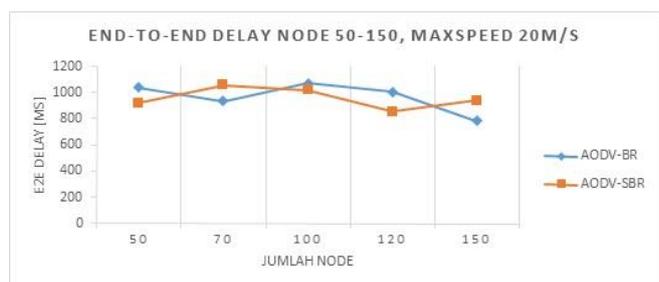
Gambar 6. Grafik PDR pada Maxspeed 1



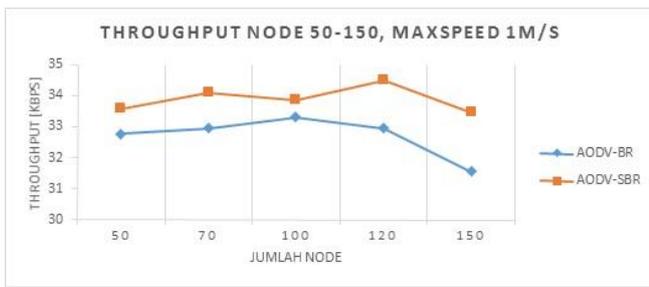
Gambar 7. Grafik PDR pada Maxspeed 20



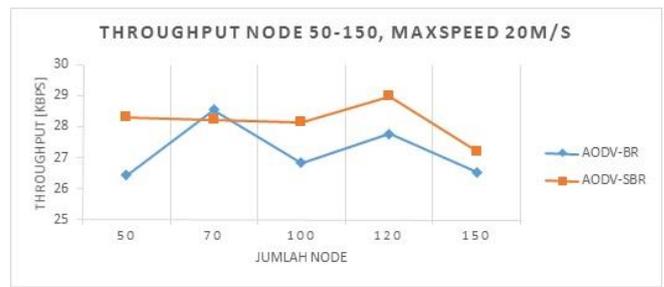
Gambar 8. Grafik E2E Delay pada Maxspeed 1



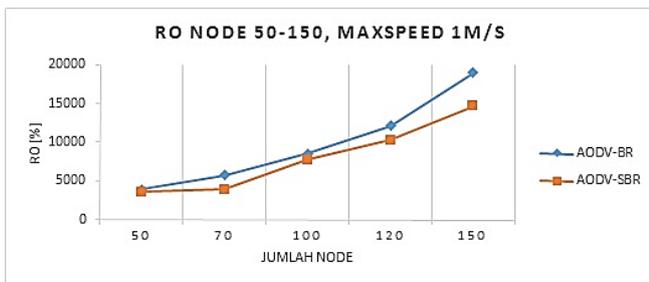
Gambar 9. Grafik E2E Delay pada Maxspeed 20



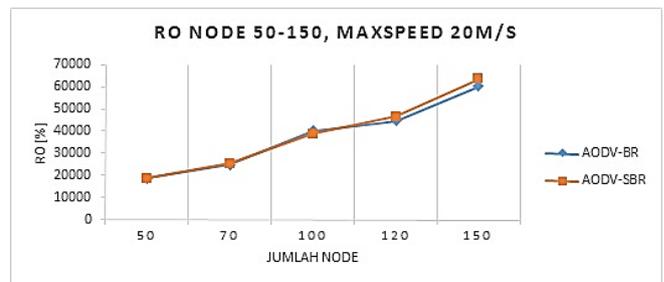
Gambar 10. Grafik Throughput pada Maxspeed 1



