

Analisa Performansi Protokol *Routing* DTN *Maxprop* dan *Spray and Wait* Pada *Vehicular Ad Hoc* *Network* (VANET) : Bandung High Way

Sofia Nafila Putri^{1,*}, Leanna Vidya Yovita¹, Doan Perdana¹

¹ Prodi Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom

* E-mail : sofianafila@gmail.com

Abstrak. Kepadatan node yang tinggi berdampak besar pada konektivitas dan jangkauan jaringan VANET. Ketika jumlah node dalam jaringan menurun, jalur komunikasi *end-to-end* menjadi tidak stabil, *routing protocol* VANET tidak bisa menangani koneksi yang sering terputus-putus. Makalah ini melakukan penelitian bahwa performansi VANET bisa meningkat dengan Delay Tolerant Network meskipun pada jumlah kendaraan yang sedikit dan dengan kapasitas penyimpanan yang terbatas. Evaluasi terhadap algoritma *routing* Maxprop dan Spray and Wait dilakukan dengan memperhatikan pengaruh perubahan buffer size dan node volume terhadap *delivery rate* dan *latency*. Dari hasil simulasi didapatkan hasil bahwa perubahan ukuran media penyimpanan berpengaruh besar terhadap keberhasilan penyampaian pesan oleh MAXPROP dan Spray and Wait. Keberhasilan pencapaian pesan maksimum yang dicapai maxprop adalah 80% dengan kenaikan rata-rata sebesar 7.86% sedangkan Spray and Wait 62% dengan kenaikan rata-rata sebesar 9.88%. Perubahan tingkat kepadatan memberikan pengaruh paling besar terhadap kenaikan latency Spray and Wait.

Kata Kunci: *Delay Tolerant Network*, *Maxprop*, *Spray and Wait*, *Vehicular Ad Hoc Network*

1. Pendahuluan

Salah satu karakteristik dari *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET) adalah tingkat kepadatan *node* yang tinggi, tentunya hal ini berdampak pada konektivitas dan jangkauan jaringan *Ad Hoc* sehingga meningkatkan keberhasilan penyampaian pesan ke tujuan [1]. Tetapi pada kasus khusus dimana kepadatan *node* menurun dan kecepatan *node* sangat tinggi serta jangkauan radio yang terbatas mengakibatkan koneksi menjadi tidak stabil dan sering terputus, waktu pengiriman pesan yang singkat, topologi jaringan berubah secara drastis dan ketidakmampuan jaringan dalam memprediksi topologi selanjutnya, sehingga *delay* pengiriman pesan naik secara signifikan. Sistem komunikasi seperti ini tergolong pada kategori *Delay Tolerant Network (DTN)* [1][2][3][4][5][6][7].

Karena pada *DTN* tidak tersedia jalur komunikasi *end-to-end* yang tetap, maka skema perutean pesan pada jaringan *ad hoc* tradisional seperti DSR dan AODV akan gagal saat diterapkan. Skema perutean pesan reaktif akan gagal dalam menentukan jalur komunikasi *end-to-end* yang tetap sedangkan skema perutean pesan proaktif akan gagal menentukan keputusan karena banyaknya jumlah pesan yang dikirim untuk meng-*update* perubahan topologi jaringan yang terjadi sangat cepat [4]. Namun, bukan berarti pesan tidak bisa sampai ke tujuan. Penelitian ini akan membahas bagaimana konsep *DTN* mengatasi masalah ini. *DTN* menerapkan paradigma *Store-carry-forward* dalam pengiriman pesannya. Karena metode pengiriman pesan pada *DTN* berdasarkan kesempatan, ketika suatu *node* belum memiliki kesempatan untuk mengirimkan pesan, maka pesan akan disimpan dalam media penyimpanan yang dimiliki oleh setiap *node*.

Konsep *DTN* pada awalnya diterapkan untuk menunjang komunikasi bumi dengan pesawat luar angkasa atau antar pesawat luar angkasa dengan jarak antar planet yang sangat jauh. Namun, saat ini penerapan *DTN* tidak terbatas pada itu, contoh penerapan konsep *DTN* salah satunya pada jaringan bawah air, jaringan komunikasi satelit, daerah militer dan daerah yang terkena bencana alam sehingga infrastruktur jaringannya rusak, jaringan untuk memantau kehidupan alam liar serta sistem transportasi [1][4][5][8]. Keuntungan dari *DTN* adalah dapat mendukung komunikasi data bahkan sampai ke daerah pelosok yang minim infrastruktur .

Spray and Wait merupakan salah satu contoh protokol *routing* yang termasuk kedalam *replication based protocol*. Perbedaan Spray and Wait dengan algoritma *routing* berbasis replikasi

lainnya adalah proses replikasi pesan hanya bisa dilakukan oleh *node* sumber sedangkan protokol dengan skema replikasi lainnya memperbolehkan *node* lain selain *node* sumber untuk mereplikasi pesan [4].

