

ANALISIS PERFORMANSI ROUTING PADA LAYANAN MULTIMEDIA DALAM JARINGAN TERINTEGRASI MANET MENUJU LTE

Performance Analysis of Routing on Multimedia Services in Integrated Network of MANET to LTE

Reza Lutfi Ananda¹, Dr. Ir. Rendy Munadi, M.T.², Ridha Muldina Negara, S.T., M.T.³

¹²³ Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rezalutfi0419@gmail.com, ²rendymunady@gmail.com, ³ridhanegara@gmail.com

Abstrak

Kehandalan sistem komunikasi sangat dibutuhkan terutama dalam hal skalabilitas, mobilitas serta kecepatan data yang tinggi. Akan tetapi apa jadinya jika sistem komunikasi terjadi pada kondisi kurang ideal seperti di daerah dengan kondisi alam dan infrastruktur komunikasi yang kurang baik. MANET adalah teknologi yang dapat diterapkan pada kondisi yang tidak ideal dimana jaringan ini beroperasi dan mengatur diri sendiri tanpa adanya sentralisasi.

Dalam penelitian ini dilakukan pengintegrasian antara jaringan MANET dan jaringan LTE guna meningkatkan coverage dan availability jaringan. Dalam topologi yang dirancang, terdapat *node* UE yang bertindak sebagai gateway pada jaringan MANET sehingga semua *node* yang berada pada jaringan MANET dapat terhubung ke jaringan LTE. *Node* UE tersebut memiliki 2 buah interface yang terhubung ke jaringan MANET dan ke jaringan LTE dimana dengan menggunakan proactive adhoc routing DSDV dan OLSR di jaringan MANET dan menggunakan static routing di jaringan LTE.

Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa perancangan jaringan terintegrasi MANET-LTE berhasil dilakukan dengan memanfaatkan UE sebagai *double interface* yang dapat berperan seperti halnya eNode-B. Berdasarkan perubahan jumlah node, rata-rata nilai throughput untuk routing DSDV sebesar 336,10 kbps dan routing OLSR sebesar 333,13 kbps. Rata-rata nilai delay untuk routing DSDV sebesar 367,35 ms dan routing OLSR sebesar 358,48 ms. Rata-rata nilai PDR untuk routing DSDV sebesar 32,18 % dan routing OLSR sebesar 31,92 %. Rata-rata nilai Jitter untuk routing DSDV sebesar 52,64 ms dan routing OLSR sebesar 52,09 ms. Berdasarkan perubahan background traffic, rata-rata nilai throughput untuk routing DSDV sebesar 132,6 kbps dan routing OLSR sebesar 131,61 kbps. Rata-rata nilai Delay untuk routing DSDV sebesar 279,98 ms dan routing OLSR sebesar 271,77 ms. Rata-rata nilai PDR untuk routing DSDV sebesar 12,51% dan routing OLSR sebesar 12,4%. Rata-rata nilai Jitter untuk routing DSDV sebesar 23,62 ms dan routing OLSR sebesar 22,2 ms.

Kata kunci : MANET, LTE, Parameter, Protokol Routing, QoS

Abstract

The reliability of the communication system is needed, especially in terms of scalability, mobility and high data rates. But what happens if the communication system occurs in less than ideal conditions such as in areas with natural conditions and poor communication infrastructure. MANET is a technology that can be applied in ideal conditions in which these networks operate and organize themselves without centralization.

In this research, the integration between MANET network and the LTE network to improve network coverage and availability. In this designed topology, there is a *node* UE acting as a gateway to the MANET network so that *nodes* all in the MANET network can connect to the LTE network. The UE node has 2 interface that connected to the MANET network and the LTE network whereas using proactive ad hoc routing DSDV and OLSR on MANET network and using static routing on LTE network.

From this research showed that the design of MANET-LTE network integrated successfully done by utilizing the EU as a *double interface* that can serve as its thing eNode-B. Based on changes in the number of nodes, the average throughput for DSDV routing is 336.10 kbps and OLSR routing is 333.13 kbps. The average delay for DSDV routing is 358.48 ms and OLSR routing is 367.35 ms. The average PDR for routing DSDV is 32.18% and OLSR routing is 31.92%. The average Jitter for DSDV routing is 52.09 ms and OLSR routing is 52.64 ms. Based on the change of background traffic, the average throughput for DSDV routing is 132.6 kbps and OLSR routing is 131.61 kbps. The average Delay for DSDV routing is 271.77 ms and OLSR routing is 279.98 ms. The average PDR for DSDV routing is 12.51% and OLSR routing is 12.4%. The average Jitter for DSDV routing is 23.62 ms and OLSR routing 22.2 ms.

Keywords : MANET, LTE, Parameters, Routing Protocol, QoS

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang semakin pesat diharapkan dapat memenuhi kebutuhan manusia terutama dalam hal komunikasi.

Komunikasi begitu sangat penting karena tanpa adanya komunikasi yang baik mengakibatkan ketidak teraturan dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Sistem komunikasi memiliki dampak yang besar pada efisiensi dan kemudahan terhadap

manusia seperti dalam hal pertukaran maupun berbagi data. Keandalan sistem komunikasi sangat dibutuhkan terutama dalam hal skalabilitas, mobilitas serta kecepatan yang tinggi. Akan tetapi apa jadinya jika sistem komunikasi terjadi pada kondisi kurang ideal seperti di daerah dengan kondisi alam dan infrastruktur komunikasi yang kurang baik. MANET adalah teknologi yang dapat diterapkan pada sistem komunikasi dengan kondisi yang tidak ideal.

