

TUGAS AKHIR - TE 141599

RANCANG BANGUN PROTOKOL KOMUNIKASI *ON BOARD UNIT* (OBU) UNTUK *INTELLIGENT TRANSPORT SYTEM* (ITS) DI SURABAYA

Alif Ghifari Priambodo NRP 07111340000030

Dosen Pembimbing Dr. Ir. Endroyono, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TE141599

RANCANG BANGUN PROTOKOL KOMUNIKASI *ON BOARD UNIT* (OBU) UNTUK *INTELLIGENT TRANSPORT SYTEM* (ITS) DI SURABAYA

Alif Ghifari Priambodo NRP 07111340000030

Dosen Pembimbing Dr. Ir. Endroyono, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE141599

DESIGN OF ON BOARD UNIT (OBU) COMMUNICATION PROTOCOL FOR INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM (ITS) IN SURABAYA

Alif Ghifari Priambodo NRP 07111340000030

Advisor Dr. Ir. Endroyono, DEA

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING Faculty of Electrical Technology Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "Rancang Bangun Protokol Komunikasi *On Board Unit* (OBU) untuk *Intelligent Transport System* di Surabaya" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 4 Juni 2018

Alif Ghifari Priambodo 07111340000030

RANCANG BANGUN PROTOKOL KOMUNIKASI ON BOARD UNIT (OBU) UNTUK INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM DI SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia

Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Rembimbing

Dr. Ir. Endroyono, DEA NIP. 196504041991021001











RANCANG BANGUN PROTOKOL KOMUNIKASI ON BOARD UNIT (OBU) UNTUK INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM DI SURABAYA

Nama : : Alif Ghifari Priambodo Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Endroyono, DEA

Abstrak

Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia yang memiliki masalah besar berupa kemacetan. Banyak kota-kota besar di dunia yang mulai bergerak mengadopsi konsep kota pintar (Smart City) untuk menyelesaikan masalah di kotanya masing-masing. Salah satu teknologi yang ditawarkan dalam konsep smart city adalah Intelligent Transportation System (ITS) sebagai solusi permasalahan transportasi. Surabaya saat ini sedang berusaha menjadi kota berbasis smart city dan merealisasikan Intelligent Transportation System (ITS) sebagai solusi untuk pengembangan transportasi di Surabaya. Untuk mewujudkan manajemen armada yang bekerja dengan baik, setiap armada masingmasing akan dipasangkan On-Board Unit (OBU). Data yang diperoleh dari OBU akan diteruskan melalui jaringan wireless lalu ditampung pada database server.

Pada pengerjaan tugas akhir, untuk membuat protokol komunikasi pada OBU dilakukan dua tahap pada proses desain dan implementasi. Yang pertama adalah membuat desain rancangan protokol komunikasi OBU menggunakan MQTT protokol untuk bertukar informasi data GPS dan RFID. Kedua, implementasi QoS 0 untuk proses pengiriman data GPS, dan QoS 1 untuk pengiriman data RFID.

Pengujian protokol komunikasi OBU dilakukan dengan pengujian pada *prototype* yang sudah dapat mengirim data GPS, dan RFID. Untuk pengujian jaringan, didapat nilai *Throughput* terbesar pada 370 bps, *Packet Loss* sebesar 0%, dan *Delay* terkecil 408,623 ms.

Kata Kunci: Intelligent Transport System, Smart City, Protokol MQTT, QoS

DESIGN OF *ON BOARD UNIT* (OBU) COMMUNICATION PROTOKOL FOR INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM (ITS) IN SURABAYA

Name : Alif Ghifari Priambodo Advisor : Dr. Ir. Endroyono, DEA

Abstract

Surabaya is the second largest city in Indonesia that has a big problem in the form of a traffic jam. Many major cities in the world are beginning to move to adopt the concept of smart city to solved problems in their respective city. One of the technologies offered in smart city concept is Intelligent Transportation System as the solution to the transportation problem. Surabaya is currently trying to become a city based smart city and realized Intelligent Transportation System as a solution for the development of transportation in Surabaya. To realized fleet management that works well, each fleet will be paired with On-Board-Units. Data obtained from the OBU will be forwarded through a wireless network and then accommodated on the database server.

In this final project, to make the communication protocol on OBU carried out two stages in the process of design and implementation. The first is to design OBU communication protocol using MQTT protocol to exchange information of GPS and RFID data. Second, QoS 0 implementation for GPS data transmission process, and QoS 1 for RFID data transmission.

OBU communication protocol testing is done by testing on a prototype that can already send GPS data, and RFID. For network testing, the greatest throughput is obtained at 370 bps, Packet Loss by 0%, and the smallest Delay 408,623 ms.

Keyword : Intelligent Transport System, Smart City, MQTT

protocol, QoS

Kata Pengantar

Puji Syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah memeberikan rahmat dan anugerah-NYA untuk dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul "Rancang Bangun Protokol Komunikasi *On Board Unit* (OBU) untuk *Intelligent Transport System* di Surabaya)" untuk memenuhi persayaratan pendidikan pada Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia, Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang dalam pengerjaannya terdapat berbagai kendala dan permasalahan, namun atas bantuan dari berbagai pihak, kendala dan permasalahan dapat teratasi. Karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- 1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu menbantu dalam berbagai hal.
- 2. Dr. Ir. Endroyono, DEA, bapak Michael Ardita, dan Mas Purnahadi Atmaja atas bimbingan yang diberikan dari awal penelitian sampai dengan ujian tugas akhir.
- 3. Rekan-rekan anggota Laboratorium Komunikasi Multimedia, dan AJ 404 yang telah membantu dalam melakukan proses pengujian penelitian.
- 4. Teman-teman angkatan e-53 yang senantiasa memberikan bantuan baik materi maupun moril.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan karena keterbatasan dari penulis. Walaupun demikian, diharapkan laporan ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membuthkan.

Surabaya, Juni 2018

Penilis

Daftar Isi

Pernyataan Keashan Tugas Akhir	1
Halaman PengesahanKesalahan! Bookmark tidak ditentukan	l.
Abstrak	V
Abstractvi	ii
Kata Pengantar i	X
Daftar Isix	i
DAFTAR GAMBARx	V
DAFTAR TABELxvi	ii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan masalah	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Metodologi	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
1.7. Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Angkutan Massal Berbasis Jalan Raya	5
2.2. On Board Unit (OBU)	7
2.3. Konsep <i>E-Ticketing</i>	7
2.4. Client-Server	1
2.4.1. Jaringan Seluler	1
2.4.2. <i>Socket</i>	2
2.5. Protokol Komunikasi	2
2.5.1. Physical Layer	3
2.5.2. Data-Link Laver1	7

2.5.3. Network Layer	18
2.5.4. Transport Layer	19
2.5.5. Application Layer	19
2.6. Quality of Service (QoS)	21
2.6.1. Throughput	21
2.6.2. Packet Loss	
2.6.3. <i>Delay</i> 2.6.4. <i>Jitter</i>	
BAB 3 DESAIN DAN IMPLEMENTASI PROTOKOL	
3.1. Perancangan Protokol RFID untuk OBU	25
3.2. Perancangan Protokol GPS untuk OBU	
3.3. Perancangan Protokol Wireless	28
3.4. Perancangan Protokol Komunikasi OBU	29
3.5. Implementasi Protokol Komunikasi OBU	30
3.5.1. Perangkat Server yang Digunakan	31
3.5.2. Implementasi QoS 0	31
3.5.3. Implementasi QoS 1	32
3.5.4. Implementasi Jaringan Internet	34
3.6. Skenario Pengujian Protokol OBU	34
3.6.1. Skenario Pengujian QoS 0	35
3.6.2. Skenario Pengujian QoS 1	36
3.6.3. Skenario Pengujian Jaringan	38
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA	43
4.1. Pengujian Protokol OBU	43
4.1.1. Pengujian Pada GPS	43
4.1.2. Pengujian Pada RFID	45
4.1.3. Analisa Hasil Pengujian Protokol pada OBU	47
4.2. Pengujian Jaringan Protokol	47
4.2.1. Pengujian dan Analisa <i>Throughput</i> Jaringan	48

4.2.2. Pengujian dan Analisa <i>Packet Loss</i> Jaringan	50
4.2.3. Pengujian dan Analisa <i>Delay</i> Jaringan	51
BAB 5 PENUTUP	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN A	59
LAMPIRAN B	61
LAMPIRAN C	65
LAMPIRAN D	83
RIWAYAT PENULIS	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema e-ticketing secara umum.	8
Gambar 2.2 RFID reader ID-12LA Starter Kit	14
Gambar 2.3 Kartu RFID yang digunakan pada OBU	15
Gambar 2.4 Neo GPS Starter Kit	
Gambar 2.5 Arsitektur PPP.	17
Gambar 2.6 Arsitektur IPv4	18
Gambar 2.7 Proses publish/subscribe MQTT	19
Gambar 2.8 MQTT QoS pengiriman paket	20
Gambar 3.1 Protokol RFID	26
Gambar 3.2 Arsitektur Komunikasi RFID	26
Gambar 3.3 Protokol GPS	27
Gambar 3.4 Arsitektur Komunikasi GPS	
Gambar 3.5 Desain Protokol 802.11 untuk OBU	28
Gambar 3.6 Arsitektur Komunikasi OBU.	29
Gambar 3.7 Sistem komunikasi yang diterapkan	30
Gambar 3.8 Flowchart implementasi QoS 0	32
Gambar 3.9 Flowchart implementasi QoS 1	33
Gambar 3.10 Flowchart pengujian QoS 0	36
Gambar 3.11 Flowchart pengujian QoS 1	37
Gambar 3.12 flowchart skenario pengujian delay	39
Gambar 3.13 flowchart skenario pengujian throughput	40
Gambar 3.14 flowchart skenario pengujian packet loss	41
Gambar 4.1 Tampilan peta pada sisi CC-Room	44
Gambar 4.2 Database GPS	45
Gambar 4.3 Data RFID berhasil di-subscribe	46
Gambar 4.4 Contoh hasil transaksi pada OBU	47
Gambar 4.5 Grafik pengujian Throughput	
Gambar 4.6 Grafik pengujian Packet Loss	51
Gambar 4.7 Grafik pengujian <i>Delay</i>	52



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Lingkup sistem e-ticketing	9
Tabel 2.2	Standar Jaringan wireless	.13
Tabel 2.3	Spesifikasi RFID reader ID-12LA	14
Tabel 3.4	Spesifikasi RFID tag EM 4001	15
Tabel 2.5	Standar packet loss versi TIPHON	22
Tabel 2.6	Standar packet loss versi ITU-T	22
Tabel 2.7	Standar Delay versi TIPHON	22
Tabel 2.8	Standar Delay versi ITU-T	23
Tabel 2.9	Standar Jitter versi TIPHON	23
Tabel 3.1	Syarat perancangan protokol OBU	34
Tabel 4.1	Lokasi Halte di ITS hasil pengujian OBU	44
	Status RFID pada OBU	
Tabel 4.3	Hasil pengujian protokol OBU	47
Tabel 4.4	Klasifikasi waktu pengukuran Throughput	49
	Klasifikasi waktu pengukuran Packet Loss	
	Klasifikasi waktu pengukuran Delay	
	1 5	

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah membawa perubahan ke bidang transportasi secara perlahan dan bertahap pada bidang transportasi, kehadiran TIK diharapkan memberikan keefesiensian pada operasional, keefektifan pelayanan kepada masyarakat dan dapat memberikan kelancaran pada sistem transportasi secara umum di kota Surabaya. Dalam hal ini moda transportasi umum menjadi bahasan utama.

Transportasi umum di Surabaya diharapkan memiliki sistem yang mudah dan ramah terhadap penggunanya. Struktur tarif, skema pembayaran dan informasi secara *real time* menjadi yang terpenting. Menyelaraskan dan mengintegrasikan tarif dan tiket akan memudahkan dan memberikan dampak positif pada masyarakat pengguna transportasi umum. Namun, kota Surabaya mengalami peningkatan jumlah kenaikan kendaraan pribadi setiap tahunnya yang berdampak negatif pada lingkungan maupun lalu lintas di kota tersebut. Dampak negatif tersebut akibat dari sistem transportasi yang tidak memiliki sistem berbasis *user-friendly*.

Untuk mewujudkan manajemen armada yang ramah terhadap pengguna, Angkutan Massal Cepat (AMC) di Surabaya memiliki sistem komunikasi terintegrasi antara server yang terdapat pada *Control Center Room* (CC-ROOM) dengan alat *On-Board Unit* (OBU) dan sistem *Passenger Information Board* (PIB) pada halte. Data yang diperoleh dari OBU akan di teruskan melalui jaringan seluler, menuju server revenue. Proses komunikasi seperti ini membutuhkan sebuah protokol. Dan didalam protokol tersebut nantinya akan diuji apakah dapat bekerja dengan baik agar sistem bisa bekerja secara maksimal.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah :

- 1. Bagaimana arsitektur protokol komunikasi pada *On-Board Unit* (OBU) hingga ke server?
- 2. Standar apa saja yang digunakan untuk merancang protokol komunikasi pada *On-Board Unit* (OBU)?

3. Bagaimana melakukan pemindahan informasi dari *On-Board Unit* (OBU) menuju *Control Center Room* (CC-ROOM) dan mendapatkan nilai QoS dari sistem?

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan dibatasi sebagai berikut :

- 1. Studi kasus untuk perancangan model transportasi BRT dalam lingkup kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- 2. Pengujian pengiriman paket data menggunakan jaringan wireless.
- 3. Menggunakan perangkat keras *Raspberry pi 3* sebagai mini-pc.
- 4. Menggunakan server VPS (*Virtual Private Server*) pada alamat 185.201.9.130 yang terhubung pada port 1883/TCP
- 5. Pengujian Quality of Service (QoS).

1.4 Tujuan

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan sebagai berikut :

- 1. Membangun protokol komunikasi yang diterapkan pada *On Board Unit* (OBU) ke *server* dan digunakan untuk *Inteligent Transport System* (ITS) di Surabaya.
- 2. Memberikan informasi data pada OBU secara *real time* agar didapatkan informasi yang akurat tentang data penumpang, jumlah transaksi, dan lokasi dari BRT.
- 3. Mendapatkan nilai QoS dalam proses pengiriman informasi dari OBU menuju *server*.

1.5 Metodologi

Dalam proses pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini dapat dilakukan dengan mengelompokkan dalam beberapa metodologi, yaitu :

1. Studi Literatur

Pencarian dan pengumpulan literatur yang berkaitan dengan perancangan protokol komunikasi, baik berupa jurnal artikel, buku referensi, internet dan dari sumber yang lain.

