

Optimasi *Cross Layer* Untuk Protokol *Dynamic Source Routing* Pada Komunikasi Antar Kendaraan Berbasis *Vehicular Ad-Hoc Networks* (VANETs)

Kevianda Kamarullah, Endroyono, dan Wirawan

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

E-mail: endroyono@ee.its.ac.id

Abstrak—Konsep *vehicle-to-vehicle communication* (V2V) pada *Intelligent Transportation Systems* (ITS) merupakan suatu konsep teknologi dimana antar kendaraan dapat berinteraksi satu sama lainnya. Salah satu komunikasi yang dapat menghubungkan V2V ini yaitu *Vehicular Ad-Hoc Networks* (VANETs). Pada VANET, mobil bertindak sebagai *node* dan terus bergerak sehingga membuat topologi jaringan berubah. Perubahan topologi jaringan ini mengakibatkan pengiriman data yang tidak maksimal seperti *delay* yang besar ataupun kegagalan dalam pengiriman data. Untuk itu upaya optimasi *routing* pada VANET ini perlu dikembangkan. Studi ini membahas optimasi *cross layer* untuk *dynamic source routing* (DSR) pada VANET dengan mengintegrasikan *network layer* dan *MAC layer*. Pada *MAC layer* dilakukan proses kepadatan trafik untuk mengetahui ketersediaan kanal menggunakan *channel free time* dan mengetahui perubahan jarak antar kendaraan menggunakan *mobility prediction method*. Hasil dari kedua metode ini diteruskan ke *network layer* untuk menentukan rute terbaik. Optimasi dilakukan dengan melakukan simulasi menggunakan NS-2 yang kemudian divalidasi antara perbandingan *routing* tipe DSR pada VANET sebelum dan sesudah menggunakan optimasi *cross layer*. Hasil yang didapat adalah berupa pengurangan *end-to-end delay* pada skenario jumlah pasangan koneksi 1, 4, dan 8 dengan pengurangan sebesar 0.01 detik, 0.015 detik, dan 0.00824 detik. Selain itu juga dapat mengurangi nilai persentase *packet loss* sebesar 1.3%, 0.53%, dan 0.46% pada skenario jumlah pasangan koneksi 1, 4, dan 8.

Kata Kunci— *Dynamic Source Routing*, *Intelligent Transportation System*, Optimasi *Cross Layer*, *Vehicular Ad-Hoc Networks*.

I. PENDAHULUAN

KONSEP *Vehicle-to-Vehicle Communication* merupakan sistem komunikasi dimana saling kendaraan dapat saling berhubungan satu sama lainnya. Tiap-tiap kendaraan ini dapat bertukar informasi seperti kecepatan, posisi, dan arah satu sama lainnya. Konsep ini memang ditujukan untuk mencegah terjadinya tabrakan antar kendaraan, dimana disinyalir dari World Health Organization (WHO), bahwa kecelakaan lalu lintas ini mengakibatkan kematian sekitar 1.2 juta manusia setiap tahunnya ditambah sekitar 50 juta manusia mengalami luka dari kecelakaan lalu lintas ini. Di Indonesia sendiri angka kecelakaan mencapai 120 jiwa perharinya.

Salah satu sistem komunikasi yang mendukung terciptanya V2V ini adalah *Vehicular Ad-Hoc Networks* (VANETs). VANET merupakan salah satu bidang pada *Mobile Ad-Hoc Networks* (MANETs), namun perbedaannya bahwa tiap kendaraan bertindak sebagai *node*. VANET memang dikembangkan untuk keamanan dan pencegahan tabrakan

antar kendaraan, sedangkan MANET banyak dikembangkan pada bidang militer, pertanian, dan penanganan bencana.

Menurut Ratwani et. Al [1], *routing* pada VANET masih perlu dikembangkan, mengingat karakteristik dari VANET seperti topologi yang berubah, koneksi yang akan sering terputus, mobilitas *modeling*, *delay*, dan identifikasi lokasi. Protokol *routing* yang digunakan pada MANET tidak seluruhnya dapat digunakan untuk VANET, untuk itu teknik *routing* pada VANET perlu dikembangkan lebih dalam.

Salah satu protokol *routing* yang umum digunakan adalah *Dynamic source routing* (DSR), dimana protokol ini bekerja berdasarkan *routing* dari *node* sebelumnya. DSR tergolong kedalam protokol *routing* *reactive* yang hanya memilih jalur atau melakukan update jalur hanya ketika terdapat rute baru atau ketika suatu rute terputus. DSR dapat mengurangi *bandwidth overhead* dan menghindari *update routing* dengan ukuran yang besar. Akan tetapi, karena mobil-mobil yang bertindak sebagai *node* terus bergerak dan membuat topologi jaringan berubah, DSR membutuhkan waktu lebih untuk pencarian jalur sehingga nilai dari *delay* dan *packet loss* menjadi besar.

