

ANALISA PARAMETER KOMUNIKASI ANTAR KENDARAAN PADA JARINGAN 5G

ANALYSIS OF VEHICLE TO VEHICLE COMMUNICATION PARAMETER ON 5G NETWORK

Keinan Shofiandieni Haryo Putri¹, Ir. Uke Kurniawan Usman, M.T.², Dr. Doan Perdana, S.T., M.T.

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹keinans@students.telkomuniversity.ac.id, ²ukeusman@telkomuniversity.ac.id,

³doanperdana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Jika dibandingkan dengan teknologi 4G LTE saat ini, generasi *wireless communication* selanjutnya diharuskan dapat menampung kapasitas pelayanan yang lebih luas dengan berbagai persyaratan QoS yang berbeda. Kebutuhan akan *low latency*, *throughput* yang besar, kapasitas pengguna yang besar per km², kemampuan *mobility* yang tinggi mengharuskan hadirnya teknologi terbaru yang mampu mendukung kebutuhan tersebut. Mengembangkan teknologi yang sudah diterapkan pada 4G LTE, 5G akan fokus pada pengembangan *Internet of Things* yang nantinya akan dapat mendukung proses komunikasi *Device-to-Device* ataupun *Machine-to-Machine*. Berdasarkan kondisi tersebut, pada Tugas Akhir ini dilakukan penelitian parameter yang berkaitan dengan proses komunikasi antar Kendaraan, yaitu *throughput*, *reliability* dan *delay*. Proses analisis menggunakan tiga scenario kecepatan, yaitu kecepatan 10 km/jam, dengan jarak antar kendaraan 2 hingga 3 meter, lalu kecepatan 30 km/jam, dengan jarak antar kendaraan 10 hingga 30 meter, lalu scenario 3 dengan kecepatan 45 km/jam dan jarak antar kendaraan 30 meter hingga 35 meter. Dari ketiga scenario yang telah diuji coba tersebut, dapat ditemukan bahwa scenario 1 memenuhi standar 5G yang direncanakan yaitu nilai *throughput* mendekati 2 Gbps, nilai *reliability* mendekati 99% dan *delay* di bawah 1 ms.

Kata kunci : V2V, *throughput*, *reliability*, *delay*

Abstract

When compared to the current 4G LTE technology, the next generation of *wireless communication* is required to be able to accommodate wider service capacities with a different varieties of QoS requirements. The need for *low latency*, *large throughput*, *large user capacity per km²*, *high mobility capabilities* require the presence of the latest technology that can support those needs. Developing technology that has been applied to 4G LTE, 5G will focus on developing the *Internet of Things* which will later be able to support the communication process of *Device-to-Device* or *Machine-to-Machine*. Based on these conditions, in this Final Project the parameters related to the process of communication between vehicles are carried out, namely *throughput*, *reliability* and *delay*. The analysis process uses three scenario speeds, namely speeds of 10 km / hour, with distances between vehicles 2 to 3 meters, then speeds of 30 km / h, with distances between vehicles 10 to 30 meters, then scenario 3 with speeds of 45 km / h and distance between vehicles 30 meters to 35 meters. From the three tested scenarios, it can be found that scenario 1 meets the planned 5G standard, namely *throughput* values close to 2 Gbps, *reliability* values approach 99% and *delay* below 1 ms.

Keywords: V2V, *throughput*, *reliability*, *delay*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Jika dibandingkan dengan teknologi 4G LTE saat ini, generasi *wireless communication* selanjutnya diharuskan dapat menampung kapasitas pelayanan yang lebih luas dengan berbagai persyaratan QoS yang berbeda. Kebutuhan akan *low latency*, *throughput* yang besar, kapasitas pengguna yang besar per km², kemampuan *mobility* yang tinggi mengharuskan hadirnya teknologi terbaru yang mampu mendukung kebutuhan tersebut[1]. Setelah LTE diluncurkan, Telah beredar kabar bahwa pada tahun 2020 teknologi 5G akan diresmikan. Mengembangkan teknologi yang sudah diterapkan pada 4G LTE, 5G akan fokus pada pengembangan *Internet of Things* yang nantinya akan dapat mendukung proses komunikasi *Device-to-Device* ataupun *Machine-to-Machine*.

Teknologi penerapan 5G yang sedang umum dikembangkan saat ini adalah untuk komunikasi antara kendaraan dengan benda seperti kendaraan lain, kendaraan dengan infrastruktur ataupun kendaraan dengan masyarakat yang berlalu lalang pada jarak komunikasi kendaraan tersebut. Namun, beberapa kendala masih ditemui dalam proses penerapan teknologi 5G, seperti adanya beberapa parameter yang belum memenuhi syarat, karena keterbatasan infrastruktur.

