

Simulasi Perancangan VANET Pada Jak Lingko Koridor 6 Transjakarta

Muhammad Ramiz Kamal¹, Primantara Hari Trisnawan²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹kamalwoy@student.ub.ac.id, ²prima@ub.ac.id

Abstrak

Masyarakat yang lebih memilih menggunakan transportasi pribadi disebabkan oleh kurangnya sarana yang diberikan kepada pengguna transportasi publik. Selain kurangnya sarana yang diberikan, banyak kasus transportasi publik memiliki kendala pada keterlambatan pengiriman dan penerimaan data lokasi bus, contohnya TransJakarta. Keterlambatan data ialah informasi yang datang tidak sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, dari kasus keterlambatan data ini menyebabkan bus yang datang tidak sesuai pada waktu yang ditampilkan ke pengguna. Untuk memperbaiki keterlambatan data dapat diterapkan *Vehicular Ad-hoc Network* (VANET) ke dalam transportasi publik. Penerapan VANET dapat membantu pengukuran *delay* dan *throughput* dari *Road Side Unit* ke bus atau sebaliknya. Dari hasil pengukuran tersebut didapatkan informasi tentang lokasi terkini bus, yang nantinya akan dikirimkan ke halaman informasi pengguna (*Network Simulator*). Penerapan VANET pada sistem ini menggunakan *Network Simulator* dengan protokol Ad Hoc on Demand Distance Vector (AODV) protokol *routing* reaktif yang membentuk sebuah rute dari simpul sumber ke simpul tujuan berdasarkan pada permintaan simpul sumber dan komunikasi menggunakan antena. Dari hasil uji yang dilakukan nilai rata-rata *delay* yang didapatkan yaitu sebesar 79,86 *millisecond* (ms) dengan nilai minimal yaitu 0,009 detik, dan nilai rata-rata *throughput* yaitu 275,29 KB/s dengan nilai minimal yaitu 0 B/s. dari hasil yang didapatkan *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET) sendiri dapat menjamin *throughput* dan *delay* dari sebuah alur pengiriman data.

Kata kunci: transportasi publik, TransJakarta, VANET, network simulator, AODV, delay and throughput.

Abstract

People who prefer to use private transportation are due to the lack of facilities provided to users of public transportation. In addition to the lack of facilities provided, many cases of public transportation have problems with delays in sending and receiving bus location data, for example TransJakarta. Delayed data is information that does not arrive according to the predetermined time, from the case of this data delay, the bus that arrives does not match the time displayed to the user. To fix delayed data, the Vehicular Ad-hoc Network (VANET) can be applied to public transportation. The application of VANET can assist in measuring delay and throughput from the Road Side Unit to the bus or vice versa. From the measurement results, information about the current location of the bus will be obtained, which will be sent to the user information page (Network Simulator). The implementation of VANET in this system uses a Network Simulator with the Ad Hoc on Demand Distance Vector (AODV) reactive routing protocol that forms a route from the source node to the destination node based on the source node request and communication using an antenna. From the test results, the average delay value obtained is 79.86 milliseconds (ms) with a minimum value of 0.009 seconds, and an average throughput value of 275.29 KB / s with a minimum value of 0 B / s. From the results obtained, the Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) itself can guarantee the throughput and delay of a data transmission flow.

Keywords: public transportation, TransJakarta, VANET, delay and throughput, network simulator, AODV.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi modern saat ini sudah merambat ke sarana

transportasi. Teknologi informasi adalah perpaduan antara alur sistem, perangkat fisik dan aplikasi dengan tujuan untuk mengolah atau memproses data lalu mendistribusikan informasi (Brown, dkk, 2005). Pemanfaatan teknologi di era modern mulai masuk ke sektor transportasi sejak adanya transportasi *online*. Dua peran penting pada prasarana transportasi, meliputi: 1) sebagai media/alat bantu pendukung untuk pada sektor pembangunan di daerah perkotaan, dan 2) sebagai media/alat untuk melakukan perpindahan manusia atau barang yang muncul akibat adanya kegiatan di sebuah daerah yang padat. Terdapat tiga hal yang ada pada prasarana transportasi, yaitu adanya muatan yang diangkut, tersedianya kendaraan sebagai alat angkut, dan terdapatnya jalan yang dapat dilalui (Tamin, 1999).