Maxprop adalah algoritma yang berbasis pada penjadwalan dan prioritas antara paket yang akan ditransmisikan lebih dulu ke *node* tetangganya atau di-*drop*. Prioritas tersebut berdasarkan dari probabilitas jalur yang akan tersambung antara dua *node* berdasarkan data sebelumnya dan mekanisme komplementer lainnya seperti acknowledgement. Kekurangan dari algoritma routing ini adalah *cost* yang tinggi bila diterapkan pada skala jaringan yang besar [6].

Beberapa penelitian yang berfokus pada algoritma routing pada DTN belum menerapkan dan memperhatikan kasus yang terjadi pada VANET. Pada penelitian ini, kami melakukan evaluasi terhadap algoritma *routing* DTN Maxprop dan Spray and Wait yang diterapkan pada sebagai solusi dari masalah pada VANET yang timbul akibat kepadatan *node* yang rendah. Evaluasi dilakukan dengan memperhatikan pengaruh perubahan ukuran kapasitas penyimpanan pesan, dan kepadatan *node* dalam jaringan pada parameter kinerja jaringan seperti probabilitas keberhasilan pengiriman pesan, dan rata-rata *latency*. Penelitian ini dilakukan di ruas TOL Padalarang-Kopo, Bandung.

2. Penelitian Terkait

Vahdat dan Becker pada [9] melakukan penelitian mengenai daerah yang termasuk kedalam DTN. Dalam penelitiannya, iya mengusulkan algoritma routing DTN yang dinamakan Epidemic. Algoritma ini berbasis replikasi. Pesan dikirimkan ke seluruh *node* dalam jaringan secara acak seperti wabah Epidemic. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan peluang keberhasilan pengiriman pesan sampai ketujuan. Namun, banyaknya jumlah Salinan pesan yang berada dalam jaringan akan membebani jaringan. Hal ini juga akan meningkatkan jumlah konsumsi energi dalam jaringan serta meningkatkan nilai *overhead*.

Pengiriman pesan kepada *node* lain secara acak pada Epidemic diperbaiki oleh algoritma *routing* PRoPHET pada penelitian [10]. PRoPHET melakukan beberapa mekanisme dan perhitungan terhadap peluang yang dimiliki oleh suatu *node* untuk menyampaikan pesan ke tujuan. Pesan hanya dikirimkan ke beberapa *node* yang memiliki peluang besar untuk bertemu dengan tujuan dan menyampaikan pesan ke tujuan.

Kelebihan jumlah Salinan pesan yang terdapat dalam jaringan belum bisa diperbaiki oleh PRoPHET. Kelebihan jumlah Salinan ini dapat ditekan dengan membatasi kemampuan *node* untuk mereplikasi pesan. Spyropoulos et al. [4] membatasi jumlah Salinan pesan dalam jaringan dengan memberikan kemampuan untuk mereplikasi pesan hanya kepada *node* sumber. *Node* selain *node* sumber tidak dapat mereplikasi pesan. Penelitian [4] melakukan evaluasi terhadap performansi Spray and Wait dengan memperhatikan pengaruh kepadatan *node* dan jangkauan radio yang berbeda terhadap jumlah total *node* dalam jaringan yang bisa melakukan kontak atau komunikasi.

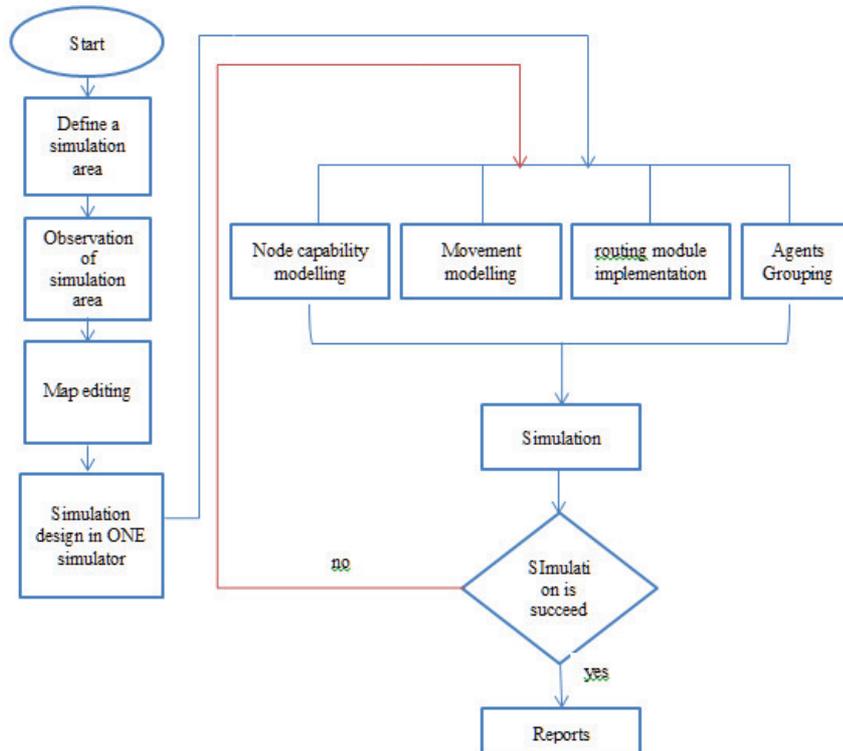
Maxprop [11] adalah algoritma routing DTN lainnya yang berbasis penjadwalan. Maxprop memberikan prioritas terhadap paket yang akan lebih dulu di teruskan atau paket yang lebih dulu akan di *drop*. Maxprop mengirimkan *Acknowledgment* kepada seluruh *node* dalam jaringan untuk menghapus pesan dalam *buffer* ketika pesan tersebut sudah diterima oleh tujuan. Penelitian [11] dilakukan pada jaringan kendaraan yang bergerak diatas rel. Penelitian [11] melakukan evaluasi terhadap performansi Maxprop dengan memperhatikan pengaruh perubahan ukuran kapasitas penyimpanan pesan, ukuran pesan, perubahan jangkauan radio setiap *node*, dan jumlah pesan yang dikirimkan setiap jam terhadap *latency*, dan peluang keberhasilan pengiriman pesan. Penelitian ini menggunakan *access point* 802.11b yang ditempatkan dalam setiap bis.