MANET (Mobile Ad-hoc Network) merupakan jaringan wireless yang tidak memiliki infrastruktur tetap dimana *Node-Node* yang berada dalam jaringan bergerak bebas. Jaringan ini beroperasi dan mengatur diri sendiri tanpa adanya sentralisasi dan mempunyai kemampuan kooperatif antar *Node*. Disatu sisi terdapat jaringan dengan infrastruktur dan disisi lain terdapat *Node* yang dapat bergerak bebas. Hal ini memungkinkan rute multi-hop antara mobile *Node* dengan base station sehingga memunculkan ide interworking jaringan MANET dengan jaringan *existing*. Dengan kondisi seperti ini menyebabkan ruang lingkup area dari base station menjadi lebih luas [8].

Pada perancangan tugas akhir ini dilakukan penelitian terkait skalabilitas, mobilitas serta performansi kualitas dari jaringan hybrid MANET-LTE. Dalam hal ini dilakukan beberapa skenario pengujian antara lain berdasarkan perubahan parameter seperti jumlah user, pergerakan *Node*, jenis layanan, background trafik, dan protokol routing. Hasil yang didapatkan dari skenario tersebut akan diambil beberapa parameter untuk mengetahui nilai *QoS* jaringan, yaitu: *Delay*, *Throughput*, *Packet Delivery Ratio*, dan *Jitter*.

1.2 Tujuan

Menguji performansi *QoS* pada jaringan terintegrasi MANET dan LTE dari beberapa skenario yang digunakan dengan memperhatikan parameter-parameter yang digunakan seperti *Delay*, *Throughput*, *Packet Delivery Ratio* dan *Jitter* terhadap layanan multimedia.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang topologi jaringan untuk meningkatkan area *coverage* dan *availability* jaringan MANET ke jaringan *existing* LTE ?
2. Bagaimana merancang dan mensimulasikan topologi yang mengintegrasikan jaringan MANET dan LTE ?
3. Bagaimana pengaruh perubahan skenario seperti jumlah node, mobilitas nodes, background traffic dan routing protocol terhadap *QoS* dari model jaringan yang disimulasikan ?

DASAR TEORI

2.1 MANET (Mobile Ad-hoc Network)

MANET adalah sebuah jaringan yang terdiri dari beberapa *node* yang bersifat mobile, dimana *mobile*

node tersebut dapat berkomunikasi dengan tanpa menggunakan jalur komunikasi yang permanen, atau bersifat sementara (*ad hoc*). Berbeda dengan jaringan wireless lainnya, MANET tidak memerlukan infrastruktur jaringan dan memiliki topologi yang berubah-ubah setiap saat. Setiap *Node* pada jaringan MANET harus mampu menentukan rute terbaiknya untuk meneruskan paket informasi dan jika mengalami kegagalan kirim karena ada gangguan rute, maka *Node* memperbaiki rute tersebut.

2.2 Protokol Routing

Protokol routing diperlukan untuk mengirimkan paket data dari *Node* pengirim ke *Node* penerima yang akan melewati beberapa *Node* penghubung (*intermediate Node*), dimana protokol routing berfungsi untuk mencari route link yang terbaik dari link yang akan dilalui melalui mekanisme pembentukan table routing.

Terdapat beberapa protokol routing umum yang telah dapat digunakan digunakan pada jaringan MANET, yaitu: [2]

1. Proactive routing protocol

Proactive routing merupakan jenis routing yang menyediakan informasi routing secara konsisten dan up to-date di setiap *Node*.

2. Reactive routing protocol

Reactive routing merupakan jenis routing yang menyediakan informasi routing hanya pada saat *Node* sumber membutuhkannya.

3. Hybrid routing protocol

Hybrid routing merupakan jenis routing yang menggunakan kombinasi karakteristik protokol proactive dan reactive routing untuk mencari jalur terbaik.

2.3 OLSR (Optimized Link State Routing)

OLSR merupakan tipe protokol proaktif dimana route ke semua tujuan dalam jaringan akan diketahui dan dipelihara sebelum digunakan. Karena route akan tersedia di dalam tabel routing standar, maka akan sangat berguna bagi beberapa sistem atau aplikasi jaringan karena tidak adanya *Delay* untuk mencari route. Protokol ini merupakan optimalisasi dari protokol link state dasar yang disesuaikan dengan persyaratan dari mobile wireless LAN. Optimasi yang pertama adalah digunakannya multipoint relay (MPR). Optimasi kedua didapatkan dengan meminimalisasi jumlah dari control message yang flooding (pembanjiran informasi routing) di jaringan. Optimasi berikutnya adalah memungkinkan *Node* MPR dapat memilih untuk melaporkan hanya link antara dirinya dengan MPR selector-nya.

2.4 DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector)

DSDV merupakan protokol routing pada jaringan MANET yang termasuk dalam protokol routing reaktif. Sesuai namanya, DSDV termasuk protokol routing yang menggunakan algoritma *distance*

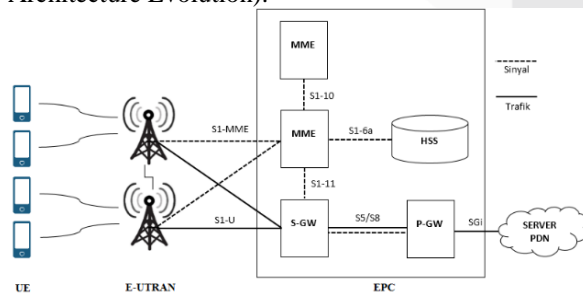
vector yang disesuaikan dengan jaringan MANET dalam perutingan. Untuk menghindari perputaran dalam perutingan, digunakan *sequence number* tujuan ruting. Dalam tabel perutingan DSDV, sebuah *entry* menyimpan informasi *hop* selanjutnya yang menuju ke *Node* tujuan, pengukuran terhadap cost lintasan sampai tujuan dan *sequence number* yang dibuat oleh *Node* tujuan. *Update* rute dalam DSDV dapat dilakukan berdasarkan waktu atau kejadian yang telah ditentukan, setiap *Node* mengirimkan *update* secara periodik, termasuk informasi perutingan pada *Node* tetangga dengan mengirimkan paket data. Pengiriman paket data diantara *Node* juga digunakan untuk mengindikasikan apakah rute tersebut dapat digunakan atau tidak dan untuk mengetahui berapa *hop* yang diperlukan untuk mencapai *Node* tertentu.