Studi ini menerapkan pendekatan *cross layer* untuk mengoptimasi *routing* tipe DSR pada VANET. Dengan melakukan pendekatan *cross layer* tersebut dapat mengurangi nilai *end-to-end delay* dan *packet loss*.

II. TEORI PENUNJANG

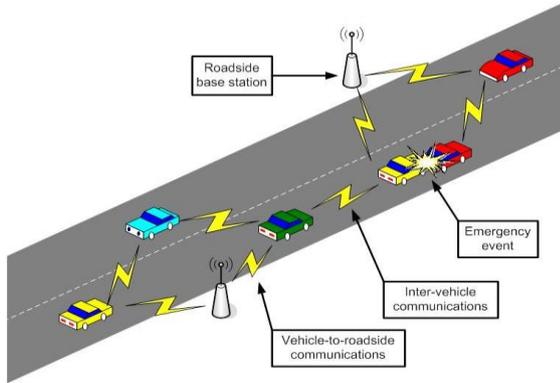
A. *Vehicular Ad-Hoc Networks* (VANETs)

Vehicle to Vehicle Communication (V2V) adalah konsep dimana tiap kendaraan dapat saling berkomunikasi untuk memberikan data berupa kecepatan, arah, dan posisi untuk mengurangi jumlah terjadinya kecelakaan kendaraan. Tiap kendaraan dihubungkan melalui jaringan yang disebut *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANETs), yang dimana komunikasi ini dapat menghubungkan banyak titik nirkabel dengan mobil bertindak sebagai *node* [2]. VANET bekerja pada spektrum frekuensi 5.9 GHz dengan *bandwidth* 75 MHz dan jarak 1000 m [2].

Sesuai dengan arsitektur jaringannya, VANET dapat dibagi menjadi tiga kategori. Pertama adalah *Wireless Wide Area Network* (WWAN), dimana akses poin dari gerbang seluler bersifat tetap agar dapat terhubung antara kendaraan dengan akses poin. Selanjutnya adalah *Hybrid Wireless Architecture* dimana akses poin pada WWAN digunakan pada titik tertentu. Komunikasi antara akses poin satu dengan lainnya menggunakan komunikasi *ad-hoc*. Kategori terakhir yaitu *Vehicle-to-Vehicle Communication* yang tidak memerlukan akses poin tetap dalam hal komunikasi antar kendaraan. Komunikasi dapat terjadi karena pada tiap

kendaraan terdapat suatu unit yang dapat melakukan komunikasi dengan jaringan yang digunakan berbasis Ad-Hoc.

VANET dapat dibedakan berdasarkan tipe jalan, seperti pada jalan tol dimana mobil berjalan dengan kecepatan 80-120 km/jam dan memiliki tingkat kepadatan yang kecil. Bentuk jalan lain yaitu pada jalanan di kota-kota besar dimana mobil berjalan dengan kecepatan 20-60 km/jam sehingga menambah tingkat kepadatan jaringan.



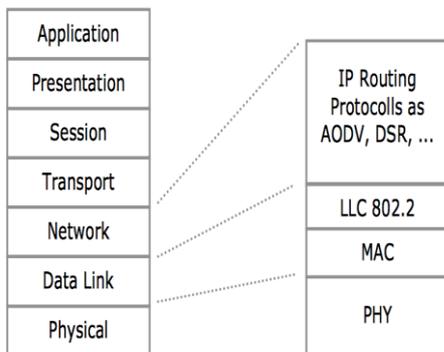
Gambar 1. Blok Diagram Vehicle to Vehicle Communication

B. Protokol dan Penggunaan Kanal pada VANET

VANET menggunakan protokol MAC 802.11 dan IEEE 1609 yang umumnya diketahui dengan *Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)*. Protokol ini menggunakan dua tipe kanal: *Control Channel (CCH)* dan *Service Channels (SCH)*. CCH digunakan untuk penyebaran yang berkaitan dengan pengendalian informasi dan keamanan data. Sedangkan SCH digunakan untuk penyebaran informasi lainnya seperti *video streaming* [2].

IEEE 802 merupakan protokol yang menjadi dasar cara kerja dari *Local Area Networks (LAN)* dan *Metropolitan Area Networks (MAN)*. Protokol 802 memiliki *logical link control (LLC)* yang di standardisasi pada 802.2. Pada bagian atas dari LLC ini yaitu *network layer* yang umumnya berisi protokol *routing* seperti *Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV)* dan *Dynamic source routing (DSR)* untuk VANET ataupun MANET. Gambar 2. dibawah ini merupakan urutan lapisan sesuai dengan penjelasan diatas.

ISO/OSI Network Layers



Gambar 2. ISO/OSI Layer Model [3]

Pada bagian bawah dari LLC yaitu *MAC layer* dan *Physical layer*, dimana kedua lapisan ini memiliki standar yang sama yaitu IEEE 802.11. Untuk lebih jelasnya protokol dari tiap – tiap standar terdapat pada gambar 3.

