

**ANALISIS JARINGAN 4G PADA PROVIDER SELULER
DENGAN PARAMETER QUALITY OF SERVICE DI AREA
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1) PADA PROGRAM
STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG



DISUSUN OLEH :

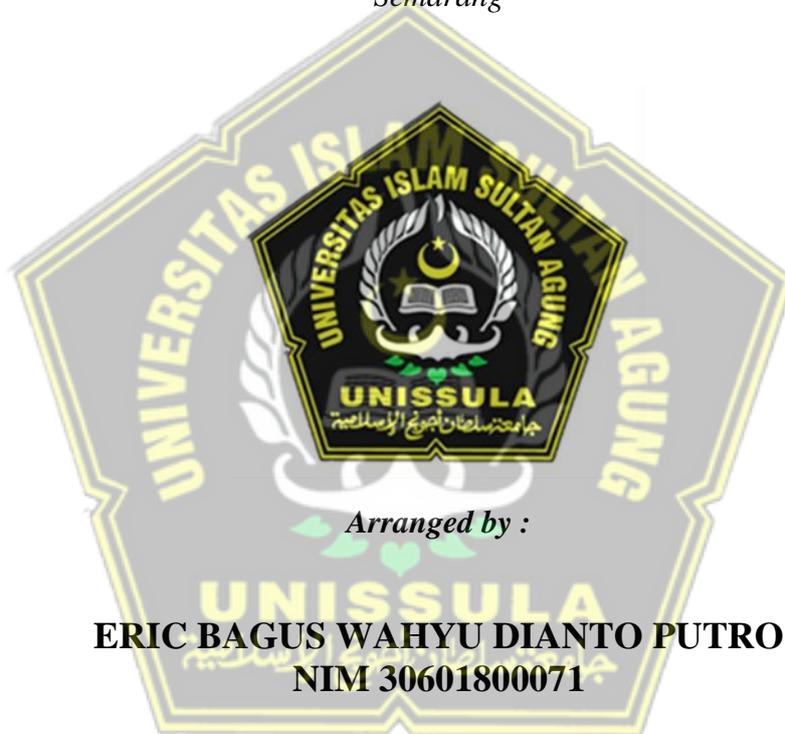
**ERIC BAGUS WAHYU DIANTO PUTRO
NIM 30601800071**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2025**

FINAL PROJECT

ANALYSIS OF 4G NETWORK PERFORMANCE ON CELLULAR PROVIDERS USING QUALITY OF SERVICE PARAMETER IN THE AREA OF SULTAN AGUNG SEMARANG

The reports was prepared to fulfill one of the requirements for obtaining a Bachelor's degree in the Electrical Engineering Study Program, Faculty of Industrial Technology, University of Sultan Agung Semarang



Arranged by :

**ERIC BAGUS WAHYU DIANTO PUTRO
NIM 30601800071**

***DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG***

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Jaringan 4G Pada Provider Seluler Dengan Parameter Quality Of Service Di Area Universitas Islam Sultan Agung Semarang” disusun oleh :

Nama : Eric Bagus Wahyu Dianto Putro
NIM : 30601800071
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Senin
Tanggal : 2 juni 2025

Pembimbing I


Jenny Putri Hapsari, ST, MT
NIDN. 0607018501

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro


Jenny Putri Hapsari, ST, MT
NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Jaringan 4G Pada Provider Seluler Dengan Parameter Quality Of Service Di Area Universitas Islam Sultan Agung Semarang**” ini telah dipertahankan di depan Dosen Penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Senin
Tanggal : 2 Juni 2025

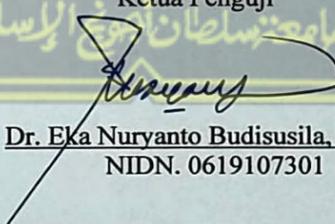
Penguji I

Penguji II


Prof. Dr. Ar. Sri Arttini Dwi
Prasetyowati, M.Si
NIDN. 0620026501


Jenny Putri Hapsari, ST, MT
NIDN. 0607018501

Mengetahui,
Ketua Penguji


Dr. Eka Nuryanto Budisusila, ST, MT
NIDN. 0619107301

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eric Bagus Wahyu Dianto Putro
NIM : 30601800071
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) **Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang** dengan judul **“ANALISIS JARINGAN 4G PADA PROVIDER SELULER DENGAN PARAMETER QUALITY OF SERVICE DI AREA UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG”**, adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diaacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Semarang, 21, Mei 2025
Yang Menyatakan

Mahasiswa



Eric Bagus WDP
NIM. 30601800071

PERNYATAAN PERSETUJUAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Eric Bagus Wahyu Dianto Putro

NIM : 30601800071

Program Studi

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Jaringan 4g Pada Provider Seluler Dengan Parameter Quality Of Service Di Area Universitas Islam Sultan Agung Semarang**”

dan menyetujuinya menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung Semarang serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, di alih mediakan, di kelola dan sebagai pangkalan data, serta di publikasikan pada internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh, apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran hak cipta / plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 5 Juni 2025

Mahasiswa



Eric Bagus WDP

NIM. 30601800071

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan :

Pertama,

Kedua orang tua saya yang saya banggakan karena mereka sudah membesarkan saya dan penunjang semangat bagi saya untuk penyelesaian studi saya

Kedua,

Kepada seluruh teman dan rekan yang telah memberikan semangat, motivasi serta mendoakan saya selama proses penyusunan penelitian ini

Ketiga,

Kepada seluruh dosen dan staff Fakultas Teknologi Industri Unissula Semarang yang telah memberikan ilmu serta sarana untuk pembelajaran saya di bangku studi



HALAMAN MOTTO

Motto :

" Dan aku senantiasa menyerahkan urusanku kepada Allah, sesungguhnya Allah maha melihat akan keadaan hamba-hambanya."

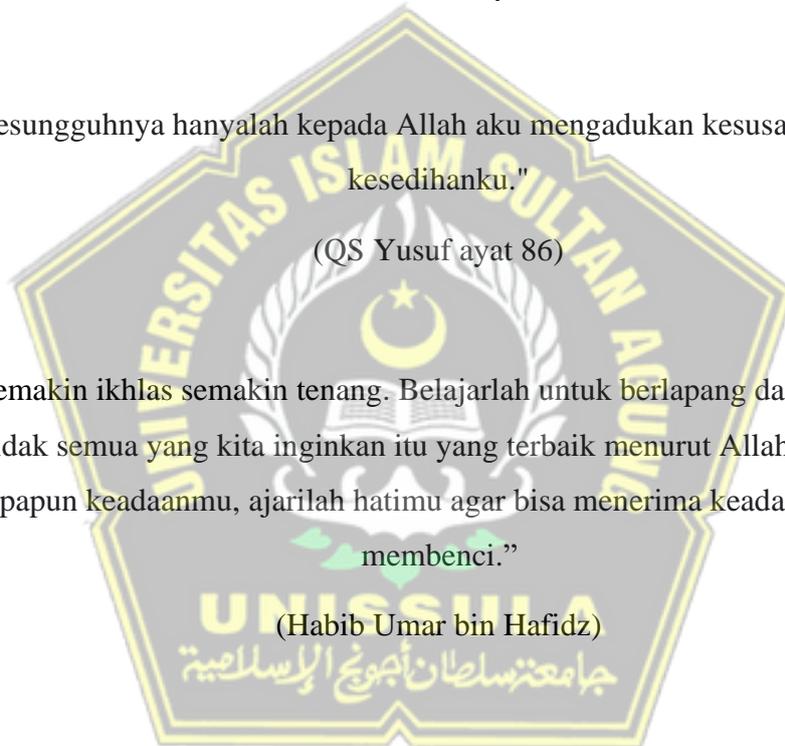
(QS Al-Ghafir ayat 44)

" Sesungguhnya hanyalah kepada Allah aku mengadukan kesusahanku dan kesedihanku."

(QS Yusuf ayat 86)

“Semakin ikhlas semakin tenang. Belajarlah untuk berlapang dada, karena tidak semua yang kita inginkan itu yang terbaik menurut Allah. Sesulit apapun keadaanmu, ajarilah hatimu agar bisa menerima keadaan tanpa membenci.”

(Habib Umar bin Hafidz)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah dan masih memberikan anugerah iman dan islam sehingga masih berkesempatan untuk menuntut ilmu dalam keadaan sehat wal'afiat di Universitas yang penuh berkah ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Rasulullah SAW yang selalu kita harapkan syafa'at dan pertolongannya di hari akhir nanti.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. banyak pihak yang telah memberikan bantuan serta doa oleh karena itu ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan mensyukuri dengan doa yang tiada hingganya kepada:

1. Dr. Novi Marlyana, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT selaku dosen pembimbing I atas bantuan dan bimbingannya dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen dan karyawan Prodi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan dan bantuannya hingga penulis selesai menyusun tugas akhir ini.

menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna, baik dari segi materi maupun penyajiannya, untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN KARYA ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II.....	6
DASAR TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Internet	7
2.3 Internet Service Provider.....	7
2.4 Base Tranceiver Station	8
2.5 <i>Quality of Service</i>	9

2.6	Jaringan LTE.....	12
2.7	Global System for Mobile Communication	19
2.8	G – Net Track Pro	20
2.9	NetVelocity	21
2.10	Received Level Signal (Rx Level).....	22
2.11	RSRQ	23
2.12	RSRP	24
2.13	RSSI	25
2.14	SNR.....	25
2.15	Drive Test.....	26
2.16	CDMA.....	26
2.17	Metode <i>Handover</i>	28
2.18	Pengembangan Teknologi.....	29
BAB III		28
METODE PENELITIAN.....		28
3.1	Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.1.1	Perangkat Keras	28
3.1.2	Perangkat Lunak.....	28
3.2	Waktu Penelitian	28
3.3	Tempat Penelitian.....	28
3.4	Langkah – langkah Simulasi	30
3.5	Rute Pengujian Drive Test	31
3.6	Pengujian kecepatan <i>download, upload</i> dan <i>delay</i>	33
3.7	Alur Penelitian	36
BAB IV		37
HASIL DAN ANALISA.....		37
4.1	Hasil Pengukuran Drive Test	46
4.1.1	Hasil Analisis RSRP	46
4.1.2	Hasil Analisis RSRQ.....	48
4.1.3	Hasil Analisis SNR	51
4.2	Hasil Pengukuran <i>Quality of Service</i>	53
4.2.1	Analisis Kecepatan Download Telkomsel dan Smartfren	54

4.2.2	Analisis Kecepatan Upload Telkomsel dan Smartfren	56
4.2.3	Hasil Analisis Delay Telkomsel dan Smartfren	56
BAB V		58
KESIMPULAN		58
5.1	KESIMPULAN	58
5.2	SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN		62

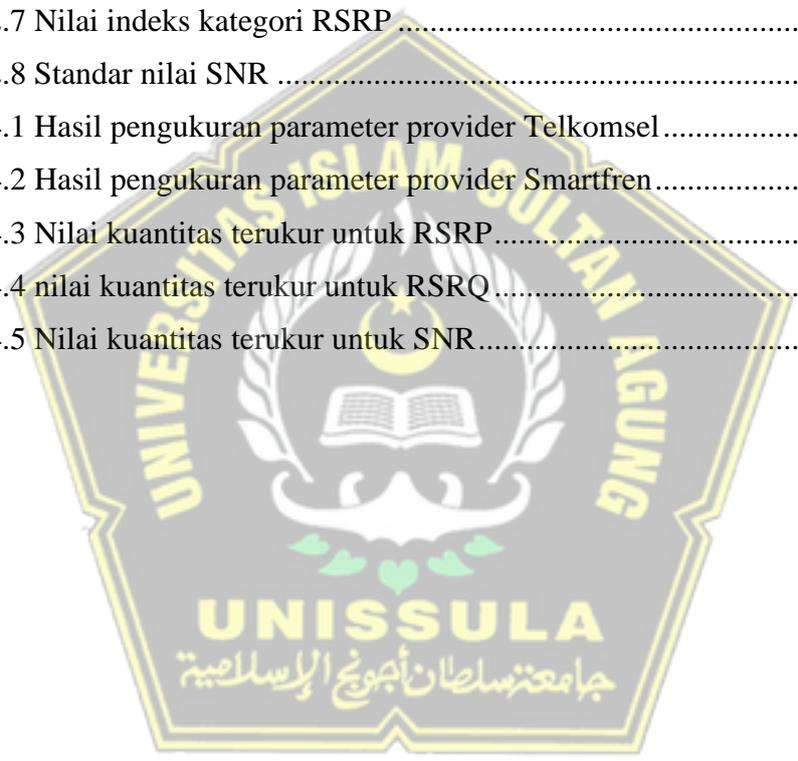


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Internet Service Provider	8
Gambar 2.2 Tower BTS	9
Gambar 2.4 Persentase pengguna operator seluler di Indonesia tahun 2022.....	15
Gambar 2.5 Data lokasi mengakses internet	16
Gambar 2.6 Arsitektur jaringan LTE	18
Gambar 2.7 GSM	19
Gambar 2.8 Tampilan menu awal aplikasi G – Net Track Pro	21
Gambar 2.9 Tampilan menu awal aplikasi NetVelocity	22
Gambar 3.1 Denah Universitas Islam Sultan Agung Semarang	29
Gambar 3.2 Flowchart alur perencanaan QoS	30
Gambar 3.3 peta rute <i>drive test</i>	32
Gambar 3.4 Gambar NetVelocity sebelum pengambilan data.....	35
Gambar 4.1 <i>Driving-Track</i> titik pengukuran	37
Gambar 4.2 Tampilan antarmuka aplikasi G-Net Track saat proses pengumpulan data	38
Gambar 4.3 Tampilan aplikasi G-Net Track.....	39
Gambar 4.4 Tampilan aplikasi NetVelocity.....	40
Gambar 4.6 Grafik histogram nilai RSRP Telkomsel.....	48
Gambar 4.7 Grafik histogram nilai RSRP Smartfren.....	48
Gambar 4.8 Grafik histogram nilai RSRQ Telkomsel.....	50
Gambar 4.9 Grafik histogram nilai RSRQ Smartfren.....	50
Gambar 4.10 Grafik histogram nilai SNR Telkomsel.....	52
Gambar 4.11 Grafik histogram nilai SNR Smartfren.....	53
Gambar 4.12 Tampilan antarmuka aplikasi NetVelocity saat proses pengumpulan data jaringan Telkomsel	53
Gambar 4.13 Tampilan antarmuka aplikasi NetVelocity pada saat pengambilan data jaringan Smartfren.....	54
Gambar 4.14 Grafik perbandingan kecepatan <i>download</i>	55
Gambar 4.15 Grafik perbandingan kecepatan <i>upload</i>	56
Gambar 4.16 Grafik perbandingan <i>delay</i>	57

DAFTAR TABEL

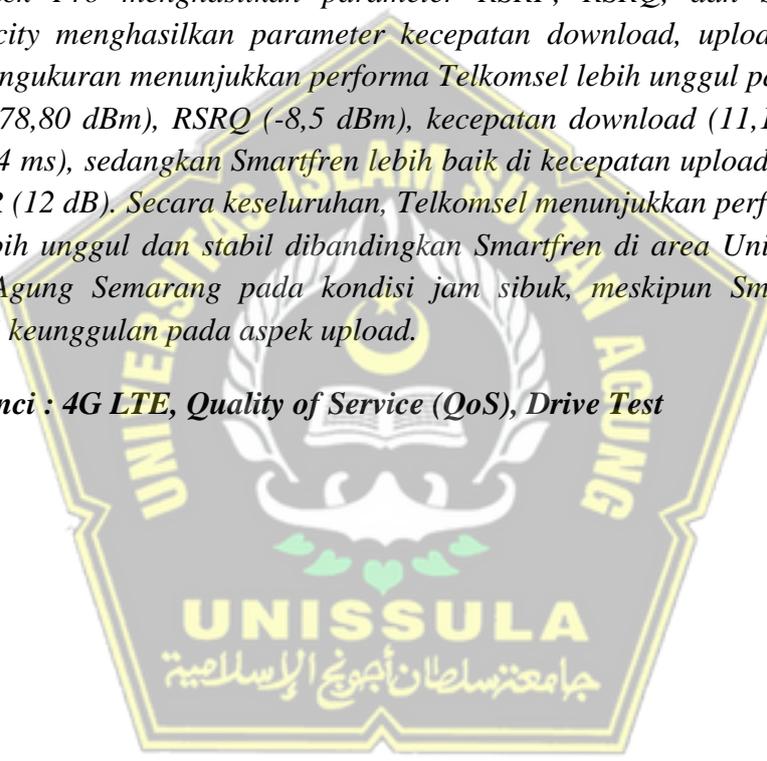
Tabel 2.1 Indeks Parameter QoS.....	9
Tabel 2.2 Indeks parameter <i>delay</i>	12
Tabel 2.3 Tabel data akses internet di Provinsi Jawa Tengah.....	15
Tabel 2.5 Standar Parameter Rx level.....	23
Tabel 2.6 Nilai indeks kategori RSRQ.....	24
Tabel 2.7 Nilai indeks kategori RSRP	25
Tabel 2.8 Standar nilai SNR	26
Tabel 4.1 Hasil pengukuran parameter provider Telkomsel.....	42
Tabel 4.2 Hasil pengukuran parameter provider Smartfren.....	44
Tabel 4.3 Nilai kuantitas terukur untuk RSRP.....	46
Tabel 4.4 nilai kuantitas terukur untuk RSRQ.....	49
Tabel 4.5 Nilai kuantitas terukur untuk SNR.....	51



ABSTRAK

LTE dirancang untuk menyediakan efisiensi spektrum, serta layanan mobile broadband berkualitas tinggi bagi pengguna. dengan adanya teknologi ini kecepatan data rate yang dikirimkan jadi meningkat. Penelitian ini menggunakan metode Drive Test yang dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi mengenai kondisi penyebaran jaringan secara real time. pengumpulan informasi dilakukan di Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang. Analisa menggunakan parameter Quality of Service (QoS), Informasi yang dikumpulkan berupa Radio Frequency (RF) dilakukan Pengukuran kualitas sinyal menggunakan aplikasi G – Net Track Pro menghasilkan parameter RSRP, RSRQ, dan SNR. Aplikasi NetVelocity menghasilkan parameter kecepatan download, upload, dan delay. Hasil pengukuran menunjukkan performa Telkomsel lebih unggul pada parameter RSRP (-78,80 dBm), RSRQ (-8,5 dBm), kecepatan download (11,14 Mbps), dan delay (34 ms), sedangkan Smartfren lebih baik di kecepatan upload (17,94 Mbps) dan SNR (12 dB). Secara keseluruhan, Telkomsel menunjukkan performa jaringan yang lebih unggul dan stabil dibandingkan Smartfren di area Universitas Islam Sultan Agung Semarang pada kondisi jam sibuk, meskipun Smartfren masih memiliki keunggulan pada aspek upload.

Kata kunci : *4G LTE, Quality of Service (QoS), Drive Test*



ABSTRACT

LTE is designed to provide spectrum efficiency and high-quality mobile broadband services for users, improving data transmission rates. This study employs the Drive Test method to collect real-time network coverage information. Data collection was conducted at Sultan Agung Islamic University (UNISSULA) Semarang. Analysis utilizes Quality of Service (QoS) parameters. Radio Frequency (RF) data collected through signal quality measurements using the G-Net Track Pro application generated RSRP (Reference Signal Received Power), RSRQ (Reference Signal Received Quality), and SNR (Signal-to-Noise Ratio) parameters. The NetVelocity application measured download speed, upload speed, and delay. Measurement result show Telkomsel superior performance in RSRP (-78,80 dBm), RSRQ (-8,5 dBm), download speed (11,14 Mbps), and delay (34 ms), while Smartfren performs better in upload (17,94 Mbps) and SNR (12 dB). Overall, Telkomsel demonstrates superior and more stable network performance compared to Smartfren in the Sultan Agung Islamic University Semarang area during peak hours, although Smartfren retains an advantage in upload speed.

