

Efisien Epidemic: Pemilihan Jarak Terjauh dan Arah Pergerakan Kendaraan untuk Pendistribusian Pesan Darurat Pada Vehicular Delay Tolerant Network

Denar Regata Akbi^{*1}, Waskitho Wibisono²

^{1,2}Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
denar.regata12@mhs.if.its.ac.id^{*1}, waswib@if.its.ac.id²

Abstrak

VANET memiliki karakteristik mobilitas kendaraan yang tinggi dan perubahan topologi yang cepat, kondisi tersebut menimbulkan proses komunikasi data yang sering terputus-putus. Teknologi Vehicular Delay Tolerant Network (VDTN) dapat meminimalisir kondisi tersebut. Protokol Epidemic merupakan salah satu protokol yang digunakan untuk pendistribusian pesan pada jaringan vanet. Tetapi mekanisme pada protokol Epidemic menyebabkan jumlah pesan yang relatif banyak, sehingga berdampak pada proses pendistribusian pesan yang tidak efisien dan menurunkan kinerja dari jaringan. Masalah tersebut dapat diselesaikan menggunakan mekanisme pendistribusian pesan menggunakan protokol usulan dari peneliti, yaitu protokol e-Epidemic. Protokol e-Epidemic merupakan pengembangan dari protokol Epidemic dengan memperhatikan arah pergerakan kendaraan dan juga pemilihan kendaraan dengan jarak terjauh. Hasil penelitian berdasarkan jumlah pendistribusian pesan menunjukkan pada protokol e-Epidemic rata-rata jumlah pendistribusian pesan sebanyak 8% dan jumlah pesan penggunaan protokol Epidemic sebesar 92%. Dan berdasarkan nilai Delay, Protokol e-Epidemic hanya memiliki Delay sebesar 17% sedangkan Protokol Epidemic sebesar 83%.

Kata kunci: Vehicular Delay Tolerant Network, Protokol Epidemic, Protokol e-Epidemic, Pendistribusian pesan

Abstract

The characteristics of VANET are in its high mobility vehicle and the rapid change of its topology, which could possibly hamper the data communication process. Technology of Vehicular Delay Tolerant Network (VDTN) could minimize this issue. Epidemic protocol is the protocol in charge to distribute the messages in VANET. However, the mechanism of Epidemic protocol tends to process the messages in large amount at once, which causes inefficient distribution and decreases the network performance. The researcher purposes to solve this issue by using message distribution mechanism, namely e-Epidemic protocol. E-Epidemic protocol is the developing of Epidemic protocol by observing the vehicles' direction movement and also cognizing the farthest vehicles. The findings show that the average of message distributions for e-Epidemic protocol and Epidemic protocol are 8% and 92% respectively. Meanwhile, in term of Delay, e-Epidemic protocol and Epidemic protocol have 17% and 83% delay respectively.

Keywords: Vehicular Delay Tolerant Network, Epidemic protocol, e-Epidemic protocol, Message distribution

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Vehicular Ad hoc Network (VANET), merupakan sebuah teknologi baru yang potensial dalam hal menangani komunikasi data antar kendaraan yang bergerak, untuk melakukan komunikasi data antar kendaraan, VANET menggunakan pendekatan yang mengintegrasikan jaringan *ad hoc*, wireless LAN (WLAN), dan teknologi seluler [1]. VANET memiliki karakteristik mobilitas kendaraan yang tinggi dan perubahan topologi yang cepat [2]. Kondisi mobilitas yang tinggi dan perubahan topologi yang cepat pada jaringan VANET, berpotensi menimbulkan masalah ketika proses komunikasi data terjalin antar dua atau lebih kendaraan, yaitu terjadinya koneksi yang sering terputus-putus [3]. Masalah komunikasi data yang dihadapi VANET, perlu diminimalisir agar komunikasi data antar kendaraan dapat terjalin meskipun dengan kondisi koneksi sering terputus-putus. Kondisi tersebut dapat diminimalisir dengan menerapkan metode

Store Carry and Forward dari teknologi *Delay Tolerant Network* (DTN) [3], serta menggunakan metode tersebut jika koneksi antar kendaraan terputus atau belum adanya koneksi yang terjalin antar kendaraan, maka pesan disimpan sementara pada setiap kendaraan sampai terjalin koneksi dengan kendaraan lain [4]. Kombinasi teknologi VANET dan DTN dikenal dengan istilah *Vehicular Delay Tolerant Network* (VDTN) [3].

Protokol *Epidemic* dikembangkan berdasarkan kebutuhan untuk pendistribusian pesan secara efisien dalam jaringan. Ragam penelitian dalam hal pendistribusian pesan yang dikembangkan pada penelitian sebelumnya, menggunakan protokol *Epidemic* sebagai protokol dasar. *Epidemic algorithms for reliable and efficient information dissemination in vehicular* [5], *Prioritized Epidemic routing for opportunistic networks* [6] merupakan contoh pengembangan dalam hal pendistribusian pesan menggunakan protokol *Epidemic*. Kelemahan penggunaan protokol *Epidemic* dalam hal pendistribusian pesan adalah jika setiap *node* diizinkan untuk melakukan penularan pesan pada setiap *node* tetangganya, maka terdapat banyak pesan dalam jaringan, sehingga dapat menurunkan kinerja dari jaringan.