2.5 LTE (Long Term Evolution)

Long Term Evolution (LTE) adalah evolusi jangka panjang dari jaringan akses radio keluaran dari 3rd Generation Partnership Project (3GPP). LTE merupakan kelanjutan dari teknologi generasi ketiga (3G) WCDMA-UMTS. Teknologi LTE dikembangkan dengan tujuan meningkatkan beberapa aspek yaitu perbaikan efisiensi spektral (penggunaan spektrum yang fleksibel dan lebar pita yang scalable dari 1.25 Mhz sampai 20 Mhz), tingginya *Throughput*, rendahnya *Delay*, dan peningkatan kapasitas.

2.6 Arsitektur & Elemen LTE

Jaringan LTE terdapat sistem bernama EPS (Envolved Packet System) [1]. EPS terdiri dari jaringan akses yang disebut E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) dan jaringan core yang disebut SAE (System Architecture Evolution).



Gambar 1. Arsitektur LTE

Elemen dasar arsitektur jaringan LTE yaitu :

1. UE (User Equipment)
Merupakan terminal radio user pada jaringan LTE yang digunakan untuk melakukan hubungan ke jaringan LTE.
2. E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network)
Merupakan sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan core. Berbeda dari teknologi sebelumnya, pada sistem LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni Evolved Node B (eNode B).

3. EPC (Evolved Packet Core)

Merupakan sebuah sistem yang baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler, dimana pada bagian core network menggunakan all-IP.

2.7 Gauss Markov Mobility

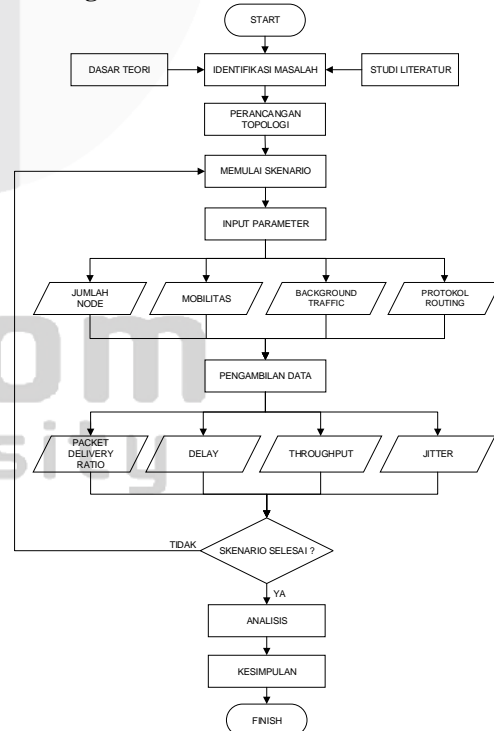
Gauss Markov Mobility merupakan salah satu mode pergerakan *Node* dimana lokasi *Node* pada suatu jaringan dikatakan random dan pergerakan dari setiap *Node* tidak tergantung dari pergerakan *Node* lainnya. Setiap *Node* diberikan kecepatan rata-rata *S* dan rata-rata *direction* Θ dari suatu pergerakan. Untuk setiap periode waktu konstan, suatu *Node* memperhitungkan kecepatan dan arah dari pergerakan tergantung dari kecepatan dan arah dari waktu sebelumnya, termasuk dengan derajat *randomness* (α). Parameter α ($0 \leq \alpha \leq 1$) digunakan untuk menggabungkan derajat *randomness* selagi memperhitungkan kecepatan dan arah dari suatu pergerakan untuk periode waktu tertentu.

2.8 Network Simulator 3

NS-3 merupakan sebuah discrete event network Simulator yang berguna dalam mempelajari dynamic nature dari communication networks baik wired maupun wireless network. Bahasa yang digunakan adalah C++ atau Phyton. Ada beberapa keuntungan menggunakan NS sebagai perangkat lunak simulasi pembantu analisis dalam riset, antara lain adanya tool validasi yang digunakan untuk menguji kebenaran pemodelan.

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Diagram Alir Sistem



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

3.2 Skenario Simulasi

Ada beberapa skenario yang digunakan dalam simulasi ini antara lain:

1. Skenario Perubahan Jumlah *Node*
Dimana pada skenario ini terjadi perubahan jumlah *Node* mulai dari 5, 10, 20, 30, 40, dan 50.
2. Skenario Pergerakan *Node*
Dimana pada skenario ini *Node* bergerak secara acak dengan menggunakan index of randomness dari skala $(0 < \alpha < 1)$.
3. Skenario perubahan background traffic
Dimana pada skenario ini menggunakan background traffic 20%, 40%, 60% dan 80% dari link rate.
4. Skenario Perubahan Routing Protocol
Dimana pada skenario ini menggunakan routing DSDV dan OLSR.

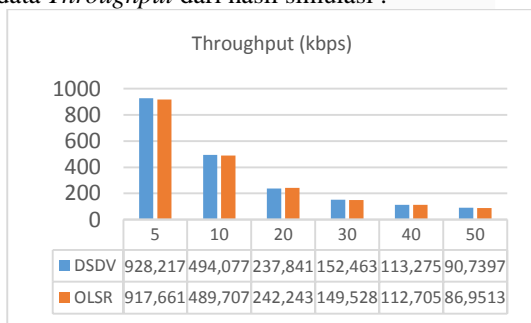
ANALISIS HASIL SIMULASI

4.1 Berdasarkan Skenario Perubahan Jumlah Node dan Routing Protocol Terhadap Parameter QoS Jaringan

Tujuan skenario ini adalah untuk menguji respon dari pemodelan jaringan, algoritma *routing* dalam menangani perubahan yang terjadi dalam jaringannya terutama dalam hal jumlah *Node*.

