

Studi Kinerja VANET *Scenario Generators*: SUMO dan VanetMobisim untuk Implementasi *Routing Protocol* AODV menggunakan Network Simulator 2 (NS-2)

Firdaus Nutrihadi, Radityo Anggoro, dan Royyana Muslim Ijtihadie
Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: onngo@if.its.ac.id

Abstrak— *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET) merupakan turunan dari MANET (*Mobile Ad Hoc Network*) sebagai inovasi baru dalam dunia teknologi yang membantu kebutuhan manusia dalam berkomunikasi. VANET dapat mendukung komunikasi langsung antara kendaraan (*Vehicle to Vehicle*) dan antara kendaraan-infrastruktur (*Vehicle to Infrastructure*) dengan adanya infrastruktur jaringan nirkabel. Namun, implementasi VANET di dunia masih sulit dilakukan sehingga banyak penelitian dilakukan dengan membuat simulasi menggunakan *mobility generator* dan *network simulator*. Pada makalah ini yang diteliti yaitu performa skema VANET yang dihasilkan oleh *mobility generator* SUMO dan Vanetmobisim. Penelitian ini menggunakan NS-2 sebagai simulator VANET dengan protokol reaktif AODV sebagai *routing protocol*.

Skenario VANET dengan peta berbentuk grid dan peta riil Sutomo, Surabaya digunakan pada kedua generator SUMO dan VanetMobisim dengan memvariasikan jumlah kendaraan simulasi. Matriks evaluasi kinerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah *packet delivery ratio*, *end-to-end delay*, dan *routing overhead*. Dalam ketiga skenario, performa *routing protocol* SUMO-AODV lebih baik. VanetMobisim-AODV, dikarenakan lebih banyak lalu lintas dan rute yang putus, menghasilkan performa yang baik namun masih di bawah pesaingnya.

Kata Kunci— VANET, SUMO, VanetMobisim, AODV, NS-2.

I. PENDAHULUAN

SAAAT ini perkembangan teknologi informasi dan komunikasi menjadi salah satu indikator kemajuan manusia. Salah satu teknologi yang membantu manusia dalam berkomunikasi dengan mudah adalah *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET). VANET termasuk dalam jaringan komunikasi nirkabel dan merupakan subkelas dari *Mobile Ad Hoc Network* (MANET). Jaringan VANET adalah suatu jaringan *Ad Hoc* yang digunakan untuk berkomunikasi antara kendaraan satu dengan kendaraan lainnya dengan kata lain disebut juga dengan *vehicle to vehicle communication* (V2V).

Implementasi VANET dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi sehingga penelitian ini dapat dilakukan untuk mempelajari sistem dengan baik. Simulasi dilakukan dengan menggunakan Network Simulator 2 (NS-2), salah satu simulator untuk jaringan VANET. Implementasi VANET di dunia nyata membutuhkan biaya yang sangat mahal dan

jangkauan luas sehingga tidak memungkinkan untuk diimplementasikan secara langsung.

Dalam sebuah jaringan, protokol *routing* merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap kinerja jaringan tersebut. Begitu pula dalam jaringan VANET, terdapat banyak protokol *routing* yang dapat diimplementasikan pada jaringan ini. Salah satunya adalah protokol *routing* AODV (*Ad hoc On demand Distance Vector*). Pada makalah ini, penulis menggunakan simulator SUMO dan VanetMobisim untuk dianalisis kinerjanya dalam implementasi protokol *routing* AODV yang akan diintegrasikan menggunakan NS-2.

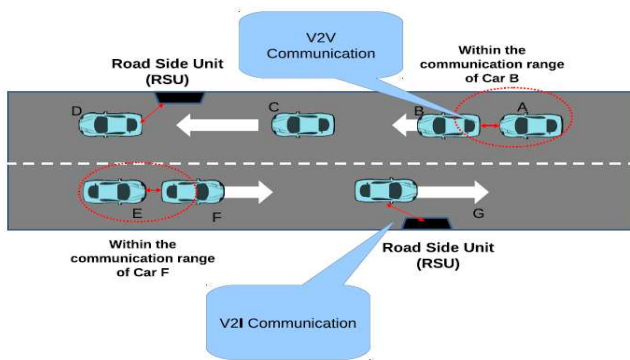
Alasan digunakan SUMO dan VanetMobisim ialah kedua generator ini masing-masing dapat mengimplementasikan skenario VANET ke dalam NS-2. Skenario VANET yang dimaksud berupa peta hasil *generate* baik berbentuk grid maupun peta nyata, kecepatan kendaraan, dan *traffic light* serta berbagai fitur yang mendukung kinerja simulasi VANET. Kedua generator ini banyak digunakan oleh para peneliti untuk menguji skema VANET.