Pada kasus kendaraan darurat seperti ambulans, pendistribusian pesan darurat ke kendaraan lain efektif jika metode *broadcast* pada protokol *Epidemic* diterapkan dengan menggunakan mekanisme Multi Hop, tetapi hal tersebut menimbulkan beberapa masalah, (i) jika setiap kendaraan yang telah menerima pesan darurat dapat melakukan *broadcast* pesan ke kendaraan lain, hal tersebut menurunkan kinerja dari jaringan, (ii) jika dalam jaringan terdapat kondisi dimana jarak antar kendaraan terlampaui jauh, harus terdapat mekanisme penanganan pesan, apakah pesan harus disimpan terlebih dahulu sampai terdapat kendaraan lain yang bisa didistribusikan suatu pesan, atau pesan harus dibuang, (iii) jika pesan tanggap darurat terus didistribusikan oleh kendaraan lain pada jaringan, sedangkan posisi kendaraan darurat saat ini berada jauh dari posisi sebelumnya karena pergerakan, maka pesan yang didistribusikan oleh kendaraan lain tersebut dapat membebani jaringan karena sebenarnya pesan tersebut sudah tidak dibutuhkan lagi karena kendaraan darurat sudah berada di posisi lain. Dari beberapa masalah tersebut, strategi pendistribusian pesan yang efisien, handal, dan ketepatan pemilihan hop berikutnya serta penanganan pesan terhadap kondisi topologi VANET yang dinamis dan cepat berubah, merupakan suatu tantangan bagi peneliti untuk melakukan penelitian pada kasus pendistribusian pesan yang terjadi pada jaringan VANET.

Penelitian ini, peneliti mengusulkan perbaikan performa mekanisme pendistribusian pesan pada protokol *Epidemic* di lingkungan VANET, dengan melakukan pemilihan kandidat *node* yang bertugas untuk melakukan *re-broadcast* dan *carrier* pesan untuk meminimalisir jumlah pesan yang didistribusikan pada proses pendistribusian pesan, selain itu peneliti mengkombinasikan metode Store Carry and Forward untuk mengatasi kondisi topologi pada jaringan VANET yang dinamis.

1.2 Landasan Teori

1.2.1 Vehicular Ad hoc Network

Vehicular Ad hoc Network (VANET) merupakan sub-klas dari *mobile ad hoc network* (MANET) yang mempunyai karakteristik mobilitas tinggi dan koneksi yang bersifat *intermittent* [7]. VANET merupakan teknologi yang muncul untuk mengintegrasikan kemampuan jaringan nirkabel pada kendaraan. Ide dari jaringan VANET (i) Terdapat konektivitas antar kendaraan pada jalan raya (ii) Komunikasi yang efisien antar kendaraan pada jalan raya memungkinkan terbentuknya *Intelligent Transportation Systems* (ITS). Oleh karena itu, VANET disebut juga *Intervehicle Communications* (IVC) atau *Vehicle-to-Vehicle* (V2V) *communications* [8]. Perbedaan mendasar antara VANET dengan MANET adalah (i) setiap *node* bergerak dengan kecepatan yang sangat tinggi, (ii) perubahan topologi sangat dinamis, (iii) memiliki media penyimpanan dan sumber daya yang mencukupi, (iv) komunikasi sulit terjalin karena setiap *node* bergerak dengan cepat dan perubahan topologi sangat dinamis [9].

1.2.2 Delay Tolerant Network

Delay Tolerant Network (DTN) merupakan arsitektur jaringan yang dirancang untuk kondisi jaringan yang mempunyai karakteristik (a) konektivitas sering terputus-putus, (b) mempunyai waktu *delay* yang cukup lama, (c) kecepatan data bersifat asimetris, dan (d) mempunyai tingkat kesalahan pengiriman yang tinggi [10].

Mekanisme transmisi paket data pada DTN tidak memerlukan koneksi secara langsung antara *node* sumber dan *node* tujuan, tetapi transmisi paket data antara *node* sumber dan *node* tujuan dilakukan hop-by-hop dengan memanfaatkan *node* perantara yang terhubung dengan *node* sumber seperti terlihat pada Gambar 1 [11].