2. Perancangan dan Implementasi Protokol Komunikasi

Pada tahap ini, dilakukan perancangan protokol komunikasi OBU. Perancangan tersebut berupa perancangan sistem protokol komunikasi pada OBU dan perancangan jaringan

komunikasi dari OBU ke server. Setelah perancangan selesai, kemudian dilanjutkan dengan implementasi pada alat.

3. Implementasi Protokol Komunikasi OBU

Sistem protokol komunikasi dirancang menggunakan OBU sudah di rancang, dicoba untuk diimplementasikan dalam proses *tap-in* sampai dengan proses pengiriman data OBU ke *server* lalu data pada *server* diakses melalui komputer *server* yang terdapat pada CC-Room. Tampilan di CC-Room menggunakan VPS sebagai broker sekaligus *server* yang menyimpan database untuk implementasinya.

4. Analisis Hasil

Hasil dari kedua implementasi selanjutnya dianalisis. Pada rancangan protokol komunikasi pada OBU dianalisis tentang keberhasilannya, sedangkan pada jaringan seluler dianalisis tentang QoS meliputi QoS 0, QoS 1.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BABI PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diuraikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi dan manfaat

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas landasan teori mengenai konsep angkutan massal berbasis jalan raya, Mobilitas pintar (*Smart* Mobility), *e-ticketing*, RFID, konsep *tap-in*, protokol pada setiap OSI *Layer*, protokol komunikasi *wireless*, protokol komunikasi MQTT yang akan digunakan pada OBU.

BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan tentang perancangan dan implementasi protokol komunikasi. Sistem di rancang dan di implementasikan menggunakan *broker* dan jaringan komunikasi dirancang dan di implementasikan ke dalam *On-Board Unit* (OBU) dan dapat ditampilkan pada CC-Room serta data dapat tersimpan kedalam *database server*.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini berisi hasil dari rancangan yang sudah di buat pada BAB III. Dari pengujian ini kemudian dianalisis dan ditarik kesimpulan sementara mengenai parameter-parameter yang telah diuji.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan materi dan dari hasil analisis data pada bab IV. Selain itu pada bab ini dibahas mengenai saran yang bisa dilakukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya

1.7 Manfaat

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat, yakni :

- 1. Memberikan rancangan mengenai konsep ITS.
- Memberikan gambaran mengenai protokol komunikasi pada OBU ke CC-Room.
- 3. Memberikan gambaran mengenai perancangan jaringan pada komunikasi dari OBU hingga CC-Room.
- 4. Membantu perkembangan dari sistem angkutan massal cepat.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Angkutan Massal Berbasis Jalan Raya[1]

Angkutan umum massal memiliki peran yang sangat penting bagi penduduk suatu kota untuk bisa secara efektif memberikan akses bagi barang dan jasa. Sistem angkutan ini diperlukan bagi kota-kota besar karena permasalah transportasi yang tidak tertata secara bagus, dapat menambah angka kemacetan lalu-lintas dan buruknya pelayanan angkutan umum. Pada negara maju, angkutan ini terdiri dari beberapa moda transportasi, diantaranya adalah moda transportasi berupa kereta cepat, bus yang dapat menampung penumpang dalam jumlah yang banyak, dan lain-lain. Beberapa tujuan diterapkannya angkutan massal cepat ini adalah :

- 1. Meningkatkan kualitas layanan dan keselamatan lalu-lintas
- 2. Menurunkan tingkat kemacetan
- 3. Meningkatkan efisiensi transportasi
- 4. Mengurangi polusi udara
- 5. Meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi

Sistem angkutan massal yang umum dipergunakan di perkotaan adalah sebagai berikut :

- Bus Rapid Transit (BRT) Teknologi berbasis Bis, pada umumnya beroperasi pada jalur khusus yang sebidang dengan permukaan jalan yang ada, pada kondisi tertentu (misal persimpangan atau pusat kota) yang diperlukan pemisahan elevasi, BRT dilewatkan terowongan atau jembatan khusus.
- 2. Light Rail Transit (LRT) Teknologi berbasis Rel-Listrik, pada umumnya beroperasi menggunakan kendaraan rel tunggal atau kereta listrik pendek di jalur rel khusus sebidang dengan permukaan tanah dengan konektor listrik di atas kendaraan. Jenis lain dari LRT adalah Tram System, pada umumnya dengan ukuran kendaraan yang lebih kecil dan beroperasi di jalur jalan raya tanpa pemisahann dengan lalulintas lainnya.
- 3. *Underground Metro* Teknologi berbasis kereta api (heavy rail) beroperasi pada jalur di bawah permukaan tanah atau terowongan.

- 4. *Upperrground Metro* Teknologi berbasis kereta api (heavy rail) beroperasi pada jalur di atas permukaan tanah atau jalan layang.
- 5. Suburban Rail Teknologi berbasis kereta api yang beroperasi pada jalur khusus di permukaan tanah atau di atas permukaan tanah, pada umumnya melayani pernumpang dari pinggiran kota ke kota.
- Personal Rapid Transit (PRT) Teknologi berbasis rel atau roda, mengangkut penumpang dengan kendaraan berfasilitas AVG (automatic guided vehicles) yang beroperasi pada jalur khusus.

Penemuan BRT menjadi salah satu mekanisme yang paling efektif bagi percepatan sistem angkutan umum yang bisa menjangkau keseluruhan jaringan secara cepat dengan kualitas pelayanan yang tinggi. Konsep BRT sangat potensial untuk secara besar-besaran merubah cara transportasi di perkotaan.

BRT merupakan sistem transportasi berbasis Bis berkualitas tinggi beroperasi di yang bisa bisa melayanai perjalanan di perkotaan secara cepat, nyaman dan biaya yang sangat efektif dengan melalui infrastruktur jalan yang terpisah, dengan pengoperasian yang cepat dan terjadual, dan dengan pelayanan yang sangat bagus.

Konsep BRT didasarkan pada beberapa hal yaitu infrastruktur berkualitas, pengoperasian yang efisien, pengelolaan dan kelembagan yang efektif dan transparan, teknologi canggih dan pemasaran maupun pelayanan sempurna.

Dalam hal kinerja dan kenyamanan, BRT sebanding dengan sistem transportasi modern berbasis Rel, tetapi dengan biaya yang berbeda. Sistem BRT secara umum memerlukan biaya 4 sampai 20 kali *lebih kecil* dari pada Light Rail Transit (LRT), 10 sampai 100 kali *lebih kecil* dari sistem Metro. Perbedaan utama antara BRT dengan sistem transportasi perkotaan berbasis rel adalah bahwa BRT memberikan pelayanan dengan kualitas tinggi pada harga yang sebagian besar warga kota mampu membayarnya. Oleh karenanya, saat ini konsep BRT dilihat oleh sebagian besar kota sebagai solusi bagi transportasi dengan biaya yang paling efektif.

2.2 On Board Unit (OBU)

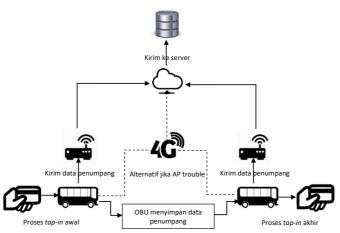
Penerapan akuisisi ID pengemudi dan penumpang dilakukan oleh salah satu fungsi OBU melalui antar muka sistem e-ticketing. Rancangan sistem tiket elektronik diawali dengan mengakuisisi data penumpang melalui e-tiket dalam bentuk RFID oleh OBU. Jadi OBU adalah sistem ITS yang diletakkan di armada, berfungsi sebagai sebuah sistem pengendali masukan dan keluaran yang terkait fungsional manajemen armada, pendapatan (tiket), lalu lintas dan sistem darurat. Sehingga OBU akan dirancang mendukung beberapa fungsi berikut:

- a. Inisiasi dan penutupan sesi perjalanan AMC oleh pengemudi
- b. Identifikasi pengemudi dan penumpang, catuan ke sistem ticketing
- c. Pemantauan posisi armada AMC
- d. Inisiasi sistem emergency AMC
- e. Mendukung sistem VMS armada (display informasi perjalanan bagi penumpang armada AMC)
- f. Mendukung integrasi dengan sistem manajemen lalu lintas (Traffic Management Center) dan perjalanan armada AMC termasuk ke sistem VMS, sistem pendapatan (e-ticketing).

Pada AMC Surabaya, akses poin Wi-Fi akan terdapat pada lokasi koridor pemberhentian. Akses poin tersebut direncanakan untuk membantu pengiriman data melalui jaringan internet. Hal tersebut berarti OBU yang digunakan harus memiliki kemampuan untuk mengakses Wi-Fi. Model pengiriman data ke *server* akan lebih mudah dan dapat dilakukan seketika serta lebih hemat energi.

2.3 Konsep *E-ticketing*[2]

Sistem *e-ticketing* secara umum merupakan alur kerja pembacaan kartu RFID yang didalam nya terdapat berbagai macam informasi sampai dengan data yang terdapat pada kartu tersebut sampai di *server*.



Gambar 2.1 Skema e-ticketing secara umum[2]

Beberapa konsep dari teknologi *e-ticketing* diklarifikasikan menurut cara mereka digunakan untuk pembayaran. Lebih dekat kartu dengan sistem pembayaran, lebih dapat diandalkan untuk bertransaksi, tetapi membatasi gerak untuk pengguna. Dalam konsep ini, *e-ticketing* dapat dibagi menjadi seperti berikut ini:

- a. Contact-based technology didasarkan pada komunikasi standart antara perangkat pengguna (hanya memori atau smart card) dan sistem akses sesuai dengan standart ISO 7816
- b. Teknologi *proximity* seringkali didasarkan pada komunikasi *contactless* sesuai dengan *sub-standart* yang berbeda dari ISO 14443, yang menghasilkan jarak transmisi sekitar 10cm
- c. Teknologi sekitar (*Vicinity*) terkait dengan ISO 15693 dan biasanya mencakup jarak transmisi hingga 1m
- d. Long-range, teknologi memerlukan baterai di perangkat pengguna (kartu) dan menggabungkan kopling induktif dengan transmisi data frekuensi radio sedangkan metode komunikasi pertama digunakan untuk mengaktifkan perangkat pengguna ketika memasuki kendaraan transportasi, yang kedua memungkinkan transmisi data contactless

Tabel 2.1 Lingkup sistem e-ticketing

lingkup sistem <i>e-ticketing</i>		
Open payment	E-ticketing dapat berpotensi diintegrasikan di	
schemes	bank atau kartu kredit yang ada	
Intermodality	E-ticketing membuat pembayaran untuk	
	perjalanan yang banyak menjadi mudah dan	
	menghasilkan pembayaran yang lebih mudah	
	untuk mendistribusikan melewati mode yang	
	berbeda seletelah <i>clearing</i>	
Interoperability	E-ticketing membuat pembayaran untuk	
	multi-operator lebih mudah, dan lebih mudah	
	juga untuk mendistribusikan kembali ke	
T	operator setelah <i>clearing</i>	
Interservices (e-	E-ticketing memungkinkan pengunaan smartcard transportasi umum untuk	
purse)		
	mendapatkan layanan tambahan yang ditawarkan dalam hubunganya dengan	
	angkutan umum (pembayaran misalnya	
	tempat parkir atau pembelian eceran)	
Parking and road	Integrasi dari tol dan tarif parkir dalam kartu	
pricing	yang sama	
Customer	E-tikecting adalah alat pemasaran yang kuat	
relationship	karena memungkinkan pengumpulan data	
management	rinci tentang perilaku mobilitas pelanggan,	
(CRM)	yang membantu untuk mengembangkan	
	produk yang ditargetkan	
Network	Data yang dikumpulkan dari ticketing akan	
monitoring and	meningkatkan pengetahuan tentang	
planning	boardings dan karena itu memungkinkan	
	untuk kapasitas bus dan jadwal yang	
G 1	disesuaikan dengan penggunaan rute aktual	
Secured access	Smartcard juga bisa digunakan sebagai	
and Individual	fungsi alarm individu, yang baik	
safety	menginformasikan pengemudi secara	
	otomatis mentransfer indikasi penumpang ke	
	pusat tanggap darurat	

Menerapkan konsep berdasarkan "jarak jangkauan" berikut ada beberapa potensi canggih untuk metode pembayaran, diantaranya:

- a. *Check-in / check-out* (CICO). ini membutuhkan tindakan pengguna secara langsung. Jadi pelanggan harus menunjukkan perangkatnya pada validasi yang terdapat di dalam kendaraan ketika masuk dan atau keluar kendaraan.
- b. Walk-in / walk-out (WIWO), berdasarkan pada antena yang diletakkan pada pintu kendaraan. Mereka masuk dan keluar dengan deteksi dari perangkat yang dibawa oleh user dengan tanpa sebuah tindakan secara khusus
- c. Be-in/be-out (BIBO) system mendeteksi perangkat yang dibawa oleh penumpang ketika kendaraan berpindah dari satu stasiun ke stasiun lain, memungkinkan mendaftar semua penumpang yang sedang berada didalam kendaraan tersebut.

Berdasarkan pemakaian *e-ticketing*, dapat dikumpulkan berbagai informasi, diantaranya:

- a. Memantau kapasitas dan pembebanan untuk setiap rute
- b. Dapat memantau bus dan ketepatan waktu kedatangan bus
- c. Memantau penumpang yang terdapat dalam halte maupun bus
- d. Perkiraan penumpang per operator dan jenis tiketnya
- e. Analisis data perjalanan untuk berbagai kelompok penumpang
- f. Perkiraan on-Demand, waktu, biaya, mode yang terkait dalam perjalanan

Terdapat beberapa jenis tiket elektronik yang sesuai dengan penggunaannya, diantaranya yaitu tiket tunggal untuk satu atau lebih moda transportasi, tiket asal – tujuan (untuk perjalanan di daerah utama), tiket langganan (dari 1 hari sampai 1 tahun), tiket perjalanan jamak dan tiket yang disesuaikan dengan tarif konsesi.

Tiket langganan mematuhi aturan yang berbeda untuk lokasi yang berbeda. Dalam beberapa kasus mereka valid berdasarkan periode kalender (minggu dari hari Senin sampai Minggu, bulan dari tanggal 1 sampai hari terakhir). Di tempat lain, berlaku mulai hari pertama validasi (7 hari atau 30 hari dari hari pertama validasi). Ada juga kota yang menawarkan lebih banyak fleksibilitas dengan memungkinkan penggunaan kartu 30 hari dalam jangka waktu yang panjang (contoh:

durasi 3 bulan). Tiket langganan umumnya nominatif dan tidak dapat dipindahtangankan. Kartu perjalanan jamak atau buku tiket-jamak dalam beberapa kasus terbatasi oleh durasi. Tetapi ada kota yang memperbolehkan tiket perjalanan-jamak tanpa batas waktu, yang membuat mereka gunakan sangat *fleksibel*.