Penelitian ini menggunakan standar 802.11p sebagai acuan parameter VANET. penelitian ini berfokus pada kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tinggi di jalan TOL. Evaluasi terhadap performansi algoritma *routing* Maxprop dan Spray and Wait dilakukan dengan memperhatikan pengaruh perubahan kapasitas penyimpanan pesan (*buffer size*) dan kepadatan *node* dalam jaringan.

3. Simulasi dan Pemodelan Sistem

Pada penelitian ini, simulasi dilakukan di ruas jalan TOL Padalarang-Kopo, Bandung. Kami melakukan *survey* secara langsung terhadap daerah penelitian. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan

data karakteristik daerah penelitian yang valid, sehingga jaringan yang dirancang akan mendekati kondisi rill.



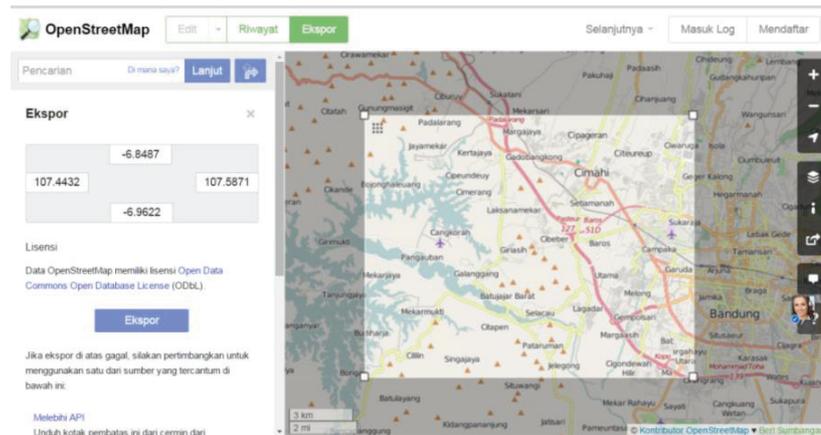
Gambar 4. Urutan Perancangan Simulasi

Gambar 1 menjelaskan mengenai urutan Perancangan simulasi yang dilakukan pada penelitian ini. Tahap pertama adalah perancangan daerah penelitian. Dimulai dari penentuan daerah yang akan dijadikan tempat penelitian dan selanjutnya observasi keadaan lapangan secara langsung. Informasi kepadatan *node* dan kecepatan rata-rata *node* pada daerah tersebut selanjutnya diolah dan menjadi masukan untuk perancangan jaringan simulasi pada simulator jaringan. Tahap perancangan selanjutnya adalah menentukan model pergerakan *node*, dilanjutkan dengan implementasi *routing module* pada rancangan simulasi.

3.1 Menentukan Daerah Penelitian

Dalam menentukan daerah penelitian, kita harus mengetahui kebutuhan karakteristik jalan yang akan digunakan saat simulasi, sehingga daerah yang dipilih dapat merepresentasikan keadaan rill dan mendukung tercapainya tujuan penelitian.