Makalah ini membahas tentang studi kinerja dari skema VANET terhadap 2 generator, yaitu SUMO dan VanetMobisim dengan hasil akhir yang diharapkan adalah untuk mengetahui perbandingan kinerja jaringan VANET dalam beberapa skenario (peta berbentuk grid dan peta riil). Sedangkan manfaat yang ada pada pembuatan makalah ini adalah untuk menentukan konfigurasi yang tepat untuk menghasilkan skenario realistik pada VANET untuk implementasi *protokol routing* AODV. Adapun efisiensi protokol *routing* AODV diukur berdasarkan beberapa metrik performansi, yaitu *Packet Delivery Ratio* (PDR), *End-to-End Delay* pengiriman, dan *Routing Overhead*.

II. URAIAN PENELITIAN

A. *Vehicle Ad hoc Network* (VANET)

Sejumlah kendaraan yang terhubung satu sama lain melalui sebuah rangkaian *ad hoc* membentuk suatu jaringan nirkabel yang disebut *Vehicular Ad hoc Network*. *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET) merupakan kategori khusus dari *mobile ad hoc networks* (MANET's), ditandai dengan mobilitas tinggi dan konektivitas yang rendah.



Gambar 1. Skema VANET [11]

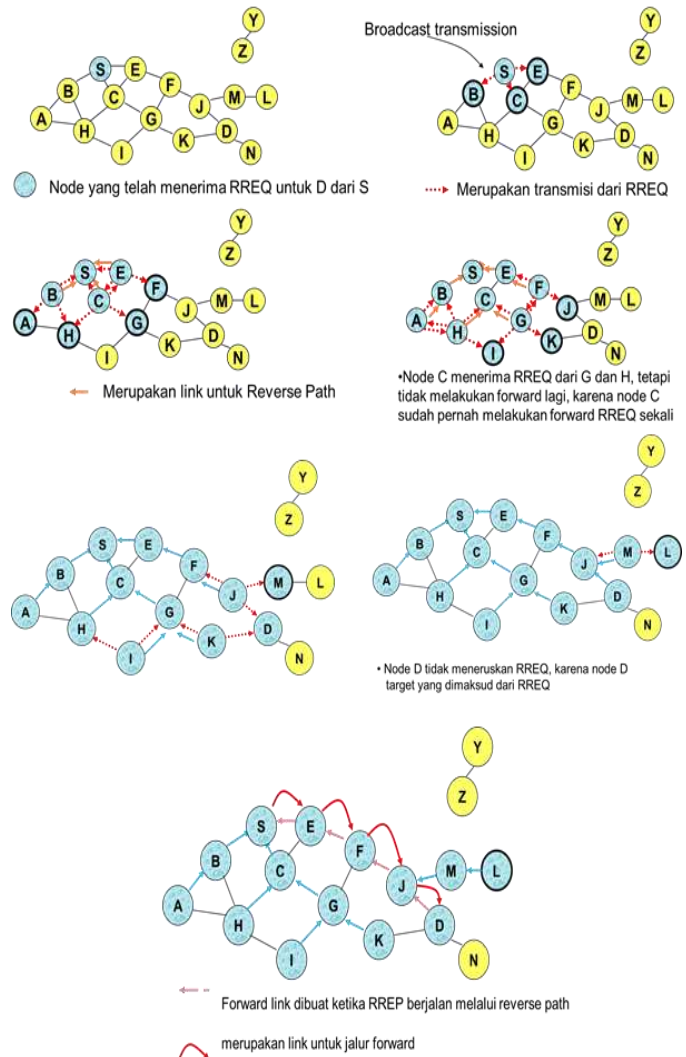
VANET juga dapat dikatakan sebagai sebuah jaringan terorganisir yang dibentuk dengan menghubungkan antar kendaraan dan RSU (*Road Side Unit*). Lebih lanjut RSU terhubung ke jaringan *backbone* berkecepatan tinggi melalui koneksi jaringan.

Kepentingan peningkatan baru-baru ini telah diajukan pada aplikasi melalui komunikasi V2V (*Vehicle to Vehicle*) dan V2I (*Vehicle to Infrastructure*), bertujuan untuk meningkatkan keselamatan mengemudi dan manajemen lalu lintas sementara bagi para pengemudi dan penumpang. Dalam VANET, RSU (*Road Side Unit*) dapat memberikan bantuan dalam menemukan fasilitas seperti restoran dan pom bensin serta mem-broadcast pesan yang terkait seperti kecepatan kendaraan kepada pengendara lain [1]. Sebagai contoh sebuah kendaraan dapat terhubung dengan lampu lalu lintas melalui komunikasi V2I dan lampu lalu lintas dapat memberikan informasi ke kendaraan ketika dalam keadaan lampu ke kuning atau merah. Ini dapat berfungsi sebagai tanda pemberitahuan kepada pengemudi dan akan sangat membantu para pengendara ketika mereka sedang berkendara selama kondisi cuaca buruk atau di daerah asing. Hal ini dapat mengurangi terjadinya kecelakaan. Melalui komunikasi V2V, pengendara bisa mendapatkan informasi yang lebih cepat dan lebih baik serta mengambil tindakan awal untuk menghadapi situasi yang abnormal. Untuk mencapai hal ini, suatu OBU (*On-Board Unit*) secara teratur menyiarkan pesan yang terkait dengan informasi dari posisi pengendara, waktu sekarang, arah pengemudi, kecepatan, status rem, lampu sen, percepatan/perlambatan, kondisi jalan [2].