Tiket dengan kemampuan menyimpan "Nilai Uang", biasanya ditawarkan dalam bentuk tiket *smartcard*. Di Bilbao, Creditrans adalah jenis magnetik tiket yang mampu juga menyimpan nilai.

Tiket Pengunjung yang ditawarkan kepada wisatawan dan biasanya berlaku untuk 7 hari berturut-turut, biasanya lebih mahal daripada tiket langganan dengan durasi yang sama. Yang terakhir umumnya disediakan untuk warga meninggalkan atau bekerja di wilayah tersebut.

Berbasis tarif diskriminasi modus membuat tarif bus yang berbeda dari tarif kereta api untuk satu tiket. Di beberapa kota , pengguna dapat memilih bus-satunya kartu perjalanan atau karcis multimoda. Bila ada lebih dari satu operator bus, tarif satu yang berbeda dapat diterapkan untuk rute bus tergantung operatornya.

2.4 Client-Server

Client-Server adalah arsitektur jaringan yang memisahkan client (biasanya aplikasi yang menggunakan GUI) dengan server. Masingmasing client dapat meminta data atau informasi dari server kemudian sistem client-server didefinisikan sebagai sistem terdistribusi, di mana yang satu akan bertindak sebagai server atau pemberi layanan dan yang lainnya sebagai *client* atau peminta layanan. Baik *client* maupun *server* memiliki pemroses atau CPU sendiri sedangkan jaringan yang digunakan bisa berupa jaringan lokal (LAN) ataupun jaringan yang lebih luas (WAN). Client adalah komputer yang meminta (request) satu layanan tertentu ke suatu server. Komputer client harus dilengkapi dengan aplikasi *client* khusus dan menjalankannya, sehingga memanfaatkan layanan yang ditawarkan server. Selain client, Server adalah komputer yang menawarkan suatu layanan tertentu kepada komputer atau jaringan lain.

2.4.1 Jaringan Seluler

Dalam aplikasi yang diterapkan pada Intelligent Transport System (ITS) salah satu komponen yang penting adalah sebuah Jaringan, Karena

Jaringan seluler menjangkau area yang jauh lebih luas, Jangkauan umumnya mencangkup nasional dengan infrastruktur jaringan wireless yang disediakan oleh wireless service carrier untuk biaya pemakaian bulanan, mirip dengan langganan ponsel yang menggunakan macammacam sistem transmisi mulai dari CDMA, GSM, EDGE, 3G, dan HSPDA.

Jaringan wireless beroperasi dalam sebuah jaringan yang membagi kota atau wilayah kedalam sel-sel yang lebih kecil. Satu sel mencakup beberapa blok kota atau sampai 250 mil persegi. Setiap sel menggunakan sekumpulan frekuensi radio atau saluran-saluran untuk memberikan layanan di area spesifik. Kekuatan radio ini harus dikontrol untuk membatasi jangkauan sinyal geografis. Oleh karena itu, frekuensi yang sama dapat digunakan kembali di sel terdekat, sehingga banyak orang dapat melakukan percakapan secara simultan dalam sel yang berbeda di seluruh kota atau wilayah, meskipun mereka berada dalam satu saluran.

Dalam setiap sel, terdapat stasiun dasar yang berisi antena *wireless* dan perlengkapan radio lain. Antena *wireless* dalam setiap sel akan menghubungkan sumber ke jaringan telepon *local*, internet, ataupun jaringan *wireless* lain. Antenna *wireless* mentransimiskan sinyal.

2.4.2 *Socket*

Struktur *Client-Server* memungkinkan untuk berbagi informasi dan sumber daya antar sistem, misalnya file, *disk space*, prosesor, dan peripheral dapat berkolaborasi dan menyampaikan pesan pasti antara prosesor. Beberapa prosesor dijalankan sebagai *client* dan ada yang sebagai *server*. Harus ada semacam mekanisme yang membuat setiap prosesor dapat mengetahui proses berjalannya jaringan mesin lain ketika dua prosessor sedang berkomunikasi melalui jaringan. Socket menyediakan *interface* pemrograman sederhana yang memiliki hubungan erat dengan proses komunikasi single dan multi mesin. Tujuan dari *socket* adalah untuk menyediakan sebuah metode umum IPC pada transport layer, apakah prosesornya berjalan pada mesin yang sama.

2.5 Protokol Komunikasi

Secara umum, penggunaan protokol dibagi berdasarkan layer OSI. Berikut ini adalah protokol yang terdapat pada layer OSI :

- a. Physical Layer, terdapat protokol Coaxial, Fiber, Wireless.
- b. *Data-link Layer*, terdapat protokol Ethernet, 802.11 (Wlan), Wi-fi, Wimax, ATM, Token Ring, Frame Relay.

- c. Network Layer, terdapat protokol Ipv4, Ipv6, IPX, Apple Talk, OSPF, IGMP, ICMP, dan ARPMP.
- d. Transport Layer, terdapat protokol TCP, UDP, SCTP, DCCP.
- e. Session Layer, terdapat protokol NTFS, SQL, RPC, NetBios.
- f. Presentation Layer, terdapat protokol SSL, WPA, WEP.
- g. *Application layer*, terdapat protokol FTP, POP3, NTP, Tetnet. Uraian diatas adalah beberapa contoh protokol yang terdapat dalam OSI layer. Dalam sub bab ini, akan dibahas beberapa layer protokol saja, yaitu *data-link layer*, *transport layer* dan *application layer*.

2.5.1 Physical Layer

Layer ini berfungsi untuk menentukan bagaimana *bit-bit* data dikelompokkan menjadi format yang disebut *frame*. Selain itu, pada level ini terjadi koreksi kesalahan, *flow control*, pengalamatan perangkat keras dan menentukan bagaimana perangkat-perangkat jaringan beroperasi.

2.5.1.1 Jaringan Wireless

Jaringan wireless digunakan untuk lapisan physical layer OBU. Jaringan tersebut memiliki standar internasional yang telah diatur oleh IEEE, standar yang dipakai adalah 802.11. Standar 802.11 yang digunakan untuk OBU adalah 802.11 b/g/n. Standar tersebut memiliki frekuensi yang bekerja pada 2,4 GHz. Alasan mengapa standar tersebut digunakan adalah perangkat dengan network adapter yang mengadopsi ketiga standar tersebut dapat saling kompatibel. Selain itu, bandwidth yang dapat dicapai masing-masing standar cukup besar yaitu sebesar 11 Mbps untuk 802.11b, 54 Mbps untuk 802.11g, dan 300 Mbps untuk 802.11n.

	802.11 network PHY standards							
802.11 protocol	Release date	Frequency		Stream Data Rate	Allowable MIMO	Modulation Antenna Tech.	Approx.	
					streams		=	Out
		(GHz)	(MHz)	Min-Max (Mbit/s)			(m)	(m)
ь	Sep 1999	2.4	22	1-11	1	DSSS (SISO)	35	140
g	Jun 2003	2.4	20	6-54	1	OFDM, DSSS (SISO)	38	140
n	Oct 2009	2.4/5	20	7.2 -72.2 (6.5- 65)	4	OFDM	70	250
**	CC1 2009	2.43	40	15 - 150 (13.5 - 135)	,	(MIMO)	70	250

2.5.1.2 RFID Reader Frekuensi 125 KHz

Sistem RFID yang digunakan pada OBU ini adalah *Active Reader Passive* Tag (ARPT), yaitu sistem memiliki *active* reader yang mentransmisikan sinyal *interrogator* dan menerima balasan ack dari kartu pasif RFID. RFID *reader* yang digunakan untuk OBU adalah tipe ID-12LA.



Gambar 2.2 RFID reader ID-12LA Starter Kit

RFID *reader* ID-12LA memiliki spesifikasi sesuai dengan yang dijelaskan pada tabel 2.3. RFID *reader* tersebut memiliki frekuensi kerja 125 kHz, dan memiliki jarak baca maksimal 12 cm. RFID jenis ini cocok untuk kartu berformat EM4001 atau sejenis yang bekerja pada frekuensi yang sama.

Tabel 2.3 Spesifikasi RFID reader ID-12LA[10]

Parameter	ID-2LA, ID-12LA, ID-20LA
Frequency	125 kHz nominal
Card Format	EM 4001 or compatible
Read Range ID3	Up to 30 using suitable antenna using ID-Innovations clamshell card @5v
Read Range ID13	Up to 12cm using ISO card, up to 18cm using ID-Innovations clamshell card @5v
Read Range ID23	Up to 18cm using ISO card, up to 25cm using ID-Innovations clamshell card @5v
Encoding	Manchester 64-bit, modulus 64
Power Requirement	+2.8 VDC thru +5 VDC @ 35mA ID-12LA, 45mA ID-20LA
RF I/O Output Current	+/- 200mA PKPK

Untuk RFID *tag* yang digunakan adalah jenis RFID *tag* pasif, tipe kartuya adalah EM 4001 yang bekerja pada frekuensi 125 kHz, jarak baca maksimal 12 cm, dan kecepatan komunikasi data hingga 4000 baud sesuai dengan spesifikasi pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi RFID *tag* EM 4001[11]

Kartu RFID OBU (EM 4001)		
Regulasi	Tidak Ada	
Frekuensi	125 kHz	
Ukuran memori (bytes) Total/user	8/5	
Laju data (baud)	Up to 4000	
Sekuritas	Tidak Ada	
Fitur utama	Read-only	

RFID *tag* yang digunakan adalah tipe EM 4001 yang berbentuk seperti pada gambar 2.3.

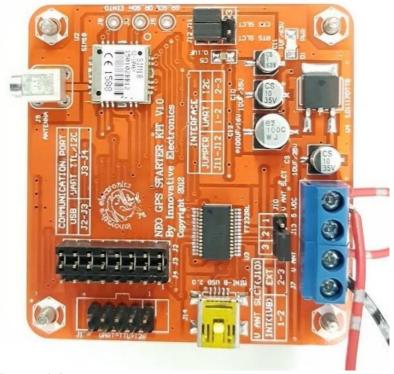


Gambar 2.3 Kartu RFID yang digunakan pada OBU

2.5.1.3 GPS Tracker

GPS *tracker* berfungsi untuk memberikan informasi lokasi yang ditangkap dari satelit dimana OBU tersebut berada sehingga dapat dipantau secara *real-time*. Informasi tersebut berisi data *geolocation* yang memiliki data *longitude* dan *latiutude*.

Pada OBU yang dirancang sudah terdapat alat GPS *tracker* yaitu Neo GPS Starter Kit seperti pada gambar 2.4. GPS Neo Starter Kit ini merupakan modul GPS *receiver* berbasis SIM18 *module*. GPS *tracker* ini merupakan GPS *receiver* 48 *channel* yang memiliki protokol keluaran *National Marine Electronics Association* (NMEA) dengan standar NMEA 0813. NMEA 0813 memiliki *baud rate* senilai 4800.



Gambar 2.4 Neo GPS Starter Kit

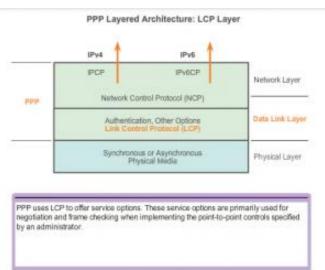
Data yang diambil pada GPS adalah data GPGGA yang didalamnya terdapat informasi yang dibutuhkan yaitu berupa waktu, *longitude*, *latitude*, dan jumlah satelit yang tersambung.

2.5.2 Data-Link Layer

Pada lapisan *data-link layer* OBU menggunakan protokol *Point-to-Point Protocol* (PPP) sebagai platform untuk mengubungkan *mini-pc* pada OBU ke *Internet Service Provider* (ISP).

Pada *Link Control Protocol* (LCP) berfungsi untuk menetapkan, mengonfigurasi, dan menguji koneksi *data-link*. LCP merupakan bagian PPP yang berada di atas *physical layer*. Selain itu, LCP bekerja untuk membuat tautan *point-to-point*, dan juga menyiapkan opsi kontrol pada WAN. Tautan tersebut nantinya akan ditangani oleh *Network Control Protocol* (NCP)

Untuk selanjutnya PPP akan mengijinkan beberapa protokol lapisan jaringan untuk beroperasi pada tautan komunikasi yang sama. Untuk setiap protokol lapisan jaringan, PPP menggunakan NCP terpisah, IP menggunakan IP *Control Protocol* (IPCP). Misal, OBU menggunakan IPv4 maka NCP akan menggunakan IPv4CP.

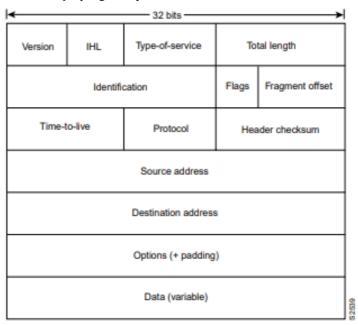


Gambar 2.5 Arsitektur PPP

2.5.3 Network Layer

IP berada pada *network layer* yang bekerja sebelum *transport layer* dapat dikatakan IP merupakan kunci dari OBU agar dapat terkoneksi dengan *server* karena pada OBU ini menggunakan jaringan TCP/IP. Agar dapat berjalan dengan baik semua OBU menggunakan jaringan TCP/IP.

Pada OBU yang dirancang IP yang dipakai adalah IP versi 4 atau yang biasa dikenal dengan IPv4. Dipilihnya IPv4 karena masih umum digunakan saat ini dan peralatan yang sangat memadai. IPv4 digunakan untuk melakukan routing paket, dan perpindahan data OBU. Selain itu pada IPv4 terdapat alamat IP, alamat IP tersebut dapat digunakan untuk me-remote mini-pc yang terdapat didalam OBU.



Gambar 2.6 Arsitektur IPv4

2.5.4 Transport Layer

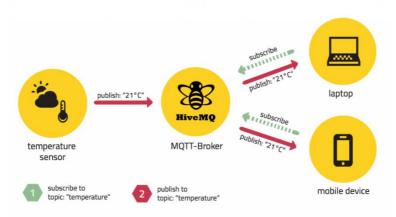
Layer ini berfungsi untuk memecah data ke dalam paket-paket data serta memberikan nomor urut ke paket-paket tersebut sehingga dapat disusun kembali pada sisi tujuan setelah diterima. Selain itu, pada layer ini juga membuat sebuah tanda bahwa paket diterima dengan sukses (acknowledgement), dan mentransmisikan ulang terhadap paket-paket yang hilang di tengah jalan.

Transmission Control Protocol (TCP) adalah salah satu jenis protokol yang memungkinkan kumpulan komputer untuk berkomunikasi dan bertukar data di dalam suatu network (jaringan). TCP dipakai untuk aplikasi-aplikasi yang membutuhkan keandalan data. Pada protokol TCP ini, data dikirim ke tujuannya dalam suatu urutan seperti ketika dikirim.