Gambar 11. Grafik Throughput pada Maxspeed 20



Gambar 12. Grafik RO pada Maxspeed 1



Gambar 13. Grafik RO pada Maxspeed 20

A. End-to-End Delay

Perbandingan kedua protokol secara keseluruhan pada bagian ini, dari dua pengujian yang dilakukan AODV-SBR mengalami penurunan delay rata-rata sebesar 6.07% terhadap AODV-BR. Sebagaimana telah diketahui sebelumnya bahwa bertambahnya nilai delay mengindikasikan meningkatnya waktu yang dibutuhkan sebuah paket untuk sampai dari sumber ke tujuan. Sedangkan routing menggunakan LET memiliki potensi untuk memilih jalur dengan jumlah hop lebih banyak, sehingga berakibat pada bertambahnya waktu yang dibutuhkan untuk paket sampai ketujuan, dibanding pada BR yang mengupayakan pengiriman jalur berdasarkan jumlah hop terkecil. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

Walau menggunakan minimal hop yang memungkinkan delay lebih rendah dalam pencarian jalurnya, pada titik-titik tertentu BR justru mencatatkan nilai delay yang lebih tinggi dibandingkan dengan SBR. Polatersebut terjadi justru karena pemilihan jalur BR menggunakan minimal hop, sehingga saat speed meningkat maka potensi penutupan jalur juga mengalami peningkatan. Putusnya jalur utama akan digantikan oleh jalur cadangan dengan potensi jumlah hop yang lebih banyak dari jalur utama, sehingga waktu pengiriman data akan bertambah seiring bertambahnya hop dalam jalur tersebut. Selain itu, pemutusan bisa jadi tidak hanya terjadi sekali, dengan demikian waktu pengiriman data akan bertambah seiring bertambahnya pergantian jalur. Sementara SBR, walaupun jalur yang dipilih berpeluang memiliki hop lebih banyak namun keterhubungannya relatif lebih lama, sehingga delay dari sisi perpindahan jalur akan berkurang.

B. Throughput

Dari sisi jumlah node, kedua protokol yaitu AODV-BR dan AODV-SBR memperlihatkan pola yang tidak konsisten berupa fluktuatifitas nilai throughput. Hasil yang demikian karena bertambahnya jumlah node dapat meningkatkan ketersediaan jalur cadangan sehingga mengurangi efek terputusnya jalur karena pergerakan node. Dengan demikian persentase packet data yang berhasil dikirim dalam waktu tertentu semakin tinggi. Disisi lain, meningkatnya jumlah node juga dapat berdampak pada penurunan nilai PDR. Kondisi yang demikian terjadi karena node semakin padat sehingga jalur terpilih sangat berpotensi memiliki jumlah hop yang lebih banyak. Dampaknya, waktu yang dibutuhkan packet data untuk sampai ketujuan menjadi lebih lama. Kedua situasi di atas juga dipengaruhi oleh pergerakan node yang senantiasa acak, sehingga pada jumlah node yang sama hasil yang diperoleh bisa berbeda. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Namun demikian, secara keseluruhan dari pengujian yang telah dilakukan diketahui nilai throughput antara kedua protokol yaitu AODV-BR dan AODV-SBR memperlihatkan bahwa nilai throughput pada protokol AODV-SBR lebih besar dibandingkan AODV-BR, yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 3.585%.

C. Throughput

Data yang dihasilkan dari keseluruhan pengujian memperlihatkan pola nilai Routing Overhead (RO) yang cenderung sama, namun demikian nilai RO pada AODV-SBR mengalami penurunan rata-rata sebesar 0.19% jika dibandingkan dengan AODV-BR. Terlihat bahwa walaupun tidak signifikan, algoritma LET yang diterapkan

mampu memberikan pengaruh berupa penurunan nilai RO. Terjadinya penurunan nilai RO mengindikasikan semakin baiknya jalur yang digunakan untuk melakukan pengiriman data, hal ini ditandai dengan jumlah RRQ yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah paket data yang berhasil terkirim. Dapat diartikan juga bahwa packet data telah terkirim sebelum jalur pengiriman data mengalami kerusakan. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.

