

ANALISA PERANCANGAN KOMUNIKASI UNTUK KENDARAAN DENGAN PEJALAN KAKI (V2P) PADA JARINGAN 5G

ANALYSIS DESIGN OF VEHICLE TO PEDESTRIAN (V2P) COMMUNICATION IN 5G NETWORK

Nikita Putri¹, Uke Kurniawan Usman², Doan Perdana³

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

¹nikitaputri@student.telkomuniversity.ac.id²ukeusman@telkomuniversity.ac.id³doanperdana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam dunia telekomunikasi sudah banyak inovasi yang sangat membantu untuk berbagai macam bentuk kebutuhan manusia, tidak hanya berupa bentuk nyata yang kita butuhkan dalam telekomunikasi jaringan sangat perlu untuk dikembangkan. Dengan adanya penggunaan jaringan 4G (*Fourth Generation*) sekarang maka akan dikembangkan lagi dengan berbasis 5G (*Fifth Generation*) dengan menerapkan teori M2M (*Machine to Machine*). Dalam dunia lalu lintas masih banyak terjadinya kecelakaan yang terjadi antara sesama kendaraan maupun antar kendaraan dengan pejalan kaki, maka dengan implementasi sistem V2P (*Vehicle to Pedestrian*) ini diharapkan dapat meminimalisir angka kecelakaan antar kendaraan dengan pejalan kaki. Penelitian ini akan dilaksanakan di kota Bandung. Pada penelitian ini akan dilaksanakan pada jenis jalanan tunggal dimana akan dilakukan di jl. Braga Panjang, Kota Bandung, Jawa Barat. Dimana, jalanan tersebut sering ramai didatangi oleh wisatawan-wisatawan untuk berkeliling dengan kendaraan maupun berjalan kaki. Diadakannya penelitian ini diharapkan dapat membangun keamanan dan kenyamanan pejalan kaki dan kendaraan di jalan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi nilai kecelakaan antar kendaraan dengan pejalan kaki dengan cara mendeteksi dalam radius yang telah ditentukan jika ada yang melintas. Pemilihan *software simulasi yang akan digunakan ialah menggunakan Matlab dengan mempertimbangkan macam-macam parameter yang diukur antara lain Reliability, Throughput, Latency dan Delay.*

Kata kunci: kendaraan, pejalan kaki, OBU, RSU, V2P

Abstract

In the world of telecommunication there have been many innovations that are very helpful of various forms of human needs, not only in the form of the real form that we need in telecommunication networks, it is very necessary to develop them. With the use of 4G networks (Fourth Generation) now it will be further develop with 5G based (Fifth Generation) by applying the M2M (Machine to Machine) theory. In the world of traffic there are still many accidents that occur between fellow vehicles and between vehicles and pedestrians, so the implementation of the V2P (Vehicle to Pedestrian) system is expected to minimize the number of accidents between vehicle to pedestrians. This research will be carried out in the city of Bandung. This research will be carried out a single type of road where it will be carried out on Braga Panjang street, Bandung, West Java. Where the road is often crowded by tourists to get around by vehicles or pedestrians. The implementation of this research is expected to be able to build the safety and convenience of pedestrian and vehicles on the road. This research aims to reduce the value of accidents between vehicles and pedestrians by detecting within a predetermined radius if there is a pass. The selection of simulation software that will be used is to use Matlab by considering the various parameters measured including Reliability, Throughput, Latency and Delay

Keyword: Vehicle, Pedestrian, OBU, RSU, V2P

1. Pendahuluan

Dalam penelitian ini objek utama yang dipilih adalah pejalan kaki dengan kendaraan. Dalam dunia lalu lintas kita semua tidak henti-hentinya mendengarkan ataupun melihat secara langsung kecelakaan yang terjadi di jalanan manapun, dalam situasi apapun dan kapanpun. Kecelakaan pejalan kaki, seperti halnya kecelakaan lalu lintas jalan lainnya, tidak bisa dianggap sebagai sesuatu yang tidak bisa dihindari karena sebenarnya kecelakaan bisa diprediksi dan dicegah. Dalam penelitian ini akan dibuat untuk meminimalisir adanya korban kecelakaan dari tahun ke tahun terutama untuk melindungi pejalan kaki.