802.2 Logical Link Control (LLC)					
802.3 MAC	802.4 MAC	802.5 MAC	...	802.11 MAC	...
802.3 PHY CSMA/CD	802.4 PHY Token Bus	802.5 PHY Token Ring	...	802.11 PHY WLAN	...

Gambar 3. 802 LLC, MAC, & PHY [3]

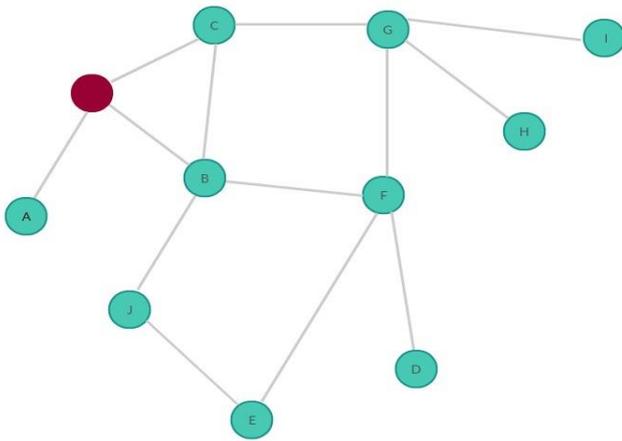
Protokol IEEE 1609 digunakan untuk *Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)*. Fokus dari protokol ini yaitu arsitektur, model komunikasi, struktur manajemen, mekanisme keamanan, dan akses fisik dengan kecepatan tinggi (27 Mb/s & 1000 m). IEEE 1609 juga membahas aplikasi yang digunakan pada WAVE, diantaranya yaitu IEEE 1609.0 untuk manajemen aktivitas dari jaringan yang didapat dari IEEE P1609.1. Untuk keamanan jaringan terdapat pada IEEE P1609.2 dan protokol untuk *network layer* pada IEEE P1609.3.

C. Dynamic Source Routing

Dynamic Source Routing Protocol (DSR) adalah salah satu protokol *routing* yang terdapat pada VANET yang tergolong kedalam *reactive routing* protokol karena bekerja berdasarkan *routing* dari *node* sebelumnya. Tiap *Node* harus memiliki tabel *routing* dan entri pada tabel *routing* akan diupdate berdasarkan perubahan topologi yang terjadi.

Protokol DSR sendiri terdiri dari dua tahapan: *route discovery* dan *route maintenance*. *Route discovery* adalah ketika sebuah *node* akan mengirim paket ke *node* tujuan, *node* pengirim melihat tabel *routing* miliknya. Jika rute tujuan tidak ada pada tabel *routing* miliknya, maka *node* pengirim ini melakukan *broadcast packet route request*. *Packet route request* ini berisi alamat tujuan, alamat *node* sumber dan ID. *Node* lain yang menerima *packet route request* ini kemudian melihat tabel *routing* yang dimilikinya. Jika *node* perantara tidak mengetahui *node* tujuan, maka *node* tersebut akan menambahkan alamat *node* perantara tersebut kedalam paket dan kemudian meneruskannya. *Route reply* dibangkitkan ketika rute yang diminta mencapai *node* tujuan atau *node* perantara yang mempunyai informasi *node* tujuan pada tabel *routing*nya. *Node* tersebut akan menyampaikan *packet route reply* ke *node* selanjutnya hingga sampai ke *node* sumbernya. *Route maintenance* dicapai dengan *packet route error* dan *acknowledgement (ack)*.

Ketika paket yang dikirim terdapat kerusakan atau bahkan datanya hilang, maka *route maintenance* akan bekerja. Pada level ini, jika *MAC Layer* memberikan laporan berupa kegagalan transmisi, maka *node* penerima akan mengirimkan *packet route error* kepada *node* pengirim pertama [4].



Gambar 4. Dynamic Source Routing Protocol

D. Optimasi Cross Layer

Pada model OSI layer, terdapat batasan antar lapisan sehingga informasi disimpan secara aman pada tiap lapisannya. Akan tetapi hal ini justru berbeda dengan konsep cross layer, karena konsep ini justru tidak memikirkan batasan tersebut untuk membuat antar lapisan dapat saling berinteraksi satu sama lainnya. Karena itulah informasi yang terdapat pada satu lapisan dapat dikirimkan ke lapisan lainnya. Optimasi cross layer ini dapat memperbaiki quality of service (QoS) dari sebuah jaringan dengan operasi dan kondisi tertentu.

Cross layer yang akan digunakan pada studi ini adalah mengintegrasikan network layer dan MAC layer. Pada MAC layer akan terjadi proses estimasi kepadatan trafik data berdasarkan metode channel free time (CFT) [5]. Selanjutnya yaitu metode mobility prediction untuk memprediksi mobilitas dari node berdasarkan informasi dari node-node lainnya yang berdekatan dengan node pengirim informasi [6]. Pada network layer, kedua metode ini digunakan dalam pemilihan rute terbaik untuk mengirimkan route request forwarding berdasarkan rute dengan delay yang kecil dan route error yang kecil.