Terjadinya penurunan nilai RO pada beberapa titik tertentu disebabkan karena nilai maxspeed yang diterapkan bersifat fluktuatif. Sedangkan pada variasi jumlah node, nilai RO terlihat mengalami penurunan yang lebih konsisten. Terhadap nilai RO, dari seluruh pengujian yang dilakukan memperlihatkan kinerja terbaik AODV-SBR ada pada maxspeed 1, dimana nilai nilainya RO yang diperoleh senantiasa lebih rendah dari nilai RO yang ada pada AODV-BR, baik dilingkungan dengan node yang relatif padat maupun jarang.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari seluruh pengujian yang telah dilakukan dan disajikan diketahui bahwa modifikasi protokol AODV-BR menjadi AODV-SBR dengan menambahkan mekanisme *Link Expiration Time* (LET), mampu memberikan dampak berupa perbaikan kinerja pada peningkatan nilai Packet Delivery Ratio, Throughput, serta penurunan jumlah End-to-End Delay, dan Routing Overhead. Total dari hasil seluruh pengujian memperlihatkan peningkatan kinerja antara 0.19% sampai 3.71% untuk setiap parameter kinerja yang telah ditentukan. Perbedaan nilai maxspeed dan jumlah node yang diterapkan pada setiap file skenario pengujian berdampak pada perbedaan nilai kinerja protokol yang diujikan.

Guna memperoleh hasil yang lebih aktual terkait kinerja protokol AODV-SBR maka untuk penelitian lebih lanjut perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan variasi nilai maxspeed yang constant. Tujuannya untuk mengetahui secara pasti perubahan kejadian pada setiap nilai maxspeed yang diberlakukan. Dengan demikian dapat diketahui secara pasti pengaruh maxspeed terhadap kinerja routing protokol yang diujikan. Perlunya dilakukan pengujian pada lingkungan dengan node yang memiliki gerak beraturan (*non randomly*), baik kecepatan maupun arah, guna mengetahui secara pasti mekanisme yang terjadi saat parameter-parameter pengujian yang lain ditambahkan. Perlunya dilakukan pengujian dengan waktu yang lebih lama. Tujuannya untuk mengetahui apakah perubahan yang terjadi dengan diberlakukannya variasi maxspeed dan jumlah node merupakan perubahan yang bersifat *permanent* atau *temporary*. Perlu dilakukan penambahan beberapa variasi pengujian guna mengetahui lingkungan yang tepat bagi penerapan protokol AODV-SBR.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.H. Bae, S.-J. Lee, W. Su, and M. Gerla, "The Design, Implementation, and Performance Evaluation of the On-Demand Multicast Routing Protocol in Multihop Wireless Networks," *IEEE Network*, Special Issue on Multicasting Empowering the Next Generation Internet, vol. 14, no. 1, January/February 2000, pp. 70-77.
- [2] Joseph P. Macker and M. Scott Corson, "Mobile Ad Hoc Networking and the IETF," *Mobile Computing and Communications Review*, Volume 3, Number 2.
- [3] Foh, C. H., dkk. (2005). Network Connectivity of One-Dimensional MANETs with Random Waypoint Movement. *IEEE Communications Letters*, pp. 31-33.
- [4] Harjeet Kaur, dkk. (2013). A Survey of Reactive, Proactive and Hybrid Routing Protocols in MANET: A Review.
- [5] Perkins, C. & Royer, M. (2003). Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing.
- [6] Sung-Ju Lee & Mario Gerla, (2000). AODV-BR: Backup Routing in Ad hoc Networks. *Global Mobile Information Systems*.
- [7] Savyanar and R. Kale. (2014). Mobility Prediction: A review of Techniques used in MANETS
- [8] William Su, dkk. (2000). Mobility Prediction in Wireless Network. *IEEE*.
- [9] Nurfiana (2012), "Perbaikan Protokol Routing Ad Hoc On-demand Multipath Distance Vector (AOMDV) untuk Mendapatkan Rute yang Stabil Menggunakan Link Expiration Time (LET)", Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [10] Windianto, dkk. (2015). Optimasi Routing pada Protokol AODV_EXT dengan Menggunakan Link Expiration Time (LET).
- [11] B. Josh, dkk. A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols. Dalam *Proc. Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'98)*, October 25-30, 1998, Dallas, Texas, USA
- [12] Santhi, G., Nachiappan, Dr. A. (2010), "Adaptive QoS Multicast Routing with Mobility Prediction in MANETs", *International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing (IJASUC) Vol.1, No.3, September 2010*.