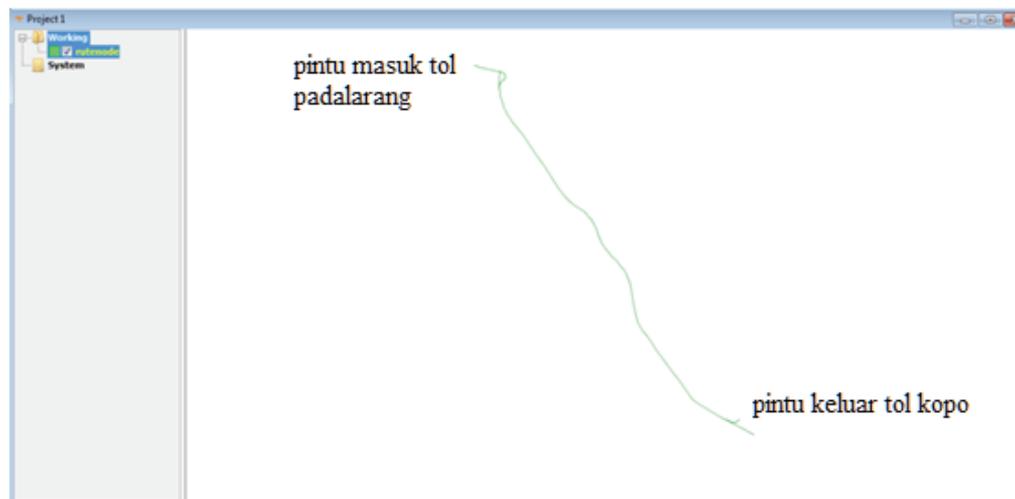
Pada penelitian ini, ruas jalan TOL Padalarang-Kopo dipilih sebagai daerah penelitian. Untuk merancang peta geografis daerah ini digunakan perangkat lunak *Openjump* dan *osm2wkt.jar* sebagai *converter* untuk mengubah format peta yang didapatkan dari *OpenStreetMap*. Untuk peta daerah yang diambil dari *OpenStreetMap* dapat dilihat pada Gambar 2. Format peta yang diunduh adalah (*.osm).



Gambar 5. Pemilihan Peta Daerah Penelitian Melalui OpenStreetMap

3.2 Membuat Rute Pergerakan Node dengan OpenJump

Peta yang didapat dari *OpenStreetMap* mengandung jalan selain jalan yang dibutuhkan sebagai rute pergerakan node, sehingga kita harus melakukan editing untuk mendapatkan rute yang dibutuhkan. Proses editing peta geografis ini dilakukan menggunakan program *OpenJump* yang berbasis Java. Karena *ONE* simulator mendukung format file *.wkt, maka sebelumnya telah dilakukan konversi dari format file *.osm ke format file *.wkt menggunakan program *osm2wkt.jar*. Gambar 3 menggambarkan proses konversi *format file* oleh *osm2wkt.jar*.



Gambar 6. Rute yang Dipilih Sebagai Rute Pergerakan Node

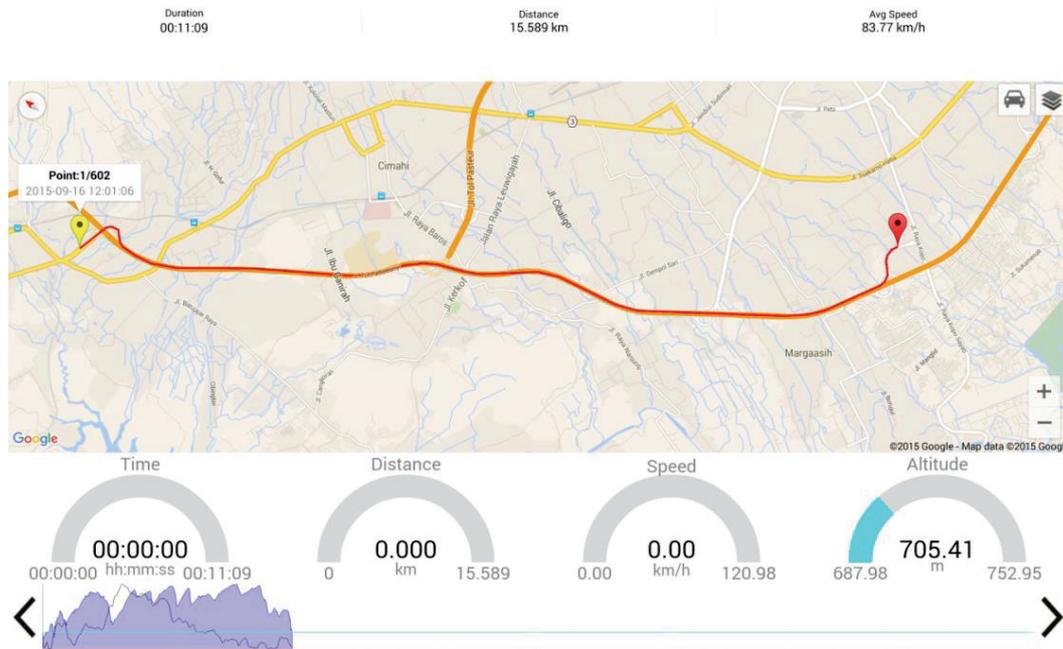
Selanjutnya luas peta keseluruhan dihitung dengan menghitung jarak berdasarkan sumbu x dan sumbu y. Informasi luas peta geografis ini digunakan sebagai masukan untuk simulasi menggunakan *ONE simulator*.