Dalam umumnya kita masih kurang untuk menerapkan kedisiplinan dalam berkendara, faktor-faktor resiko utama kecelakaan lalu lintas jalan yang melibatkan pejalan kaki adalah kecepatan kendaraan, pengguna alkohol oleh pengemudi dan pejalan kaki, kurangnya infrastruktur yang berkeselamatan bagi pejalan kaki, dan buruknya *visibility* pejalan kaki. Situasi inilah yang akhirnya dapat membahayakan pengguna kendaraan juga pengguna jalan lainnya, membuat macet disaat situasi yang sedang tergesa-gesa, berkendara dengan memainkan gadget, dan akhirnya mengakibatkan kecelakaan lalu lintas. Semakin meningkatnya jumlah presentase kendaraan yang semakin bertambah seharusnya semakin pula didukung dan diadakan keselamatan dan fasilitas yang memadai, sehingga pejalan kaki dan pengguna kendaraan dapat menggunakan fasilitas yang disediakan.

Pengurangan atau peniadaan resiko-resiko yang dihadapi oleh pejalan kaki merupakan sebuah tujuan kebijakan yang penting dan dapat dicapai. Sudah ada intervensi-intervensi yang terbukti telah berhasil, tetapi di banyak lokasi keselamatan pejalan kaki masih diabaikan. Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju dimana dengan situasi seperti ini yang masih sedikitnya kesadaran antar sesama diharapkan dapat banyak membantu, dimana kita dapat mengetahui bahwa hampir semua kalangan dari manapun sudah mengenal internet dengan cukup baik dan memiliki gadget yang memfasilitasi berbagai macam fitur yang sangat membantu. Alangkah baiknya jika perkembangan ini digunakan untuk menghasilkan sesuatu yang dapat memberikan solusi dari suatu masalah.

2. Dasar Teori

2.1 *Vehicle to Pedestrian (V2P)*

Dengan adanya teknologi yang semakin maju dan berkembang dengan sangat pesat diharapkan dapat membantu mengurangi angka kecelakaan, kecelakaan antar kendaraan dan pejalan kaki seiring dan rentan mengakibatkan kematian bagi pejalan kaki, dengan adanya teknologi yang kuat dapat melindungi pengguna jalan yang sangat rentan tersebut. *Wireless* memiliki potensi untuk mendukung keselamatan di jalan raya dengan memungkinkan pengguna jalan untuk bertukar informasi [1]. Dengan membicarakan skema komunikasi antara pejalan kaki dengan kendaraan, peralatan yang sekiranya terbatas masih dapat diatasi. Secara umum jarak komunikasi sensor yang dapat ditempuh berkisar dari beberapa meter hingga puluhan meter, tetapi peralatan komunikasi akan memperluas jaraknya hingga ratusan meter [2].



Gambar 2.1 *Vehicle to Pedestrian* [3]

2.2 *Teknologi 5G*

Empat generasi sebelumnya dari teknologi yang selektif masing-masing memiliki pergeseran paradigme utama yang kurang baik dalam kompatibilitas. Memang 5G perlu menjadi pergeseran paradigme selanjutnya yang mencakup frekuensi *carrier* yang sangat tinggi dengan bandwidth yang *massive*, *base station* dan densitas perangkat yang ekstrim dan jumlah antenna yang belum pernah direalisasikan sebelumnya. Namun tidak lagi seperti 4 generasi sebelumnya, hal ini juga sangat *integrative*: menghubungkan 5G dengan *air-interface* dan spektrum dengan bersamaan oleh LTE dan WiFi untuk memberikan cakupan tingkat tinggi yang universal dan pengalaman yang baik bagi pengguna. Untuk mendukung hal ini jaringan inti juga harus mencapai tingkat fleksibilitas dan *intelligent*, peraturan spektrum perlu dipikirkan kembali dan diperbaiki, dan efisiensi energi dan biaya akan menjadi pertimbangan yang lebih penting [4]

2.3 Machine to Machine (M2M)

M2M (Machine to Machine) jaringan rumah berkembang pesat untuk mencakup keragaman perangkat/ mesin/ terminal, termasuk ponsel, *computer*, laptop, TV, speaker, lampu, dan peralatan elektronik. Dengan penetrasi perangkat tertanam yang dramatis, komunikasi yang domain di jaringan rumah, yang saat ini berkonsentrasi pada produksi, pertukaran, dan pemrosesan informasi dari manusia ke manusia. Komunikasi M2M dinilai rendahnya daya, biaya yang minim, dan intervensi manusia yang rendah. Komunikasi M2M biasanya terdiri dari sejumlah perangkat jaringan dan *gateway*. *Gateway* bertanggung jawab atas koneksi antar perangkat, dan koneksi antara area komunikasi M2M dan jaringan lainnya. Karakteristik mesin biasanya kecil dan murah, yang menempatkan beberapa kendala dalam komunikasi M2M, termasuk *energy*, perhitungan, penyimpangan, dan *bandwidth*. Kendala ini menimbulkan sejumlah tantangan unik dalam perancangan jaringan rumah M2M untuk mencapai rumah yang mempunyai koneksi baik, efisien, dan andal [5].