Transjakarta merupakan sistem transportasi *Bus Rapid Transit* (BRT) yang mulai beroperasi pada tahun 2004 di Jakarta, Indonesia. Sistem ini didesain berdasarkan sistem *TransMilenio* yang sukses di Bogota, Kolombia. Transjakarta dibangun sebagai sarana transportasi pendukung aktivitas dalam jumlah besar yang ada ibu kota. Transjakarta mempunyai jalur sepanjang 208 kilometer (km) dan merupakan jalur terpanjang di dunia, dari jalur sepanjang 208 km Transjakarta membaginya menjadi 13 koridor (rute) meliputi 228 halte (tempat singgah sementara). Dari hasil survey yang diperoleh, koridor 6 adalah rute yang memiliki berbagai macam kondisi lalu lintas diantara 13 koridor yang dimiliki TransJakarta. Koridor 6 beroperasi dari Ragunan hingga Dukuh Atas 2 dengan 18 halte lainnya. Berbagai macam kondisi lalu lintas yang dilalui dari Ragunan hingga Dukuh atas ialah kemacetan yang berkepanjangan, pembangunan *underpass*, pembangunan *Light Rail Transit* (LRT) dan pembangunan jalan lainnya. TransJakarta dirancang dengan jalur khusus di mana kendaraan lain dilarang melintas. Pengalokasian jalur khusus untuk TransJakarta tersebut membuat lebar jalan yang digunakan untuk kendaraan pribadi menjadi semakin sempit. Penyempitan tersebut bertujuan agar masyarakat beralih menggunakan TransJakarta (PT. TransJakarta, 2016).

TransJakarta merupakan sarana transportasi publik yang terdapat di DKI Jakarta. Penerapan teknologi di sektor transportasi didefinisikan sebagai salah satu

bentuk penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan yang berjalan dengan memanfaatkan perkembangan ilmu pengetahuan berbasis aplikasi (Fajar, 2017). Sistem pembayaran dari TransJakarta memasuki tahap baru dimana penumpang hanya membayar satu kali dan dapat melakukan perjalanan dengan moda transportasi apapun termasuk angkutan kota (Angkot). Metode ini disebut dengan Jak Lingko (OkeTrip). Namun penerapan teknologi ini memiliki suatu kendala yaitu keterlambatan pada proses pengiriman dan penerimaan data lokasi bus. Keterlambatan data dapat disebabkan oleh banyaknya pengguna pada ruang lingkup yang sama atau kondisi geografis. Dari keresahan yang dialami masyarakat akan moda transportasi, masyarakat yang enggan menunggu angkutan kota biasanya memilih untuk menggunakan kendaraan pribadi untuk sampai ke tempat tujuan. Banyaknya masyarakat yang menggunakan kendaraan pribadi menyebabkan peningkatan volume kendaraan setiap tahunnya (Badan Pusat Statistik DKI Jakarta). Dampak dari meningkatnya *volume* kendaraan ialah terjadinya kemacetan di DKI Jakarta.

Dari kendala yang terjadi pada keterlambatan data bus, *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET) merupakan salah satu teknologi yang dapat melengkapi kekurangan dari Jak Lingko. VANET adalah jaringan *wireless ad-hoc* yang memiliki node-node jaringan berupa kendaraan dan berbagai perangkat infrastruktur telekomunikasi pendukung (Firdaus Nutrihadi, dkk. 2016). VANET memiliki beberapa protokol *routing* yaitu: *proactive routing*, *reactive routing*, dan *hybrid routing* (Mustafa dan Raja, 2010). Protokol *routing reaktif* adalah protokol yang bekerja berdasarkan permintaan untuk membuat rute baru atau perubahan rute. Contoh protokol *routing reaktif* adalah *Ad hoc On-demand Distance Vector* (AODV) protokol *routing reaktif* yang membentuk sebuah rute dari simpul sumber ke simpul tujuan berdasarkan pada permintaan simpul sumber, *Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector* (AOMDV) protokol yang dapat mengukur rute ganda, *Temporally-Ordered Routing Algorithm* (TORA) rute yang bersifat bisa berubah sewaktu-waktu karena bersifat sementara, dan *Dynamic Source Routing* (DSR) protokol yang beroperasi pada dua prinsip seperti *routing* dan *caching*. AODV memiliki kinerja yang lebih

baik daripada DSR dalam hal *throughput* dan *delay*. Protokol DSR lebih baik daripada AODV dalam hal paket *loss*, sedangkan AOMDV hanya unggul dalam hal penemuan rute (Yefa Mei, dkk. 2017).

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Vehicular Ad-hoc Network (VANET)

VANET merupakan pengembangan dari *Mobile Ad-hoc Network* (MANET) dengan implementasinya yang difokuskan pada *node* (*vehicle*). VANET membentuk jaringan *multi-hop* antar-*node* yang dapat digunakan untuk mengirimkan data kepada *node* lain ataupun *static intersection node* (Nakamura et al, 2010).

Karena VANET digunakan pada kendaraan serta diasumsikan memiliki perangkat GPS, maka informasi kecepatan, jalan, arah hingga mobilitas setiap *node* dapat diprediksi/tidak acak. Hal ini dapat membantu mempermudah pengiriman paket data (Menouar et al, 2007).

2.2 Road Side Unit

Road Side Unit adalah perangkat yang digunakan sebagai titik akses yang terdapat di sepanjang jalan. RSU berfungsi sebagai *node* untuk memberikan informasi kepada kendaraan serta sebagai akses pertukaran data baik antarkendaraan maupun kendaraan dengan infrastruktur.