Channel Free Time (CFT) yang merupakan perhitungan metric yang berlangsung pada MAC layer. Perhitungan ini dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan untuk routing di network layer sehingga membantu dalam pemilihan rute agar terhindar dari daerah yang padat. Utilisasi dari MAC layer berisi 1 (padat) dan 0 (idle) [5]. Pada algoritma ini, terdapat parameter T_{busy} yaitu ketika media sedang dalam kondisi yang sibuk terhadap T_{mac} yaitu waktu penggunaan media nirkabel disekitar node. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan dibawah [5]:

$$CFT = 1 - \frac{\sum T_{busy}}{T_{mac}}, T_{busy} \subseteq T_{mac} \quad (1)$$

Status dari tingkat kepadatan/congestion (Cs) mengindikasikan dua keadaan, yaitu forward dan drop. Forward berarti paket request (RREQ) dapat diproses dan disebarkan kepada node tetangga. Sedangkan drop berarti tidak ada cara untuk memproses dan menyebarluaskan paket ke node tetangga. Lebih jelas lagi, threshold merupakan parameter yang diatur untuk membantu performa dari jaringan dan bernilai pada jangkauan 0 – 1.

Pada bagian Mobility Prediction, diperlukan jarak antar kendaraan sebagai fungsi waktu terhadap rata-rata perubahan jarak. Untuk menemukan jarak, kuat sinyal pada paket yang

diterima oleh node digunakan. Penggunaan Hello Packet sebagai paket kontrol pada protokol DSR untuk mengetahui informasi node yang berdekatan dan menggunakan two-ray ground reflection model [6] sesuai rumus

$$P = \frac{P_t G_t G_r (h_t^2 h_r^2)}{d^4} \quad (2)$$

$$d = \sqrt[4]{(G_t G_r h_t^2 h_r^2) \frac{P_t}{P}} \quad (3)$$

dimana:

- P = kuat sinyal dari paket yang dikirim
- P_t = kuat sinyal dari antenna pemancar
- G_t = gain antenna pemancar
- G_r = gain antenna penerima
- h_t = tinggi antenna pemancar
- h_r = tinggi antenna penerima
- d = jarak antar antenna pemancar dan penerima

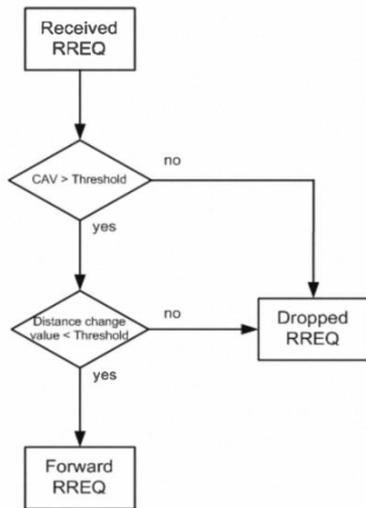
Dari rumus diatas, akan didapat kuat sinyal dari paket yang dikirim dan waktu antar kedatangan dari paket. Selanjutnya yaitu dapat menghitung perubahan jarak [6] berdasarkan rumus

$$Distance\ change = \left| \frac{d_{pkt1} - d_{pkt2}}{t_{pkt1} - t_{pkt2}} \right| \quad (4)$$

Jika tidak ada paket yang diterima dari node yang berdekatan dalam rentang waktu frame tertentu, dapat diasumsikan bahwa tidak ada node yang berada pada daerah pengiriman sehingga dapat dihilangkan dari perhitungan jarak antar node. d_{pkt1} dan d_{pkt2} adalah jarak yang didapat dari paket yang diterima, sedangkan t_{pkt1} dan t_{pkt2} adalah waktu yang didapat ketika paket sudah terima. Ketika nilai dari perubahan jarak ini besar, maka node lain yang berdekatan sedang bergerak menjauh ataupun mendekat dalam kecepatan tinggi. Ketika nilai dari perubahan jarak ini kecil, maka node lain yang berdekatan sedang dalam jalur yang sama berada antara dibelakang atau didepan. Dapat dikatakan bahwa, route lifetime akan bernilai kecil jika nilai dari perubahan jarak besar begitupun sebaliknya. Pemilihan route lifetime dengan nilai yang besar dapat mengurangi delay jaringan dan route error.

Pada network layer akan terjadi pemilihan rute untuk meneruskan paket RREQ atau tidak. Gambar 2.9 dibawah menjelaskan proses yang terjadi di dalam network layer. Node penerima akan melihat hasil dari Cs dan rata-rata perubahan jarak untuk menentukan paket akan diteruskan atau dihentikan. Hasil Cs ini didapatkan dari perhitungan proses channel free time pada lapisan dibawahnya yaitu lapisan MAC [5].