Gambar 1 (a) *node* A sebagai *node* sumber mengirimkan paket data ke *node* B sebagai *node* perantara, kemudian *node* B mengirimkan paket data ke *node* D sebagai *node* perantara selanjutnya, paket data yang diterima oleh *node* D disimpan terlebih dahulu karena tidak ada *node* perantara selanjutnya yang terhubung dengan *node* D. Gambar 1 (b) *node* D menyimpan dan membawa paket data sampai bertemu dengan *node* perantara selanjutnya, *node* D mengirimkan paket data ke *node* E, kemudian *node* E mengirimkan paket data ke *node* F sebagai *node* tujuan.



a. Paket data ditransfer ke *node* D, dan disimpan oleh *node* D

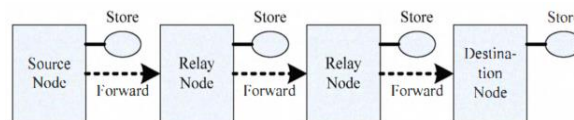
b. Paket data dikirimkan ke *node* E

Gambar 1. Gambaran Singkat Transmisi Jaringan DTN [11]

1.2.2.1 Metode Store Carry and Forward

Metode Store Carry and Forward, digunakan untuk menyelesaikan masalah pertukaran paket data pada jaringan DTN, mekanisme pertukaran paket data Store Carry and Forward mengadopsi pertukaran paket data pada sistem pos [11].

Masalah pertukaran paket data pada jaringan DTN yang menggunakan metode Store Carry and Forward terkait dengan tidak tersedianya jalur pengiriman *end-to-end*, konektivitas yang terputus-putus, dan *Delay* yang tinggi. Dengan menggunakan paradigma pertukaran pesan *store-and-forward* dengan memanfaatkan pergerakan *node* sebagai sarana untuk menyampaikan pesan, memungkinkan keseluruhan pesan pada jaringan DTN dapat diteruskan dari sebuah media penyimpanan pada sebuah *node* ke media penyimpanan pada *node* lainnya sampai *node* tersebut berkomunikasi dengan *node* lainnya dan kembali diteruskan ke *node* lainnya begitu seterusnya hingga mencapai *node* tujuan. Gambar 2 merupakan ilustrasi dari metode Store Carry and Forward pada DTN.



Gambar 2. Store Carry and Forward pada DTN [11]

1.2.2.2 Protokol Delay Tolerant Network

DTN mempunyai enam jenis protokol *routing* (i) *Direct Delivery* (DD), (ii) *First Contact* (FC), (iii) *Spray and Wait* (iv), *PROPHET* (v), *Max-Prop*, dan (vi) *Epidemic*. Mekanisme pengiriman paket data setiap protokol DTN mempunyai karakteristik yang berbeda, terdapat tiga jenis kategori pengiriman paket data berdasarkan jumlah paket data yang dikirimkan (i) *single-copy*, (ii) *n-copy*, dan (iii) *unlimited-copy* [12].

Kategori *single-copy*, hanya terdapat satu salinan dari setiap paket data dalam jaringan, protokol yang termasuk dalam kategori *single-copy* adalah *direct delivery* dan *first contact*. Kategori *n-copy*, terdapat beberapa salinan dari setiap paket data dalam jaringan, protokol yang termasuk dalam kategori *n-copy* adalah *spray and wait*, sedangkan kategori *unlimited-copy*, terdapat banyak salinan dari setiap paket data dalam jaringan, protokol yang termasuk dalam kategori *unlimited-copy* adalah *PROPHET*, *Max-Prop*, dan *Epidemic* [12].

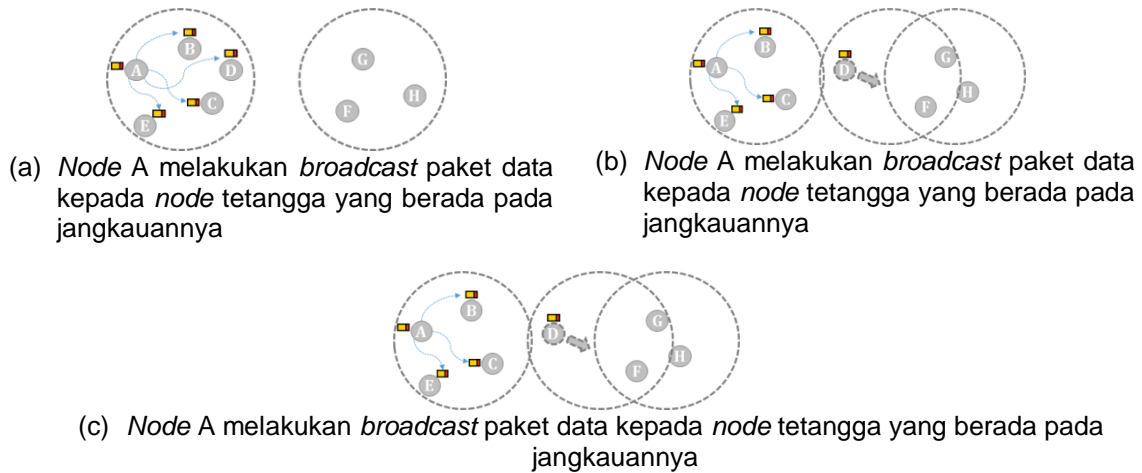
1.2.2.3 Protokol Epidemic

Protokol *Epidemic* merupakan salah satu protokol DTN yang termasuk dalam kategori protokol *unlimited-copy*, dengan menggunakan mekanisme *broadcast* untuk melakukan pengiriman paket data [12].