2.3 Network Simulator

Network Simulator (NS) adalah *open source* pada simulator jaringan. *Network Simulator* dikembangkan pada tahun 1989 sebagai salah satu variasi simulator jaringan nyata (Chaudhary, 2012). *Network Simulator* memiliki beberapa versi antara lain, NS-2 dan NS-3. *Network Simulator* Versi 2(NS-2) memiliki komponen pembangun aplikasi yang menunjang kinerja dari simulator, *Network Simulator* v2.35 mendukung teknologi jaringan yang digunakan saat ini seperti WLAN, MANET, *Wireless Sensor Networks* (WSN), *Internet of Things* (IoT), VANET dan lainnya. (Meenaghan and Declan, 2004).

2.4 Ad-Hoc on Demand Distance Vector (AODV)

Ad Hoc on Demand Distance Vector (AODV) adalah salah satu jenis protokol *routing reactive* pada VANET dimana AODV menggunakan algoritme *distance vector* yang memungkinkan suatu *node* mengetahui *node* di

sekitarnya beserta jarak yang dibutuhkan (Perkins, dkk 2003).

2.5 Delay

Delay merupakan hasil dari waktu tempuh yang terjadi pada saat pengiriman data dari pengirim ke penerima. *Delay* dapat dirumuskan dengan $d = L/R$ di mana d adalah *delay* (sec), L adalah panjang paket (*bit*) dan R adalah kecepatan (*bit per second*) (Kurose dan Ross, 2013).

2.6 Throughput

Throughput yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam *bit per second* (bps). *Throughput* adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses selama interval waktu tertentu dibagi oleh interval waktu tersebut (Yanto, 2013). Jika F (*bit*) adalah *file* yang dikirimkan dan T (detik) adalah waktu pengiriman, maka $throughput = F/T$ (bit/detik). (Kurose dan Ross, 2013).

2.7 TransJakarta

TransJakarta adalah sebuah sistem transportasi publik berupa *Bus Rapid Transit* (BRT) pertama di Asia Tenggara yang beroperasi sejak tahun 2004 di Jakarta, Indonesia. TransJakarta merupakan transportasi massal yang diadaptasi dari *Transmilo* yang sudah operasikan terlebih dahulu di Bogota, Kolombia. TransJakarta dirancang sebagai transportasi massal pendukung aktivitas ibukota yang sangat padat. Transjakarta memiliki sistem BRT terpanjang di dunia (230,9 km panjangnya) pada tahun 2017, dengan 13 koridor utama dan 10 rute lintas koridor. Selain itu ada 18 rute pengumpan yang digunakan pengguna untuk pindah ke kota-kota di sekitar Jakarta dan menggunakan bus khusus yang memungkinkan untuk naik di tingkat dasar atau platform stasiun Transjakarta. Transjakarta memiliki total 80 rute (koridor, lintas rute & rute pengumpan) pada akhir 2016. Koridor 6 adalah rute yang memiliki berbagai macam kondisi lalu lintas diantara 13 koridor yang dimiliki TransJakarta. Koridor 6 beroperasi dari Ragunan hingga Dukuh Atas 2 dengan 18 halte lainnya. Berbagai macam kondisi lalu lintas yang dilalui dari Ragunan hingga Dukuh atas ialah kemacetan yang berkepanjangan, pembangunan *underpass*, pembangunan *Light Rail Transit* (LRT) dan pembangunan jalan lainnya. (PT. Transportasi Jakarta, 2016).

2.7.1 Data TransJakarta

Data TransJakarta adalah data yang diperoleh untuk mengetahui jarak perjalanan bus dari halte ke halte.

Tabel 1 Jarak Antar Halte.

| Halte | Jarak |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Ragunan-Departemen Pertanian | ±2100 meter (2,1 km) |
| Departemen Pertanian-SMK 57 | ±450 meter (0,45 km) |
| SMK 57- JatiPadang | ±700 meter (0,7 km) |
| Jatipadang –Pejaten | ±900 meter (0,9 km) |
| Pejaten-Buncit Indah | ±450 meter (0,45 km) |
| Buncit Indah-Warung Jati | ±1400 meter (1,4 km) |
| Warung Jati-Imigrasi Jaksel | ±3400 meter (3,4 km) |
| Imigrasi Jaksel-Duren Tiga | ±550 meter (0,55 km) |
| Duren Tiga-Mampang Prapatan | ±1100 meter (1,1 km) |
| Mampang Prapatan-Kuningan Timur | ±800 meter (0,8 km) |
| Kuningan Timur-Patra Kuningan | ±600 meter (0,6 km) |
| Patra Kuningan-Departemen Kesehatan | ±700 meter (0,7 km) |
| Departemen Kesehatan-GOR Sumantri | ±850 meter (0,85 km) |
| GOR Sumantri-Karet Kuningan | ±350 meter (0,35 km) |
| Karet Kuningan-Kuningan Madya | ±550 meter (0,55 km) |
| Kuningan Madya-Setia Budi Aini | ±500 meter (0,5 km) |
| Setiabudi Utara Aini-Latuharhari | ±1000 meter (1 km) |
| Latuharhari-Halimun | ±900 meter (0,9 km) |
| Halimun-Dukuh Atas 2 | ±1300 meter (1,3 km) |
| Total Jarak Tempuh | ±18600 meter (18,6km) |