Adapun terdapat dua skenario terhadap hasil Cs yang telah dihitung pada lapisan sebelumnya. Jika hasil dari Cs memiliki nilai melebihi batas yang telah ditentukan dan rata-rata perubahan jarak memiliki nilai kurang dari batas yang telah ditentukan, maka paket akan diteruskan ke node yang berdekatan. Sedangkan jika hasil dari Cs justru kurang dari batas yang telah ditentukan begitupun dengan rata – rata perubahan jaraknya, maka paket tidak akan dikirimkan.



Gambar 5. Diagram Proses RREQ pada Network Layer [6]

E. Parameter Kinerja dari Vehicular Ad-Hoc Networks

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk mencapai kinerja maksimum yang ditentukan oleh parameter – parameter tertentu. Secara khusus pada sebuah jaringan, bahwa kemampuan untuk mengatasi permasalahan seperti kepadatan trafik, waktu pengiriman yang besar, dan permasalahan lainnya agar suatu informasi dapat dikirimkan dari pengirim ke penerima.

Sesuai dengan standar IEEE 802.11 bahwa parameter untuk mengukur kinerja jaringan terdapat pada MAC Layer. Parameter tersebut tidak jauh berbeda dengan parameter pengukuran pada jaringan ad-hoc secara umum. Parameter yang diperlukan antara lain yaitu latency, efisiensi lebar pita, dan rasio paket yang dikirim [7].

1) Latency

Latency adalah durasi waktu antara mengirim informasi dari pengirim sampai ke diterima oleh penerima. Latency dipengaruhi oleh kecepatan dari media transmisi (kabel koaksial, fiber optik, gelombang radio) dan delay transmisi oleh komponen jaringan seperti router, modem, hub, dan lainnya. Latency dan throughput adalah dasar dari pengukuran kinerja suatu jaringan. Latency mengukur waktu yang dibutuhkan dari mulai pengiriman sampai selesai, sedangkan throughput adalah waktu keseluruhan dari seluruh proses yang dalam waktu tertentu [7].

$$Throughput = \frac{\text{jumlah paket yang dikirim}}{\text{waktu yang digunakan untuk pengiriman paket}} \quad (5)$$

Pengiriman data dengan paket berukuran besar mengakibatkan nilai throughput yang besar dibandingkan pengiriman data dengan paket berukuran kecil karena latency bernilai besar. Jika data dikirim secara kontinyu, nilai latency memiliki dampak yang kecil terhadap nilai throughput. Akan tetapi jika pengirim menunggu acknowledgment (ack) sebelum paket berikutnya dikirim, maka tingginya nilai latency dapat menurunkan nilai throughput.

2) Efisiensi Lebar Pita

Estimasi dari penggunaan lebar pita memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap performansi dari sistem. Jika estimasi dari lebar pita lebih rendah daripada kapasitas dari suatu jaringan, maka ketersediaan lebar pita menjadi dibawah perkiraan. Begitupun jika estimasi lebar pita lebih tinggi

daripada kapasitas suatu jaringan, maka ketersediaan lebar pita menjadi melebihi atau berlebihan. Dampaknya yaitu performansi sistem menjadi tidak maksimal karena estimasi lebar pita yang tidak sesuai.

Pada VANET, penggunaan lebar pita lebih banyak daripada jaringan nirkabel lainnya mengingat node selalu bergerak dengan mobilitas tinggi. Untuk itu salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam merancang VANET adalah kemampuan kendaraan atau node untuk bekerja sesuai dengan bentuk jaringannya [7].

3) Rasio Pengiriman Paket

Rasio pengiriman paket (PDR) merupakan perbandingan jumlah paket yang diterima oleh node tujuan dengan jumlah paket yang dikirim oleh node pengirim. Nilai dari rasio ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ukuran paket, jarak pengiriman, dan mobilitas dari node. Jika paket terkirim sempurna mengindikasikan bahwa penerima menerima seluruh paket sebelum waktu periode habis. Sebaliknya jika paket tidak terkirim sempurna mengindikasikan bahwa terdapat paket yang hilang.

$$PDR = \frac{\text{paket yang diterima}}{\text{paket yang dikirim}} \quad (6)$$

Hal mendasar dari perhitungan rasio pengiriman paket yaitu memilih rute yang benar. Rute tersebut membutuhkan lifetime yang lebih lama dan sedikit hop. Akan lebih baik jika node pengirim memiliki informasi tentang rute yang akan dipilih daripada menggunakan rute terpendek. Hal ini karena rute terpendek tersebut pasti banyak digunakan sehingga menyebabkan routing overhead [7].

