



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

COVER

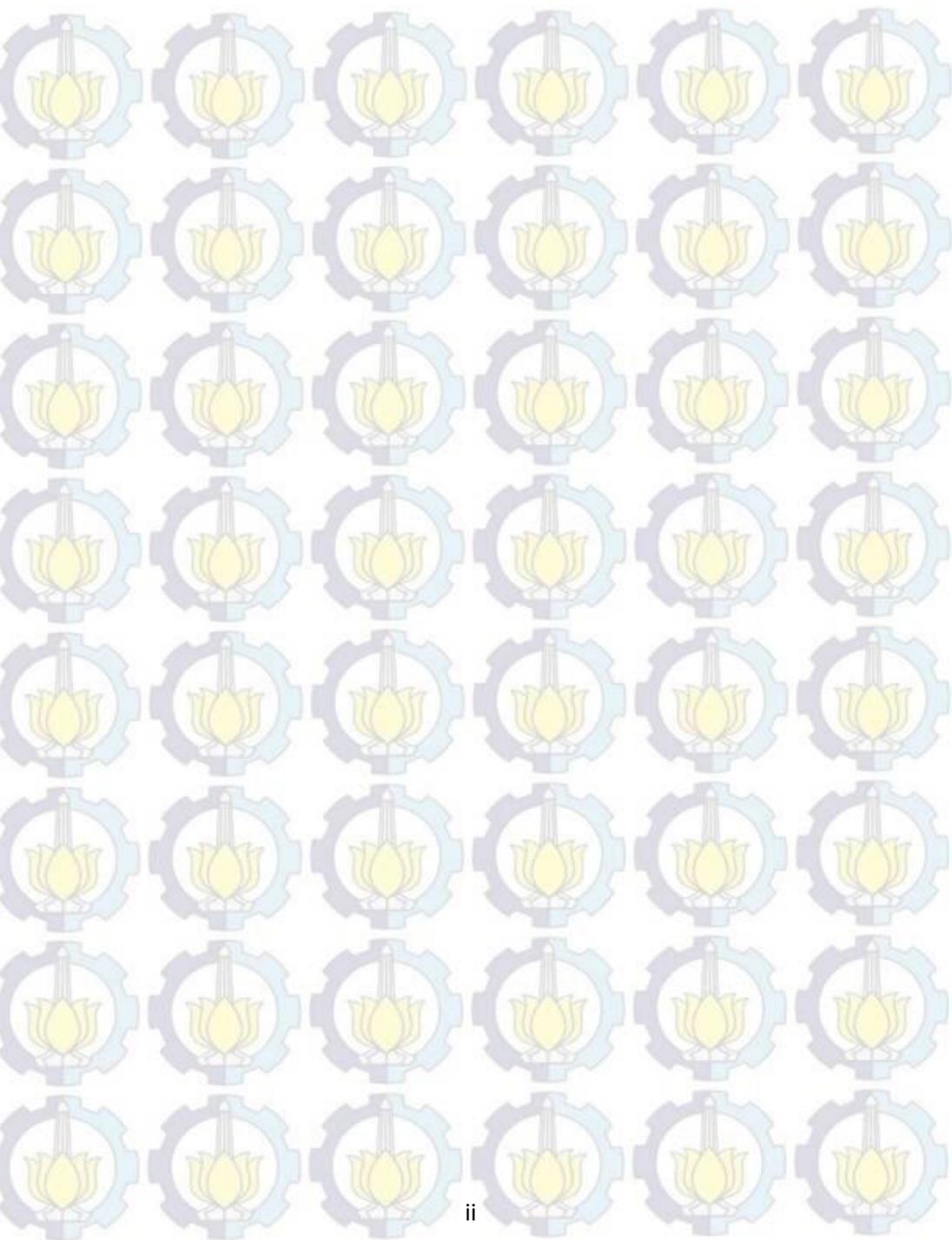
**TUGAS AKHIR - EE184801**

**ANALISIS KINERJA UDP UNTUK JARINGAN NIRKABEL  
BERGERAK PADA JARINGAN SELULER 4G DI  
SURABAYA**

Azmi Naufal  
NRP 0711124000028

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Suwadi, M,T

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





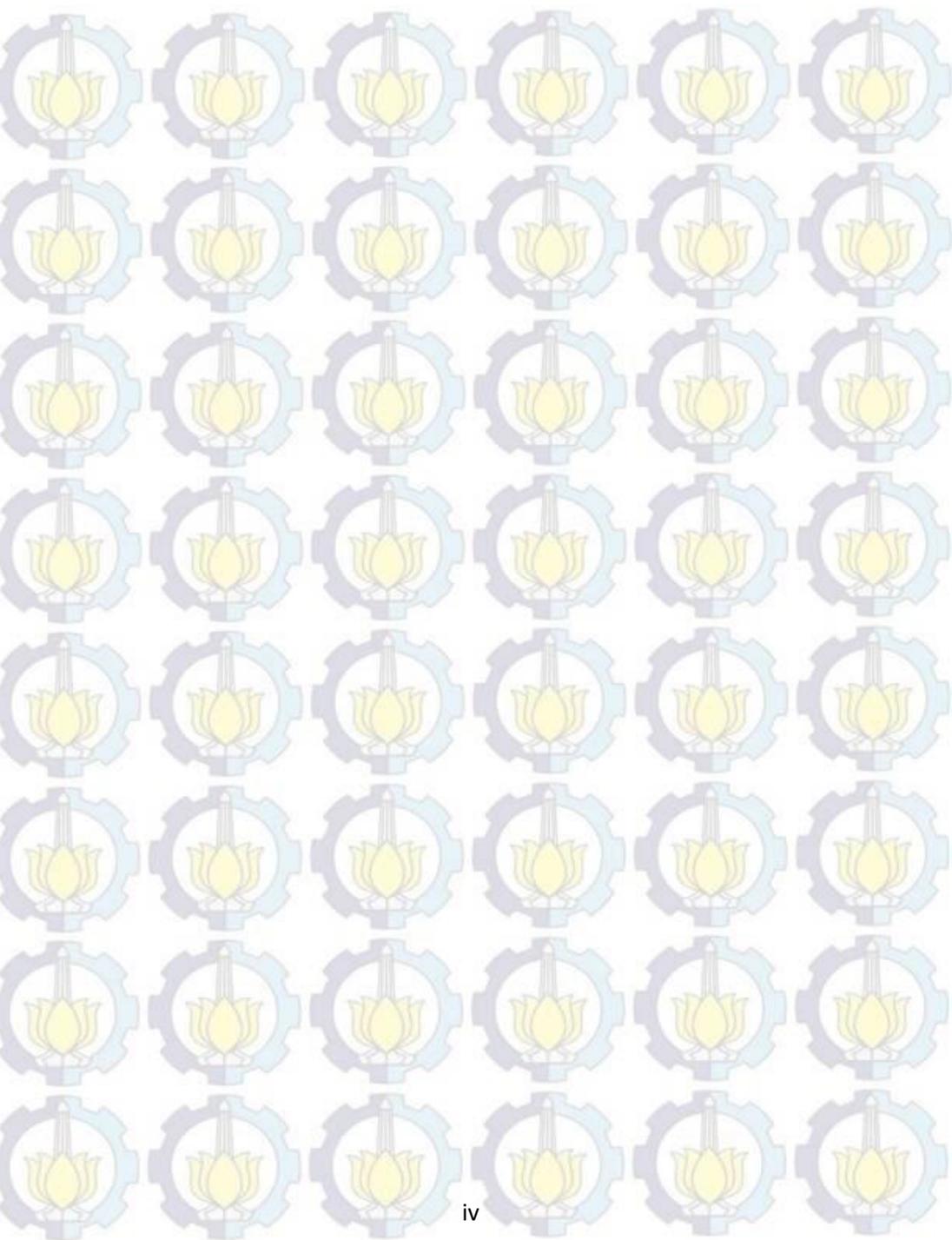
**FINAL PROJECT - EE184801**

**UDP'S PERFORMANCE ANALYSIS FOR MOBILE  
WIRELESS NETWORKS ON THE 4G CELLULAR  
NETWORK IN SURABAYA**

Azmi Naufal  
NRP 0711124000028

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Suwadi, M,T

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa sebagian maupun isi keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "Analisis Kinerja UDP untuk Jaringan Nirkabel Bergerak pada Jaringan Seluler 4G 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.

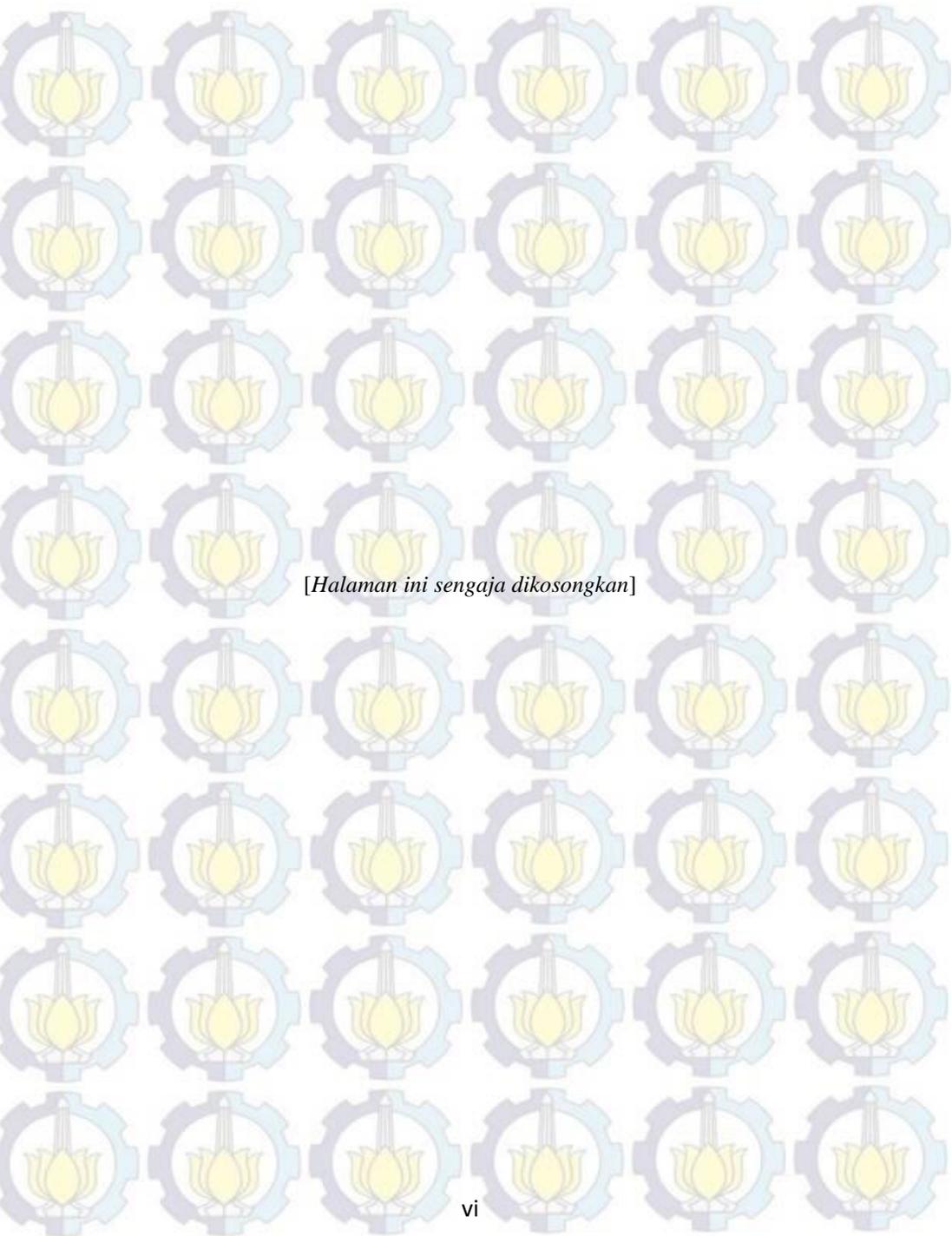
Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

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

Surabaya, Juli 2019



Azmi Naufal  
NRP 0711124000028



*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

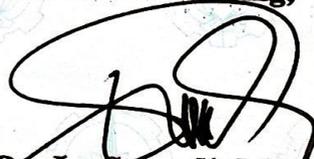
**ANALISIS KINERJA UDP UNTUK JARINGAN  
NIRKABEL BERGERAK PADA JARINGAN  
SELULER 4G DI SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
pada  
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

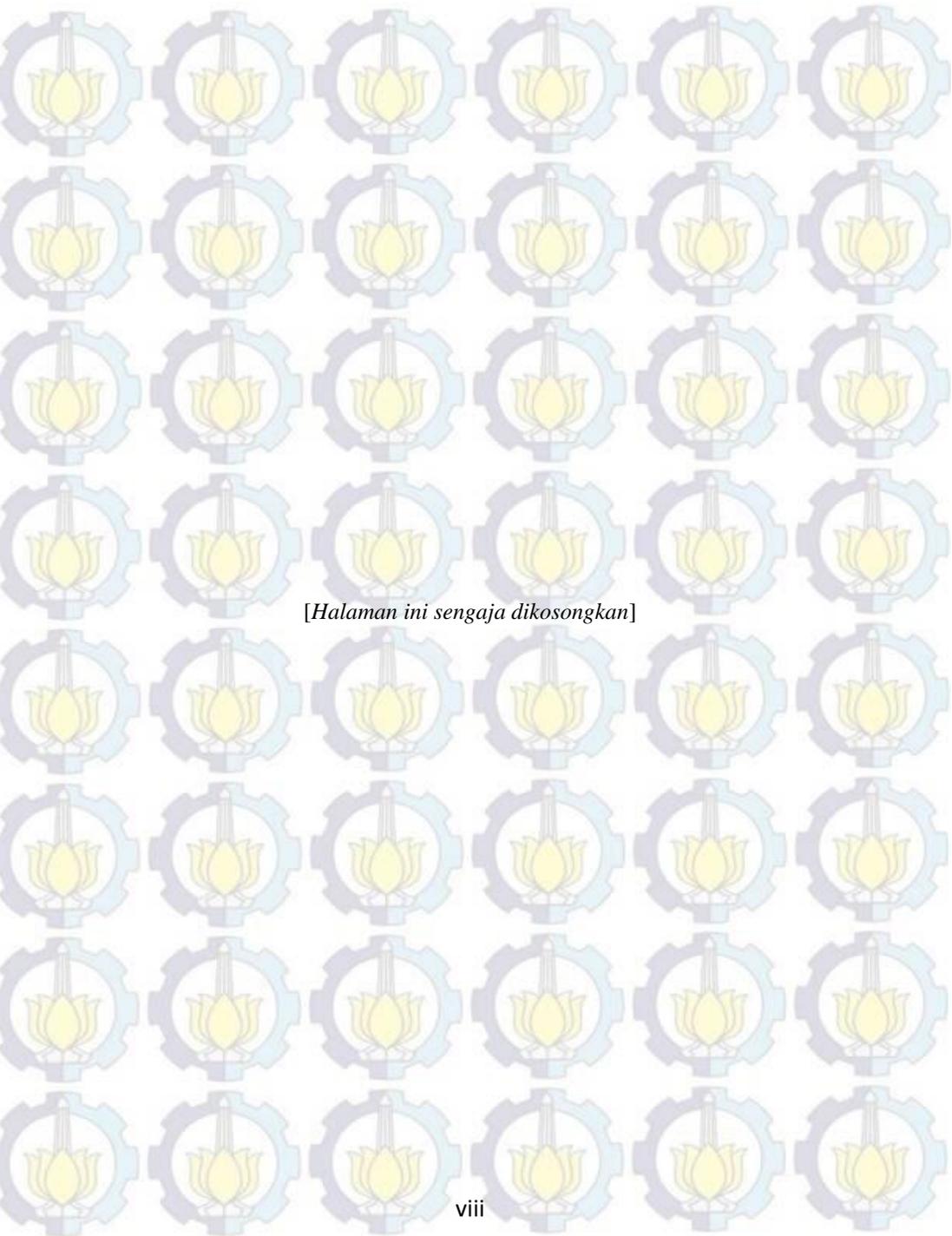
**Dosen Pembimbing,**



**Dr. Ir. Suwadi, M.T.**

**NIP. 196808181993031002**





*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# Analisis Kinerja UDP Untuk Jaringan Nirkabel Bergerak Pada Jaringan Seluler 4G di Surabaya

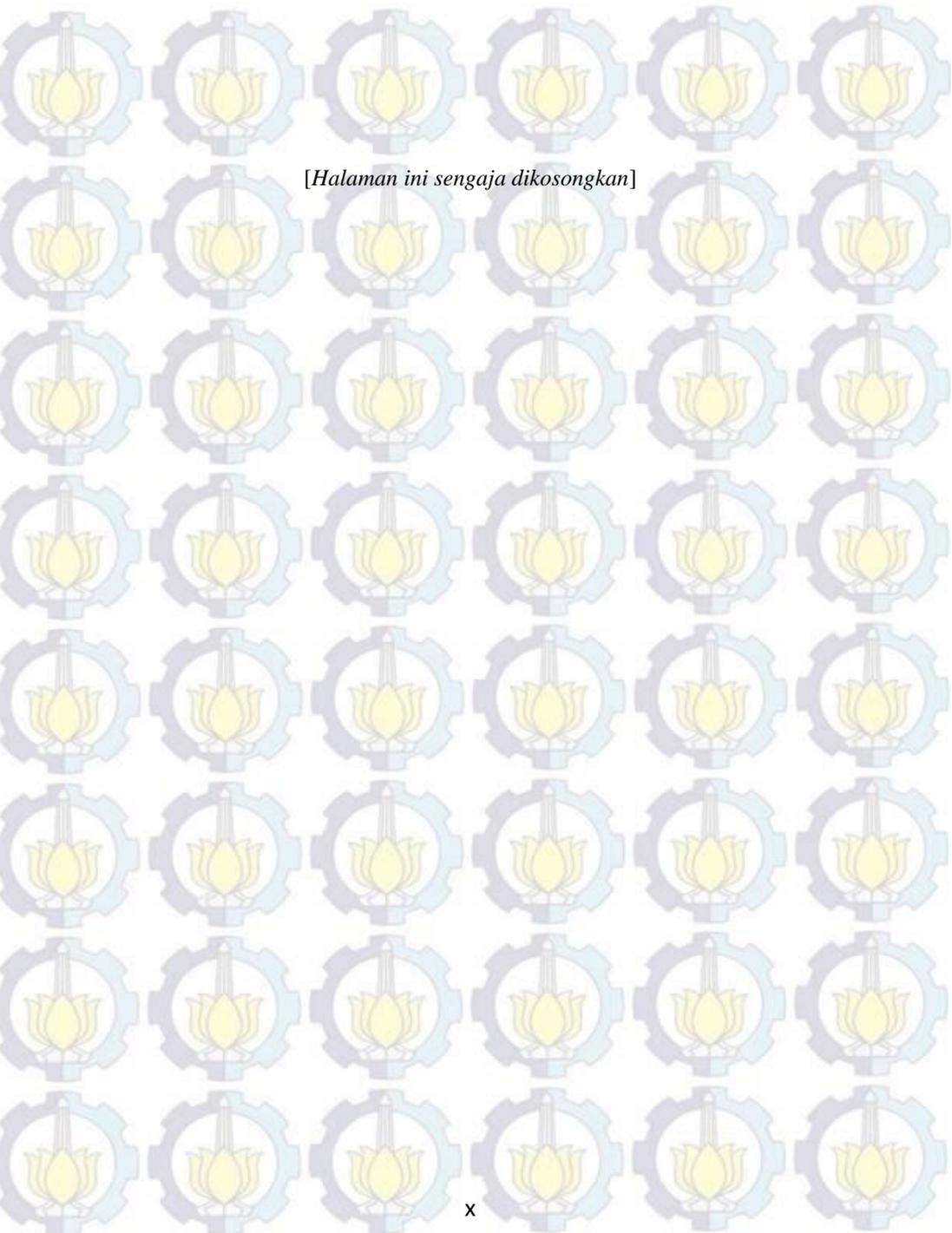
## ABSTRAK

Surabaya akan menerapkan *Intelligent Transport System (ITS)*, yaitu sistem transportasi yang cerdas, di mana kecepatan transmisi data menjadi hal yang diperlukan untuk menunjang system ini. Protocol yang dapat digunakan salah satunya adalah UDP (User Data Protocol). UDP adalah protocol pengiriman pesan dari client ke server atau sebaliknya dengan mekanisme yang minimum. Salah satu karakteristik UDP adalah *connectionless* yaitu tidak ada mekanisme pemeriksaan data dan *flow control*. Kelebihan pada UDP adalah lebih cepat dalam proses pengiriman data, karena tidak ada proses *acknowledgements*. UDP diperlukan untuk mendukung penerapan sistem komunikasi bergerak melalui *Intelligent Transport System* di Surabaya dan penyediaan layanan komunikasi

Pada tugas akhir ini dibutuhkan Analisis untuk mengetahui seberapa lama keterlambatan dalam transmisi data dari provider seluler 4G. Pengukuran diambil dari beberapa provider seluler, sehingga dapat dibandingkan performansi dari masing-masing provider. Parameter yang dianalisis yaitu delay. Pengukuran dilakukan di dalam kendaraan bergerak yaitu Bus

Dari Pengukuran Protokol UDP memenuhi karakteristik protokol yang sangat baik dan interaktif (High productivity interactive response) menurut standar delay SLAC karena mempunyai nilai yang baik untuk delay kurang dari 200 ms

**Kata Kunci** : UDP, 4G, delay, bergerak, ITS, bus, seluler



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

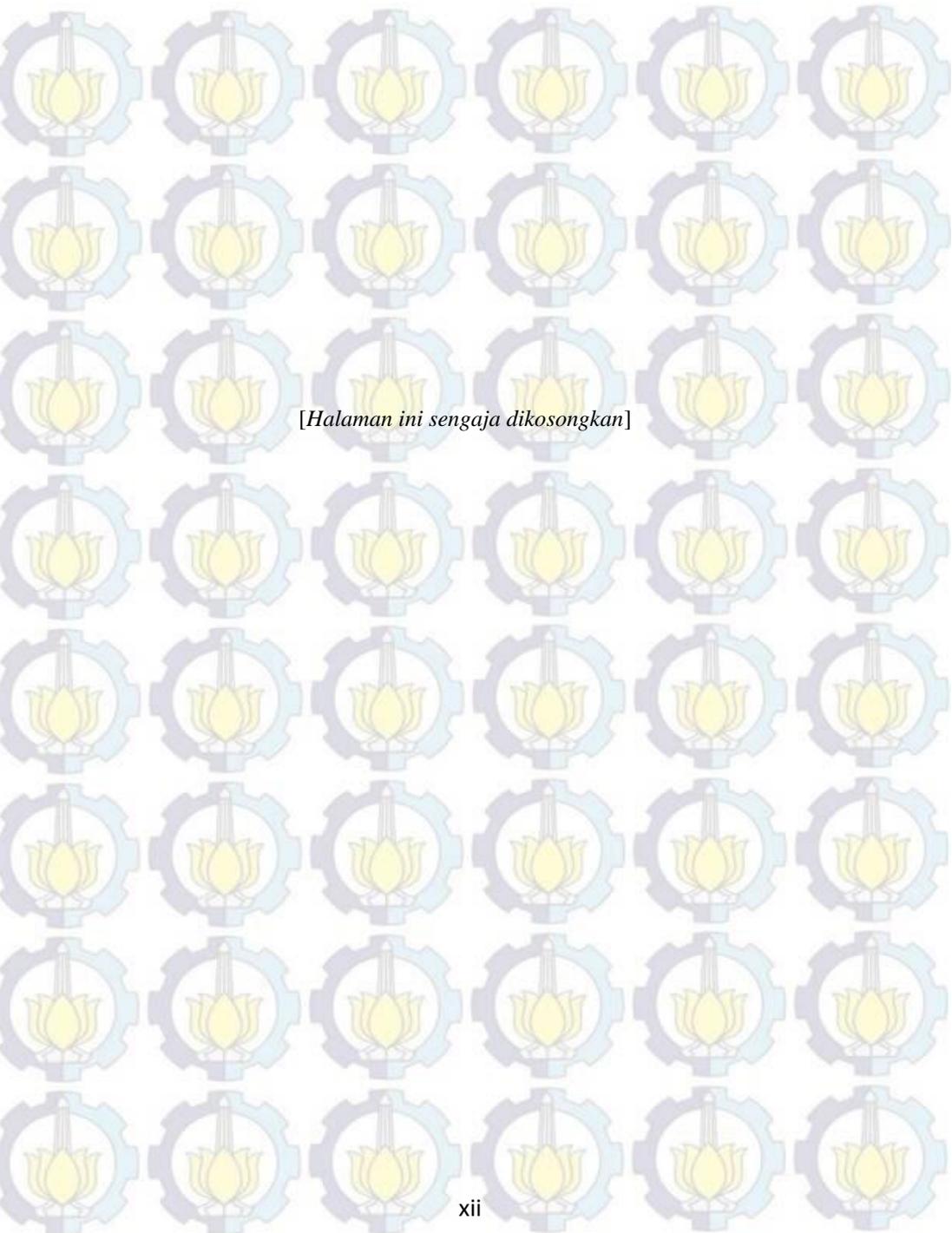
# **UDP Performance Analysis for Mobile Wireless Networks on 4G Cellular Networks in Surabaya**

## **ABSTRACT**

Surabaya will implement the Intelligent Transport System (ITS), which is an intelligent transportation system, where the speed of data transmission is needed to support this system. Protocol that can be used one of which is UDP (User Data Protocol). UDP is a protocol for sending messages from client to server or vice versa with a minimum mechanism. One of the characteristics of UDP is connectionless, namely there is no data checking mechanism and flow control. The advantage of UDP is that it is faster in the process of sending data, because there are no acknowledgment processes. UDP is needed to support the implementation of mobile communication systems through the Intelligent Transport System in Surabaya and the provision of communication services

In this final project, an analysis is needed to find out how long the delay is in transmitting data from 4G cellular providers. Measurements are taken from several cellular providers, so that they can be compared with the performance of each provider. The parameters analyzed are delay. Measurements are made in a moving vehicle, Bus

From the Measurement the UDP protocol meets the characteristics of a very good and interactive protocol (High productivity interactive response) according to SLAC delay standards because it has good value for delay of less than 200 ms



*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku Tugas Akhir ini yang berjudul :

### **Analisis kinerja UDP untuk jaringan nirkabel bergerak pada jaringan seluler 4G di Surabaya**

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata-1 di Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

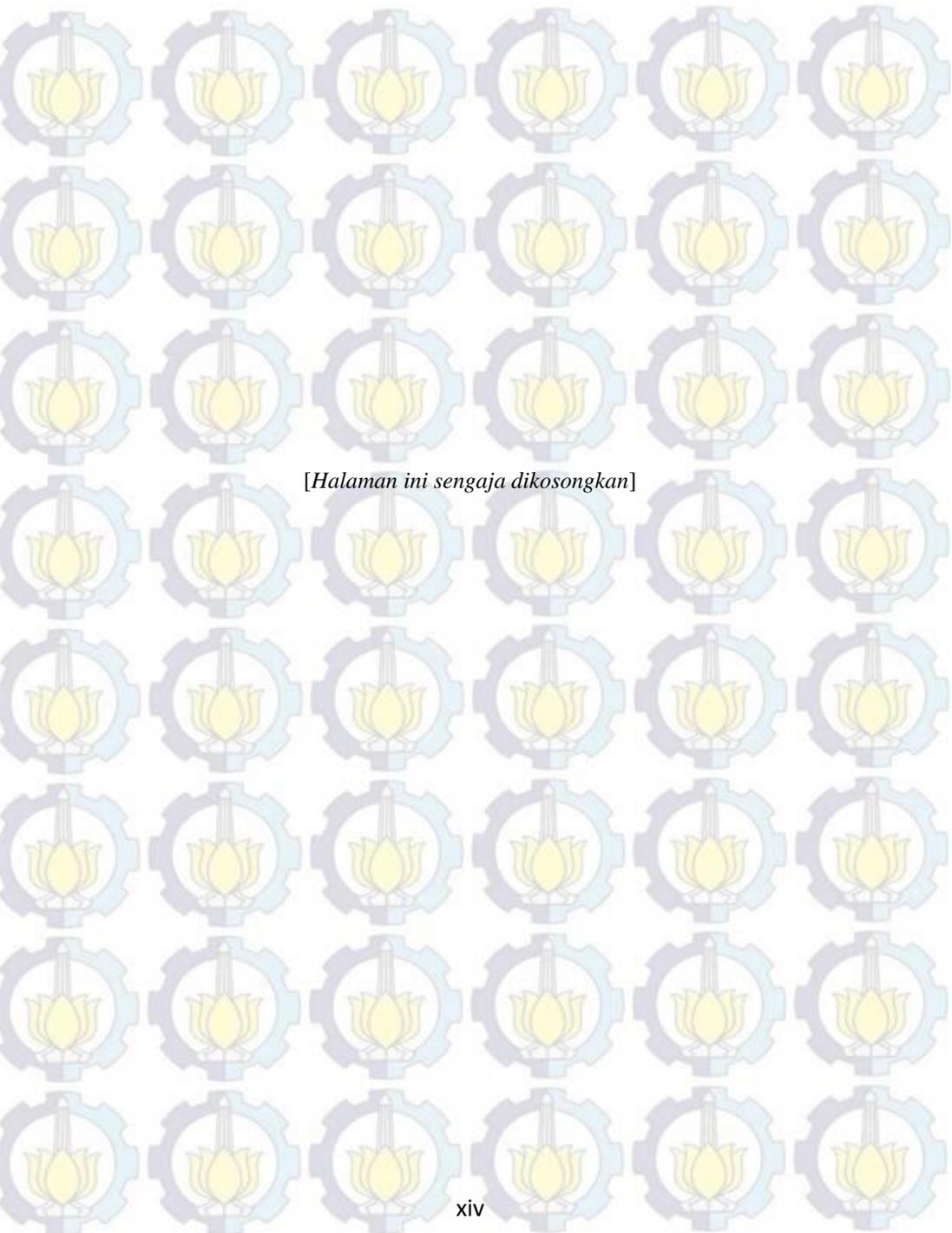
Selama pengerjaan Tugas Akhir dan penyusunan buku ini penulis telah banyak dibantu oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terimakasih kepada : Keluarga penulis yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan doa. Bapak Dr. Ir. Suwadi, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia memberikan ilmu, dukungan dan motivasi sehingga dapat terealisasinya tugas akhir ini. Bapak Michael Ardita, S.T., M.T. atas bimbingan dan arahan sehingga penulis mampu mengatasi kesulitan selama pengerjaan tugas akhir. Teman-teman Telekomunikasi Multimedia Lintas Jalur, khususnya teman-teman di B304 terimakasih atas kerjasama dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan untuk pengembangan di masa yang akan datang.