Tabel 1 adalah rincian jarak antar halte, untuk mengetahui jarak perjalanan bus dari halte ke halte. Tabel 1 digunakan juga untuk perhitungan berapa banyak RSU yang dibutuhkan untuk menjangkau komunikasi antara bus dengan RSU.

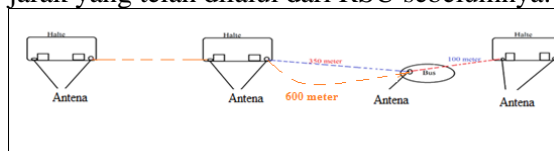
3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Formulasi Permasalahan

Permasalahan yang diselesaikan pada penelitian ini adalah keterlambatan data. Data yang digunakan adalah data Transjakarta yang telah disurvei langsung ke lokasi pada tanggal 20 Januari 2018 - 3 Februari 2020, sedangkan parameter yang digunakan untuk pengujian adalah *delay* dan *throughput*. Hasil perhitungan manual dengan rumus **waktu tempuh = jarak/kecepatan** digunakan sebagai variabel dalam sistem.

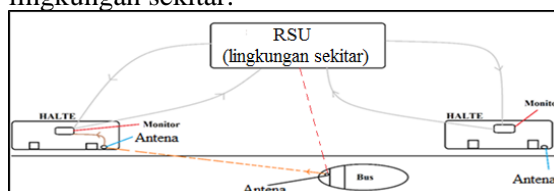
3.2 Sketsa Pergerakan Kendaraan

Gambar 1 menjelaskan tentang bagaimana caranya bus berkomunikasi dengan RSU. Bus memberikan informasi jarak yang dibutuhkan untuk sampai ke RSU selanjutnya dan juga jarak yang telah dilalui dari RSU sebelumnya.



Gambar 1 Rancangan Komunikasi Bus dengan RSU yang diimplementasikan ke dalam Animasi

Gambar 2 adalah proses pengiriman informasi dari pergerakan yang ada pada Gambar 1 apabila jarak yang ditempuh diluar jangkauan komunikasi antena (550 meter) dan data diambil melalui perantara RSU pada lingkungan sekitar.



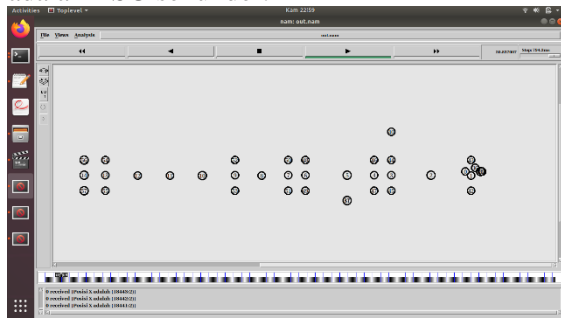
Gambar 2 Rancangan komunikasi dari bus ke RSU diluar jangkauan komunikasi (tanpa GPS)

3.3. Implementasi

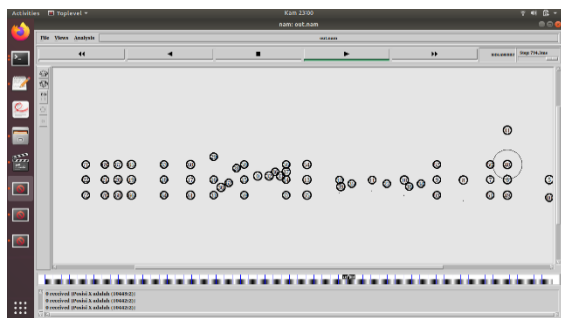
1. Tampilan animasi pergerakan bus pada *Network Simulator*

Tampilan animasi pergerakan bus pada *Network Simulator* menjelaskan tentang komunikasi dua arah yang terjadi pada bus dengan RSU. Di dalam animasi pergerakan bus terdapat variabel waktu, kecepatan, pergerakan bus, dan lain-lain. Gambar 3, 4, 5 adalah percobaan yang dilakukan pada jarak 9500 meter dengan 79 *node* aktif dan 4 *node* pasif dan waktu tempuh selama 1640 detik. Dimana *node* 0, 27 adalah *node vehicle* (bus) utama dan 32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42 adalah *vehicle* (bus) sekunder, RSU dimana *node* 1-26

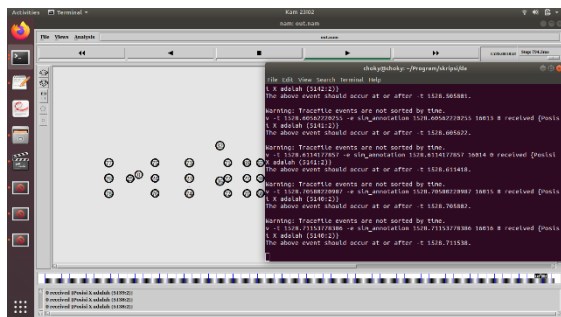
adalah RSU utama dan 28,29,30,31,43..79 adalah RSU sekunder.