Keyword : 4G LTE, Quality of Service (QoS), Drive Test.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan telekomunikasi nirkabel saat ini sudah berkembang sangat pesat. Kebutuhan orang untuk mengakses internet juga semakin tinggi. Perkembangan jaringan telekomunikasi nirkabel dimulai dari *first generation* (1G), *Second generation* (2G), *Third generation* (3G), *Fourth generation* (4G) yang disebut juga LTE (*Long Term Evolution*), dan yang terbaru saat ini *Fifth generation* (5G). LTE merupakan teknologi yang terstandarisasi oleh teknologi *third generation partnership* (3GPP).

Jaringan nirkabel *First Generation* (1G), pertama kali ditemukan oleh *Nippon Telegraph dan Telephone* pada tahun 1979 di Jepang. Jaringan ini pada awalnya hanyalah sebuah gelombang radio sederhana dan memanfaatkan teknologi *Frequency Division Multiple Acces* (FDMA). FDMA dapat membagi-bagi range frekuensinya sendiri sehingga pengguna bisa berbicara dengan yang lain tanpa tercampur dengan frekuensi lainnya. Teknologi ini kemudian disebut sebagai *Nordic Mobile Telephone* (NMT) dan *Advanced Mobile Phone Service* (AMPS) yang hanya mendukung komunikasi suara dengan kecepatan 14,4 Kbps.

Jaringan nirkabel *Second Generation* (2G), teknologi ini diperkenalkan di Finlandia pada tahun 1991 dengan ditandainya penggunaan gelombang digital. Teknologi ini disebut sebagai *Global System for Mobile* (GSM) dan *Code Division Multiple Acces* (CDMA) yang telah didukung dengan pengiriman teks dan pesan suara.

Jaringan nirkabel *Third Generation* (3G), ditemukan pertama kali di Jepang pada tahun 1998 dan kemudian baru diperkenalkan pada tahun 2001. Teknologi ini dikenal sebagai *Wideband Code Division Multiple Acces* (WCDMA) yang sudah mendukung kecepatan internet hingga 2 Mbps.

Jaringan nirkabel *Fourth Generation* (4G), pertama kali ditemukan pada tahun 2008 kemudian baru dikomersilkan di Stockholm, Swedia, Norwegia dan

Oslo pada tahun 2009. Jaringan 4G memiliki kecepatan 500x lebih cepat dibandingkan teknologi 3G, sehingga teknologi ini memiliki fungsionalitas tidak hanya terbatas pada telepon seluler saja, namun dapat digunakan di berbagai macam perangkat yang menggunakan gelombang digital. Teknologi 4G juga dapat menerima panggilan di atas frekuensi *Voice over LTE* (VoLTE) sehingga membuat pengguna dapat menerima kualitas telepon yang menjadi jauh lebih baik dari pada teknologi pendahulunya karena memanfaatkan frekuensi dengan teknologi terbaru.

Jaringan nirkabel *Fifth Generation* (5G), dikembangkan pertama kali di Korea Selatan pada tahun 2019. Konektivitas yang diberikan teknologi ini sangat cepat serta lebih responsif sehingga dapat berguna dalam meningkatkan performa teknologi sebelumnya. Jaringan generasi kelima didasarkan pada penggunaan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Teknologi tersebut merupakan sebuah metode modulasi sinyal digital di saluran tersendiri untuk mengurangi gangguan sinyal.

LTE dirancang untuk menyediakan efisiensi spektrum yang lebih baik, biaya operasional yang lebih murah, peningkatan kapasitas radio, serta layanan *mobile broadband* berkualitas tinggi bagi pengguna. LTE dikembangkan dari teknologi *Global System for Mobile* (GSM) dan *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS), dengan adanya teknologi ini kecepatan *data rate* yang dikirimkan jadi meningkat [1].

Drive Test penting dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai kondisi penyebaran jaringan secara real time pada lokasi yang ditentukan. Pada penelitian ini, lokasi pengumpulan informasi dilakukan di Universitas Islam Sultan Agung terutama pada lokasi taman di sekitar universitas yang banyak di akses oleh mahasiswa. Informasi yang dikumpulkan merupakan kondisi real time *Radio Frequency* (RF). Yang kemudian akan di analisa menggunakan parameter *Quality of Service* (QoS) dengan menggunakan aplikasi G-Net Track Pro dan NetVelocity [2].

G-Net Track Pro dan NetVelocity merupakan sebuah aplikasi yang beroperasi pada sistem android untuk memonitor jaringan secara *real time*. Pengukuran dapat dilakukan dengan metode *Walk Test* atau *Drive Test*, serta pengukuran dapat dilakukan didalam maupun diluar ruangan. Kedua aplikasi ini akan digunakan sebagai acuan untuk perhitungan standar *Quality of Service* (QoS).

Quality of Service (QoS) merupakan standar pengukuran tentang baik atau buruknya suatu kualitas jaringan dan dapat digunakan untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan. QoS digunakan untuk mengelola lalu lintas data seperti *download*, *upload*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* pada jaringan. Hasil dari perhitungan QoS akan dijadikan sebagai parameter untuk mengetahui baik atau buruknya kualitas sinyal [3].

Adapun tujuan dari studi ini adalah untuk mengukur kinerja jaringan 4G LTE pada jaringan Telkomsel dan Smartfren di wilayah universitas islam sultan agung semarang. area pengukuran meliputi beberapa lokasi strategis di universitas yang dapat dilalui oleh kendaraan seperti gedung rektorat, perpustakaan pusat, masjid, taman dan area parkir utama. Pengukuran akan dilakukan dengan menggunakan aplikasi G-Net Track Pro dan NetVelocity untuk mengumpulkan data secara *real time* di lapangan.

Parameter yang diukur meliputi *Reference Signal Received Quality* (RSRQ), *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Signal-to-Noise Rasio* (SNR), kecepatan *Download*, *upload*, dan *Delay*. Data ini akan di analisis untuk mengevaluasi kualitas jaringan di area tersebut. Selain itu, penelitian ini juga untuk membandingkan kinerja jaringan 4G LTE dari dua provider, yaitu Telkomsel dan Smartfren.

Tingginya aktivitas akademik dan operasional di universitas islam sultan agung semarang sering kali membuat jaringan 4G LTE tidak stabil, terutama pada jam sibuk. Hal ini berdampak pada pengalaman pengguna, seperti kecepatan internet yang lambat, koneksi yang sering terputus, dan kualitas panggilan suara yang kurang baik yang dirasakan oleh mahasiswa. Oleh karena itu penelitian

dilakukan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kualitas jaringan agar dapat mendukung kebutuhan pengguna dengan lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas jaringan *Global System for Mobile Communication* (GSM) pada lingkungan Universitas Islam Sultan Agung menggunakan parameter *Quality of Service* (QoS) dengan metode *Drive Test* sebagai upaya evaluasi dalam meningkatkan kualitas jaringan agar aktivitas mahasiswa dalam mengakses internet menjadi lebih lancar dan meningkat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kualitas sinyal jaringan Telkomsel dan Smartfren berdasarkan parameter *Quality of Service* di area Universitas Islam Sultan Agung Semarang?
2. Bagaimana perbandingan kualitas sinyal antara Telkomsel dan Smartfren pada kondisi jam sibuk berdasarkan hasil pengukuran menggunakan aplikasi G-Net Track Pro dan NetVelocity?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah diatas, agar tidak terjadi adanya penyimpangan dari pokok permasalahan maka dapat dibuat yaitu batasan masalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan informasi kondisi jaringan menggunakan metode *Drive Test* pada tanggal 17 Februari 2025 di jam 12:00 – 13:00 WIB
2. Analisis jaringan menggunakan parameter *Quality of Service* berdasarkan data yang diperoleh melalui aplikasi G-Net Track Pro dan NetVelocity.
3. Menggunakan 2 layanan provider Telkomsel dan Smartfren.
4. Pengukuran dilakukan pada kondisi jam sibuk, yaitu saat jam 12:00 – 13:00 WIB

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kualitas sinyal jaringan Telkomsel dan Smartfren berdasarkan parameter *Quality of Service* di area Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Untuk membandingkan kualitas sinyal antara Telkomsel dan Smartfren pada jam sibuk berdasarkan hasil pengukuran menggunakan aplikasi G-Net Track Pro dan NetVelocity.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Universitas

Sebagai bahan evaluasi universitas untuk mengetahui kualitas jaringan internet dari provider Telkomsel dan Smartfren, sehingga dapat mempertimbangkan penyedia layanan yang optimal untuk kebutuhan akses internet di lingkungan universitas.

2. Bagi Masyarakat

Memberikan informasi dan referensi bagi mahasiswa dan masyarakat umum mengenai kualitas sinyal 4G LTE dari provider Telkomsel dan Smartfren, khususnya pada kondisi jam sibuk di area universitas, sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam memilih layanan internet yang sesuai kebutuhan.

3. Bagi Penulis

Sebagai sarana untuk mengembangkan wawasan, kemampuan analisis, dan penerapan ilmu yang telah diperoleh dalam bentuk penelitian nyata, khususnya di bidang telekomunikasi dan pengukuran kualitas jaringan seluler.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada tugas akhir sebelumnya berjudul “Analisis Kualitas Jaringan 4G Menggunakan Parameter *Quality Of Service* Di Kota Makasar”. Menggunakan standarisasi TIPHON dan Lirneasia dimana hasil yang didapatkan untuk Smartfren memenuhi standart Lirneasia dan TIPHON pada enam jalan, Telkomsel memenuhi standart Lirneasia dan TIPHON pada empat jalan, dan Indosat memeuhi standart Lirneasia dan TIPHON pada enam jalan [4].

Pada penelitian yang dilakukan, “Analisis Sinyal 4G Pada Provider Seluler Menggunakan Metode Drive Test Uuntuk Kualitas Voice Over Internet Protocol (VoIP)”. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil pengujian kecepatan, dengan perbandingan kecepatan rendah (<40 KM/Jam) didapatkan data *handover* sebanyak 14 titik, dengan nilai kuat sinyal terbesar -53 dBm dan kuat sinyal terkecil -97dBm. Pada pengujian kecepatan, dengan perbandingan kecepatan tinggi (>40 KM/Jam) didapatkan data *handover* sebanyak 14 titik, dengan nilai kuat sinyal terbesar -45dBm, kuat sinyal terkecil -97dBm. Pada pengujian kecepatan percobaan ini, tidak terjadi perbedaan kualitas sinyal secara signifikan. Sehingga untuk parameter pembeda kecepatan interval kurang dari 40KM/Jam dengan lebih dari 40KM/Jam belum berpengaruh besar terhadap kualitas *handover* [5].

Tugas akhir dengan judul “Kinerja Jaringan 4G LTE Operator Mobile Di Ibukota Kalimantan Timur Dimasa Pandemi Covid19” Penelitian ini mengukur *Quality of Service experience* (QoSE) daya sinyal yang diterima (RSRP/RSRQ) dan *noise ratio* (SNR) pada jaringan 4G-LTE yang diwakili oleh tiga *internet servie provider* (ISPs) yang ada di ibukota provinsi Kalimantan timur, Samarinda. Penelitian menggunakan metode *walk-test* karna keadaan geografis dari Kalimantan merupakan hutan dan perbukitan. Kemudian hasil yang didapat untuk ketiga provider mengalami perubahan nilai RSRP, RSRQ, dan SNR dengan beberapa titik mengalami penurunan kekuatan sinyal yang disebabkan adanya

faktor *loss propagasi* seperti keadaan pepohonan yang tinggi dan lebat. Faktor lainnya karena jarak antar tower BTS yang cukup jauh [6].

Tugas akhir dengan judul "Analysis Of 4G Internet Technology Quality In Medan City With Mobile Communication System". Tujuan penelitian ini adalah untuk mengobservasi kualitas sinyal internet 4G di daerah yang padat penduduk di sekitar area medan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *drive test method* yang dilakukan oleh para peneliti dan kemudian memilih salah satu penyedia jasa layanan telekomunikasi yang ada di Indonesia, kemudian hasil dari percobaan akan dibandingkan dengan perhitungan teori [7].

2.2 Internet

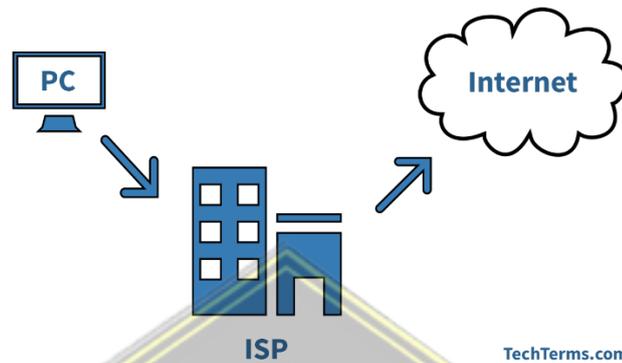
Internet merupakan sebuah jaringan yang terhubung secara global dimana penggunaannya memanfaatkan perangkat berbasis komputer untuk mengirimkan informasi dan mempermudah komunikasi tanpa terbatas jarak maupun waktu. Internet sendiri adalah sebuah jaringan untuk mendistribusikan informasi, baik dalam bentuk teks maupun gambar dan video dengan memanfaatkan server yang saling terhubung dan dapat digunakan atau diakses secara umum [8].

Kepanjangan dari internet adalah *Interconnected Network* dan mengandalkan *Internet Protocol* (IP) atau dapat juga menggunakan nama *Transmission Control Protocol* (TCP). Fungsi dari IP sendiri adalah menjadi sebuah protokol untuk memenuhi syarat pengiriman informasi di internet atau dapat juga disebut *Switch Communication Protocol* (SCP).

2.3 Internet Service Provider

Internet Service Provider (ISP) adalah badan usaha atau perusahaan yang menjual jasa koneksi internet dan sejenisnya kepada pelanggan baik secara individu maupun organisasi. ISP sangat identik dengan jaringan telekomunikasi, karena ISP menjual koneksi internet melalui jaringan telepon namun tidak hanya menyediakan internet saja tetapi juga meliputi pemeliharaan (*maintenance*) dan instalasi. Perkembangan teknologi ISP ini terus berkembang, tidak hanya menggunakan jaringan telepon, tetapi juga berkembang ke teknologi seperti *fiber*

optic dan *wireless*. ISP ini mempunyai jaringan baik secara domestik maupun internasional sehingga pelanggan atau pengguna dari sambungan yang disediakan oleh ISP dapat terhubung ke internet secara global.



Gambar 2.1 Internet Service Provider [1]

Jika provider adalah sebuah perusahaan yang memberikan layanan, maka internet provider adalah sebuah layanan yang diberikan dan terhubung dengan internet atau biasa disebut dengan *Internet Service Provider* (ISP). Sebuah provider internet jaringannya terhubungkan ke internet melalui *Internet Service Provider* (ISP) dengan negara lain dan untuk indonesia sendiri memiliki penamaan internet providernya tersendiri yaitu Penyelenggara Jasa Internet (PJI). Perusahaan penyelenggara jasa internet ini merupakan sebuah perusahaan yang menyediakan layanan telepon seluler.

2.4 Base Tranceiver Station

Base Transceiver Station (BTS) atau dalam bahasa indonesia disebut sebagai stasiun pemancar, merupakan sebuah alat atau instrumen dalam jaringan seluler yang berguna untuk penghubung antar jaringan sebuah telekomunikasi seluler dengan piranti elektronik atau komunikasi. Menurut *djkn.kemenkeu.go.id* BTS memiliki fungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal radio ke perangkat komunikasi. Sinyal radio tersebut diubah menjadi sinyal digital untuk dikirim ke terminal lainnya menjadi sebuah pesan atau data.



Gambar 2.2 Tower BTS [9]

Biasanya instalasi BTS ini dilakukan di sebuah tower atau menara dan bangunan tinggi lainnya agar sinyal yang dipancarkan dapat mejangkau area yang lebih luas. Penyedia jasa layanan telekomunikasi atau perusahaan operator akan mendirikan tower atau menara BTS-nya sendiri. Pembangunan BTS ini dilaksanakan di atas tanah atau bangunan yang disewa oleh perusahaan operator tersebut.

2.5 *Quality of Service*

Quality of Service (QoS) merupakan suatu pengukuran tentang baik atau tidaknya suatu jaringan dan dapat digunakan untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan. QoS biasanya mengacu pada teknologi apapun yang mengelola lalu lintas data seperti *download*, *upload*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* pada jaringan [3]. QoS mengontrol dan mengelola sumber daya jaringan dengan menetapkan prioritas untuk tipe data tertentu pada jaringan.

Tabel 2.1 Indeks Parameter QoS [7]

Indeks	Presentase (%)	Kategori
3,8 – 4	100 %	Sangat Bagus
3 – 3,79	75 – 94,75 %	Bagus
2 – 2,99	50 – 74,75 %	Sedang
1 – 1,99	25 – 49,75 %	Jelek

Terdapat 3 jenis tingkatan dalam *Quality of Service* (QoS) yang secara umum dipakai, adalah sebagai berikut :

1. *Best Effort Service*

Dikenal sebagai *Lack of QoS*, merupakan suatu model layanan aplikasi untuk mengirim sebuah data setiap kali harus dalam kuantitas, serta tanpa meminta izin atau tanpa memberitahu jaringan terlebih dahulu.

2. *Differentiated Service*

Dapat disebut sebagai QoS lunak, pada tingkatan ini penanganannya lebih baik dibandingkan dengan kedua tingkat lainnya karena lebih cepat serta *bandwidth* yang didapat lebih banyak dan kerugian yang diperoleh rata-rata lebih rendah. Sistem *Differentiated service* sering juga disebut dengan istilah *Resource Reservation Protocol* (RSVP). Protokol ini menggunakan info dari sistem *routing protocol* untuk menentukan lintas jalur terbaik menuju ke titik lokasi. Meskipun begitu namun sistem ini juga akan membebani kerja dari CPU dan kapasitas dari memori router.

3. *Guaranteed Service*

Ini merupakan total dari proses pesanan sumber daya jaringan untuk *traffic* tertentu. Pihak penyedia layanan akan menjamin kualitas dan *bandwidth* yang akan digunakan oleh pengguna. Bagian *bandwidth* akan di cadangkan oleh perangkat QoS dengan sengaja untuk pengguna tersebut. Dengan demikian pengguna tidak akan terbagi *bandwidth*-nya dengan perangkat lain. Layanan seperti lebih cocok untuk aplikasi berbasis *real time* seperti *video conference* karena memberikan kualitas yang baik.

Quality of Service mengacu pada sebuah kualitas jaringan layanan untuk mengontrol dan mengelola jaringan internet dengan menetapkan prioritas data tertentu pada jaringan. QoS sendiri merupakan kualitas layanan jaringan guna membantu user untuk mencari tahu nilai indeks QoS yakni dengan mengacu pada rumus (2.1) [3].

(indeks *download* + indeks *upload* + indeks *delay* + indeks *packet loss* + indeks *throughput* / 5 [total QoS] = **Indeks Quality of Service**).....(2.1)

Parameter QOS yang digunakan :

1. *Download*

Merupakan suatu proses transmisi dari sebuah file atau data dari sebuah sistem komputer ke sistem komputer lainnya. Dari internet, user (pengguna) yang melakukan proses unduh (*download*) yaitu proses dimana seorang user meminta sebuah file dari sebuah server atau komputer lain seperti website dan sebagainya lalu data dikirimkan atau diterima oleh pengguna.

2. *Upload*

Merupakan suatu macam cara untuk mengirimkan file seperti gambar, video, audio dan lain sebagainya dari komputer pribadi ke sebuah sistem server dan file atau data akan dipublikasikan ke internet sehingga data yang telah di unggah dapat dilihat dan diambil (di-*download*) oleh orang lain.