3.3 Menentukan Trafik Kendaraan

Karakteristik trafik kendaraan pada ruas jalan yang dijadikan rute pergerakan node terdiri dari tiga parameter yaitu kecepatan rata-rata kendaraan (Km/jam), volume kendaraan (smp/jam) dan intensitas kendaraan (smp/Km). Satuan dari ketiga parameter tersebut biasanya menggunakan satuan mobil penumpang (smp) [12].

Untuk mendapatkan nilai ketiga parameter tersebut diperlukan data Kecepatan kendaraan, total panjang jalan yang dilalui dan debit kendaraan yang masuk selama selang waktu tertentu. Informasi tersebut didapatkan dengan melakukan observasi langsung ke lapangan. Hal ini dilakukan agar data yang didapatkan lebih akurat dan simulasi yang dilakukan semakin mendekati kondisi riil.

Kecepatan kendaraan dan total panjang jalan yang dilalui didapatkan menggunakan aplikasi *Speedometer GPS* yang terhubung langsung dengan GPS sehingga data pergerakan kendaraan sampai perubahan kecepatan dapat terekam setiap detiknya. Debit kendaraan yang masuk ke pintu TOL padalarang dihitung menggunakan *counter* dalam selang waktu tertentu. Data pengamatan menggunakan aplikasi *Speedometer GPS* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 7. Data Hasil Penamatan menggunakan *Speedometer GPS*

Dari Gambar 4 didapatkan nilai kecepatan rata-rata kendaraan adalah 83.77 Km/jam dan total panjang rute yang dilalui adalah 15.589 Km. Perhitungan debit kendaraan yang masuk ke pintu TOL Padalarang adalah 960 smp/jam, sehingga dapat dihitung nilai intensitas kendaraan per Km adalah [12]:

$$\begin{aligned} \text{Intensitas} &= \frac{\text{Debit}}{\text{Kecepatan rata-rata}} \\ &= \frac{960 \text{ smp/jam}}{83.77 \text{ Km/jam}} = 11.45 \text{ smp/Km} \end{aligned} \quad (1)$$

Selanjutnya adalah perhitungan volume kendaraan adalah [19]:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Intensitas} \times \text{total jarak tempuh} \\ &= 11.45 \text{ smp/Km} \times 15.589 \text{ Km} \\ &= 178.49 \text{ smp} \approx 179 \text{ kendaraan} \end{aligned} \quad (2)$$

Informasi volume kendaraan selanjutnya akan menjadi parameter masukan untuk merancang skenario simulasi menggunakan *ONE simulator*.

3.4 Menentukan Model Pergerakan Kendaraan

Pada penelitian ini diinginkan node bergerak sesuai dengan jalur yang sudah ditentukan. *Node* bergerak mengikuti rute pada peta geografis. Tidak ada pertimbangan respon terhadap rambu-rambu contohnya lampu merah karena rute yang dilalui adalah jalan TOL. Oleh karena itu, model pergerakan yang digunakan adalah *MapBasedMovement*.

MapBasedMovement adalah model pergerakan yang sudah terintegrasi dengan *ONE simulator*. Model pergerakan ini mengharuskan node bergerak sepanjang jalan yang ditentukan pada sebuah peta. *ONE simulator* memiliki tiga jenis *MapBasedMovement* [13]. 1) *Random Map-based Movement (MBM)* jenis ini merupakan yang paling sederhana. *Node* bergerak secara *random* namun tetap mengikuti alur pada peta dan menghasilkan data yang kurang akurat, 2) *Shortest Path Map-*

Based Movement (SPMBM) *node* memilih satu titik yang dituju secara acak dan bergerak melalui jalan terpendek yang dapat dilalui menuju titik tersebut. Tempat tujuan dipilih secara acak atau berdasarkan *Point of Interest* (POI). POI dipilih berdasarkan tempat-tempat yang sering menjadi destinasi manusia seperti *restaurant*, tempat rekreasi, tempat perbelanjaan, tempat pengisian bahan bakar dan lain-lain, dan 3) *Routed Mab-based Movement* (RMB) *node* bergerak pada konstruksi jalan yang *fixed* seperti kereta dan bus.

4. Simulasi dan Evaluasi

Pada penelitian ini, simulasi dilakukan selama 720 detik. 720 detik adalah waktu yang dibutuhkan untuk bergerak dari pintu masuk TOL Padalarang sampai ke pintu keluar TOL Kopo. Pada simulasi ini, 179 *node* ditempatkan sepanjang 15.589Km dan bergerak dengan kecepatan rata-rata 83.77 Km/jam sampai 120.98Km/jam. Kecepatan transmisi yang digunakan pada simulasi ini adalah 9Mbps atau 1.125MBps. Pada penelitian [14] dikatakan bahwa kecepatan transmisi untuk VANET adalah 3Mbps sampai 21Mbps. Namun, karena Indonesia belum memiliki regulasi mengenai hal ini, maka nilai kecepatan transmisi yang dipilih adalah 9Mbps. Ukuran pesan yang dikirimkan adalah 1MB dengan ukuran kapasitas media penyimpanan adalah 90MB. Tabel 1 merupakan tabel parameter simulasi yang digunakan dalam penelitian ini.