4.1.1 Pengaruh Perubahan Jumlah Node terhadap Throughput

Throughput adalah jumlah paket yang diterima dalam suatu jangka waktu transmisi. Berikut adalah data *Throughput* dari hasil simulasi :

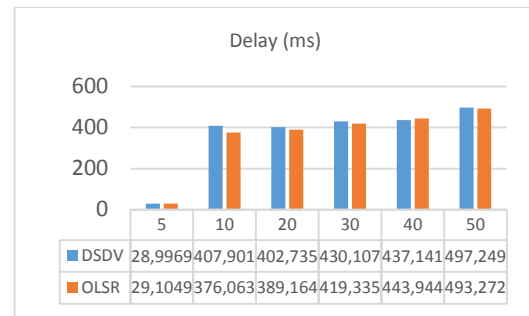


Gambar 3. Nilai *Throughput* berdasarkan perubahan jumlah node

Berdasarkan data Gambar 3 terlihat bahwa nilai *throughput* mengalami tren penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah nodes. Dari data tersebut juga dapat dilihat rata-rata nilai *throughput* untuk routing DSDV sebesar 336,10 kbps dan untuk routing OLSR sebesar 333,13 kbps. Penurunan nilai *Throughput* ini bisa disebabkan karena terlalu padatnya paket yang dikirim berbanding terbalik dengan link node gateway yang ada sehingga menyebabkan *congesti* paket yang berakibat semakin besarnya *packet loss*.

4.1.2 Pengaruh Perubahan Jumlah Node terhadap Delay

Delay dapat diartikan waktu yang dibutuhkan paket data yang dikirimkan pada jaringan MANET dari *Node* sumber sampai *Node* tujuan. Berikut adalah data *Delay* dari hasil simulasi :

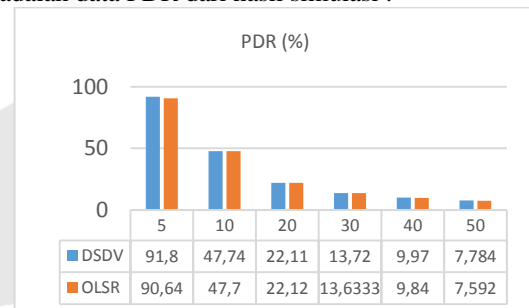


Gambar 4. Nilai *Delay* berdasarkan perubahan jumlah node

Berdasarkan data Gambar 4 terlihat bahwa nilai *Delay* mengalami tren peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah nodes. Dari data tersebut juga dapat dilihat rata-rata nilai *delay* untuk routing DSDV sebesar 367,35 ms dan untuk routing OLSR sebesar 358,48 ms. Peningkatan nilai *Delay* ini bisa disebabkan karena terlalu padatnya paket yang dikirim berbanding terbalik dengan link node gateway yang ada sehingga menyebabkan *congesti* paket yang berakibat semakin besarnya nilai *Delay*.

4.1.3 Pengaruh Perubahan Jumlah Node terhadap PDR

Packet Delivery Ratio merupakan rasio paket yang berhasil diterima oleh *Node* tujuan berbanding dengan total paket yang dikirim oleh *Node*. Berikut adalah data PDR dari hasil simulasi :

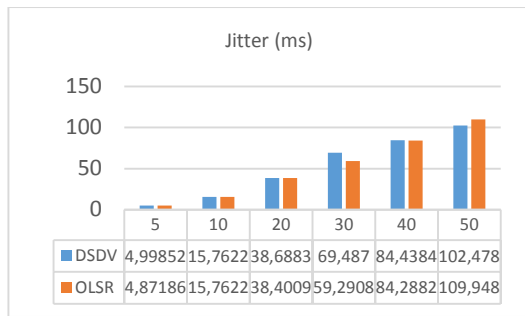


Gambar 5. Nilai PDR berdasarkan perubahan jumlah node

Berdasarkan data pada Gambar 5 terlihat bahwa nilai PDR mengalami tren penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah nodes. Dari data tersebut juga dapat dilihat rata-rata nilai PDR terhadap peningkatan jumlah nodes untuk routing DSDV sebesar 32,18 % dan routing OLSR sebesar 31,92 %. Penurunan nilai PDR ini bisa disebabkan karena terlalu padatnya paket yang dikirim berbanding terbalik dengan link node gateway yang ada sehingga menyebabkan *congesti* paket yang berakibat semakin besarnya *packet loss*.

4.1.4 Pengaruh Perubahan Jumlah Node terhadap Jitter

Jitter merupakan variasi *Delay* antar paket yang terjadi dalam jaringan IP. Berikut adalah data PDR dari hasil simulasi :



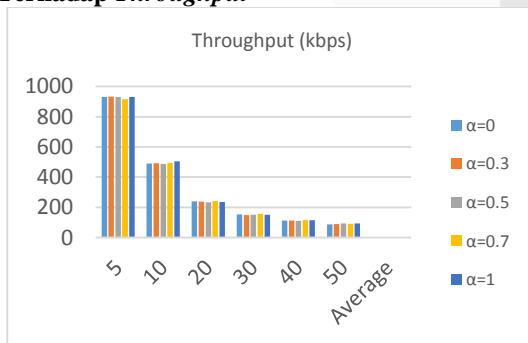
Gambar 6. Nilai *Jitter* berdasarkan perubahan jumlah node

Berdasarkan data Gambar 6 terlihat bahwa nilai *Jitter* mengalami tren peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah nodes. Dari data tersebut juga dapat dilihat nilai rata-rata *Jitter* untuk routing DSDV sebesar 52,64 ms dan untuk routing OLSR sebesar 52,09 ms. Peningkatan nilai *Jitter* ini bisa disebabkan karena terlalu padatnya paket yang dikirim berbanding terbalik dengan link node gateway yang ada sehingga menyebabkan congesti paket yang berakibat semakin besarnya nilai *jitter* karena nilai *jitter* dipengaruhi variasi beban trafik.