III. PARAMETER SIMULASI

Pada file Tcl yang dibuat, penulisan parameter ini ditulis pertama kali baru kemudian mendefinisikan node – node yang akan digunakan untuk simulasi. Pemilihan kanal pada simulator NS-2 yaitu kanal nirkabel karena jaringan ad-hoc berbasis nirkabel dengan model propagasi yaitu TwoRayGround. Selain itu, simulasi ini juga menggunakan model antena omni. Simulasi dilakukan dengan tipe jaringan antarmuka pada lapisan fisik dengan menggunakan IEEE MAC Layer 802.11. Model antrian antarmuka menggunakan CMUPriQueue yang memang khusus digunakan untuk protokol routing DSR. Protokol routing yang disimulasikan adalah Dynamic source routing dengan menggunakan 50 node dengan luas daerah topografi simulasi seluas 1500 x 300. Koneksi antara node sumber dan tujuan berupa TCP serta diberikan trafik berupa Constant Bit Rate (CBR). Ukuran paket CBR sebesar 500 Mb dengan interval 0.5 dan data rate 1 Mb. Kecepatan dari pergerakan node ditentukan bervariasi dalam jangkauan kecepatan mobil pada jalan raya, yaitu 20 m/s – 80 m/s, dimana mobilitas node menggunakan model random mobility waypoint dengan pause time sebesar 0 detik yang membuat topologi jaringan ini selalu berubah. Simulasi berjalan selama 800 detik dengan mengubah – ubah nomor pasangan koneksi dari 1, 5, 8, 10, 12, dan 14 koneksi. Setelah itu simulasi dengan skenario yang sama namun dengan menggunakan optimasi cross layer.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

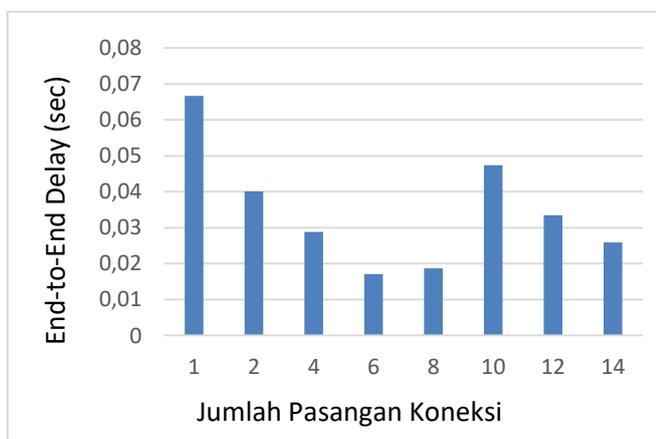
A. Analisa Seluruh Skenario Sebelum Optimasi Cross Layer

Dari seluruh skenario simulasi protokol routing DSR pada VANET ini, dapat dibandingkan satu sama lainnya nilai dari end-to-end delay dan juga packet loss ratio. Secara umum seluruh skenario ini menunjukkan performa yang cukup baik dari segi delay, namun jika dilihat dari persentase packet lossnya masih berada dikisaran 3 – 5 %.

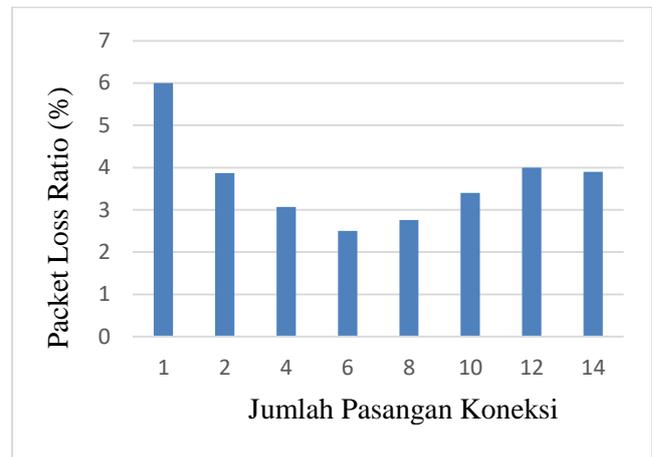
Gambar 6 dibawah adalah grafik rata-rata delay dari seluruh simulasi yang dijalankan. Terjadi lonjakan di awal pemasangan koneksi saat simulasi menggunakan satu koneksi dengan delay mencapai 0.067 detik atau 6.7 milidetik. Selain itu, terlihat juga bertambahnya jumlah koneksi ternyata tidak selalu membuat delay nya juga bertambah. Hal ini terlihat saat simulasi dengan empat koneksi memiliki delay yang lebih kecil daripada simulasi dengan satu dan dua koneksi. Hal ini dapat terjadi karena letak dari *node – node* sumber dan tujuannya. Jika pada empat koneksi *node* sumber mengirimkan data kepada *node* tujuannya melalui salah satu lintasan, maka pada simulasi menggunakan satu ataupun dua koneksi mungkin pertukaran data menggunakan lintasan yang tidak terlalu padat. Hal ini dapat berdampak pada nilai delay dan juga packet loss. Namun jika dilihat, kinerja dari jaringan ini cukup baik dari sisi delaynya karena kalau dihitung rata – rata keseluruhannya bernilai 0.0347 detik. Angka ini menunjukkan bahwa kinerja jaringan sudah baik karena masih berada di bawah nilai 0.05 detik namun masih harus diperbaiki dan harus ditekan seminimum mungkin mengingat pentingnya pertukaran data pada jaringan VANET.