B. Protokol Routing Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV)

AODV merupakan protokol *routing* yang bersifat *on-demand*. AODV termasuk kedalam klasifikasi *routing protocol* reaktif, yang hanya melakukan *request* sebuah rute saat dibutuhkan. Protokol *routing* ini dikembangkan oleh C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das tahun 2003 pada RFC 3561. *Route Request* (RREQ), *Route Reply* (RREP), and *Route Error* (RERR) adalah jenis-jenis pesan yang didefinisikan oleh AODV. Jenis pesan ini diterima melalui UDP.

AODV merupakan sebuah protokol *routing* dan berhubungan dengan manajemen tabel rute. Informasi tabel rute harus disimpan bahkan untuk rute pendek. AODV menggunakan *field-field* berikut dengan setiap entri tabel rute:



Gambar 2. Teknik pencarian rute dari AODV [3]

- *Destination IP Address*: berisi alamat IP dari *node* tujuan yang digunakan untuk menentukan rute.
- *Destination Sequence Number* : *destination sequence number* bekerjasama untuk menentukan rute
- *Next Hop*: ‘Loncatan’ (hop) berikutnya, bisa berupa tujuan atau *node* tengah, field ini dirancang untuk meneruskan paket ke *node* tujuan.
- *Hop Count*: Jumlah hop dari alamat IP sumber sampai ke alamat IP tujuan.
- *Lifetime*: Waktu dalam milidetik yang digunakan untuk *node* menerima RREP.
- *Routing Flags*: Status sebuah rute; *up* (valid), *down* (tidak valid) atau sedang diperbaiki [1].

C. Simulation of Urban Mobility (SUMO)

Simulation of Urban Mobility atau biasa dikenal dengan SUMO merupakan sebuah program *open source* simulator lalu lintas jalan yang memungkinkan pengguna untuk membangun simulasi pergerakan kendaraan pada topologi jaringan VANET yang disesuaikan. Pengimplementasian SUMO dimulai pada tahun 2001, dengan sebuah rilis *open source* tahun 2002, dikembangkan oleh Daniel Krajzewicz, Jakob Erdmann, Michael Behrisch, and Laura Bieker [4].

SUMO terdiri dari banyak *tools* yang memiliki fungsi yang berbeda. Berikut merupakan penjelasan beberapa fungsi *tools* yang dipakai guna mendukung pembuatan makalah ini:

- netgenerate.exe
- netconvert.exe
- randomTrips.py
- duarouter.exe
- sumo-gui.exe
- sumo.exe
- traceExporter.py

D. VanetMobisim

VanetMobisim adalah sebuah ekstensi untuk CANU Mobility Simulation Environment (CanuMobisim), sebuah kerangka kerja yang fleksibel untuk pemodelan mobilitas pengguna. VanetMobisim berbasis Java dan dapat melakukan generate jejak pergerakan dalam format yang berbeda, mendukung simulasi/emulasi yang berbeda untuk jaringan mobile (NS-2, Glomosim, QualNet). Awalnya VanetMobisim meliputi parser untuk standar peta di *Geographical Data Files* (GDF) dan menyediakan implementasi dari beberapa model mobilitas acak serta model dari dinamika fisika dan kendaraan.

Vanetmobisim memantau pergerakan dari kendaraan baik pergerakan makro maupun representasi pergerakan mikro untuk menentukan model dari pergerakan dalam simulasi. Mobilitas makro mencakup topologi jalan, struktur jalan (misal, uni-bi directional, single-multilane), batas kecepatan, dan keberadaan lampu lalu lintas. Konsep dari mobilitas mikro mencakup semua aspek yang berhubungan dengan interaksi antarkendaraan dan antar kendaraan-infrastruktur [5].

Karakteristik VanetMobisim adalah sebagai berikut.