Besar harapan penulis bahwa apa yang telah dituangkan dalam buku ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, Mei 2019

Penulis



*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

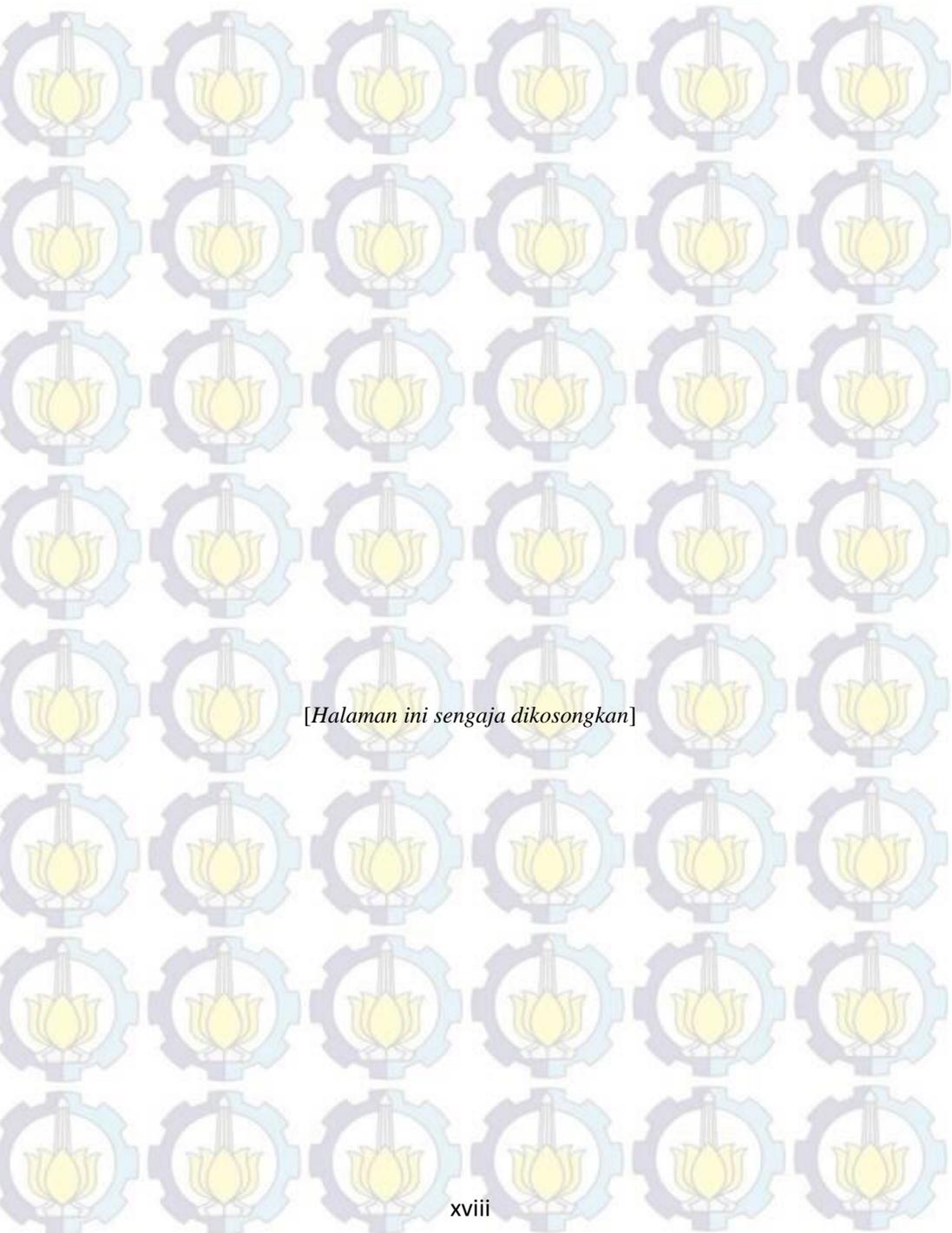
## DAFTAR ISI

Abstrak .....	ix
Abstract .....	xi
Kata Pengantar .....	xiii
Daftar Isi .....	xii
Daftar Gambar .....	xv
Daftar Tabel .....	xviii
1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Metodologi .....	2
1.6 Sistematika Pembahasan .....	3
2 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 <i>Intelligent Transport System (ITS)</i> .....	5
2.2 Model OSI.....	7
2.3 Model UDP .....	9
2.3.1 Lapisan Model UDP .....	9
2.3.1.1 Network Access Layer .....	10
2.3.1.2 Internet Layer .....	10
2.3.1.3 Transport Layer .....	11
2.3.1.3.1 UDP( <i>User Datagram Protokol</i> ) .....	11
2.3.1.4. Application Layer .....	12
2.4 Arsitektur Jaringan 4G .....	13
2.4.1 User Equipment.....	14
2.4.2 E-UTRAN .....	14
2.4.3 Evolved Packet Core(EPC) .....	15
2.5 Quality Of Service .....	16
2.6 Distribusi Probabilitas .....	18
2.6.1 Fungsi Kerapatan Probabilitas(PDF) .....	18
2.6.2 Fungsi Distribusi Kumulatif(CDF) .....	18
2.7 Wireshark .....	19
2.8 Share GPS .....	20
2.9 Coverage area jaringan 4G di Surabaya .....	21
2.10 Penyebab QOS yang buruk .....	22

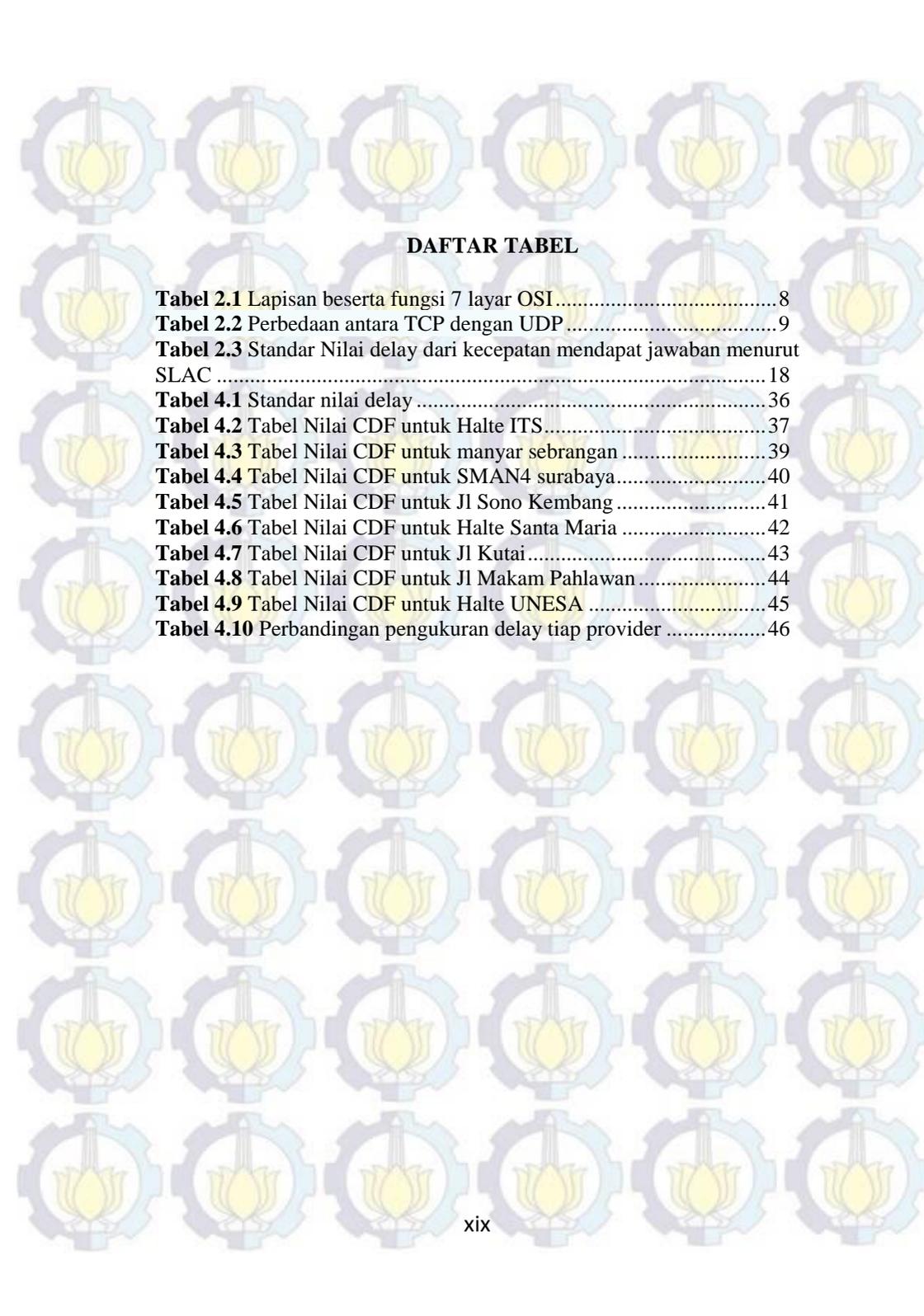
2.11 Gangguan pada transmisi data .....	22
3 Perancangan dan Impelementasi .....	25
3.1 Alur Pengukuran.....	26
3.2 Pemodelan Sistem .....	27
3.3 Kebutuhan Perangkat Penunjang.....	28
3.3.1 Kebutuhan Perangkat Lunak .....	26
3.3.2 Kebutuhan Perangkat Keras .....	26
3.4 Penentuan Rute .....	27
3.5 Pengukuran Delay pada UDP .....	27
3.6 Algoritma Software Pengukuran .....	30
3.7 Instalasi dan Konfigurasi Share GPS.....	30
3.8 Instalasi Wireshark .....	32
3.9 Pengukuran menggunakan PlayUDPtest2019 .....	32
4 Analisa dan Pembahasan .....	36
4.1 Analisa Pengukuran Halte ITS .....	37
4.2 Analisa pengukuran di manyar sebrangan .....	38
4.3 Analisa pengukuran Halte SMAN 4 surabaya .....	39
4.4 Analisa pengukuran di Jl Sono Kembang.....	40
4.5 Analisa pengukuran halte Santa Maria .....	41
4.6 Analisa pengukuran Jl kutai.....	42
4.7 Analisa pengukuran Jl Makam Pahlawan .....	43
4.8 Analisa pengukuran Halte Unesa.....	44
4.9 Analisis perbandingan pengukuran delay per Provider .....	45
4.10 Analisis <i>Packet loss</i> pada 2 provider .....	47
4.11 Hasil Pengujian dengan ShareGPS .....	46
4.12 Hasil Pengujian UDP via Wireshark .....	48
5 Penutup.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
Daftar Pustaka .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rencana Jalur Tram dan Monorel di Surabaya.....	7
Gambar 2.2 Model 7 Layer OSI.....	8
Gambar 2.3 Perbedaan UDP model dengan OSI 7 layer model.....	10
Gambar 2.4 Arsitektu 4G LTE.....	14
Gambar 2.5 Coverage 4G di Surabaya.....	20
Gambar 2.6 Tower di Surabaya.....	21
Gambar 3.1 Rute Bus Suroboyo.....	25
Gambar 3.2 Alur pengukuran delay.....	27
Gambar 3.3 <i>Connecting setting</i> pada ShareGPS.....	28
Gambar 3.4 Setting UDP pada ShareGPS.....	29
Gambar 3.5 GPS status pada ShareGPS.....	30
Gambar 3.6 Tampilan wireshark.....	31
Gambar 3.7 Tampilan aplikasi PlayUDPtest2019.....	31
Gambar 3.8 Contoh hasil pengukuran aplikasi PlayUDPtest2019.....	32
Gambar 3.9 Setting destination UDP server dan formgps.....	33
Gambar 4.1 Grafik CDF di Halte ITS.....	37
Gambar 4.2 Grafik CDF di JL manyar sebrangan.....	38
Gambar 4.3 Grafik CDF pada SMAN 4 surabaya.....	39
Gambar 4.4 Grafik CDF pada Jl Sono Kembang.....	40
Gambar 4.5 Grafik CDF pada Halte Santa Maria.....	41
Gambar 4.6 Grafik CDF pada Jl kutai.....	42
Gambar 4.7 Grafik CDF Jl Makam Pahlawan.....	43
Gambar 4.8 Grafik CDF Halte UNESA.....	44
Gambar 4.9 Grafik CDF seluruh lokasi.....	45
Gambar 4.10 Pengujian dengan ShareGPS.....	46
Gambar 4.11 Hasil pengiriman data dengan UDP.....	47

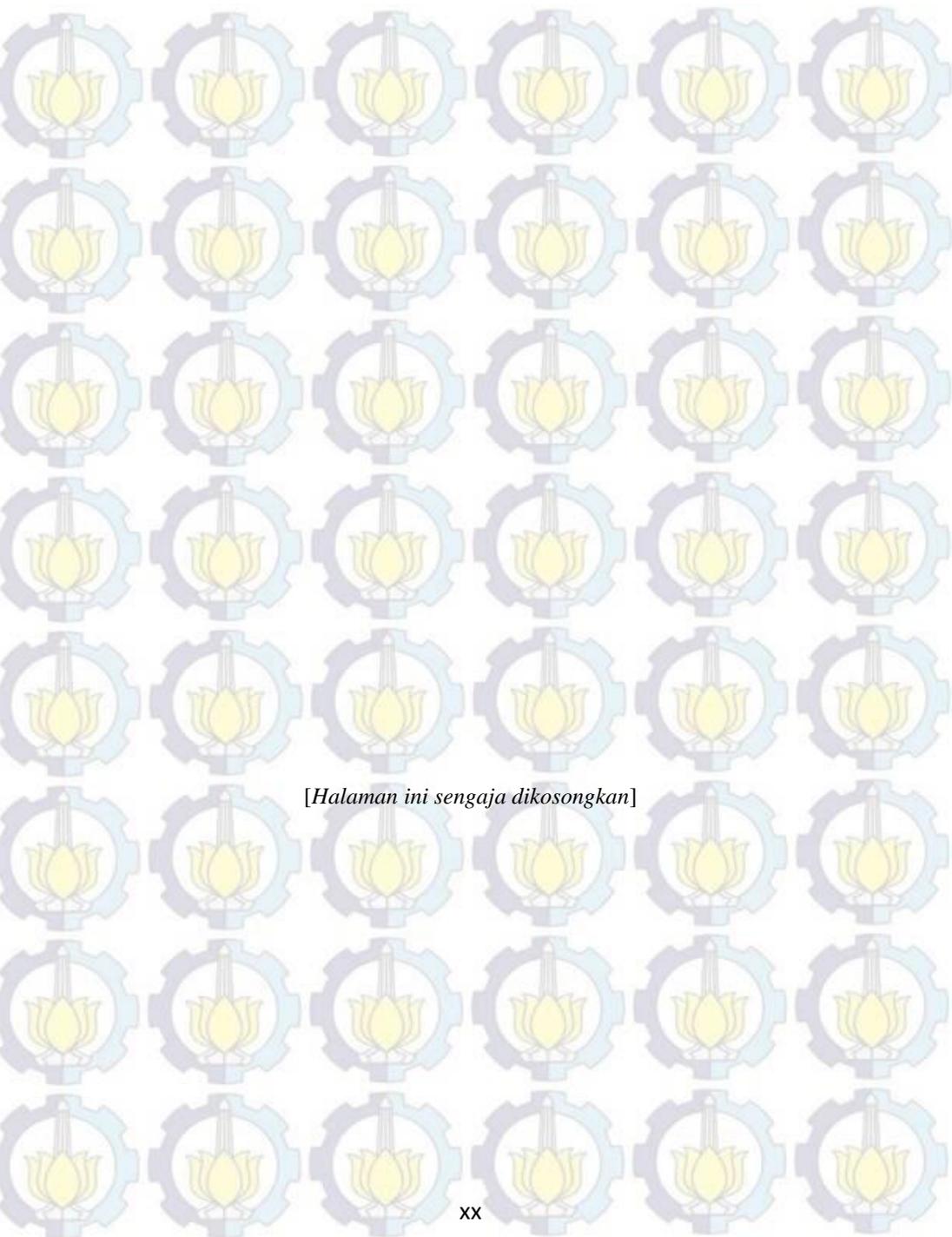


*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Lapisan beserta fungsi 7 layar OSI.....	8
<b>Tabel 2.2</b> Perbedaan antara TCP dengan UDP .....	9
<b>Tabel 2.3</b> Standar Nilai delay dari kecepatan mendapat jawaban menurut SLAC .....	18
<b>Tabel 4.1</b> Standar nilai delay .....	36
<b>Tabel 4.2</b> Tabel Nilai CDF untuk Halte ITS.....	37
<b>Tabel 4.3</b> Tabel Nilai CDF untuk manyar sebrangan .....	39
<b>Tabel 4.4</b> Tabel Nilai CDF untuk SMAN4 surabaya.....	40
<b>Tabel 4.5</b> Tabel Nilai CDF untuk JI Sono Kembang .....	41
<b>Tabel 4.6</b> Tabel Nilai CDF untuk Halte Santa Maria .....	42
<b>Tabel 4.7</b> Tabel Nilai CDF untuk JI Kutai .....	43
<b>Tabel 4.8</b> Tabel Nilai CDF untuk JI Makam Pahlawan .....	44
<b>Tabel 4.9</b> Tabel Nilai CDF untuk Halte UNESA .....	45
<b>Tabel 4.10</b> Perbandingan pengukuran delay tiap provider .....	46



*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi jaringan komputer sekarang ini semakin pesat seiring dengan kebutuhan masyarakat akan layanan yang memanfaatkan jaringan komputer. Dalam jaringan komputer banyak hal yang harus dipelajari agar sebuah komputer dapat terhubung dengan komputer lain secara benar. Pada pembahasan kali ini difokuskan pada transport layer yang ada pada jaringan komputer. Pada sistem jaringan komputer, *Transport Layer* menyediakan layanan *end-to-end* komunikasi untuk aplikasi dalam arsitektur berlapis komponen jaringan dan protokol. Lapisan transport menyediakan layanan yang nyaman seperti dukungan arus data connection-oriented, keandalan, kontrol aliran, dan multiplexing. Protokol transport yang paling terkenal adalah salah satunya UDP. Protocol UDP bekerja mirip dengan TCP akan tetapi UDP membuang bagian *error-checking* dan mengenalkan *latency*, sesuatu yang membuat koneksi menjadi lambat.

Ketika aplikasi menggunakan UDP, paket hanya dikirimkan ke penerima. Pengirim tidak perlu menunggu penerima menerima paket, UDP tetap berlanjut mengirimkan paket selanjutnya. Bila penerima tidak menangkap beberapa paket UDP, paket itu akan hilang. Pengirim tidak akan mengirim paketnya lagi. Kehilangan proses ini membuat perangkat dapat berkomunikasi lebih cepat

UDP digunakan jika kecepatan menjadi hal utama dan error correction merupakan hal yang tidak diperlukan. Contohnya, UDP sering digunakan dalam *live broadcasting*, DNS (Domain Name System), SNMP (Simple Network Management Protocol), Remote Procedure Call (RPC), Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) dan game online

Indonesia adalah negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau, jadi setiap operator seluler yang mencoba menyediakan layanan 4G memiliki banyak lahan untuk ekspansi. Provider di Indonesia telah melakukan pekerjaan yang mumuaskan dalam memberikan layanan. Meskipun tidak semua pulau sudah terjangkau akan tetapi . Pengguna 4G semakin lama berkembang di Indonesia, dapat diliat di gambar 1 penetrasi subscriber yang berkembang dari taun 2015 ke 2018 menunjukkan subscriber 4G di Indonesia semakin bertambah.

Terlebih di Kota Surabaya akan menerapkan *Intelligent Transport System* (ITS), yaitu sistem transportasi yang cerdas, di mana komunikasi data menjadi poin utama karena ITS berbasis pada internet. Sehingga keterlambatan transmisi data harus ditekan seminim mungkin agar kontinuitas pengiriman data tetap terjaga dengan baik. Dibutuhkan provider yang konsisten dalam melayani pengiriman data, misalnya aplikasi untuk mengetahui lokasi kendaraan, dengan mengirim informasi titik latitude dan longitude dari gps di kendaraan ke server.

Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menganalisis kinerja UDP pada jaringan nirkabel bergerak 4G, dalam hal ini delay. Sehingga dapat mendukung serta menjadi pertimbangan sistem komunikasi nirkabel bergerak pada penerapan *Intelligent Transport System* (ITS) di Surabaya.

## 1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

- a) Keterbatasan sistem komunikasi untuk transportasi bergerak seperti bis
- b) Realibilitas provider untuk digunakan sebagai pertimbangan sistem komunikasi untuk penerapan *Intelligent Transport System*

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Studi kasus di Kota Surabaya
2. Pengukuran dilakukan di kendaraan bergerak, yaitu bus
3. Pengukuran dilakukan pada bus dengan 2 *provider*.
4. Parameter yang digunakan adalah *delay dan packet loss*

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mendukung penerapan system komunikasi bergerak melalui *Intelligent Transport System* di Surabaya dan penyediaan layanan komunikasi

## 1.5 Metodologi

Metodologi yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah :

1. Persiapan awal

Mempelajari teori-teori yang dibutuhkan melalui berbagai referensi baik buku maupun jurnal yang terkait, setelah dilakukan tahap:

- a) Menentukan rute pengukuran diambil dari bus
  - b) Mempersiapkan perangkat lunak dan perangkat keras yang dibutuhkan dalam proses pengukuran. Lalu menentukan macam-macam *provider* yang digunakan.
2. Pengukuran  
Pengukuran yang dilakukan adalah delay. Pengukuran dilakukan di kendaraan bergerak, yaitu bus. Menganalisis hasil pengukuran delay terhadap penerapan aplikasi ITS.
3. Analisa hasil pengukuran  
Menganalisa hasil pengukuran berupa delay yang diperoleh. Hasil ditampilkan dalam bentuk grafik.
4. Kesimpulan  
Melalui metode pengukuran dan dasar teori yang digunakan serta menganalisa hasil pengukuran yang dilakukan sehingga dapat ditarik kesimpulan sehingga dapat dipergunakan sebagai rekomendasi.

## **1.6 Sistematika Pembahasan Sistematika Laporan**

Laporan penelitian Tugas Akhir ini disusun secara sistematis dibagi dalam beberapa bab, dengan perincian sebagai berikut:

### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini berisikan penjelasan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika laporan.

### **Bab II Tinjauan Pustaka**

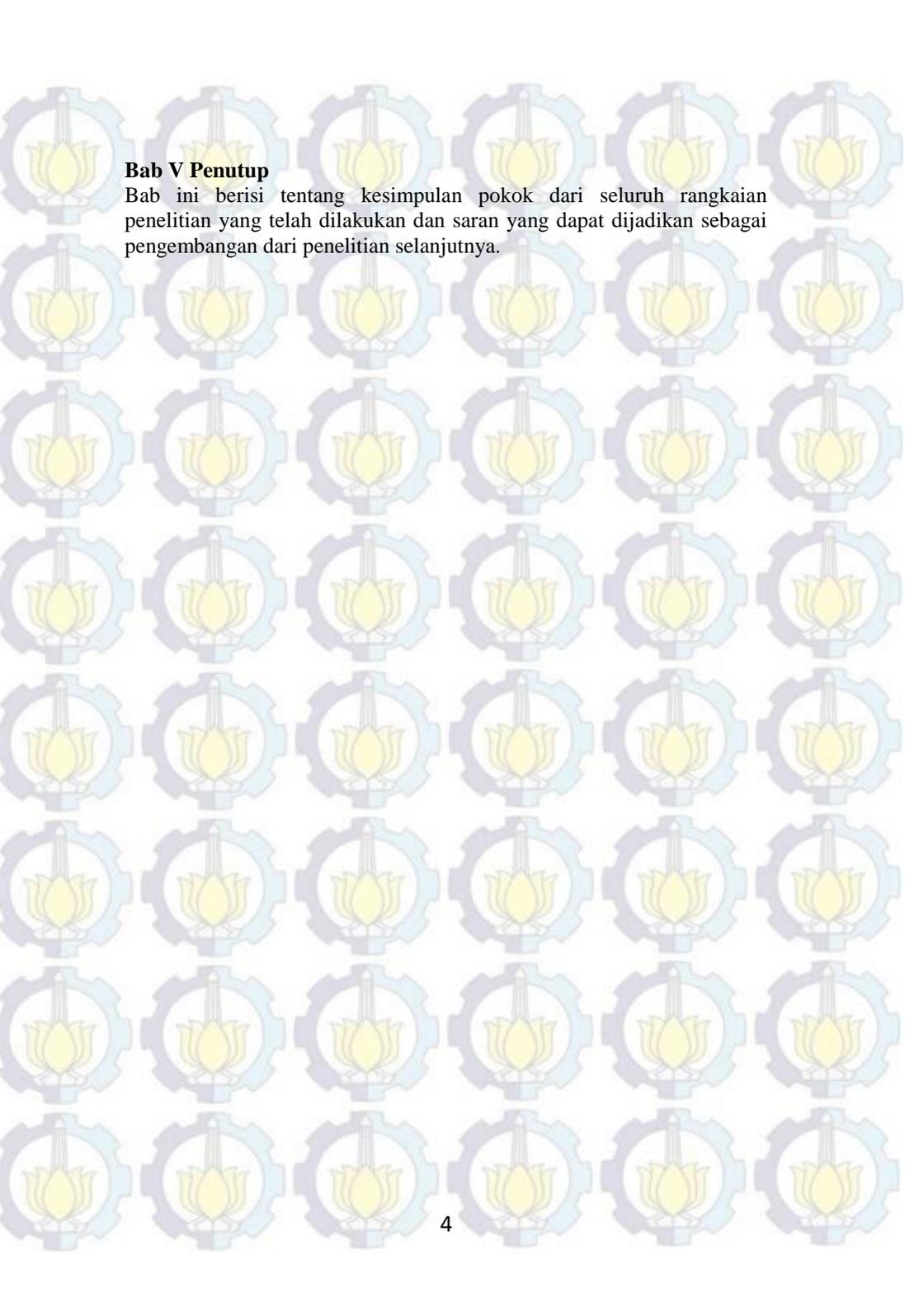
Dalam bab ini membahas secara singkat dan jelas teori-teori yang terkait dalam penulisan Tugas Akhir.

### **Bab III Metodologi**

Dalam bab ini membahas metode pengukuran dan menulis proses simulasi termasuk topologi jaringan

### **Bab IV Analisis dan Pembahasan**

Dalam bab ini membahas tentang analisis hasil kinerja UDP untuk jaringan nirkabel 4G.