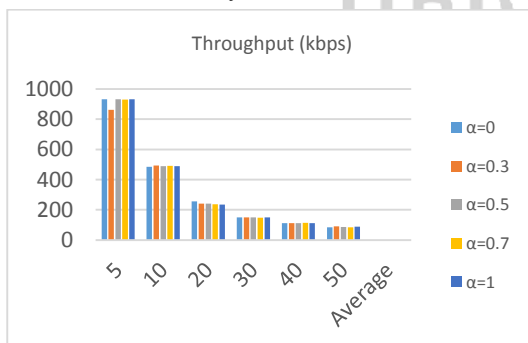
4.2 Berdasarkan Skenario Perubahan Mobilitas Node dan Routing Protocol Terhadap Parameter QoS Jaringan

Tujuan skenario ini adalah untuk menguji respon dari pemodelan jaringan, algoritma *routing* dalam menangani perubahan yang terjadi dalam jaringannya terutama dalam hal mobilitas *Node*.

1.2.1 Pengaruh *Index of Randomnes α* Terhadap *Throughput*



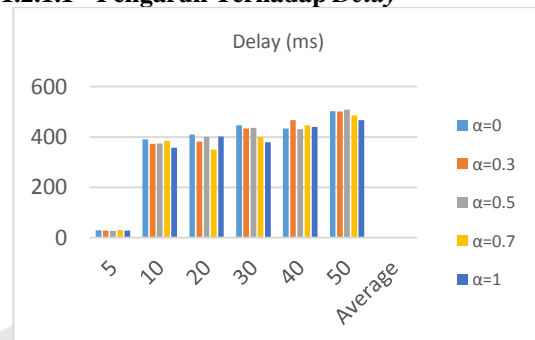
Gambar 7a. Nilai *Throughput* terhadap parameter *Index of Randomnes α*



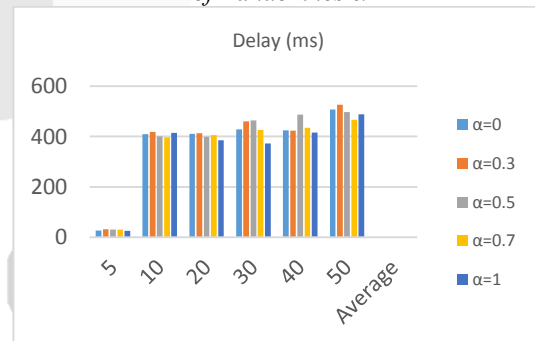
Gambar 7b. Nilai *Throughput* terhadap parameter *Index of Randomnes α*

Berdasarkan data pada Gambar 7a dan Gambar 7b terlihat bahwa kelima parameter *Index of Randomnes α* memiliki nilai *throughput* yang berbeda meskipun selisihnya tidak terlalu jauh baik rata-rata maupun untuk masing-masing jumlah node. Rata-rata nilai *throughput* dengan menggunakan routing DSDV untuk parameter $\alpha=0$ senilai 335,2 kbps, untuk $\alpha=0.3$ senilai 335,92 kbps, untuk $\alpha=0.5$ senilai 334,76 kbps, untuk $\alpha=0.7$ senilai 335,97 kbps dan untuk $\alpha=1$ senilai 338,63 kbps. Sedangkan rata-rata nilai *throughput* dengan menggunakan routing OLSR untuk parameter $\alpha=0$ senilai 335,4 kbps, untuk $\alpha=0.3$ senilai 325,18 kbps, untuk $\alpha=0.5$ senilai 334,94 kbps, untuk $\alpha=0.7$ senilai 334,3 kbps dan untuk $\alpha=1$ senilai 334,3 kbps. Dari hasil simulasi tersebut nilai *throughput* juga tidak terlalu terpengaruh oleh *index of randomness α* dari Gauss-Markov Mobility. *Index of randomness α* berpengaruh pada kecepatan dan arah pergerakan node.