- VanetMobiSim adalah sebuah *open source* mobility model generator
- Spesifik untuk VANET
- *Platform Independent Software*
- Mendukung spesifikasi mobilitas makro dan mikro
- Menggunakan *XML Code* untuk menentukan simulasi yang berbeda
- Telah divalidasi [6]

E. OpenStreetMap

OpenStreetMap adalah sebuah proyek kolaboratif berbasis web untuk membuat dan membangun peta geografis seluruh dunia secara gratis dan terbuka, dibangun sepenuhnya oleh sukarelawan dengan melakukan survei dan mengumpulkan data menggunakan perangkat GPS, fotografi udara, dan sumber bebas lainnya, dimanfaatkan untuk beragam kebutuhan termasuk navigasi. Siapapun dapat berkontribusi untuk OSM. OpenStreetMap dirintis pertama kali oleh Steve Coast di Britania Raya pada tahun 2004 [7].

F. JOSM

Java OpenStreetMap Editor atau biasa disingkat JOSM merupakan sebuah aplikasi desktop berbasis Java dan dapat dioperasikan pada sistem operasi seperti Windows, Mac OS, dan Linux. JOSM adalah alat penyunting bagi data OpenStreetMap. JOSM pertama kali dikembangkan oleh

Immanuel Scholz pada tahun 2005 [8]. Aplikasi ini tidak membutuhkan koneksi internet kala menyunting data OSM, sedangkan situs untuk mengunduhnya dapat diakses di josm.openstreetmap.de untuk mendapatkan versi terbaru dari aplikasi ini.

G. AWK

AWK adalah sebuah bahasa pemrograman yang biasanya digunakan sebagai ekstraksi data dan alat pelaporan. AWK diciptakan di Bell Labs pada Tahun 1970, dan merupakan singkatan dari nama belakang penciptanya, yaitu Alfred Aho, Peter Weinberger, dan Brian Kernighan. AWK atau juga disebut Gawk (GNU awk). AWK biasanya digunakan untuk analisis *log* yang panjang atau *grab* teks lalu dimodifikasi dengan hanya beberapa baris kode [9].

H. Network Simulator 2 (NS-2)

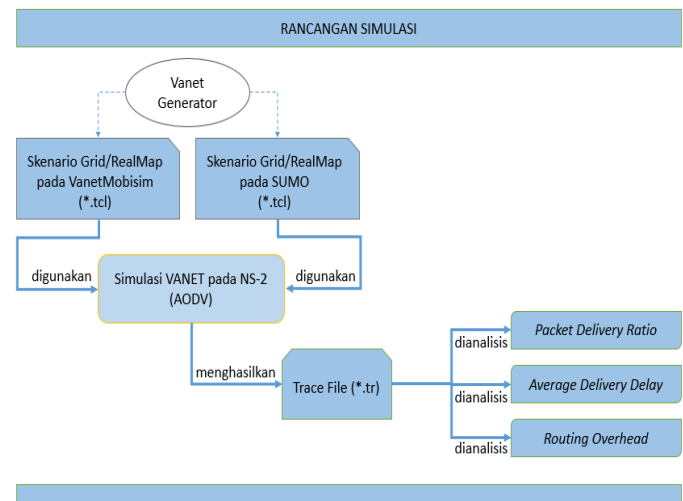
Network Simulator 2 atau biasa disingkat NS-2 merupakan sebuah network simulator yang dibuat dengan tujuan riset dan pendidikan. Awalnya, NS dibangun sebagai varian dari REAL Network Simulator pada tahun 1989 di UCB (University of California Berkeley) [10].

NS-2 merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat menampilkan secara simulasi proses komunikasi dan bagaimana proses komunikasi tersebut berlangsung. NS-2 melayani simulasi untuk komunikasi dengan kabel dan nirkabel. NS-2 memiliki beberapa fitur kelebihan yang dapat dimanfaatkan dalam pemodelan dan pengujian VANET. NS-2 memiliki tools validasi yang berfungsi untuk menguji validitas pemodelan yang ada pada NS-2. NS-2 bersifat *open source* dibawah GPL (*GNU Public Licence*), sehingga dapat diunduh melalui situs NS-2 di <http://www.isi.edu/nsnam/dist>.

III. PERANCANGAN

A. Deskripsi Umum

Pada paper ini, akan dilakukan analisis mengenai performansi metrik (*Packet Delivery Ratio*, *End-to-End Delay*, *Routing Overhead*) pada dua *generator*, yaitu SUMO dan VanetMobisim dalam pengimplementasian *routing protocol* AODV. Tahapan rancangan simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Rancangan Simulasi

B. Perancangan Skenario

Perancangan skenario mobilitas ujicoba VANET dimulai dari perancangan peta pergerakan *node*, pembuatan rute lalu lintas dan pengimplementasian pergerakan. Dalam paper ini, bagian perancangan peta pergerakan *node* menggunakan dua skenario peta, yakni peta grid dan peta riil. Peta grid adalah peta yang berupa serangkaian jalan saling berpotongan dan membentuk persegi. Peta grid ini menggambarkan lingkungan riil dalam bentuk yang sederhana. Peta ini digunakan sebagai tes awal implementasi dikarenakan peta grid seimbang dan stabil. Sedangkan pada peta riil, digambarkan sebuah lingkungan lalu lintas yang nyata. Pada penelitian ini, digunakan lingkungan lalu lintas di daerah Sutomo, Surabaya sebagai peta riil. Peta riil yang dimaksud hanya berupa jalur-jalur tanpa adanya infrastruktur.