## **Bab V Penutup**

Bab ini berisi tentang kesimpulan pokok dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat dijadikan sebagai pengembangan dari penelitian selanjutnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan konsep dan teori yang menjadi landasan pembuatan Tugas Akhir. Dasar teori yang dimaksud meliputi konsep *Intelligent Transport System*, UDP protokol yang digunakan dalam pengukuran *delay*, pengukuran menggunakan jaringan 4G.

### 2.1 *Intelligent Transport System (ITS)*

*Intelligent Transport System (ITS)* adalah sistem transportasi pintar yang menggunakan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) meliputi teknologi, analisa sistem, analisa kebutuhan, manajemen transportasi daerah dan infrastruktur [5]. ITS berguna untuk tercipta sistem transportasi yang lebih aman, nyaman dan mudah digunakan. Selain itu ITS memiliki kemampuan sebagai berikut :

- a) Kemampuan untuk mengetahui ada tidaknya kendaraan yang lalu lalang di jalan raya, dengan adanya teknologi GPS (*Global Positioning Systems*).
- b) Kemampuan untuk melakukan komunikasi antar komputer melalui jaringan internet.
- c) Kemampuan untuk menyajikan data yang telah diolah menjadi informasi yang bermanfaat ke sistem

Tujuannya untuk pengelolaan transportasi yang baik, berbasis komputer dan internet. *Intelligent Transport System (ITS)* menurut fungsinya dapat dikelompokkan ke dalam enam buah bidang yang berbeda, yaitu :

- a) *Advanced Traffic Management Systems (ATMS)* : proses manajemen trafik di jalan raya, khususnya dalam hal kemacetan.
- b) *Advanced Traveler Systems (ATIS)* : menyajikan data terkait dengan paket perjalanan menggunakan alat transportasi.
- c) *Advanced Vehicle Control Systems (AVCS)* : sistem kendali pada alat transportasi.
- d) *Commercial Vehicle Operations (CVO)* : peningkatan produktifitas armada kendaraan dalam jumlah besar.
- e) *Advanced Public Transportation Systems (APTS)* : memberi informasi ke pengguna berkaitan dengan teknologi yang digunakan.

- f) *Advanced Rural Transportation System* (ARTS) : implementasi pada daerah desa (rural).

Konsep *Intelligent Transport System* (ITS) mulai diterapkan di Indonesia, terlebih di Surabaya. Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat drastis, membuat tingginya angka kemacetan dan kecelakaan. Sehingga dibutuhkan konsep ITS dalam memanfaatkan teknologi Komunikasi Informasi dalam mendukung manajemen transportasi di Surabaya. Terdapat 3 macam prioritas layanan ITS di Surabaya, yaitu :

- a) Layanan Manajemen Lalu-Lintas (*Traffic Management System*): meliputi kendali real-time, informasi lalu lintas, pengawasan visual, pengawasan dan kendali lintasan manual dan interkoneksi Dishub – polisi lalu lintas.
- b) Manajemen Informasi Traffic : pengolahan data *traffic* meliputi informasi lalu lintas, informasi traffic, informasi rute alternatif, SMS server, informasi parkir umum dan kondisi lalu lintas jalan.

Pemanfaatan ITS pada transportasi massal : menyajikan informasi angkutan massal dan manajemen kendaraan umum. Penerapan ITS sudah dilakukan untuk alat pengendali isyarat lalu lintas, dengan sistem Adaptive Traffic Control System (ATCS). Sistem ini dapat mengatur waktu nyala lampu lalu lintas secara real-time, berdasarkan kondisi kepadatan kendaraan saat itu. Pada Gambar 2.1 disajikan bahwa Angkutan Massal Cepat (AMC) juga akan diterapkan di Kota Surabaya. Pada AMC Surabaya ini, ada beberapa moda transportasi yang digunakan seperti angkot, bus, tram dan monorail. Untuk tram menghubungkan jalur Surabaya utara sampai Surabaya selatan (JMP – Joyoboyo) dengan jarak  $\pm 16,7$  km. Daerah yang dilewati oleh tram yaitu Sonokembang, Bambu Runcing, Gub. Suryo, Tunjungan, Genteng, Siola, Baliwerti, Tugu Pahlawan, Veteran, Jembatan merah, Rajawali, Indrapura, Kemayoran, Psar Turi, Bubutan, Pasar Blauran, Kedungdoro, Embong Malang, Tegalsari, Kombepol M Duryat, Panglima Sudirman, Pandegiling, Bintoro, Taman Bungkul, Bonbin dan Joyoboyo. Sedangkan untuk monorail menghubungkan Surabaya timur sampai Surabaya barat (Lidah Kulon – Kejawan) dengan jarak lebih jauh  $\pm 23$  km [5]. Daerah yang dilewati oleh monorail yaitu Kejawan, Mulyosari, ITS, Gor Kertajaya, Dharmahasada Indah Timur, RS DR Sutomo, Stasiun Gubeng, Jl Raya Gubeng, Irian Barat, Bung Tomo, Ngagel, Wonokromo, Joyoboyo, Adityawrman, Pakis, Dukuh Kupang, Bundaran satelit, HR Muhammad, Simpan Darmo Permai, Lontar, Unesa, Lidah Kulon Gambar 2.1 Angkutan Massal Cepat Trem dan

Monorail di Surabaya[5] Untuk aplikasi lain yaitu mengetahui posisi kendaraan dalam hal ini angkutan cepat masal, yang dilengkapi dengan GPS pada OBU kendaraan. Client akan mengirim longitute dan latitude ke server. Sehingga server dapat memberi pesan kondisi kendaraan yang lain, agar tidak terjadi penumpukan kendaraan. Untuk batas minimal delay yang dapat ditoleransi yaitu ketika delay 5 s untuk kendaraan bergerak [6].

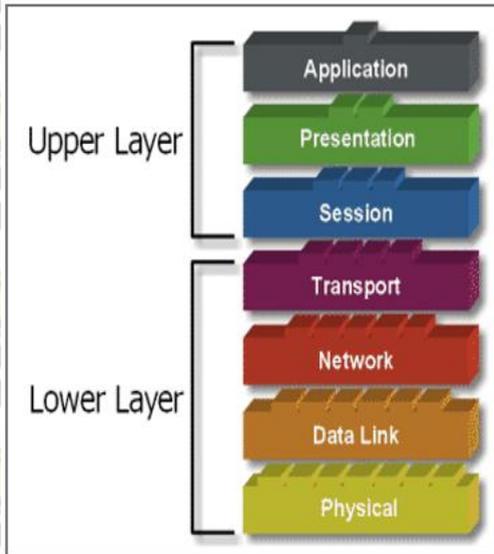


**Gambar 2.1** Rencana Jalur Tram dan Monorel di Surabaya

## 2.2 Model OSI

Open System Interconnection (OSI) dikembangkan oleh International Organization for Standardization (ISO), yaitu sebuah badan multinasional yang melahirkan banyak standar-standar internasional. Sedangkan OSI sendiri merupakan himpunan protokol yang memungkinkan terhubungnya dua sistem yang berbeda berasal dari underlying architecture yang berbeda pula[6]. Tujuan OSI adalah untuk menentukan suatu rangkaian lapisan dan layanan-layanan yang ditampilkan oleh setiap lapisan. Prinsip pada 7 lapisan OSI yaitu setiap lapisan harus mempunyai fungsi-fungsi tertentu, fungsi setiap lapisan sesuai dengan ketentuan standar protokol internasional. Pada model OSI, fungsi protokol dibagi ke dalam tujuh lapisan dan masing-masing lapisan mempunyai fungsi tertentu. Tujuh lapisan itu yaitu : Physical Layer (Lapisan 1), Data link Layer (Lapisan 2), Network Layer

(Lapisan 3), Transport Layer (Lapisan 4), Session Layer (Lapisan 5), Presentation Layer (Lapisan 6) dan Application Layer (Lapisan 7).



**Gambar 2.2** Model 7 Layer OSI

**Tabel 2.1** Lapisan beserta fungsi 7 layer OSI

No	Nama Lapisan	Fungsi	Unit Data	Protokol
1	Lapisan Fisik	Mengatur proses data menjadi bit dan mentransfer melalui media fisik, misalnya kabel.	Bit	EIA-232-F
2	Lapisan Datalink	Pengaturan aliran data, koreksi kesalahan dan pengalamatan perangkat keras (MAC Address)	Frame	PPP, SLIP, HDLC
3	Lapisan Network	Pengalamatan jaringan (IP), menentukan rute terbaik, membuat paket header	Paket	IP, ICMP

4	Lapisan Transportasi	Transfer data, mengurutkan paket, Segmentasi, flow control	Segmen	TCP/UDP
5	Lapisan Session	Sinkronisasi pertukaran data, memelihara dan mengakhiri koneksi	Data	PAP, SPDU
6	Lapisan Presentasi	Mengatasi perbedaan format data, kompresi dan enkripsi data	Data	TELNET, SMTP
7	Lapisan Aplikasi	Antarmuka aplikasi dengan jaringan, pengaksesan jaringan.	Data	HTTP, FTP, DNS

### 2.3 Model UDP

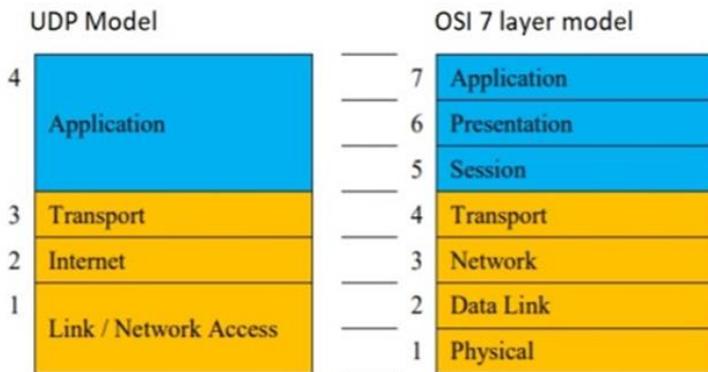
UDP merupakan jenis transfer data yang lain dari TCP. UDP mempunyai karakteristik connectionless (tidak berbasis koneksi). Dengan kata lain, data yang dikirimkan dalam bentuk packet tidak harus melakukan call setup seperti pada TCP. Selain itu, data dalam protokol UDP akan dikirimkan sebagai datagram tanpa adanya nomor identifier. Sehingga sangat besar sekali kemungkinan data sampai tidak berurutan dan sangat mungkin hilang/rusak dalam perjalanan

**Tabel 2.2** Perbedaan antara TCP dengan UDP

TCP	UDP
Reliable	Unreliable
Connection oriented	Connectionless
Segment retransmission	No windows or retransmission
Segment sequence acknowledgment	No sequencing No acknowledgment

#### 2.3.1 Lapisan pada Model UDP

Pada model UDP terdapat empat lapisan yang memiliki fungsionalitas masing-masing, yaitu : *Physical Layer, Network Access, Internet Layer, Transport Layer, Application Layer*



**Gambar 2.3** Perbedaan UDP model dengan OSI 7 layer model

### 2.3.1.1 Network Access Layer

Network Access Layer merupakan lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai media transmisi jaringan, bertanggung jawab untuk mengirim dan menerima data dari media fisik. Selain itu pengaturan aliran data, koreksi kesalahan dan pengalamatan perangkat keras (MAC Address) juga dilakukan pada lapisan ini.

Network Access dapat disetarakan dengan Physical Layer dan Data Link Layer pada pemodelan OSI. Pada lapisan ini unit data disebut frame, meliputi *frame header*, *frame data* dan *frame footer*[5][6]

UDP tidak memakai protokol PPP (Point to Point Protocol) seperti pada TCP/IP akan tetapi memakai non connection based yaitu paket data akan langsung dikirim ke tujuan

### 2.3.1.2 Internet Layer

Internet Layer terdapat di lapisan kedua yang mempunyai fungsi pengalamatan jaringan dan routing. Bertanggung jawab dalam proses mengirim ke alamat yang tepat. Pada lapisan ini terdapat IP header dan IP data. Internet Layer setara dengan Network Layer pada model OSI.

UDP merupakan protocol internet yang mengutamakan kecepatan data. Protocol ini biasanya digunakan untuk streaming video ataupun fasilitas real-time yang lain. Oleh karena itu pada UDP ini tidak memerlukan adanya setup koneksi terlebih dahulu karena hal tersebut dapat menyebabkan adanya tambahan delay. Selain itu, protocol ini termasuk dalam protocol yang sederhana, artinya antara penerima dan

pengirim tidak perlu menjaga session atau status koneksi, ukuran headernya juga sederhana. UDP ini juga tidak memerlukan congestion control (control kemacetan) pada koneksinya. UDP dapat mengirimkan per segment tanpa dipengaruhi oleh kesibukan jaringan.

karakteristik lebih lanjut dari Protokol UDP adalah Connectionless, maksudnya adalah tidak ada aktifitas handshaking antara UDP dan penerimanya saat akan dilakukan pengiriman data sehingga data tersebut dikirim melalui jaringan dan mencapai ke computer tujuan tanpa membuat suatu koneksi langsung. Hal tersebut beresiko karena data yang dikirim bisa hilang (Unreliable), maksudnya adalah pesan-pesan yang dikirim menggunakan protocol ini akan dikirim sebagai datagram tanpa adanya nomor urut atau pesan ACK (Acknowledgment). Hal tersebut menyebabkan pesan-pesan yang diterima di tujuan mungkin saja diterima dalam keadaan yang tidak urut sehingga protocol yang berjalan di atasnya (layer aplikasi) berpean penting dalam memulihkan pesan

### **2.3.1.3 Transport Layer**

Transport Layer terdapat dilapisan ketiga, berfungsi sebagai penyedia konektivitas dalam pengiriman data antara end to end host secara handal. Selain itu berfungsi juga sebagai segmentasi, yaitu memecah data ke dalam paket-paket data. Fungsi lain adalah mengurutkan paket, di mana paket akan diberikan nomor urut sehingga dapat disusun kembali pada penerima. Pada lapisan transport ini juga mengatur flow control, berkaitan dengan aliran data dimana mengatur agar pengirim tidak mengirimkan data dengan kecepatan melampaui kemampuan penerima dalam menerima data.

Transport Layer setara dengan lapisan transport pada model OSI. Protokol yang terdapat pada transport layer adalah UDP

#### **2.3.1.3.1 UDP (User Datagram Protokol)**

UDP (User Datagram Protokol) digunakan untuk aplikasi yang tidak menuntut keandalan yang tinggi. UDP bersifat *connectionless* tidak ada mekanisme pemeriksaan data dan *flow control*, sehingga UDP disebut juga *unreliable protocol*. Karena tidak proses pengurutan data yang dikirim. Kelebihan pada UDP lebih cepat dalam pengiriman data, karena tidak ada proses *acknowledgements*.

UDP (User Datagram Protokol) UDP (User Datagram Protokol) digunakan untuk aplikasi yang tidak menuntut keandalan yang tinggi. Contohnya adalah aplikasi lain yang sangat sensitif terhadap

delay seperti video conference. Aplikasi seperti ini dapat mentolerir sedikit kesalahan (gambar atau suara masih bisa dimengerti), namun akan tidak nyaman untuk dilihat jika terdapat delay yang cukup tinggi. Untuk beberapa hal yang menyangkut efisiensi dan penyederhanaan, beberapa aplikasi memilih menggunakan UDP sebagai protokol transport.

Protocol UDP bekerja mirip dengan TCP akan tetapi UDP membuang bagian *error-checking* dan mengenakan *latency*, sesuatu yang membuat koneksi menjadi lambat.

Ketika aplikasi menggunakan UDP, paket hanya dikirimkan ke penerima. Pengirim tidak perlu menunggu penerima menerima paket, UDP tetap berlanjut mengirimkan paket selanjutnya. Bila penerima tidak menangkap beberapa paket UDP, paket itu akan hilang. Pengirim tidak akan mengirim pakatnya lagi. Kehilangan proses ini membuat perangkat dapat berkomunikasi lebih cepat

UDP digunakan jika kecepatan menjadi hal utama dan error correction merupakan hal yang tidak diperlukan. Contohnya, UDP sering digunakan dalam *live broadcasting*, DNS (Domain Name System), SNMP (Simple Network Management Protocol), Remote Procedure Call (RPC), Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) dan game online

Pada saat melakukan tugasnya UDP mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut:

- a) UDP adalah Connectionless. Semua paket data dikirimkan tanpa adanya pengecekan hingga semua data sampai ke tujuan. Hal ini menyebabkan, jika ada informasi yang hilang akan diabaikan.
- b) UDP adalah Datagram Oriented. UDP berhubungan dengan datagram atau paket individu yang dikirim dari client ke server
- c) UDP menyediakan mekanisme untuk mengirim pesan-pesan ke sebuah protokol lapisan aplikasi atau proses tertentu di dalam sebuah host dalam jaringan yang menggunakan TCP/IP. Header UDP berisi field Source Process Identification dan Destination Process Identification.
- d) UDP menyediakan penghitungan checksum berukuran 16-bit terhadap keseluruhan pesan UDP.

#### **2.3.1.4 Application Layer**

*Application Layer* merupakan lapisan teratas dari model UDP. Berfungsi sebagai komunikasi data antar-aplikasi dan komputer.

Bertanggung jawab menyediakan servis terhadap perangkat lunak yang berjalan pada komputer. Pada *application layer* setara dengan *Session Layer* (Lapisan sesi), *Presentation Layer* (Lapisan presentasi) dan *Application Layer* (Lapisan aplikasi) pada model OSI.

Protokol yang bekerja pada *Application Layer* adalah Game, SNMP (*Simple Network Management Protocol*), DNS (*Domain Name System*), *Remote Procedur call*(RCP), *Lightweight Directory Access Protocol*(LDAP)

## 2.4 Arsitektur Jaringan 4G

Perkembangan teknologi selular sudah di mulai sejak pertengahan tahun 90 an dengan mengusung teknologi 1G (Generasi Pertama) dengan menggunakan teknologi AMPS (*Advance Mobile Phone System*). Dimana teknologi AMPS ini pertama kali dipergunakan oleh pihak militer di Amerika Serikat. Akhir tahun 90-an munculah teknologi 2G (Generasi Kedua). Perbedaan utama dari teknologi 1G dan 2G adalah 1G masih menggunakan sistem Analog sedangkan 2G sudah menggunakan sistem Digital.

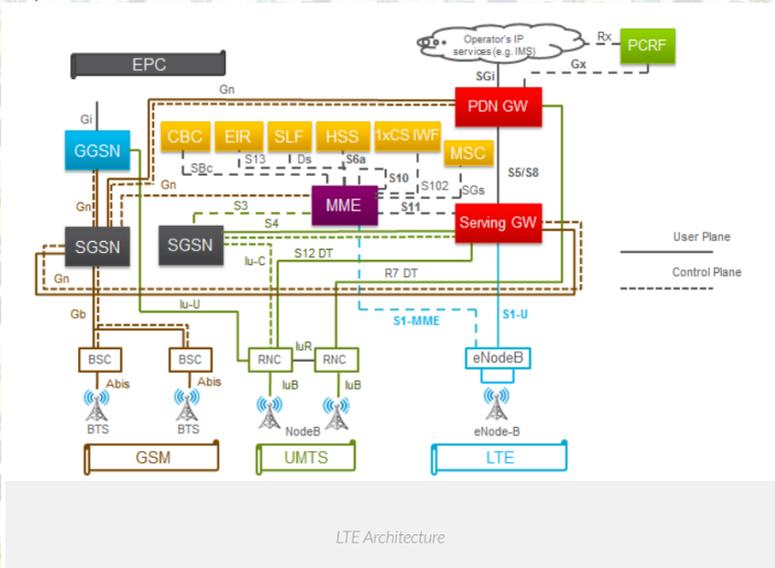
Pada generasi pertama 1G kecepatan yang dihasilkan masih rendah (low speed) dan baru ketika memasuki generasi kedua 2G dikenal GSM dan CDMA dengan dijadikannya sebagai standar komersial format digital. Dan pada akhirnya pada generasi ketiga atau 3G mulai dapat dilakukan transfer data dengan kecepatan tinggi (high speed) serta dapat digunakan untuk aplikasi multimedia.

Pada jaringan ini juga mulai dikenal W-CDMA atau yang biasa dikenal dengan UMTS dan EV-DO. Sebelum 4G terdapat HSDPA (*High Speed Downlink Packet Acces*) atau yang biasa disebut dengan 3.5G yang merupakan pengembangan dari W-CDMA. Sama halnya diantara generasi kedua dan ketiga juga terdapat 2.5G dengan teknologi berbasis data seperti GPRS dan EDGE.

Pada teknologi 4G terdapat suatu sistem yang komprehensif dimana para pengguna dapat saling melakukan transfer data berupa suara dan berbagai macam arus multimedia dengan lebih kecepatan lebih tinggi dibandingkan teknologi sebelumnya. Dengan mengkonversikan teknologi kabel dan nirkabel maka dapat diperoleh suatu teknologi dengan kecepatan jaringan mencapai 100Mb/detik atau bahkan 1Gb/detik berkualitas premium dan pastinya memiliki keamanan tinggi.

Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah SAE (System Architecture Evolution) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur

dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi EPS (Evolved Packet System). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (User Equipment), E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network), dan EPC (Evolved Packet Core).



**Gambar 2.4** Arsitektu 4G LTE

### 2.4.1 User Equipment

User equipment adalah perangkat dalam LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan user. Peruntukan UE pada LTE tidak berbeda dengan UE pada UMTS atau teknologi sebelumnya.

### 2.4.2 E-UTRAN

Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network atau E-UTRAN adalah sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan core. Berbeda dari teknologi sebelumnya yang memisahkan Node B dan RNC menjadi elemen tersendiri, pada sistem LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni Evolved Node B (eNode B) yang telah emnggabungkan fungsi keduanya. eNode B secara fisik adalah suatu base station yang terletak

dipermukaan bumi (BTS Greenfield) atau ditempatkan diatas gedung-gedung (BTS roof top).

### **2.4.3 Evolved Packet Core (EPC)**

EPC adalah sebuah system yang baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler, sebuah system dimana pada bagian core network menggunakan all-IP. EPC menyediakan fungsionalitas core mobile yang pada generasi sebelumnya (2G, 3G) memiliki dua bagian yang terpisah yaitu Circuit switch (CS) untuk voice dan Packet Switch (PS) untuk data. EPC sangat penting untuk layanan pengiriman IP secara end to end pada LTE. Selain itu, berperan dalam memungkinkan pengenalan model bisnis baru, seperti konten dan penyedia aplikasi. EPC terdiri dari MME (Mobility Management Entity), SGW (Serving Gateway), HSS (Home Subscription Service), PCRF (Policy and Charging Rules Function), dan PDN-GW (Packet Data Network Gateway). Berikut penjelasan singkatnya:

1. **Mobility Management Entity (MME)**  
MME merupakan elemen control utama yang terdapat pada EPC. Biasanya pelayanan MME pada lokasi keamanan operator. Pengoperasiannya hanya pada control plane dan tidak meliputi data user plane. Fungsi utama MME pada arsitektur jaringan LTE adalah sebagai authentication dan security, mobility management, managing subscription profile dan service connectivity.
2. **Home Subscription Service (HSS)**  
HSS merupakan tempat penyimpanan data pelanggan untuk semua data permanen user. HSS juga menyimpan lokasi user pada level yang dikunjungi node pengontrol jaringan. Seperti MME, HSS adalah server database yang dipelihara secara terpusat pada premises home operator.
3. **Serving Gateway (S-GW)**  
Pada arsitektur jaringan LTE, level fungsi tertinggi S-GW adalah jembatan antara manajemen dan switching user plane. S-GW merupakan bagian dari infrastruktur jaringan sebagai pusat operasioanal dan maintenance. Peranan S-GW sangat sedikit pada fungsi pengontrolan. Hanya bertanggungjawab pada sumbernya sendiri dan mengalokasikannya berdasarkan permintaan MME, P-GW, atau PCRF, yang memerlukan setup, modifikasi atau penjelasan pada UE.
4. **Packet Data Network Gateway (PDN-GW)**

Sama halnya dengan SGW, PDN-GW adalah komponen penting pada LTE untuk melakukan terminasi dengan Packet Data Network (PDN). Adapun PDN GW mendukung policy enforcement feature, packet filtering, charging support pada LTE, trafik data dibawa oleh koneksi virtual yang disebut dengan service data flows (SDFs).

#### 5. Policy and Charging Rules Function (PCRF)

PCRF merupakan bagian dari arsitektur jaringan yang mengumpulkan informasi dari dan ke jaringan, sistem pendukung operasional, dan sumber lainnya seperti portal secara real time, yang mendukung pembentukan aturan dan kemudian secara otomatis membuat keputusan kebijakan untuk setiap pelanggan aktif di jaringan. Jaringan seperti ini mungkin menawarkan beberapa layanan, kualitas layanan (Quality of services), dan aturan pengisian. PCRF dapat menyediakan jaringan solusi wireline dan wireless dan juga dapat mengaktifkan pendekatan multidimensi yang membantu dalam menciptakan hal yang menguntungkan dan platform inovatif untuk operator. PCRF juga dapat diintegrasikan dengan platform yang berbeda seperti penagihan, rating, pengisian, dan basis pelanggan atau juga dapat digunakan sebagai entitas mandiri

### 2.5 QoS Quality of Service

(QoS) digunakan untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan (service) jaringan untuk mengetahui seberapa baik kualitas dari layanan tersebut. Dalam penelitian ini parameter QoS yang akan dianalisa adalah delay.

#### 2.5.1 Delay

Delay didefinisikan sebagai selisih waktu pengiriman sebuah paket saat dikirimkan ke server dengan waktu saat paket tersebut diterima kembali. 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-beda, queing delay yaitu waktu antrian paket sebelum dilewatkan pada saluran transmisi dan lainnya. Pada tugas akhir ini delay yang digunakan adalah two way transmission merupakan waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari tempat pengirim ke server kembali lagi ke tempat pengirim.

Terdapat beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi delay pada jaringan nirkabel bergerak antara lain :

a) Jaringan

Jaringan dengan trafik yang tinggi, apabila banyak pengguna jaringan yang melakukan koneksi ke server di dalam jaringan itu, sehingga lalu lintas paket data pada jaringan menjadi padat menyebabkan terjadi antrian dalam jaringan [6]. Hal ini dapat menimbulkan delay.

b) Mobilitas

Saat terjadi perpindahan lokasi dari satu titik ke titik lain akan menyebabkan handover. Waktu tunggu saat peralihan dari sel BTS satu ke sel BTS lain dapat menyebabkan delay.

c) Pengguna jaringan

Semakin banyak pengguna jaringan beban trafik pada jaringan akan semakin meningkat (overload traffict), hal ini dapat mengakibatkan penuhnya kapasitas jaringan sehingga menyebabkan antrian.

d) Waktu Pengukuran

Apabila dilakukan pengukuran pada jam-jam sibuk, pengguna jaringan semakin banyak. Ini menyebabkan trafik menjadi padat.

e) Dropped Packets

Router akan membuang paket (drop) jika terdapat paket yang rusak atau paket tersebut sampai pada saat buffer router penuh. Ini menyebabkan pengiriman ulang terhadap paket tersebut, ini dapat menyebabkan terjadinya delay pada aliran transmisi tersebut [11].

f) Error Paket

Error terkadang disebabkan oleh bit-error oleh gangguan sinyal gelombang radio (pada jaringan wireless). Apabila receiver menerima dan mendeteksi paket tersebut error, maka paket tersebut akan dibuang (drop) dan akan meminta transmiter untuk mengirim ulang paket tersebut.

Acuan delay yang digunakan pada tugas akhir ini merupakan standar dari SLAC (Stanford Linear Accelerator Center)[12]. SLAC adalah pusat penelitian Universitas Stanford yang dilakukan oleh Departemen Penelitian Energi Nasional. Penelitiannya berkaitan dengan telekomunikasi, salah satunya tentang kualitas kinerja jaringan (QoS), dalam hal ini delay. Pada Tabel 2.2 dipaparkan standar delay menurut SLAC.

**Tabel 2.3** Standar Nilai delay dari kecepatan mendapat jawaban menurut SLAC

Range Delay(S)	Penggolongan	Keterangan
0-0,4	High productivity interactive response	Baik sekali, sangat interaktif
0,4-2	Fully interactive regime	Baik, semua terlayani
2-12	Sporadically interactive regime	Sedang, hampir semua terlayani
>12	Break in contact regime	Buruk, pemutusan koneksi

### 2.5.2 Packet Loss

Packet Loss, merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena collision dan congestion pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah bandwidth cukup tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut. Umumnya perangkat jaringan memiliki buffer untuk menampung data yang diterima. Jika terjadi kongesti yang cukup lama, buffer akan penuh, dan data baru tidak akan diterima.