1.2.1.1 Pengaruh Terhadap *Delay*



Gambar 8a. Nilai *Delay* terhadap parameter *Index of Randomnes α*

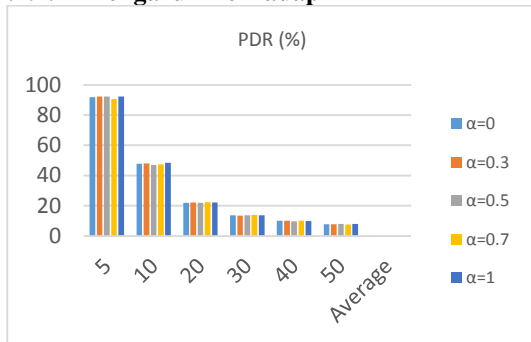


Gambar 8b. Nilai *Delay* terhadap parameter *Index of Randomnes α*

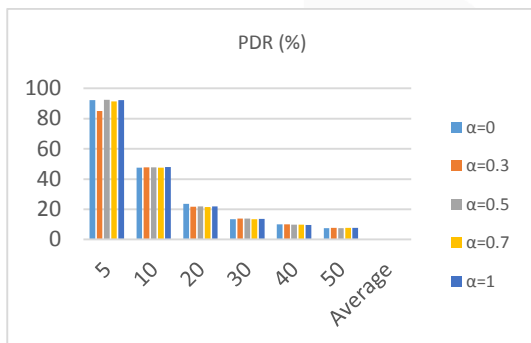
Berdasarkan data pada Gambar 8a dan Gambar 8b terlihat bahwa kelima parameter *Index of Randomnes α* memiliki nilai *delay* yang berbeda meskipun selisihnya tidak terlalu jauh baik rata-rata maupun untuk masing-masing jumlah node. Rata-rata nilai *delay* dengan menggunakan routing DSDV untuk parameter $\alpha=0$ senilai 363,77 ms, untuk $\alpha=0.3$ senilai 364,59 ms, untuk $\alpha=0.5$ senilai 363,44 ms, untuk $\alpha=0.7$ senilai 349,78 ms dan untuk $\alpha=1$ senilai 345,8 ms. Sedangkan rata-rata nilai *delay* dengan menggunakan routing OLSR untuk parameter $\alpha=0$ senilai 368,15 ms, untuk $\alpha=0.3$ senilai 378,95 ms,

untuk $\alpha=0.5$ senilai 379,62 ms, untuk $\alpha=0.7$ senilai 359,83 ms dan untuk $\alpha=1$ senilai 350,19 ms. Dari hasil simulasi tersebut nilai throughput juga tidak terlalu terpengaruh oleh index of randomness dari Gauss-Markov Mobility. Index of randomness α berpengaruh pada kecepatan dan arah pergerakan node.

1.2.1.2 Pengaruh Terhadap PDR



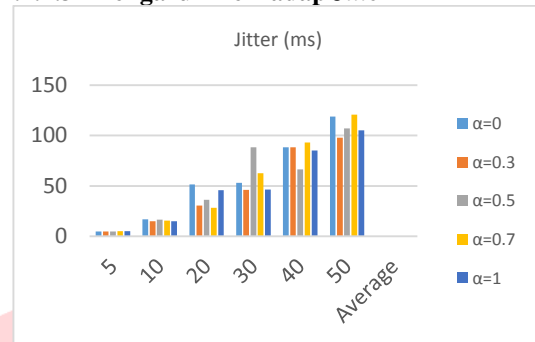
Gambar 9a. Nilai PDR terhadap parameter *Index of Randomnes α*



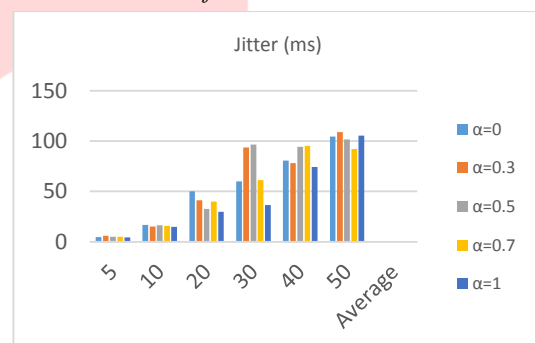
Gambar 9b. Nilai PDR terhadap parameter *Index of Randomnes α*

Berdasarkan data pada Gambar 9a dan Gambar 9b terlihat bahwa kelima parameter *Index of Randomnes α* memiliki nilai PDR yang berbeda meskipun selisihnya tidak terlalu jauh baik rata-rata maupun untuk masing-masing jumlah node. Rata-rata nilai throughput dengan menggunakan routing DSDV untuk parameter $\alpha=0$ senilai 32,16%, untuk $\alpha=0.3$ senilai 32,28%, untuk $\alpha=0.5$ senilai 32,11%, untuk $\alpha=0.7$ senilai 32% dan untuk $\alpha=1$ senilai 32,36%. Sedangkan rata-rata nilai throughput dengan menggunakan routing OLSR untuk parameter $\alpha=0$ senilai 32,36, untuk $\alpha=0.3$ senilai 30,98%, untuk $\alpha=0.5$ senilai 32,18%, untuk $\alpha=0.7$ senilai 31,9% dan untuk $\alpha=1$ senilai 32,16%. Dari hasil simulasi tersebut nilai throughput juga tidak terlalu terpengaruh oleh index of randomness dari Gauss-Markov Mobility. Index of randomness α berpengaruh pada kecepatan dan arah pergerakan node.

1.2.1.3 Pengaruh Terhadap Jitter



Gambar 10a. Nilai *Jitter* terhadap parameter *Index of Randomnes α*



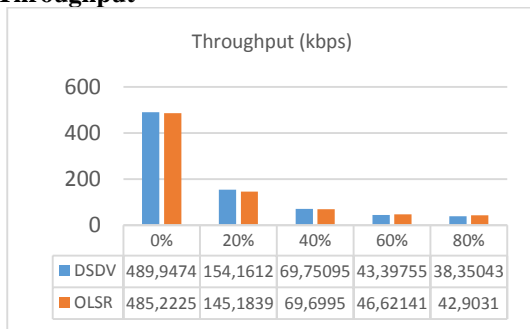
Gambar 10b. Nilai *Jitter* terhadap parameter *Index of Randomnes α*

Berdasarkan data pada Gambar 10a dan Gambar 10b terlihat bahwa kelima parameter *Index of Randomnes α* memiliki nilai jitter yang berbeda meskipun selisihnya tidak terlalu jauh baik rata-rata maupun untuk masing-masing jumlah node. Rata-rata nilai jitter dengan menggunakan routing DSDV untuk parameter $\alpha=0$ senilai 55,52 ms, untuk $\alpha=0.3$ senilai 47,12 ms, untuk $\alpha=0.5$ senilai 53,21 ms, untuk $\alpha=0.7$ senilai 54,24 ms dan untuk $\alpha=1$ senilai 50,36 ms. Sedangkan rata-rata nilai jitter dengan menggunakan routing OLSR untuk parameter $\alpha=0$ senilai 52,75 ms, untuk $\alpha=0.3$ senilai 57,08 ms, untuk $\alpha=0.5$ senilai 57,7 ms, untuk $\alpha=0.7$ senilai 51,48 ms dan untuk $\alpha=1$ senilai 44,18 ms. Dari hasil simulasi tersebut nilai throughput juga tidak terlalu terpengaruh oleh index of randomness dari Gauss-Markov Mobility. Index of randomness α berpengaruh pada kecepatan dan arah pergerakan node.