Jika dilihat dari persentase packet loss, juga terjadi lonjakan yang cukup signifikan pada penggunaan satu koneksi lalu turun kembali ke kisaran nilai 2.5 - 3 %. Perlu diketahui semakin besar jumlah koneksinya maka semakin besar juga paket yang dibangkitkan. Selain itu jika dilihat pada tabel – tabel hasil simulasi, bertambahnya koneksi ini juga meningkatkan jumlah packet loss. Hanya saja, persentase packet loss dengan paket terkirimnya tidak selalu naik. Artinya, mobilitas *node* dan protokol routing ini bekerja cukup baik karena dapat menjaga persentase packet loss ini.

Hal inilah yang perlu dioptimasi karena jika pada saat pertukaran data di jalan raya ini tidak sampai atau bahkan data tersebut hilang, maka tujuan dari VANET untuk mengurangi kecelakaan justru tidak dapat tercapai.



Gambar 6. Kinerja Delay dari Keenam Skenario Simulasi



Gambar 7. Packet Loss Ratio dari Seluruh Skenario Simulasi

B. Analisa Seluruh Skenario Setelah Penerapan Optimasi Cross Layer

Metode Metode optimasi *cross layer* ini ditambahkan ke file mac 802.11 yang berada pada perpustakaan NS-2. List program yang sudah ada ditambahkan perhitungan *channel free time* (CFT) yang hasilnya digunakan pada *network layer* saat proses *routing* berjalan. Ketika *node* sumber mengirimkan paket *request* (RREQ), maka hasil dari perhitungan CFT ini akan mencegah pengiriman paket kedalam kanal yang kondisinya sedang padat. Karena pencegahan ini jumlah *packet loss* dapat berkurang dan juga dapat mengurangi nilai *end-to-end delay*.

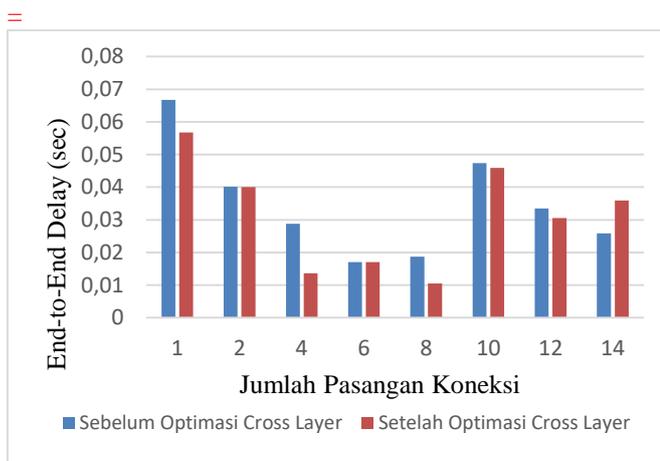
Jika dikaitkan dengan teori pada referensi – referesi yang ada, hasil yang diharapkan dengan penambahan algoritma ini dapat mengurangi nilai *end-to-delay* sampai dengan 0.5 detik. Namun pengurangan ini memang karena pada referensi terkait, delay yang didapat dari setiap pasang koneksi memang lebih besar dibandingkan dengan nilai delay pada studi ini yaitu berada pada kisaran 0.1 – 1 detik. Selain itu jumlah paket yang hilang juga dapat dikurangi karena memang metode ini tidak akan mengirimkan paket kedalam kanal yang sedang sibuk sehingga paket – paket yang akan dikirimkan berada pada kondisi menunggu (*buffer*).

Tabel 1 di bawah ini adalah hasil seluruh skenario simulasi dalam penggunaan file 802.11 baru yang setelah ditambahkan metode *cross layer*. Tabel ini langsung menunjukkan perbandingan kinerja DSR pada VANET sebelum dan sesudah penerapan metode *cross layer* ini dilihat dari nilai *end-to-end delay* dan rasio *packet loss*.

Terlihat bahwa penerapan metode *cross layer* ini belum berdampak signifikan terhadap nilai *end-to-end delay*. Namun, terdapat tiga skenario dengan penurunan delay yang cukup baik yaitu pada skenario simulasi dengan pasangan koneksi berjumlah 1, 4, dan 8. Pada jumlah pasangan 1 koneksi pengurangan berjumlah 0.01 detik. Pada 4 pasangan koneksi pengurangan berjumlah 0.015 detik dan pada 8 pasang koneksi pengurangan sebesar 0.00824 detik. Selain dari ketiga pasangan koneksi ini, penurunan delay tidak terlalu signifikan dan justru memiliki nilai yang tidak terlalu jauh dari sistem sebelum ditambahkan metode optimasi *cross layer*. Hal ini dapat terjadi karena beberapa hal, yang pertama adalah sesuai referensi [5] mengatakan bahwa metode ini digunakan untuk protokol routing AODV.