Komunikasi antar kendaraan tersebut tidak dapat berlangsung begitu saja tanpa menggunakan sebuah pendekatan. Pendekatan ini dilakukan untuk mendapatkan perbandingan sehingga nantinya dapat membuat sebuah *prototype* yang sesuai dengan kebutuhan teknologi yang mendukung komunikasi tersebut.

Pada tugas akhir ini akan membahas mengenai komunikasi antar kendaraan atau biasa disebut *Vehicle-to-Vehicle (V2V) Communication* dengan analisa mengenai *throughput*, *reliability* dan *delay* di Jl. Braga, Bandung, dengan harapan dapat diterapkan sebagai *prototype* di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana analisis perangkat komunikasi antar kendaraan pada jaringan 5G?
2. Apakah analisis perangkat yang telah dilakukan dapat diterapkan pada sampel?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah tugas akhir ini adalah:

1. Tugas Akhir ini hanya menggunakan *software* Matlab R2017a
2. Area sampel hanya di Jl. Braga, Bandung
3. Parameter yang dianalisis hanya *throughput*, *latency*, *delay* dan *reliability*
4. Terdapat tiga scenario dengan kecepatan lambat, sedang dan cepat
5. Analisa menggunakan OBU Unex 102
6. Frekuensi yang digunakan pada enodeB adalah 24 GHz

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah untuk menganalisis apakah perangkat komunikasi antar kendaraan yang diteliti telah layak untuk diterapkan di lokasi sampel.

1.5 Metode Penelitian

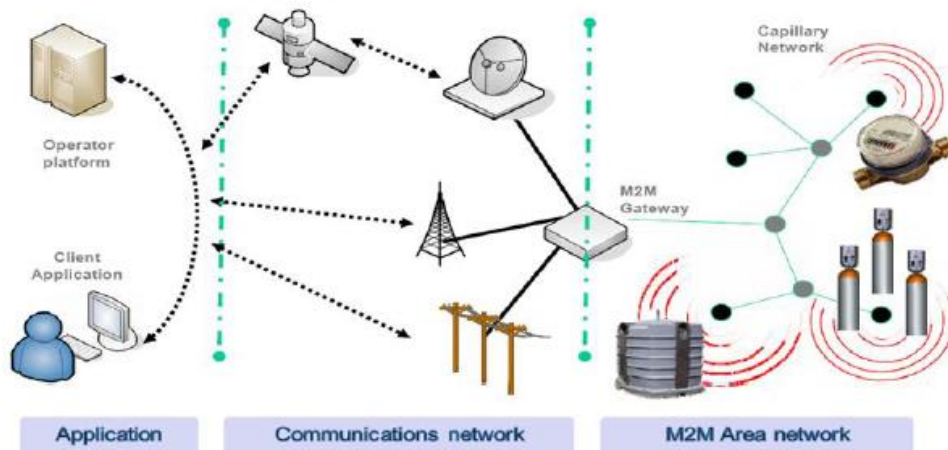
Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis komunikasi *Vehicle to Vehicle* menggunakan *software* Matlab R2018b di Jl. Braga, Bandung. Parameter yang akan dianalisis adalah *throughput*, *latency*, *delay* dan *reliability*.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Machine to Machine

M2M adalah sebuah singkatan dari *Machine-to-Machine* yang merupakan sebuah penerapan dari teknologi 5G, yang memungkinkan berbagai macam mesin dapat menjadi *node* untuk jaringan nirkabel dan menyediakan aplikasi pengendalian dan pemantauan jarak jauh.

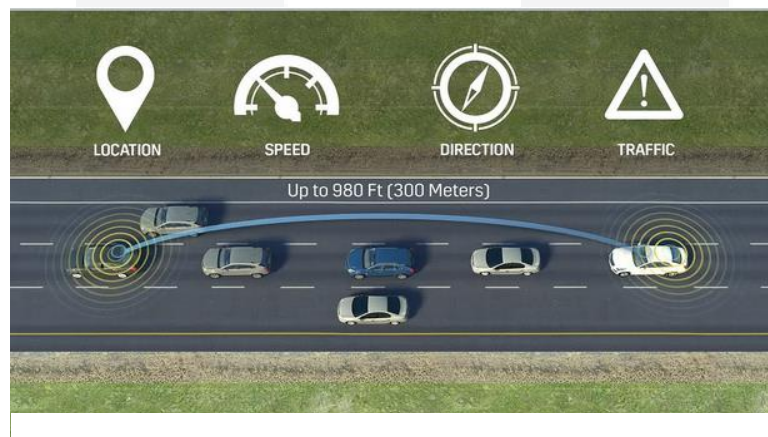
Spectrum komunikasi M2M yang luas mencakup berbagai saluran inovatif seperti *remote control* cerdas untuk komponen mesin. Pada jaringan, M2M memiliki deinisi berupa sebuah “mesin” yang menggunakan sumber daya jaringan untuk melakukan komunikasi dengan benda dan infrastruktur di sekitar “mesin” tersebut[4].