3. *Delay*

Delay atau *latency* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan atau merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh suatu data atau informasi untuk sampai ke area tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh media fisik, jarak, dan *congesti* (Penyumbatan) atau juga terhadap waktu proses yang lama.

Untuk mencari tahu total *delay* atau paket yang sudah terkirim dapat menggunakan rumus (2.2) [5].

Total *delay* = *time 1* – *time 2*

Rata-rata *delay* = Total *delay* / paket dikirim.....(2.2)

Tabel 2.2 Indeks parameter *delay* [5]

Indeks	Delay	Kategori
1	< 150 ms	Sangat Bagus
2	150 – 300 ms	Bagus
3	300 – 450 ms	Sedang
4	> 450 ms	Jelek

2.6 Jaringan LTE

Jaringan telekomunikasi merupakan suatu perangkat telekomunikasi yang menghubungkan antar *user*, sehingga *user* dapat saling bertukar informasi dengan berbagai cara seperti pesan teks, berbicara, pesan suara, dan gambar [7].

1) Generasi Pertama (1G)

Pada generasi ini teknologi seluler masih menggunakan analog, sehingga kecepatan transfer datanya masih rendah dan hanya bisa berkomunikasi melalui media suara. Contoh generasi pertama teknologi seluler yaitu *Nordic Mobile Telephone* (NMT) dan *Analog Mobile Phone System* (AMPS). Salah satu teknologi yang digunakan adalah FDMA (*Frequency Division Multiple Acces*), bekerja dengan membagi spektrum menjadi beberapa kanal, di mana setiap pengguna diberikan satu kanal frekuensi tetap selama sesi komunikasi berlangsung.

2) Generasi Kedua (2G)

Pada generasi kedua ini teknologi seluler sudah menggunakan teknologi digital dengan kecepatan transfer datanya mulai dari rendah sampai menengah. Contoh teknologi generasi kedua yaitu *Global System for Mobile Communication* (GSM) dan CDMA2000 1xRTT. Teknologi yang digunakan adalah TDMA (*Time Division Multiple Acces*), Teknik akses berganda di mana satu kana frekuensi dibagi menjadi beberapa slot waktu dan setiap pengguna diberikan slot waktu tertentu untuk mentransmisikan data. Beberapa pengguna dapat menggunakan kanal yang sama dalam waktu yang berbeda secara bergantian.

3) Generasi ketiga (3G)

Pada generasi ketiga teknologi seluler juga menggunakan teknologi digital dengan kecepatan transfer datanya yang sudah tinggi dan dapat digunakan untuk sebuah *Broadband*. Contoh teknologi generasi ketiga yaitu W-CDMA. Salah satu teknologi yang digunakan adalah CDMA (*Code Division Multiple Acces*), memungkinkan banyak pengguna untuk berbagi kanal dengan kode unik dan teknologi kedua yang dipakai adalah WCDMA adalah bentuk pengembangan dari CDMA digunakan dalam jaringan UMTS, dimana teknologi ini menggunakan kanal dengan *bandwith* yang lebih lebar (5 Mhz) dan memungkinkan koneksi simultan untuk suara dan data.

4) Generasi Keempat (4G)

Pada generasi keempat menggunakan teknologi digital yang sudah menyediakan layanan berkualitas tinggi dengan kecepatan transfer datanya yang lebih tinggi dari generasi sebelumnya. Jaringan ini memberikan kualitas penerimaan yang lebih baik, aliran transfer data lebih stabil, dan pertukaran informasi yang lebih mudah dan cepat. Contoh dari teknologi keempat yaitu jaringan 4G LTE (*Long Term Evolution*). Teknologi yang dipakai adalah OFDMA, teknologi akses ganda utama yang digunakan pada sisi *downlink* jaringan 4G. Memberikan kanal frekuensi yang menjadi *subcarrier* kecil-kecil yang saling *orthogonal* (tidak saling mengganggu), pengguna dapat sejumlah *carrier* sesuai kebutuhan data mereka, dan teknologi ini sangat efisien dalam kondisi jaringan padat dan beragam jenis lalu lintas. Teknologi kedua yang dipakai SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Divission Multiple Acces*), digunakan pada sisi *uplink* untuk perangkat pengguna. Mirip dengan OFDMA namun menggunakan modulasi *single carrier* untuk mengurangi konsumsi daya pada perangkat pengguna.

Long Term Evolution (LTE) bukan lagi menjadi istilah asing di tengah masyarakat Indonesia. Pada akhir tahun 2016 pemerintah sudah meresmikan implementasi terkait koneksi 4G LTE secara nasional [1]. Dengan bekerja sama

bersama para operator lokal, diharapkan seluruh daerah di Indonesia terselimuti sinyal kuat generasi keempat tersebut. Alasannya sederhana, yakni agar mempermudah bangsa melakukan akses data tanpa hambatan. Teknologi LTE sudah menjadi standar baru bagi dunia telekomunikasi. Teknologi ini pertama kali dibangun oleh *European Telecommunication Standart Institute* (ETSI) sebagai jaringan nirkabel data untuk melakukan komunikasi. Insfratraktur LTE memberikan hasil berbeda dari 3G dan 2G karena spektrum radio bekerja pada generasi sebelumnya.

Keberadaan LTE mulai dikenal pertama kali ketika perusahaan telekomunikasi jepang NTT DoCoMo melakukan studi lanjutan pada tahun 2004. Tiga tahun kemudian beberapa perusahaan melakukan kerja sama antara operator dan vendor ponsel di dunia. Satu tahun setelah penelitian, Telia Sonera asal Stockholm, Swedia merilis koneksi data 4G LTE data dengan sebuah modem USB. Kementrian Republik Indonesia (Kemenkominfo) menyatakan, *refaining* 4G LTE di Indonesia pada frekuensi 1.800 MHz sudah dimulai sejak mei 2015. Berdasarkan data terakhir Kemenkominfo RI, frekuensi 1.800 MHz merupakan salah satu frekuensi global yang populer untuk 4G LTE . salah satu keunggulan 4G LTE 1.800 MHz adalah kemampuan operator di Indonesia yang sudah memiliki sumber daya tersebut. Salah satunya yaitu Telkomsel yang sudah memiliki frekuensi sebesar 22,5 MHz [10].

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2021 penggunaan internet di Provinsi Jawa Tengah semakin banyak, ketersediaan LTE sangat diperlukan dalam akses internet yang lebih lancar untuk mendukung aktifitas dalam mencari informasi seperti di lingkungan sekolah, universitas perguruan tinggi serta perkantoran.[11]

Tabel 2.3 Tabel data akses internet di Provinsi Jawa Tengah [11]

Kategori Wilayah	Kabupaten Semarang	Jawa Tengah
Perkotaan	63,82	57,77
Perdesaan	54,20	45,34
Perkotaan dan Perdesaan	58,55	51,71

Lokasi mengakses internet menurut BPS, Jawa Tengah mengalami penurunan sebesar 14,09 persen pada tahun 2021 di lingkungan sekolah atau universitas. Dan pada tahun 2022 Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), melakukan survei terhadap penggunaan operator seluler yang banyak dipakai oleh masyarakat di Indonesia. Pada survei tersebut didapatkan data untuk pengguna operator seluler Telkomsel sebanyak 41,94%, XL Axiata 20,44%, Indosat Ooredoo 17,78%, 3 Three 14,08%, dan Smartfren 5,76%.



Gambar 2.4 Persentase pengguna operator seluler di Indonesia tahun 2022 [12]

Provinsi Province	Lokasi Mengakses Internet Location of Internet Access							
	Kantor Office				Sekolah School			
	2017	2019	2020	2021	2017	2019	2020	2021
(1)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
11 Aceh	35,64	37,89	40,14	36,25	29,61	21,31	19,66	20,04
12 Sumatera Utara	29,10	41,08	43,16	38,52	25,00	24,61	24,40	17,64
13 Sumatera Barat	31,95	39,16	43,66	39,87	29,83	29,59	24,60	23,65
14 Riau	32,70	43,29	42,89	41,69	24,36	22,08	19,02	17,41
15 Jambi	29,89	38,11	37,75	35,79	26,69	23,41	21,67	18,59
16 Sumatera Selatan	29,32	34,88	36,27	32,88	23,88	21,63	19,26	15,37
17 Bengkulu	30,85	41,87	38,67	36,09	25,72	22,43	21,99	21,70
18 Lampung	25,13	37,00	33,95	31,04	29,07	23,79	22,26	16,21
19 Kepulauan Bangka Belitung	36,70	42,58	43,78	39,94	20,06	16,83	18,26	14,70
21 Kepulauan Riau	51,29	64,37	64,48	61,28	19,04	16,54	15,71	11,32
31 DKI Jakarta	63,47	69,98	71,53	70,10	24,47	22,82	24,66	9,85
32 Jawa Barat	46,75	55,16	56,09	49,95	28,70	25,29	22,82	12,63
33 Jawa Tengah	38,13	46,05	48,57	43,57	31,98	26,39	25,48	14,09
34 D.I. Yogyakarta	50,55	59,53	58,86	56,22	39,73	39,09	36,46	18,15
35 Jawa Timur	35,71	44,16	44,71	39,16	30,20	26,90	26,10	15,88
36 Banten	49,90	62,03	63,09	56,84	29,01	25,38	25,32	17,07
51 Bali	52,30	65,97	65,79	54,87	28,71	28,82	27,86	14,25
52 Nusa Tenggara Barat	29,30	32,44	33,37	30,41	24,88	24,68	22,40	21,76
53 Nusa Tenggara Timur	40,60	33,63	32,79	31,20	25,14	25,58	26,51	23,30
61 Kalimantan Barat	32,66	36,00	39,37	35,02	25,22	19,07	18,03	12,24
62 Kalimantan Tengah	36,18	44,32	44,50	38,86	22,16	19,79	17,52	12,46
63 Kalimantan Selatan	41,49	48,19	50,01	48,11	25,22	25,94	21,70	14,47
64 Kalimantan Timur	47,06	58,31	55,53	53,29	23,83	21,93	18,44	10,50
65 Kalimantan Utara	43,12	53,24	50,07	50,90	24,74	21,74	18,38	9,81
71 Sulawesi Utara	36,25	40,72	40,81	37,24	29,46	27,30	25,75	17,22
72 Sulawesi Tengah	33,59	36,93	34,37	33,57	28,16	23,16	21,42	15,42
73 Sulawesi Selatan	34,82	40,89	41,54	36,87	32,95	29,31	28,56	17,77
74 Sulawesi Tenggara	30,31	38,57	39,66	35,05	28,53	28,00	21,14	17,76
75 Gorontalo	33,07	36,81	38,29	32,50	32,29	26,59	23,70	18,21
76 Sulawesi Barat	27,13	34,45	29,80	22,58	30,24	22,42	19,66	12,12
81 Maluku	29,20	36,83	38,44	28,81	26,01	23,09	25,17	17,78
82 Maluku Utara	40,53	37,80	37,27	32,24	23,83	29,78	25,66	22,92
91 Papua Barat	32,01	40,59	41,36	37,92	24,65	22,25	17,73	15,95
94 Papua	35,94	42,37	42,22	43,14	20,73	17,48	17,28	14,71
Indonesia	40,62	48,37	49,11	44,18	28,53	25,34	23,90	15,26

Gambar 2.5 Data lokasi mengakses internet [13]

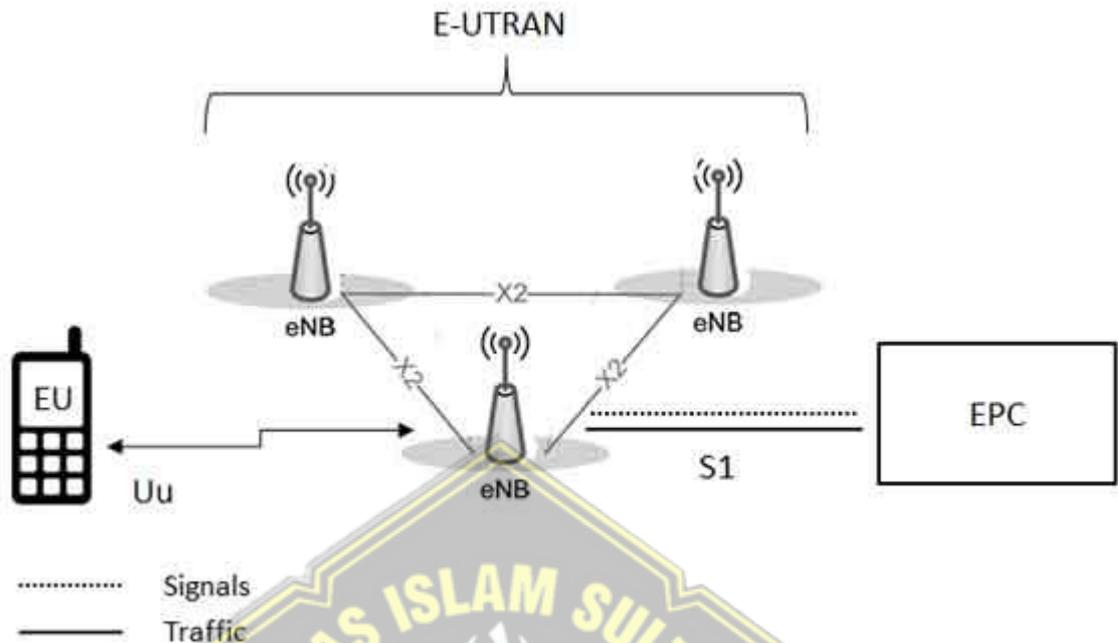
Hal ini disebabkan oleh adanya penyebaran jaringan 4G LTE yang belum merata, Dengan belum maksimalnya penyebaran jaringan, maka diperlukannya observasi untuk mengumpulkan informasi jaringan secara langsung dilapangan menggunakan aplikasi G-Net Track Pro dan NetVelocity dengan metode *Drive Test* [13].

Jaringan 4G merupakan jaringan seluler yang dikembangkan dari jaringan terdahulu yakni jaringan 3G. jaringan ini sangat berguna untuk teknologi *broadband* dan juga untuk mempermudah berkomunikasi jarak jauh. Jaringan 4G juga menjadi teknologi baru yang masih banyak dipakai oleh *internet service*

provider (ISP) broadband di balik perkembangan teknologi yang terbaru yakni jaringan 5G yang kini masih terus dikembangkan dan penyebarannya masih belum terlalu luas serta masih banyak device yang belum mendukung teknologi 5G.

4G merupakan singkatan dari *Fourth Generation* (generasi keempat), dimana hal tersebut mengartikan bahwa jaringan 4G ini merupakan perkembangan yang keempat kali atau perkembangan dari teknologi 3G (*Third Generation*). Untuk pengertian LTE sendiri yaitu *Long Term Evolution* artinya proses yang sangat teknis untuk *high-speed* data yang digunakan pada telepon seluler dan perangkat *mobile* lainnya. Sehingga jaringan 4G LTE ini dapat diartikan sebagai sebuah jaringan teknologi seluler yang memiliki kecepatan yakni sekitar 100Mbps dengan kecepatan transfer datanya yang lebih besar dan lebih cepat dengan sistem operasinya yang berdasarkan teknologi internet GSM/EDGE dan UMTS/HSDPA untuk akses data berkecepatan tinggi menggunakan telepon seluler maupun perangkat *mobile* atau elektronik lainnya.

Arsitektur jaringan LTE dirancang dengan tujuan mendukung lintas data dengan mobilitas tinggi, *Quality of Service*, dan *latency* yang rendah. Pendekatan lintas data ini memperbolehkan semua layanan untuk menggunakan koneksi paket. Oleh karena itu arsitektur jaringan LTE dirancang sesederhana mungkin yang terdiri dari eNodeB dan *mobility management entity* atau *Gateway* (MME / GW). Arsitektur teknologi LTE berbeda dengan arsitektur teknologi GSM dan UMTS yang memiliki struktur lebih kompleks dengan adanya *Radio Network Controller* (RNC). Teknologi memiliki beberapa keuntungan yang diperoleh dengan hanya adanya *single node* pada jaringan akses adalah pengurangan *latency* dan distribusi beban proses RNC untuk beberapa eNodeB. Pengeliminasian RNC pada jaringan akses memungkinkan karena LTE tidak mendukung *soft handover* [2].



Gambar 2.6 Arsitektur jaringan LTE [14]

- a. User Equipment (UE)
User Equipment adalah perangkat dalam LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan user.
- b. E-UTRAN
Involved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) merupakan sistem arsitektur LTE yang berfungsi menangani radio akses dari UE ke jaringan inti. Pada sistem LTE E-UTRAN hanya ada satu komponen yaitu *Involved Node B* (eNodeB).
- c. Evolved Packet Core (EPC)
Terdiri dari *Mobility Management Entity* (MME), *Serving Gateway* (SGW), *Home Subscription Service* (HSS), *Policy and Charging Rules Function* (PCRF), dan *Packet Data Network Gateway* (PDN-GW).

Terdapat beberapa bagian lain dari arsitektur jaringan LTE, seperti S-GW (*Serving Gateway*) mengatur jalan data yang berupa paket dari setiap UE, P-GW (*Packet Data Network Gateway*) mengatur hubungan jaringan data antara UE dengan jaringan yang lain diluar 3GPP (3rd Generation Partnership Project) seperti WLAN, MME (*Mobility Management Entity*) pengatur utama setiap bagian dari

LTE, PCRF (*Policy and Charging Rules Function*) untuk menentukan *Quality of service* dan *charging* untuk masing-masing UE, dan HSS (*Home Subscriber Server*) sistem data base yang bertugas membantu MME dan melakukan manajemen pelanggan dan pengamanan [15]

2.7 Global System for Mobile Communication

GSM atau kepanjangan dari (*Global System for Mobile Communication*) dimana dulunya kependekan dari *Groupe special Mobile*, adalah suatu teknologi komunikasi seluler yang menggunakan Teknik digital. Teknologi ini banyak diterapkan pada bidang telekomunikasi bergerak khususnya pada telepon. Teknologi GSM memanfaatkan gelombang mikro dan pengiriman sinyalnya dibagi berdasarkan waktu, sehingga sinyal informasi yang telah dikirimkan akan sampai pada tujuan.