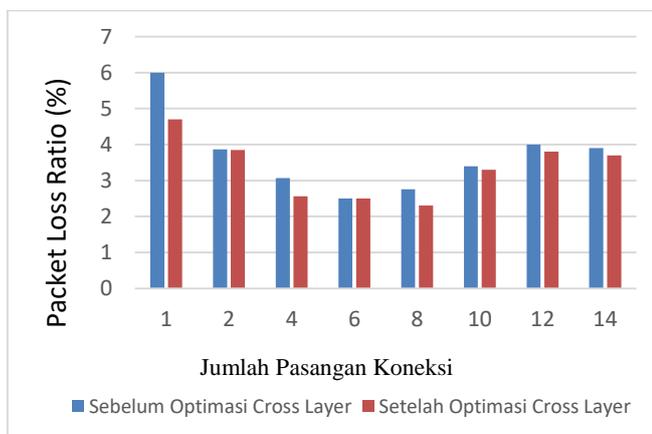
Tabel 1.
Perbandingan Hasil Simulasi Sistem Sebelum dan Sesudah Penerapan Optimasi Cross Layer

Comparison of Simulation Information				
Pairs	End-to-End Delay Before Cross Layer Optimization	End-to-End Delay After Cross Layer Optimization	Packet Loss Before Cross Layer Optimization (%)	Packet Loss After Cross Layer Optimization (%)
1	0.0667 sec	0.0567 sec	6	4.7
2	0.04016 sec	0.04 sec	3.87	3.85
4	0.0288 sec	0.01357 sec	3.07	2.56
6	0.01707 sec	0.01707 sec	2.5	2.5
8	0.01874 sec	0.0105 sec	2.76	2.3
10	0.047383 sec	0.04589 sec	3.4	3.3
12	0.03349 sec	0.0305 sec	4	3.8
14	0.02587 sec	0.0359 sec	3.9	3.7



Gambar 8. Perbandingan End-to-End Delay Sebelum dan Sesudah Penerapan Optimasi Cross Layer

Gambar 8 dan 9 menunjukkan representasi berupa diagram batang yang menunjukkan perbandingan end-to-end delay dan packet loss sebelum dan sesudah penerapan optimasi cross layer pada sistem. Hal yang sama juga terlihat dari rasio packet loss. Terdapat pengurangan sebesar pada pasangan koneksi saat berjumlah 1, 4, dan 8. Seharusnya sesuai dengan referensi – referensi yang ada dan juga hipotesa penulis, rasio packet loss dapat dikurangi lebih baik lagi.



Gambar 9. Perbandingan Packet Loss Ratio Sebelum dan Sesudah Penggunaan Optimasi Cross Layer

V.KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Metode Optimasi Cross Layer pada Studi ini dapat mengurangi end-to-end delay pada skenario jumlah pasangan koneksi 1, 4, dan 8 dengan pengurangan sebesar 0.01 detik, 0.015 detik, dan 0.00824 detik.
2. Metode Optimasi Cross Layer pada Studi dapat mengurangi nilai persentase packet loss sebesar 1.3%, 0.53%, dan 0.46% pada skenario jumlah pasangan koneksi 1,4, dan 8.
3. Bertambahnya jumlah koneksi pada sistem VANET dan mengatur parameter lainnya bernilai tetap tidak selalu membuat nilai end-to-end delay dan packet loss bertambah juga.
4. Rata – rata selisih perbedaan end-to-end delay sebelum dan sesudah penggunaan cross layer adalah 0.012473 detik.
5. Rata – rata selisih perbedaan rasio packet loss sebelum dan sesudah penggunaan cross layer adalah 0.35%.
6. Besarnya nilai end-to-end delay dan packet loss dipengaruhi oleh mobilitas *node*, kepadatan jaringan, dan topologi jaringan yang selalu berubah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. S. V. Ratwani, "Network Coding and Cross-Layer Approach for Reliability and Optimization of Routing in VANET: A Survey," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 113, p. 13, 2015.

[2] L. Armstrong, "Dedicated Short Range Communications (DSRC)," 2012. .

[3] R. Baumann, "Vehicular Ad hoc Networks (VANET)," ETH Zurich, 2004.

[4] K. K. D. B Jagannadha Rao, K. Sreenu, "A Study on Dynamic Source Routing Protocol for Wireless Ad Hoc Networks," *Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng.*, 2012.

[5] C. S. P. Wannawilai, "AODV with Sufficient Intermediary Bandwidth Aware," in *International Confrence On Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology*, 2010.

[6] P. K. N. Yawan, "AODV Improvement for Vehicular Networks with Cross Layer Technique and Mobility Prediction," in *International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, 2011.

[7] K. K. & Rakesh, "VANET Parameters and Applications: A Review," *Glob. J. Comput. Sci. Technol.*, 2010.