Gambar 3 Animasi Pergerakan *Vehicle* ke RSU (Awal)



Gambar 4 Animasi Pergerakan *Vehicle* ke RSU (tengah)



Gambar 5 Animasi Pergerakan *Vehicle* ke RSU (akhir)

4. PENGUJIAN

4.1 Hasil Analisa pada File Trace (.tr)

4.1.1 File Trace (.tr)

File *trace* merupakan *algoritme* hasil dari file .tcl, di dalam file *trace* terdapat beberapa unsur (*header*) yaitu:

1. Kejadian

Adalah poin yang di catat oleh *network simulator* (NS) sebagai penanda sebuah paket itu sampai, yaitu:

- r : sebagai poin apabila paket telah diterima (*receive*)
- + : sebagai poin penanda paket masuk ke dalam antrian (*enqueueer*)
- : poin apabila paket meninggalkan

antrian (*dequeuer*)

d : pembuangan paket (*drop*)

Keterangan: ada tipe lain dalam *Event* yaitu s (*send*) dan f (*forward*) pada kasus tertentu.

2. Time

Adalah waktu terjadinya suatu kejadian yang diukur dalam satuan detik. *Time* memiliki kode *General tag*, yaitu:

-t : waktu (*time*)

3. from Node

Adalah node asal (pengirim/ penerima), dikarenakan terjadinya hubungan yang menyatakan keberadaan paket antara *from node* dengan *to node*.

4. to Node

Adalah node akhir (penerima/pengirim), dikarenakan terjadinya hubungan yang menyatakan keberadaan paket antara penerimaan dengan pengiriman disertai beberapa kode percakapan yaitu:

- Ni : merupakan identitas node.
- Nx : menyatakan keberadaan titik x.
- Ny : menyatakan keberadaan titik y.
- Nz : menyatakan keberadaan titik z.
- Ne : tingkat kekuatan node.
- Nl : *trace level*, seperti *Agent* (AGT), *Router Trace* (RTR), dan MAC.
- Nw : masalah dalam Node.

5. Paket tipe

Dalam pengiriman sebuah data pada *Network Simulator* terdapat beberapa jenis paket yaitu:

TCP : *Transfer Control Protocol* adalah paket yang paket yang mementingkan paket yang dikirimkan sampai.

UDP : *User Datagram Protocol* adalah paket yang mementingkan waktu pengiriman dan tidak mementingkan paket itu diterima atau tidak.

ACK : *Acknowledge* isyarat atau tanda bahwa paket telah diterima.

CBR : *Constant Bit Rate* adalah kualitas layanan.

Dari semua tipe paket biasanya dimulai dengan kode "lt"

6. Ukuran paket (paket size)

Ukuran paket dalam *Network Simulator* dinyatakan dalam bentuk byte dan biasanya diawali dengan kode "ll".

7. Flag

Flag dinyatakan sebagai tanda yaitu "lf"

8. *Fid*

Penomoran unik dari setiap aliran data dan diawali dengan "li" dan "lv".

9. *Source_address*

Alamat asal paket yang ditandai dengan "ls".

10. *Destination_address*

Adalah alamat tujuan paket yang ditandai dengan "ld" dan untuk memulai komunikasi menggunakan -Hs (untuk kondisi pada saat komunikasi yang sedang terjadi) dan -Hd (untuk kondisi komunikasi pada node berikutnya).

11. *SequenceNumber*

Alur sebuah paket secara urut.

12. *Packet id*

Adalah identitas dari paket dengan kode yaitu:
 - Pada level MAC (-Ma: Durasi, -Md: adalah alamat dari Ethernet dst, -Ms: adalah alamat dari Ethernet src, dan -Mt: adalah ethernet tipe)
 - Pada level aplikasi terdiri dari -P arp (-Po, -Pm, -Ps, -Pa, -Pd), -P CBR (-Pi, -Pf, -Po), dan -P TCP (-Ps, -Pa, -Pf, -Po).

Berikut adalah hasil analisa dari *source code* hasil *file trace*.

Tabel 2 Hasil Analisa File Trace (.tr) pada baris ke 4

| | | | | | | |
|---|-------------|-----------|-------|------|-----|-------|
| r | 0.000000000 | _5_ | RTR | --- | 4 | udp |
| | 500 | [0 0 0 0] | ----- | [5:0 | 0:0 | 32 0] |

yang berarti *router trace* 5 pada detik ke 0,000000000 mendapatkan paket UDP dengan alamat MAC bernilai 5, id paket 4 dan tipe MAC *ETHERTYPE_IP*(0) , membuat jalur sebuah paket yang berinisial 0 berukuran 500 byte, dari node 0.