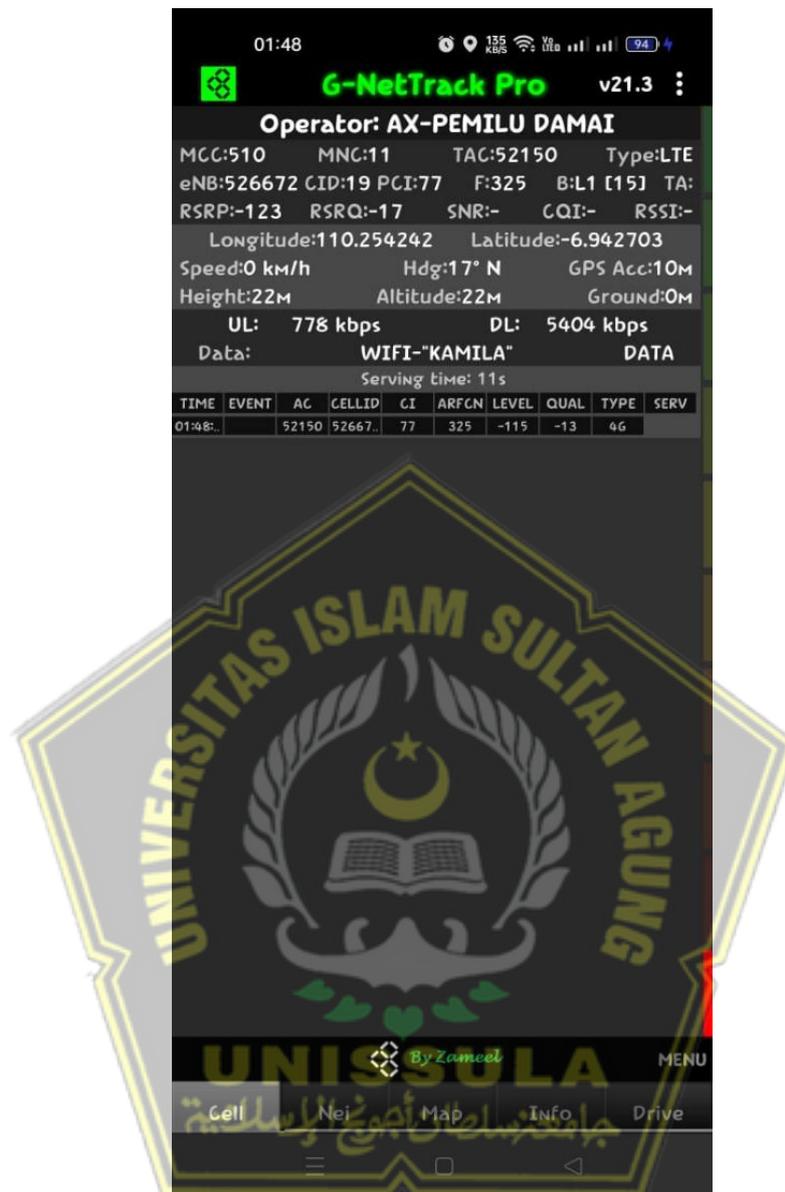
Gambar 2.7 GSM [16]

GSM dikembangkan menjadi tiga macam kelompok yakni GSM 900, GSM 1800, dan GSM 1900 dan perbedaan dari ketiganya ini berdasarkan pada letak lokasi *Band* frekuensi yang digunakan. Untuk GSM 900 berarti memiliki frekuensi 900Mhz sebagai kanal transmisi, sedangkan untuk GSM 1800 dan GSM 1900 masing-masing menggunakan frekuensi sesuai dengan namanya yakni 1800Mhz dan 1900Mhz. GSM sudah menjadi teknologi yang banyak digunakan di seluruh dunia serta dijadikan sebagai standar global untuk teknologi telekomunikasi. GSM menggunakan teknologi TDMA (*Time Division Multiple Acces*) yaitu teknologi yang membagi satu frekuensi menjadi beberapa *time slot*. Setiap pengguna diberi giliran slot waktu untuk mengirim dan menerima data, sehingga satu frekuensi bisa dipakai banyak pengguna tanpa saling mengganggu.

2.8 G – Net Track Pro

Merupakan sebuah aplikasi mobile yang berfungsi untuk memonitor jaringan dan bekerja pada perangkat OS (*Operating System*) Android. Pengukuran yang dilakukan dapat secara *indoor* ataupun *outdoor* dengan metode *walk test* ataupun *drive test*. Pengukuran yang dilakukan berguna untuk mendapatkan wawasan tentang kekuatan sinyal yang dapat dipelajari lebih lanjut mengenai jaringan nirkabel, sehingga dapat lebih mudah untuk membuat representasi dari rute perjalanan [2].

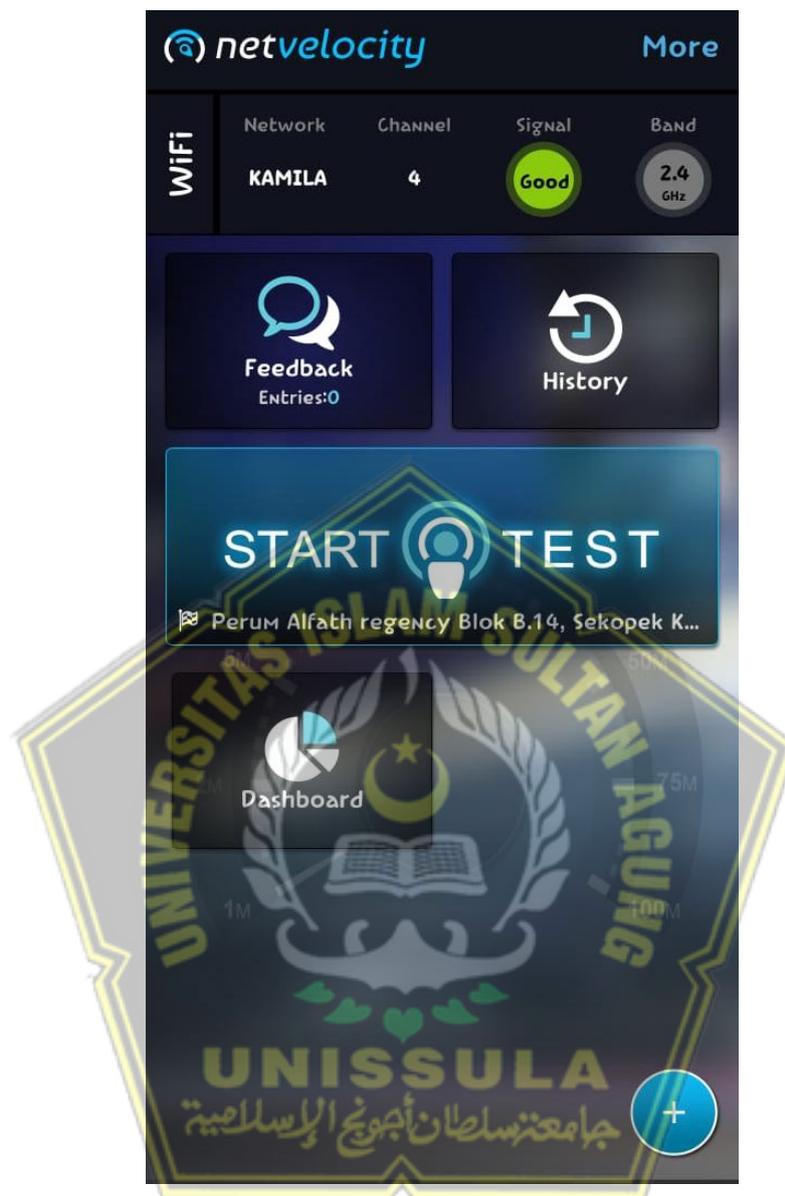




Gambar 2.8 Tampilan menu awal aplikasi G – Net Track Pro

2.9 NetVelocity

Sebuah aplikasi perangkat OS android multiguna yang memungkinkan user untuk dapat menguji, mengukur, dan membandingkan kinerja jaringan dimana saja. Pengukuran yang dilakukan bisa secara *indoor* atau *outdoor*.



Gambar 2.9 Tampilan menu awal aplikasi NetVelocity

2.10 Received Level Signal (Rx Level)

Rx level adalah suatu tingkatan sinyal yang diterima oleh perangkat penerima dan nilai dari Rx level harus lebih tinggi dari sensitivitas perangkat penerima (*Receive Sensitivity*). Jika nilainya lebih kecil dari nilai sensitivitas penerima berarti sinyal yang dipancarkan tidak dapat diterima dengan baik oleh perangkat penerima. Oleh karena itu ada parameter Rx level dimana standar Rx level di bagi menjadi 3 yaitu :

Tabel 2.5 Standar Parameter Rx level [5]

Rx Level	
Nilai	Keterangan
$\geq - 80$	Bagus
$< - 81$ and $\geq - 90$	Cukup
≤ 91	Jelek

Untuk mencari nilainya dapat menggunakan perhitungan matematis dan dari perhitungan tersebut maka dapat dirumuskan pada rumus (2.3) [5].

$$\text{Rx level} = \text{EIRP} - \text{FSL} + \text{GRx} - \text{LRx} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

GRx = Gain antenna penerima

LRx = loss kabel antenna penerima

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* merupakan nilai daya yang dipancarkan antenna untuk menghasilkan puncak daya yang diamati pada arah radiasi maksimum penguatan antenna.

FSL = *Free Space Loss* merupakan penurunan daya gelombang radio selama merambat di ruang bebas.

2.11 RSRQ

Reference Signal Received Quality (RSRQ) adalah suatu parameter yang digunakan sebagai penentu kualitas sinyal yang diterima, RSRQ adalah rasio antara RSRP dan RSSI. [6]

RSRQ juga dipengaruhi oleh sinyal *noise* dan *interference* yang diterima oleh *user equipment* (UE). Satuan dari RSRQ adalah dB, RSRQ membantu sistem dalam proses *handover* yang bertujuan untuk proses penggantian, Di mana nilai dari RSRQ dapat digunakan sebagai penilaian performansi kandidat sel dan pergantian manual berdasarkan kualitas sinyal yang diterima. Dalam rangka untuk meningkatkan kualitas sinyal, informasi yang diperoleh dari parameter RSRQ dapat

digunakan sebagai acuan untuk melakukan perbaikan pada jaringan dan dapat dihitung menggunakan rumus (2.4) [6].

$$RSRQ = \frac{RSRP \times N}{RSSI} \quad (2.4)$$

Keterangan :

RSRP : Tingkat sinyal yang diterima *user*

N : Jumlah blok sumber daya dari OFDMA

RSSI : *Noise* atau *Referrence* adalah dua kondisi yang tarkait penggunaan *user* yang terdeteksi pada rentang frekuensi saat ini.

Tabel 2.6 Nilai indeks kategori RSRQ [6]

Nilai	Kategori
> - 10 dBm	Sangat Baik
- 10 to -15 dBm	Baik
- 15 to -20 dBm	Sedang
< = - 20 dBm	Jelek

2.12 RSRP

Reference Signal Received Power (RSRP) adalah istilah yang mengacu pada intensitas sinyal jaringan LTE yang diterima oleh *user* pada suatu frekuensi tertentu. [2] semakin jauh jarak antara lokasi dengan pengguna maka nilai yang akan diterima pengguna akan semakin kecil. Pada dasarnya RSRP merupakan rata – rata nilai linear daya yang dibagikan pada *resources element* yang membawa sinyal referensi dalam rentang *bandwidth* yang digunakan. RS merupakan *reference signal* di tiap titik jangkauan. Apabila pengguna berada di luar jangkauan, maka pengguna tidak akan mendapatkan layanan LTE. Fungsi dari RSRP sendiri adalah untuk memberi informasi ke pengguna mengenai kuat sinyal suatu sel berdasarkan perhitungan *path loss* dan memiliki peranan dalam proses *handover* dan *cell selection – reselection*.

Tabel 2.7 Nilai indeks kategori RSRP

Nilai	Kategori
> - 70 dBm	Sangat Baik
- 70 to -80 dBm	Baik
- 80 to -90 dBm	Sedang
< = - 100 dBm	Jelek

2.13 RSSI

Received Signal Strength Indicator (RSSI) adalah sebuah parameter intensitas sinyal yang diterima oleh pengguna pada jangkauan frekuensi yang spesifik yang mencakup *noise* dan *interference* yang sering juga disebut sebagai level sinyal [5].

2.14 SNR

Signal to Noise Ratio (SNR) adalah ukuran kuantitatif yang membandingkan tingkat sinyal dengan tingkat kebisingan latar belakang dengan suatu sistem komunikasi, pengukuran, atau pemrosesan sinyal. SNR dinyatakan dalam bentuk desibel (dB) dan dihitung dengan menggunakan rumus (2.5) [17]

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right) \quad (2.5)$$

Keterangan :

SNR : *Signal to Noise ratio* (dB)

P_{signal} : Daya (power) sinyal yang diterima (watt atau mW)

P_{noise} : Daya (power) noise atau gangguan (watt atau mW)

Log 10: Logaritma basis 10

10 : Konstanta untuk konversi daya ke skala (dB)

Tabel 2.8 Standar nilai SNR [5]

Nilai	Kategori
> 30 dB	Sangat Baik
20 to 30 dB	Baik
10 to 20 dB	Sedang
0 to 10 dB	Jelek

2.15 Drive Test

Merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengobservasi kualitas jaringan dan mengembangkan kapasitas jaringan. [2] *drive test* biasanya digunakan oleh pekerja dunia telekomunikasi untuk melakukan suatu penelitian tertentu guna untuk mencari tau kualitas jaringan pada suatu daerah. Pengambilan data ini biasanya dilengkapi dengan GPS, peta digital, dan perangkat lunak.

2.16 CDMA

Code Division Multiple Acces adalah akses saluran telekomunikasi nirkabel yang memanfaatkan prinsip *spread spectrum* untuk memungkinkan beberapa pengguna berbagi pita frekuensi yang sama secara bersamaan[18]. Terdapat beberapa metode utama dalam CDMA, yaitu :

a. *Spread Spectrum*

Menyebarkan sinyal data asli ke *Bandwith* yang lebih lebar menggunakan kode *Pseudorandom* (PN Code), bertujuan meningkatkan ketahanan terhadap interferensi dan *noise*.

b. Penggunaan kode Orthogonal

Terdapat dua kode, yaitu :

- Kode *Walsh*
Kode unik yang saling orthogonal (tidak saling mengganggu) dan setiap pengguna mendapat kode *Walsh* berbeda untuk *multiplexing*.
- *Pseudorandom (PN Code)*
Kode acak semu untuk membedakan sel atau pengguna.

c. *Power Control*

Mengatasi masalah pengguna yang dekat BTS mengganggu pengguna jauh dan terdapat dua mekanisme pada *power control*, yaitu *Open-Loop Control* untuk menyesuaikan daya berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima dan *Closed-Loop Control* BTS mengirim perintah ke perangkat untuk menaikkan atau menurunkan daya.

d. *Rake Receiver*

Untuk mengatasi efek *multipath fading* (Sinyal pantulan yang tiba di *receiver* dari jalur berbeda).

e. *Soft Handoff*

Pengguna terhubung ke beberapa BTS secara bersamaan selama perpindahan sel.

WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Acces*) adalah teknologi multiple akses dengan menggunakan teknik *direct sequence-spread spectrum (DS-SS)*[18]. teknologi akses jaringan seluler berbasis CDMA yang Menjadi fondasi utama standar 3G UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Terdapat karakteristik utama pada WCDMA, seperti *Bandwith* lebar (5 Mhz), Kecepatan data mencapai 2 Mbps, Teknologi modulasi menggunakan kombinasi QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) untuk efisiensi spektrum, dan *Duplexing* umumnya digunakan FDD (*Frequency Division Duplexing*) dengan frekuensi terpisah untuk uplink dan downlink.

Terdapat dua mode yang digunakan dalam WCDMA, *Frequency Division Duplex (FDD)* menggunakan frekuensi terpisah untuk *uplink* dan *downlink* dan *Time Division Duplex (TDD)* *uplink* dan *downlink* berbagi frekuensi sama dengan pembagian waktu. TDD dikembangkan di Asia sedang FDD dikembangkan di

Eropa [18]. TDD fleksibel untuk lalu lintas asimetris seperti video streaming, FDD cocok untuk area luas dengan lalu lintas simetris seperti suara.

2.17 Metode *Handover*

Handover adalah mekanisme kritis dalam jaringan seluler untuk mempertahankan konektivitas pengguna yang bergerak dari satu BTS ke BTS lain [19]. Dalam proses ini melibatkan pengukuran parameter jaringan, keputusan algoritmik, dan eksekusi transfer sumber daya. Berikut merupakan klasifikasi metode *Handover* :

- a. Berdasarkan teknik transfer
 - *Soft Handover*, pengguna terhubung ke beberapa BTS secara bersamaan selama transmisi (minim *call drop*).
 - *Hard Handover*, Koneksi BTS lama terputus sebelum terhubung ke BTS baru (hemat sumber daya).
- b. Berdasarkan Tipe Jaringan
 - *Horizontal Handover*, antar sel dalam teknologi yang sama (4G ke 4G).
 - *Vertical Handover*, antar teknologi yang berbeda (4G ke Wi-Fi).
- c. Berdasarkan inisiasi
 - *Network Controlled Handover* (NHCO), keputusan sepenuhnya oleh jaringan (GSM dan LTE).
 - *Mobile Controlled Handover* (MCHO), perangkat pengguna menginisiasi *handover* (Wi-Fi ke Wi-Fi).

Efektivitas *handover* langsung mempengaruhi QoS, termasuk *call drop rate*, *delay*, dan kepuasan pengguna. Dalam konteks penelitian di area Universitas Islam Sultan Agung Semarang dengan karakteristik seperti kepadatan pengguna dan arsitektur gedung, pemahaman mendalam menjadi kunci optimasi jaringan. Pada saat pengguna bergerak perpindahan antar sel menyebabkan perubahan kekuatan sinyal yang diterima dari BTS, jika tidak ada *handover* koneksi akan terputus saat pengguna keluar dari jangkuan BTS lama karena *User Equipment* akan beralih ke BTS terdekat yang memiliki sinyal lebih stabil.

Ada faktor yang dapat mempengaruhi *handover*, seperti kekuatan sinyal, interferensi (BTS lain dan perangkat elektronik), beban jaringan (*handover* dipaksa berpindah ke BTS yang kurang padat meski sinyalnya lemah), kecepatan pengguna, dan area yang lemah sinyal. *Handover* bukan hanya tentang menjaga koneksi, tetapi juga memastikan layanan sesuai *Service Level Agreement* (SLA). Metode *handover* penting karena untuk mencegah *call drop*, optimalisasi sumber daya, pengalaman pengguna, dan penyesuaian lingkungan dinamis. Ada dua jenis *handover*, sebagai berikut :

a. *Intra Frequency Handover*

Merupakan *handover* antar sel yang sama menggunakan frekuensi pembawa yang sama, sehingga proses lebih cepat karena tersinkronisasi UE sudah tersinkronisasi dengan frekuensi.

b. *Inter Frequency Handover*

Merupakan *handover* antar sel dengan frekuensi pembawa yang berbeda, UE perlu melakukan *frequency scanning*, untuk meningkatkan latensi *handover*.

Kesuksesan *handover* diukur melalui parameter kinerja, seperti *Handover Success Rate* (HSR) yaitu presentase yang berhasil tanpa adanya *drop*, *Handover Latency* yaitu waktu antara inisiasi hingga penyelesaian *handover*, *Pactket Loss* yaitu jumlah data yang hilang pada saat pengiriman, dan *User Perception* yaitu kualitas layanan setelah *handover*. Pada penelitian ini, terdapat batasan sehingga metode *handover* tidak digunakan karena alat ukur terbatas (hanya mengukur parameter RSRP, RSRQ, SNR, kecepatan *Download*, *Upload*, dan *Delay*) dan lingkup penelitian hanya memetakan kualitas sinyal dan bukan mobilitas.

2.18 Pengembangan Teknologi

Seiring waktu, teknologi jaringan seluler mengalami beberapa perkembangan signifikan yang diklasifikasikan ke dalam beberapa generasi berikut:

A. Teknologi Generasi Pertama

1G merupakan teknologi seluler analog pertama yang muncul pada 1980-an. Sistem ini hanya mendukung komunikasi suara dan menggunakan metode akses FDMA (*Frequency Divission Multiple Acces*). FDMA membagi spektrum frekuensi menjadi beberapa kanal, dimana setiap pengguna diberi satu kanal selama percakapan berlangsung. Teknologi ini tidak aman, memiliki kualitas suara rendah, dan tidak dapat digunakan untuk mentransmisikan data.

B. Teknologi Generasi Kedua

2G memperkenalkan komunikasi digital, meningkatkan kualitas suara, keamanan, dan memungkinkan layanan pesan teks (SMS). Metode akses yang digunakan adalah TDMA (*Time Divission Multiple Acces*) dan CDMA (*Code Divission Multiple Acces*). TDMA membagi waktu dalam satu frekuensi secara bergantian. Sementara itu, CDMA memungkinkan semua pengguna memakai frekuensi yang sama secara bersamaan dengan membedakan sinyal berdasarkan kode unik.

C. Teknologi Generasi Ketiga

3G mendukung transmisi data berkecepatan tinggi, memungkinkan akses internet, panggilan video, dan layanan multimedia lainnya. Teknologi yang digunakan antara lain WCDMA (*Wideband CDMA*) dan CDMA2000.