4.3 Berdasarkan Skenario Perubahan Background Traffic dan Routing Protocol Terhadap Parameter QoS Jaringan

Tujuan skenario ini adalah untuk menguji respon pemodelan jaringan, algoritma *routing* dalam menangani perubahan yang terjadi dalam jaringannya terutama dalam hal adanya background traffic.

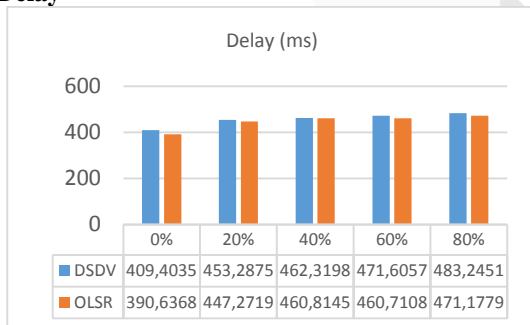
4.3.1 Pengaruh Background Traffic Terhadap Throughput



Gambar 11. Nilai *Throughput* berdasarkan perubahan Background Traffic

Berdasarkan data Gambar 11 terlihat bahwa nilai *Throughput* mengalami tren penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah background traffic yang ada didalam jaringannya. Kedua routing proaktif tersebut memperlihatkan performansi rata-rata terhadap penambahan background traffic yang berbeda, yaitu untuk routing DSDV sebesar 132,6 kbps dan untuk routing OLSR sebesar 131,61 kbps. Penurunan nilai *Throughput* disebabkan karena adanya background traffic yang ada pada jaringan sehingga menyebabkan meningkatnya kepadatan trafik. Peningkatan trafik ini berpengaruh terhadap node yang sudah tidak mampu lagi menangani paket yang menyebabkan congesti dan link breakage.

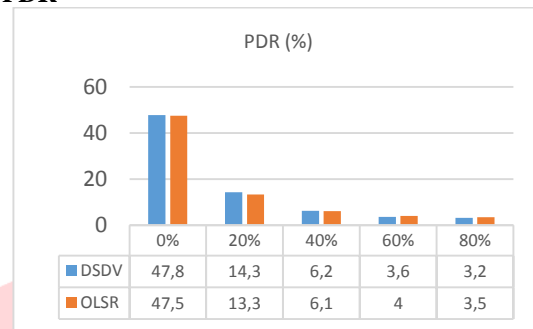
4.3.2 Pengaruh Background Traffic Terhadap Delay



Gambar 12. Nilai *Delay* berdasarkan perubahan Background Traffic

Berdasarkan data Gambar 12 terlihat bahwa nilai *Delay* mengalami tren kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah background traffic yang ada didalam jaringannya. Kedua routing proaktif tersebut memperlihatkan performansi rata-rata delay terhadap penambahan background traffic yang berbeda, yaitu untuk routing DSDV sebesar 271,77 ms dan untuk routing OLSR sebesar 279,98 ms. Peningkatan nilai *Delay* disebabkan karena adanya background traffic yang ada pada jaringan sehingga menyebabkan meningkatnya kepadatan trafik. Peningkatan trafik ini berpengaruh terhadap node yang sudah tidak mampu lagi menangani paket yang menyebabkan congesti dan link breakage.

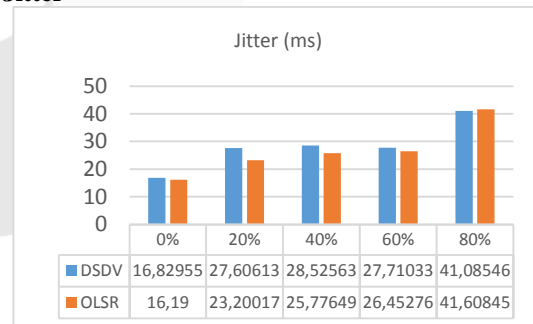
4.3.3 Pengaruh Background Traffic Terhadap PDR



Gambar 13. Nilai *PDR* berdasarkan perubahan Background Traffic

Berdasarkan data Gambar 13 terlihat bahwa nilai *PDR* mengalami tren penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah background traffic yang ada didalam jaringannya. Kedua routing proaktif tersebut memperlihatkan performansi rata-rata terhadap penambahan background traffic yang berbeda, yaitu untuk routing DSDV sebesar 12,51% dan untuk routing OLSR sebesar 12,4%. Penurunan nilai *PDR* disebabkan karena adanya background traffic yang ada pada jaringan sehingga menyebabkan meningkatnya kepadatan trafik. Peningkatan trafik ini berpengaruh terhadap node yang sudah tidak mampu lagi menangani paket yang menyebabkan congesti dan link breakage.