1. Pembuatan peta pada SUMO

a) Pembuatan peta grid

Pembuatan peta grid diawali dengan menentukan ukuran peta yang digunakan (panjang dan lebar). Setelah menentukan ukuran, langkah selanjutnya ialah menentukan jumlah grid yang akan dibuat. Pada penelitian ini, digunakan peta yang berukuran 1500 m x 1500 m dan jumlah grid sebanyak 11. Alur pembuatan peta grid dapat dilihat pada

b) Pembuatan peta riil

Tahap awal pembuatan peta riil ialah dengan mencari daerah *real world* yang mendekati bentuk grid dan dengan mobilitas yang tinggi sehingga cocok untuk jaringan VANET. Pada penelitian ini, diperoleh daerah Sutomo, Surabaya sebagai objek peta riil. Proses pembentukan skenario diawali dengan menggunakan OpenStreetMap untuk melakukan *capture* peta. Selanjutnya dilakukan proses pengeditan pada peta hasil *capture* menggunakan aplikasi JOSM, agar peta dapat berjalan dengan baik saat simulasi.

2. Pembuatan peta pada VanetMobisim

a) Pembuatan peta grid

Pembuatan peta grid pada VanetMobisim dilakukan secara manual. Berbeda dengan SUMO, pada VanetMobisim tidak terdapat *tools* untuk membuat peta grid seperti “netgenerate”, sehingga satu-satunya cara ialah dengan membuat dari awal peta grid menggunakan *tools* yang disediakan, yaitu fitur *Select, Marquee* (*tools* untuk memilih *node* atau jalur), *Junction* (membuat sebuah tikungan atau persimpangan), dan *Road Element* (membuat sebuah elemen jalan)

b) Pembuatan peta riil

Tahapan awal pembuatan peta riil pada VanetMobisim ialah dengan melakukan *import* data dari OpenStreetMap dimana terdapat fitur khusus untuk melakukan *import* ini. Terdapat dua cara *import*, pertama dengan meng-*import* langsung melalui aplikasi VanetMobisim. Pada menu *OpenStreetMap* di dalam VanetMobisim, dapat dipilih secara langsung daerah mana yang akan di-*import*.

C. Perancangan Simulasi pada NS-2

Pada perancangan kode NS-2 dengan konfigurasi VANET, dilakukan penggabungan skenario mobilitas dengan skrip Tcl

yang dihasilkan saat pembuatan skenario selesai. Berikut perancangan sistem VANET untuk NS-2 yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Perancangan Simulasi

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Network Simulator	NS-2 versi 2.35
2	Routing Protocol	AODV
3	Waktu Simulasi	500 detik
4	Area Simulasi	1500 m x 1500 m
5	Jumlah Kendaraan (node)	50,75,100,dan 125
6	Radius Transmisi	250 m
7	Kecepatan maksimal	15 m/s
8	Tipe Data	Constant Bit Rate (CBR)
9	Source / Destination	Statik (node_1 ke node_0)
10	Interval Paket	1 paket per detik
11	Ukuran paket data	64 bytes
12	Protokol MAC	IEEE 802.11p
13	Modul Propagasi	TwoRay-Ground
14	Model Skenario	Peta Grid dan Peta Riil Sutomo
15	Tipe Kanal	Wireless Channel

IV. PENGUJIAN DAN EVALUASI

A. Kriteria Pengujian

Pengujian pada generator SUMO dan VanetMobisim menggunakan kriteria atau patokan yang sama. Pada Tabel 2. berikut menunjukkan kriteria-kriteria yang ditentukan didalam skenario.

Tabel 2. Kriteria Pengujian

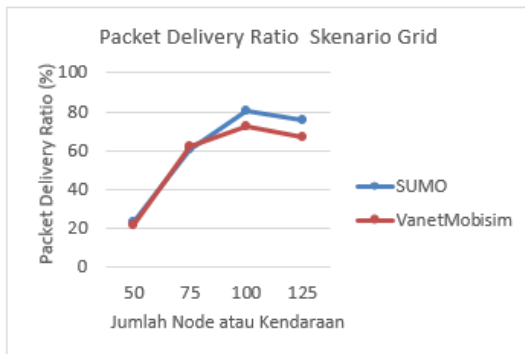
Kriteria	Spesifikasi
Jumlah Node	50,75,100,125
Kec. Maks Node (m/s)	15
Percobaan	10 percobaan per jumlah node
Pergerakan	Random (Acak)
Posisi Awal Node	Random (Acak)
Output	*.tcl