Pada tabel 2.4 dipaparkan standar paket loss yang digunakan pada tugas akhir ini

**Tabel 2.4** Standar paket loss

Kategori	Paket loss
Sangat bagus	0 %
Bagus	3 %
Sedang	15 %
Jelek	25 %

### 2.6 Distribusi Probabilitas

Sejumlah data memiliki pola distribusi atau sebaran probabilitas didalamnya. Pola distribusi ini dibagi menjadi dua macam fungsi yaitu : fungsi kerapatan probabilitas (pdf) dan fungsi distribusi

kumulatif (cdf)[13]. Analisis pengukuran delay dilakukan dengan metode pendekatan PDF dan CDF.

### 2.6.1 Fungsi Kerapatan Probabilitas (PDF)

Fungsi kerapatan probabilitas atau Probability Density Function (PDF) adalah nilai yang menunjukkan kemungkinan munculnya suatu nilai dalam suatu range kejadian[13]. PDF digunakan untuk mengetahui nilai probabilitas suatu sampel. Fungsi PDF dituliskan dalam bentuk persamaan 2.1.

$$f(x) = P(X = xi) \quad (2.1)$$

Fungsi kerapatan probabilitas mempunyai beberapa sifat, antara lain : g.  $0 \leq f(xi) \leq 1$ , karena nilai kemungkinan berada pada range 0 sampai dengan 1. Dimana saat 0 berarti tidak akan terjadi, sedangkan 1 berarti pasti terjadi. h. Jumlah fungsi dari seluruh kejadian itu adalah 1

### 2.6.2 Fungsi Distribusi Kumulatif (CDF)

Fungsi distribusi kumulatif atau Cummulative Distribution Function (CDF) menyatakan jumlahan dari seluruh nilai fungsi probabilitas yang lebih kecil atau sama dengan nilai yang ditetapkan[13]. CDF menjumlahkan tiap nilai PDF dari setiap range. Fungsi distribusi kumulatif dituliskan dalam bentuk persamaan

$$F(x) = Prob(X \leq x) = \sum_{\xi \leq x} p(\xi) \quad (2.2)$$

Jadi fungsi distribusi kumulatif  $F(x)$  adalah jumlah dari seluruh nilai probabilitas untuk nilai X sama atau kurang dari x.

## 2.7 Wireshark

Wireshark adalah alat analisa jaringan yang sebelumnya dikenal sebagai *Ethereal*, menangkap paket secara real time dan menampilkannya dalam format yang dapat dibaca manusia. Termasuk filter, kode warna, dan *inspect paket*

Wireshark merupakan salah satu dari software monitoring jaringan yang biasanya banyak digunakan oleh para administrator jaringan untuk mengcapture dan menganalisa kinerja jaringan. Salah satu alasan kenapa Wireshark banyak dipilih oleh seorang administrator adalah karena interface nya menggunakan *Graphical User Unit* (GUI) atau tampilan grafis. Bila anda adalah seorang admin, pasti software ini bisa sangat membantu. Dengan menggunakan software ini kita bisa mengcapture packet packet data yang berkeliaran pada jaringan yang sedang dimonitoring. Dengan kata lain admin bisa mengetahui apa saja informasi yang sedang di akses oleh para user dan bisa menganalisa nya.

Software Wireshark juga memungkinkan bagi seorang admin untuk memperoleh informasi penting dari user seperti password email atau account lain yang sedang diakses dengan menganalisa packet packet yang bisa kita tangkap dengan software ini.

Cara kerja wireshark terdiri dari dua tahapan yaitu pertama merekam semua paket yang melewati interface yang dipilih dan hasil rekaman tadi dapat dianalisa. disini kita dapat memfilter protocol apa yang kita inginkan seperti tcp, http, udp dan sebagainya. Wireshark juga dapat mencatat cookie, post dan request. Kegunaan wireshark diantaranya adalah

- a) Loopback jaringan, dalam wireshark dapat anda jumpai jumlah paket yang tidak wajar di karenakan loop jaringan misalnya tiba tiba ada ribuan paket dalam hitungan detik.
- b) Mendeteksi pake http yang bermasalah(biasanya tidak sampai ke server) dengan melihat paket yang berwarna hitam.
- c) Malware yang terus menerus mengirimkan data, dalam hal ini kita bisa melihat ip ip yang terasa asing, misalnya saat jam istirahat dan tidak ada yang mengakses komputer tapi ternyata di wireshark terlihat komputer tersebut sedang mengirimkan data ke alamat yang mencurigakan. Wireshark juga bisa melihat aktivitas seperti copy file yang sudah di Sharing oleh komputer lain, protocol yang dipakai paket datanya adalah SMB2
- d) Mendeteksi adanya dhcp server yang tidak di inginkan. padahal di kantor anda jaringannya di setting static namun ternyata ada dhcp server yang aktif. data broadcast dhcp server tersebut akan terlihat di Wireshark.
- e) Dapat mendeteksi adanya ARP poisoning dan ARP spoofing, yang artinya ada yang sedang mengacau table ARP (biasanya ada yang sedang menjalankan Man in The Middle Attack)

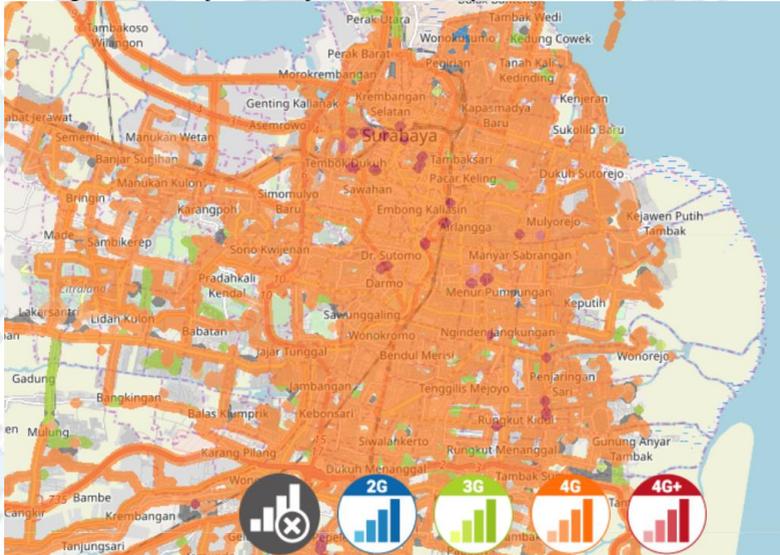
## **2.8 ShareGPS**

ShareGPS adalah aplikasi android yang digunakan untuk plotting area. ShareGPS dapat mencatat titik latitude dan longitude posisi bis saat pengukuran berlangsung. Selain itu aplikasi ini juga dapat mendeteksi jarak yang ditempuh oleh pengguna.

## **2.9 Coverage area jaringan 4G di Surabaya**

Coverage Area Jaringan 4G di Surabaya. Surabaya adalah salah satu kota dengan penduduk yang padat. Sebagian besar kota Surabaya sudah tercover oleh jaringan 4G. Pada Gambar 2.6. Daerah Surabaya

didominasi oleh kuat sinyal yang tinggi ditandai dengan warna merah. Sedangkan warna ijo menunjukkan kuat sinyal 3G.



**Gambar 2.5** Coverage 4G di Surabaya

Pada Gambar 2.7 diketahui bahwa banyak tower provider XL sebanyak 20 dan Provider Telkomsel sebanyak 60



**Gambar 2.6** Tower di Surabaya

## 2.10 Penyebab QoS yang Buruk

Terdapat beberapa faktor pengganggu dalam jaringan yang menyebabkan turunya nilai QoS, yaitu :

- a) Redaman, yaitu jatuhnya kuat sinyal karena penambahan jarak pada media transmisi. Setiap media transmisi memiliki redaman yang berbeda-beda, tergantung dari bahan yang digunakan. Untuk mengatasi hal ini, perlu digunakan repeater sebagai penguat sinyal. Pada daerah frekuensi tinggi biasanya mengalami redaman lebih tinggi dibandingkan pada daerah frekuensi rendah.
- b) Distorsi, yaitu fenomena yang disebabkan bervariasinya kecepatan propagasi karena perbedaan bandwidth. Untuk itu, dalam komunikasi dibutuhkan bandwidth transmisi yang memadai dalam mengakomodasi adanya spektrum sinyal. Dianjurkan digunakan pemakaian bandwidth yang seragam, sehingga distorsi dapat dikurangi.

## 2.11 Gangguan Pada Transmisi Data

Terdapat beberapa macam gangguan yang dapat menyebabkan gangguan pada transmisi data sehingga proses transmisi sehingga data yang diterima tidak sesuai dengan data yang dikirim. Berikut berbagai macam gangguan itu:

- a) Atenuasi atau yang biasa disebut dengan *roll off* adalah peristiwa dimana sinyal mengalami pelemahan selama melewati kabel atau kawat. Hal ini dikarenakan gelombang sinyal berubah bentuk selama mengalir melalui kawat. Atenuasi dapat dipengaruhi oleh fungsi dan panjang kabel. Apabila kabel terlalu jauh, maka sinyal dapat mengalami penurunan kualitas. Lemahnya sinyal ketika sampai stasiun penerima akan membuat sinyal sulit untuk diinterpretasikan dan dapat mengakibatkan kegagalan komunikasi. Selain diakibatkan oleh jauhnya jarak yang ditempuh, atenuasi juga dapat disebabkan oleh peningkatan frekuensi sinyal selama melewati saluran.
- b) Tundaan, Secara umum tundaan dapat diartikan sebagai keterlambatan datangnya sinyal sehingga memperlambat pemrosesan. Antara sinyal yang satu dengan yang lain dapat memiliki frekuensi yang berbeda. Dan masing-masing tidak dapat berjalan dengan kecepatan yang sama, sehingga sinyal juga akan tiba ke stasiun penerima pada waktu yang berlainan.

Apabila perbedaan frekuensi terlalu tajam, maka tundaan akan semakin besar, dan hal ini dapat menimbulkan kesalahan ketika proses transmisi data. Pada transmisi suara, tundaan mungkin tidak akan mengakibatkan kesalahan yang fatal, namun berbeda dengan transmisi data, tundaan dapat menyebabkan gangguan mekanik komunikasi

- c) Derau panas merupakan salah satu jenis *noise* yang tergolong dalam internal noise yaitu gangguan elektrik yang dihasilkan alat atau sirkuit dalam sistem komunikasi data. Sedangkan derau panas sendiri merupakan perpindahan elektron yang cepat dan acak dalam konduktor yang diakibatkan oleh digitasi thermal. Perpindahan elektron semacam ini pertama kali dikenal pada tahun 1927 oleh Johnson, dia membuktikan bahwa kekuatan derau panas berbanding lurus dengan *bandwith* dan temperatur absolut.
- d) Derau intermodulasi terjadi apabila dua sinyal yang memiliki frekuensi berbeda secara bersamaan menggunakan medium transmisi yang sama, sehingga akan dihasilkan sinyal-sinyal yang merupakan penjumlahan atau perkalian dari dua sinyal tersebut. Derau intermodulasi ini biasanya diakibatkan oleh gejala intermodulasi. Apabila kita melewatkan dua sinyal dengan frekuensi berbeda melalui perangkat non-linear, maka akan dihasilkan frekuensi-frekuensi spurious yang berasal dari frekuensi harmonisa sinyal. Frekuensi spurious dapat terletak di dalam atau di luar pita frekuensi kerja.
- e) *Crosstalk* umumnya disebabkan oleh kopel elektrik antara kabel-kabel yang diletakkan berdekatan, misalnya antara *twisted pair*/kabel coaxial yang dapat membawa multiple sinyal. Ada beberapa hal yang dapat membuat *crosstalk* semakin jelas, yaitu apabila jarak semakin jauh, sinyal semakin besar, atau karena frekuensi semakin tinggi.
- f) Derau impuls merupakan gangguan yang berupa pulsa-pulsa tak beraturan, terputusnya bunyi dengan durasi yang pendek, dan amplitudo yang relatif tinggi. Untuk transmisi suara, *impuls noise* tidak akan memberikan pengaruh yang besar, sehingga dalam komunikasi suar *impuls noise* tidak terlalu diperhatikan. Namun, gangguan ini akan mengakibatkan cacat sinyal sehingga informasi yang diterima akan berbeda dengan informasi yang dikirim. Ada beberapa cara untuk menanggulangi adanya derau impuls, yaitu menjauhkan media



transmisi dari medan listrik, menaikkan SNR, atau penggunaan kabel yang terisolasi.

- g) *Fading* merupakan salah satu gangguan transmisi dalam komunikasi yang dapat dirasakan oleh penerima akibat adanya fluktuasi level daya sinyal. Secara umum, *Fading* terjadi karena penyimpangan atenuasi, dimana sinyal mengalami carrier termodulasi telekomunikasi terhadap suatu media propagasi.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Pada Bab ini dijelaskan metode pengukuran delay dan paket loss. Meliputi gambaran awal berisi deskripsi pengukuran delay, arsitektur pengukuran delay, alur pengukuran delay, kebutuhan perangkat penunjang yang dibutuhkan, penentuan rute, alur aplikasi pengukuran delay beserta algoritmanya, instalasi dan konfigurasi perangkat.

#### **3.1 Alur pengukuran**

Pengukuran kinerja UDP pada jaringan nirkabel bergerak 4G di Surabaya. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui besar delay pada jaringan 4G bergerak. Jaringan 4G dipilih karena coveragenya udah mulai luas dan penggunaannya semakin naik tiap tahunnya. Pengukuran delay dilakukan secara dinamis, di mana pengukuran tidak diam di satu tempat, tetapi bergerak dari satu titik ke titik lain. Ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik delay pada kendaraan bergerak. Sarana yang digunakan adalah bus, karena padat jalurnya sehingga bisa diketahui karakteristik delay. Selain itu pengukuran delay dilakukan sebagai pertimbangan sistem komunikasi wireless yang akan diterapkan pada ITS di Surabaya. Penerapan ITS pada Angkutan Massal Cepat (AMC) khususnya tram dan monorail, salah satu contoh aplikasinya yaitu untuk mengetahui posisi kendaraan yang bergerak dengan memanfaatkan GPS yang terdapat pada OBU. Kendaraan akan mengirim longitude dan latitude, sehingga server mengetahui posisi kendaraan. Pemanfaatan yang lain yaitu ketika server ingin mengirim pesan ke OBU, di mana pesannya mengenai perintah untuk mempercepat atau memperlambat kendaraan agar tidak terjadi penumpukan pelanggan. Hasil analisis dibandingkan dengan dasar teori, sehingga dapat ditarik kesimpulan dan dijadikan sebagai pertimbangan sistem komunikasi wireless pada ITS.

#### **3.2 Pemodelan Sistem**

Pengukuran menggunakan 1 buah laptop yang dikoneksikan dengan mobile phone melalui teathering. Kemudian laptop akan mengirim data ke server, kemudian server akan memberi balasan ke laptop kembali. Sehingga didapat delay yang dimaksud. Setiap interval 5

detik laptop akan mengirim data, waktu sudah dibuat otomatis pada aplikasi pengukurannya.

### **3.3 Kebutuhan Perangkat Penunjang**

Sebelum melakukan pengukuran, dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai penunjang. Perangkat-perangkat ini merupakan bagian penting dari pengukuran, sehingga dapat diperoleh data yang nantinya akan dianalisis.

#### **3.3.1 Kebutuhan Perangkat Lunak**

Perangkat lunak yang dimaksudkan adalah perangkat lunak yang digunakan dalam pengukuran yaitu :

a. Aplikasi PNetDlyTestV2016

Aplikasi untuk pengukuran delay, dapat mencatat waktu ketika data dikirim dan saat data diterima. Selain itu dapat mencatat error saat pengukuran.

b. Wireshark

Digunakan untuk mengetahui proses transmisi data dari user ke server.

c. ShareGPS

Digunakan untuk mencatat longitude (garis bujur) dan langitude (garis lintang).

#### **3.3.2 Kebutuhan Perangkat Keras**

Spesifikasi pada perangkat keras berpengaruh terhadap efisiensi waktu dan stabilitas pengukuran. Berikut ini perangkat keras yang digunakan sebagai berikut :

a. Laptop dengan spesifikasi :

1) Processor : Intel®Core™ i5-8250U

2) Speed : 1.8 GHz

3) Memori : RAM 8GB

4) Storage : HDD dan SSD (Solid State Drive).

5) Graphics : VGA Nvidia GeForce MX150

6) Layar : 14 inch 1366×768

7) Interkoneksi : USB 2.0, port HDMI, Inter®Wireless bluetooth®

b. Mobilephone

Telepon genggam yang digunakan sebanyak dua buah, dengan spesifikasi minimum yaitu :

1) Konektivitas WLAN : wifi, hotspot, 4G

2) GPS

### 3.4 Penentuan Rute

Pengukuran dilakukan di bus suroboyo rute barat-timur dengan menggunakan bus R3. Bus berangkat dari Bunderan ITS dan pemberhentian akhir di UNESA. Terdapat 6 bus yang berangkat setiap harinya dengan jeda waktu tiap satu jam setiap bus. Seperti yang terlihat pada gambar 3.1 untuk rute R3 perjalanan dimulai dari Koni 2, Klampis, Gramedia, Manyar Sebrangan, Kertajaya 2, Lapangan Hockey, SMAN 4, Pemuda, Panglima Sudirman, Sono Kembang, Urip Sumaharjo, Santa Maria, Kutai, KPU, Darmo Park, Makam Pahlawan, Putat Gede, Pradah Kali, Patung Kuda, Jono Sewojo, Graha Family dan berakhir ke UNESA.

### 3.5 Pengukuran Delay pada UDP

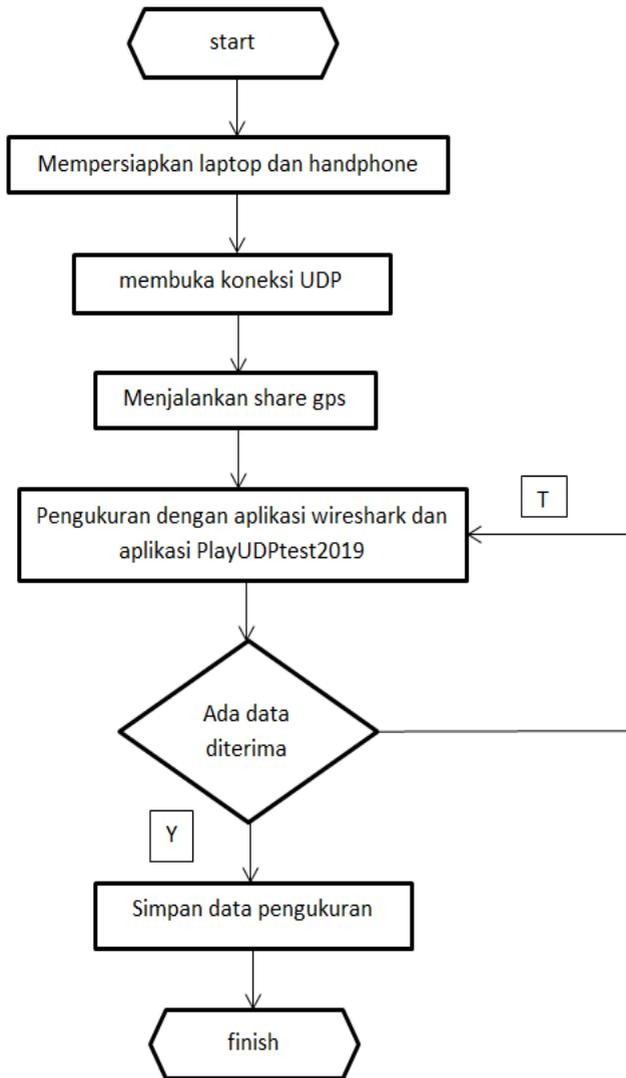
Pengukuran delay dimulai dengan mempersiapkan perangkat lunak dan perangkat keras yang dibutuhkan. Menghubungkan perangkat keras berupa telepon genggam ke laptop. Menjalankan ShareGPS untuk mencatat lokasi bujur dan lintang selama pengukuran. Memulai pengukuran dengan menjalankan aplikasi PlayUDPTTest2019. Apabila terdapat error atau kegagalan dalam pengiriman data, maka pengukuran tetap berlanjut dikarenakan UDP bersifat connectionless UDP sehingga semua paket data dikirimkan tanpa adanya pengecekan hingga semua data sampai ke tujuan. Bila ada informasi yang hilang maka akan diabaikan. Flowchart pengukuran delay dapat dilihat pada gambar 3.2

Protocol UDP bekerja mirip dengan TCP akan tetapi UDP membuang bagian *error-checking*. Ketika aplikasi menggunakan UDP, paket hanya dikirimkan ke penerima. Pengirim tidak perlu menunggu penerima menerima paket, UDP tetap berlanjut mengirimkan paket selanjutnya. Bila penerima tidak menangkap beberapa paket UDP, paket itu akan hilang. Pengirim tidak akan mengirim paketnya lagi. Kehilangan proses ini membuat perangkat dapat berkomunikasi lebih cepat

Pengukuran dilakukan di dalam bus Suroboyo R3 dengan pemberangkatan dari ITS dengan tujuan UNESA. Pengukuran dibagi ke dalam 8 lokasi yang berada dalam rute ITS-UNESA. Pengukuran dilakukan pada jam trafik sibuk yaitu pukul 11.00 sampai dengan 14.00 WIB. Data yang masuk dalam bentuk format log yang nantinya akan diolah menjadi grafik CDF menggunakan excel.



Gambar 3.1 Rute Bus Suroboyo



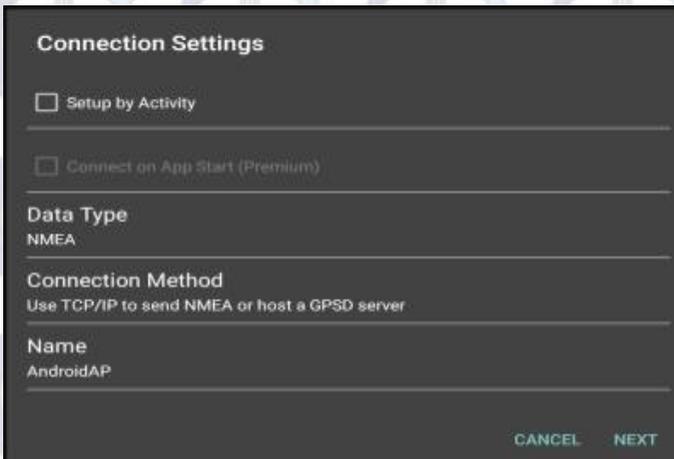
**Gambar 3.2** Alur pengukuran delay

### 3.6 Algoritma Software Pengukuran

- a) Sinkronisasi clock komputer dengan server
- b) Mendapat titik lintang dan longitude dari sharegps
- c) Mengirim paket data ke server dengan menggunakan protokol udp
- d) Interval pengiriman data setiap 5 detik
- e) Menghitung selisih waktu delay antara server dan client
- f) Hasil berupa plot grafik delay

### 3.7 Instalasi dan Konfigurasi Share GPS

- a) Download ShareGPS dari google playstore. Kemudian jalankan aplikasi
- b) Buat Connection dan isi form seperti pada gambar 3.3
- c) pada form *name* yang isi sesuai nama jaringan theathering
- d) Set jaringan ke UDP seperti pada gambar 3.4
- e) Host di setting ke 192.168.168.255 yaitu alamat IP broadcast dan port sesuai UDP yang dituju
- f) Klik Start Track
- g) Lalu ShareGps secara otomatis akan mencatat garis latitude dan longitude
- h) 3D fix menandakan GPS telah aktif



**Connection Settings**

Setup by Activity

Connect on App Start (Premium)

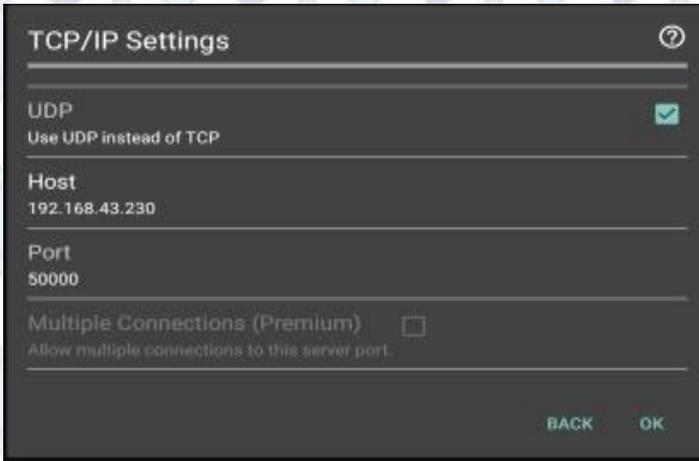
**Data Type**  
NMEA

**Connection Method**  
Use TCP/IP to send NMEA or host a GPSD server

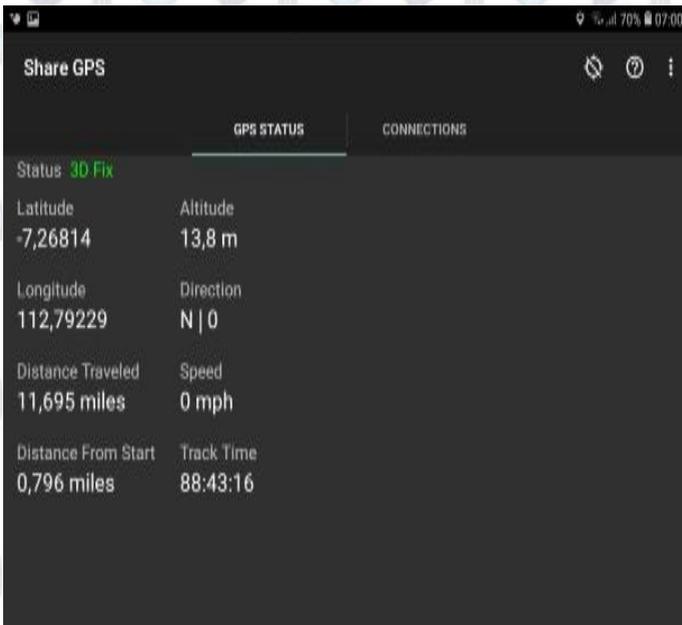
**Name**  
AndroidAP

CANCEL NEXT

**Gambar 3.3** Connecting setting pada ShareGPS



**Gambar 3.4** Setting UDP pada ShareGPS



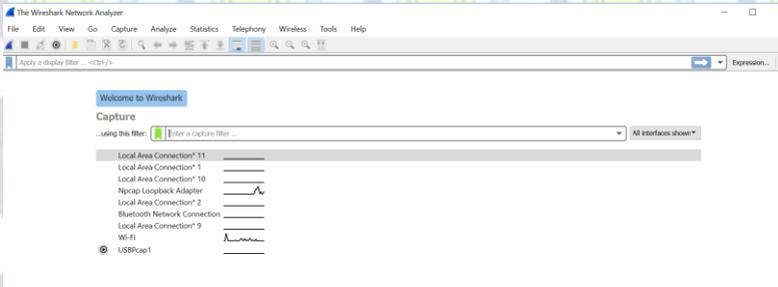
**Gambar 3.5** GPS status pada ShareGPS

### 3.8 Instalasi Wireshark

Wireshark merupakan salah satu dari software monitoring jaringan yang biasanya banyak digunakan oleh para administrator jaringan untuk mengcapture dan menganalisa kinerja jaringan. Salah satu alasan kenapa Wireshark banyak dipilih oleh seorang administrator adalah karena interface nya menggunakan Graphical User Unit (GUI) atau tampilan grafis.