4.3.4 Pengaruh Background Traffic Terhadap Jitter



Gambar 14. Nilai *Jitter* berdasarkan perubahan Background Traffic

Berdasarkan data Gambar 14 terlihat bahwa nilai *Jitter* mengalami tren kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah background traffic yang ada didalam jaringannya. Kedua routing proaktif tersebut memperlihatkan performansi rata-rata jitter terhadap penambahan background traffic yang berbeda, yaitu untuk routing DSDV sebesar 23,62 ms dan untuk routing OLSR sebesar 22,2 ms. Peningkatan nilai *Jitter* disebabkan karena adanya background traffic yang ada pada jaringan sehingga menyebabkan meningkatnya kepadatan trafik. Peningkatan trafik ini berpengaruh terhadap node yang sudah tidak mampu lagi menangani paket yang menyebabkan congesti dan link breakage.

PENUTUP

Berdasarkan simulasi dan analisis data hasil simulasi dapat diambil kesimpulan:

1. Perancangan simulasi jaringan terintegrasi MANET-LTE berhasil dilakukan dengan memanfaatkan salah satu UE sebagai *double interface* yang dapat berperan seperti halnya eNode-B dimana dapat dijadikan salah satu alternatif darurat untuk tetap menyediakan layanan jaringan komunikasi untuk area yang tidak tercover maupun yang terdampak bencana
2. Rata-rata nilai Throughput terhadap peningkatan jumlah nodes untuk routing DSDV lebih baik dibandingkan routing OLSR yaitu sebesar 336,10 kbps berbanding dengan 333,13 kbps.
3. Rata-rata nilai Delay terhadap peningkatan jumlah nodes untuk routing OLSR lebih baik dibandingkan dengan routing DSDV yaitu sebesar 358,48 ms berbanding dengan 367,35 ms.
4. Rata-rata nilai PDR terhadap peningkatan jumlah nodes untuk routing DSDV lebih baik dibandingkan dengan routing OLSR yaitu sebesar 32,18 % berbanding dengan 31,92 %.
5. Rata-rata nilai Jitter terhadap peningkatan jumlah nodes untuk routing OLSR lebih baik dibandingkan dengan routing DSDV yaitu sebesar 52,09 ms berbanding dengan 52,64 ms.
6. Penggunaan *Index of Randomness α* pada mobilitas Gauss Markov tidak terlalu mempengaruhi nilai QoS suatu jaringan.
7. Gauss-Markov mobility mengasumsikan pergerakan mobile node berkorelasi dari waktu ke waktu dan dimodelkan sebagai proses stokastik.
8. Parameter α hanya mempengaruhi kecepatan dan arah dari mobile node.
9. Untuk mendapatkan kecepatan dan arah yang maksimum, *Index of Randomness α* harus diset 0.
10. Untuk mendapatkan kecepatan dan arah yang minimum, *Index of Randomness α* harus diset 1.
11. Rata-rata nilai Throughput terhadap peningkatan background traffic untuk routing DSDV lebih baik dibandingkan routing OLSR yaitu sebesar 132,6 Mbps berbanding dengan 131,61 Mbps.
12. Rata-rata nilai Delay terhadap peningkatan background traffic untuk routing OLSR lebih baik dibandingkan routing DSDV yaitu sebesar 279,98 ms berbanding dengan 271,77 ms.
13. Rata-rata nilai PDR terhadap peningkatan background traffic untuk routing DSDV lebih baik dibandingkan routing OLSR yaitu sebesar 12,51% berbanding dengan 12,4%.
14. Rata-rata nilai Jitter terhadap peningkatan background traffic untuk routing OLSR lebih baik dibandingkan routing DSDV yaitu sebesar 22,2 ms berbanding dengan 23,62 ms.
15. Perubahan topologi jaringan, jarak node, tipe dan ukuran data, kemampuan node, sistem antrian, background traffic serta performansi protokol routing berpengaruh terhadap nilai QoS suatu jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aderemi A. Atayero, M. K. (2011). 3GPP Long Term Evolution: Architecture, Protocols and Interfaces. *International Journal of Information and Communication Technology Research*, 306-310.
- [2] Anuj. K Gupta, D. H. (2010). Performance analysis of AODV, DSR & TORA Routing protocol. *IACSIT International Journal of Engineering and Technology*, 226-231.
- [5] Humaira Nishat, S. P. (2011). Performance Evaluation of Routing Protocols in MANETS. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 67-75.
- [6] Licata, Daniel R. Nychis George. The Impact of Background Network Traffic on Foreground Network Traffic. Carnegie Mellon University
- [7] P. Jacquet, P. Muhlethaler, T. Clausen, A. Laouiti, A. Qayyum and L. Viennot. Optimized link state routing protocol for ad hoc networks. *IEEE International Multi Topic Conference, 2001. IEEE INMIC 2001. Technology for the 21st Century.*, 2001, pp. 62-68.
- [8] Prakash Rai, Shakya Preeti.(2014). Effect of Mobility Models on the performance of Proactive and Reactive Routing Protocols. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 3, Issue 12, June 2014.*
- [9] Rohal, Pankaj & Dahiya, Ruchika & Dahiya, Prashant. 2013. Study and Analysis of Throughput, Delay and Packet Delivery Ratio in MANET for Topology Based Routing Protocols (AODV, DSR and DSDV). *India: International Journal for Advance Research in Engineering and Technology.*
- [10] Shekhar Srivastava, A. Y, (2013). Impact of Node Mobility of Routing Protocol on MANET. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 1424-1431.
- [11] Tanvi Shanbhag, A. H. (2015). Comparative Performance Analysis of AODV, DSDV and DSR for Wireless Devices. *International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 6, Issue 4.*
- [12] V. Timcenko, M. Stojanovic and S. Bostjancic Rakas. (2009). MANET Routing Protocols vs Mobility Models: Performance Analysis and Comparison. *International Conference on Applied Informatics And Communications*, 271-276.
- [13] X. Yang, Z. Sun, Y. Miao and H. Cruickshank. (2016). QoS Routing for MANET and Satellite Hybrid Network to Support Disaster Relives and Management. *IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, 1-5.