2.5.5 Application Layer

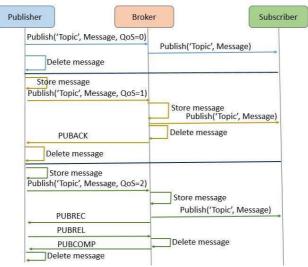
Layer aplikasi adalah layer yang berfungsi sebagai antarmuka dengan aplikasi dengan fungsionalitas jaringan, mengatur bagaimana aplikasi dapat mengakses jaringan, dan kemudian membuat pesan-pesan kesalahan.

MQTT merupakan protokol yang akan digunakan pada application layer OBU ini. MQTT merupakan protokol machine-to-machine yang memiliki sistem komunikasi berupa publish dan subscribe seperti pada gambar 2.7. Protokol ini hanya membutuhkan broker sebagai perantara pesan untuk menghubungkan antar client.



Gambar 2.7 Proses *publish/subscribe* MQTT[3]

Protokol pengiriman MQTT menganggap baik *server* dan *client* sebagai pengirim dan penerima. Untuk penyampaian pesan aplikasi bisa dari satu pengirim ke penerima tunggal atau dari *server* ke lebih dari satu *client*. Proses pengiriman data pada MQTT menggunakan QoS yang bertujuan memenuhi layanan pertukaran informasi. QoS pada MQTT dibagi menjadi tiga antara lain QoS 0, QoS 1, dan QoS2 yang dijelaskan pada gambar 2.8. Untuk OBU ini QoS yang digunakan pada MQTT adalah QoS 0, dan QoS 1.



Gambar 2.8 MQTT QoS pengiriman paket.[4]

Pada level QoS 0, pesan hanya dikirim satu kali, pesan yang terkirim tergantung dari ketersediaan jaringan. *Publisher* dalam hal ini bisa OBU maupun server akan mengirim paket lalu *subscriber* baik OBU maupun *server* akan menerima data sesuai dengan topik yang telah di*subsribe*. QoS 0 digunakan untuk mengirim data GPS untuk pemantauan armada. Lalu pada level QoS, pesan akan dikirim setidaknya satu kali, sehingga *client* setidaknya akan menerima pesan satu kali, pada sisi *subscriber* setelah menerima pesan sesuai topik maka *subscriber* akan mengirimkan balasan *acknowledge* sehingga *publisher* akan berhenti mengirimkan pesan. QoS 1 akan digunakan pada proses pengiriman data

RFID pada OBU yang berisi data penumpang, serta data transaksi penumpang.

2.6 Quality of Service[5]

Quality of Service (QoS) dapat dikatakan sebagai suatu terminonogi yang digunakan untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan (service) jaringan guna mengetahui seberapa baik kualitas dari layanan tersebut. Kualitas layanan diukur dengan standar dari Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) dan standar dari International Telecommunication Union — Telecommunication (ITU-T). Dalam penelitian ini parameter QoS yang akan dianalisa adalah throughput, delay, jitter dan packet loss.

2.6.1 Throughput

Throughput diartikan sebagai laju data aktual per satuan waktu (bits per second). Biasanya troughput selalu dikaitkan dengan bandwidth. Karena throughput memang bisa disebut sebagai bandwidth dalam kondisi yang sebenarnya. Bandwidth lebih bersifat tetap sementara troughput sifatnya dinamis tergantung trafik yang sedang terjadi.

Cara untuk menghitung troughput sebagai berikut :

$$throughput = \frac{jumlah\ data\ yang\ terkirim}{waktu\ pengiriman} \tag{2.1}$$

2.6.2 Packet Loss

Packet loss menunjukkan jumlah paket yang hilang diantara node pengirim dengan node tujuan dan diukur dalam packet loss ratio. Pengukuran packet loss sebagai bahan analisa jaringan pada komunikasi data secara real time cukup penting. Trafik komunikasi real time yang menggunakan transport protokol UDP tidak dapat menjamin sebuah paket data dapat diterima oleh node tujuan dengan baik. Berbeda dengan pengiriman paket data menggunakan protokol TCP yang proses pengiriman datanya melalu proses three-way-handshaking. Dengan demikian perlu dipastikan kualitas sebuah jaringan untuk komunikasi data real time, yang disebut sebagai QoS Untuk menghitung packet loss (dalam persen) digunakan rumus berikut:

(dalam persen) digunakan rumus berikut:
$$Packet \ loss \ rate = \left(\frac{total \ packet \ loss}{total \ packet \ sent}\right) * 100 \%$$
(2.2)

Berikut ini standar untuk hasil perhitungan *packet loss* versi TIPHON:

Tabel 2.5 Standar packet loss versi TIPHON[5]

Packet Loss	Kualitas
0 %	Perfect
3%	Good
15%	Medium
25%	Poor

Sumber: TIPHON

Sedangkan menurut versi ITU-T, terdapat tiga kategori penurunan kualitas jaringan berdasarkan standarisasi nilai *packet loss* sebagai berikut :

Tabel 2.6 Standar packet loss versi ITU-T[5]

Packet Loss	Kualitas
3%	Baik
15%	Cukup
25%	Buruk

Sumber: ITU-T G.114

2.6.3 Delay

Delay didefinisikan sebagai selisih waktu pengiriman sebuah paket saat dikirimkan dengan saat paket tersebut diterima pada *node* tujuan. Delay disebut juga dengan istilah latency terdiri dari beberapa faktor penundaan yaitu propagation delay atau transmision delay yaitu penundaan akibat waktu tempuh paket selama dalam saluran transmisi yang bandwidth nya berbeda-deba, queing delay yaitu waktu antrian paket sebelum dilewatkan pada saluran transmisi dan lainnya. Waktu tunda dinyatakan dalam satuan detk. Kualitas delay dikatakan baik apabila waktu tundanya hanya sekitar 0 – 150 ms (ITU-T). Menurut versi TIPHON standarisasi nilai delay sebagai berikut:

Tabel 2.7 Standar delay versi TIPHON[5]

Nilai <i>Delay</i>	Kualitas
< 150 ms	Perfect
150 s/d 300 ms	Good
300-450 ms	Medium
> 450 ms	Poor

Sedangkan menurut versi ITU-T, standarisasi *delay* sebagai berikut:

Tabel 2.8 Standar delay versi ITU-T[5]

Nilai <i>Delay</i>	Kualitas
< 150 ms	Baik
150 s/d 400 ms	Cukup
> 400 ms	Buruk

Sumber: ITU-T G.114

2.6.4 *Jitter*

Jitter adalah perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan atau dengan kata lain jitter merupakan variasi dari delay. Besarnya nilai jitter mengakibatkan rusaknya data yang diterima, baik itu berupa penerimaan yang terputus-putus atau hilangnya data akibat overlap dengan paket data yang lain. Untuk mengatasi jitter maka paket yang datang atau melewati sebuah node akan diantrikan terlebih dahulu dalam jitter buffer selama waktu tertentu hingga nantinya paket dapat diterima pada node tujuan dengan urutan yang benar. Namun keberadaan jitter buffer akan menambah nilai end-to end delay. Berikut ini rumus dari jitter

$$Jitter = \frac{Total\ variasi\ delay}{total\ paket\ yang\ diterima-1}$$
(2.3)

Secara umum terdapat empat kategori penurunan kualitas jaringan berdasarkan versi TIPHON. Berikut ini standarisasi nilai jitter versi TIPHON:

Tabel 2.9 Standar jitter versi TIPHON[5]

Nilai <i>Jitter</i>	Kualitas
0 ms	Perfect
0 s/d 75 ms	Good
76 s/d 125 ms	Medium
126 s/d 225 ms	Poor

Sumber: TIPHON

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

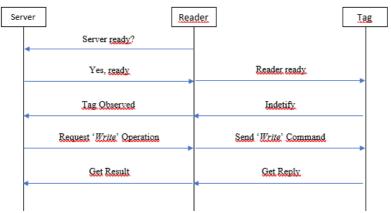
BAB 3 DESAIN DAN IMPLEMENTASI PROTOKOL

Pada bab ini akan dijelaskan tahap desain dan implementasi protokol komunikasi pada OBU hingga ke server. Pengerjaan yang pertama yaitu perancangan protokol komunikasi pada OBU secara umum, dari proses pembacaan tiket ke OBU, OBU ke jaringan wireless, dan OBU melakukan pengiriman data yang dapat diterima pada server. Setelah itu, perancangan protokol komunikasi tersebut akan diterapkan pada OBU yang ditempatkan pada BRT Kota Surabaya nantinya. Pada pengerjaan tugas akhir ini, akan dibuat protokol pengiriman data OBU ke server melalui broker hingga muncul pada tampilan desktop komputer di CC-Room untuk di implementasikan pada kota ini. Setelah pembuatan protokol selesai, maka langkah selanjutnya adalah implementasi protokol dan melakukan pengujian protokol tersebut.

3.1 Perancangan Protokol RFID untuk OBU

RFID *reader* yang digunakan pada OBU adalah RFID *reader* yang bekerja pada frekuensi 125 kHz, dan RFID *tag* bertipe EM 4001 yang bekerja pada frekuensi yang sama. Untuk dapat bekerja membaca kartu RFID, RFID *reader* yang terpasang pada OBU harus mendapatkan koneksi internet, dalam hal ini melalui media *wireless*.

Raspberry pi3 yang terpasang RFID reader harus memiliki koneksi internet untuk mendapatkan ack dari server bahwa server siap menyimpan setiap proses tap-in pada database server seperti yang dijelaskan pada gambar 3.1. Setelah itu kartu RFID yang ditempelkan reader akan diidentifikasi dan reader pada OBU akan megirim ack ke server bahwa proses tag sedang berlangsung, server mengirim pesan untuk melakukan penulisan pada RFID tag dan reader meneruskan pesan tersebut. RFID reader yang menerima pesan tersebut langsung melakukan perintah dan mengirim balasan berupa hasil penulisan dan mengirimkannya ke server.



Gambar 3.1 Protokol RFID

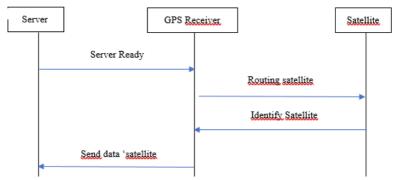
RFID reader yang terdapat pada physical layer membutuhkan alamat IP sebagai alamat dimana data yang masuk dan keluar dapat sesuai dengan identitas asal. Alamat IP dari RFID menjadi satu dengan alamat IP yang didapat OBU. Untuk dapat mengirim dan menerima data ke server diperlukan pula Transmission Control Protocol (TCP) pada transport layer guna melakukan proses publish dan subscribe sehingga datanya masuk kedalam server. TCP/IP biasanya menjadi satu protokol pengiriman yang digunakan karena memiliki tingkat keamanan dan packet loss yang rendah dibanding UDP.

Transport Layer	TCP
Network Layer	IP
Data-Link Layer	RFID Reader (125 kHz)
Physical Layer	

Gambar 3.2 Arsitekur komunikasi RFID

3.2 Perancangan Protokol GPS untuk OBU

Pada lapisan fisik OBU terdapat GPS tracker yang berfungsi untuk memberikan informasi lokasi OBU secara real-time. Untuk dapat menggunakan GPS yang terdapat pada OBU, pastikan OBU harus terhubung dengan jaringan internet. Fungsinya sama agar dapat terkoneksi dengan database server dulu agar data GPS dapat terekam. Setelah mendapat jaringan internet dan GPS aktif, maka selanjutnya GPS akan mencari satelit untuk mendapatkan data satelit dalam hal ini hanya data waktu, dan geolocation saja yang dibutuhkan. Setelah GPS menerima data dari satelit langkah selanjutnya adalah mengirimkan data tersebut ke database server. Untuk standar GPS yang dipakai adalah NMEA.



Gambar 3.3 Protokol GPS

GPS tracker yang terdapat pada physical layer membutuhkan alamat IP yang didapat dari OBU sebagai alamat dimana data GPS berasal. Untuk dapat mengirim data ke server diperlukan pula Transmission Control Protocol (TCP) pada transport layer guna melakukan prosespublish sehingga datanya masuk kedalam server. TCP/IP digunakan pada GPS tracker agar data yang dipublish tidak ada yang hilang.

Transport Layer	TCP	
Network Layer	IP	
Data-Link Layer	GPS <i>Tracker</i> (Standard NMEA)	
Physical Layer		

Gambar 3.4 Arsitektur Komunikasi GPS

3.3 Perancangan Protokol Wireless

Pada OBU yang dirancang, untuk mengkoneksikan ke jaringan internet dibutuhkan jaringan wireless karena OBU pada sifat penggunaannya bersifat mobile. Agar MQTT pada OBU dapat bekerja untuk berkirim data dengan baik tanpa adanya packet loss maka protokol yang dipilih pada transport layer dan network layer adalah TCP/IP. IP disini diperuntukan sebagai alamat dari OBU sendiri. IP digunakan agar data yang didapat dari RFID reader dan GPS tracker dapat dipublish. Setelah itu turun kelapisan paling bawah yaitu physical layer dipilih wireless dengan standar 802.11.

Application Layer	
Presentation Layer	Message Quening Telemetry Transport (MQTT)
Session Layer	
Transport Layer	TCP
Network Layer	IP
Data-Link Layer	Point-to-Point Protocol (PPP)
Physical Layer	Wireless (802.11 b/g/n)

Gambar 3.5 Desain Protokol 802.11 untuk OBU

3.4 Perancangan Protokol Komunikasi OBU

Desain rancangan protokol komunikasi yang akan diterapkan pada OBU yang menjadi fokusan tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.7. Gambar protokol tersebut dibuat berdasarkan kebutuhan OBU untuk dapat mengirim pesan dan menerima pesan ke *server* maupun dari *server*. Pada perancang model arsitektur tersebut tediri dari lima lapis protokol. Lapisan tersebut terdiri dari *physical layer*, *data-link layer*, *network layer*, dan *application layer*.

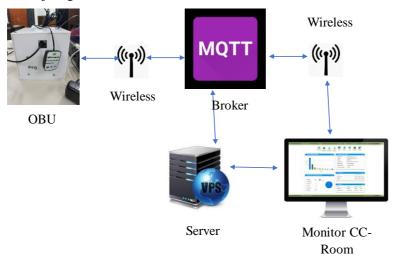
Desain protokol komunikasi tersebut merupakan gabungan antara protokol RFID untuk OBU, Protokol GPS untuk OBU, dan protokol wireless yang digunakan pada OBU. Ketiga protokol tersebut diintegrasi menjadi satu didalam OBU menggunakan protokol Message Queuing Telemetry Transport atau yang biasa dikenal dengan MQTT protocol. MQTT disini dipilih karena menggunakan ruang penyimpanan yang kecil. MQTT mempunyai ukuran paket data yang kecil dengan low overhead minimum 2 bytes, dan MQTT memiliki kemampuan untuk menekan paket data sekecil mungkin sehingga trafik dapat meningkat. MQTT pada OBU digunakan untuk melakukan proses publish data yang didapat dari GPS dan RFID reader ke server yang telah melakukan subscribe.