WCDMA adalah pengembangan dari CDMA dengan *bandwith* yang lebih besar, memungkinkan suara dan data dikirim secara bersamaan. 3G juga dimulai mengandalkan protokol berbasis IP.

D. Teknologi Generasi Keempat

4G menggunakan teknologi digital sepenuhnya dan berbasis IP, memberikan kecepatan tinggi untuk internet, video streaming, dan aplikasi *real time*. Metode akses yang digunakan adalah OFDMA (*Orthogonal Frequency Divission Multiple Acces*), yaitu membagi frekuensi menjadi banyak sub kanal kecil-kecil yang tidak saling mengganggu, memungkinkan banyak pengguna mengakses jaringan secara simultan tanpa interferensi.

E. Teknologi Generasi Kelima

5G merupakan lompatan besar dalam perkembangan jaringan telekomunikasi, dengan kecepatan sangat tinggi, latensi sangat rendah, dan kapasitas jaringan besar.

Teknologi yang digunakan mencakup *Massive MIMO*, *Milimeter wave* (mmWave), *Beamforming*, dan tetap menggunakan OFDMA untuk efisiensi spektrum. *Massive MIMO* meningkatkan kapasitas dan jangkauan dengan banyak antena. *Beamforming* memfokuskan sinyal langsung ke pengguna untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi.

F. HSPA (*High Speed Packet Acces*)

Peningkatan jaringan 3G (WCDMA), yang menggabungkan dua teknologi HSPA (*downlink*) dan HSUPA (*uplink*). Tujuannya adalah untuk meningkatkan kecepatan akses internet dan efisiensi jaringan, baik untuk mengunduh maupun mengunggah data.

G. HSUPA (*High Speed Uplink Packet Acces*)

Adalah teknologi pelengkap dari HSDPA dan keduanya merupakan bagian dari HSPA dikenal sebagai 3.5G. fokus untuk meningkatkan kecepatan unggah data dari perangkat pengguna ke jaringan.

H. HSDPA (*High Speed Downlink Packet Acces*)

Adalah bagian dari HSPA yang berfokus pada peningkatan kecepatan unduh. Dikenal sebagai 3.5G, HSDPA meningkatkan kapasitas dan kecepatan unduh teoritis hingga 14,4 Mbps. Teknologi ini memungkinkan layanan seperti *streaming video* dan *browsing* yang lebih cepat.

I. 1X CDMA (CDMA2000 1xRTT)

Merupakan versi awal dari CDMA2000, termasuk dalam kategori 2.5G. mendukung suara dan data dengan kecepatan data maksimum sekitar 153 Kbps, lebih efisien dari CDMA generasi sebelumnya dan memungkinkan pengiriman suara dan data secara bersamaan secara terbatas.

J. 2X CDMA

Merujuk pada peningkatan kapasitas jaringan dengan menggunakan dua *carrier* 1x CDMA secara paralel. Memberikan kecepatan lebih tinggi dan

kapasitas lebih besar dibandingka 1x saja. Namun istilah ini tidak umum secara resmi dan seringkali digunakan secara teknis oleh penyedia jaringan.

K. X CDMA

Istilah ini tidak merujuk pada satu standar tertentu. Biasanya digunakan secara umum atau tidak resmi untuk menyebut beragam varian CDMA, seperti 1x, 1x EV-DO, dan CMDA2000. X bisa dianggap sebagai penanda untuk jenis teknologi CDMA yang digunakan.

L. 1x EV-DO

Untuk meningkatkan kemampuan jaringan CDMA dalam layanan *internet mobile* dan data, setara dengan 3G berbasis GSM seperti WCDMA/HSPA, namun tetap memerlukan jalur terpisah untuk layanan suara.

M. EVDO (*Evolution Data Only*)

Adalah teknologi jaringan seluler berbbasis CDMA2000, yang dirancang khusus untuk mentransmisikan data berkecepatan tinggi. Teknologi ini merupakan solusi transisi penting menuju internet seluler cepat di era 3G berbasis CDMA, setara dengan HSPA pada jaringan GSM/WCDMA dan hanya berfokus pada layanan data dan bukan suara.

N. CDMA2000

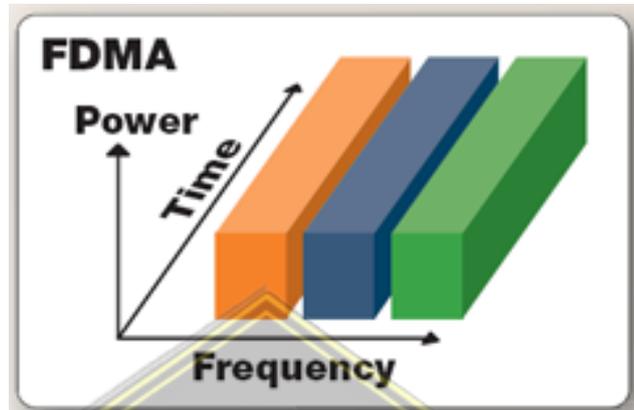
Adalah standar jaringan seluler generasi ketiga (3G) yang dikembangkan dari teknologi CDMA oleh 3GPP2 dan digunakan di Amerika, Asia, dan beberapa negara lainnya.

O. AMPS (*Advanced Mobile Phone System*)

Adalah sistem telepon seluler analog pertama yang digunakan secara komersial di dunia, terutama di Amerika Serikat. Diluncurkan pada tahun 1980-an, AMPS merupakan teknologi analog pertama dalam sistem telekomunikasi seluler. AMPS merupakan fondasi awal telekomunikasi seluler, membuka jalan bagi generasi digital (2G dan seterusnya), meskipun banyak memiliki keterbatasan dibandingkan teknologi modern.

P. Teknologi FDMA (*Frequency Division Multiple Access*)

FDMA adalah metode multiple access yang membagi spektrum frekuensi menjadi beberapa kanal frekuensi yang berbeda, di mana setiap pengguna diberikan satu kanal frekuensi tetap selama sesi komunikasi berlangsung.

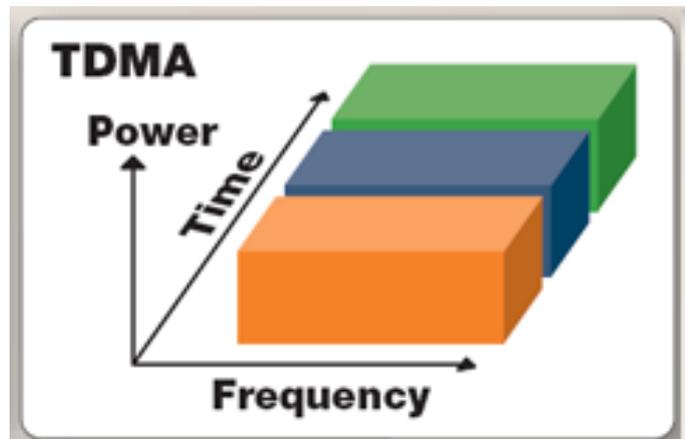


Gambar 2.10 Teknologi FDMA

Cara kerja FDMA yaitu spektrum frekuensi dibagi menjadi beberapa sub-kanal dengan lebar pita tertentu, dimana tiap pengguna menggunakan sub-kanal frekuensi eksklusif tanpa saling tumpang tindih. Kelebihannya adalah latensinya rendah, koneksi stabil, dan, minim gangguan antar pengguna. Sedangkan kekurangannya adalah pengguna spektrum kurang efisien karena ada batasan, kapasitas sistem terbatas karena jumlah kanal yang tersedia tetap, dan kurang fleksibel untuk data dengan trafik yang dinamis.

Q. Teknologi TDMA (Time Division Multiple Acces)

TDMA adalah metode multiple access yang membagi waktu dalam satu kanal frekuensi menjadi beberapa slot waktu, di mana setiap pengguna diberikan akses ke kanal dalam slot waktu tertentu secara bergantian.

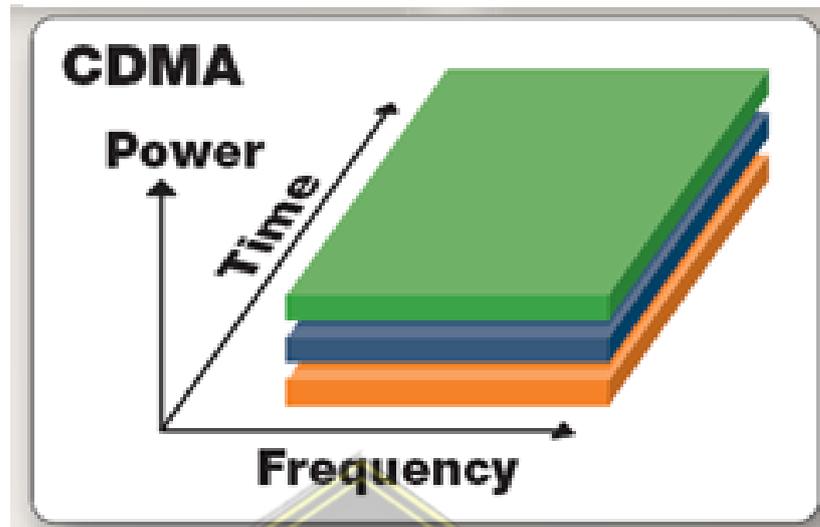


Gambar 2.11 Teknologi TDMA

Cara kerja TDMA adalah setiap pengguna diberi slot waktu khusus dalam satu kanal frekuensi, dimana slot waktu tersebut dialokasikan secara bergilir dalam satu siklus komunikasi. Pengguna hanya dapat mengirim atau menerima data pada slot waktu yang telah dialokasikan untuknya. Kelebihan dari TDMA adalah efisiensi spektrum lebih baik dibandingkan FDMA dan lebih mudah diterapkan dalam teknologi digital seperti GSM. Sedangkan kekurangannya memiliki latensi lebih tinggi dibandingkan FDMA karena harus menunggu giliran waktu dan kelemahan keduanya tidak cocok untuk layanan yang memerlukan komunikasi *real time* seperti suara karena jeda waktu yang tinggi.

R. Teknologi CDMA (Code Division Multiple Access)

CDMA adalah metode multiple access yang memungkinkan semua pengguna berbagi spektrum frekuensi yang sama dengan menggunakan kode unik untuk membedakan sinyal dari masing-masing pengguna.



Gambar 2.12 Teknologi CDMA

Cara kerja dari CDMA adalah semua pengguna menggunakan frekuensi yang sama secara bersamaan. Setiap pengguna diberikan kode unik untuk menyebarkan sinyalnya. Penerima menggunakan kode yang sama untuk mengekstrak sinyal yang dituju dan mengabaikan sinyalnya. Kelebihan dari CDMA adalah kapasitas pengguna lebih tinggi dibanding FDMA dan TDMA, efisiensi spektrum sangat tinggi, dan lebih tahan terhadap interferensi dan *noise* dibandingkan metode lain. Sedangkan kelemahannya implementasi lebih rumit karena memerlukan algoritma decoding yang kompleks, muncul interferensi antar sinyal yang serupa dan performa menurun pada kondisi *near-far*.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian “ANALISIS JARINGAN 4G PADA PROVIDER SELULER DENGAN PARAMETER *QUALITY OF SERVICE* DI AREA UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG” ini menggunakan alat dan bahan yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, yaitu :

3.1.1 Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1 (satu) unit smartphone OPPO RENO 5, 128 GB *memory* dan 8 GB ram
- jenis simcard GSM, yaitu : Telkomsel dan Smartfren

3.1.2 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

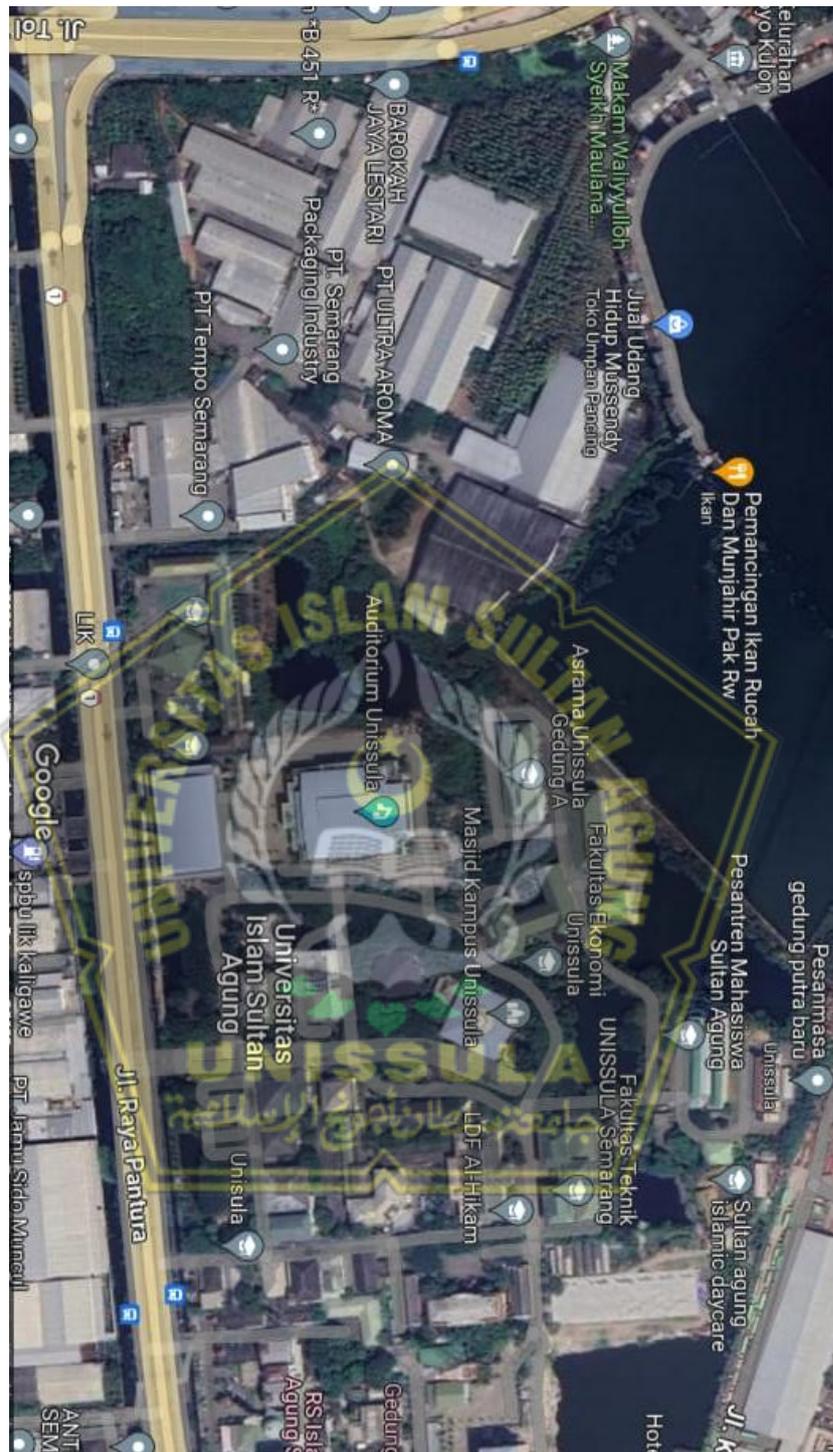
- Aplikasi G – Net Track Pro
- Aplikasi NetVelocity
- Android 13
- Google Earth
- Microsoft Excel

3.2 Waktu Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan serta dilaksanakan pada 17 Februari 2025 di jam 12:00 – 13:00 WIB dengan pengambilan data sebanyak 2 kali dan dilakukan secara

3.3 Tempat Penelitian

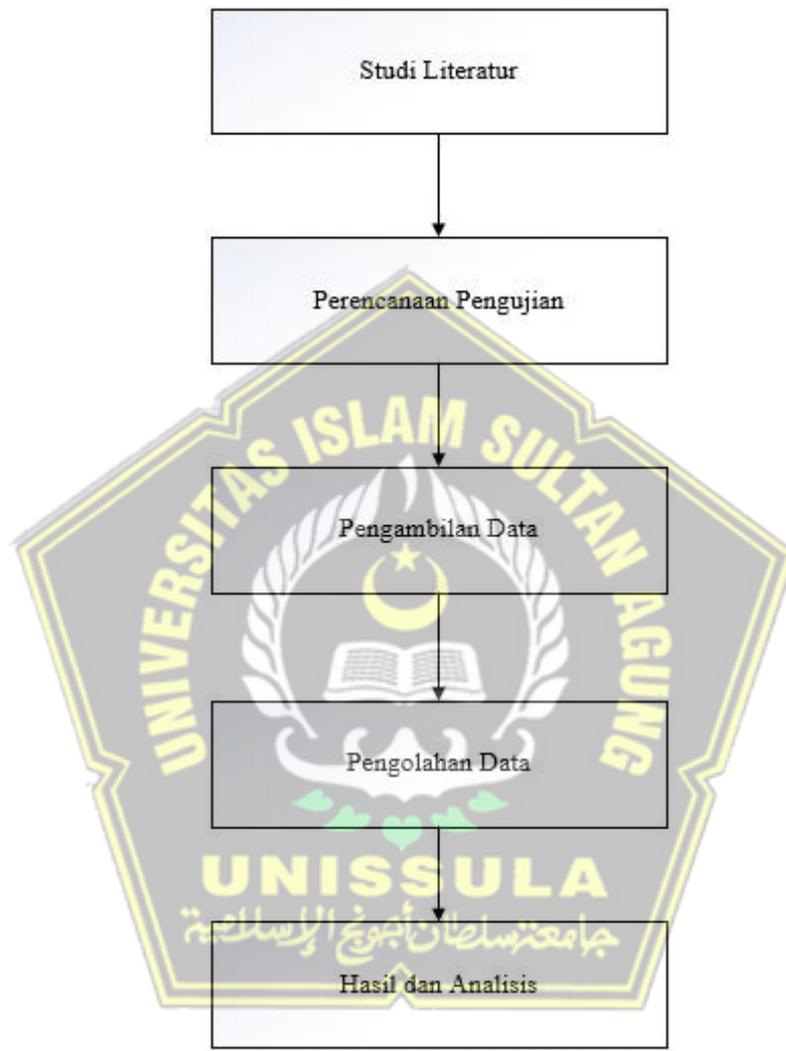
Penelitian dilakukan di area universitas Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang beralamat di Jl. Kaligawe Raya No. Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah.