2.4 Parameter Perhitungan

Dalam menghitung parameter perhitungan ini dibutuhkan parameter-parameter dasar yang hasilnya akan diinputkan ke dalam parameter analisis dengan membutuhkan parameter nilai dari NLOS dan SNR dengan persamaan sebagai berikut:

- NLOS adalah perambatan secara tidak langsung antara pemancar (Tx) dan penerima (Rx) dimungkinkan akibat adanya refleksi, difraksi, maupun hamburan. Berikut formula untuk NLOS pada D2D [6]:

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

Applicability range and parameters:

$$0.5 < f_c < 100 \text{ GHz}$$

$$10 \text{ m} < d_{3D} < 5000 \text{ m}$$

$$1.5 \text{ m} \leq h_{UE} \leq 22.5 \text{ m}$$

$$h_{BS} = 10 \text{ m}$$

- SNR adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. SNR mengukur tingkat unjuk kerja dan dari efek faktor *noise* dari unjuk kerja tersebut dan juga mengevaluasi stabilitas unjuk kerja dari karakteristik mutu *output*. Semakin tinggi unjuk kerja yang diukur dengan tingginya SNR sama dengan kerugian yang mengecil. Berikut formula SNR [7]

$$SNR = P_{TX} - P_N - P_L - L_S$$

dimana:

P_{tx} = Power Transmit

P_n = (-110) Power Noise

P_l = Propagasi Loss

L_s = Loss System (Diambil dari nilai gain antenna dan kabel loss penerima)

$$P_L = P_{tx} - P_r + G_{tx} + G_{rx}$$

P_{tx} = Power Transmitter

P_r = Propagasi Radio

G_{tx} = Gain Transmitter

G_{rx} = Gain Receiver

2.6 Parameter Analisis

- Throughput adalah bandwidth aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam suatu hari menggunakan rute internet yang spesifik ketika sedang mendownload suatu file. Walaupun throughput memiliki satuan rumus yang sama dengan bandwidth, tetapi lthroughput lebih pada menggambarkan bandwidth yang sebenarnya (actual) pada suatu waktu tertentu dan pada kondisi dan jaringan internet tertentu yang digunakan untuk mendownload suatu file dengan ukuran tertentu. Dengan formula sebagai berikut [8]:

$$C = B \times \log_2(1 + SNR)$$

dimana:

B = Bandwidth

SNR = Signal Noise to Ratio

- Latency merupakan waktu yang diperlukan oleh sebuah paket berjalan melalui media transmisi dari perangkat pengiriman ke perangkat penerima [9]. Dalam penelitian ini nilai latency akan ditetapkan dengan besar <1ms.
- Delay adalah waktu tunda yang terjadi dalam proses pengiriman suatu paket dari titik awal ke titik tujuan. Dalam sebuah jaringan delay dapat menjadi sebuah acuan untuk menilai kualitas jaringan. Semakin kecil nilai delay yang dihasilkan maka semakin baik jaringan tersebut. Delay dapat dirumuskan sebagai berikut: [10]

$$delay = waktu\ paket\ diterima - waktu\ paket\ dikirimkan$$

- Reliability atau reliabilitas adalah kestabilan dimana dalam mengukur suatu parameter yang dibutuhkan bisa dikatakan reliable ketika hasil yang didapatkan tidak bertentangan dengan batas yang sudah ditentukan.

$$Reliability = \frac{Daya\ Terima}{Daya\ Pancar + Daya\ Terima} \times 100\%$$

dimana:

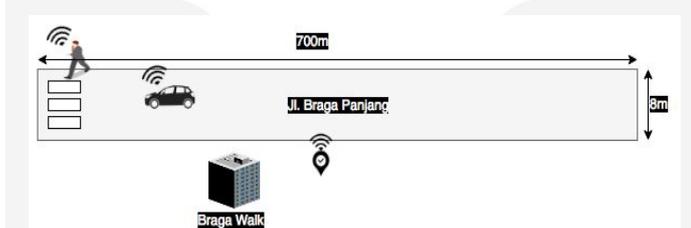
P_r = Propagasi Radio

$$P_r = \frac{P_{TX} \times Gain\ Mobile\ phone \times Gain\ OBU \times \lambda}{4\pi^2 \times d^2 \times 1}$$

3. Pembahasan

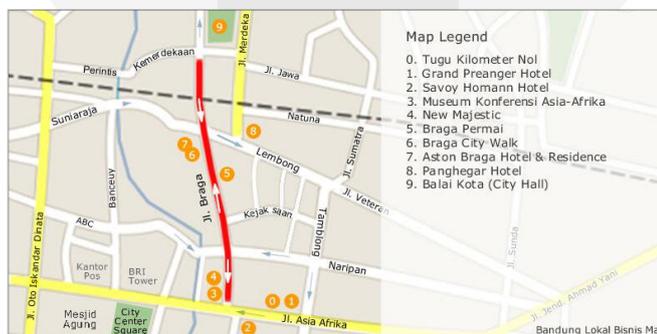
3.1 Model Sistem Simulasi

Pemodelan sistem yang akan dirancang menggunakan sistem pada jalanan tunggal yang sangat ramai.



Gambar 3.2 Skema Komunikasi V2P

Dalam gambar 3.2 adalah sketsa pemodelan dari penerapan komunikasi antara *Vehicle to Pedestrian*. Dimana *vehicle* dan *pedestrian* akan mendeteksi secara otomatis jika terdapat pejalan kaki berada disekitar kendaraan tersebut dan alasan penelitian ini dilaksanakan pada daerah ini yaitu karena ramainya kondisi jalanan yang di dominasi oleh kendaraan dan pejalan kaki. Dimana jl. Braga Panjang ini memiliki luas 700×8 m maka dari itu diperlukannya 1 buah *picocell* yang diletakan disekitar jl. Braga Panjang tersebut.



Gambar 3.3 Peta jl. Braga

Dalam gambar 3.3 ini adalah peta dari jl. Braga Bandung. Di daerah jl. Braga ini kita ketahui bahwa memang tempat yang ramai untuk berlalu lintas, terutama banyaknya pejalan kaki dan kendaraan dimana daerah braga ini memang salah satu tujuan yang dipilih oleh wisatawan sebagai destinasi di kota Bandung. Dimensi dari jl. Braga ini memiliki panjang 700m dan lebar 8m.

Dalam penelitian ini dilakukan 2 jenis skenario dengan perbedaan frekuensi yang digunakan yaitu:

- Skenario I, dimana komunikasi V2P pada pedestrian menggunakan frekuensi 24.25 GHz dan pada vehicle menggunakan frekuensi 5.9 GHz dapat dilihat pada gambar 3.4
- Skenario II, dimana komunikasi V2P yang menggunakan frekuensi 5.9 GHz dapat dilihat pada gambar 3.5

Alasannya yaitu untuk membandingkan hasil analisis terbaik dari skenario I dan skenario II. Untuk kecepatannya didapatkan bernilai konstan 5km/jam dan dengan perbandingan jarak 100 meter hingga 500 meter dari picocell. Dalam penelitian untuk pemodelan V2P yaitu akan menggunakan OBU (*On Board Unit*), RSU, dan PU (*Portable Unit*). Dalam penelitian ini langkah yang dibuat dimana OBU diletakan pada kendaraan yang beroperasi, RSU yang berfungsi sebagai perantara antara OBU dengan PU dimana dapat menggunakan *controller* dan *Access Point* berupa picocell yang diletakan pada infrastruktur yang tersedia ataupun diatas gedung dengan *coverage* 500m dan untuk pejalan kaki akan menggunakan PU salah satu contohnya *Smartphone*.