Gambar 2.1 Jaringan Sederhana M2M

2.2 Vehicle to Vehicle Communication

V2V merupakan salah satu contoh dari M2M pada bidang *The Connected Car*. Jenis komunikasi ini dimimpikan menjadi salah satu teknologi yang paling menjanjikan sebagai sistem transportasi cerdas. Meskipun beberapa penerapan pada komunikasi V2V contohnya penanda perpindahan lajur kendaraan, dan sistem pengereman otomatis jika pengemudi tidak dapat mengendalikan kendaraan dalam keadaan darurat sudah diterapkan, kekhawatiran mengenai keamanan dan keselamatan masih menjadi sebuah tantangan untuk jaringan yang diterapkan pada kendaraan[5].



Gambar 2.2 Komunikasi V2V[6]

Sistem transportasi cerdas membutuhkan sebuah jarak aman yang efisien antar kendaraan. Hal ini menghadirkan sebuah tantangan tersendiri yang mendasari sistem komunikasi, sebagaimana kendaraan sekarang harus dapat mengirimkan informasi mengenai kendaraan yang bersangkutan, lokasi dalam batasan *latency*[7], tujuan, dan kecepatan[8]. Hal ini diharapkan dapat mengurangi tingkat kematian dan kecelakaan yang berujung kemacetan panjang yang akan menambah waktu berkendara, meningkatkan konsumsi bahan bakar serta meningkatkan polusi udara. Sistem transportasi cerdas ini bergantung kepada waktu dan kecepatan pertukaran informasi antar kendaraan.

Informasi yang dikumpulkan pada komunikasi V2V ini dapat berupa bangunan, serta kondisi jalanan. Agar dapat berjalan dengan lancar, komunikasi V2V tersebut memiliki satu cara efisien untuk pertukaran informasi dengan cara menyebarkan informasi ke banyak *node* pada waktu yang sama. Dengan hal tersebut, maka seluruh kendaraan yang berada pada jarak jangkauan *transmitter* kendaraan seharusnya dapat menerima paket yang disebarkan secara merata. Jenis komunikasi tersebut memroses komunikasi *point-to-point* dimana beberapa *receivers* menerima paket yang dikirimkan oleh satu *transmitter*[1].

2.3 Road Side Unit Dedicated Short Range Communication

Dedicated Short Range Communication merupakan sebuah standar nirkabel yang dibuat secara spesifik untuk mendukung penerapan *Intelligent Transportation System* (ITS). *US Federal Communication Commission* (FCC) mendedikasikan 75 MHz pada rentang 5.9 GHz untuk menerapkan system nirkabel pada komunikasi *Vehicle to Vehicle* (V2V) dan *Vehicle to Infrastructure* (V2I) berdasarkan standar DSRC, dan dialokasikan pada kanal 5.9 GHz, dimana spektrum DSRC dibagi menjadi 10 saluran MHz dan akan mengirimkan gelombang informasi secara *real-time*.

Roadside Unit beroperasi pada 5.9 GHz pita frekuensi DSRC yang sesuai dengan sistem kendaraan yang mendukung *very low latency* yang diperlukan untuk kecepatan tinggi.

Roadside Unit yang digunakan telah sesuai dengan spesifikasi dari Departemen Transportasi Amerika Serikat, termasuk komunikasi antar-kendaraan, keamanan dara dan *Global Positioning System* (GPS) untuk peninjauan lokasi dan waktu.

Sebagai tambahan, RSU memerlukan *Wi-Fi hotspot* local untuk dapat mengakses sinyal kontroler dan *LTE Cellular backhaul* untuk *data upload* dan *download*.

Roadside Unit juga memiliki data penyimpanan internal untuk bentuk denah suatu daerah tanpa harus mengganti kontroler[9].



Gambar 2.3 RSU DSRC Siemens [9]

2.4 On Board Unit

On Board Unit merupakan sebuah unit yang terpasang pada kendaraan, berfungsi untuk menerima dan mengirimkan data berupa kecepatan kendaraan terdekat, posisi kendaraan dan waktu tempuh kendaraan secara berkala ke RSU DSRC dari sisi pengendara. Pertukaran informasi OBU dilakukan secara *wireless* antara OBU, RSU DSRC dan kendaraan.