Gambar 3.1 Denah Universitas Islam Sultan Agung Semarang

3.4 Langkah – langkah Simulasi

Blok diagram alur perencanaan analisis *Quality of Service* pada jaringan internet GSM dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Flowchart alur perencanaan QoS

Alur diatas menjelaskan bagaimana proses data analisis *Quality of Service* dilaksanakan. Sebagai Berikut :

Pada tahapan pertama dilakukan studi literatur untuk mempelajari teori tentang jaringan 4G dan parameter QoS. Kemudian menentukan lokasi pengukuran, memilih alat serta menentukan metode pengambilan datanya. Melakukan pengukuran sinyal 4G di beberapa titik lokasi di area Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Mengolah dan membandingkan hasil pengukuran dengan standar

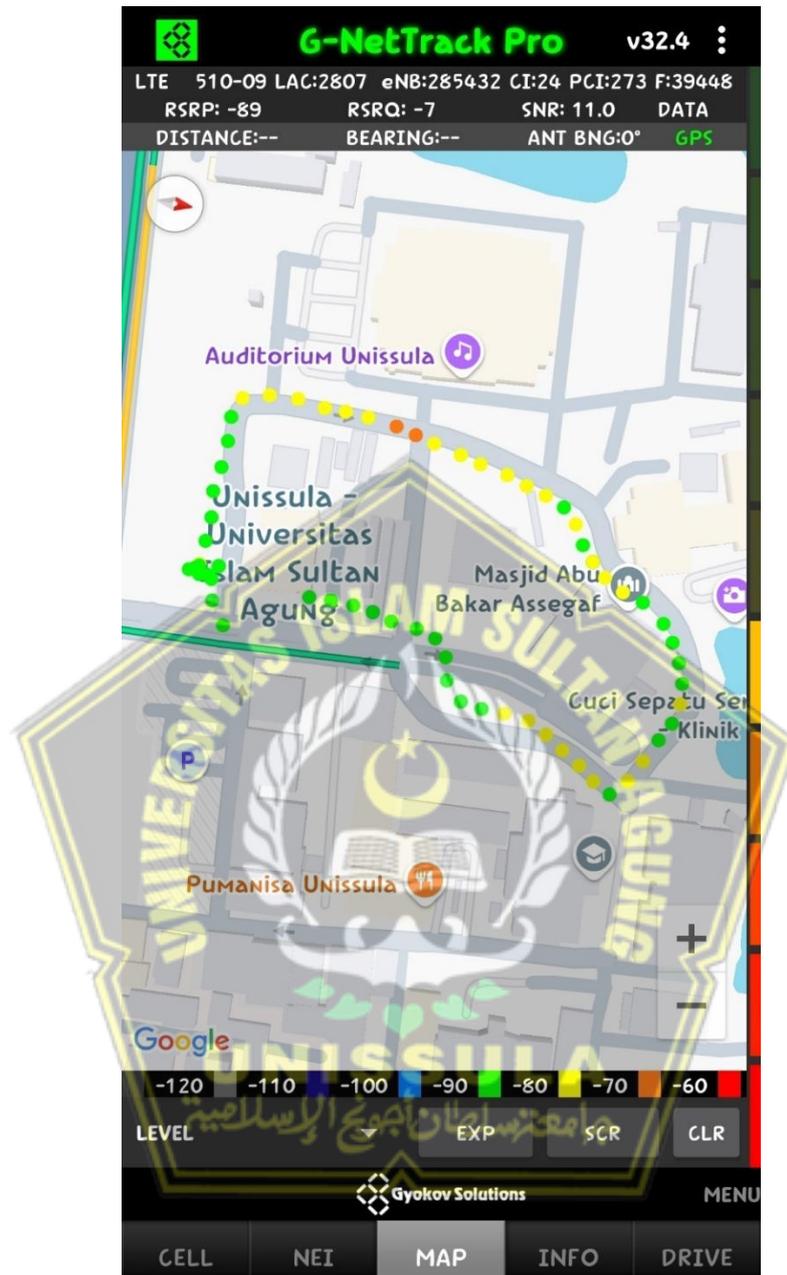
QoS dengan menggunakan microsoft excel. Merangkum hasil penelitian yang telah didapat kemudian penelitian diakhiri dengan dokumentasi laporan dan penyusunan skripsi.

3.5 Rute Pengujian Drive Test

Pengambilan data dilakukan menggunakan aplikasi G-Net Track Pro dengan metode drive test di area Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang. Pengukuran dilakukan pada jam sibuk, yaitu pukul 12:00 - 13:00 WIB, untuk mempresentasikan kondisi jaringan saat trafik pengguna tinggi. Pengambilan data dilakukan secara bergantian dengan menggunakan perangkat yang sama, pengukuran pertama untuk mencari data provider Telkomsel kemudian setelah selesai berganti ke provider Smartfren

Data yang dikumpulkan meliputi beberapa parameter utama kualitas sinyal, yaitu RSRP, RSRQ, dan SNR. RSRP menunjukkan kekuatan sinyal referensi yang diterima oleh perangkat, yang menjadi indikator utama dalam mengukur kekuatan sinyal 4G LTE. RSRQ menggambarkan kualitas sinyal yang diterima, dengan mempertimbangkan tingkat interferensi dan jumlah sinyal yang digunakan dalam komunikasi. Sementara itu, SNR menunjukkan perbandingan antara kekuatan sinyal dengan tingkat derau (*noise*) di lingkungan sekitar, yang berpengaruh terhadap kestabilan dan kecepatan transmisi data.

Pengukuran dilakukan pada rute tertentu di sekitar universitas UNISSULA yang telah ditentukan sebelumnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 peta rute *drive test*

Rute pengujian drive test ditandai dengan titik-titik berwarna :

- Biru : Kualitas sinyal jelek.
- Hijau : Kualitas sinyal sedang.
- Kuning : Kualitas sinyal baik.
- Orange : Kualitas sinyal sangat baik.

Rute *Drive test* yang dipilih mencakup area strategis, anatra lain :

1. Sekitar gedung rektorat
2. Sekitar auditorium unissula
3. Gedung fakultas ekonomi
4. Kawasan masjid Abu Bakar Assegaf
5. Area taman sekitar masjid
6. Gedung perpustakaan pusat
7. Gedung koperasi
8. Gedung fakultas bahasa dan ilmu komunikasi

Rute di atas dipilih karena :

1. Mewakili lingkungan universitas unissula
 - Rute mencakup area utama yang sering digunakan oleh mahasiswa.
 - Menggambarkan kualitas jaringan di tempat-tempat yang sering digunakan untuk aktivitas akademik dan komunikasi.
2. Kondisi pengukuran sinyal
 - Terlihat ada variasi hasil pengukuran sinyal.
 - Membantu dalam analisis performa jaringan di berbagai kondisi lingkungan.
3. Area mobilitas tinggi
 - Jalan utama universitas sering digunakan untuk mobilitas mahasiswa.
 - Beberapa area adalah tempat berkumpul yang penting untuk komunikasi.
4. Evaluasi provider seluler
 - Membantu menilai kualitas layanan provider 4G di berbagai lokasi di dalam universitas.
 - Bisa digunakan untuk membandingkan RSRP, RSRQ, dan SNR.

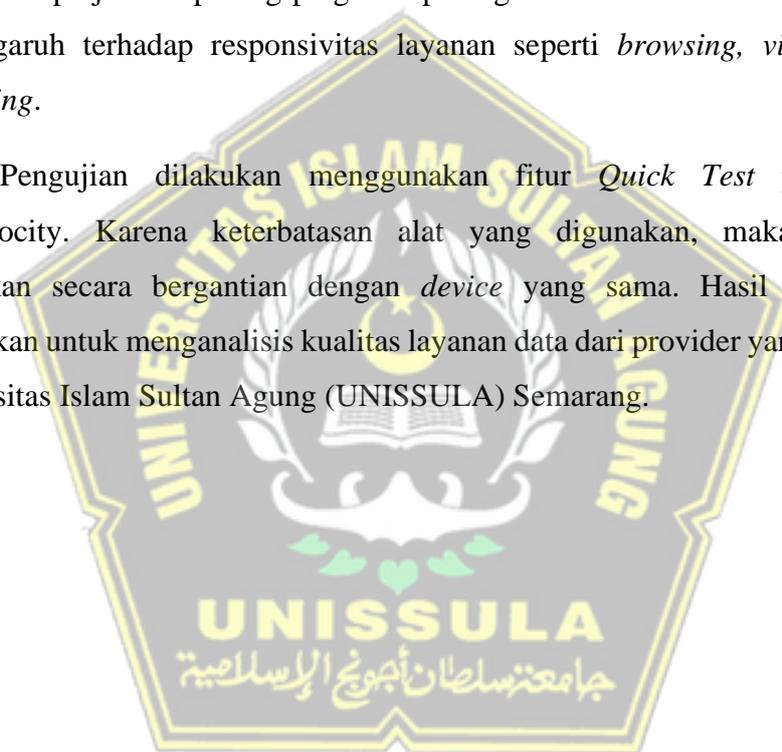
3.6 Pengujian kecepatan *download*, *upload* dan *delay*

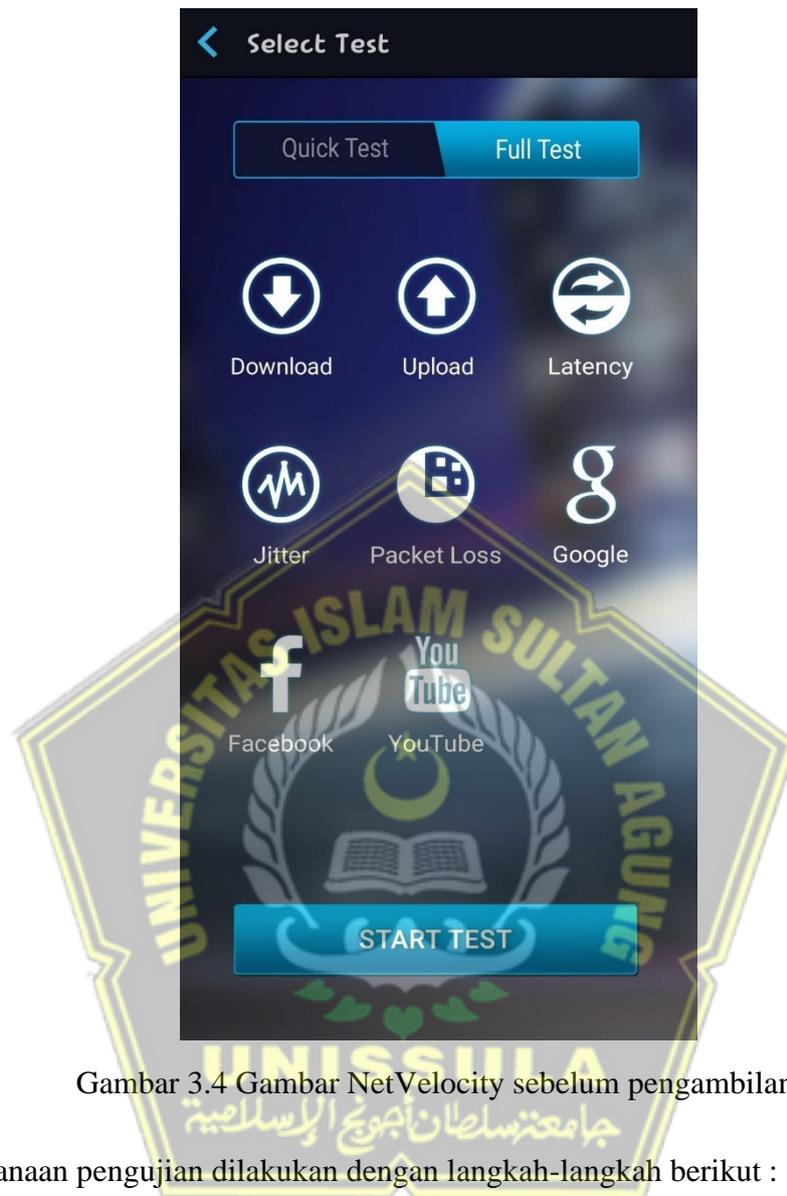
pengujian kecepatan jaringan dilakukan menggunakan aplikasi NetVelocity yang berfungsi untuk mengukur performa layanan data seluler. Aplikasi ini

menyediakan hasil pengukuran terhadap beberapa parameter utama, yaitu kecepatan *download*, kecepatan *upload*, dan waktu tunda (*delay*).

Pengambilan data dilakukan pada jam sibuk, yaitu pukul 12:00 - 13:00 WIB, untuk menangkap kondisi jaringan pada saat trafik pengguna tinggi. Parameter *download* mencerminkan seberapa cepat perangkat menerima data dari server, sedangkan *upload* menunjukkan kecepatan pengiriman data dari perangkat ke jaringan. Parameter *latency* mengukur waktu yang dibutuhkan data untuk melakukan perjalanan pulang-pergi dari perangkat ke server dan kembali lagi, yang berpengaruh terhadap responsivitas layanan seperti *browsing*, *video call*, dan *streaming*.

Pengujian dilakukan menggunakan fitur *Quick Test* pada aplikasi NetVelocity. Karena keterbatasan alat yang digunakan, maka pengukuran dilakukan secara bergantian dengan *device* yang sama. Hasil pengujian ini digunakan untuk menganalisis kualitas layanan data dari provider yang diuji di area Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang.





Gambar 3.4 Gambar NetVelocity sebelum pengambilan data

Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Membuka aplikasi NetVelocity pada perangkat uji.
2. Memilih opsi quick test untuk melakukan pengujian *download*, *upload* dan *delay*.
3. Aplikasi akan mengukur beberapa parameter, yaitu *download*, *upload* dan *delay*.
4. Pengujian dilakukan di titik yang telah ditentukan, seperti di sekitar perpustakaan pusat dan area taman di sekitarnya.
5. Pengukuran dilakukan secara bergantian pada perangkat yang sama.
6. Data hasil pengukuran dicatat dan dianalisis.

Titik tersebut dipilih karena :

1. Merupakan area dengan aktivitas pengguna jaringan seluler yang tinggi, terutama pada jam sibuk.
2. Lokasi ini sering digunakan oleh mahasiswa untuk kegiatan akademik dan non-akademik, seperti belajar, diskusi, serta mengakses internet menggunakan layanan seluler.
3. Memilih titik ini untuk bertujuan untuk memperoleh gambaran kualitas jaringan seluler di area universitas yang umum digunakan untuk kegiatan akademik dan sosial.

3.7 Alur Penelitian

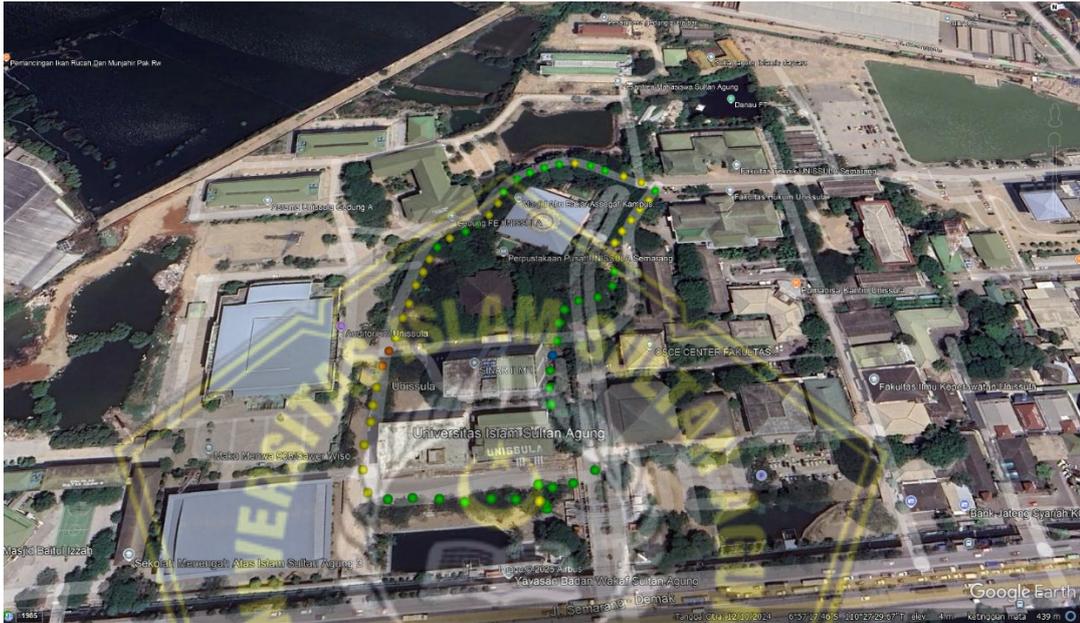
Penelitian ini dilakukan di lingkungan Universitas Islam Sultan Agung Semarang dengan tujuan untuk menganalisis performa jaringan 4G dari dua provider, yaitu Telkomsel dan Smartfren. Pengumpulan data dilakukan menggunakan satu perangkat *smartphone* yang telah dikonfigurasi dan diinstal dengan aplikasi pengukuran jaringan seperti G-Net Track Pro dan NetVelocity. Karena keterbatasan perangkat, proses pengambilan data dilakukan secara bergantian untuk masing-masing provider.

Pengambilan data dimulai dengan mengaktifkan kartu SIM dari salah satu provider, yaitu Telkomsel dan kemudian dilakukan pengukuran parameter QoS yang telah ditentukan. Setelah itu data Telkomsel selesai dikumpulkan, kartu SIM diganti dengan provider Smartfren dan proses pengukuran dilakukan dengan metode dan titik lokasi yang sama untuk menjaga konsistensi pengamatan.

BAB IV

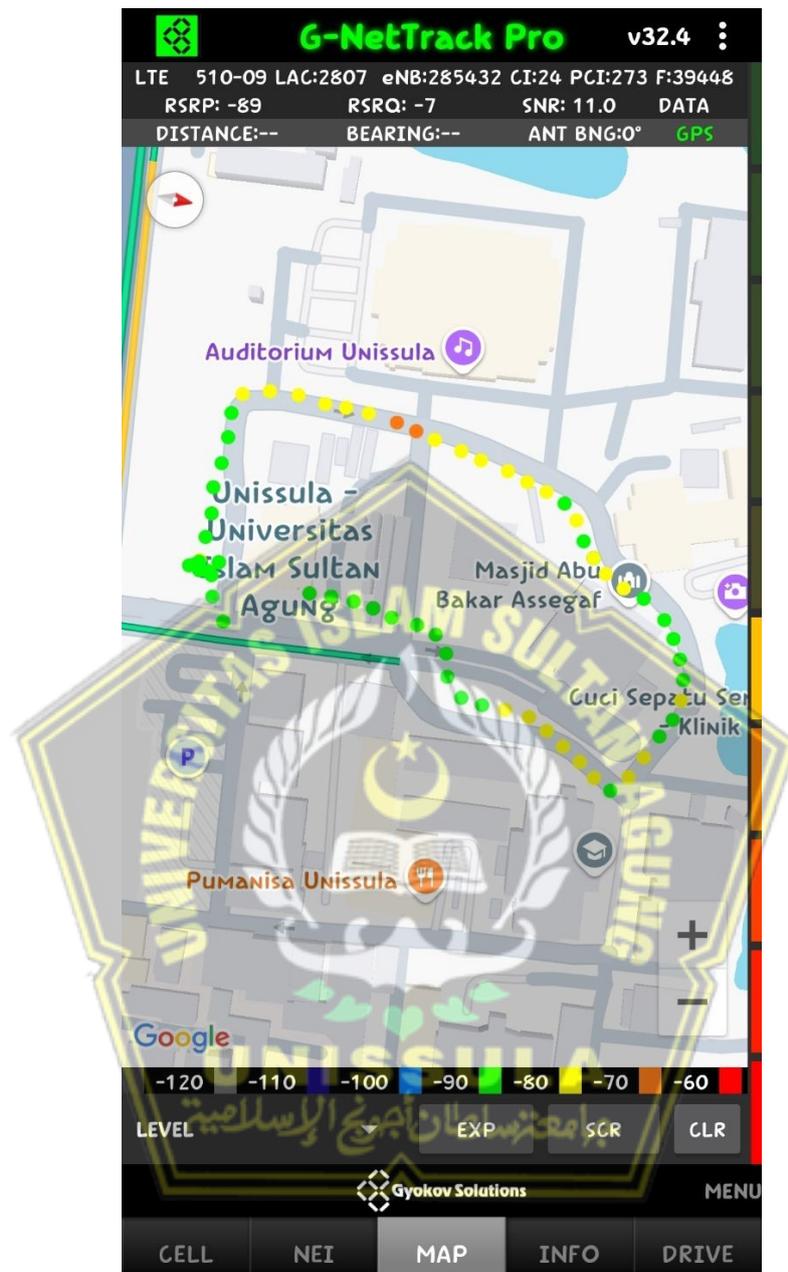
HASIL DAN ANALISA

Hasil pengukuran drive test dilakukan pada bulan Februari 2025. Pada gambar 4.1 adalah peta lokasi pengukuran.



Gambar 4.1 *Driving-Track* titik pengukuran

Pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 adalah contoh tampilan antarmuka aplikasi G-Net Track Pro pada saat proses mengumpulkan data di lapangan.