1.2.2.4 Mekanisme Kerja Protokol Epidemic

Mekanisme kerja dari protokol *Epidemic* adalah jika terdapat *node* yang memiliki paket data dan terdapat beberapa *node* tetangga yang berada pada jangkauannya, maka *node*

tersebut menuliri setiap *node* tetangga dengan paket data dan setiap *node* tetangga juga diizinkan untuk menuliri *node* tetangganya yang berada pada jangkauannya, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Mekanisme Pengiriman Paket Data Protokol Epidemic

1.2.3 Euclidean Distance

Euclidean Distance merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung jarak garis lurus antara titik X (X_1, X_2, \dots, X_n) dan titik Y (Y_1, Y_2, \dots, Y_n). Metode Euclidean Distance memiliki rumus pengembangan sesuai dengan keadaan ruang. Persamaan dibawah ini merupakan rumus Euclidean Distance yang digunakan untuk menghitung jarak dalam ruang dua dimensi. Perhitungan jarak menggunakan pada Euclidean Distance diberikan pada Persamaan 1.

$$d_{(x,y)} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

Pada penelitian ini, perhitungan menggunakan Euclidean Distance digunakan untuk menghitung jarak terjauh kendaraan yang berada didepan kendaraan pengirim, dimana kendaraan yang memiliki jarak terjauh dari pengirim dianggap dan dipilih sebagai kendaraan yang bertugas untuk melakukan *re-broadcast* dan *carrier* pesan.

1.2.4 Menghitung Arah Pergerakan Kendaraan

Perhitungan arah pergerakan kendaraan berfungsi untuk mengetahui suatu kendaraan bergerak searah atau sebaliknya dengan kendaraan pengirim. Perhitungan arah pergerakan kendaraan diberikan pada Persamaan 2.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

Pada penelitian ini, perhitungan arah kendaraan digunakan untuk melakukan pemilihan kendaraan yang searah dengan kendaraan pengirim, dimana kendaraan yang mempunyai pergerakan searah dengan kendaraan pengirim, merupakan kendaraan yang dipilih untuk dikirim pesan oleh kendaraan pengirim.

1.2.5 Simulator The One Opportunistic Network Environment (ONE)

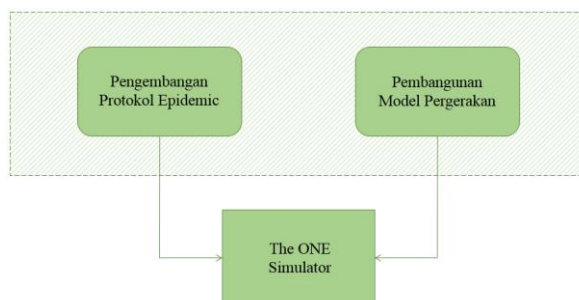
The Opportunistic Network Environment (ONE), merupakan simulator berbasis java yang fokus menawarkan simulasi DTN yang handal dan dapat dengan fleksibel dikembangkan dikemudian hari. *The ONE* dikembangkan secara modular sehingga memungkinkan untuk turut berpartisipasi dengan mengembangkan modul-modul yang terdapat di dalam simulator [12].

The ONE mensimulasikan *agent* DTN, yang disini disebut sebagai *node*, mempunyai kemampuan bertindak sebagai sebuah *router* dengan paradigma Store Carry and Forward. Setiap *node* mempunyai kapabilitas berupa kemampuan pergerakan, *routing* pesan, kapasitas penyimpanan, dan *interface wireless network* [12].

2. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan dibagi menjadi 2 tahap utama pembangunan sistem, yaitu tahap pengembangan modifikasi protokol *Epidemic* dan pembangunan model pergerakan

seperti terlihat pada Gambar 4. Dari beberapa tahapan tersebut, pembangunan sistem diimplementasikan dan disimulasikan menggunakan *The Opportunistic Network Environment* (ONE) simulator.



Gambar 4. Tahapan Pembangunan Sistem

Pada bagian tahap pengembangan protokol *Epidemic*, dapat dibagi lagi menjadi dua tahapan, (i) menganalisis kinerja dari protokol *Epidemic*, karena pengembangan protokol yang diusulkan memanfaatkan dan memodifikasi mekanisme kerja dari protokol *Epidemic*, (ii) dilakukan tahapan pengembangan protokol *Epidemic* yang berpedoman pada analisis yang telah dilakukan terhadap protokol tersebut, pada tahapan pengembangan ini dapat dibagi menjadi beberapa sub tahapan (ii.i) penambahan mekanisme pemilihan jarak *node* terjauh untuk melakukan *re-broadcast* dan *carrier* pesan (ii.ii) penambahan mekanisme *expired time* untuk membatasi berapa lama pesan dapat berada dan beredar dalam jaringan (ii.iii) penambahan mekanisme *spatial threshold* untuk membatasi pendistribusian pesan yang sudah tidak dibutuhkan lagi dalam jaringan dan yang terakhir (ii.iv) penambahan arah pergerakan kendaraan untuk membatasi pengiriman yang hanya dilakukan pada kendaraan yang berjalan searah dengan kendaraan pengirim.