Gambar 2.4 Arada LocoMate OBU [11]

Instalasi OBU harus sesuai dengan instalasi RSU DSRC yang terpasang agar penerimaan data dapat berjalan dengan lancar.

2.5 Parameter Perhitungan

Pada Subbab ini membahas mengenai parameter perhitungan yang diperlukan pada komunikasi *Vehicle-to-Vehicle*. Terdapat dua tahap komunikasi yang terjadi, yaitu dari *new radio enodeB* ke RSU, kemudian yang kedua merupakan scenario perhitungan *link budget* RSU ke OBU.

Coverage Planning Link Budget Downlink New Radio enodeB to RSU

Non-Line of Sight Propagation

Propagasi Non-Line of Sight merupakan sebuah propagasi yang akan digunakan pada analisis perancangan komunikasi antar-kendaraan pada jaringan 5G. Analisis perancangan ini menggunakan persamaan 3GPP UMi-Street Canyon NLOS sebagai berikut [13]:

$$PLUMi-NLOS = 35.3 \log_{10}(d_{3D}) + 22.4 + 21.3 \log_{10}(f_c) - 0.3(h_{UE} - 1.5) \quad (2.1)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} f_c &= \text{Frekuensi Carrier} && ; 0.5 < f_c < 100 \text{ GHz} \\ d_{3D} &= \text{Jarak 3 dimensi antara antenna TX dan RX} && ; 10\text{m} < d_{3D} < 5000\text{m} \\ h_{UE} &= \text{Tinggi User Equipment} && ; 1.5 < h_{UE} < 22.5\text{m} \end{aligned}$$

Data Rate

Perhitungan Data Rate digunakan untuk mengetahui kecepatan bit modulasi 64 QAM yang digunakan.

$$\text{Data Rate} = \frac{\log_2(m) \times R_c \times N_{ds}}{T_s} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} m &= \text{modulasi yang digunakan (64 QAM)} \\ R_c &= \text{Coding Rate (0.5)} \\ N_{ds} &= \text{Jumlah data subcarrier (52)} \\ T_s &= \text{Durasi Simbol} \end{aligned}$$

Luas Sel

Perhitungan luas sel diperlukan untuk menghitung area dan radius sel serta jumlah sel dalam perencanaan jaringan.

$$\text{Luas Sel} = 2.6 \times r^2 \quad (2.3)$$

Keterangan

Luas Sel (km)

r = jari-jari sel

$$r = \frac{(4\pi \times d \times f_{5G} \times 10^9)}{c} \quad (2.4)$$

d = jarak antara enodeB dengan V2V

f_{5G} = Frekuensi 5G yang digunakan

c = kecepatan cahaya = 3×10^8

Jumlah dan Area Sel

Perhitungan jumlah sel diperlukan untuk menentukan berapa banyak sel yang diperlukan dalam sebuah perencanaan jaringan.

$$\Sigma \text{sel} = \frac{\text{Luas Area}}{\text{Luas Sel}} \quad (2.5)$$

$$\text{Area Sel} = \frac{\text{Luas Area Servis}}{\text{Jumlah Sel}} \quad (2.6)$$

Equivalent Isotropically Radiated Power

Equivalent Isotropically Radiated Power atau biasa disebut dengan *EIRP* merupakan sebuah pengukuran dari daya keluaran sebuah antenna isotropis pada arah tunggal.

$$EIRP = P_{Tx} + G_{Tx} - \text{Cable Loss} \quad (2.7)$$

Keterangan :

P_{Tx} = Maximum Power Transmit

G_{Tx} = Gain Transmitter Antenna

Perhitungan Interference Margin

$$\text{Interference Margin} = 10 \log_{10} \left(1 + 10^{\frac{\text{Min G-factor}}{10}} \right) \quad (2.8)$$

Keterangan:

Minimum G-Faktor = -4 dB

Maximum Allowed Path Loss

$$\text{MAPL} = \text{EIRP} - \text{Rx Sensitivity} - \text{Interface Margin} - \frac{\text{Control Channel}}{100} + \text{GRx-Body Loss} \quad (2.9)$$

Keterangan :

EIRP = Equivallent Isotropic Radiated Power

Coverage Planning Link Budget Downlink RSU to OBU

Perhitungan ini meliputi perhitungan EIRP, MAPL, Propagasi Radio, Loss Propagation dan SNR.