3.2 Hasil

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat dirangkum dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Perbandingan nilai parameter skenario I

Parameter	100 meter	500 meter
throughput	144.98 Mbps	134.70 Mbps
delay	0.995 ms	1 ms
reliability	53.35%	44.92%

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa komunikasi V2P skenario I ini memiliki perbedaan hasil disetiap perbedaan jaraknya, pada jarak 100 meter hasil throughput yang diperoleh 144.98 Mbps dimana hasil ini lebih baik dibandingkan dengan nilai throughput 500 meter yaitu 134.70 Mbps namun hasil ini masih dikategorikan baik untuk melakukan komunikasi dalam penelitian ini. Pada parameter delay dijarak 100 meter didapatkan hasil 0.995 ms dimana hasil ini lebih baik dibandingkan dengan jarak 500 meter yaitu 1 ms namun hasil ini masih dikategorikan baik karena di bawah standar yang ditentukan yaitu kurang dari 2 ms. Pada parameter reliability dijarak 100 meter mendapatkan hasil 53.35 % dan pada jarak 500 meter mendapatkan hasil 44.92 % walaupun tidak mencapai standar yang telah ditentukan yaitu 99 % namun komunikasi V2P ini tetap bisa dijalankan dikarenakan tercapainya nilai throughput dan delay yang diperoleh.

Tabel 4.2 Perbandingan nilai parameter skenario II

Parameter	100 meter	500 meter
throughput	161.75 Mbps	151.68 Mbps
delay	0.9997 ms	1 ms
reliability	71.33 %	62 %

Dapat dilihat pada tabel diatas perbandingan nilai parameter pada skenario II ini memiliki nilai parameter yang berbeda pada setiap jaraknya, pada parameter throughput dijarak 100 meter nilai yang diperoleh yaitu 161.75 Mbps dan pada jarak 500 meter nilai yang diperoleh yaitu 151.68 Mbps, dapat dilihat semakin jauh jarak yang ditetapkan maka semakin menurun/kecil throughput yang diperoleh namun nilai throughput yang didapatkan masih cukup baik untuk melakukan komunikasi pada penelitian ini. Pada parameter delay dijarak 100 meter nilai yang diperoleh yaitu 0.9997 ms dan pada jarak 500 meter nilai yang diperoleh yaitu 1 ms, dapat dilihat jika semakin jauh jarak yang ditetapkan maka semakin besar nilai delay yang diperoleh, namun hasil simulasi yang didapatkan masih dikategorikan baik karena dibawah standar yang ditetapkan yaitu kurang dari 2 ms. Pada parameter reliability dijarak 100 meter nilai yang diperoleh yaitu 71.33 % dan pada jarak 500 meter nilai yang diperoleh yaitu 62 %, dapat dilihat semakin jauh jarak yang ditetapkan maka semakin menurun/kecil nilai yang diperoleh, namun hasil simulasi yang dilakukan memang tidak mencapai standar yang ditetapkan yaitu 99 % namun dengan hasil simulasi yang didapatkan sudah dapat dijalankan komunikasi V2P dikarenakan tercapainya nilai throughput dan delay.

Dari dua perbandingan skenario yaitu skenario I menggunakan frekuensi 24.25 GHz dan 5.9 GHz dan skenario II menggunakan frekuensi 5.9 GHz maka dapat dianalisa bahwa hasil dari parameter-parameter yang digunakan hasil dari skenario I lebih kecil dibandingkan dengan hasil dari skenario II hal ini dikarenakan faktor frekuensi yang digunakan dimana pada skenario I frekuensi yang digunakan lebih besar dibandingkan frekuensi yang digunakan pada skenario II.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang dilakukan dengan perbandingan skenario dan jarak 100 meter hingga 500 meter maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: Pada hasil simulasi parameter throughput diskenario I hasil terbaik diperoleh pada jarak 100 meter yaitu 144.98 Mbps dan pada skenario II hasil terbaik diperoleh pada jarak 100 meter yaitu 161.75 Mbps, maka dapat dilihat hasil perbandingan skenario yang terbaik yaitu pada skenario II karena nilai throughput yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan skenario I. Pada hasil

simulasi parameter delay di skenario I hasil terbaik diperoleh pada jarak 100 meter yaitu 0.995 ms dan pada skenario II hasil terbaik diperoleh pada jarak 100 meter yaitu 0.9997 ms , maka dapat dilihat hasil perbandingan skenario yang terbaik yaitu pada skenario I karena nilai delay yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan skenario II. Pada hasil simulasi parameter reliability di skenario I hasil terbaik diperoleh pada jarak 100 meter yaitu 53.35 % dan pada skenario II hasil terbaik diperoleh pada jarak 100 meter yaitu 71.33 % , maka dapat dilihat hasil perbandingan skenario yang terbaik yaitu pada skenario II karena nilai reliability yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan skenario I. Dari hasil simulasi parameter komunikasi V2P dengan perbandingan jarak maka hasil yang paling menurun ialah terjadi pada jarak 500 meter. Pada hasil simulasi dan analisis komunikasi V2P dengan menggunakan perangkat picocell, OBU dan UE menggunakan perbandingan jarak pada skenario I dan skenario II maka jarak terbaik yang diperoleh di parameter throughput, delay dan reliability yaitu pada jarak 100 meter