Pada tahap pembangunan model pergerakan, dapat dibagi menjadi dua tahapan, (i) tahap pembuatan peta, pada tahap pembuatan peta dilakukan pembuatan sebuah peta sesuai dengan daerah perkotaan dimana terdapat belokan berupa pertigaan maupun perempatan, nantinya peta tersebut digunakan untuk media simulasi skenario–skenario yang direncanakan untuk menguji sistem yang lama maupun sistem yang baru dan, (ii) tahap pembuatan jalur pergerakan kendaraan dilakukan untuk membuat pergerakan setiap kendaraan pada peta, pada tahap ini dilakukan penarikan garis antara simpul satu dengan simpul yang lain sehingga terbentuk jalur pergerakan setiap kendaraan pada peta.

2.1 Parameter Pengujian Sistem

Parameter simulasi digunakan sebagai parameter utama dalam konfigurasi untuk menjalankan simulasi dan pengujian sistem seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pengujian Simulator

No	Keterangan	Detail
1	Simulator	<i>The ONE</i>
2	Waktu simulasi	<i>Unlimit</i> milisecond
3	Area simulasi	2000 m x 2000 m
4	Radius transmisi	110 meter
5	Model koneksi	<i>Intermittent Network</i>
6	Banyaknya kendaraan	10, 20, 30, 40, 50
7	Kecepatan kendaraan	10 km/jam – 80 km/jam
8	Model pergerakan	jalan perkotaan (<i>urban</i>)
9	Protokol	<i>Epidemic, e-Epidemic</i>

2.2 Skenario Pengujian Sistem

Skenario pengujian sistem dirancang untuk menguji kinerja dari sistem yang baru dan dibandingkan dengan sistem yang lama, skenario–skenario yang disusun dapat terlihat pada Tabel 2.

2.3 Evaluasi dan Analisis Hasil Pengujian Sistem

Pada bagian ini dilakukan evaluasi dan analisis hasil dari pengujian. Evaluasi dari sistem dilakukan dengan melakukan pengolahan data berupa pesan dalam jaringan. Hasil dari pengolahan data pada protokol *e-Epidemic*, dibandingkan dengan hasil dari pengolahan data pada protokol *Epidemic* untuk melihat sejauh mana peningkatan kinerja dari protokol yang diusulkan dengan menjalankan beberapa skenario pengujian yang telah dirancang dan parameter-parameter sesuai dengan ketentuan. Perbandingan hasil pengolahan data antara protokol *e-Epidemic* dan *Epidemic* dilakukan menggunakan Persamaan 3 dan Persamaan 4.

Tabel 2. Skenario Pengujian Sistem

No	Skenario	Keterangan
1	Pemilihan kendaraan terjauh sebagai kendaraan penerima dan kendaraan pengirim.	Penerapan pada kendaraan bergerak secara random dan dilakukan berulang kali dengan nilai indikator yang sama.
2	Arah pergerakan kendaraan pengirim dan kendaraan penerima.	Penerapan pada kendaraan bergerak secara <i>random</i> , digunakan untuk menentukan proses pengiriman pesan.
3	Banyaknya pesan yang dihasilkan pada Protokol <i>Epidemic</i> dan Protokol <i>e-Epidemic</i>	Penerapan pada kendaraan bergerak sesuai ketentuan, dengan nilai-nilai indikator yang sama pada kedua protokol.
4	Nilai <i>Delay</i> yang dibutuhkan dalam proses pengiriman pesan pada Protokol <i>Epidemic</i> dan Protokol <i>e-Epidemic</i> .	Penerapan pada kendaraan bergerak sesuai ketentuan, dengan nilai-nilai indikator yang sama pada kedua protokol.

$$P_{epidemic} = \frac{epidemic}{(epidemic + e - pidemic)} \times 100 \% \quad (3)$$

$$P_{e-epidemic} = \frac{e - epidemic}{(e - pidemic + epidemic)} \times 100 \% \quad (4)$$

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

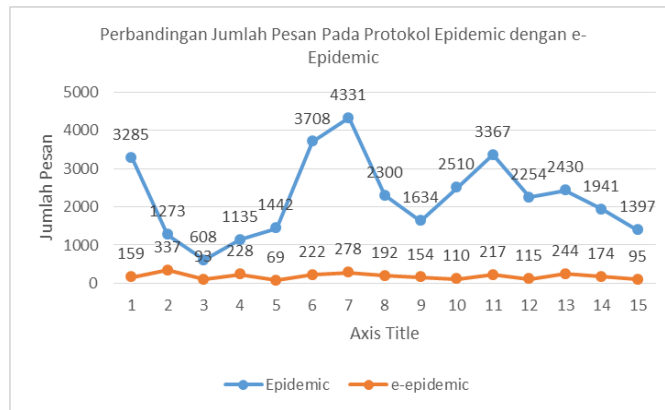
Pada penelitian ini, berfokus pada proses pendistribusian pesan yang berhubungan dengan jumlah pesan pada jaringan, pemilihan kendaraan dengan jarak terjauh dari kendaraan pengirim, arah pergerakan kendaraan, serta nilai *Delay* yang dihasilkan pada proses pendistribusian pesan antara kendaraan pengirim dengan kendaraan penerima, baik pada Protokol *e-Epidemic* dan Protokol *Epidemic*.