Application Layer Presentation Layer Session Layer	Message Quening Telemetry Transport (MQTT)		
Transport Layer	TCP		
Network Layer	IP		
Data-Link Layer	Point-to-Point Protocol (PPP)	RFID Reader (125 kHz)	GPS (Neo GPS Starter
Physical Layer	Wireless (802.11 b/g/n)		Kit)

Gambar 3.6 Arsitektur Komunikasi OBU

3.5 Implementasi Protokol Komunikasi OBU

Protokol komunikasi yang sudah dirancang pada tugas akhir ini akan diimplementasikan ke dalam OBU agar terciptanya sistem komunikasi OBU yang terintegrasi. Sistem komunikasi yang dimaksud disini adalah pengiriman informasi dari *publisher* menuju *subscriber* melalui jaringan *wireless*.



Gambar 3.7 Sistem komunikasi yang diterapkan

Pada gambar perancangan diatas dibagi menjadi tiga *side*, yang pertama pada sisi *publisher*, *broker*, *dan subscriber*. OBU yang sudah dirancang sesuai dengan protokol yang di tetapkan dimisalkan sebagai *publisher* dan komputer pada CC-Room bertindak sebagai *subscriber*. *Publisher* akan membuat topik yang akan dikirim dan pada sisi *subscriber* untuk mendapatkan isi topik atau data dari *publisher* harus melakukan *subscribe* sesuai dengan topik yang ingin diminta datanya.

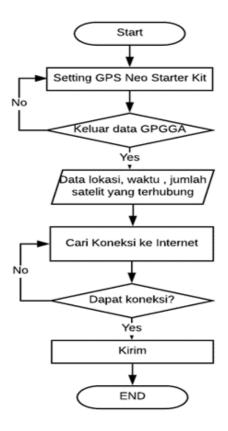
Paket data yang dikirim antara RFID dan GPS merupakan paket yang terpisah. Untuk mendapatkan paket data yang dikirim dari OBU tersebut, komputer *CC-Room* maupun *server* harus men*subscribe* pada alamat IP *broker* yaitu 185.201.9.130 dengan topik 'OBU/GPS/L404RP'. Untuk data RFID alamat IP yang harus di*subscribe* sama dengan data GPS namun pada topik yang berbeda yaitu 'OBU/rfid'.

3.5.1 Perangkat Server yang Digunakan

Server yang digunakan untuk tugas akhir ini terletak pada aj01.lawanghosting.pw dan memiliki alamat IP 185.201.9.130. Server tersebut merupakan VPS dan digunakan sebagai broker MQTT serta penyimpanan database. Sebagai broker server bertanggung jawab untuk menjadi perantara antara publisher dan subscriber. Server juga bertindak sebagai database yang menyimpan data-data yang didapat dari OBU.

3.5.2 Implementasi QoS 0

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, QoS 0 akan diterapkan pada pemantauan posisi armada. Pemantauan harus dilakukan secara *real-time*, dan data yang diterima berupa data *geolocation*. Yang harus dilakukan pertama kali adalah mengkonfigurasi Neo GPS Starter Kit sebagai GPS *tracker*, GPS *tracker* tersebut terpasang didalam OBU yang didalamnya terdapat Raspberry pi3 sebagai *mini-pc*. Setelah GPS terkonfigurasi dan dapat bekerja dengan baik langkah selanjutnya adalah mengkoneksikan OBU ke jaringan internet. Setelah itu OBU dapat melakukan *publish* data GPS kepada setiap *client* yang melakukan *subscribe* sesuai dengan topik yang diminta dan terhubung dengan *broker*. Topik OBU untuk data GPS adalah 'OBU/GPS/L404RP'. OBU akan mem-*publish* data tanpa memerlukan balasan *ack* dari *subscriber*.

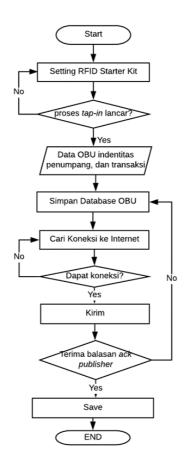


Gambar 3.8 Flowchart implementasi QoS 0

3.5.3 Implementasi QoS 1

QoS 1 diterapkan pada komunikasi data RFID pada OBU, yang akan dikirim sesuai waktu yang sudah diatur. RFID *reader* yang dipakai berbasis IDE-12LA dan kartu RFID yang digunakan bertipe EM 4001. RFID *reader* yang sudah diprogram dan berjalan lancar pada proses *tapin* akan digunakan untuk melakukan transaksi pada BRT menggunakan OBU. Setelah itu data hasil proses *tap-in* sementara akan disimpan didalam *database* OBU sementara. Untuk melakukan *publish* OBU harus

terkoneksi dengan jaringan internet. Pada sisi *subscriber* untuk mendapatkan data RFID dari OBU hal yang harus dilakukan adalah men*subscribe* topik 'OBU/rfid' dan terhubung dengan *broker*. Setelah mendapatkan data dari OBU selanjutnya *client* mengirimkan balasan *acknowlegde* kepada *publisher*. Setelah *publisher* mendapat balasan *acknowledge* maka *publisher* akan berhenti melakukan pengiriman dan menghapus data pengiriman.



Gambar 3.9 flowchart implementasi QoS 1

3.5.4 Implementasi Jaringan Internet

Untuk pengimplementasian jaringan pada protokol yang telah dirancang menggunakan jaringan wireless yang di tempatkan di setiap OBU maupun CC-Room. Jaringan wireless digunakan untuk menghubungkan publisher dengan subscriber. Pada tugas akhir ini OBU akan terkoneksi dengan jaringan internet menggunakan tethering, setelah terkoneksi dengan jaringan internet proses pengiriman data dapat dilakukan. Data akan tersimpan di dalam server yang berfungsi sebagai database yang telah dibuat sebelumnya.

Selain menggunakan jaringan *wireless*, OBU menggunakan jaringan *localhost* yang berfungsi saat pengiriman data terdapat kendala pada koneksi dengan internet maka paket data yang akan dikirim otomatis tersimpan didalam jaringan *localhost* yang telah dibuat, menggunakan phpmyAdmin sebagai pengolah *database* cadangan.

3.6 Skenario Pengujian Protokol OBU

Setelah proses implementasi QoS 0 dan QoS1 telah selesai, langkah selanjutnya adalah membuat skenario pengujian protokol, hal apa saja yang akan dilakukan pengujian dan apakah pengujian tersebut sudah sesuai dengan hal yang diimplementasikan pada OBU atau belum sesuai. Pengujian protokol yang telah dirancang meliputi pengujian protokol MQTT pada QoS 0 serta QoS 1 yang digunakan untuk melakukan proses publish/subscribe, pengujian GPS tracker dalam mengambil data geolocation, serta RFID reader dalam membaca RFID tag. Untuk pengujian jaringan dilakukan pengujian Quality of Service dengan mengambil parameter untuk mencari nilai dari throughput, packet loss dan delay.

Pengujian protokol pada OBU memiliki target luaran yang harus sesuai dengan fungsinya yang diterapkan pada fitur-fitur yang ada. Berikut adalah syarat-syarat dari perancangan protokol yang telah dirancang sebelumnya:

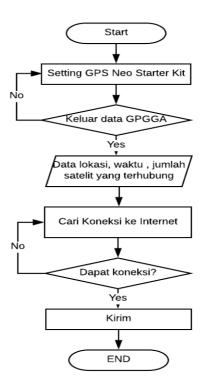
Tabel 3.1 Syarat perancangan protokol OBU

Fitur-Fitur	Target Perancangan	
Pemantauan Armada	Dapat melakukan pengiriman informasi berupa waktu, posisi.	
RFID reader	Dapat melakukan proses <i>tap-in</i> , dpat membaca identitas kartu RFID.	

Fitur-Fitur	Target Perancangan	
Pengujian Throughput	Mengetahui nilai Troughput	
	minimal, maksimal, dan rata-	
	rata proses pengiriman	
	informasi mengacu pada	
	standar TIPHON dan ITU-T	
Pengujian Delay	Mengetahui nilai Delay	
	minimal, maksimal, dan rata-	
	rata proses pengiriman	
	informasi mengacu pada	
	standar TIPHON dan ITU-T.	
Pengujian Packet Loss	Mengetahui besar nilai Packet	
	Loss minimal, maksimal, dan	
	rata-rata proses pengiriman	
	informasi mengacu pada	
	standar TIPHON dan ITU-T.	

3.6.1 Skenario Pengujian QoS 0

Pada bagian skenario pengujian QoS 0 hal yang akan diuji komunikasi terintegrasi antara OBU dengan server yang telah diterapkan. Pengujian ditujukan agar protokol yang sudah dirancang dapat diketahui apakah sudah sesuai atau belum. Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan OBU sebagai publisher dan server sebagai subscriber yang sudah terhubung satu sama lain melalui broker. Proses ini tidak memerlukan balasan ack dari sisi client dan pada sisi client data GPS pada OBU dapat diterima.



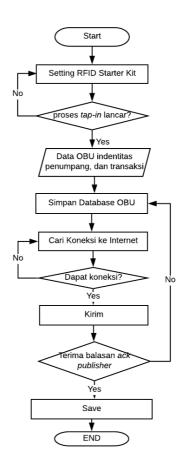
Gambar 3.10 flowchart pengujian QoS 0

Pada sisi *publisher* dibuat topik 'OBU/GPS/L404RP' yang akan diisi pesan berisi data GPS dalam format GPGGA. Lalu pada sisi *subscriber* yang telah terhubung dengan *broker* akan melakukan *subscribe* pada topik yang sama agar mendapat paket data. Pada pengujian sistem ini server VPS yang disewa pada alamat 185.201.9.130 memiliki dua fungsi. Yang pertama digunakan sebagai *broker* dan yang kedua digunakan sebagai *server database*.

3.6.2 Skenario Pengujian QoS 1

Untuk skenario pengujian QoS 1 hal yang akan diuji komunikasi terintegrasi antara OBU pada fitur RFID dengan *server* yang telah

diterapkan. Pengujian ditujukan agar protokol yang sudah dirancang dapat diketahui apakah sudah sesuai atau belum. Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan OBU sebagai *publisher* dan *server* sebagai *subscriber* yang sudah terhubung satu sama lain melalui *broker*. Setelah pada sisi *client* data RFID pada OBU dapat diterima, *client* akan mengirim *acknowledge* balasan untuk memberi tahu bahwa data telah diterima sehingga *publisher* akan berhenti mengirim.



Gambar 3.11 flowchart pengujian QoS 1

Pada sisi *publisher* dibuat topik 'OBU/rfid' yang akan diisi pesan berisi data RFID dalam bentuk teks. Lalu pada sisi *subscriber* yang telah terhubung dengan *broker* akan melakukan *subscribe* pada topik yang sama agar mendapat paket data.

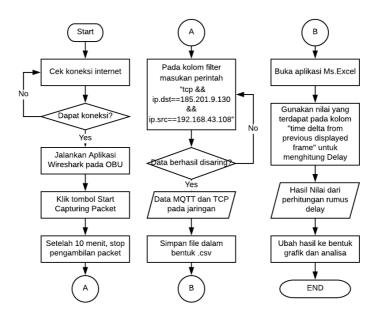
3.6.3 Skenario Pengujian Jaringan

Untuk skenario pengujian jaringan, hal yang akan dilakukan adalah melakukan pengamatan terhadap kualitas jaringan yang telah dirancang menggunakan metode *Quality of Service* (QoS). Parameter QoS yang dipakai hanya *Throughput, Packet Loss* dan *Delay*. Untuk pengujian yang dilakukan yaitu OBU telah terhubung ke internet dengan jaringan *Telkomsel*, dan komputer *server* terhubung pula ke internet yang tersedia di ruangan AJ 404. Untuk skenario pengujian yang dilakukan adalah mengamati protokol jaringan setiap 10 menit pada setiap jam antara pukul 8.00-16.00 WIB. Pengamatan jaringan dilakukan menggunakan software *Wireshark*.

Skenario pengujian nantinya akan membandingkan hasil ketika trafik data padat yaitu pada waktu sibuk dan trafik data kecil pada waktu tidak sibuk. Trafik padat dapat dikategorikan mulai pukul 08.00-10.00 WIB, dan Trafik rendah dapat dikategorikan mulai pukul 14.00-16.00.

3.6.3.1 Skenario Pengujian Delay

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk skenario pengujian delay untuk protokol OBU yang sudah dirancang adalah memastikan OBU memiliki koneksi dengan internet. Lalu pada OBU jalankan aplikasi wireshark. Setelah itu pada laman awal wireshark pilih WI-FI dan klik tombol Start Capturing Packet. Setelah 10 menit, klik tombol Stop Capture Packet dan pada kolom filter masukkan perintah "tcp && ip.dst==185.201.9.130 && ip.src==192.168.43.108". Setelah data berhasil di filter langkah selanjutnya adalah menyimpan data dalam bentuk .csv agar data dapat diolah menggunakan aplikasi Ms.Excel. Setelah data tersimpan, buka aplikasi Ms. Excel. Rapikan data agar berbentuk tabel. Lalu pada kolom "time delta from previous displayed frame" terdapat nilai hasil pengukuran yang digunakan untuk menghitung nilai dari delay, masukan nilai tersebut kedalam rumus penghitungan delay yang dijelaskan pada subbab 2.6.3. Setelah didapat keseluruhan nilai delay dari percobaan, ubah hasil kedalam bentuk grafik, dan lakukan analisa sesuai dengan teori yang ada.