Berikut langkah-langkah penginstalnya :

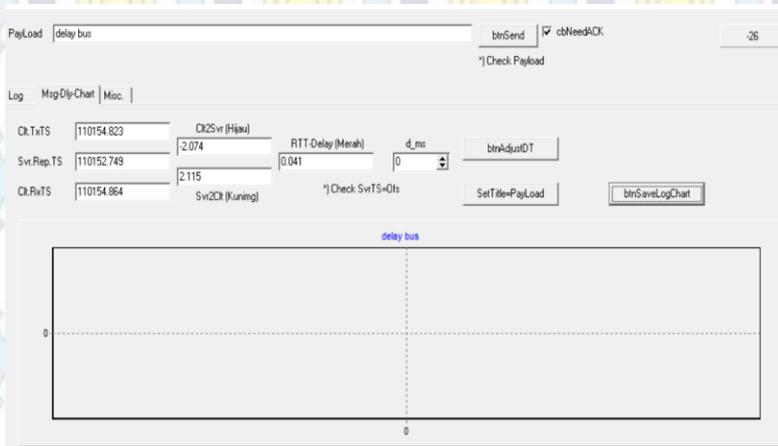
1. Setelah mendownload software nya, klik pada software instalasinya lalu akan muncul dialog box seperti berikut dan klik “next”
2. Akan muncul dialog tentang license agreement, lalu klik agree
3. Pilih component wireshark yang kamu perlu install
4. Install wincap agar kita dapat mengcapture paket data lewat jaringan
5. Ini adalah tampilan wireshark yang dapat kita gunakan



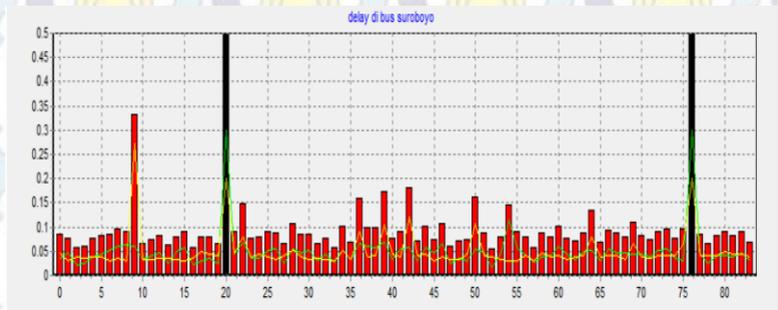
**Gambar 3.6** Tampilan wireshark

### 3.9 Pengukuran Menggunakan PlayUDPtest2019

PlayUDPtest2019 merupakan software pengukuran yang digunakan untuk mengukur delay dan paket loss protocol UDP pada tugas akhir ini. Software ini dapat mengukur delay dari server to client, client to server maupun round trip delay. Selain itu software ini juga dapat dikoneksikan dengan aplikasi share gps untuk mengetahui lokasi bujur dan lintang pengguna. Tampilan untuk software ini dapat dilihat pada gambar 3.7



**Gambar 3.7** Tampilan aplikasi PlayUDPtest2019

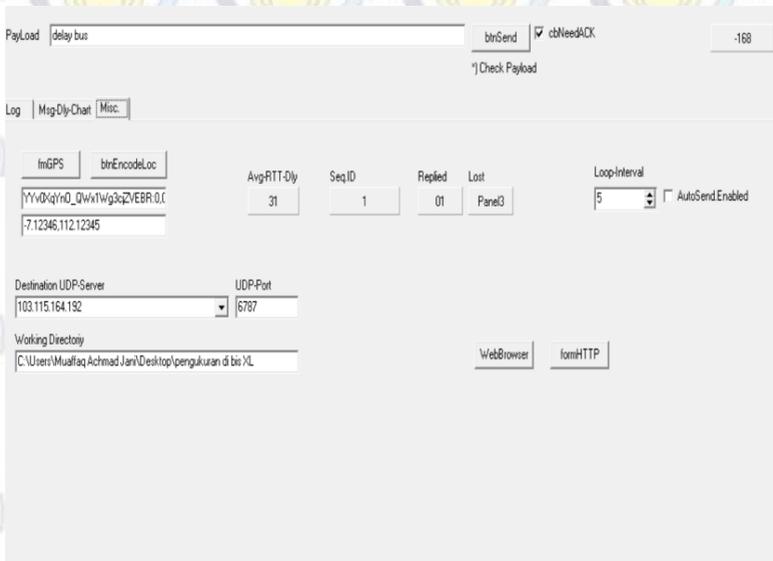


**Gambar 3.8** Contoh hasil pengukuran menggunakan aplikasi PlayUDPtest2019

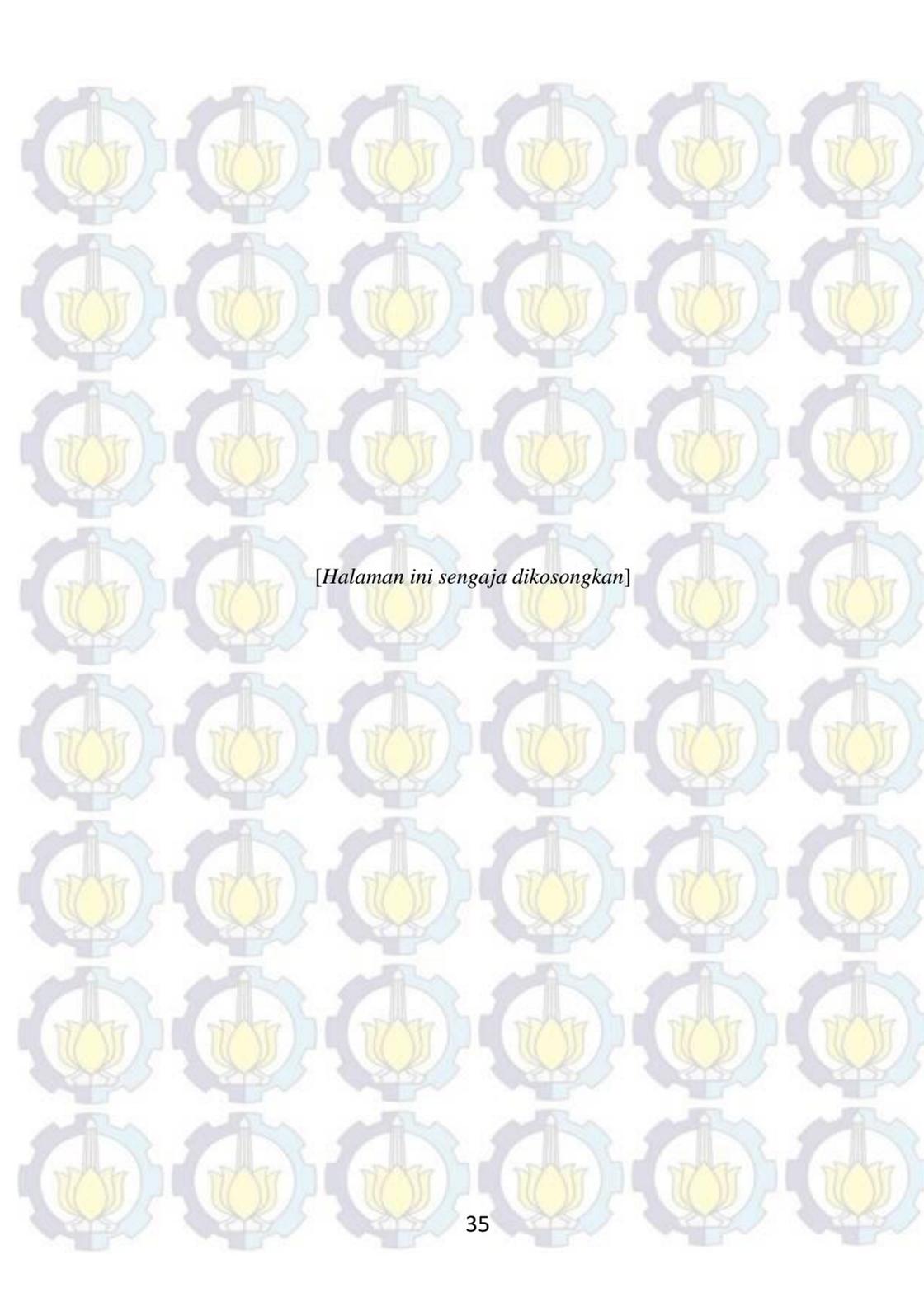
Pada gambar 3.7 terdapat beberapa parameter salah satunya yaitu RTT(Round Trip Time). Round-trip time (RTT) disebut juga round-trip delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk perjalanan sinyal atau packet dari sumber awal menuju tujuan akhir dan kembali lagi ke sumber awal. Misalnya komputer client mengirim sinyal ke server, kemudian server yang menerima sinyal akan mentranmisikan kembali ke client. Jadi RTT adalah perjalanan waktu yang dibutuhkan untuk paket dari client menuju server dan server mengembalikan ke client. Selain itu tombol savelogchart untuk menyimpan hasil capture grafik yang diukur.

Dapat dilihat pada gambar 3.8 adalah hasil pengukuran delay menggunakan aplikasi ini. Batang warna merah menunjukkan paket yang diukur mempunyai besar nilai delay sedangkan batang warna hitam menunjukkan paket yang loss. Sumbu horizontal menunjukkan jumlah data yang diukur, sumbu vertical menunjukkan besar nilai delay.

Untuk mengetahui keberadaan saat mengukur menggunakan aplikasi ShareGPS. ShareGPS adalah aplikasi android yang digunakan untuk plotting area. ShareGPS dapat mencatat titik latitude dan longitude posisi bis saat pengukuran berlangsung. Selain itu aplikasi ini juga dapat mendeteksi jarak yang ditempuh oleh pengguna. Pada gambar 3.9 ada tombol formgps untuk mendeteksi apakah sharegps tersambung ke laptop atau tidak. Loop Interval disetting 5 second yang berarti pengukuran dilakukan setiap 5 detik. Aplikasi ini juga dapat mengatur tujuan UDP server dan portnya melalui destination UDP server



**Gambar 3.9** Setting destination UDP server dan formgps



*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

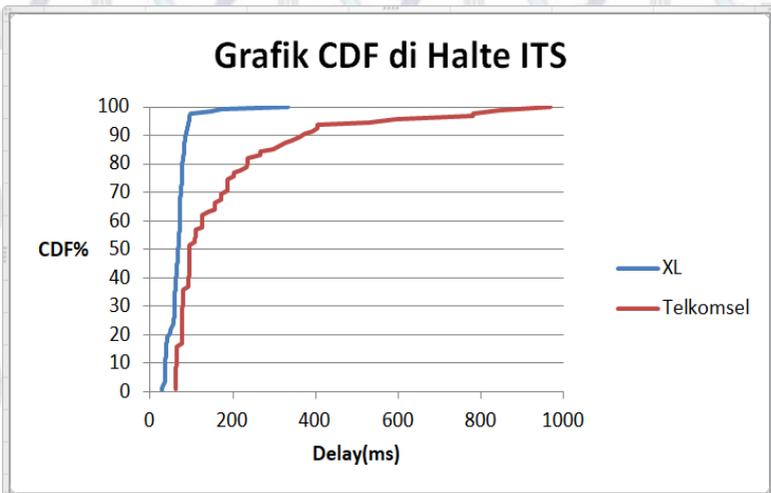
Pada bab III telah dijelaskan mengenai persiapan dan proses pengukuran delay. Setelah itu dilakukan pengukuran delay UDP dengan menggunakan 2 provider yaitu provider XL dan providel telkomsel. pengukuran delay dimulai dengan mempersiapkan perangkat lunak dan perangkat keras yang dibutuhkan. Menghubungkan perangkat keras berupa telepon genggam ke laptop. Menjalankan ShareGPS untuk mencatat lokasi bujur dan lintang selama pengukuran. Memulai pengukuran dengan menjalankan aplikasi PlayUDPTTest2019. Pengukuran dilakukan di dalam bus Suroboyo R3 dengan pemberangkatan dari ITS dengan tujuan UNESA. Pengukuran dibagi ke dalam 8 lokasi yang berada dalam rute ITS-UNESA. Pengukuran dilakukan pada jam trafik sibuk yaitu pukul 11.00 sampai dengan 14.00 WIB. Hasil pengukuran diolah menjadi bentuk grafik CDF. Fungsi kepadatan kumulatif atau Cumulative Density Function adalah fungsi yang menjumlahkan nilai kemungkinan sampai suatu kejadian tertentu sehingga jumlah nilai kemungkinan adalah 1. Nilai CDF tersebut akan membantu dalam menarik kesimpulan yang menunjukkan keadaan sesungguhnya. Untuk memperoleh nilai dari CDF adalah dengan penjumlahan dari setiap kemunculan data tersebut hingga range tertentu atau penjumlahannya sampai hasilnya 1. Pada pengukuran ini range yang digunakan adalah mulai dari 0 ms sampai dengan 1000 ms. Semakin grafik berbentuk lurus maka kejadian tersebut semakin jarang muncul. Untuk melihat kinerja provider dengan paramater delay dapat dilihat pada tabel 4.1

**Tabel 4.1 Range delay**

Range Delay(S)	Penggolongan	Keterangan
0-0,4	High productivity interactive response	Baik sekali, sangat interaktif
0,4-2	Fully interactive regime	Baik, semua terlayani
2-12	Sporadically interactive regime	Sedang, hampir semua terlayani
>12	Break in contact regime	Buruk, pemutusan koneksi

#### 4.1 Analisa pengukuran Halte ITS

Pengukuran dilakukan pada Halte ITS. Kendaraan bergerak melalui ITS, Kertajaya, Klampis sampai pada Gramedia. Kondisi penumpang masih sepi karena awal keberangkatan. Penumpang didominasi oleh mahasiswa, anak-anak dan orang kerja . Pada Gambar 4.1 merupakan grafik CDF dari 2 provider yaitu XL dan Telkomsel. Pada saat delay kurang dari 100 ms besar CDF pada provider XL 92% dan provider Telkomsel 74%. Sedangkan dapat dilihat pada tabel 4.2 saat delay kurang dari 500 ms besar CDF pada provider XL 99%, provider Telkomsel 95%. Untuk di halte ITS dapat dilihat delay untuk provider XL banyak terjadi dalam range kurang dari 100ms sedangkan untuk provider telkomsel delay banyak terjadi antara 100ms sampai dengan 200 ms. Dapat dilihat pada grafik garis warna biru berbentuk lurus dari rentang 100 sampai dengan 400, ini artinya data jarang muncul pada rentang itu. Dalam Acuan delay yang digunakan pada tugas akhir ini merupakan standar dari SLAC (Stanford Linear Accelerator Center). dalam hal ini delay, dapat dilihat pada XL dan Telkomsel keduanya memenuhi standard baik sekali bahwa dalam kurang dari 200ms mempunyai CDF diatas 90%. Karena kondisi bus masih awal keberangkatan maka hanya beberapa penumpang menaiki bus sehingga nilai delay masih tergolong bagus



**Gambar 4.1** Grafik CDF di Halte ITS

**Tabel 4.2** Tabel Nilai CDF untuk Halte ITS

Delay(ms)	Nilai CDF untuk Provider	
	XL(%)	Telkomsel(%)
50	90	55
100	92	74
200	96	85
500	99	95

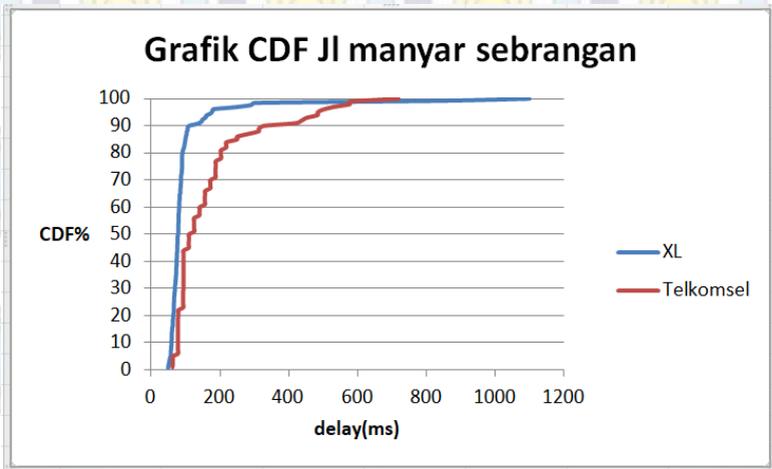
#### 4.2 Analisa pengukuran di manyar sebrangan

Pengukuran dilakukan pada Halte Manyar sebrangan. Kendaraan bergerak melalui ITS, Manyar sebrangan, Kertajaya 2 sampai pada lapangan hockey. Terdapat beberapa penumpang yang menaiki bus di perbehentian sementara. Pada Gambar 4.2 merupakan grafik CDF dari 2 provider yaitu XL dan Telkomsel. Pada saat delay kurang dari 100 ms besar CDF pada provider XL 80% dan provider Telkomsel 23%. Sedangkan dapat dilihat pada tabel 4.3 saat delay kurang dari 500 ms besar CDF pada provider XL 98%, provider Telkomsel 97%. Pada saat delay kurang dari 200ms XL mempunyai nilai CDF 95% dan Telkomsel mempunyai nilai CDF 69%. Pada Delay 300 ms XL mempunyai nilai CDF 97% dan Telkomsel 87%, nilainya tidak selisih terlalu jauh.

Dilihat dari grafik XL lebih baik dari telkomsel dan grafiknya identik dengan grafik pada Halte ITS. Grafik XL tetap lebih unggul daripada telkomsel hampir di semua range delay.

Terdapat perbedaan pada range maksimal, Telkomsel mempunyai range maksimal pada 600 ms sedangkan XL pada 1100 ms. Telkomsel untuk delay kurang dari 100ms mempunyai nilai CDF 23%. Menurut acuan delay telkomsel untuk delay kurang dari 100 ms termasuk *unreliable*.

Hal ini disebabkan banyaknya tower XL pada daerah antara ITS sampai dengan manyar sebrangan sehingga nilai CDF XL lebih bagus secara keseluruhan. Pada semua range delay kinerja kedua dapat disimpulkan bagus. Hal ini mungkin disebabkan kondisi pada bus yang sepi karena masih awal keberangkatan.



**Gambar 4.2** Grafik CDF di JL manyar sebrangan

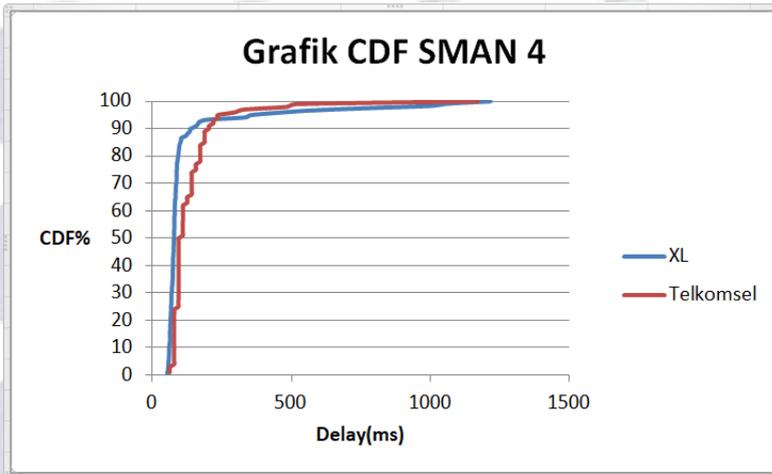
**Tabel 4.3** Tabel Nilai CDF untuk manyar sebrangan

Delay(ms)	Nilai CDF untuk Provider	
	XL(%)	Telkomsel(%)
100	80	23
200	95	69
300	97	87
500	98	97

### 4.3 Analisa pengukuran di halte SMAN 4 surabaya

Pengukuran dilakukan pada Halte SMAN 4 Surabaya. Kendaraan bergerak melalui SMAN 4 Surabaya, Ji Pemuda sampai Ji Panglima Sudirman. Terdapat beberapa penumpang yang naik dan turun dari bus. Pada Gambar 4.3 merupakan grafik CDF dari 2 provider yaitu XL dan Telkomsel. Pada saat delay kurang dari 100 ms besar CDF pada provider XL 84% dan provider Telkomsel 25%. Sedangkan dapat dilihat pada tabel 4.4 saat delay kurang dari 500 ms besar CDF pada provider XL 97%, provider Telkomsel 98%. Disini dapat dilihat bahwa XL mempunyai nilai CDF yang tidak jauh beda dengan telkomsel. Akan tetapi kinerja Telkomsel untuk delay kurang dari 100 ms termasuk kategori jelek karena nilai CDF hanya mencangkup 25%. Perbedaan

keduanya tidak terlalu jauh untuk SMAN 4, hanya untuk delay dibawah 100ms kinerja Telkomsel buruk sekali



**Gambar 4.3** Grafik CDF pada SMAN 4 surabaya

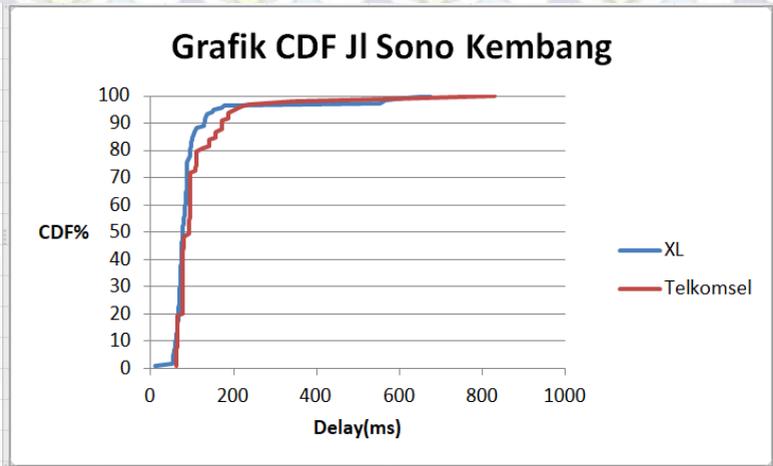
**Tabel 4.4** Tabel Nilai CDF untuk SMAN4 surabaya

Delay(ms)	Nilai CDF untuk Provider	
	XL(%)	Telkomsel(%)
100	84	25
200	92	86
300	95	93
500	97	95

#### 4.4 Analisa pengukuran di Jl Sono Kembang

Pengukuran dilakukan pada Jl Sono Kembang. Kendaraan bergerak melalui Jl Sono Kembang sampai Urip Sumaharjo. Terdapat beberapa penumpang yang naik dan turun dari bus. Kondisi berada pada gedung bertingkat. Pada Gambar 4.4 merupakan grafik CDF dari 2 provider yaitu XL dan Telkomsel. Pada saat delay kurang dari 100 ms besar CDF pada provider XL 72% dan provider Telkomsel 30%. Sedangkan dapat dilihat pada tabel 4.5 saat delay kurang dari 500 ms besar CDF pada provider XL 98%, provider Telkomsel 94%. Provider

XL memiliki nilai CDF paling tinggi dibandingkan provider yang lain. Untuk di daerah Sono Kembang kinerja kedua provider ini lebih buruk dari grafik-grafik sebelumnya. Hal ini mungkin disebabkan kondisi lalu lintas yang padat kendaraan pada daerah sana sehingga terjadi atenuasi yang menyebabkan transmisi data menjadi jelek.



**Gambar 4.4** Grafik CDF pada JI Sono Kembang

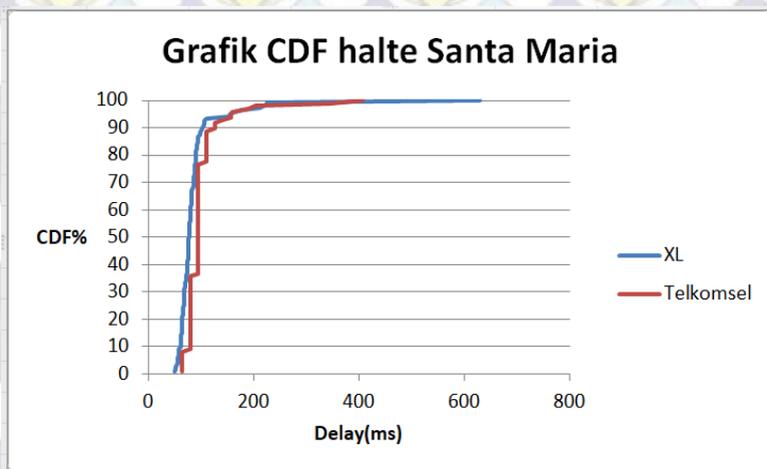
**Tabel 4.5** Tabel Nilai CDF untuk JI Sono Kembang

Delay(ms)	Nilai CDF untuk Provider	
	XL(%)	Telkomsel(%)
50	10	2
100	72	30
200	95	78
500	98	94

#### 4.5 Analisa pengukuran Halte Santa Maria

Pengukuran dilakukan pada Halte Santa Maria. Kendaraan bergerak melalui ITS, SMAN 4 surabaya, JI Pemuda sampai JI panglima sudirman. Terdapat beberapa penumpang yang naik dan turun dari bus. Pada Gambar 4.5 merupakan grafik CDF dari 2 provider yaitu XL dan Telkomsel. Pada saat delay kurang dari 100 ms besar CDF pada provider XL 85% dan provider Telkomsel 80%. Sedangkan dapat dilihat

pada tabel 4.6 saat delay kurang dari 500 ms besar CDF pada provider XL 99%, provider Telkomsel 99%. Provider XL memiliki nilai CDF sama dengan provider Telkomsel pada saat delay kurang 500ms. Pada Halte Santa maria nilai kedua provider termasuk baik karena kondisi jalan tidak semacet dan sepadat seperti di Jalan Sono Kembang sehingga atenuasi tidak terjadi



**Gambar 4.5** Grafik CDF pada Halte Santa Maria

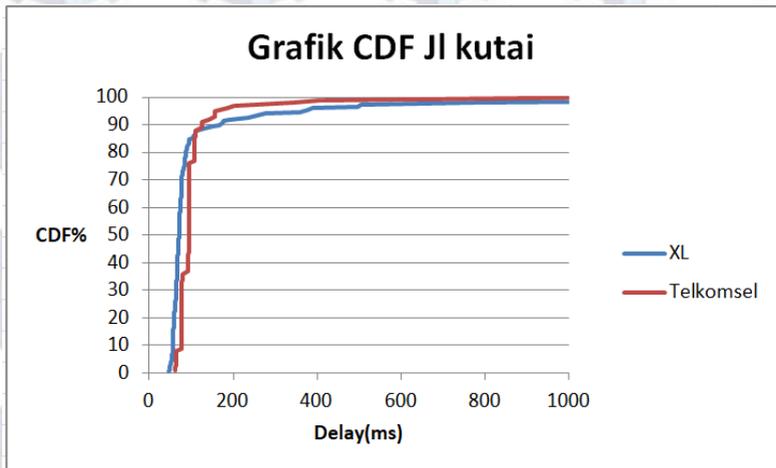
**Tabel 4.6** Tabel Nilai CDF untuk Halte Santa Maria

Delay(ms)	Nilai CDF untuk Provider	
	XL(%)	Telkomsel(%)
100	85	80
200	94	93
300	97	96
500	99	99

#### 4.6 Analisa pengukuran JI kutai

Pengukuran dilakukan pada JI kutai. Kendaraan bergerak melalui Kutai, KPU, sampai dengan darmo park. Terdapat beberapa penumpang yang naik dan turun dari bus. Pada Gambar 4.6 merupakan grafik CDF dari 2 provider yaitu XL dan Telkomsel. Pada saat delay kurang dari 100 ms besar CDF pada provider XL 77% dan provider Telkomsel 75%. Sedangkan dapat dilihat pada tabel 4.7 saat delay

kurang dari 500 ms besar CDF pada provider XL 98%, provider Telkomsel 99%. Provider Telkomsel memiliki nilai CDF paling tinggi dibandingkan provider yang lain untuk delay kurang dari 500ms. Pada Jalan Kutai dapat dilihat Telkomsel lebih baik pada range 200 sampai dengan 300. Akan tetapi XL lebih baik sedikit pada delay kurang dari 100 ms. Hal ini mungkin dikarenakan pada pusat kota dekat dengan tower Telkomsel sehingga nilai delay Telkomsel lebih baik



**Gambar 4.6** Grafik CDF pada JI kutai

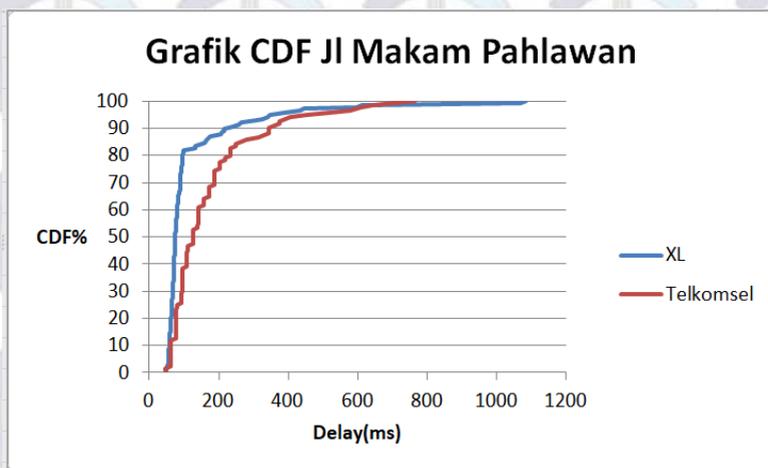
**Tabel 4.7** Tabel Nilai CDF untuk JI Kutai

Delay(ms)	Nilai CDF untuk Provider	
	XL(%)	Telkomsel(%)
100	77	75
200	91	92
300	93	95
500	98	99

#### 4.7 Analisa pengukuran JI Makam Pahlawan

Pengukuran dilakukan pada JI Makam Pahlawan. Kendaraan bergerak melalui JI makam pahlawan, putat gede sampai dengan pradah kali. Terdapat beberapa penumpang yang naik dan turun dari bus. Pada Gambar 4.7 merupakan grafik CDF dari 2 provider yaitu XL dan Telkomsel. Pada saat delay kurang dari 100 ms besar CDF pada

provider XL 82% dan provider Telkomsel 25%. Sedangkan dapat dilihat pada tabel 4.8 saat delay kurang dari 500 ms besar CDF pada provider XL 98%, provider Telkomsel 93%. Provider XL memiliki nilai CDF paling tinggi dibandingkan provider yang lain. Kinerja dari XL sangat bagus di daerah ini karena di semua range memiliki CDF diatas 80%. Sedangkan telkomsel mempunyai kinerja buruk pada rentang dibawah 100ms sampai dengan 200 ms. Dapat dilihat di grafik garis biru pada rentang 200ms sampai dengan 1000ms membentuk garis lurus hal ini menandakan jarang ditemukan delay dalam rentang itu.