Tabel 3. Jumlah Pesan dalam Jaringan pada Protokol *Epidemic* dan *e-Epidemic*

Percobaan	Range Waktu (ms)	Jumlah Pesan <i>Epidemic</i>	Jumlah Pesan <i>e-Epidemic</i>
1	7000	3285	159
2		1273	337
3		608	93
4		1135	228
5		1442	69
6		3708	222
7		4331	278
8		2300	192
9		1634	154
10		2510	110
11		3367	217
12		2254	115
13		2430	244
14		1941	174
15		1397	95
Rata-Rata		2241	180

3.1 Pengujian Sistem terhadap Jumlah Pesan

Pada 15 percobaan yang dilakukan dalam rentang waktu 7000 ms, rata-rata pesan terdapat pada protokol *Epidemic* sebanyak 2241 pesan, sedangkan protokol *e-Epidemic* menghasilkan rata-rata sebanyak 180 pesan, sehingga dengan menggunakan Persamaan 3 dan Persamaan 4 menunjukkan bahwa pesan yang dimiliki oleh Protokol *Epidemic* sebesar 92%, sedangkan pada protokol *e-Epidemic* sebesar 8%. Data hasil uji terlihat pada Tabel 3 dan tertuang pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Jumlah Pesan dalam Jaringan pada Protokol Epidemic dan e-Epidemic

Tabel 4. Keterangan Kejadian Pemilihan Kendaraan dengan Jarak Terjauh

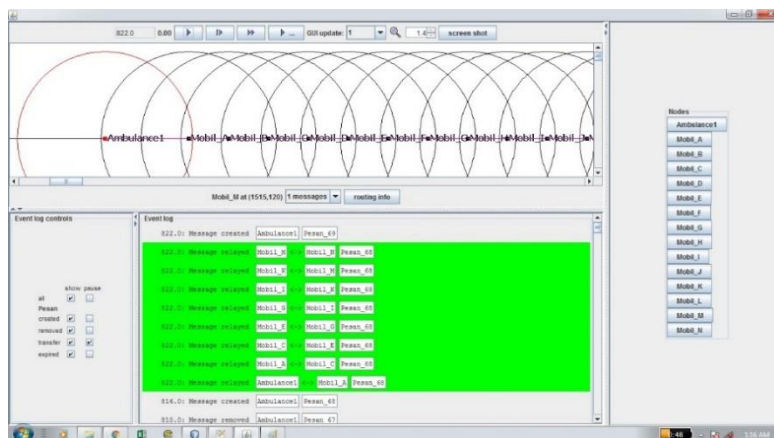
Percobaan ke-	Kendaraan Pengirim	Jumlah Kendaraan	ID Kendaraan	Jarak	Kendaraan Terpilih
1	Ambulance1	2	Mobil_B1, Mobil_C1	8, 33	Mobil_C1
2	Mobil_C1	2	Mobil_D1, Mobil_C2	42, 78	Mobil_C2
3	Mobil_A1	2	Mobil_D1, Mobil_C1	53, 77	Mobil_C1
4	Mobil_B2	2	Mobil_B2, Mobil_C1	83, 103	Mobil_C1
5	Ambulance1	2	Mobil_C1, Mobil_B1	92, 23	Mobil_C1
6	-	-	-	-	-
7	Ambulance1	2	Mobil_C1, Mobil_C2	67, 108	mobil_C2
8	Ambulance2	3	Mobil_A2, mobil_C1, Mobil_B1	22, 22, 27	Mobil_B1
	Mobil_A2	2	Mobil_C1, Mobil_B1	3, 7	Mobil_B1
	Mobil_A1	2	Mobil_A2, mobil_C1	108,108	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	108,108	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	107,107	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	108,108	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	102,102	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	102,102	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	108,108	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	108,108	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	107,107	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	108,108	Mobil_A2
	Ambulance1	2	Mobil_A2, mobil_C1	102,102	Mobil_A2
9	Mobil_A1	3	Mobil_D1, Mobil_C2, Mobil_A1	102,78, 12	Mobil_D1
	Mobil_A1	2	Mobil_D1, Mobil_C2	92, 88	Mobil_D1
10	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-
12	Ambulance2	2	Mobil_D1, Mobil_A2	7, 97	Mobil_A2
	Mobil_A1	2	Mobil_C2, Mobil_B2	88, 47	Mobil_C2
13	Ambulance2	2	Mobil_A2, Mobil_A1	52, 72	Mobil_A1
	Mobil_A1	2	Mobil_A2, Mobil_C1	18, 87	Mobil_C1
14	Mobil_A2	2	Mobil_D1, Mobil_C2	63, 47	Mobil_D1
15	-	-	-	-	-