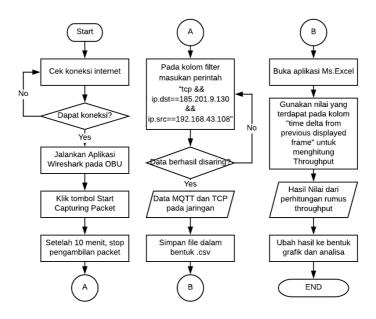


Gambar 3.12 flowchart skenario pengujian delay

3.6.3.2 Skenario Pengujian Throughput

Untuk skenario pengukuran nilai *throughput* sama dengan nilai *delay*. Langkah pertama yang harus dilakukan untuk skenario pengujian *throughput* untuk protokol OBU yang sudah dirancang adalah memastikan OBU memiliki koneksi dengan internet. Lalu pada OBU jalankan aplikasi wireshark. Setelah itu pada laman awal wireshark pilih *WI-FI* dan klik tombol *Start Capturing Packet*. Setelah 10 menit, klik tombol *Stop Capture Packet* dan pada kolom filter masukkan perintah "tcp && ip.dst==185.201.9.130 && ip.src==192.168.43.108". Setelah data berhasil di filter langkah selanjutnya adalah menyimpan data dalam bentuk .csv agar data dapat diolah menggunakan aplikasi *Ms.Excel*. Setelah data tersimpan, buka aplikasi *Ms.Excel*. Rapikan data agar berbentuk tabel. Lalu pada kolom "time delta from previous displayed frame" terdapat nilai hasil pengukuran yang digunakan untuk menghitung nilai dari throughput, masukan nilai tersebut kedalam rumus

penghitungan delay yang dijelaskan pada subbab 2.6.1. Setelah didapat keseluruhan nilai *throughput* dari percobaan, ubah hasil kedalam bentuk grafik, dan lakukan analisa sesuai dengan teori yang ada.

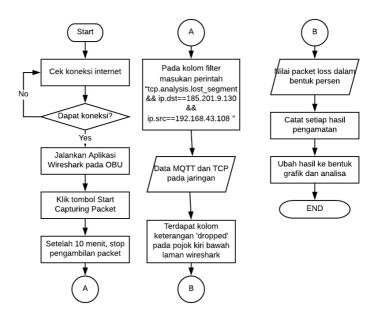


Gambar 3.13 flowchart skenario pengujian throughput

3.6.3.3 Skenario Pengujian Packet Loss

Untuk skenario pengukuran nilai *packet loss* sama dengan nilai *delay* dan *throughput*. Langkah pertama yang harus dilakukan untuk skenario pengujian *packet loss* untuk protokol OBU yang sudah dirancang adalah memastikan OBU memiliki koneksi dengan internet. Lalu pada OBU jalankan aplikasi wireshark. Setelah itu pada laman awal wireshark pilih *WI-FI* dan klik tombol *Start Capturing Packet*. Setelah 10 menit, klik tombol *Stop Capture Packet* dan pada kolom filter masukkan perintah "tcp.analysis.lost_segment && ip.dst==185.201.9.130 && ip.src==192.168.43.108". Setelah data berhasil di filter langkah selanjutnya adalah mencari nilai *packet loss*. Nilai *packet loss* dapat

dilihat pada keterangan '*dropped*' yang terdapat pada pojok kiri bawah di tampilan *wireshark*.



Gambar 3.14 flowchart skenario pengujian packet loss

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA

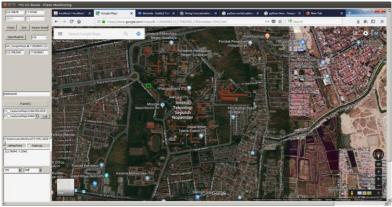
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian dan analisa dari perancangan protokol komunikasi OBU yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Protokol didesain menggunakan 'Python' yang dibangun menggunakan sistem operasi Raspbian pada sisi OBU. Pengujian ini dibagi menjadi dua bagian yang pertama adalah pengujian pada segi protokol yang telah didesain, dan yang kedua pengujian jaringan. Pada pengujian pertama dibagi menjadi dua tahap pengujian protokol pada OBU antara lain pengujian pada sisi GPS dan RFID. Untuk pengujian jaringan akan dilakukan analisa terhadap kualitas jaringan apakah sesuai dengan standar atau tidak.

4.1 Pengujian Protokol OBU

Sesuai dengan skenario yang telah dijelaskan pada bab 3 sebelumnya, untuk pengujian protokol OBU akan dilakukan pengujian sistem *publisher/subscriber* yang dibuat sebelumnya. Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah protokol yang sudah didesain dapat bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Dalam hal ini OBU yang berfungsi sebagai *publisher* akan mem-*publish* datanya melalui *broker* dan pada sisi *subscriber* akan men-*subscribe* topik yang ditentukan oleh *publisher* untuk mendapatkan isi datanya. Selain itu pada sisi *database server* juga harus melakukan *subscribe* ke topik yang sama agar mendapatkan data yang harus disimpan.

4.1.1 Pengujian pada GPS

Pengujian dilakukan dengan tujuan pada CC-Room yang men*subscribe* topik untuk GPS yaitu OBU/GPS/L404RP mendapatkan isi data dan dapat ditampilkan dalam bentuk peta dilayar monitor. Tujuan lainnya adalah data tersebut dapat masuk kedalam *database server* yang sudah dipersiapkan. Sesuai dengan perancangan skenario yang telah dibuat dan dijelaskan pada bab sebelumnya, untuk pengujian GPS ini hal yang dilakukan adalah membawa GPS mengelilingi halte-halte di ITS dan berhenti sejenak disetiap halte tersebut. Simulasi ini dilakukan agar seolah-olah OBU tersebut berada didalam bis kampus. Lalu pada sisi *client* akan memantau pergerakan dari OBU tersebut.



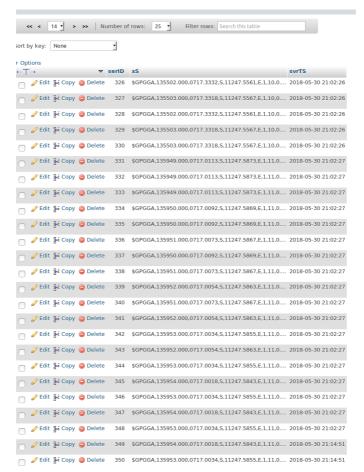
Gambar 4.1 Tampilan peta pada sisi CC-Room

Gambar 4.1 merupakan contoh tampilan peta pada sisi CC-Room yang memantau OBU sedang berada di halte depan jurusan Teknik Sipil. Pada sisi CC-Room telah berhasil menampilkan data sesuai dengan koordinat data yang didapat dari GPS. Pada pengujian kali ini diambil tujuh halte di ITS sebagai bahan pengujian, antara lain:

Tabel 4.1 Lokasi Halte di ITS berdasarkan pengujian OBU

Tuber in Bellasi Haite di 115 etteasaman pengajian es e			
Halte	Latitude	Longitude	
Danau ITS	-7,286123	112,795893	
Asrama ITS	-7,288666	112,792653	
Masjid Manarul Ilmi	-7,283451	112,792836	
Teknik Sipil	-7,280216	112,792042	
Rektorat	-7,282100	112,793801	
FMIPA	-7,284037	112,793426	
Teknik Elektro	-7,285697	112,796752	

Selain itu data dari OBU harus dapat disimpan didalam *database server*. Untuk itu dibuatlah *database* menggunakan phpMyAdmin yang men*subscribe* pada topik yang sama dengan alamat ip *broker* yang sama. Tampilan dari data yang berhasil masuk ke *database* dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Database GPS

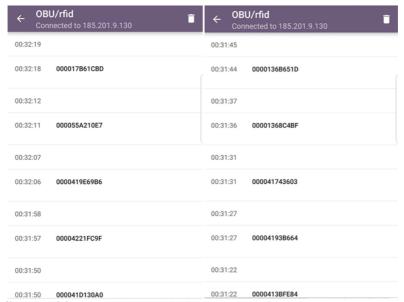
4.1.2 Pengujian pada RFID

Sesuai dengan perancangan skenario yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, untuk pengujian pada RFID keluaran yang diharapkan adalah bahwa RFID *reader* dapat melakukan identifikasi pada kartu RFID, lalu dari sisi *subsriber* bisa mendapatkan data RFID sesuai dengan topik yang ditentukan. Disediakan 10 kartu RFID dengan tipe EM40001, lalu semua kartu tersebut ditempelkan pada RFID *reader*. Setelah *reader*

mengidentifikasi kartu maka data tersebut akan disimpan sementara pada OBU. Setelah data berhasil tersimpan, OBU akan mem*publish* data tersebut, dan pada sisi *subscriber*, menggunakan software 'MQTT *dashboard*' akan men*subscribe* topik OBU/rfid untuk mendapatkan data yang sama.

Tabel 4.2 Status RFID pada OBU

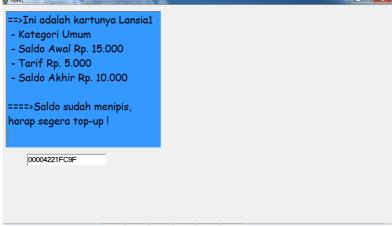
Nomor seri kartu RFID	Status
0000413BFE84	Teridentifikasi
00004193B664	Teridentifikasi
000041743603	Teridentifikasi
00001368C4BF	Teridentifikasi
0000136B651D	Teridentifikasi
000041D130A0	Teridentifikasi
00004221FC9F	Teridentifikasi
0000419E69B6	Teridentifikasi
000055A21E07	Teridentifikasi
000017B61CBD	Teridentifikasi



Gambar 4.3 Data RFID berhasil di-subscribe

Setelah RFID *tag* dapat teridentifikasi oleh *reader*, langkah selanjutnya adalah mengatur infomasi yang dibutuhkan untuk pengguna BRT bertransaksi menggunakan OBU. Isi dari informasi kartu tersebut adalah:

- 1. Nama pemilik kartu.
- 2. Kategori pemilik kartu.
- 3. Saldo pemilik kartu.
- 4. Dan nomor kartu.



Gambar 4.4 Contoh hasil transaksi pada OBU

4.1.3 Analisa Hasil Pengujian Protokol pada OBU

Setelah dilakukan pengujian selanjutnya akan dianalisis hasil dari pengujian protokol yang telah dilakukan. Analisa tersebut meliputi apakah protokol yang dirancang dapat berjalan sesuai dengan rancangan yang dijabarkan pada bab sebelumnya atau tidak.

Tabel 4.3 Hasil pengujian protokol OBU

No	Pengujian	Hasil yang dapat	Analisa Hasil
1	Pemantauan	Pada sisi subscriber (CC-	Telah sesuai
	lokasi armada	Room) dapat	dengan
		menampilkan posisi armada dengan baik.	rancangan

No	Pengujian	Hasil yang dapat	Analisa Hasil
2	Proses tap-in,	Tap RFID berfungsi, dan	Telah sesuai
	identitas nomor	pada sisi <i>subscriber</i>	dengan
	kartu terbaca	berhasil mendapatkan	rancangan
		identitas nomor kartu.	

4.2 Pengujian Jaringan Protokol

Setelah rancang bangun protokol komunikasi pada OBU selesai, dan RFID beserta GPS dapat bekerja dengan baik, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian jaringan komunikasi protokol komunikasi OBU. Pengujian jaringan komunikasi sistem ini bertujuan untuk mendapatkan data seberapa baik jaringan dalam menopang kinerja protokol MQTT yang tertanam didalam OBU.

Pengujian dilakukan dengan cara mengaktifkan GPS pada OBU, lalu menggunakan *software Wireshark* dilakukan pengamatan selama 10 menit setiap jamnya dimulai dari pukul 8.00-16.00 WIB. Untuk selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap *delay*, *packet loss*, dan *throughput*.

4.2.1 Pengujian dan analisis *Throughput* jaringan

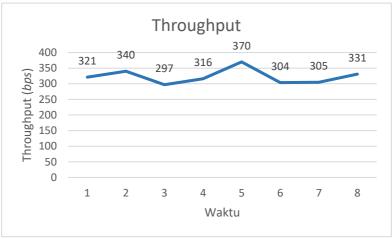
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *throughput* jaringan atau bisa dikatakan untuk mengetahui *bandwidth* jaringan antara *publisher* menuju *subscriber* pada kondisi sebenarnya. Pengujian dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Caranya adalah dengan menggunakan aplikasi *Wireshark*. Langkah pertama, adalah menjalankan aplikasi tersebut, setelah kita meng-*capture* jaringan masukan perintah "tcp && ip.dst==185.201.9.130 && ip.src==192.168.43.108" pada kolom filter yang terdapat pada halaman aplikasi dan tekan *enter* sehingga *Wireshark* hanya akan menampilkan data dari jaringan protokol TCP dan MQTT saja.

Waktu pengukuran diklasifikasikan menjadi dua bagian yang pertama adalah trafik padat dapat dikategorikan mulai pukul 08.00-10.00 WIB, dan yang kedua trafik rendah dapat dikategorikan mulai pukul 14.00-16.00. Pada grafik data yang ditampilkan pada gambar 4.5 terdapat delapan hasil pengukuran yang menandakan waktu pengukuran dan akan menjadi bahan analisa. Untuk keterangan waktu pada grafik didefinisikan sebagai berikut:

Tabel 4.4 Klasifikasi waktu pengukuran *Throughput*

No	Waktu ke	Lama Pengukuran	Kategori
1	1	08.00 - 08.10 WIB	Trafik Sibuk
2	2	09.00 - 09.10 WIB	Trafik Sibuk
3	3	10.00 - 10.10 WIB	Trafik Sibuk
4	4	11.00 - 11.10 WIB	Trafik Rendah
5	5	12.00 - 12.10 WIB	Trafik Rendah
6	6	13.00 - 13.10 WIB	Trafik Rendah
7	7	14.00 - 14.00 WIB	Trafik Sibuk
8	8	15.00 - 14.10 WIB	Trafik Sibuk

Setelah melakukan pada 8 jam yang berbeda, didapatkan hasil pengukuran yang ditampilkan dalam bentuk grafik berikut :



Gambar 4.5 Grafik pengujian Throughput

Dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil nilai *throughput* yang naik turun seperti yang dapat dilihat pada grafik. Penyebab terjadinya naik turun tersebut karena kondisi sinyal yang tidak stabil yang dipengaruhi oleh padatnya trafik. Dari kedelapan data tersebut nilai tertinggi didapatkan pada jam 12.00 yaitu 370 *bps* dan terendah pada 297 *bps* pada pukul 10.00. Dengan besar paket data untuk GPS yang dikirim sebesar 89 bits dan nilai terendah yang didapat pada angka 297 *bps*.

4.2.2 Pengujian dan Analisis Packet Loss jaringan

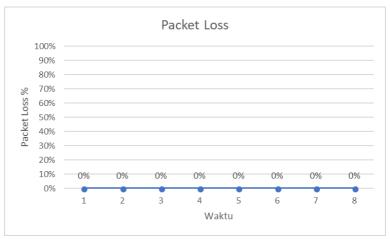
Sama halnya dengan pengamatan *throughput*, pengamatan *packet loss* pun menggunakan aplikasi *wireshark* dengan metode yang sama dan cara yang sama. Hanya saja pada kolom *filter* perintah yang dimasukkan adalah "tcp.analysis.lost_segment && ip.dst==185.201.9.130 && ip.src==192.168.43.108" dan nilai *packet loss* dapat dilihat pada keterangan '*dropped*'yang terdapat pada pojok kiri bawah di tampilan *wireshark*.