EIRP

Equivalent Isotropically Radiated Power atau biasa disebut dengan EIRP merupakan sebuah pengukuran dari daya keluaran sebuah antena isotropis pada arah tunggal.

$$\text{EIRP} = \text{PTx} + \text{GTx} - \text{Cable Loss} \quad (2.10)$$

Keterangan :

PTx = Maximum Power Transmit

GTx = Gain Transmitter Antenna

Perhitungan Interference Margin

$$\text{Interference Margin} = 10 \log_{10} \left(1 + 10^{\frac{\text{Min G-factor}}{10}} \right) \quad (2.11)$$

Keterangan:

Minimum G-Faktor = -4 dB

MAPL

$$\text{MAPL} = \text{EIRP} - \text{Rx Sensitivity} - \text{Interface Margin} - \frac{\text{Control Channel}}{100} + \text{GRx-Body Loss} \quad (2.12)$$

Keterangan:

EIRP = Equivallent Isotropic Radiated Power

Propagasi Radio

$$\text{Pr} = \frac{\text{PTx} \times \text{GTx} \times \text{GRx} \times 0.0508^2}{(4\pi)^2 \times r^2} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Pr = Propagasi Radio

PTx = Power Transmit DSRC

GTx = Gain Antenna Transmit DSRC

GRx = Gain Antenna Receiver OBU

Signal to Noise Ratio

$$\text{SNR} = \text{PTx} - (-110) - 1 - \text{GRx} \quad (2.17)$$

Keterangan:

SNR = Signal to Noise Ratio

PTx = Power Transmit DSRC

Loss Propagation

$$l = \text{PTx} - \text{Pr} - \text{GTx} + \text{GRx} \quad (2.18)$$

Keterangan:

PTx = Power Transmit DSRC

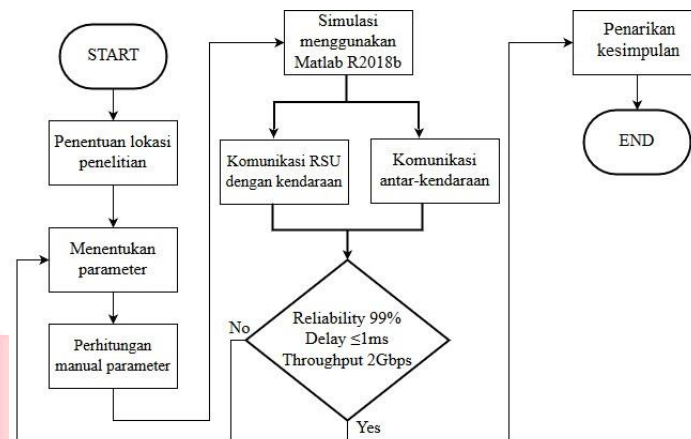
Pr = Propagasi Radio

GTx = Gain antenna DSRC

GRx = Gain antenna OBU

2.2 Diagram alir penelitian

Pada subbab ini dijelaskan mengenai alur pengerjaan tugas akhir dari tahap awal hingga proses penarikan kesimpulan.



Gambar 3.5 Diagram alir perencanaan jaringan

Pada diagram alir yang terdapat pada gambar 3.3 ini langkah pertama yang dilakukan yaitu penentuan lokasi kendaraan untuk sistem komunikasi V2V yang digunakan, pada penelitian tugas akhir ini lokasi kendaraan yang digunakan pada jalan Braga Bandung Jawa Barat. Setelah penentuan lokasi kendaraan kemudian penentuan parameter yang akan digunakan, parameter tersebut ialah delay, reliability, throughput, latency. Setelah menentukan parameter yang digunakan maka dilakukan perhitungan parameter tersebut secara manual, jika hasil yang didapatkan secara perhitungan manual sudah memenuhi nilai parameter yang diinginkan. Maka kemudian setelah mendapatkan hasil dari perhitungan yang diinginkan dilakukan simulasi dengan menggunakan software Matlab. Pada simulasi untuk penelitian komunikasi V2V ini, dan untuk mendapatkan hasil parameter dilakukan pada simulasi dari kendaraan dan kendaraan, dikarenakan pada tugas akhir ini hanya untuk melihat hasil proses transmisi data tersebut yang dilakukan dari kendaraan dengan kendaraan tersebut. Setelah dilakukannya simulasi komunikasi V2V pada software Matlab maka dilakukan analisis pada hasil simulasi dan hasil perhitungan manual apakah hasil yang didapat memenuhi seperti delay < 1 ms, reliability 99%, throughput 2 Gbps. Hasil simulasi dapat dikatakan baik apabila nilai delay berada dibawah 1 ms dan nilai throughput yang didapat mencapai hingga 2 Gbps. Apabila hasil parameter yang didapatkan tidak memenuhi syarat maka perlu pengulangan dari perhitungan parameter. Setelah dilakukan analisis dan hasil simulasi yang didapat memenuhi standar maka dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil parameter sebagai langkah akhir dari analisis ini.