Pada hasil simulasi dan analisis komunikasi V2P dengan menggunakan perbandingan skenario maka pada parameter throughput dan reliability didapatkan hasil terbaik menggunakan skenario II dan pada parameter delay hasil terbaik menggunakan skenario I.

Daftar Pustaka:

- [1] J. J. Anaya¹, P. Merdrignac², O. Shagdar², F. Nashashibi² dan E. J. Naranjo¹, "Vehicle to Pedestrian Communications for Protection of Vulnerable Road Users," 8-11 June 2014.
- [2] W. Cho, "Safety Enhancement Service for Vulnerable Users using P2V Communications," 2014.
- [3] D. Winter, "WARDSAUTO," 28 August 2013. [Online]. Available: <http://wardsauto.com/technology/honda-shows-new-pedestrian-detection-system>.
- [4] G. J. Andrews, S. Buzzi, W. Choi, V. S. Hanly, A. Lozano, K. A. Soong dan C. J. Zhang, "What Will 5G Be?," vol. 32, 6 June 2014.
- [5] Y. Zhang, R. Yu, S. Xie, W. Yao, Y. Xiao dan M. Guizani, "Home M2M Networks: Architectures, Standards, and QoS Improvement," *IEEE Communications Magazine*, April 2011.
- [6] S. T. Rappaport, Y. Xing, R. G. MacCartney, F. A. Molisch, E. Mellios dan J. Zhang, "Overview of Millimeter Wave Communications for Fifth-Generation (5G) Wireless Networks-with a focus on Propagation Models," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, no. 5G, November 2017.
- [7] D. Wahjudi, S. G. San dan Y. Pramono, "Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi," *JURNAL TEKNIK MESIN*, vol. 3, p. 1, 1 April 2001.
- [8] R. NURHASANAH, "ANALISIS PERENCANAAN LAYANAN DATA DI JARINGAN LTE PADA RUAS TOL CAWANG-CIKARANG UTAMA MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE SOFT FREQUENCY REUSE," 2016.
- [9] K. Nugroho, "ANALISIS PENGGUNAAN TIPE PENGKABELAN CROSSOVER PADA GIGABIT-ETHERNET," *Seminar Nasional Inovasi dan Tren (SNIT)*, pp. A-42, 2015.
- [10] P. Mugayat, R. Junia dan B. A. P., 2 September 2015. [Online]. Available: <https://jarkomtelkom.wordpress.com/2015/09/02/pengertian-bandwidth-throughput-delay-jitter-dan-osi-layer/>.
- [11] T. Yuwanto, "Analisis Tekno Ekonomi Biaya Capex dan Opex Implementasi Jaringan Long Term Evolution Area Banten," *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 8, pp. 4-9, June 2017.
- [12] S. Tengler dan J. Auflick, "Vehicle On-board unit," pp. 1,7, 30 June 2009.
- [13] Arada Systems Inc, "Lear Corporation," 2013. [Online]. Available: https://www.aradasystems.com/wp-content/uploads/2015/06/Arada_datasheet_obu_2.01_2015.pdf. [Diakses 14 July 2018].
- [14] S. P. LIDYA, "PERANCANGAN ENODEB (EVOLVED NODE B) JARINGAN 4G BERDASARKAN PENGECEKAN SINYAL DI KECAMATAN BATIPUH KABUPATEN TANAH DATAR," 27 April 2018.
- [15] Triquint Semiconductor Inc, "Microwave Journal Frequency Matters," *High Efficiency Amplifier for Picocells*, p. 2, 14 August 2014.
- [16] Y. Mehta. [Online]. Available: <http://iotworm.com/machine-to-machine-communication-technology/>. [Diakses 23 December 2017].
- [17] Y. Zhang, R. Yu, S. Xie, W. Yao, Y. Xiao dan M. Guizani, "Home M2M Networks: Architectures, Standards, and QoS Improvement," april 2011.