Gambar 4.2 Tampilan antarmuka aplikasi G-Net Track saat proses pengumpulan data

G-NetTrack Pro v32.4

Operator: TELKOMSEL

MCC: 510 MNC: 10 TAC: 3818 Type: 4G
 eNB: 196014 CID: 31 PCI: 29 TA: 2
 ARFCN: 1850 BAND: L3 BW: 20
 F DL: 1870.0 MHz F UL: 1775.0 MHz
 RSRP: -84 RSRQ: -13 SNR: 1.0 CQI: - RSSI: -51

Longitude: 110.458233 Latitude: -6.955955
 Speed: 0 km/h Hdg: 0° N GPS Acc: 3M
 Height: 35M Altitude: 35M Ground: 0M

UL: 7 kbps DL: 77 kbps
 Data: TELKOMSEL DATA

Serving time: 41s

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
17:32:..	HD4G	3818	19601..	29	1850	-87	-12	4G	65
17:33:..	HD4G4..	3818	19672..	306	1850	-87	-15	4G	8
17:33:..	HD4G4..	3818	19601..	29	1850	-87	-13	4G	8
17:33:..	HD4G4..	3818	19601..	28	500	-79	-7	4G	189
17:37:..	HD4G4..	3818	19672..	307	500	-75	-8	4G	30
17:37:..	HD4G4..	3818	19672..	306	1850	-80	-8	4G	92
17:39:..	HD4G4..	3818	19601..	29	1850	-85	-13	4G	

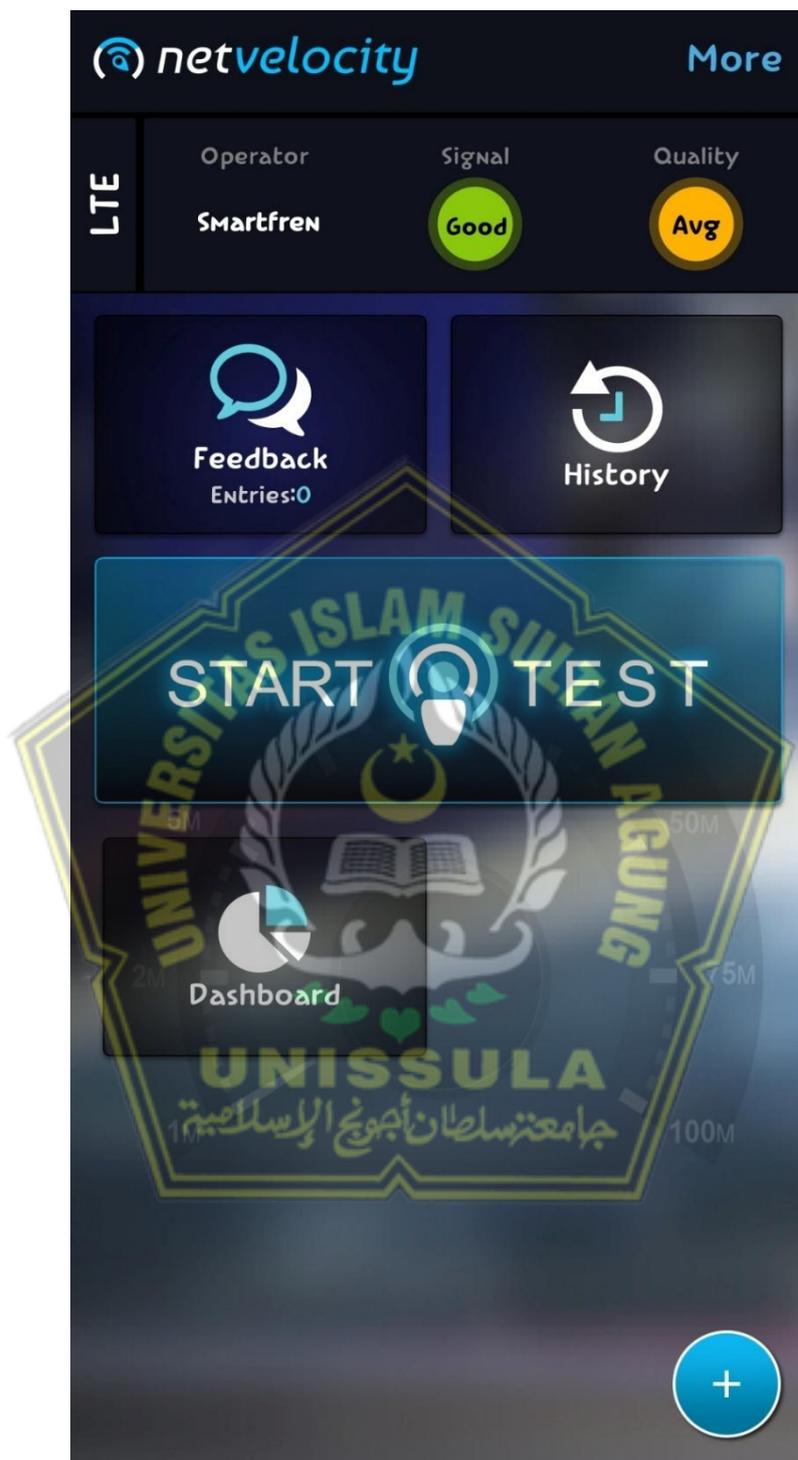
UNIVERSITAS AGUNG
 UNISSULA
 جامعة سلطان أبو جوح الإسلامية

Gyokov Solutions MENU

CELL NEI MAP INFO DRIVE

Gambar 4.3 Tampilan aplikasi G-Net Track

Pada gambar 4.4 adalah contoh tampilan antarmuka aplikasi NetVelocity.



Gambar 4.4 Tampilan aplikasi NetVelocity

Hasil pengukuran parameter untuk operator jaringan seluler Telkomsel diperoleh sebanyak 73 titik. Rangkuman hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut.

Hasil pengukuran parameter untuk operator jaringan seluler Telkomsel diperoleh sebanyak 73 titik mengacu pada gambar 4.2 dan Rangkuman hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.1. pada gambar 4.5 dibawah merupakan peta rute pengukuran kekuatan sinyal LTE di area Universitas Islam Sultan Agung.



Gambar 4.5 Peta rute pengukuran sinyal LTE

Tabel 4.1 Hasil pengukuran parameter provider Telkomsel

Titik	RSRP (dBm)	RSRQ (dBm)	SNR (dB)
1	-85	-14	-2
2	-75	-7	10
3	-83	-12	1
4	-75	-7	10
5	-74	-7	10
6	-85	-12	1
7	-87	-15	3
8	-87	-13	-3
9	-79	-7	4
10	-87	-12	0
11	-76	-7	7
12	-75	-8	4
13	-74	-7	7
14	-74	-7	15
15	-73	-9	9
16	-72	-8	9
17	-72	-7	9
18	-75	-8	9
19	-74	-7	9
20	-75	-8	9
21	-77	-8	9
22	-78	-9	6
23	-84	-11	-1
24	-82	-8	10
25	-69	-7	20
26	-79	-7	6
27	-79	-8	6
28	-80	-8	6
29	-84	-9	3
30	-75	-8	4
31	-79	-9	19
32	-83	-13	13
33	-89	-16	11
34	-80	-8	8
35	-80	-8	9

Titik	RSRP (dBm)	RSRQ (dBm)	SNR (dB)
36	-73	-8	14
37	-74	-9	14
38	-79	-9	14
39	-74	-9	18
40	-77	8	18
41	-79	-8	18
42	-82	-8	13
43	-82	-8	13
44	-82	-8	13
45	-81	-7	13
46	-80	-8	13
47	-80	-8	13
48	-78	7	13
49	-78	-7	13
50	-78	-7	13
51	-75	-7	18
52	-74	-6	18
53	-75	-6	18
54	-74	-7	18
55	-69	-7	24
56	-73	-7	24
57	-73	-7	24
58	-77	-6	19
59	-81	-6	19
60	-80	-7	16
61	-79	-7	16
62	-80	-7	16
63	-80	-7	16
64	-79	-9	11
65	-80	-9	11
66	-83	-10	4
67	-85	-12	0
68	-85	-13	-4
69	-88	-16	-4
70	-84	-14	-4
71	-84	-14	-2

Titik	RSRP (dBm)	RSRQ (dBm)	SNR (dB)
72	-83	-12	-1
73	-79	-10	7

Hasil pengukuran parameter untuk operator jaringan seluler Smartfren diperoleh sebanyak 65 titik. Rangkuman hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran parameter provider Smartfren

Titik	RSRP (dBm)	RSRQ (dBm)	SNR (dB)
1	-85	-6	11
2	-88	-7	13
3	-82	-9	13
4	-79	-8	13
5	-85	-10	12
6	-84	-10	12
7	-86	-9	12
8	-85	-9	12
9	-86	-10	12
10	-85	-10	12
11	-75	-8	12
12	-76	-8	12
13	-78	-9	12
14	-72	-8	11
15	-79	-8	11
16	-72	-7	15
17	-65	-6	15
18	-69	-10	20
19	-77	-10	20
20	-77	-9	15
21	-80	-10	12
22	-71	-8	13
23	-73	-8	13
24	-78	-9	13
25	-83	-11	11

Titik	RSRP (dBm)	RSRQ (dBm)	SNR (dB)
26	-75	-10	11
27	-83	-9	11
28	-78	-7	11
29	-83	-10	11
30	-78	-7	11
31	-80	-6	11
32	-82	-7	11
33	-85	-8	11
34	-83	-8	9
35	-83	-8	9
36	-82	-9	9
37	-80	-8	13
38	-82	-6	13
39	-83	-6	13
40	-79	-7	13
41	-76	-6	13
42	-81	-7	15
43	-75	-7	15
44	-80	-6	15
45	-71	-6	15
46	-79	-6	15
47	-77	-5	15
48	-80	-6	15
49	-87	-7	15
50	-83	-6	15
51	-83	-6	16
52	-81	-10	16
53	-85	-7	15
54	-90	-9	12
55	-90	-11	5
56	-86	-9	3
57	-93	-12	5
58	-86	-9	3
59	-84	-8	7
60	-85	-8	7
61	-83	-8	7

	RSRP	RSRQ	SNR
Titik	(dBm)	(dBm)	(dB)
62	-83	-7	7
63	-87	-6	7
64	-82	-9	13
65	-81	-9	11

4.1 Hasil Pengukuran Drive Test

Hasil penelitian merupakan tahapan dimana sistem jaringan yang sudah di analisis. Hasil pengukuran dilakukan dengan cara *drive test* menggunakan aplikasi G-Net Track Pro pada area yang sudah ditentukan yaitu di universitas islam sultan agung semarang dengan meliputi hasil analisis sebagai berikut :

4.1.1 Hasil Analisis RSRP

Hasil analisa perhitungan dari RSRP pada jaringan operator seluler Telkomsel dan Smartfren ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Nilai kuantitas terukur untuk RSRP

Kategori	dBm	Telkomsel	Smartfren
Sangat Baik	> - 70	2	2
Baik	-70 to -80	39	21
Sedang	-80 to -90	32	39
Jelek	> -100	0	3
	Jumlah	73	65

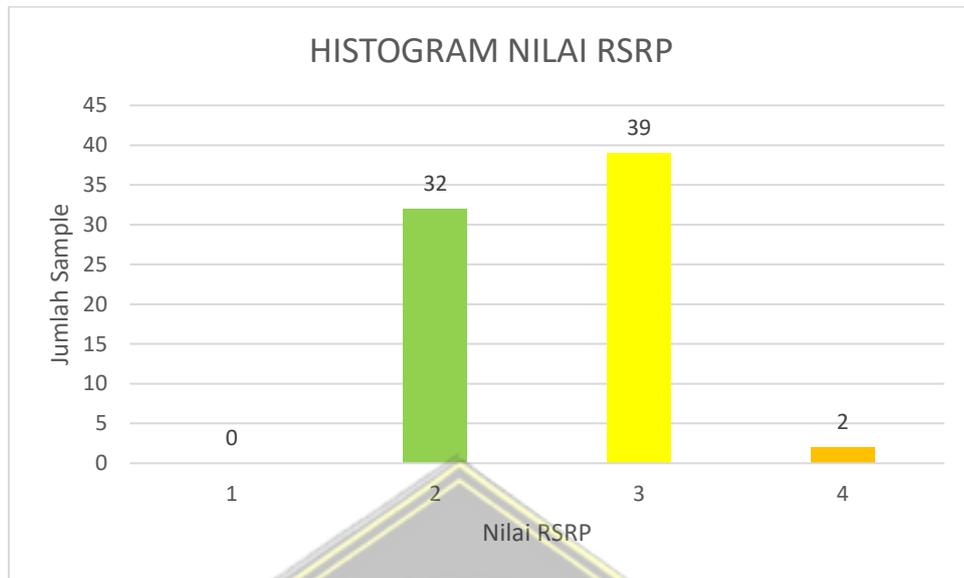
Tabel 4.3 menunjukkan nilai RSRP yang terukur dari jaringan Telkomsel dan Smartfren. dalam penelitian ini, diperoleh masing-masing 2 titik dengan kategori sangat baik. Titik pertama untuk jaringan Telkomsel berada di sekitar area auditorium unissula, sedangkan titik kedua berada di area sekitar masjid abu bakar assegaf. Adapun untuk jaringan Smartfren, kedua titik tersebut berada di sekitar auditorium unissula. Kedua titik didapatkan dari aplikasi G-Net Track Pro, dimana

aplikasi akan memunculkan data secara langsung pada saat pengukuran di lapangan.

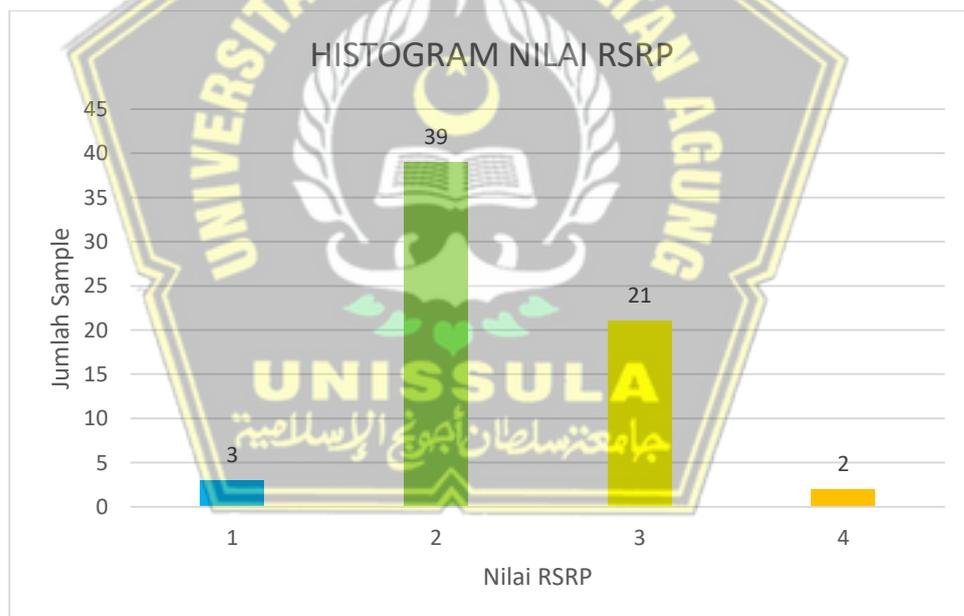
Kualitas sinyal di lokasi-lokasi tersebut sangat baik karena jaraknya yang dekat dengan menara BTS, sehingga sinyal diterima lebih kuat dan stabil. Selain itu, area tersebut memiliki sedikit hambatan fisik seperti gedung tinggi atau pepohonan yang lebat.

Untuk kategori jelek, tidak ditemukan pada jaringan Telkomsel, sedangkan pada jaringan Smartfren terdapat 3 titik dengan kategori jelek. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan kualitas sinyal antara kedua operator, yang dipengaruhi oleh faktor seperti cakupan BTS, frekuensi yang digunakan, serta kondisi di lokasi pengukuran.

Deviasi terbaik untuk jaringan Telkomsel diperoleh dengan nilai -69 dBm, sedangkan untuk jaringan Smartfren diperoleh nilai -65 dBm. Adapun deviasi terburuk tidak ditemukan pada jaringan Telkomsel, sedangkan untuk jaringan Smartfren diperoleh nilai -93 dBm. Sementara itu, rata-rata nilai RSRP untuk jaringan Telkomsel diperoleh sebesar -78,80 dBm sedangkan untuk jaringan Smartfren diperoleh sebesar -80,84 dBm. Gambar 4.4 dan gambar 4.5 di bawah ini menunjukkan grafik nilai RSRP dari jaringan Telkomsel dan Smartfren.



Gambar 4.6 Grafik histogram nilai RSRP Telkomsel



Gambar 4.7 Grafik histogram nilai RSRP Smartfren

4.1.2 Hasil Analisis RSRQ

Hasil analisa perhitungan dari RSRQ pada jaringan operator seluler Telkomsel dan Smartfren ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 nilai kuantitas terukur untuk RSRQ

Kategori	Rentang (dBm)	Telkomsel	Smartfren
Sangat Baik	< -10	56	52
Baik	-10 to -15	14	13
Sedang	-15 to -20	3	0
Jelek	> -20	0	0
	Jumlah	73	65

Tabel 4.4 menunjukkan nilai kuantitas jaringan terukur untuk RSRQ dari jaringan Telkomsel dan smartfre. Dalam penelitian ini, diperoleh 56 titik dengan kateori sangat baik untuk jaringan Telkomsel dan 52 titik untuk jaringan Smartfren. Pada kategori baik, terdapat 14 titik untuk Telkomsel dan 13 titik untuk Smartfren. Sementara itu, dalam kategori sedang, ditemukan 3 titik untuk jaringan Telkomsel, sedangkan untuk jaringan Smartfren tidak ditemukan titik dengan kategori tersebut.

Kategori sangat baik diperoleh pada lokasi-lokasi yang memiliki cakupan sinyal optimal, seperti di dekat menara BTS atau area dengan sedikit hambatan fisik, seperti gedung yang tinggi atau pepohonana yang lebat. Semakin dekat suatu titik dengan menara BTS, semakin kuat sinyal yang diterima, sehingga kualitas RSRQ semakin baik.

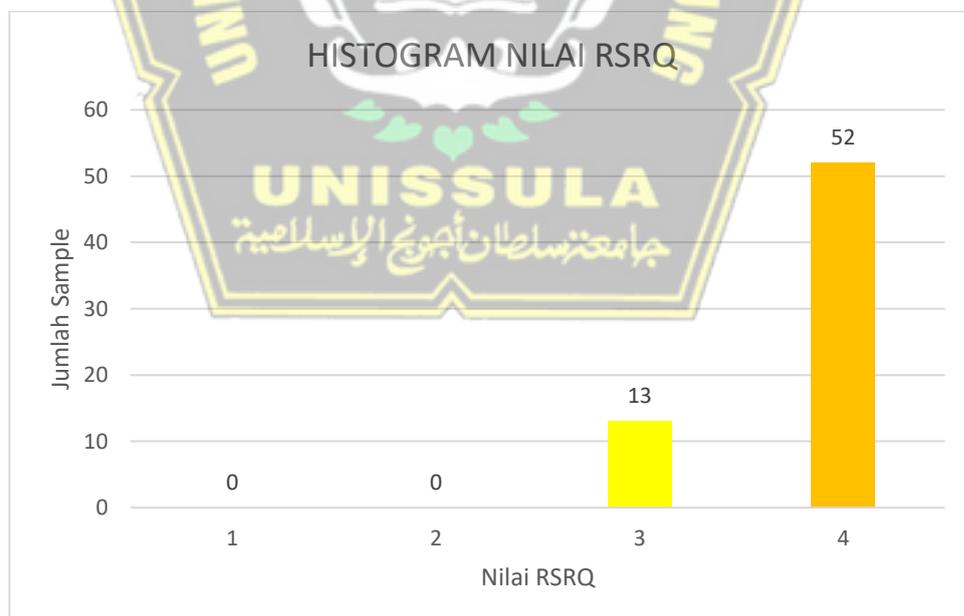
Sebaliknya, kategori jelek umumnya terjadi pada lokasi yang jauh dari menara BTS atau memiliki banyak hambatan fisik, seperti gedung tertutup atau area dengan banyak penghalang sinyal. Namun dalam penelitian ini, kategori jelek tidak ditemukan untuk kedua jaringan, yang menunjukkan bahwa cakupan RSRQ di area penelitian masih berada dalam kondisi yang baik hingga sangat baik.