Tabel 3 Hasil Analisa File Trace (.tr) pada baris ke 1

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|-----|-----|----|----|-----|-----|----|--------|----|------|-----|-------|
| s | 0.000000 | _1_ | AGT | - | 0 | udp | 500 | [0 | 0 0 0] | -- | [1:0 | 0:0 | 32 0] |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | | |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | | | | | | |

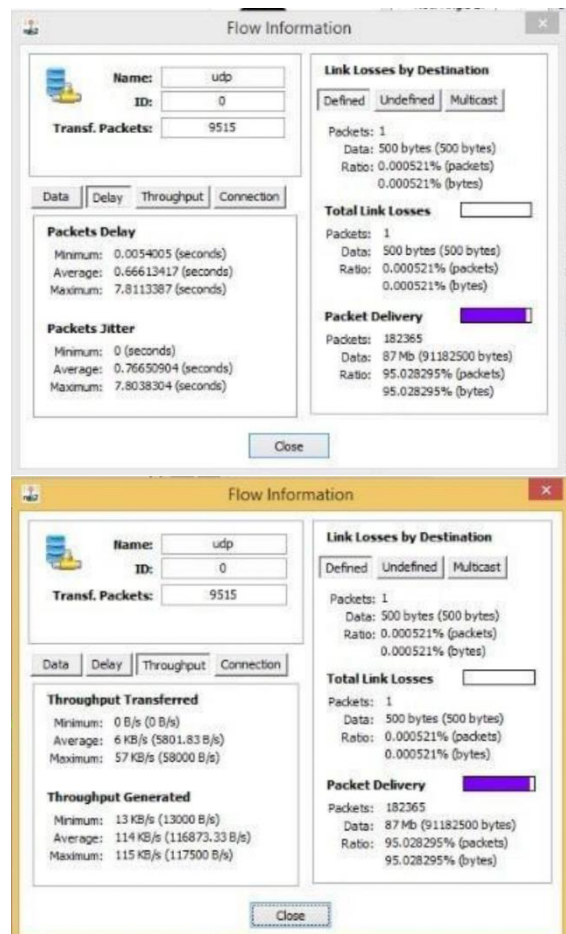
Saat detik 0 *agent* 1 menerima paket (AGT) bertipe UDP pada antrian ke 1 dengan muatan 500 byte berasal dari alamat MAC bernilai 0, alamat ip -0 dan tipe *MAC ETHERTYPE_IP*(0),

membuat jalur sebuah paket yang berinisial 0 berukuran 500 byte, dari node 1

Keterangan:

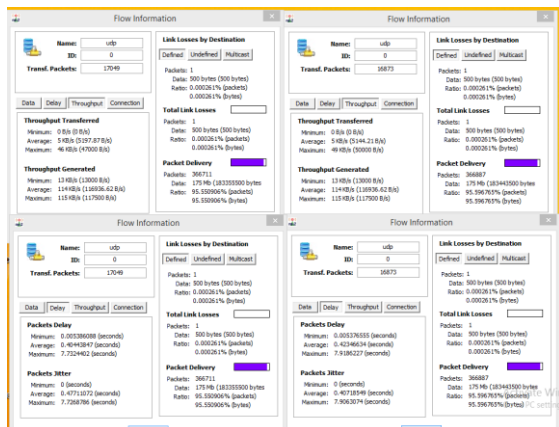
1. Aksi (s/r/d)
2. Waktu
3. Node sumber
4. *Layer* (AGT/RTR/LL/IFQ/MACPHY) = *Routing Trace* (RTR) /*Agent* (AGT)
5. Id paket
6. Tipe paket
7. Ukuran paket [a b c d]
8. a = durasi *header* paket didalam layer mac
9. b = *mac* sumber
10. c = *mac* tujuan
11. d = tipe *mac* didalam paket *Flag* [a:b c:d e f]
12. a = ip node sumber
13. b = nomor port ip sumber
14. c = ip node tujuan
15. d = nomor port ip tujuan
16. e = jumlah TTL ip *header*
17. f = ip node selanjutnya

4.2 Hasil Pengujian *Throughput* dan *Delay* pada *Network Simulator*



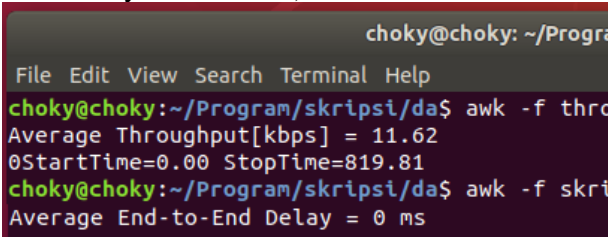
Gambar 6 Data Hasil Pengujian *Delay* dan