B. Analisis Packet Delivery Ratio

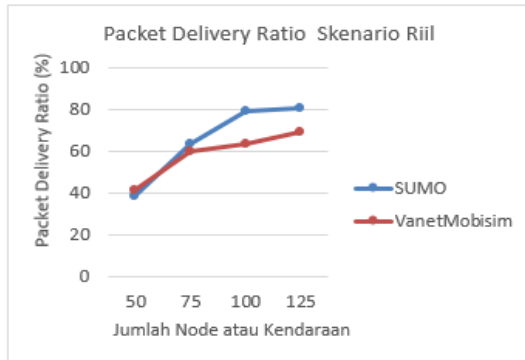
Grafik pada Gambar 4. dapat diamati bahwa performansi matriks *Packet Delivery Ratio* dari *routing protocol* AODV pada SUMO (garis biru) lebih baik dibandingkan dengan performansi *routing protocol* AODV pada VanetMobisim (garis merah). Nilai PDR yang diperoleh untuk keduanya berkisar antara 20%-80%. Untuk setiap kepadatan *node* bertambah, nilai dari PDR semakin meningkat dikarenakan paket yang terkirim tidak mengalami *broken link*, sehingga pengiriman paket data lebih banyak yang berhasil. Kedua performa *generator* mengalami penurunan ketika jumlah kendaraan atau *node* 125 meskipun tidak terlalu signifikan, yaitu sebesar 4.67% pada SUMO dan 5.67% pada VanetMobisim.

Grafik pada Gambar 5. menunjukkan performansi matriks PDR yang menggunakan *routing protocol* AODV pada skenario riil cenderung bernilai konstan antara 40%-80% dan stabil seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan atau *node*.

Naiknya performa protokol AODV pada masing-masing *generator* seiring bertambahnya kepadatan *node* disebabkan oleh jarak antar kendaraan atau *node* semakin kecil dan kemungkinan putusya komunikasi antar kendaraan sekitar juga mengecil.



Gambar 4. Grafik *Packet Delivery Ratio* Skenario peta grid



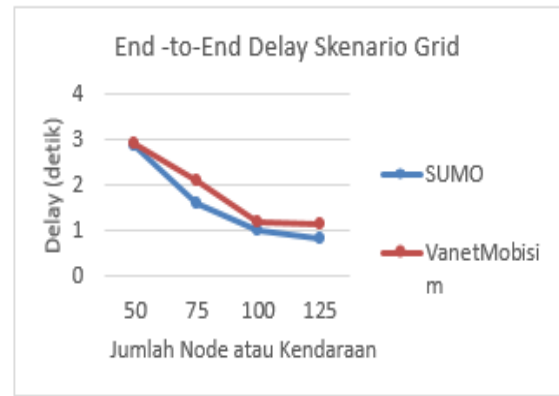
Gambar 5. Grafik *Packet Delivery Ratio* Skenario peta riil

Akan tetapi pada jumlah *node* 125 routing protocol mengalami penurunan performa, hal ini terjadi dikarenakan terjadi *queue* pada *node* penghubung sehingga paket data yang dapat dilewatkan hilang karena terlalu lama *queue* yang terjadi pada *node* penghubung tersebut. *Life time* sebuah paket akan habis masa waktunya sehingga paket akan di *drop*.

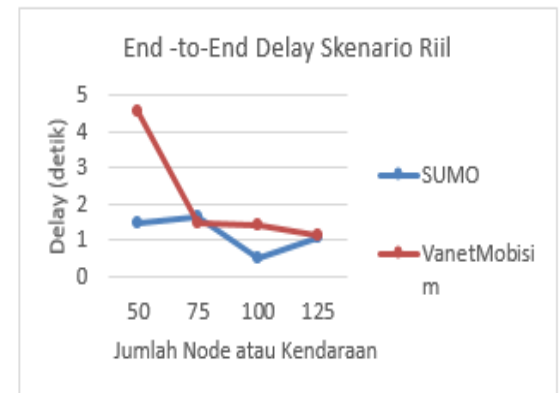
C. Analisis *End-to-End Delay*

Grafik pada Gambar 6. dapat diketahui performa *Delay* pada skenario peta *grid* untuk SUMO dibandingkan dengan VanetMobisim dan dari grafik ini juga dapat dilihat bahwa semakin padat sebuah jaringan maka semakin kecil nilai *delay*-nya. Pada jumlah *node* 50 *delay* yang terjadi hampir mencapai 3 detik pada SUMO. Peningkatan performa *delay* pada SUMO ditandai dengan semakin kecil nilai *delay* yang dihasilkan secara konstan menurun (lihat grafik). Karena semakin padatnya jaringan maka paket data yang dikirim mengalami *queue* dan saat *node* terputus koneksinya, maka kemungkinan *node* akan mem-*broadcast* pesan *Error* ke *node* tetangga dan dapat membuat *delay* serta paket *drop*. Namun, seiring bertambahnya kepadatan *node* maka pencarian rute yang terjadi akan lebih cepat sehingga *delay* dapat dikurangi.