Waktu pengukuran diklasifikasikan menjadi dua bagian yang pertama adalah trafik padat dapat dikategorikan mulai pukul 08.00-10.00 WIB, dan yang kedua trafik rendah dapat dikategorikan mulai pukul 14.00-16.00. Pada grafik data yang ditampilkan pada gambar 4.6 terdapat delapan hasil pengukuran yang menandakan waktu pengukuran dan akan menjadi bahan analisa. Untuk keterangan waktu pada grafik didefinisikan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Klasifikasi waktu pengukuran *Packet Loss*

No	Waktu ke	Lama Pengukuran	Kategori
1	1	08.00 - 08.10 WIB	Trafik Sibuk
2	2	09.00 - 09.10 WIB	Trafik Sibuk
3	3	10.00 - 10.10 WIB	Trafik Sibuk
4	4	11.00 - 11.10 WIB	Trafik Rendah
5	5	12.00 - 12.10 WIB	Trafik Rendah
6	6	13.00 - 13.10 WIB	Trafik Rendah
7	7	14.00 - 14.00 WIB	Trafik Sibuk
8	8	15.00 - 14.10 WIB	Trafik Sibuk

Setelah melakukan pengamatan yang sesuai dengan skenario yang dibuat, didapatkan hasil nilai *packet loss* yang sama setiap jamnya yaitu 0%. Hal ini menunjukkan jaringan bekerja dengan sangat bagus dan mendapat nilai indek sebesar 4 sesuai dengan ketentuan dari TIPHON.



Gambar 4.6 Grafik pengujian packet loss.

Dengan didapatnya nilai *packet loss* sesuai dengan grafik diatas jaringan protokol tersebut memiliki tingkat keandalan yang tinggi dan cocok digunakan untuk OBU yang memerlukan transmisi data yang tingkat *losses*-nya rendah.

4.2.3 Pengujian dan Analisis *Delay* jaringan

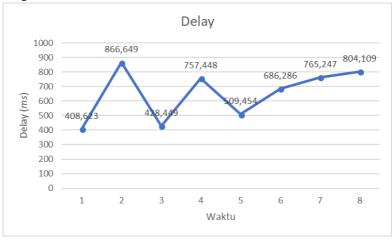
Untuk pengamatan *delay* jaringan cara untuk mendapatkan datanya sama seperti proses pengambilan data *throughput*. Waktu pengamatan pun sama seperti *throughput*. Setelah meng*capture* hasil pengiriman informasi dari OBU menuju *subscriber* untuk mendapatkan hasil yang diamati pada kolom *filter* dimasukkan perintah "tcp && ip.dst==185.201.9.130 && ip.src==192.168.43.108" lalu tekan *enter*. Setelah muncul data sesuai yang di*filter*, selanjutnya simpan hasil pengukuran tersebut dengan meng*export* file dalam format '.CSV'. Lalu buka file tersebut dalam *excel*, dan dilakukan perhitungan sesuai rumus.

Waktu pengukuran diklasifikasikan menjadi dua bagian yang pertama adalah trafik padat dapat dikategorikan mulai pukul 08.00-10.00 WIB, dan yang kedua trafik rendah dapat dikategorikan mulai pukul 14.00-16.00. Pada grafik data yang ditampilkan pada gambar 4.7 terdapat delapan hasil pengukuran yang menandakan waktu pengukuran dan akan menjadi bahan analisa. Untuk keterangan waktu pada grafik didefinisikan sebagai berikut:

Tabel 4.6 Klasifikasi waktu pengukuran *Delay*

No	Waktu ke	Lama Pengukuran	Kategori
1	1	08.00 - 08.10 WIB	Trafik Sibuk
2	2	09.00 - 09.10 WIB	Trafik Sibuk
3	3	10.00 - 10.10 WIB	Trafik Sibuk
4	4	11.00 - 11.10 WIB	Trafik Rendah
5	5	12.00 - 12.10 WIB	Trafik Rendah
6	6	13.00 - 13.10 WIB	Trafik Rendah
7	7	14.00 - 14.00 WIB	Trafik Sibuk
8	8	15.00 - 14.10 WIB	Trafik Sibuk

Dari pengujian *delay* selama 8 jam, didapatkan hasil *delay* dimana kondisi nilai yang didapat naik turun. Pola tersebut digambarkan pada grafik gambar 4.7. Penyebab terjadinya kondisi nilai yang naik turun tersebut dikarenakan kondisi jaringan yang tidak stabil, dan *delay* yang di setting pada pengiriman GPS yaitu setiap 10 detik. *Delay* juga disebabkan trafik pengiriman jaringan yang cukup padat. Grafik *delay* dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik pengujian delay

Dari hasil pegamatan *delay* yang telah dilakukan, dapat dianalisa bahwa nilai *delay* terbesar terjadi pada pukul 9.00 WIB dengan nilai

sebesar 866,649 ms. Untuk nilai *delay* terkecil sebesar 408,623 ms terjadi pada pukul 8.00 WIB. Jika membandingkan nilai grafik *delay* hasil pengujian dengan standar TIPHON, dari keseluruhan pengamatan diatas hanya terdapat dua nilai yang berada pada kategori latensi sedang yaitu pada pukul 8.00 WIB dan 11.00 WIB yang memiliki nilai masing-masing sebesar 408,623 ms dan 428,449 ms, sisanya jatuh pada kategori latensi buruk. Hal ini tidak mempengaruhi kinerja OBU karena pada protokol OBU karena delay yang cukup besar tersebut pula dipengaruhi oleh delay GPS yang telah diatur 'time.sleep(10)'.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan protokol komunikasi pada OBU, pengujian protokol OBU, dan pengujian jaringan untuk protokol komunikasi OBU yang akan diterapkan pada BRT Surabaya, maka secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Desain protokol komunikasi OBU dengan fitur RFID dan GPS menggunakan *Raspberry pi3* yang terpasang RFID *reader* tipe ID-12LA serta GPS *Neo Starter Kit*. OBU tersebut dalam berkomunikasi menggunakan protokol MQTT yang bekerja diatas TCP/IP sebagai penghubung antara OBU dengan *server*.
- 2. Pengiriman data dari *publisher* dalam hal ini OBU menuju *subscriber* pun, menggunakan standar QoS 0 untuk data GPS dan QoS 1 untuk data RFID pada protokol MQTT.
- 3. Pada pengujian nilai *throughput* didapatkan besar paket data sekali pengiriman 89 *bites*, hasil nilai tertinggi yaitu 370 *bps* dan terendah pada 297 *bps*. Dengan nilai *througput* seperti pada hasil diatas dan besar paket data sekali pengiriman 89 *bites* maka kategori kualitas layanan jaringan dapat mengacu pada standar QoS TIPHON dan ITU-T.
- 4. Nilai *packet loss* di setiap jam pengujian adalah 0%. Artinya tidak ada paket yang hilang selama pengujian.
- Nilai delay terbesar yaitu 866,649 ms. Untuk nilai delay terkecil sebesar 408,623 ms. Untuk kategori kualitas layanan jaringan dapat mengacu pada standar QoS TIPHON dan ITU-T.

5.2 Saran

Adapun hal – hal yang masih bisa dikembangkan dari protokol komunikasi OBU ini adalah:

- Pengembangan protokol keamanan OBU agar data yang dikirim dapat dikirim dengan aman tanpa adanya pencurian data.
- 2. Pengembangan *Interface* agar lebih ramah terhadap pengguna.
- 3. Pengembangan fitur-fitur pada *prototype* agar lebih mendukung kecanggihan *prototype* OBU.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Pemerintah, "Surabaya Mass Rapid Transportation," Surabaya, 2013.
- [2] D. W. Herdiyanto, Endroyono and I. Pratomo, "Passenger Authentication and Payment System Using RFID Based On-Board Unit for Surabaya Mass Rapid Transportation," 2016 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), Lombok, 2016, pp. 305-310.
- [3] M. B. Yassein, M. Q. Shatnawi, S. Aljwarneh and R. Al-Hatmi, "Internet of Things: Survey and Open Issues of MQTT Protocol," 2017 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS), Monastir, 2017, pp. 1-6.
- [4] A.Bhawiyuga, M. Data and A. Warda, "Architectural Design of Token Based Authentication of MQTT Protocol in Constrained IoT Device," 2017 11th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA), Lombok, 2017, pp. 1-4
- [5] R. Wulandari, "Analisis QoS (Quality of Service) pada Jaringan Internet (Studi Kasus: UPT LOKA Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon LIPI)," 2016 Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi, 2016, pp. 162-172.
- [6] M. Abdelrahman, A. Mustafa, A. Osman, "A Comparison Between IEEE 802.11a, b, g, n and ac Standards," 2015 IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE), sep-oct 2015, pp. 26-29.
- [7] ETSI, "Intelligent Transport Systems (ITS); Communications Architecture," 2010 ETSI EN 302 665 V1.1.1 (2010-09), France, 2010
- [8] SiRF, "NMEA Reference Manual," USA, 2010
- [9] M. Houimli, L. Kahloul and S. Benaoun, "Formal Specification, Verification and Evaluation of the MQTT Protocol in the Internet of

Things," 2017 International Conference on Mathematics and Information Technology (ICMIT), Adrar, 2017, pp. 214-221.

- [10]IDE-innovations, "ID-12LA, ID-12LA, ID-20LA Low Voltage Series Reader Modules," Januari 2013.
- [11] Ib-Technology, "Summary of supported Passive Transponders (smart cards, tags etc)" <URL:http://www.ibtechnology.co.uk Coutinho, J>, Januari, 2016.

LAMPIRAN A PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro - ITS

TE 141599 TUGAS AKHIR - 4 SKS

Nama Mahasiswa : Alif Ghifari Priambodo

Nomer Pokok : 2213 100 030

Studi S1

Ger Russen, ST. M.Eng. Ph.D. 197311192000031001

Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi Multimedia Tugas Diberikan : Semester Ganjil 2017/2018 Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Endroyono, DEA.

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Protokol Komunikasi On Board Unit (OBU)

untuk Intelligent Transport System di Surabaya

(Design of On Board Unit (OBU) Communication Protocol for

0 6 SEP 2017

Intelligent Transport System in Surabaya)

Uraian Tugas Akhir:

Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia yang memiliki masalah besar berupa kemacetan. Banyak kota-kota besar di dunia yang mulai bergerak mengadopsi konsep kota pintar (Smart City) untuk menyelesaikan masalah di kotanya masing-masing. Salah satu teknologi yang ditawarkan dalam konsep smart city adalah Intelligent Transportation System (ITS) sebagai solusi permasalahan transportasi. Surabaya saat ini sedang berusaha menjadi kota berbasis smart city dan merealisasikan Intelligent Transportation System (ITS) sebagai solusi untuk pengembangan transportasi di Surabaya. Intelligent Transportation System (ITS) memiliki sebuah sistem didalamnya yaitu Advanced Public Transportation Systems (APTS) yang pada prinsipnya berusaha untuk menerapkan manajemen transportasi dan memberikan informasi untuk meningkatakan efisiensi operasi angkutan umum serta memberikan AVL (automatic vehicle location) kepada penumpang secara real time. Untuk mewujudkan manajemen armada yang bekerja dengan baik, tiap manajemen armada masing-masing akan dipasangkan On-Board Unit (OBU). Data yang diperoleh dari OBU akan diteruskan ke jaringan seluler lalu ditampung pada Revenue. Tugas akhir yang memakai metode uji coba pada prototype lalu melakukan analisa terhadap data yang diperoleh, diharapkan akan menghasilkan hasil protokol kontrol akses media dari prototype sistem tersebut.

Dosen Pembimbing,

<u>Dr. Ir. Endroyono, DEA</u> Nip: 196504041991021001

Menyetujui,

Kepala Laboratorium Komunikasi Multimedia

Dr. Ir. Endroyono, DEA Nip: 196504041991021001

1

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN B MODUL GPS dan RFID MENGGUNAKAN PYTHON PADA RASPBERRY PI3

1. Konfigurasi GPS menggunakan Python

```
import time
                               #untuk delay
import serial
                               #untuk ngambil data GPS dari serial
import paho.mqtt.client as mqtt #untuk protokol mqtt
try:
  ser = serial.Serial(
    port='/dev/ttyUSB0', # port raspberry
    baudrate=4800,
                         # kecepatan transfer serial
    parity=serial.PARITY_NONE,
    stopbits=serial.STOPBITS ONE,
    bytesize=serial.EIGHTBITS,
    timeout=1.0,
    rtscts=True.
    dsrdtr=False
  )
except serial.error as message:
except Exception as message:
#/////set-up default handshake komunikasi serial usb dan gps//////#
while ser.getDSR() == False:
  ser.setDTR(False)
  time.sleep(0.7)
  ser.setDTR(True)
  time.sleep(0.2)
  ser.setDTR(False)
  time.sleep(0.7)
print "Wake Up 1"
ser.setRTS(False)
while ser.getDSR() == True:
  ser.setDTR(False)
```

```
time.sleep(0.7)
  ser.setDTR(True)
  time.sleep(0.2)
  ser.setDTR(False)
  time.sleep(0.7)
print "Sleep 2"
if ser.getCTS() == True:
  print "CTS Wake Up"
else:
  print "CTS Sleep"
if ser.getDSR() == False:
  print "DSR Sleep"
else:
  print "DSR Wake Up"
data_gps=""
#//////set-up mqtt client///////////
mqttc=mqtt.Client()
mqttc.connect("185.201.9.130", 1883, 60)
mqttc.loop start()
while 1: #main program
  try:
    time.sleep(10)
    x=ser.readline() # ambil data serial gps
    if x[:6]=='\$GPGGA':
      data_gps =u""+ x +"" #untuk memberi tanda (") pd data gpgga
  except Exception as message:
    pass
  print data_gps
  if len(data_gps)>10: # untuk memastikan gpgga berisi nilai lan&long
    mqttc.publish("OBU/GPS/L404RP", data_gps) #publish topic mqtt
```

2. Konfigurasi RFID menggunakan Python

```
!/usr/bin/env python
import paho.mqtt.client as mqtt
import time
import serial
ser = serial.Serial(
  port='/dev/ttyS0',
  baudrate = 9600,
  parity=serial.PARITY_NONE,
  stopbits=serial.STOPBITS_ONE,
  bytesize=serial.EIGHTBITS,
  timeout=0.010
)
mqttc=mqtt.Client()
mqttc.connect("185.201.9.130", 1883, 60)
mqttc.loop_start()
while 1:
  data_rfid = ser.readline()
  #data_rfid=data_rfid.decode('utf-8')
  if len(data_rfid) > 0:
    print data_rfid
    mqttc.publish("OBU/rfid", data_rfid)
```