Throughput pada Network Simulator Analyzer Tanpa Menggunakan AODV

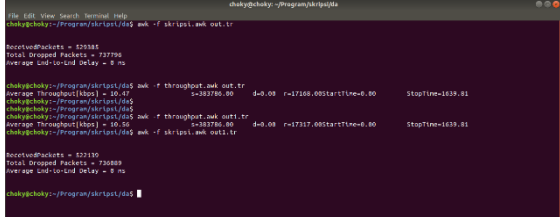


Gambar 7 Data Hasil Pengujian Delay dan Throughput pada Network Simulator Analyzer Dengan AODV melibatkan unsur geografis dan tidak melibatkan unsur geografis.

Gambar 6 dan 7 adalah nilai rata-rata yang dihasilkan dari Network Simulator Analyzer, Gambar 6 adalah paket UDP mempunyai nilai rata-rata delay yaitu 0,666 detik (nilai minimal yaitu 0,005 detik dan maksimal 7,811 detik) dan nilai rata-rata throughput yaitu 6 KB/s (nilai minimal yaitu 0 KB/s dan maksimal yaitu 57 KB/s). Gambar 7 adalah paket UDP dengan melibatkan unsur geografis mempunyai nilai rata-rata delay yaitu 0,404 detik (nilai minimal 0,005 detik dan maksimal 7,732 detik) dengan nilai throughput yaitu 5 KB/s (nilai minimal 0 KB/s dan maksimal 46 KB/s) dan paket UDP tidak melibatkan unsur geografis mempunyai nilai rata-rata delay yaitu 0,423 detik (nilai minimal 0,005 detik dan maksimal 7,918 detik) dengan throughput yaitu 5 KB/s (nilai minimal 0 KB/s dan maksimal 49 KB/s). Dari ketiga hasil throughput dengan kondisi geografis atau tidak melibatkan kondisi geografis mempunyai nilai rata-rata throughput generated yaitu 114 KB/s (nilai minimal yaitu 13KB/s dan maksimal yaitu 115KB/s).



Gambar 8 Data Hasil dari Pengujian Delay dan Throughput pada Network Simulator Tanpa Menggunakan AODV



Gambar 9 Data Hasil dari Pengujian Delay dan Throughput pada Network Simulator dengan AODV menggunakan kondisi geografis dan tidak melibatkan kondisi geografis

Gambar 8 dan 9 adalah hasil dari data yang dikirimkan pada saat program trace dijalankan. Data diambil dari sistem yang sudah dibuat, sistem berjalan ketika node 0 melakukan perjalanan dari titik awal menuju titik akhir di mana dalam perjalanannya, apabila node vehicle (0) menemukan node RSU node akan berkomunikasi satu sama lain. Dari hasil komunikasi yang dilakukan oleh seluruh node, hasil komunikasi tersebut ditampilkan dalam bentuk data delay dan throughput. Gambar 8 mempunyai nilai rata-rata delay yaitu 0 ms dan throughput yaitu 11,62 KB/s. Gambar 9 melibatkan unsur geografis mempunyai nilai rata-rata delay yaitu 0 ms dengan nilai rata-rata throughput yaitu 10,47 KB/s dan tidak melibatkan unsur geografis mempunyai nilai rata-rata delay yaitu 0 ms dengan nilai rata-rata throughput yaitu 10.56 KB/s

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian VANET pada Network Simulator mendapatkan nilai rata-rata delay dan throughput yaitu sebesar 0 ms dan 10,470 KB/s (AODV melibatkan unsur geografis), 10,560 KB/s (AODV tidak melibatkan unsur geografis) dan 11,620 KB/s (routing statik). Nilai rata-rata delay yang dihasilkan dari Network Simulator Analyzer adalah 0,404 detik dengan nilai minimal 0,005 detik dan maksimal 7,732 detik (melibatkan unsur geografis), 0,423 detik dengan nilai minimal 0,005 detik dan maksimal 7,918 detik (tidak melibatkan unsur geografis), dan 0,666 detik dengan nilai minimal yaitu 0,005 dan maksimal yaitu 7,811 detik (routing statik). Nilai rata-rata throughput yang dihasilkan dari Network Simulator Analyzer adalah 5 KB/s dengan nilai minimal 0 KB/s dan maksimal 46 KB/s (melibatkan unsur geografis), 5 KB/s dengan nilai minimal 0 KB/s dan maksimal 46 KB/s (tidak melibatkan unsur geografis), dan 6 KB/s dengan nilai minimal

yaitu 0KB/s dan maksimal yaitu 57KB/s (*routing* statik) dan *throughput generated* yaitu 114 KB/s (nilai minimal yaitu 13KB/s dan maksimal yaitu 115KB/s).