**Gambar 4.7** Grafik CDF JI Makam Pahlawan

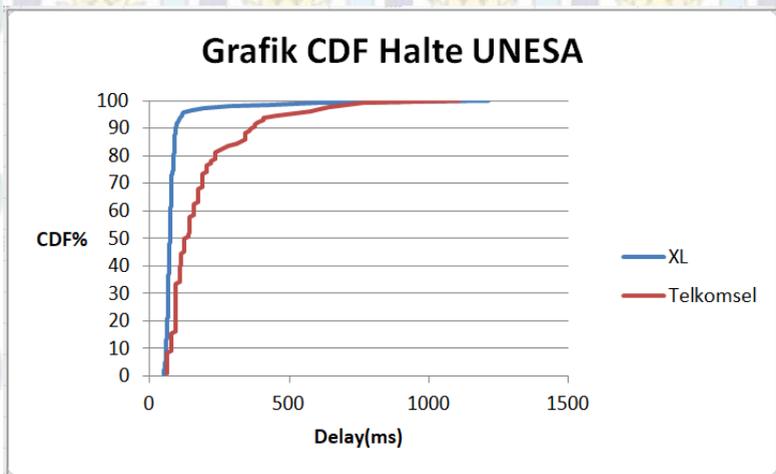
**Tabel 4.8** Tabel Nilai CDF untuk JI Makam Pahlawan

Delay(ms)	Nilai CDF untuk Provider	
	XL(%)	Telkomsel(%)
100	82	25
200	89	70
300	91	84
500	98	93

#### 4.8 Analisa pengukuran Halte UNESA

Pengukuran dilakukan pada Halte UNESA. Kendaraan bergerak melalui Jono Sewoyo, Graha Family sampai dengan pemberhentian terakhir yaitu halte UNESA. Pada Gambar 4.8

merupakan grafik CDF dari 2 provider yaitu XL dan Telkomsel. Pada saat delay kurang dari 100 ms besar CDF pada provider XL 91% dan provider Telkomsel 31%. Sedangkan saat delay kurang dari 500 ms besar CDF pada provider XL 98%, provider Telkomsel 94%. Provider XL memiliki nilai CDF paling tinggi dibandingkan provider yang lain. Halte Unesa adalah pemberhentian terakhir dari rute bus R3 suroboyo sehingga kondisi saat itu udah sepi penumpang. Dibandingkan dengan beberapa grafik sebelumnya telkomsel mempunyai nilai CDF lebih buruk untuk rentang kurang dari 100ms dan 200ms. akan tetapi keduanya mempunyai kinerja sangat baik pada rentang 300-500ms



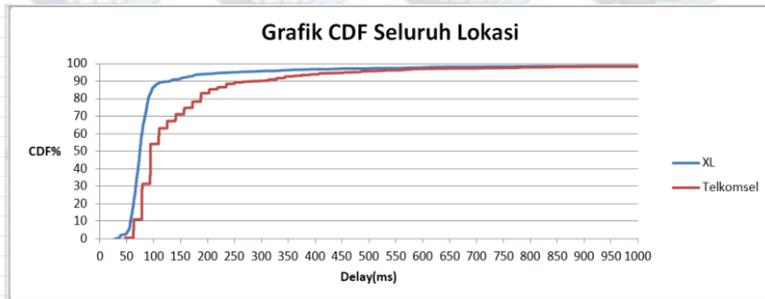
**Gambar 4.8** Grafik CDF Halte UNESA

**Tabel 4.9** Tabel Nilai CDF untuk Halte UNESA

Delay(ms)	Nilai CDF untuk Provider	
	XL(%)	Telkomsel(%)
100	91	31
200	93	62
300	95	82
500	98	94

#### 4.9 Analisis perbandingan pengukuran delay per Provider

Dari pengukuran pada 8 lokasi jumlah data yang diperoleh 1891 data. Provider yang diteliti sejumlah 2, yaitu provider XL dan provider Telkomsel. Provider XL ditunjukkan dengan garis berwarna biru sedangkan provider Telkomsel ditunjukkan dengan garis berwarna merah



**Gambar 4.9** Grafik CDF seluruh lokasi

**Tabel 4.10** Perbandingan pengukuran delay tiap provider

Delay(ms)	Nilai CDF untuk Provider	
	XL(%)	Telkomsel(%)
50	10	2
100	72	30
200	95	78
500	98	94

Acuan delay yang digunakan pada tugas akhir ini merupakan standar dari SLAC (Stanford Linear Accelerator Center). SLAC adalah pusat penelitian Universitas Stanford yang dilakukan oleh Departemen Penelitian Energi Nasional. Penelitiannya berkaitan dengan telekomunikasi, salah satunya tentang kualitas kinerja jaringan (QoS), dalam hal ini delay, dapat dilihat pada Tabel 2.2. Pemilihan delay sebesar 50, 100, 200 dan 500 ms dikarenakan untuk penerapan Intelligent Transport System pada aplikasi mengetahui posisi kendaraan dibutuhkan delay toleransi sebesar 500 ms untuk V2V [16]. V2V (Vehicle to Vehicle) ini di mana antara kendaraan saling komunikasi mengirimkan pesan misalnya pengereman apabila jarak antar 2

kendaraan terlalu dekat saat kecepatan tinggi. Dari Tabel 4.9 didapatkan bahwa untuk penerapan aplikasi mengetahui posisi kendaraan dengan delay toleransi 500 ms menggunakan provider XL dan Telkomsel, karena nilai CDF semua provider telah mencapai CDF lebih dari 90%. Menurut standar SLAC nilai delay 500 ms dapat dikategorikan sebagai baik dan hampir semua terlayani (Fully interactive regime).

Untuk delay dengan toleransi 100ms provider XL telah mencapai nilai CDF lebih dari 72% sedangkan provider Telkomsel telah mencapai nilai CDF lebih dari 30%. Menurut standar SLAC nilai delay 100 ms dapat dikategorikan sebagai baik sekali dan sangat interaktif (High productivity interactive response)

#### 4.10 Analisis Packet loss pada 2 provider

Packet Loss adalah banyaknya paket yang hilang pada suatu jaringan paket yang disebabkan oleh tabrakan (collision), penuhnya kapasitas jaringan, dan penurunan paket yang disebabkan oleh habisnya TTL (Time To Live) paket.

Dari pengiriman UDP sebanyak 1067 kali menggunakan provider XL terdapat 23 paket loss. Sedangkan pengiriman UDP 880 kali menggunakan provider Telkomsel terdapat 32 paket loss. Paket yang diterima adalah paket yang dikirim dikurangi paket yang loss. Jika kita menghitung paket loss maka didapatkan paket loss sebesar 4,1% pada jaringan XL dan 3.6% paket loss pada provider Telkomsel. Keduanya masuk kategori bagus

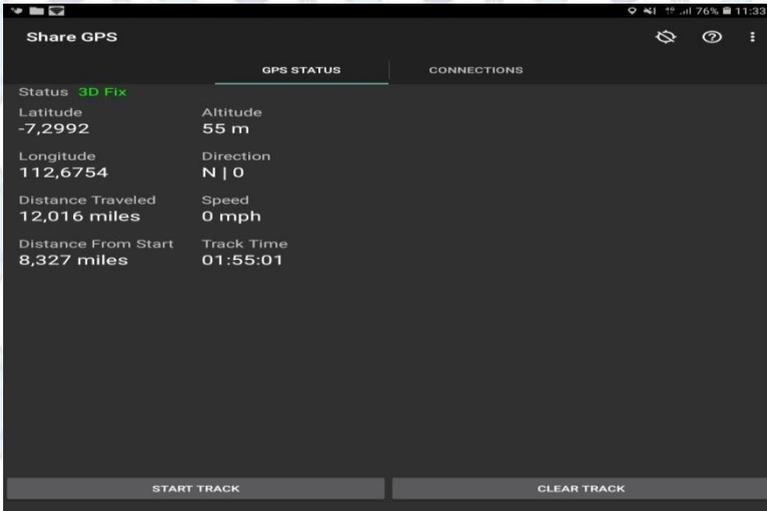
**Tabel 4.11** Packet Loss

Provider	Jumlah data	Paket loss
XL	1067	23
Telkomsel	880	32

#### 4.11 Hasil Pengujian dengan ShareGPS

ShareGPS adalah aplikasi android yang digunakan untuk plotting area. ShareGPS dapat mencatat titik latitude dan longitude posisi bis saat pengukuran berlangsung. Selain itu aplikasi ini juga dapat mendeteksi jarak yang ditempuh oleh pengguna.

Pada pengukuran di Bus Suroboyo R3 tercatat 8,327 miles jarak yang ditempuh dari ITS ke UNESA dan tercatat waktu perjalanan membutuhkan sekitar 1 jam 55 menit. Seperti yang terlihat pada gambar 4.10



**Gambar 4.10** Pengujian dengan ShareGPS  
**4.12 Hasil Pengujian UDP via Wireshark**

Wireshark adalah alat analisa jaringan yang sebelumnya dikenal sebagai *Ethereal*, menangkap paket secara real time dan menampilkannya dalam format yang dapat dibaca manusia. Termasuk filter, kode warna, dan *inspect paket*

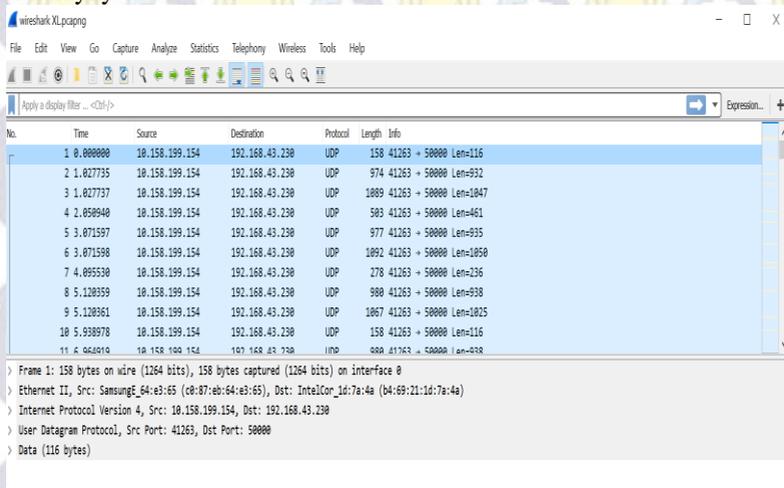
Wireshark merupakan salah satu dari software monitoring jaringan yang biasanya banyak digunakan oleh para administrator jaringan untuk mengcapture dan menganalisa kinerja jaringan. Salah satu alasan kenapa Wireshark banyak dipilih oleh seorang administrator adalah karena interface nya menggunakan *Graphical User Unit (GUI)* atau tampilan grafis. Dengan menggunakan software ini kita bisa mengcapture packet packet data yang berkeliaran pada jaringan yang sedang dimonitoring. Dengan kata lain admin bisa mengetahui apa saja informasi yang sedang di akses oleh para user dan bisa menganalisa nya.

Cara kerja wireshark terdiri dari dua tahapan yaitu pertama merekam semua paket yang melewati interface yang dipilih dan hasil rekaman tadi dapat dianalisa. disini kita dapat memfilter protocol apa

yang kita inginkan seperti tcp, http, udp dan sebagainya. Wireshark juga dapat mencatat cookie, post dan request.

Pengujian protokol via wireshark untuk mengetahui data yang dikirim ke PC dapat terkirim dengan menggunakan protokol UDP. Keuntungan UDP ini pengiriman data dapat dilakukan secara cepat daripada TCP. Hal ini disebabkan tidak adanya pengiriman data balasan dari klient kalau data tersebut sudah terkirim atau tidak.

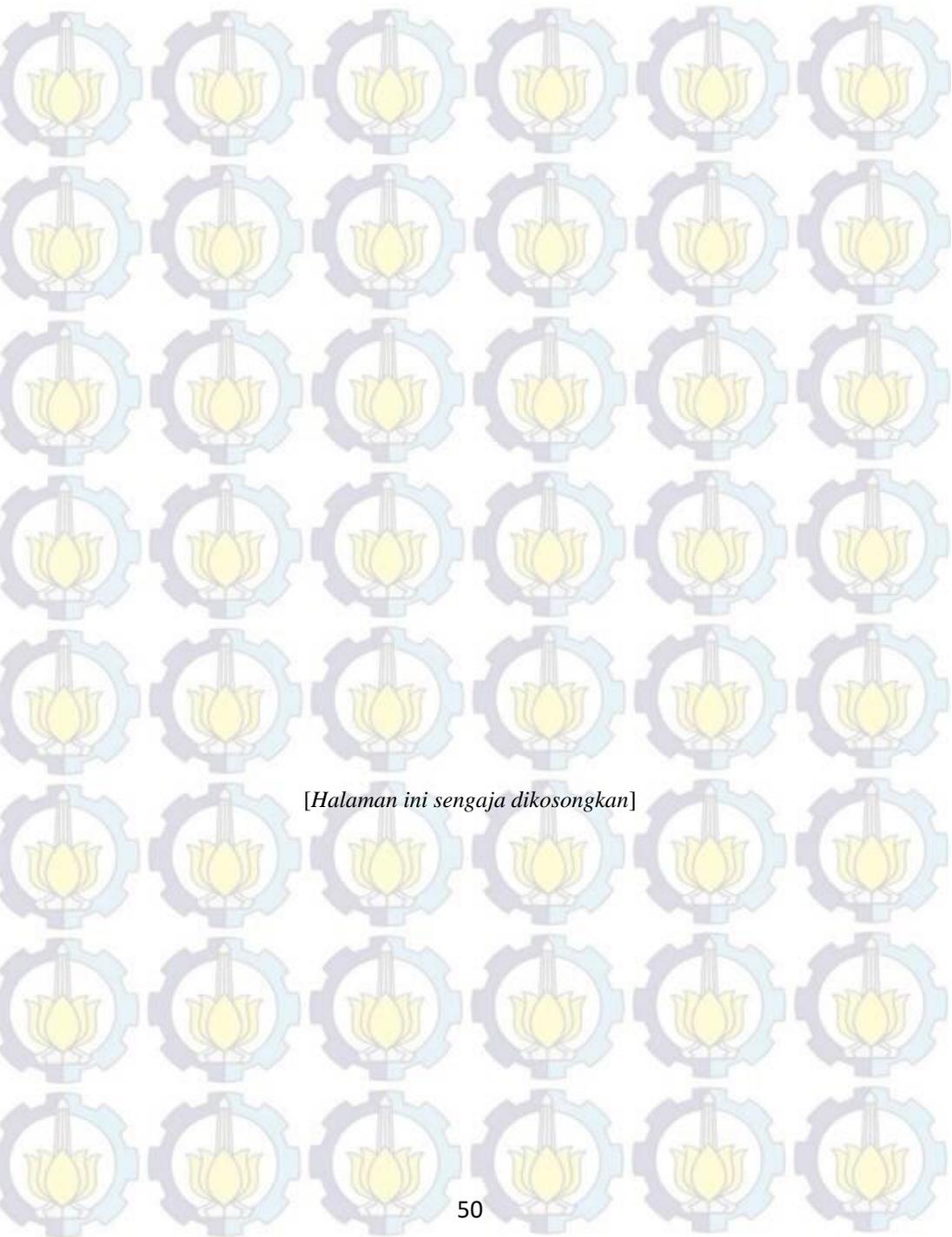
Dari hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.11 bahwa data yang dikirim termasuk protokol UDP. Tujuan IP 192.168.43.230 adalah alamat IP provider XL. Source IP 10.158.199.154 adalah alamat server. Dengan mengurangi time antara paket data maka kita dapat menemukan waktu delaynya



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
0	0.000000	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	158	41263 → 50000 Len=116
1	0.027735	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	974	41263 → 50000 Len=932
2	0.027737	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	1089	41263 → 50000 Len=1047
4	2.050940	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	503	41263 → 50000 Len=461
5	3.071597	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	977	41263 → 50000 Len=935
6	3.071598	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	1092	41263 → 50000 Len=1050
7	4.095530	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	278	41263 → 50000 Len=236
8	5.120359	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	980	41263 → 50000 Len=938
9	5.120361	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	1067	41263 → 50000 Len=1025
10	5.938078	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	158	41263 → 50000 Len=116
11	6.04010	10.158.199.154	192.168.43.230	UDP	600	41263 → 50000 Len=558

Frame 1: 158 bytes on wire (1264 bits), 158 bytes captured (1264 bits) on interface 0  
> Ethernet II, Src: SamsungE\_64:e3:65 (c8:07:eb:64:e3:65), Dst: IntelCor\_1d:7a:4a (b4:09:21:1d:7a:4a)  
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.158.199.154, Dst: 192.168.43.230  
> User Datagram Protocol, Src Port: 41263, Dst Port: 50000  
> Data (116 bytes)

**Gambar 4.11** Hasil pengiriman data dengan UDP



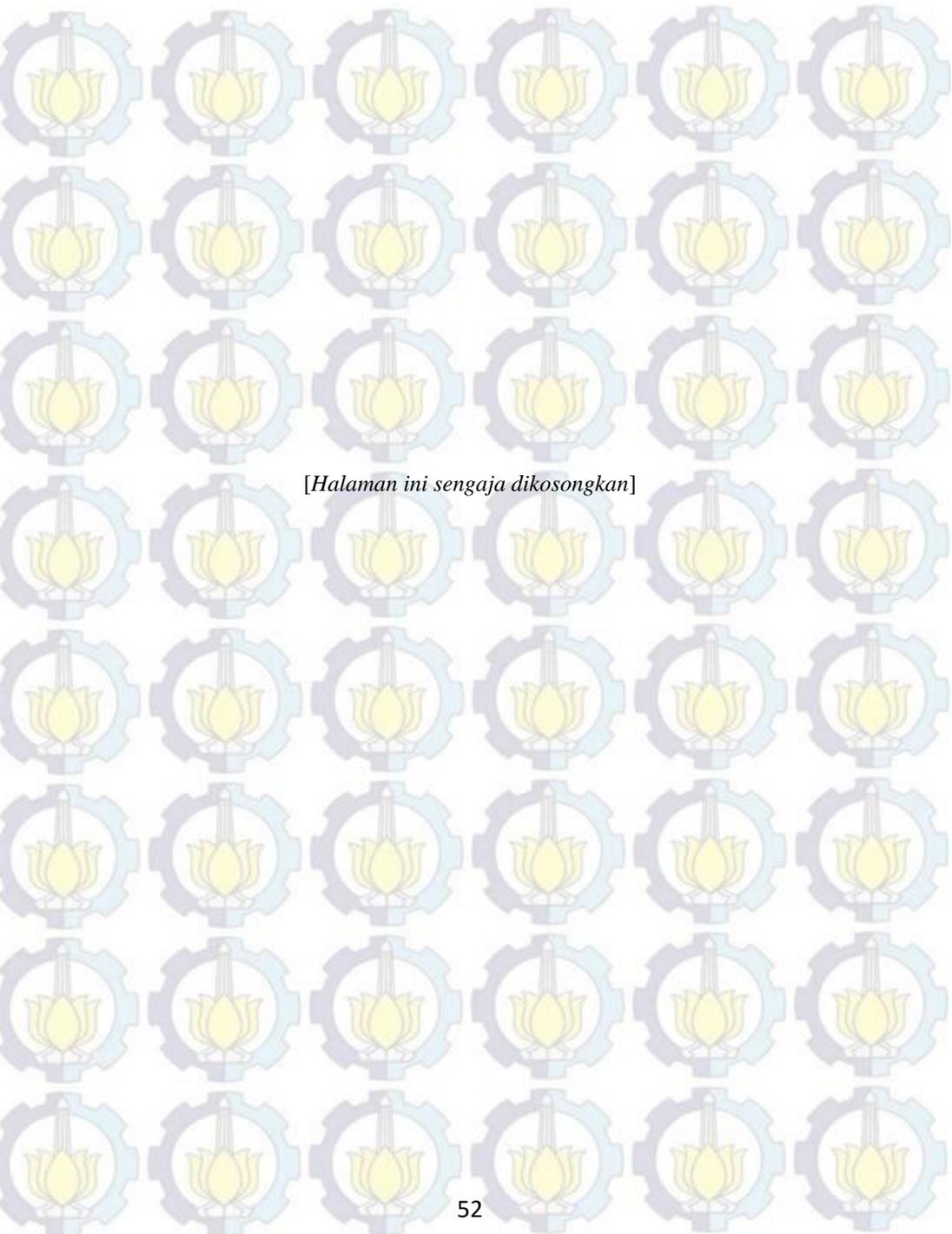
*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan analisis dapat disimpulkan sebagai berikut :

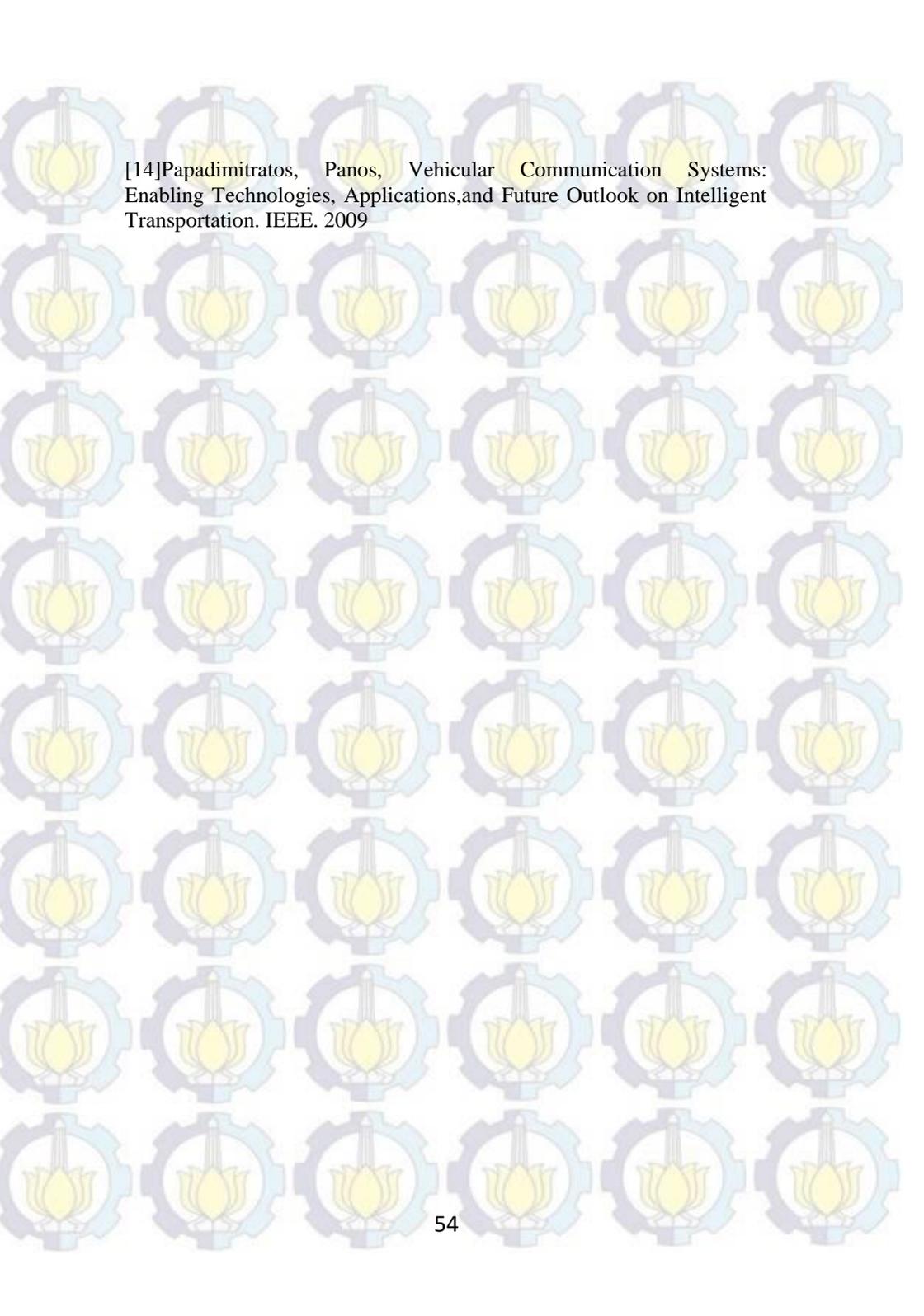
- a) Pada 2 provider yang diukur didapat bahwa saat delay kurang dari 500 ms provider XL mempunyai nilai CDF 98% Sedangkan provider Telkomsel mempunyai nilai CDF 94% Dari kedua provider, provider XL mempunyai nilai CDF paling tinggi sebesar 98%.
- b) Provider XL yang paling baik dan dapat digunakan sebagai pertimbangan sistem komunikasi data pada penerapan Intelligent Transport System (ITS) untuk aplikasi mengetahui posisi kendaraan pada angkutan masal cepat, karena nilai delay toleransi sebesar 500 ms dan dapat dikategorikan sedang dan hampir semua terlayani
- c) Protokol UDP memenuhi karakteristik protokol yang sangat baik dan interaktif (High productivity interactive response) menurut standar delay SLAC karena mempunya nilai yang baik untuk delay kurang dari 200 ms



*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

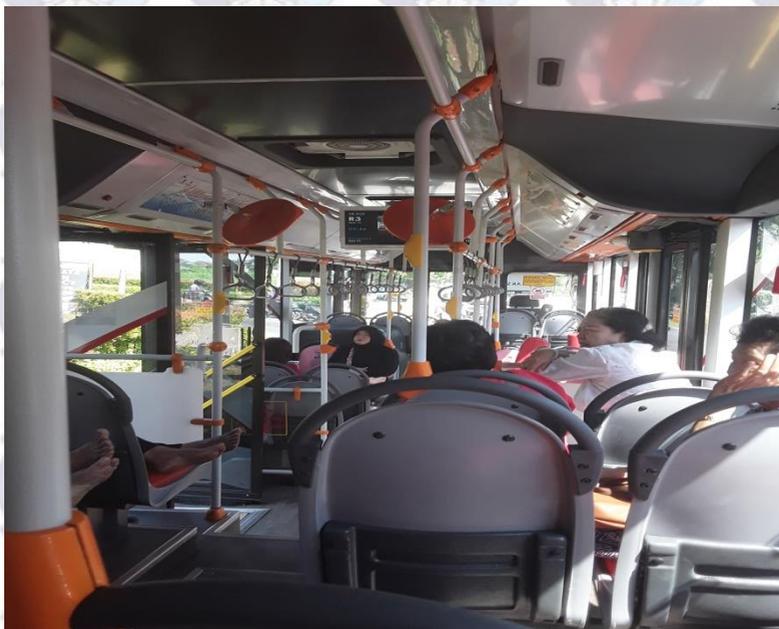
## DAFTAR PUSTAKA

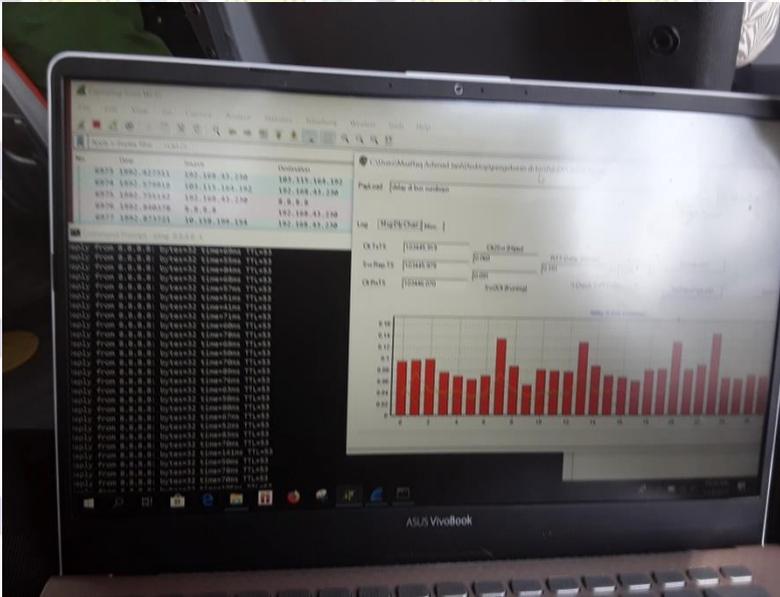
- [1] Stallings, William, “Komunikasi Data dan Jaringan Komputer”, Erlangga, Jakarta, 2007.
- [2] Yuniati, Yetti, “Analisis Performansi Transmission Control Protocol (TCP) yang Disebabkan oleh Wideband Effect Loss pada Jaringan UMTS”, Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol. 5, No. 3, pp. 159-166, September, 2011.
- [3] Team, 2015, Deloitte Global Mobile Consumer Survey. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Technology-Media-Telecommunications/gx-tmt-2015-globalmobile-consumer-survey-southeast-asia-edition.pdf>
- [4] Pratama, I Putu Eka. 2014. Smart City beserta Cloud Computing dan Teknologi-Teknologi Pendukung Lainnya. Bandung : Informatika
- [5] \_\_\_\_\_, Pra Studi Kelayakan AUMC Pemkot Sby, 2012, Pemkot Surabaya
- [6] Idris, Izwan, Wang, Charles, Real-time position tracking via Internet communication protocols in LBS, International Global Navigation Satellite Systems Society, Australia, 2015
- [7] Stallings, William, “Komunikasi Data dan Komputer Dasar-Dasar Komunikasi Data”, Salemba Teknika, Jakarta, 2001.
- [8] Stanllings, William. 2001. Komunikasi Data dan Komputer Edisi 1. Jakarta : Salemba Teknika.
- [9] Stanllings, William. 2005. Komunikasi dan Jaringan Nirkabel Edisi 2. Jakarta : Erlangga.
- [10] Santoso, Gatot. 2006. Sistem Seluler WCDMA(Wideband Code Division Multiple). Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [11] \_\_\_\_\_, Internetworking Technology Handbook, [http://docwiki.cisco.com/wiki/Internetworking\\_Technology\\_Handbook](http://docwiki.cisco.com/wiki/Internetworking_Technology_Handbook)
- [12] \_\_\_\_\_, Tutorial internet monitoring & PingER at SLAC. <http://www.slac.stanford.edu/comp/net/wanmon/tutorial.html#delay> ,2014.
- [13] Harinaldi, “Prinsip-Prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains”, Jakarta, 2005.