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN C TABEL HASIL PENGUJIAN JARINGAN

1. Pengujian pada Tanggal 28 Mei 2018, pukul 08.00-08.10 WIB

No.	Source	Destination	Length	Delay
1	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
2	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
3	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
4	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
5	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
6	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,9442
7	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
8	185.201.9.130	192.168.43.108	68	0
9	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0
10	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
11	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
12	192.168.43.108	185.201.9.130	162	4,4898
13	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
14	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,9788
15	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
16	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,0045
17	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
18	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,9776
19	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
20	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
21	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
22	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
23	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
24	185.201.9.130	192.168.43.108	68	0

25	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0
26	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,602
27	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
28	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
29	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
30	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,2917
31	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
32	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
33	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
34	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,8488
35	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
36	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,9002
37	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
38	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
39	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
40	185.201.9.130	192.168.43.108	68	0
41	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0
42	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,4327
43	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
44	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,9549
45	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
46	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,621
47	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
48	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,4984
49	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
50	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,5872
51	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
52	192.168.43.108	185.201.9.130	162	4,0816
53	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0

54	192.168.43.108	185.201.9.130	68	2,785
55	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
56	185.201.9.130	192.168.43.108	68	0
57	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0
58	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
59	185.201.9.130	192.168.43.108	66	0
60	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0

2. Pengujian pada Tanggal 28 Mei 2018, pukul 09.00-09.10 WIB

No.	Source	Destination	Length	Delay
1	192.168.43.108	185.201.9.130	740	0
2	192.168.43.108	185.201.9.130	74	5,513884
3	192.168.43.108	185.201.9.130	74	0
4	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,046906
5	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,000116
6	192.168.43.108	185.201.9.130	80	0
7	192.168.43.108	185.201.9.130	80	0
8	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,075893
9	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,006747
10	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,13534
11	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,948353
12	192.168.43.108	185.201.9.130	836	0,038066
13	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,454481
14	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,939881
15	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,036189
16	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,270924
17	192.168.43.108	185.201.9.130	740	0,024917
18	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,397199

19	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,440561
20	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,028904
21	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,689218
22	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,035049
23	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,030874
24	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,04426
25	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
26	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,060978
27	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,004937
28	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,211544
29	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,985916
30	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,032862
31	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,815733
32	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,87121
33	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,154537
34	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,034198
35	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,086529
36	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,651805
37	192.168.43.108	185.201.9.130	163	1,586881
38	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,024122
39	192.168.43.108	185.201.9.130	163	2,727432
40	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,063284
41	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
42	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,04416
43	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,026691
44	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
45	192.168.43.108	185.201.9.130	163	1,38745
46	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05466
47	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,072248

48	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,967158
49	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,669048
50	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,733604
51	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,752261
52	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,78515
53	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,535527
54	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,026987
55	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,030202
56	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,752888
57	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
58	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,046024
59	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,015036
60	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0

3. Pengujian pada Tanggal 28 Mei 2018, pukul 10.00-10.10 WIB

No.	Source	Destination	Length	Delay
1	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
2	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05064
3	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,04083
4	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,08698
5	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07309
6	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,10283
7	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,05442
8	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,09925
9	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,04453
10	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,06566
11	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,06508
12	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,02424
13	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0

14	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,09473
15	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,00702
16	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
17	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05583
18	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05409
19	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,03612
20	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07486
21	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05105
22	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,06662
23	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,05332
24	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,04869
25	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,88285
26	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0807
27	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,08502
28	192.168.43.108	185.201.9.130	68	1,94784
29	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0577
30	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,85616
31	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,05874
32	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
33	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,92867
34	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,06651
35	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,07084
36	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,12015
37	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07091
38	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,03355
39	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,045
40	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,85847
41	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0323
42	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,01999

43	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,01178
44	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,05583
45	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,06439
46	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
47	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,07624
48	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
49	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05591
50	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07879
51	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,08691
52	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,08222
53	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05641
54	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07076
55	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,84496
56	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,06137
57	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,04951
58	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,06292
59	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,0679
60	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,02612

4. Pengujian pada Tanggal 28 Mei 2018, pukul 11.00-11.10 WIB

No.	Source	Destination	Length	Delay
1	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
2	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0805
3	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,0691
4	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
5	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0707
6	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0048
7	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
8	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,046

9	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0773
10	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,0795
11	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,0016
12	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,1076
13	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0755
14	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,1266
15	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,1578
16	192.168.43.108	185.201.9.130	163	1,0796
17	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0614
18	192.168.43.108	185.201.9.130	163	0,0619
19	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,0738
20	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
21	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0905
22	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0064
23	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
24	192.168.43.108	185.201.9.130	163	0,0482
25	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0673
26	192.168.43.108	185.201.9.130	163	1,083
27	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0758
28	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
29	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
30	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
31	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
32	192.168.43.108	185.201.9.130	163	0,0694
33	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0634
34	192.168.43.108	185.201.9.130	163	0,1559
35	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,1283
36	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,1777
37	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0978

38	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,9219
39	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,0533
40	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
41	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0604
42	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0046
43	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,5052
44	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,0563
45	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0702
46	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0539
47	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,036
48	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,0488
49	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0665
50	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,1757
51	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0882
52	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,1008
53	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,1934
54	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,3929
55	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,0454
56	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
57	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,1097
58	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0052
59	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
60	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,0545

5. Pengujian pada Tanggal 28 Mei 2018, pukul 12.00-12.10 WIB

No.	Source	Destination	Length	Delay
1	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,23997
2	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,06053
3	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,74726

4	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,03527
5	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,06848
6	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,03461
7	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,02737
8	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,07878
9	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,0973
10	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,10419
11	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
12	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,06489
13	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0
14	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,09421
15	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,04287
16	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,05996
17	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,05198
18	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,07254
19	192.168.43.108	185.201.9.130	161	2,23805
20	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,05293
21	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,0443
22	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,21516
23	192.168.43.108	185.201.9.130	161	5,03433
24	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,04609
25	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,07369
26	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,05096
27	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
28	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0578
29	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0
30	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,0771
31	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,03501
32	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,18591

33	192.168.43.108	185.201.9.130	161	2,1667
34	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,04897
35	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,05742
36	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,0514
37	192.168.43.108	185.201.9.130	161	5,07791
38	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,06197
39	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,05755
40	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,02544
41	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,07542
42	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,08135
43	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
44	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0761
45	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,80087
46	192.168.43.108	185.201.9.130	161	1,93824
47	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,04998
48	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,05625
49	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,06847
50	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,05522
51	192.168.43.108	185.201.9.130	161	2,22723
52	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,05155
53	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,06223
54	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,06046
55	192.168.43.108	185.201.9.130	161	5,09627
56	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,06355
57	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,07051
58	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,10468
59	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
60	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,05275

6. Pengujian pada Tanggal 28 Mei 2018, pukul 13.00-13.10 WIB

No.	Source	Destination	Length	Delay
1	192.168.43.108	185.201.9.130	162	-3,22779
2	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,216348
3	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,205661
4	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
5	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,115709
6	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,000145
7	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
8	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,266175
9	192.168.43.108	185.201.9.130	162	6,515224
10	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,208314
11	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,503225
12	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,215606
13	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,223927
14	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,59418
15	192.168.43.108	185.201.9.130	162	4,744484
16	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,200888
17	192.168.43.108	185.201.9.130	162	4,251947
18	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,078483
19	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,220983
20	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,093089
21	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
22	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,04626
23	192.168.43.108	185.201.9.130	163	0
24	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,294057
25	192.168.43.108	185.201.9.130	163	4,147677

26	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,198554
27	192.168.43.108	185.201.9.130	163	0,21165
28	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,0281
29	192.168.43.108	185.201.9.130	163	0,212339
30	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,053774
31	192.168.43.108	185.201.9.130	163	3,284496
32	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,054628
33	192.168.43.108	185.201.9.130	163	0,139934
34	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,215269
35	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,046132
36	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,075347
37	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
38	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,058162
39	192.168.43.108	185.201.9.130	163	0,138524
40	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,085897
41	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,218831
42	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,207459
43	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,06204
44	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,218269
45	192.168.43.108	185.201.9.130	161	4,041082
46	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,051742
47	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,222589
48	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,201081
49	192.168.43.108	185.201.9.130	161	4,862675
50	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,210325
51	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,054354
52	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,051998
53	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
54	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,067727

55	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,285934
56	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,270728
57	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,204026
58	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,045273
59	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,205444
60	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,076271

7. Pengujian pada Tanggal 28 Mei 2018, pukul 14.00-14.10 WIB

No.	Source	Destination	Length	Delay
1	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0
2	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,08173
3	192.168.43.108	185.201.9.130	161	2,26278
4	192.168.43.108	185.201.9.130	161	2,21185
5	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,03426
6	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,04753
7	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
8	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,08801
9	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0
10	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,13611
11	192.168.43.108	185.201.9.130	161	1,05907
12	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,04619
13	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,03423
14	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,03367
15	192.168.43.108	185.201.9.130	161	2,24185
16	192.168.43.108	185.201.9.130	161	1,92739
17	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0
18	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,85912
19	192.168.43.108	185.201.9.130	161	0,03356
20	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,23151

21	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05534
22	192.168.43.108	185.201.9.130	68	1,53416
23	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,05789
24	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
25	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,05251
26	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
27	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07053
28	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,02682
29	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,04211
30	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07427
31	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07514
32	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,26314
33	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,04659
34	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,034
35	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07148
36	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,76558
37	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05982
38	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,79763
39	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,07087
40	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
41	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,08679
42	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
43	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05619
44	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,05525
45	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07573
46	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,24905
47	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07595
48	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,02463
49	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,04897

50	192.168.43.108	185.201.9.130	162	3,9622
51	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,08049
52	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,25316
53	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,07811
54	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,02353
55	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,07305
56	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
57	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,18418
58	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
59	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,03545
60	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,41973

8. Pengujian pada Tanggal 28 Mei 2018, pukul 15.00-15.10 WIB

No.	Source	Destination	Length	Delay
1	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
2	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0758
3	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
4	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,099
5	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
6	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,2261
7	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
8	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
9	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
10	192.168.43.108	185.201.9.130	162	4,3584
11	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0737
12	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,4386
13	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,1481
14	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0789
15	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0726

16	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
17	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0249
18	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,2365
19	192.168.43.108	185.201.9.130	162	4,0166
20	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,1821
21	192.168.43.108	185.201.9.130	68	2,4199
22	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0454
23	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0
24	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
25	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0812
26	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,2159
27	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,2287
28	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,1204
29	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,2095
30	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,2237
31	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0618
32	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,2331
33	192.168.43.108	185.201.9.130	162	6,1126
34	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,2159
35	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,6053
36	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0467
37	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,2235
38	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0671
39	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
40	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,1984
41	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0796
42	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
43	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0345
44	192.168.43.108	185.201.9.130	162	1,9208

45	192.168.43.108	185.201.9.130	162	4,1099
46	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0512
47	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,5879
48	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,212
49	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0743
50	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0737
51	192.168.43.108	185.201.9.130	162	5,0682
52	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0315
53	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,0581
54	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0654
55	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
56	192.168.43.108	185.201.9.130	68	0,0466
57	192.168.43.108	185.201.9.130	66	0,0553
58	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0
59	192.168.43.108	185.201.9.130	162	2,1899
60	192.168.43.108	185.201.9.130	162	0,0754

LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENGUJIAN OBU PADA HALTE DI ITS

Screencapture Pada Komputer CC-Room



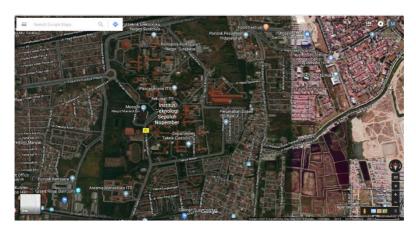
Gambar D.1 Posisi OBU pada parkiran elektro ITS



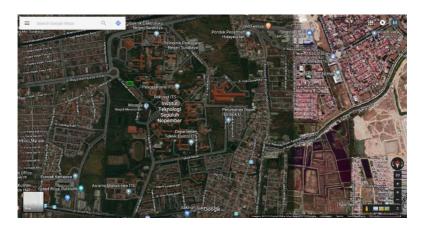
Gambar D.2 Posisi OBU pada Halte Danau ITS



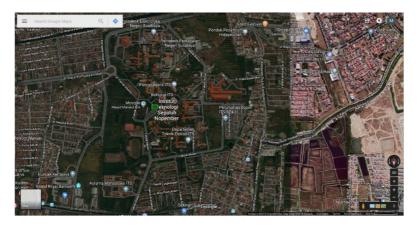
Gambar D.3 Posisi OBU pada Halte Asrama ITS



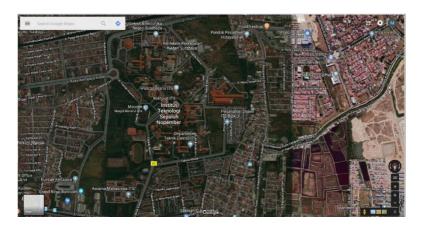
Gambar D.4 Posisi OBU pada Halte Masjid Manarul Ilmi ITS



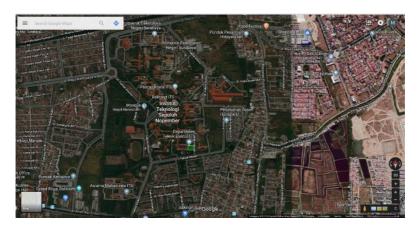
Gambar D.5 Posisi OBU pada Halte Teknik Sipil ITS



Gambar D.6 Posisi OBU pada Halte Rektorat ITS



Gambar D.7 Posisi OBU pada Halte FMIPA ITS



Gambar D.8 Posisi OBU pada Halte Teknik Elektro ITS

RIWAYAT PENULIS



Alif Ghifari Priambodo, lahir di Tangerang tanggal 19 November 1995. Menempuh pendidikan formal dari SD Negeri Sukasari 5 Tangerang lulus tahun 2007, lalu SMP Negeri 2 Tangerang lulus tahun 2010, setelah itu dilanjutkan pada SMA Negeri 2 Kota Tangerang dan lulus pada tahun 2013. Setelah lulus dari SMA, penulis memilih melanjutkan pendidikan di S1 Teknik Elektro, pada bidang studi Telekomunikasi dan Multimedia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Selama menumpuh Pendidikan, penulis aktif pada berbagai kegiatan dalam bidang akademik dan non-akademik meliputi kepanitiaan. Penulis dapat dihubungi melalui kontak 081299071095 atau melalui e-mail: alifgpriambodo23@gmail.com

[Halaman ini sengaja dikosongkan]