3.2 Pengujian Sistem terhadap Pemilihan Kendaraan Terjauh

Pada bagian ini dilakukan pengujian dengan melakukan percobaan yang dilakukan sebanyak 15 kali dengan setiap percobaan dalam kurun waktu 10000 ms dan didapatkan 11 percobaan ditemukan pengiriman terjauh dan 4 percobaan tidak terjadi pengiriman terjauh. Dari 11 percobaan yang terjadi, kondisi pengiriman kendaraan dengan jarak terjauh dari kendaraan pengirim, paling banyak terjadi pada percobaan ke-8 dengan 13 kali kejadian. Data hasil uji terlihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 5. Kejadian Pemilihan Kendaraan dengan Jarak Terjauh

Percobaan	Range Waktu (ms)	Jumlah Kejadian (kali)
1		1
2		1
3		1
4		1
5		1
6		0
7		1
8	10000	13
9		2
10		0
11		0
12		2
13		2
14		1
15		0



Gambar 6. Hasil Pengiriman Pesan menggunakan Protokol e-Epidemic dengan Arah Pergerakan Kendaraan Searah

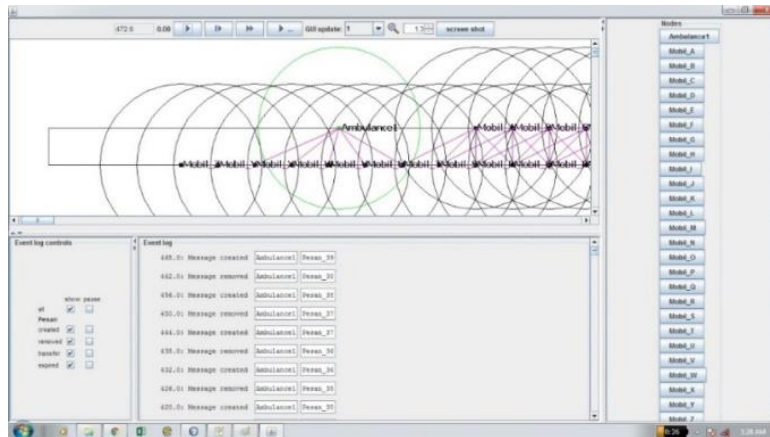
3.3 Pengujian Sistem terhadap Arah Pergerakan Kendaraan

Dalam pengujian ini dilakukan penerapan dari arah pergerakan kendaraan baik kendaraan pengirim dan penerima. Hal ini ditujukan untuk dapat mengetahui pengaruh dari pengiriman pesan terhadap kondisi arah pergerakan kendaraan. Dalam pengujian ini, diberikan ketentuan pengiriman pesan yang dapat dilakukan berdasarkan arah pergerakan kendaraan pengirim dan penerima, yaitu "pengiriman pesan hanya dapat dilakukan jika kendaraan pengirim dan penerima memiliki arah pergerakan yang sama atau searah dan lokasi kendaraan penerima berada di depan kendaraan pengirim". Hasil uji coba terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

3.4 Pengujian Sistem terhadap Nilai Delay

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan protokol e-Epidemic terhadap Delay pengiriman pesan. Menggunakan beberapa variasi dari jumlah kendaraan, dimana dengan variasi jumlah kendaraan maka dapat diketahui waktu yang diperlukan untuk dapat mengirimkan pesan sampai pada kendaraan tujuan. Variasi dari jumlah kendaraan yang

digunakan adalah 10 kendaraan, 20 kendaraan, 30 kendaraan, 40 kendaraan, dan 50 kendaraan. Data hasil uji terlihat pada Tabel 6 dan Tabel 7 serta grafik pada Gambar 8.



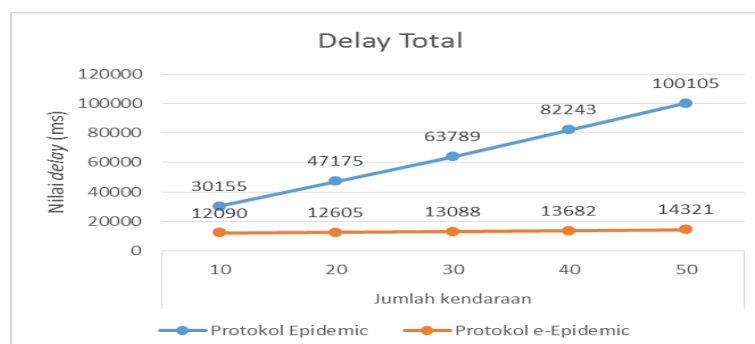
Gambar 7. Hasil pengiriman Pesan menggunakan Protokol e-Epidemic dengan Arah Pergerakan Kendaraan Dua Arah

Tabel 6. Hasil Pengujian terhadap Nilai Delay pada Protokol Epidemic dan e-Epidemic