Grafik pada Gambar 7. diketahui performa *End-to-End Delay* pada skenario *riil* untuk SUMO dan VanetMobisim mengalami perbedaan satu sama lain seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan. *Routing protocol* AODV pada SUMO memberikan performa yang lebih baik dibandingkan *routing protocol* AODV pada VanetMobisim. Grafik dengan arah menurun dari kiri ke kanan menandakan peningkatan performa berdasarkan jumlah *node*. Peningkatan performa *delay* pada SUMO terjadi pada jumlah *node* 75 dan jumlah *node* 125. Namun, penurunan performa terjadi pada jumlah *node* 50 dan 100. Sedangkan peningkatan performa *delay* pada VanetMobisim meningkat cenderung stabil namun



Gambar 6. Grafik *End-to-End Delay* Skenario peta grid



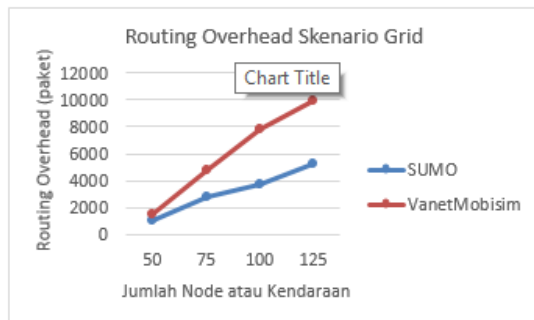
Gambar 7. Grafik *End-to-End Delay* Skenario peta riil

perbedaan *delay* antara jumlah *node* 75 dengan jumlah *node* 100 nilainya kecil sebesar 0.05 detik. Namun kenaikan performa menanjak tajam ketika jumlah kendaraan atau *node* 75 unit sebesar 3.04 detik.

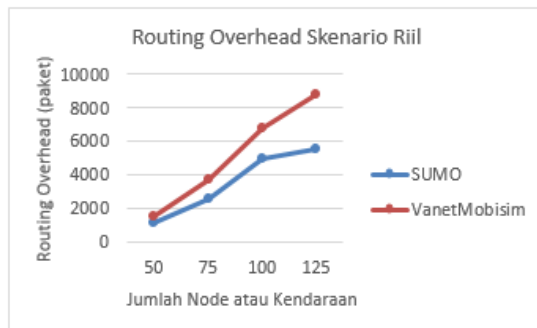
Delay yang besar terjadi pada VanetMobisim dikarenakan adanya rute-rute putus serta terjadinya *queue* sehingga menyebabkan data yang dikirim mengalami *delay* yang lama. Tidak hanya itu, pergerakan *node* yang dibuat secara acak dapat membuat *packet drop*. Dari grafik sebelumnya, dapat dilihat bahwa nilai *delay* pada skenario peta grid pada SUMO dan VanetMobisim cenderung bernilai kecil. Perbedaannya menunjukkan performa *delay* pada VanetMobisim lebih baik daripada SUMO. Nilai *delay* pada skenario riil pada SUMO dan VanetMobisim mengalami perubahan yang unik. Adanya kenaikan dan penurunan performa pada SUMO pada setiap variabel jumlah *node*. Namun, sama seperti pada peta grid, performa *delay* pada SUMO tetap lebih baik dibandingkan VanetMobisim.

D. Analisis *Routing Overhead*

Pada pengujian skenario peta grid dengan menggunakan SUMO dan VanetMobisim serta variasi jumlah kendaraan menunjukkan nilai *Routing Overhead* pada VanetMobisim naik secara signifikan dan tajam seiring dengan penambahan jumlah kendaraan dalam simulasi. Sementara SUMO mengalami kenaikan yang stabil (Gambar 8). Untuk pengujian *Routing Overhead* pada skenario riil dengan peta Surabaya juga mengalami kondisi yang sama seperti skenario *grid* dimana VanetMobisim mengalami kenaikan paket *routing* yang tinggi dan stabil sementara SUMO mengalami kenaikan paket *routing* yang cenderung stabil (Gambar 9).



Gambar 8. Grafik *Routing Overhead* Skenario peta riil



Gambar 9. Grafik *Routing Overhead* Skenario peta riil

Dari grafik diatas dapat diamati bahwa semakin padat jaringan maka semakin tinggi *Routing Overhead* yang terjadi dikarenakan banyaknya *node-node* penghubung yang harus dilewati oleh sebuah paket untuk mencapai tujuan. Perbedaan dan pergerakan posisi *node* saat terjadi pengiriman paket menyebabkan nilai *Routing Overhead* pada *routing protocol* AODV di SUMO lebih baik daripada VanetMobisim.