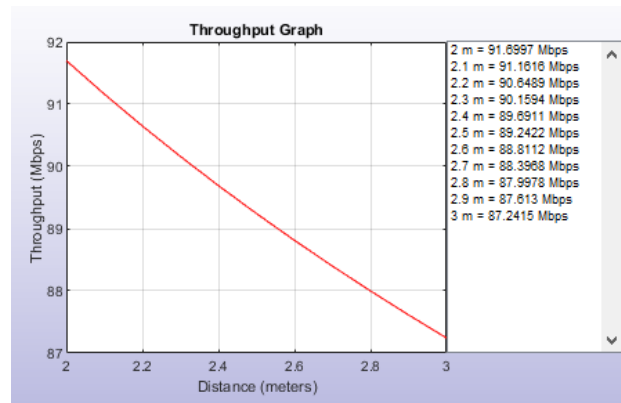
3. Pembahasan

Pada analisis skenario ini menampilkan hasil grafik dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan software Matlab, pada komunikasi V2V pada lokasi yang digunakan yaitu pada jalan Braga Bandung Jawa Barat. Adapun perangkat yang digunakan pada simulasi tugas akhir ini yaitu RSU DSRC dengan frekuensi 5,9 Ghz, pada kendaraan *traffic light* dan menggunakan perangkat OBU pada kendaraan.

Pada hasil simulasi ini dilakukan terhadap beberapa jarak yaitu 2 - 3 meter, 10 - 30 meter dan 31 - 60 meter dengan luas cakupan perangkat RSU DSRC 1 km², kecepatan yang digunakan pada komunikasi V2V ini adalah konstan dengan kecepatan 10 km/jam berdasarkan rata-rata kendaraan saat memasuki area *traffic light*. Berikut hasil analisis yang didapat berdasarkan perhitungan parameter yang digunakan.

3.1 Analisis Throughput.

Pada analisis hasil *throughput* ini dilakukan untuk melihat laju data yang ditransmisikan pada komunikasi V2V yang dilakukan dari kendaraan ke kendaraan dengan jarak yang digunakan ialah 2 - 3 meter, 10 - 30 meter dan 31 - 60 meter. Pada 3 grafik *throughput* dibawah ini dijelaskan hasil yang didapat berdasarkan jarak yang digunakan.



Gambar 3.1 Hasil Simulasi *Throughput* Jarak 2 - 3 Meter

Pada gambar 3.1 merupakan grafik *Throughput* dengan jarak 2 hingga 3 meter antar kendaraan, hasil *throughput* yang didapatkan dari jarak 3 meter sebesar 81.09 Mbps. Hasil tersebut merupakan laju data yang ditransmisikan dari perangkat RSU DSRC pada kendaraan dan diterima oleh perangkat OBU pada kendaraan dengan jarak 3 meter pada komunikasi V2V ini, dari hasil yang didapat maka dapat dikategorikan hasil tersebut belum memenuhi nilai parameter yang diinginkan yang berada pada 2 Gbps. Pada hasil simulasi jarak 2 - 3 meter ini dapat dikategorikan memberikan hasil *throughput* yang baik pada komunikasi V2V tersebut.

3.2 Analisis delay.

Pada analisis simulasi *End-to-End delay* ini digunakan untuk melihat waktu yang dibutuhkan saat proses pengiriman informasi dari kendaraan dengan menggunakan perangkat RSU DSRC kepada perangkat OBU yang terdapat pada kendaraan. Dengan jarak simulasi yang digunakan 2 - 3 meter, 10 - 30 meter dan 31 - 60 meter.