Table 2. Tabel Parameter Simulasi

Standar Interface	Wifi 802.11p
Transmit range	250 m
Transmit speed	1.125MBps
Jumlah agents group	3 groups
Ukuran paket tetap	1MB
Ukuran Buffer tetap	90MB
Volume kendaraan tetap	179
Durasi simulasi	720 detik
Jumlah node sumber	5
Jumlah node relay	169
Jumlah node tujuan	5
Luas daerah penelitian	21392 x 24148 m

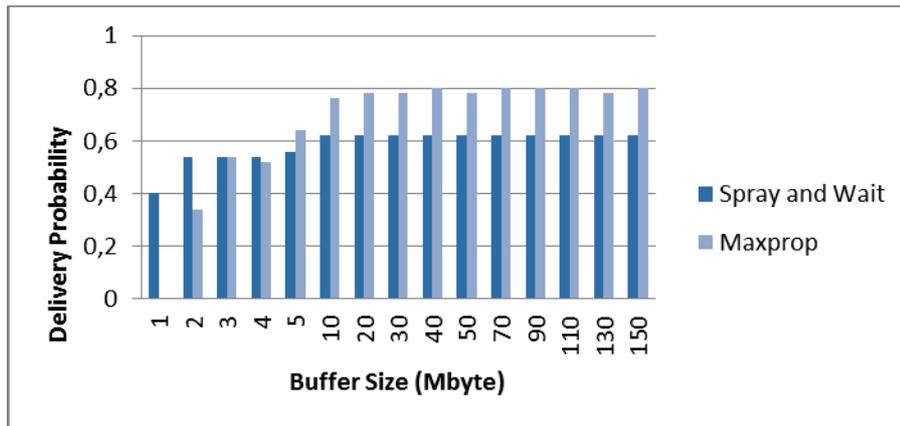
Evaluasi terhadap performansi algoritma *routing* Maxprop dan Spray and Wait dilakukan dengan memperhatikan pengaruh perubahan kapasitas media penyimpanan pesan dan kepadatan *node* terhadap keberhasilan pengiriman pesan dan rata-rata *latency*.

4.1 Perhitungan Peluang Keberhasilan Pengiriman Pesan

Peluang keberhasilan pengiriman pesan adalah perbandingan antara jumlah pesan yang diterima dengan jumlah pesan yang dikirim. Peluang keberhasilan pengiriman pesan dapat dituliskan secara matematis dengan :

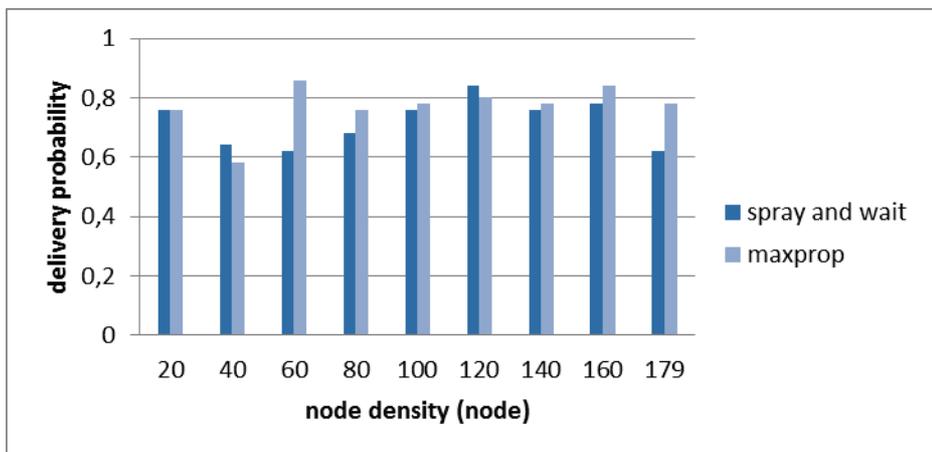
$$\text{Peluang Keberhasilan Pengiriman Pesan} = \frac{\text{jumlah pesan yang diterima tujuan}}{\text{jumlah pesan yan dikirim}} \quad (3)$$

Gambar 5 di bawah ini akan menggambarkan peluang keberhasilan pengiriman pesan (*Delivery Probability*) yang dicapai oleh Maxprop dan Spray and Wait yang dipengaruhi oleh perubahan ukuran kapasitas penyimpanan pesan (*buffer size*).