[14]Papadimitratos, Panos, Vehicular Communication Systems: Enabling Technologies, Applications, and Future Outlook on Intelligent Transportation. IEEE. 2009

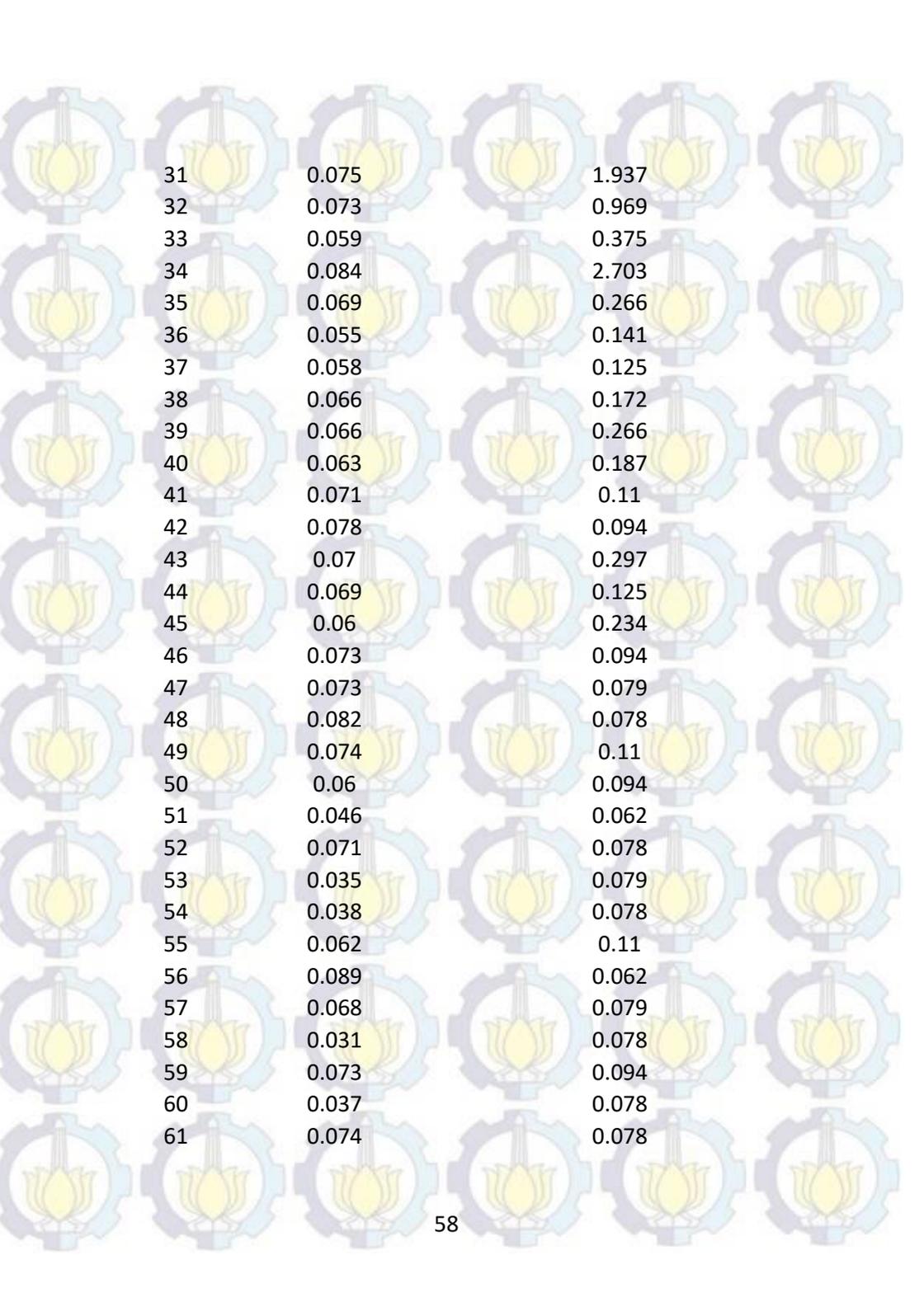
Lampiran Foto Pengukuran



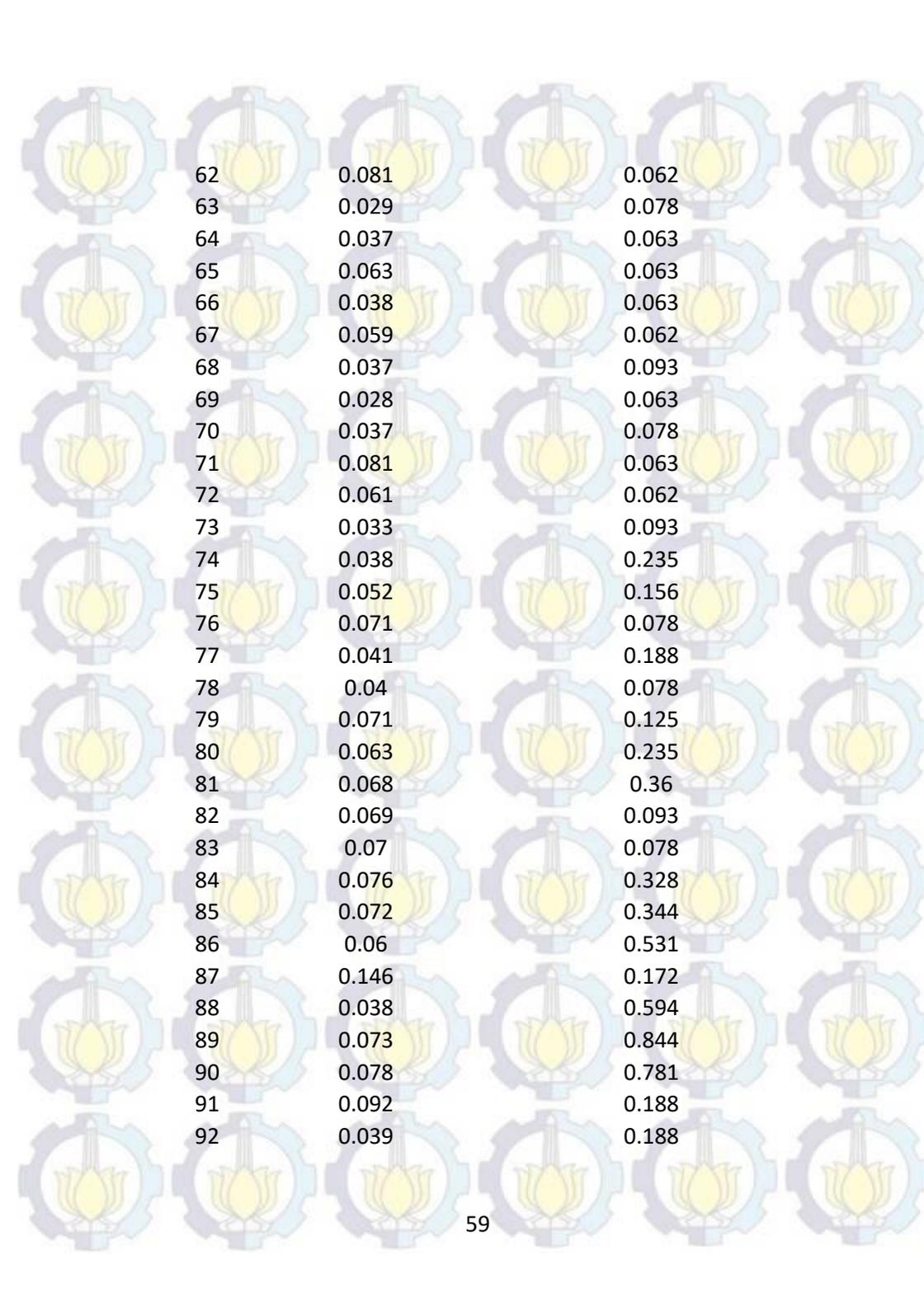


### Lampiran data pengukuran delay(RTT)

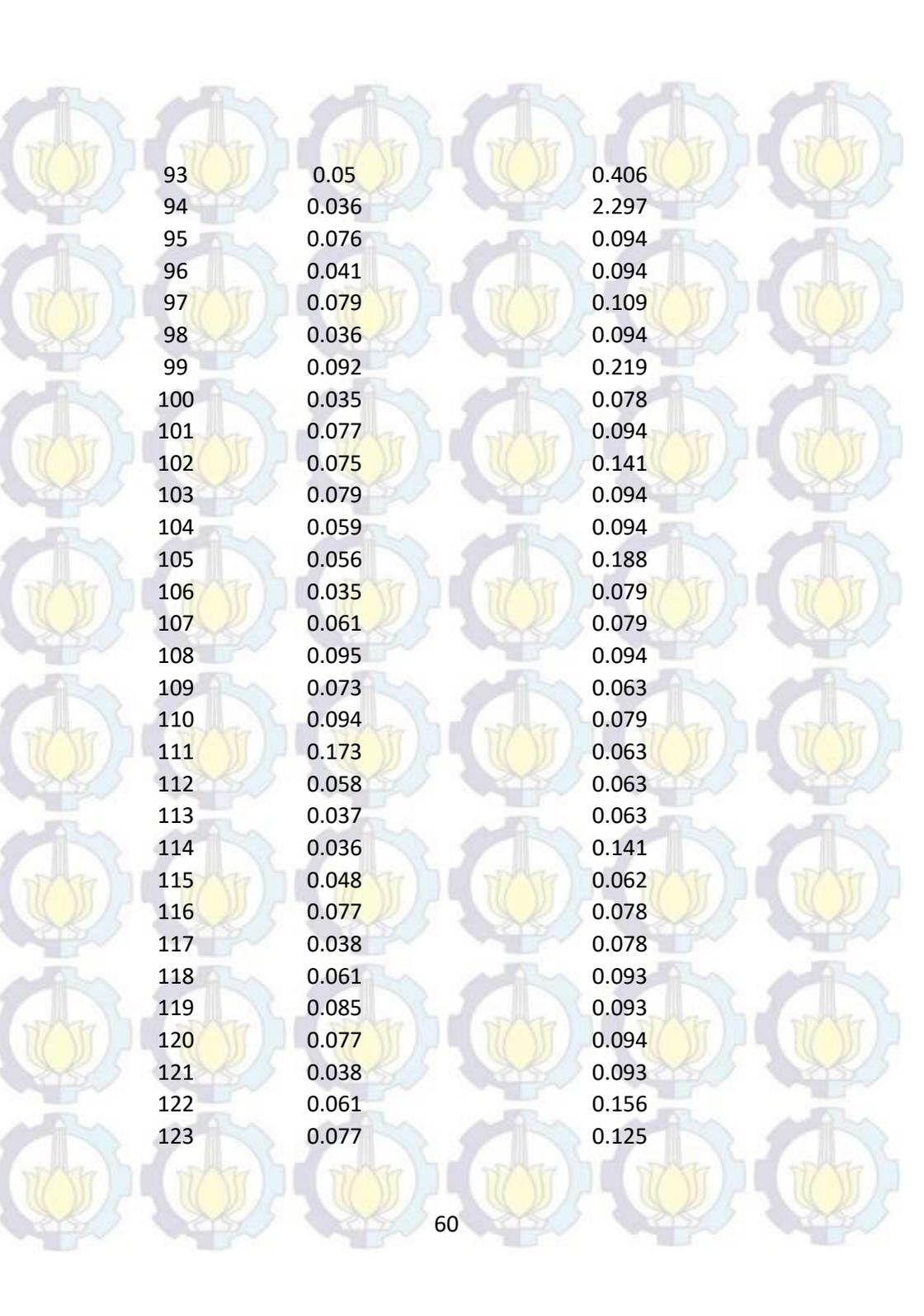
Data ke	RTT provider XL (s)	RTT telkomsel(s)
1	0.067	0.156
2	0.071	0.235
3	0.071	1.141
4	0.071	0.125
5	0.083	0.391
6	0.063	0.203
7	0.087	0.125
8	0.07	0.109
9	0.067	0.094
10	0.076	0.187
11	0.073	0.157
12	0.06	0.203
13	0.063	0.781
14	0.056	0.094
15	0.088	0.078
16	0.061	0.079
17	0.059	0.063
18	0.069	0.094
19	0.057	0.063
20	0.08	0.078
21	0.058	0.062
22	0.076	0.079
23	0.062	0.062
24	0.063	0.062
25	0.074	0.079
26	0.081	0.172
27	0.095	0.093
28	0.058	0.094
29	0.078	0.406
30	0.073	0.313



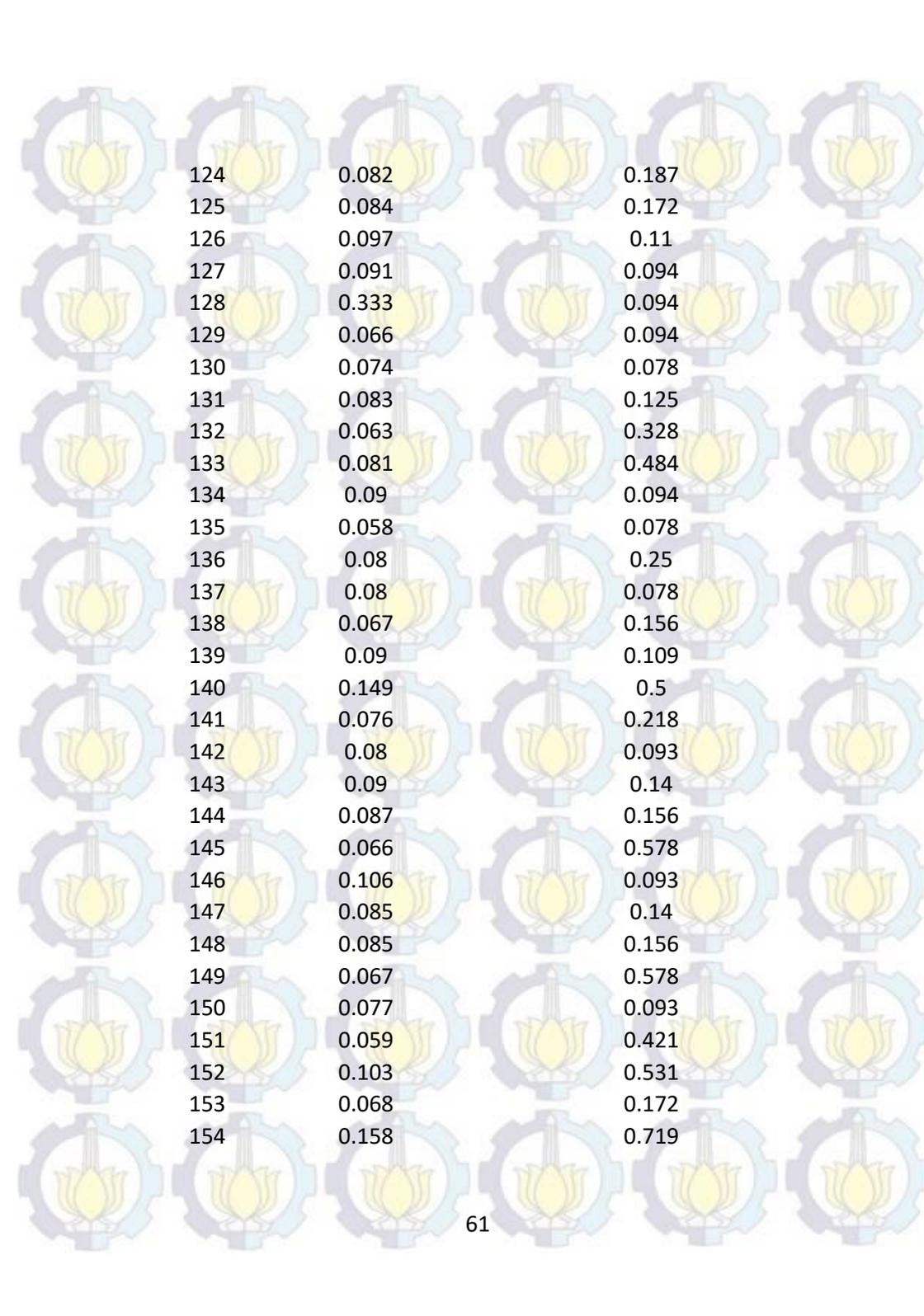
31	0.075	1.937
32	0.073	0.969
33	0.059	0.375
34	0.084	2.703
35	0.069	0.266
36	0.055	0.141
37	0.058	0.125
38	0.066	0.172
39	0.066	0.266
40	0.063	0.187
41	0.071	0.11
42	0.078	0.094
43	0.07	0.297
44	0.069	0.125
45	0.06	0.234
46	0.073	0.094
47	0.073	0.079
48	0.082	0.078
49	0.074	0.11
50	0.06	0.094
51	0.046	0.062
52	0.071	0.078
53	0.035	0.079
54	0.038	0.078
55	0.062	0.11
56	0.089	0.062
57	0.068	0.079
58	0.031	0.078
59	0.073	0.094
60	0.037	0.078
61	0.074	0.078



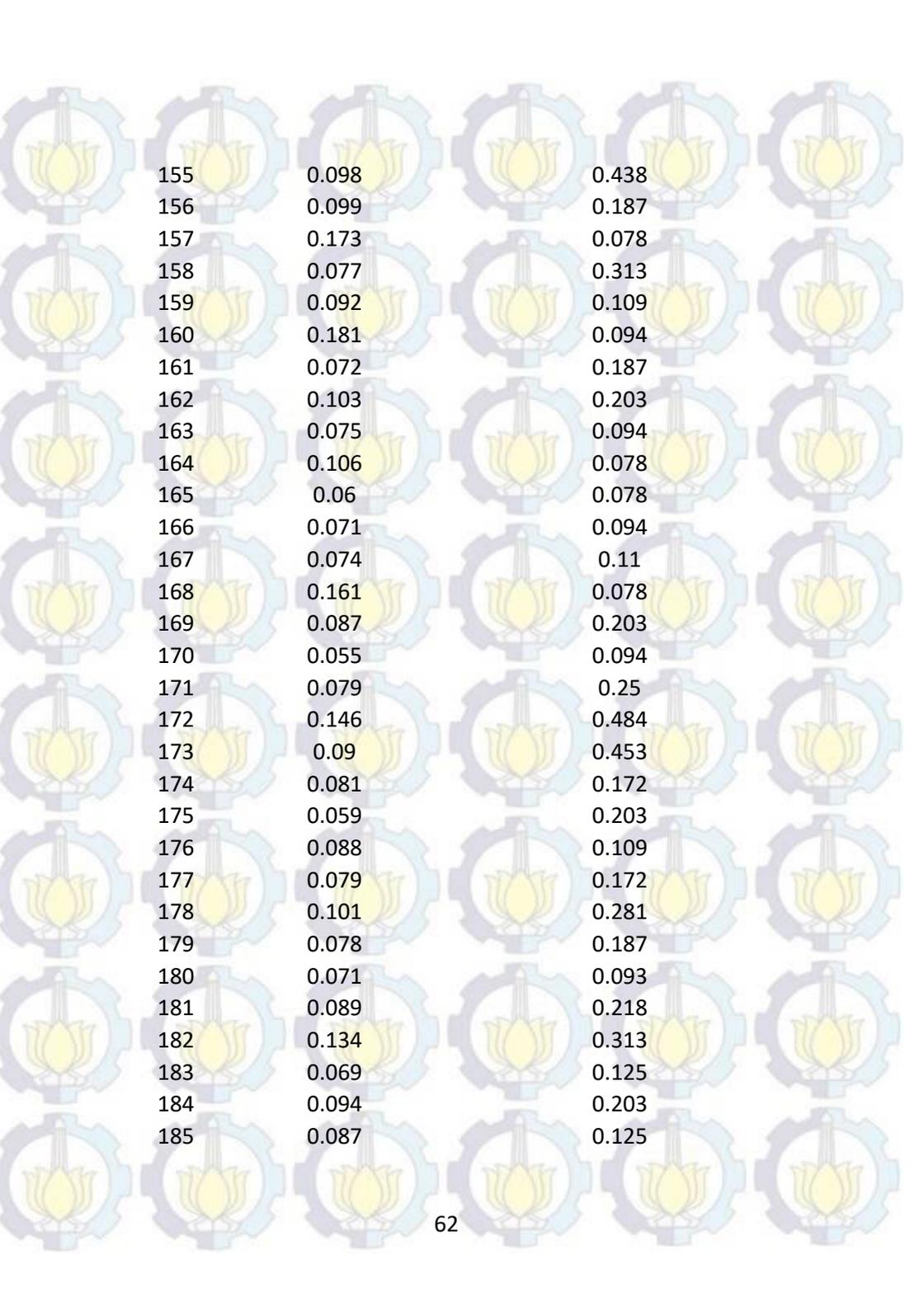
62	0.081	0.062
63	0.029	0.078
64	0.037	0.063
65	0.063	0.063
66	0.038	0.063
67	0.059	0.062
68	0.037	0.093
69	0.028	0.063
70	0.037	0.078
71	0.081	0.063
72	0.061	0.062
73	0.033	0.093
74	0.038	0.235
75	0.052	0.156
76	0.071	0.078
77	0.041	0.188
78	0.04	0.078
79	0.071	0.125
80	0.063	0.235
81	0.068	0.36
82	0.069	0.093
83	0.07	0.078
84	0.076	0.328
85	0.072	0.344
86	0.06	0.531
87	0.146	0.172
88	0.038	0.594
89	0.073	0.844
90	0.078	0.781
91	0.092	0.188
92	0.039	0.188



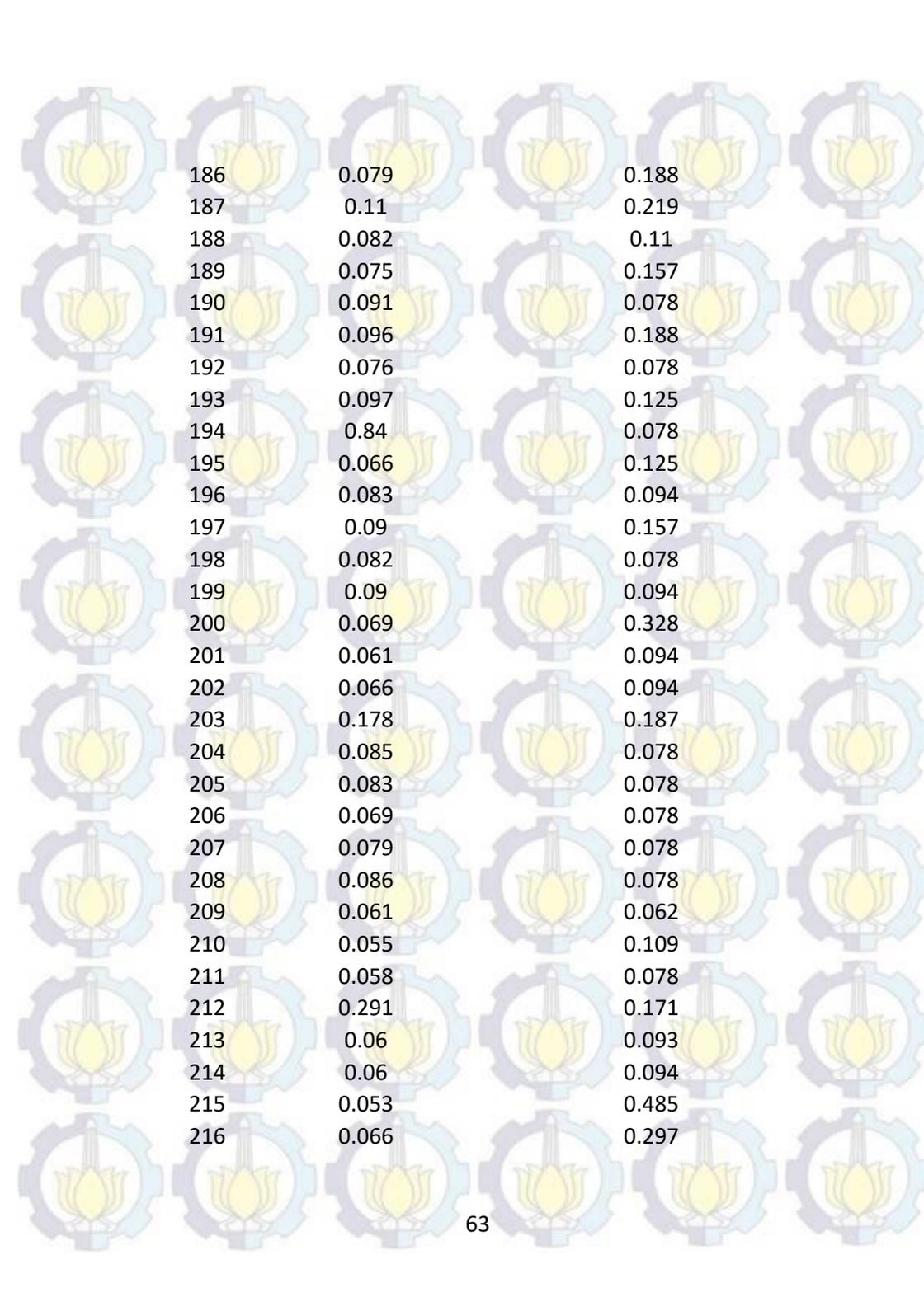
93	0.05	0.406
94	0.036	2.297
95	0.076	0.094
96	0.041	0.094
97	0.079	0.109
98	0.036	0.094
99	0.092	0.219
100	0.035	0.078
101	0.077	0.094
102	0.075	0.141
103	0.079	0.094
104	0.059	0.094
105	0.056	0.188
106	0.035	0.079
107	0.061	0.079
108	0.095	0.094
109	0.073	0.063
110	0.094	0.079
111	0.173	0.063
112	0.058	0.063
113	0.037	0.063
114	0.036	0.141
115	0.048	0.062
116	0.077	0.078
117	0.038	0.078
118	0.061	0.093
119	0.085	0.093
120	0.077	0.094
121	0.038	0.093
122	0.061	0.156
123	0.077	0.125