2. Dari hasil pengujian yang dilakukan bahwasannya Node 0 menampilkan perjalanan dari titik awal menuju titik akhir dengan melakukan rekam jejak xpos sesuai dari alur yang sudah di tentukan.

5.2 Saran

Sebagai pengembangan pada penelitian selanjutnya, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk memperbaiki hasil penelitian selanjutnya:

1. Untuk penelitian selanjutnya, melibatkan QOS paket loss jika menggunakan komunikasi TCP.
2. Untuk penelitian selanjutnya, lebih mementingkan komunikasi dari penerimaan data dari koridor (RSU) ke *vehicle* (*node* bergerak). Agar *Vehicle* to *Vehicle* dapat berinteraksi dengan lebih efisien.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, B. B., Tayal, S.P., Gupta, M. 2010. *Software Engineering & Testing*. Sudbury, Massachusetts: Johanes and Bartlett Publishers.
- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. 2017. *Statistik Transportasi DKI Jakarta 2018*. Jakarta: BPS Provinsi DKI Jakarta.
- Brown, DeHayes, Hoffer, Martin, dan Perkins. 2007. *Managing Information Technology, 7th edition*. New Jersey, Upper Saddle River: Pearson Education, Inc.
- Brskar, R., & Chawla, M. (2015). *Vehicular Ad Hoc Networks and its Applications in Diversified Fields*. International Journal of Computer Application, 7-11.
- Budi, A. 2011. *Pengembangan Sistem Informasi Lapas Narkoba untuk Menunjang Pengungkapan Kasus Narkoba di Lembaga Perasyarakatan Pada PUSLITBANG dan Info Badan Narkotika Nasional*.
- Chaudhary, R. (2012). *A Study of comparison of Network Simulator - 3 and Network Simulator - 2*. International Journal of Computer Science and Information Technologies, 3085 – 3092
- Fajar, D.S. (2017). *Kemumetan Persaingan Transportasi Online dan Konvensional*. Diperoleh tanggal 28 September 2018 dari (http://doni-sofyan-fajar-ff17.web.unair.ac.id/artikel_detail-188003-Penugasan%20AMERTA%202017-RolePlay%20Kemumetan%20Persaingan%20Transportasi%20Online%20dan%20Konvensional.html.)
- Johan Ericka W. P. 2016. *Optimasi Kinerja Protokol AODV pada Skenario Vehicle to Vehicle Communication dengan Static Intersection Node*. JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi - Volume 14, Nomor 2, Juli 2016: 162 – 170.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2007. *Kamus Besar Bahasa Indonesia* (KBBI).Indonesia: Balai Pustaka Edisi ke 3.
- Kurose, J.F, dan Ross, K.W. 2013. *Computer Networking: A Top-Down Approach, 6th edition*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Krajzewicz, D. (2012). *Recent Development and Applications of SUMO - Simulation of Urban Mobility*. International Journal on Advances in Systems and Measurement
- Lurig, M. 2008. *PHP Reference: Beginner to Intermediate PHP5*. Diperoleh tanggal 10 November 2018, dari <https://www.phpreferencebook.com>.
- Meenaghan, Paul & Delaney, Declan. (2004). *An Introduction to NS Nam and OTcl scripting*. National University of Ireland, Maynooth, Co. Kildare, Ireland.
- Menouar, H., Filali, F. and Lenardi, M. 2006. *A survey and qualitative analysis of MAC protocols for vehicular ad hoc networks*. IEEE, *Wireless Communications*.
- Miao Wang, dkk. 2014. *Asymptotic Throughput Capacity Analysis of VANETs Exploiting Mobility Diversity*. IEEE Transactions on Vehicular Technology
- Mustafa, B. Raja U., 2010. *Issues of Routing in Vanet*. Thesis S2. School of Computing Blengkie Institute of Tech.
- Nakamura, M., Kitani, T., Sun, W., Shibata, N., Yasumoto, K. and Ito, M. 2010. *A method for improving data delivery efficiency in delay tolerant vanet with scheduled routes of cars*. pp. 1--5.
- Perkins, C., Royer, E., Das, E., 2003. *Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV) Routing*. ACM Digital Library. [E-journal]. Tersedia di: <<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=RFC3561>> [Diakses 6 Januari 2019].

- Transportasi Jakarta. 2016. Tentang Transjakarta. Diperoleh 19 Januari 2018, dari <https://transjakarta.co.id/produk-dan-layanan>.
- Tamin. 1999. *Evaluasi Tarif Angkutan Umum dan Analisis 'Ability to Pay' (ATP) dan 'Willingnes to Pay' (WTP) di DKI Jakarta*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Yanto. 2013. *Analisis QOS (Quality of Service) Pada Jaringan Internet (Studi kasus: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura)*. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Y. Bai, Y. Mai, dan N. Wang. 2017, "Performance Comparison and Evaluation of the Proactive and Reactive Routing Protocols for MANETs", *Proc. IEEE Wireless Telecommunications Symposium (WTS), paper 16947755*, hal. 1-5.