Gambar 8. Delivery Probability yang Dipengaruhi perubahan Ukuran Buffer

Keberhasilan pengiriman pesan tertinggi yang dicapai Spray and Wait adalah 62%, sedangkan Maxprop adalah 80%. Spray and Wait tidak mengalami perubahan performansi saat mencapai performansi tertinggi pada ukuran *buffer* efektifnya adalah 10Mbyte. Hal ini dikarenakan mekanisme Spray and Wait yang memberikan kemampuan untuk mereplikasi pesan kepada node sumber, sehingga jumlah pesan dalam jaringan selalu tetap sampai simulasi selesai. Hal ini mengakibatkan setelah Spray and Wait mencapai performansi maksimumnya, perubahan ukuran *buffer* tidak mempengaruhi performansi Spray and Wait. Maxprop membutuhkan kapasitas *buffer* yang lebih besar karena jumlah pesan yang diteruskan oleh Maxprop lebih besar dibandingkan Spray and Wait.



Gambar 9. Delivery Probability yang Dipengaruhi Perubahan Kepadatan Node

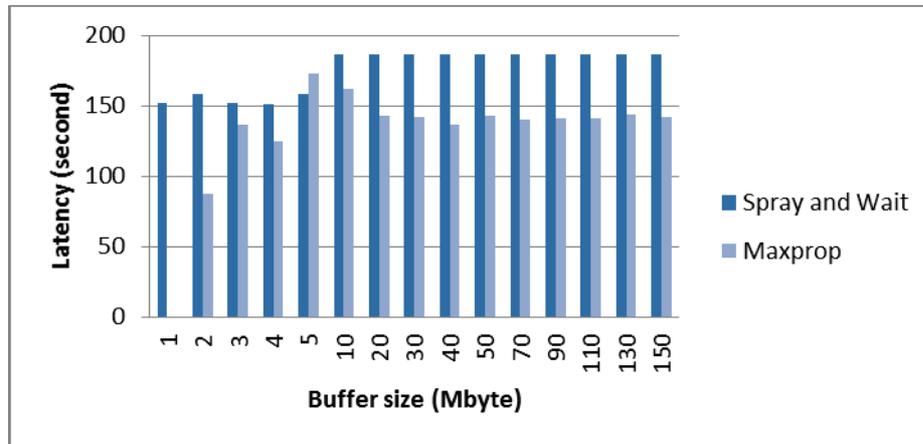
Gambar 6 menggambarkan peluang keberhasilan pesan yang dicapai Maxprop dan Spray and Wait yang dipengaruhi oleh volume kendaraan dalam jaringan. Kedua algoritma *routing* tersebut mengalami perubahan performansi yang kurang stabil. Dalam memperhatikan pengaruh kepadatan kendaraan terhadap performansi Spray and Wait, jumlah Salinan pesan efektif yang harus diinisiasi *node* sumber harus diperhitungkan. Dalam penelitian ini, jumlah Salinan pesan yang digunakan pada setiap kepadatan *node* adalah sama. Sehingga, performansi Spray and Wait mengalami perubahan yang tidak stabil. Sedangkan perubahan kepadatan kendaraan tidak memberikan pengaruh yang besar kepada Maxprop.

4.2 Perhitungan Latency

Rata-rata *latency* adalah rata-rata waktu pengiriman pesan dari mulai pesan dibuat sampai diterima oleh tujuan. Nilai rata-rata *latency* dapat dituliskan secara matematis dengan [15] :

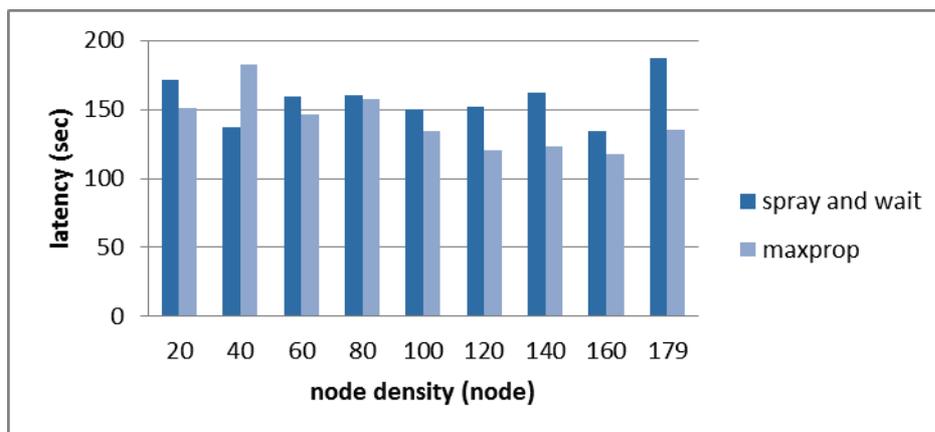
$$\text{Latency Averte} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Waktu pesan diterima} - \text{waktu pesan dikirim}}{\text{Jumlah pesan yang diterima oleh tujuan}} \quad (4)$$

Gambar 7 menggambarkan nilai rata-rata *latency* yang dicapai kedua algoritma *routing* yang dipengaruhi oleh perubahan ukuran *buffer*.