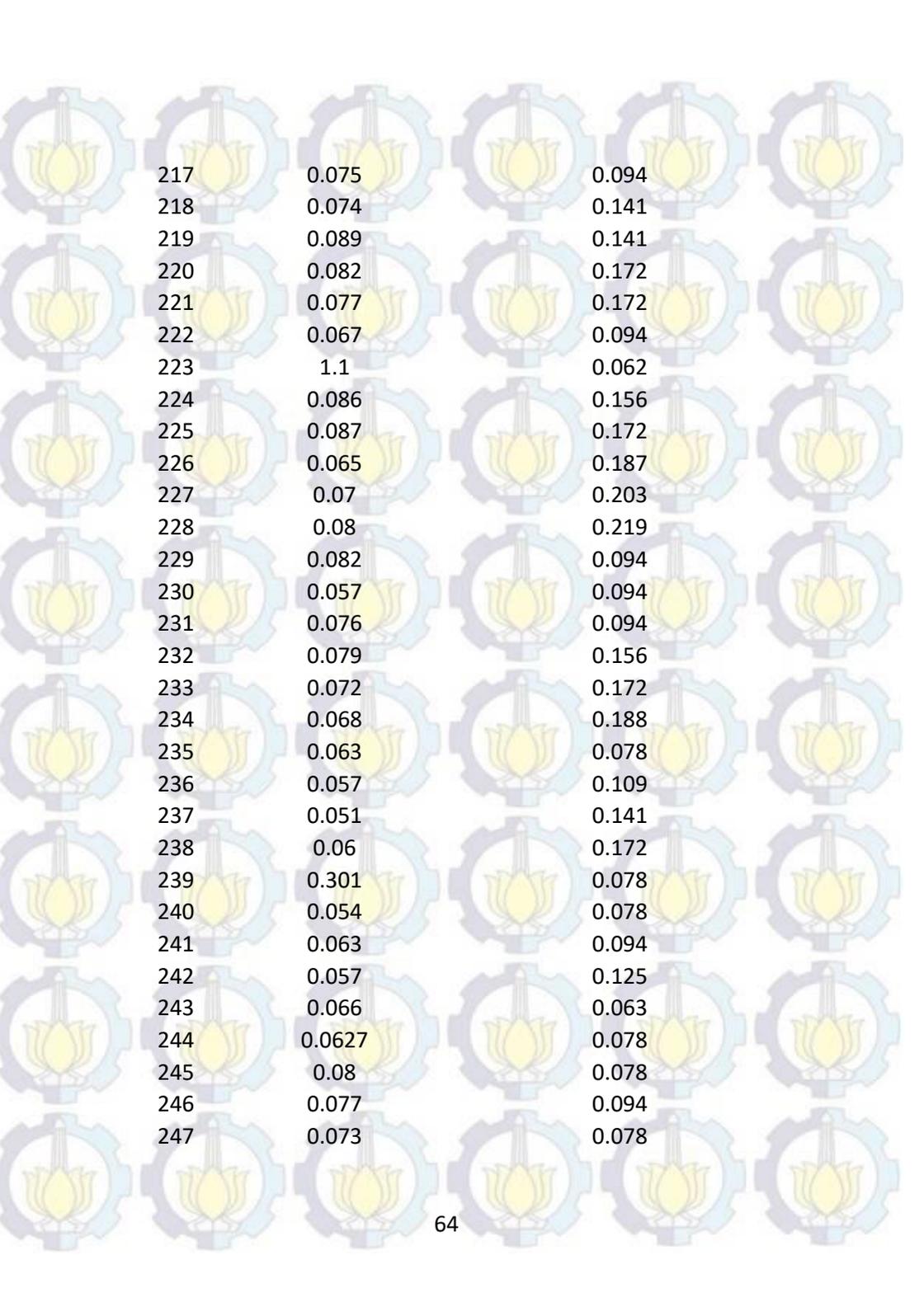
124	0.082	0.187
125	0.084	0.172
126	0.097	0.11
127	0.091	0.094
128	0.333	0.094
129	0.066	0.094
130	0.074	0.078
131	0.083	0.125
132	0.063	0.328
133	0.081	0.484
134	0.09	0.094
135	0.058	0.078
136	0.08	0.25
137	0.08	0.078
138	0.067	0.156
139	0.09	0.109
140	0.149	0.5
141	0.076	0.218
142	0.08	0.093
143	0.09	0.14
144	0.087	0.156
145	0.066	0.578
146	0.106	0.093
147	0.085	0.14
148	0.085	0.156
149	0.067	0.578
150	0.077	0.093
151	0.059	0.421
152	0.103	0.531
153	0.068	0.172
154	0.158	0.719



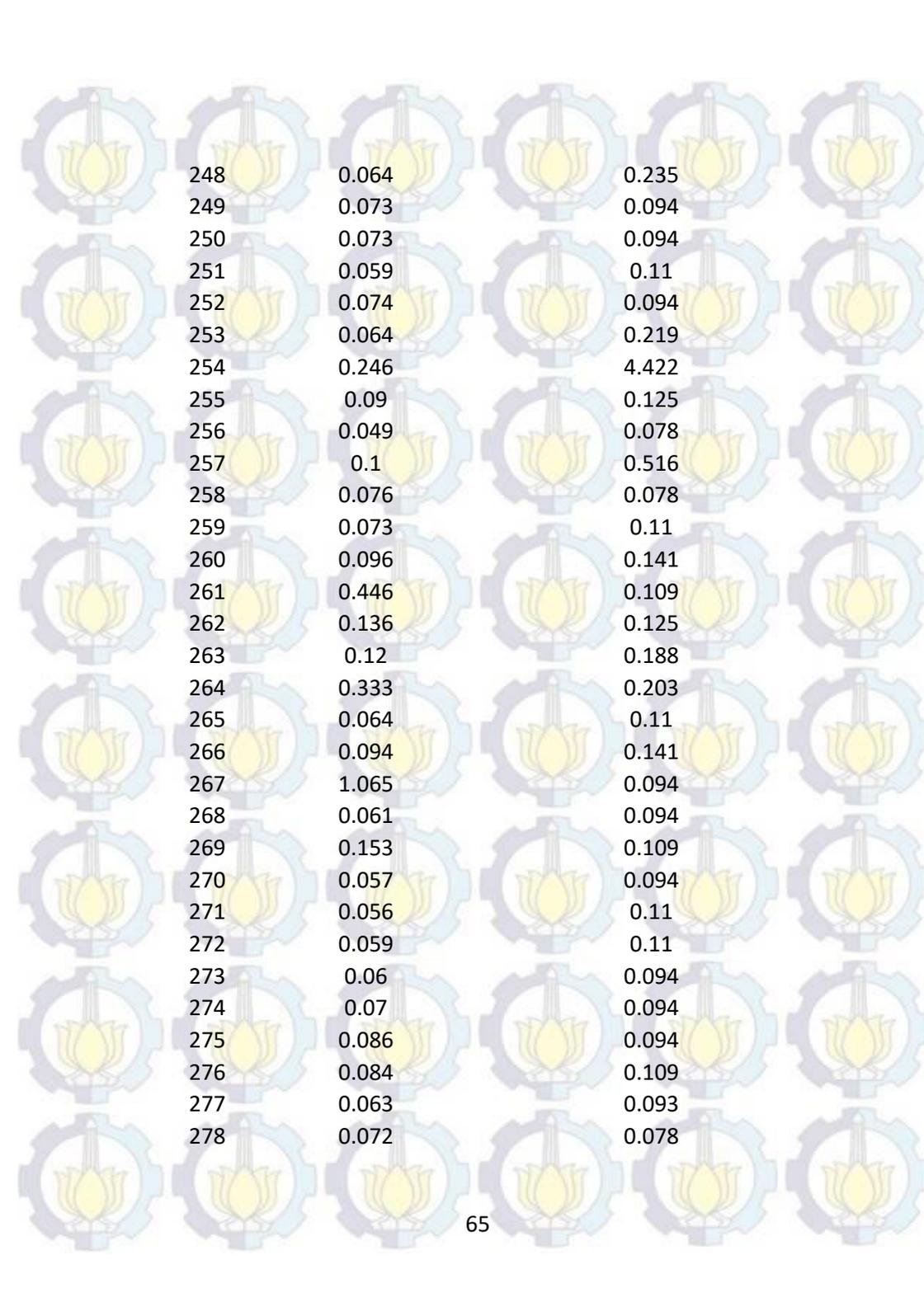
155	0.098	0.438
156	0.099	0.187
157	0.173	0.078
158	0.077	0.313
159	0.092	0.109
160	0.181	0.094
161	0.072	0.187
162	0.103	0.203
163	0.075	0.094
164	0.106	0.078
165	0.06	0.078
166	0.071	0.094
167	0.074	0.11
168	0.161	0.078
169	0.087	0.203
170	0.055	0.094
171	0.079	0.25
172	0.146	0.484
173	0.09	0.453
174	0.081	0.172
175	0.059	0.203
176	0.088	0.109
177	0.079	0.172
178	0.101	0.281
179	0.078	0.187
180	0.071	0.093
181	0.089	0.218
182	0.134	0.313
183	0.069	0.125
184	0.094	0.203
185	0.087	0.125



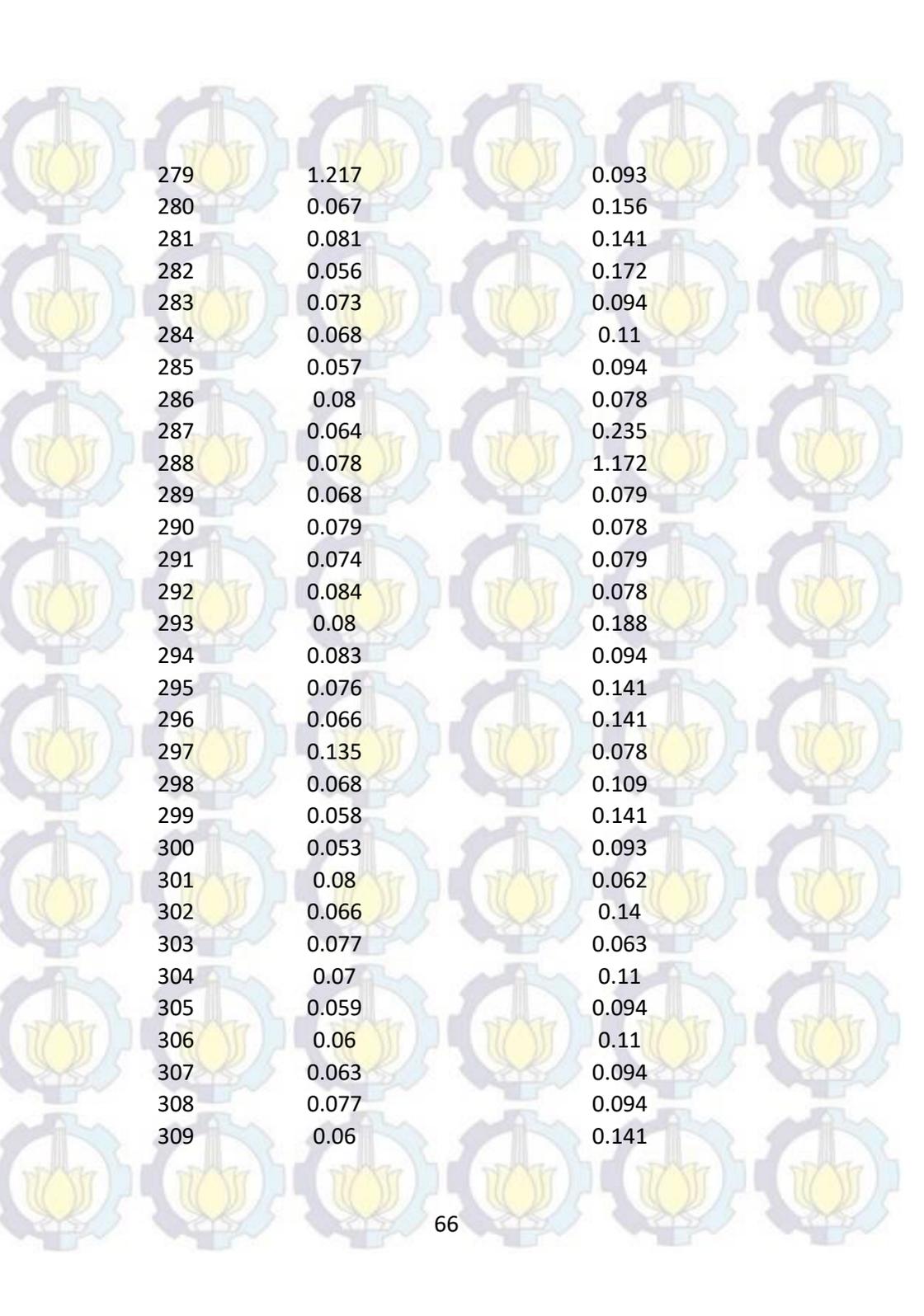
186	0.079	0.188
187	0.11	0.219
188	0.082	0.11
189	0.075	0.157
190	0.091	0.078
191	0.096	0.188
192	0.076	0.078
193	0.097	0.125
194	0.84	0.078
195	0.066	0.125
196	0.083	0.094
197	0.09	0.157
198	0.082	0.078
199	0.09	0.094
200	0.069	0.328
201	0.061	0.094
202	0.066	0.094
203	0.178	0.187
204	0.085	0.078
205	0.083	0.078
206	0.069	0.078
207	0.079	0.078
208	0.086	0.078
209	0.061	0.062
210	0.055	0.109
211	0.058	0.078
212	0.291	0.171
213	0.06	0.093
214	0.06	0.094
215	0.053	0.485
216	0.066	0.297



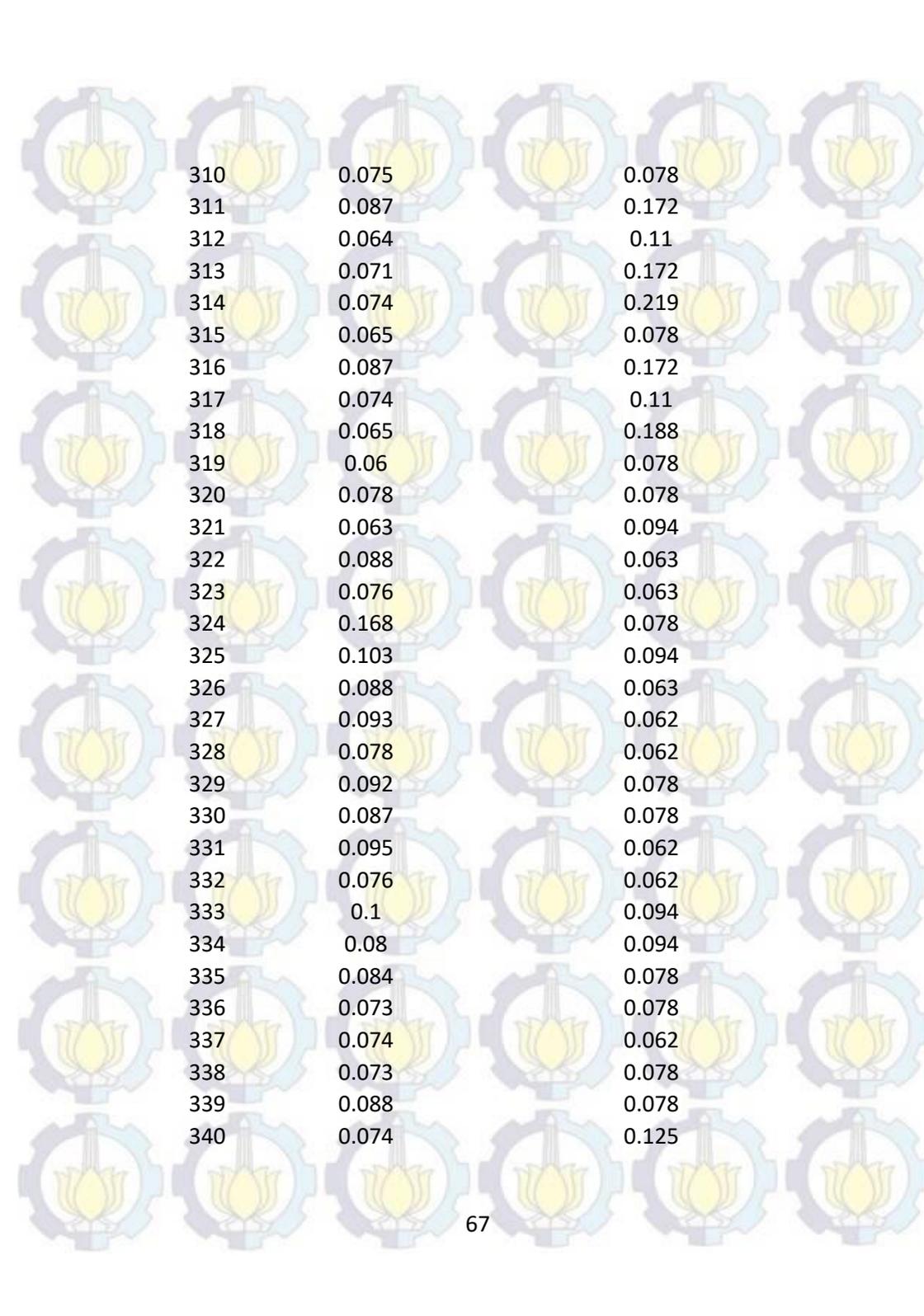
217	0.075	0.094
218	0.074	0.141
219	0.089	0.141
220	0.082	0.172
221	0.077	0.172
222	0.067	0.094
223	1.1	0.062
224	0.086	0.156
225	0.087	0.172
226	0.065	0.187
227	0.07	0.203
228	0.08	0.219
229	0.082	0.094
230	0.057	0.094
231	0.076	0.094
232	0.079	0.156
233	0.072	0.172
234	0.068	0.188
235	0.063	0.078
236	0.057	0.109
237	0.051	0.141
238	0.06	0.172
239	0.301	0.078
240	0.054	0.078
241	0.063	0.094
242	0.057	0.125
243	0.066	0.063
244	0.0627	0.078
245	0.08	0.078
246	0.077	0.094
247	0.073	0.078



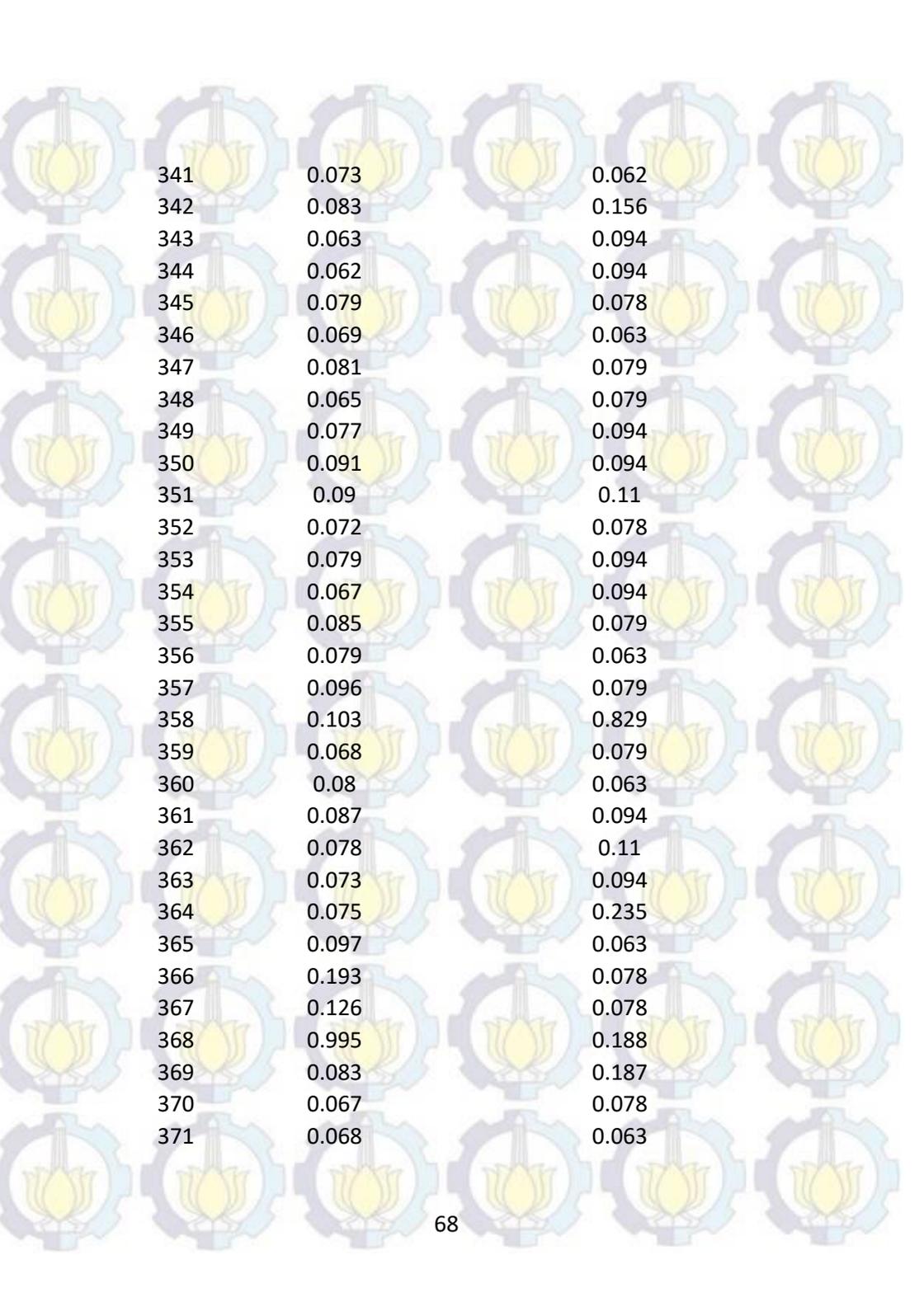
248	0.064	0.235
249	0.073	0.094
250	0.073	0.094
251	0.059	0.11
252	0.074	0.094
253	0.064	0.219
254	0.246	4.422
255	0.09	0.125
256	0.049	0.078
257	0.1	0.516
258	0.076	0.078
259	0.073	0.11
260	0.096	0.141
261	0.446	0.109
262	0.136	0.125
263	0.12	0.188
264	0.333	0.203
265	0.064	0.11
266	0.094	0.141
267	1.065	0.094
268	0.061	0.094
269	0.153	0.109
270	0.057	0.094
271	0.056	0.11
272	0.059	0.11
273	0.06	0.094
274	0.07	0.094
275	0.086	0.094
276	0.084	0.109
277	0.063	0.093
278	0.072	0.078



279	1.217	0.093
280	0.067	0.156
281	0.081	0.141
282	0.056	0.172
283	0.073	0.094
284	0.068	0.11
285	0.057	0.094
286	0.08	0.078
287	0.064	0.235
288	0.078	1.172
289	0.068	0.079
290	0.079	0.078
291	0.074	0.079
292	0.084	0.078
293	0.08	0.188
294	0.083	0.094
295	0.076	0.141
296	0.066	0.141
297	0.135	0.078
298	0.068	0.109
299	0.058	0.141
300	0.053	0.093
301	0.08	0.062
302	0.066	0.14
303	0.077	0.063
304	0.07	0.11
305	0.059	0.094
306	0.06	0.11
307	0.063	0.094
308	0.077	0.094
309	0.06	0.141

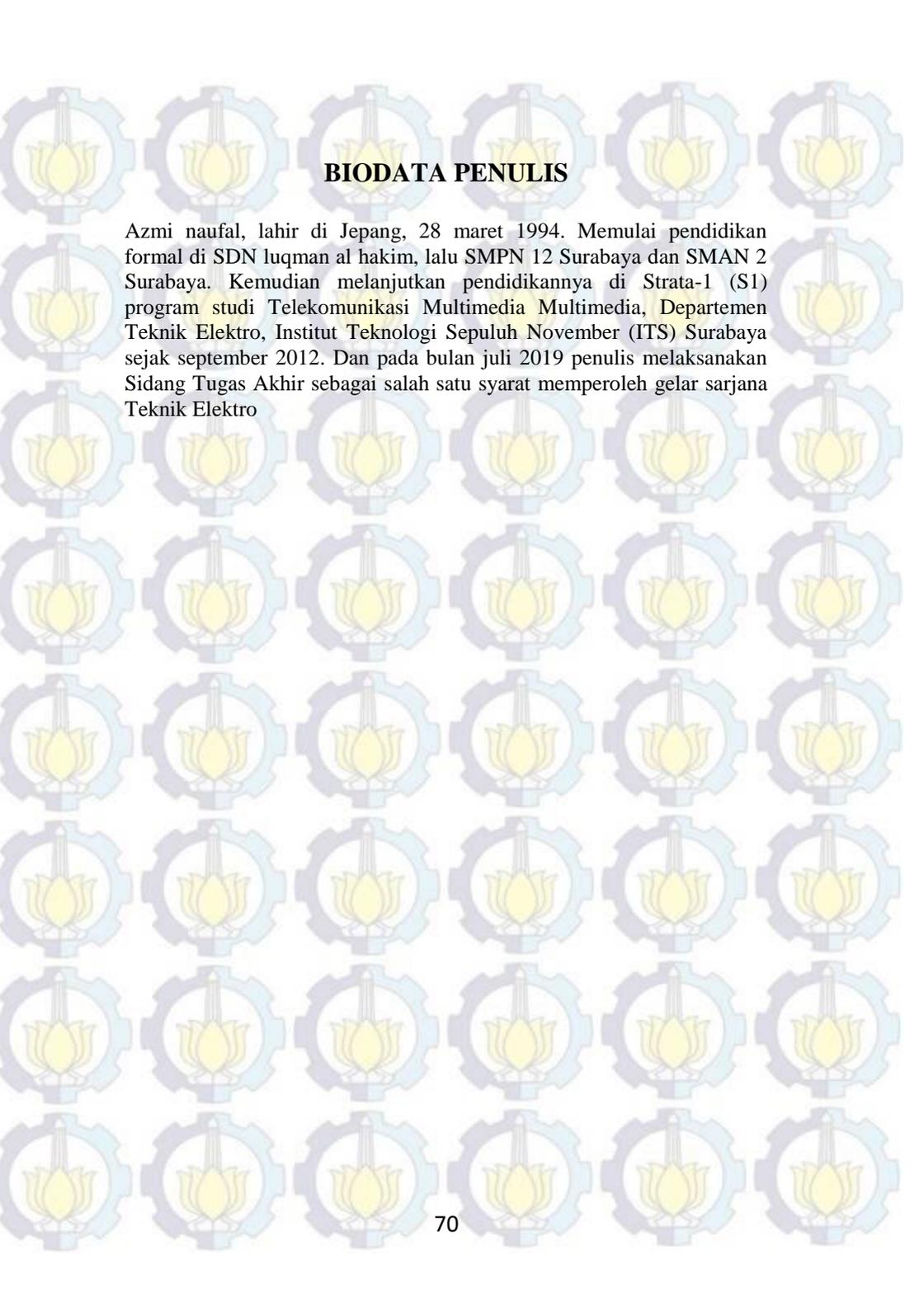


310	0.075	0.078
311	0.087	0.172
312	0.064	0.11
313	0.071	0.172
314	0.074	0.219
315	0.065	0.078
316	0.087	0.172
317	0.074	0.11
318	0.065	0.188
319	0.06	0.078
320	0.078	0.078
321	0.063	0.094
322	0.088	0.063
323	0.076	0.063
324	0.168	0.078
325	0.103	0.094
326	0.088	0.063
327	0.093	0.062
328	0.078	0.062
329	0.092	0.078
330	0.087	0.078
331	0.095	0.062
332	0.076	0.062
333	0.1	0.094
334	0.08	0.094
335	0.084	0.078
336	0.073	0.078
337	0.074	0.062
338	0.073	0.078
339	0.088	0.078
340	0.074	0.125



341	0.073	0.062
342	0.083	0.156
343	0.063	0.094
344	0.062	0.094
345	0.079	0.078
346	0.069	0.063
347	0.081	0.079
348	0.065	0.079
349	0.077	0.094
350	0.091	0.094
351	0.09	0.11
352	0.072	0.078
353	0.079	0.094
354	0.067	0.094
355	0.085	0.079
356	0.079	0.063
357	0.096	0.079
358	0.103	0.829
359	0.068	0.079
360	0.08	0.063
361	0.087	0.094
362	0.078	0.11
363	0.073	0.094
364	0.075	0.235
365	0.097	0.063
366	0.193	0.078
367	0.126	0.078
368	0.995	0.188
369	0.083	0.187
370	0.067	0.078
371	0.068	0.063

372	0.079	0.078
373	0.767	0.078
374	0.087	0.063
375	0.063	0.063
376	0.163	0.203
377	0.079	0.109
378	0.353	0.109
379	0.566	0.093
380	0.176	0.078
381	0.674	0.093
382	0.129	0.093
383	0.096	0.14
384	0.064	0.156
385	0.111	0.078
386	0.567	0.093
387	0.097	0.078
388	0.109	0.562
389	0.087	2.562
390	0.07	0.093
391	0.078	0.078
392	0.101	0.172
393	0.074	0.078
394	0.0092	0.078
395	0.084	0.343
396	0.086	0.063
397	0.069	0.094
398	0.095	0.157
399	0.097	0.094



## **BIODATA PENULIS**

Azmi naufal, lahir di Jepang, 28 maret 1994. Memulai pendidikan formal di SDN luqman al hakim, lalu SMPN 12 Surabaya dan SMAN 2 Surabaya. Kemudian melanjutkan pendidikannya di Strata-1 (S1) program studi Telekomunikasi Multimedia Multimedia, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya sejak september 2012. Dan pada bulan juli 2019 penulis melaksanakan Sidang Tugas Akhir sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro