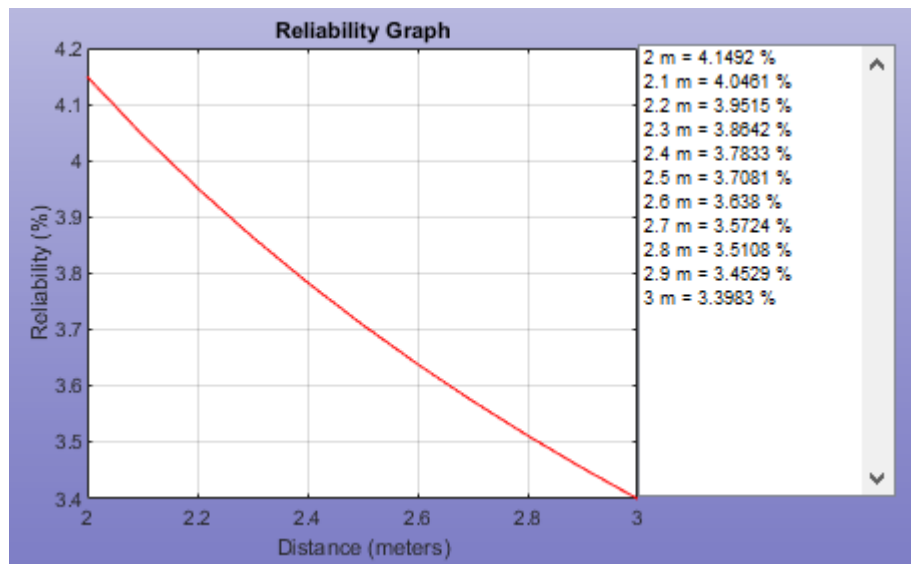
Jarak (m)	Kecepatan	ΔT (ms)	<i>Delay</i> (ms)
2 - 3	20 km/jam	0.18	0.68
10 - 30		3.6	4.1
31 - 60		5.225	5.725

Gambar 3.2 Hasil Simulasi *Delay* Jarak 2 - 3 Meter

Pada gambar 3.2 merupakan hasil pengukuran *delay* antar kendaraan. Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa *delay* terbaik yang memenuhi standar 5G adalah 0.68 ms yang terdapat pada jarak 2 - 3 meter. Meningkatnya hasil *delay* yang didapat dikarenakan dipengaruhi oleh jarak yang digunakan untuk mentransmisikan informasi yang diberikan kepada kendaraan, informasi yang ditransmisikan dari kendaraan dengan menggunakan perangkat RSU DSRC kepada perangkat OBU yang terdapat pada kendaraan. Dengan hasil *delay* yang didapatkan semakin meningkat hingga mencapai nilai standar yaitu 1 ms, maka dapat berpengaruh terhadap keakuratan informasi yang diberikan.

3.3 Analisis Reliability.

Pada analisis simulasi *reliability* ini dilakukan pada jarak 2 - 3 meter, 10 - 30 meter dan 31 - 60 meter pada komunikasi V2V, dengan menggunakan perangkat RSU DSRC pada kendaraan dan perangkat OBU pada kendaraan.



Gambar 3.3 Hasil Simulasi *Reliability* Jarak 2 - 3 Meter

Pada gambar 4.4 merupakan hasil simulasi *reliability* pada jarak 3 meter antar kendaraan, dari hasil simulasi *reliability* jarak 3 meter nilai yang didapatkan sebesar 3.46%. Dengan nilai standar yang ditetapkan ialah 99%, maka pada hasil *reliability* jarak 3 meter ini berada dibawah nilai standar tersebut. *reliability* sendiri merupakan kehandalan perangkat dalam mentransmisikan informasi yang telah ditentukan dalam suatu penundaan.

3.4 Analisis Akhir Simulasi

Dari analisis hasil yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Tabel 1 Perbandingan Hasil Analisis

Parameter	2 – 3 meter	10 – 30 meter	31 – 35 meter
Throughput	81.09 Mbps	67.16 Mbps	59.1 Mbps
Reliability	3.46%	1.62%	1.23%
Delay	0.68 ms	4.1 ms	5.725 ms

Pada tabel 5 diatas menunjukkan nilai parameter hasil akhir dari simulasi perancangan pada komunikasi V2V yang telah dilakukan. Berdasarkan tabel diatas hasil simulasi dilakukan pada tiga jarak yang digunakan. Pada jarak 2 - 3 meter hasil simulasi *throughput* yang didapat sebesar 81.09 Mbps, untuk hasil pengukuran *delay*, pada jarak 2 – 3 meter didapat nilai rata-rata sebesar 0.68 ms yang mana hasil tersebut merupakan hasil *delay* yang terbaik jika dibandingkan dengan hasil *delay* dengan jarak simulasi lainnya, dan dengan hasil simulasi *reliability* yang didapatkan ialah sebesar 3.46%. Meskipun dari hasil *reliability* tidak mencapai 99% jika mengacu sesuai dengan ketentuan pada nilai standar parameter yang digunakan, tetapi dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa komunikasi V2V ini tetap dapat dijalankan, dikarenakan tercapainya nilai pada parameter *throughput* dan *end-to-end delay* tersebut. Sehingga informasi dikirimkan pada komunikasi V2V tetap dapat diterima oleh perangkat OBU pada kendaraan.