Hasil analisis yang dilakukan pada metrik-metrik diatas menyebabkan perbedaan diantara kedua generator, yaitu SUMO dan VanetMobisim. Faktor-faktor yang menyebabkan adanya perbedaan ini mengacu pada lokasi dan pergerakan pada *node* serta *delay-delay* yang terjadi. Pada analisis PDR dan RO, salah satu faktor yang dapat menyebabkan perbedaan hasil analisis yaitu *Packet Drop*. *Packet Drop* mempengaruhi kedua matriks tersebut karena semakin banyak paket yang *drop* maka nilai PDR nya pun akan semakin rendah. Semakin tingginya nilai RO maka *packet drop* semakin rendah dikarenakan pencarian rute lebih cepat dilakukan seiring bertambahnya kepadatan *node*. Untuk kepadatan jaringan yang sedikit menyebabkan *drop* paket semakin besar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dari uji coba dan evaluasi adalah sebagai berikut:

1. Protokol AODV memiliki performa yang tidak stabil pada VanetMobisim secara keseluruhan dan lebih rendah dibanding SUMO.
2. *Routing Overhead* meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan dalam skenario. Apabila dihubungkan dengan PDR, hasil RO berbanding terbalik dengan hasil PDR. Nilai PDR yang semakin besar memberikan RO yang semakin kecil.
3. Faktor yang mempengaruhi performansi pada jaringan ini adalah kepadatan *node* dan penempatan *node* tersebut. Faktor lainnya yang membedakan SUMO dan

VanetMobisim adalah posisi awal *node* dan pergerakan *node* yang diatur secara acak menyebabkan perjalanan paket-paket pada VanetMobisim sehingga dapat mengalami *queue* dan *packet drop* serta dengan rumitnya pencarian rute menyebabkan *delay* yang saat pengiriman paket ke *node* tujuan. *Packet Drop* ini menyebabkan perbedaan pada nilai PDR dan RO.

4. Perlu dilakukan modifikasi *pre-processing* terhadap mobilitas saat melakukan simulasi di dalam SUMO dan VanetMobisim agar adaptif terhadap perubahan mobilitas tinggi dan densitas kendaraan dalam lingkungan VANET.
5. Perlu dilakukan perubahan dan penambahan skema *traffic light* di dalam kedua generator untuk skenario peta riil Surabaya yang dimuat pada OpenStreetMap karena masih memiliki kesalahan dalam implementasi skenario nyata Surabaya.
6. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan terhadap VANET menggunakan NS2 beserta implementasi nyata pada kendaraan agar VANET benar-benar bisa diimplementasikan kedepannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua, keluarga, dosen pembimbing, dosen penguji, dan pihak-pihak lain yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam menyelesaikan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin, M. S. Hadi, H. Amran and N. P. R., "Analisis Performansi Routing AODV pada Jaringan VANet", Surabaya: ITS, 2011.
- [2] H. J. Zygmunt, M. R. Pearlman and P. Samar, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks, New York": Cornell University, 2002.
- [3] Sridhar Iyer, "Mobile Ad Hoc Networks," 20 December 2000. [Online]. Available: <http://www.it.iitb.ernet.in/~sri>. [Accessed 15 Nopember 201
- [4] M. Behrisch, L. Bieker, J. Erdmann and D. Krajzewicz, "SUMO – Simulation of Urban MObility", Berlin: German Aerospace Center, 2009.
- [5] "VanetMobiSim Project," [Online]. Available: [http:// vanet.eurecom.fr..](http://vanet.eurecom.fr..) [Accessed 29 Oktober 2015].
- [6] J. Haerri, F. Filali and C. Bonnet, "VanetMobiSim: Generating Realistic Mobility Patterns for VANETs," pp. 96-97, 2006.
- [7] "Gudang Linux," OpenStreetMap, 22 December 2013. [Online]. Available: http://gudanglinux.com/glossary/open_streetmap/. [Accessed 30 November 2015].
- [8] "Acordocoletivo," JOSM, 15 January 2011. [Online]. Available:<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/JOSM>. [Accessed 30 November 2015].
- [9] A. D. Robbins, "GAWK: Effective AWK Programming", Boston: Free Software Foundation, 2015.
- [10] T. Issariyakul and E. Hossain, "Introduction to Network Simulator NS2", Bangkok: Springer Science+Business Media, 2009.
- [11] G. Singh, N. Chakrabarty and K. Gupta, "Traffic Congestion Detection and Management Using Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs) In India," *International Journal of Advanced Computer Technology (IJACT)*, vol. 3, p. 24, 2014.