Gambar 10. Rata-rata Latency yang Dipengaruhi Ukuran Buffer

Spray and Wait membutuhkan waktu rata-rata 38 detik lebih lama dari Maxprop. Hal ini didiakitibatkan oleh mekanisme Spray and Wait dimana *node* tetangga hanya bisa membawa pesan pada *wait phase* sampai bertemu dengan node tujuan. Hal ini berbeda dengan Maxprop yang memperbolehkan *node* tetangga selain node sumber untuk mereplikasi pesan. Sehingga, waktu pesan sampai ketujuan yang dimiliki Maxprop lebih singkat dibandingkan dengan Spray and Wait.



Gambar 11. Rata-rata Latency yang Dipengaruhi kepadatan Node

Gambar 8 menggambarkan rata-rata *latency* yang dicapai oleh kedua algoritma *routing* yang dipengaruhi oleh perubahan kepadatan kendaraan. Spray and Wait mengalami kenaikan nilai *latency* rata-rata sebesar 2%. Spray and Wait memiliki nilai *latency* rata-rata 15 detik lebih lama dibandingkan Maxprop. Hal ini dikarenakan Spray and Wait harus melakukan komunikasi lebih banyak dengan beberapa *node* untuk memastikan apakah *node* tersebut adalah node tujuan atau bukan. Sehingga, nilai *latency* dari Spray and Wait naik. Hal sebaliknya terjadi pada Maxprop, karena mekanisme Maxprop yang mengirimkan pesan dengan sistem replikasi. Semakin banyak *node* yang terdapat dalam jaringan, jumlah Salinan pesan juga akan semakin banyak, dan pesan akan lebih cepat sampai ke tujuan.

5. Kesimpulan

Hal yang paling berpengaruh terhadap performansi algoritma Spray and Wait adalah kepadatan *node*. Akan lebih baik jika pengaruh perubahan ukuran pesan terhadap performansi Spray and Wait dianalisa. Sedangkan analisa terhadap pengaruh perubahan *buffer* terhadap performansi Maxprop lebih tepat dilakukan dibandingkan terhadap Spray and Wait. Hal ini dikarenakan performansi Maxprop ditentukan dengan kapasitas *buffer* yang menunjang pengiriman pesan dalam jumlah yang besar.

6. Daftar Referensi

- [1] J.Kurhinen, and J.Janatuinen, *Delay Tolerant Routing in Sparse Vehicular Ad-Hoc Networks*: Acta Electrotechnica et Informatica, Vol. 8, No. 3, 7–13, 2008.
- [2] M.Doering, T.Pogel, and L.Wolf,*DTN Routing in Urban Public Transport Systems*:Technische Universität Braunschweig Braunschweig, September, 2010.
- [3] J. Burgess, B. Gallagher, D. Jensen, and B. N. Levine, *Maxprop: Routing for vehicle-based disruption-tolerant networks*:25th IEEE International Conference on Computer Communications, INFOCOM, 2006.
- [4] T. Spyropoulos, K. Psounis, and C. S. Raghavendra. *Spray and wait: an ecient routing scheme for intermittently connected mobile networks*: In WDTN '05: Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Delay-tolerant networking, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [5] D.Niyato, P.Wang, and J.C.M.Teo. *Performance Analysis of the Vehicular Delay Tolerant Network*: School of Computer Engineering, Nanyang Technological University (NTU), Singapore Institute for Infocomm Research, Singapore
- [6] A.Abraham, and Jebapriya.S, *Routing strategies in Delay Tolerant Networks: a Survey*: International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). Volume 42, No.19, March, 2012
- [7] K. Fall, *A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets*: Intel Research Berkeley. February, 2003.
- [8] J.J.P.C. Rodrigues, *Advances in Delay-tolerant Networks(DTNs) Architecture and Enjanced*: Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials, 2015.
- [9] A. Vahdat, D. Becker, *Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks*: Technical Report CS-200006, Duke University, April, 2000.
- [10] C. Liu, J. Wu, *An Optimal Probability Forwarding Protocolin Delay Tolerant Networks*: Proceeding of AMC Mobihoc '09, 105-114, New York USA, 2009
- [11] J. Burgess, B. Gallagher, D. Jensen, and B. N. Levine, "*Maxprop: Routing for vehicle-based disruption-tolerant networks*," 25th IEEE International Conference on Computer Communications, INFOCOM 2006..
- [12] A. Muhtadi, D. Perdana, R. Munadi, *Performance Evaluation of AODV, DSDV, and ZRP Using Vehicular Traffic Load Balancing Scheme on VANETs*: School of Electrical Engineering, Telkom University, 2015.
- [13] A. Keranen, J. Ott, T. Karkkainen, *The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation*: SIMUTools, Rome. Italy, 2009
- [14] A. Huang,J. Bao, *Transmission Perofrmance Analysis fo VANET Based On 802.11p*: International Conference on Computational and Information Sciences, 2013
- [15] V.S.G.J.Soaes, J.J.P.C.Rodrigues, and F.Farahmand, *GeoSpray : A geographic routing protocol for vehicular delay-tolerant network*: Elsevier , 2011