Sedangkan hasil terburuk terdapat pada jarak 31 – 60 meter, dengan nilai *throughput* sebesar 59.1 Mbps, nilai *reliability* rata-rata sebesar 1.23% dan nilai *delay* rata-rata sebesar 5.725 ms. Dari data tersebut dapat diartikan bahwa informasi yang terkirim dari jarak 31 hingga 3 meter kurang optimal jika dibandingkan dengan informasi yang terkirim pada jarak 2 hingga 3 meter, atau 10 hingga 30 meter. Sehingga hasil jarak terbaik dari simulasi yang dilakukan pada komunikasi V2V ini, dari 3 jarak percobaan tersebut dengan menggunakan frekuensi 5,9 Ghz dan luas cakupan 1 km² ialah jarak 2 hingga 3 meter.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi perancangan komunikasi V2V pada jarak 2 - 3 meter, 10 - 30 meter dan 31 - 60 meter yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada hasil simulasi *Throughput*, nilai terbaik *Throughput* rata-rata pada komunikasi V2V didapat yaitu 81.09 Mbps pada jarak 2 - 3 meter dan nilai terburuk pada jarak 31 - 60 meter, dengan nilai 59.1 Mbps
2. Pada hasil simulasi *delay*, nilai terbaik *delay* rata-rata pada komunikasi V2V didapat yaitu 0.68 ms pada jarak 2 - 3 meter dan nilai terburuk yaitu 5.725 ms pada jarak 31 - 60 meter.
3. Dari hasil simulasi *Reliability*, nilai *Reliability* rata-rata pada komunikasi V2V didapat ialah 3.46% pada jarak 2 - 3 meter, dan pada jarak 31 - 60 meter senilai 1.23%
4. Pada hasil analisis dan simulasi perancangan komunikasi V2V dengan menggunakan perangkat RSU DSRC pada kendaraan dan perangkat OBU pada kendaraan, dengan menggunakan frekuensi 5,9 Ghz, maka jarak terbaik yang didapat pada parameter analisis *Throughput*, *delay*, dan *reliability* ialah pada jarak 2 - 3 meter.
5. Dari hasil analisis simulasi komunikasi V2V, dengan penambahan jarak yang digunakan, maka *throughput*, *reliability* dan *delay* yang didapat semakin memburuk pada jarak 31 - 60 meter.

Daftar Pustaka:

- [1] J. Lianghai, M. Liu, A. Weinand, and H. D. Schotten, "Direct Vehicle-to-Vehicle Communication with Infrastructure Assistance in 5G Network," *IEEE 16th Annu. Mediterr. Ad Hoc Netw. Work.*, pp. 3-7, 2017.
- [2] SpeedTest, "What about 5G?," 2015. [Online]. Available: <http://speedtest.net.in/news/wifi/what-about-5g/>.
- [3] B. Sanyal, "M2M Technology : Challenges and Opportunities Author," 2010.
- [4] M. I. Ashraf, C.-F. Liu, M. Bennis, and W. Saad, "Towards Low-Latency and Ultra-Reliable Vehicle-to-Vehicle Communication," 2017.
- [5] M. I. Ashraf, M. Bennis, C. Perfecto, and W. Saad, "Dynamic proximity-aware resource allocation in vehicle-to-vehicle (V2V) communications," *Proc. IEEE GLOBECOM Work.*, pp. 1-6, 2016.
- [6] B. Xu, O. Wolfson, and H. J. Cho, "Monitoring neighboring vehicles for safety via V2V communication," *Proc. 2011 IEEE Int. Conf. Veh. Electron. Safety, ICVES 2011*, pp. 280-285, 2011.
- [7] H. Technologies, "L T E Network Design and Dimensioning Training."
- [8] R. Unit, G. Positioning, and K. Features, "Connected Vehicle Roadside Unit."
- [9] D. S. Range and P. Highlights, "LocomateTM - OBU (On Board Unit)," pp. 9-12.
- [10] T. S. Rappaport, Y. Xing, G. R. MacCartney, A. F. Molisch, E. Mellios, and J. Zhang, "Overview of Millimeter Wave Communications for Fifth-Generation (5G) Wireless Networks-With a Focus on Propagation Models," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 65, no. 12, pp. 6213-6230, 2017.
- [11] A. Mostafa, A. M. Vegni, R. Singoria, T. Oliveira, T. D. C. Little, and D. P. Agrawal, "A V2X-based approach for reduction of delay propagation in vehicular Ad-Hoc networks," *2011 11th Int. Conf. ITS Telecommun. ITST 2011*, pp. 756-761, 2011.