Protokol	Jumlah kendaraan	Jumlah Pesan	Kendaraan Awal	Kendaraan Tujuan	t1 (ms)	t2 (ms)	t3 (ms)	Delay1 (ms)	Delay2 (ms)	Delay Total (ms)
e-Epidemic	10	34	Mobil4	MobilJ	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	11591	499	12090
	20	34	Mobil4	MobilJ1	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	11638	967	12605
	30	34	Mobil4	MobilJ2	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	11653	1435	13088
	40	34	Mobil4	MobilJ3	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	11700	1982	13682
	50	34	Mobil4	MobilJ4	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	11700	2621	14321
Epidemic	10	241	Mobil4	MobilJ	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	14025	16130	30155
	20	241	Mobil4	MobilJ1	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	13978	33197	47175
	30	241	Mobil4	MobilJ2	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	13869	49920	63789
	40	241	Mobil4	MobilJ3	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	14040	68203	82243
	50	241	Mobil4	MobilJ4	1.463E+12	1.463E+12	1.463E+12	14040	86065	100105

Tabel 7. Nilai Delay Total pada Protokol Epidemic dan e-Epidemic Berdasarkan Variasi Jumlah Kendaraan

Protokol	Jumlah Kendaraan				
	10	20	30	40	50
Epidemic	30155	47175	63789	82243	100105
e-Epidemic	12090	12605	13088	13682	14321



Gambar 8. Grafik Nilai Delay Total pada Protokol Epidemic dan e-Epidemic Berdasarkan Variasi Jumlah Kendaraan

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian “Efisien Epidemic: Pemilihan jarak terjauh dan arah pergerakan kendaraan untuk pendistribusian pesan darurat pada VDTN” antara lain:

1. Dihasilkan sebuah protokol usulan dari peneliti yang dinamakan dengan protokol *e-Epidemic*. Protokol *e-Epidemic* merupakan pengembangan dari protokol *Epidemic* yang dikhususkan pada perbaikan kinerja proses pendistribusian pesan. Proses pendistribusian pesan pada protokol *e-Epidemic* dilakukan dengan menambahkan pengecekan arah pergerakan kendaraan, pemilihan kendaraan dengan jarak terjauh dari pengirim.
2. Penerapan protokol *e-Epidemic* dengan pemilihan kendaraan dengan jarak terjauh dalam radius kendaraan pengirim dan penggunaan arah pergerakan kendaraan dapat mengurangi jumlah pesan aktif yang terdapat dalam jaringan. Jumlah pesan aktif yang dimiliki ketika menggunakan protokol *Epidemic* adalah 92% sedangkan pada protokol *e-Epidemic* sebesar 8%.
3. Nilai *Delay* yang dihasilkan pada proses pengiriman pesan dengan menggunakan Protokol *Epidemic* sebesar 83%, sedangkan dengan menggunakan Protokol *e-Epidemic* sebesar 17%.

Referensi

- [1] LI, Fan; WANG, Yu. "Routing in vehicular ad hoc networks: A survey." IEEE Vehicular technology magazine, 2007, 2.2: 12-22.
- [2] LAI, Peiyuan, et al. "A reliable broadcast routing scheme based on mobility prediction for VANET." In: Intelligent Vehicles Symposium, 2009 IEEE. IEEE, 2009. p. 1083-1087.
- [3] DE JESUS, Vasco Nuno da Gama, et al. "Improvement of messages delivery time on vehicular delay-tolerant networks." In: 2009 International Conference on Parallel Processing Workshops. IEEE, 2009. p. 344-349.
- [4] LI, Fan; WANG, Yu. Routing in vehicular ad hoc networks: A survey. IEEE Vehicular technology magazine, 2007, 2.2: 12-22.
- [5] VIDHALE, Bhushan; DORLE, Sanjay S. "Performance analysis of routing protocols in realistic environment for vehicular Ad Hoc networks." In: Systems Engineering (ICSEng), 2011 21st International Conference on. IEEE, 2011. p. 267-272.
- [6] JONSON, Thomas, et al. "Application of delay tolerant networking (DTN) in airborne networks." In: MILCOM 2008-2008 IEEE Military Communications Conference. IEEE, 2008. p. 1-7.
- [7] LU, Ziyi; FAN, Jianhua. "Delay/disruption tolerant network and its application in military communications." In: Computer design and applications (ICCD), 2010 international conference on. IEEE, 2010. p. V5-231-V5-234.
- [8] NEKOVEE, Maziar. "Epidemic algorithms for reliable and efficient information dissemination in vehicular ad hoc networks." IET Intelligent Transport Systems, 2009, 3.2: 104.
- [9] RAMANATHAN, Ram, et al. "Prioritized epidemic routing for opportunistic networks." In: Proceedings of the 1st international MobiSys workshop on Mobile opportunistic networking. ACM, 2007. p. 62-66.
- [10] HÄRRI, Jérôme; BONNET, Christian; FILALI, Fethi. "Kinetic mobility management applied to vehicular ad hoc network protocols." Computer Communications, 2008, 31.12: 2907-2924.
- [11] Warthman, F. (2003). "Delay-Tolerant Networks (DTNs)": A Tutorial v1. 1. Warthman Associates.
- [12] KERÄNEN, Ari; KÄRKKÄINEN, Teemu; OTT, Jörg. "Simulating Mobility and DTNs with the ONE." Journal of Communications, 2010, 5.2: 92-105.