Deviasi terbaik untuk jaringan Telkomsel diperoleh dengan nilai -6 dBm, sedangkan untuk jaringan Smartfren diperoleh nilai -5 dBm. Adapun deviasi terburuk tidak ditemukan untuk kedua jaringan tersebut. Sementara itu, rata-rata

RSRQ untuk telomsel diperoleh sebesar $-8,5$ dBm, sedangkan untuk jaringan Smartfren sebesar $-8,1$ dBm. Gambar 4.6 dan gambar 4.7 di bawah ini menunjukkan grafik nilai RSRQ dari jaringan Telkomsel dan Smartfren.



Gambar 4.8 Grafik histogram nilai RSRQ Telkomsel



Gambar 4.9 Grafik histogram nilai RSRQ Smartfren

4.1.3 Hasil Analisis SNR

Hasil analisa perhitungan dari SNR pada jaringan operator seluler Telkomsel dan Smartfren ditunjukkan pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Nilai kuantitas terukur untuk SNR

Kategori	Rentang (dB)	Telkomsel	Smartfren
Sangat Baik	> 30	0	0
Baik	20 to 30	4	2
Sedang	30 to 10	35	51
Jelek	10 to 0	34	12
	Jumlah	73	65

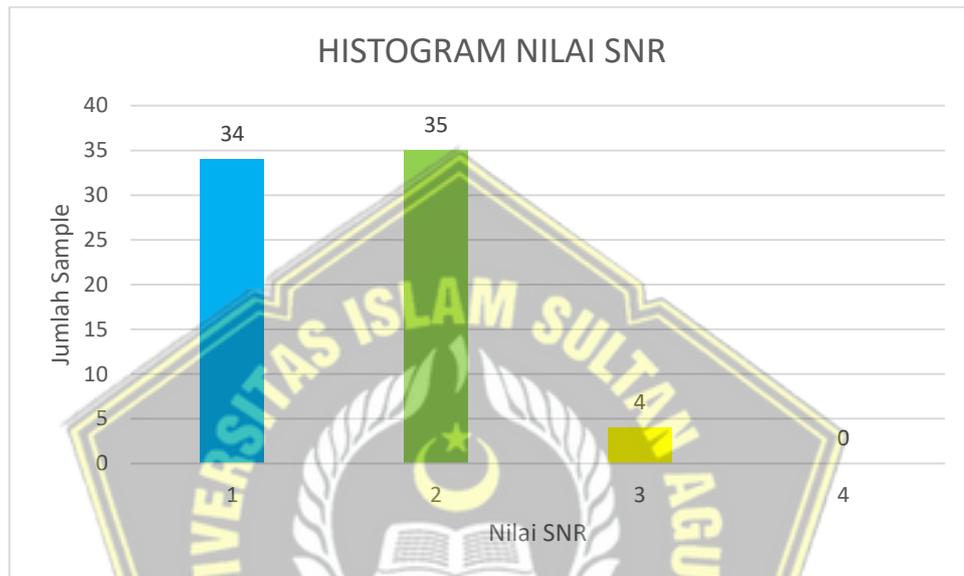
Tabel 4.5 menunjukkan nilai kuantitas terukur untuk SNR dari jaringan Telkomsel dan Smartfren. Berdasarkan hasil pengukuran, tidak ditemukan untuk kategori sangat baik pada kedua jaringan. Pada kategori baik, diperoleh 4 titik untuk jaringan Telkomsel dan 2 titik untuk jaringan Smartfren.

Untuk kategori sedang, jaringan Telkomsel memiliki 35 titik, sedangkan jaringan Smartfren memiliki 51 titik. Adapun pada kategori jelek diperoleh 34 titik untuk jaringan Telkomsel dan 12 titik untuk jaringan Smartfren.

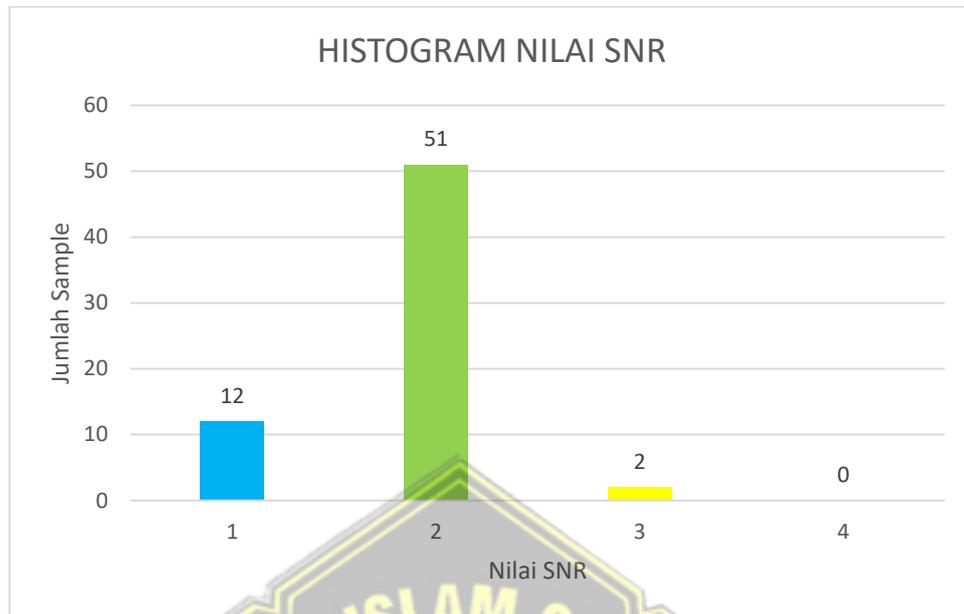
Kategori sangat baik tidak ditemukan dalam penelitian ini, yang disebabkan oleh jarak BTS yang tidak cukup dekat untuk menghasilkan nilai SNR di atas 30 dB. Kategori baik ditemukan dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan kategori lainnya, yang menunjukkan bahwa sebagian besar titik uji berada dalam kondisi sinyal sedang hingga jelek.

Kategori sedang memiliki jumlah titik terbanyak pada kedua jaringan, terutama pada jaringan Smartfren, yang dipengaruhi oleh faktor seperti kepadatan jaringan dan gangguan interferensi dari sinyal lain. Sementara itu, kategori jelek ditemukan lebih banyak pada jaringan Telkomsel dibandingkan Smartfren, yang

disebabkan oleh kondisi lokasi pengukuran yang memiliki hambatan fisik atau berada di area dengan tingkat gangguan sinyal yang lebih tinggi. Sementara itu, rata-rata SNR yang diperoleh jaringan Telkomsel sebesar 10 dB, sedangkan untuk jaringan Smartfren diperoleh sebesar 12 dB. Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 di bawah ini menunjukkan grafik SNR untuk jaringan Telkomsel dan Smartfren.



Gambar 4.10 Grafik histogram nilai SNR Telkomsel



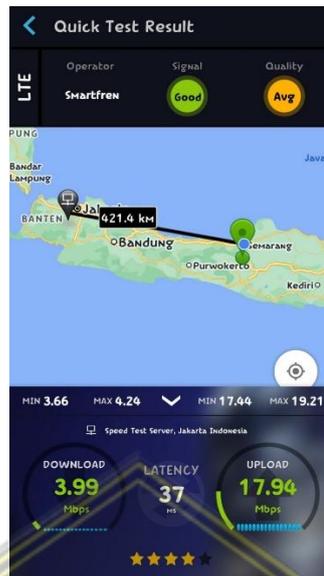
Gambar 4.11 Grafik histogram nilai SNR Smartfren

4.2 Hasil Pengukuran *Quality of Service*

Pada gambar 4.12 merupakan tampilan aplikasi NetVelocity pada saat pengumpulan data jaringan Telkomsel dan pada gambar 4.13 tampilan aplikasi NetVelocity pada saat pengumpulan data jaringan Smartfren.



Gambar 4.12 Tampilan antarmuka aplikasi NetVelocity saat proses pengumpulan data jaringan Telkomsel.

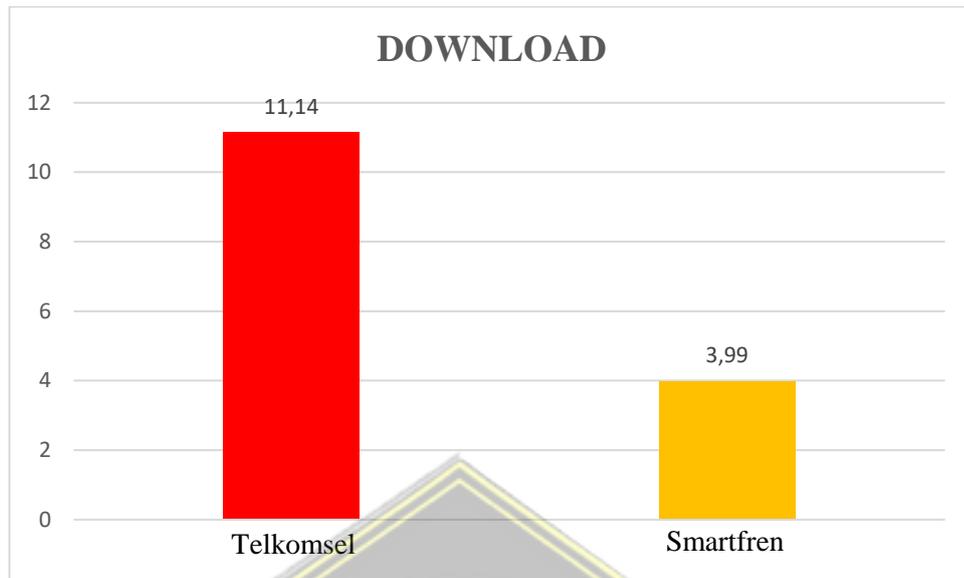


Gambar 4.13 Tampilan antarmuka aplikasi NetVelocity pada saat pengambilan data jaringan Smartfren.

Hasil pengukuran dilakukan dengan menggunakan aplikasi NetVelocity pada area yang sudah ditentukan yaitu di universitas islam sultan agung semarang dengan meliputi hasil analisis sebagai berikut :

4.2.1 Analisis Kecepatan Download Telkomsel dan Smartfren

Pada gambar 4.14 menyajikan grafik perbandingan hasil pengukuran kecepatan *download* pada jaringan Telkomsel dan Smartfren.



Gambar 4.14 Grafik perbandingan kecepatan *download*

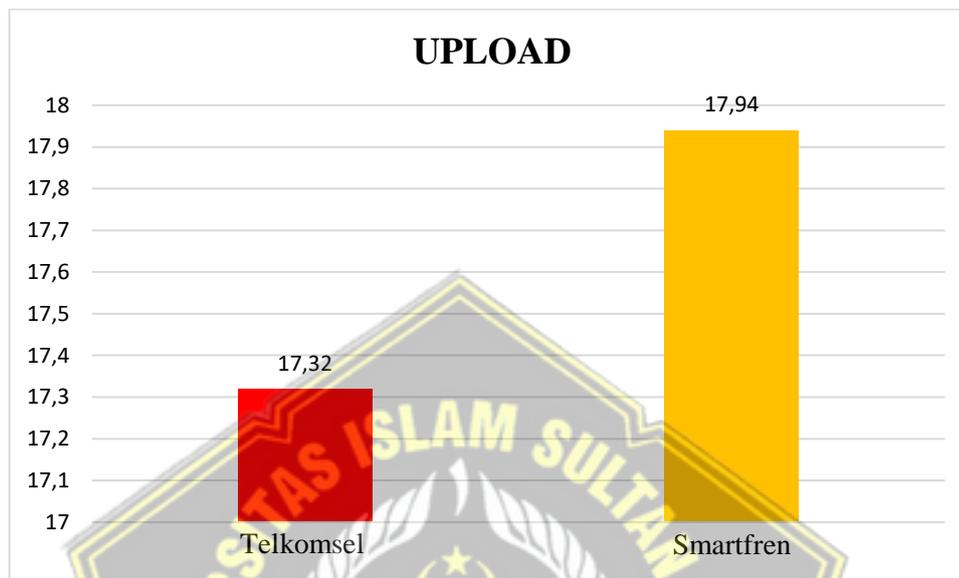
Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada grafik di atas, kecepatan *download* pada jaringan Telkomsel memiliki rata-rata 11, 14 Mbps, sedangkan pada jaringan Smartfren rata-rata kecepatan *download* yang diperoleh adalah 3,99 Mbps.

Perbedaan signifikan dalam kecepatan *download* ini menunjukkan bahwa Telkomsel memiliki performa yang lebih unggul dibandingkan Smartfren dalam hal kecepatan transfer data ke perangkat pengguna. Faktor tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti kapasitas *bandwith* yang disediakan oleh masing-masing operator, jumlah pengguna aktif dalam satu area yang dapat mempengaruhi kepadatan jaringan, jarak dari BTS yang mempengaruhi kekuatan sinyal, dan interferensi jaringan yang dapat terjadi akibat penggunaan frekuensi yang sama dengan operator lain atau kondisi geografis tertentu.

Hasil ini mengindikasikan bahwa pengguna jaringan Telkomsel cenderung mendapatkan pengalaman akses internet yang lebih cepat dibandingkan pengguna jaringan Smartfren, terutama dalam aktivitas yang membutuhkan transfer data besar seperti *streaming video* atau pengunduhan file berukuran besar.

4.2.2 Analisis Kecepatan Upload Telkomsel dan Smartfren

Pada gambar 4.15 menyajikan grafik perbandingan hasil pengukuran kecepatan *upload* pada jaringan Telkomsel dan Smartfren.



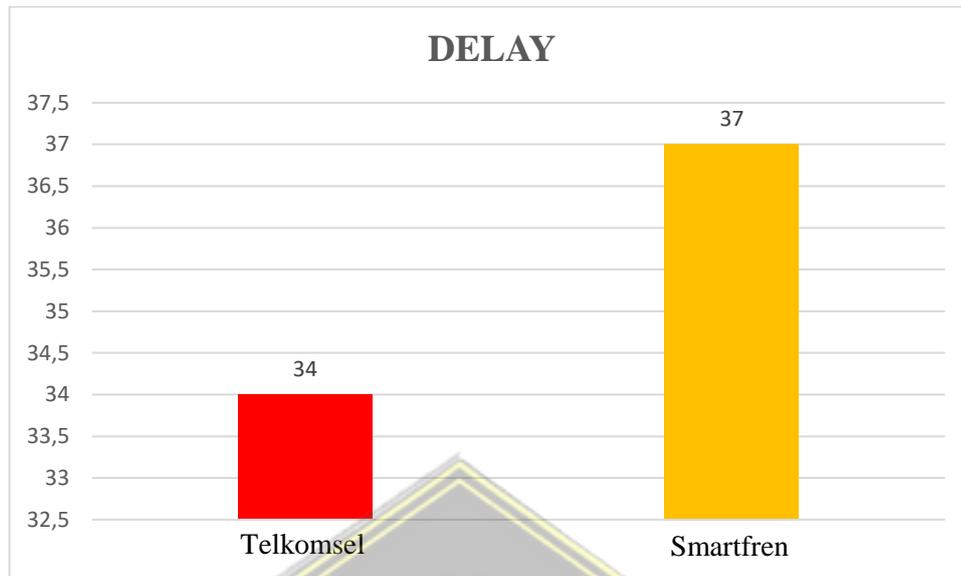
Gambar 4.15 Grafik perbandingan kecepatan *upload*

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada grafik di atas, hasil pengukuran menunjukkan bahwa kecepatan *upload* pada jaringan Smartfren mencapai 17,94 bps, sedangkan pada jaringan Telkomsel hanya mencapai 17,32 Mbps. Hal ini menunjukkan bahwa dalam skenario pengujian ini, Smartfren memiliki kecepatan *upload* yang lebih tinggi.

Perbedaan kecepatan *upload* ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kapasitas *bandwith*, jumlah pengguna dalam satu sel BTS, serta kondisi jaringan saat pengukuran dilakukan. Kecepatan *upload* yang lebih tinggi pada Smartfren menunjukkan bahwa jaringan tersebut memiliki optimasi yang lebih baik dalam transmisi data ke server dibandingkan dengan Telkomsel dalam kondisi pengujian ini.

4.2.3 Hasil Analisis Delay Telkomsel dan Smartfren

Pada gambar 4.16 dilihat grafik perbandingan hasil pengukuran *delay* pada jaringan Telkomsel dan Smartfren.



Gambar 4.16 Grafik perbandingan *delay*

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *delay* pada jaringan Telkomsel adalah 34 ms, sedangkan pada jaringan Smartfren mencapai 37 ms. Nilai *delay* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk transmisi data dari pengirim ke penerima lebih lama.

Dalam pengujian ini, Telkomsel memiliki nilai *delay* yang lebih rendah dibandingkan Smartfren, yang mengindikasikan performa jaringan yang lebih baik dalam hal respon waktu. Nilai *delay* dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kepadatan lalu lintas jaringan, teknologi yang digunakan, serta jarak antara perangkat pengguna dengan server tujuan.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis parameter QoS jaringan 4G Telkomsel dan Smartfren di area Universitas Islam Sultan Agung Semarang, maka dapat disimpulkan :

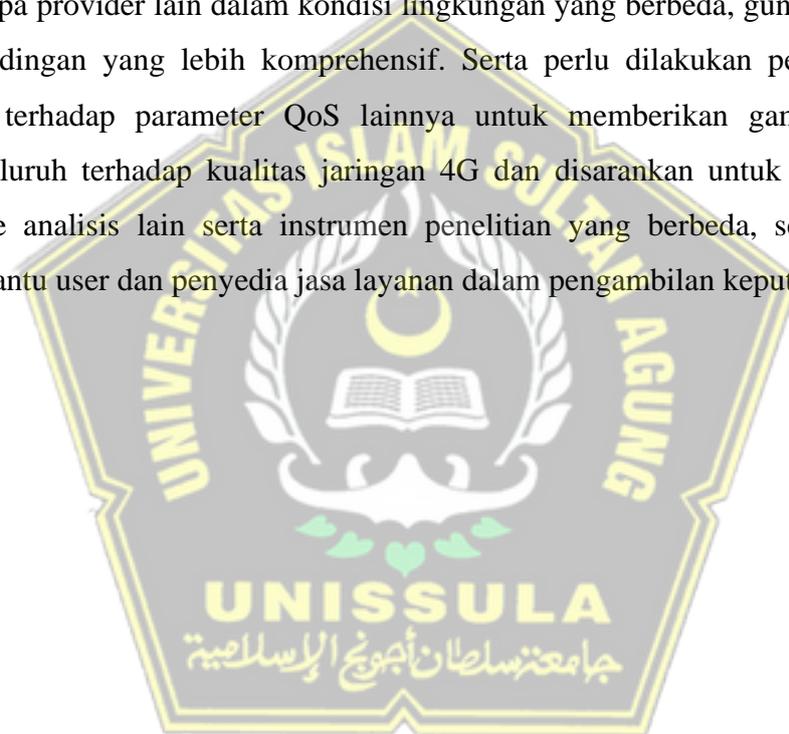
1. Pengukuran kualitas sinyal menggunakan aplikasi G – Net Track Pro menghasilkan parameter RSRP, RSRQ, dan SNR. Aplikasi NetVelocity menghasilkan parameter kecepatan *download*, *upload*, dan *delay*. Hasil penelitian nilai RSRP jaringan Telkomsel kategori baik hingga sedang -78,80 dBm, jaringan Smartfren kategori sedang -80,84 dBm. Nilai RSRQ jaringan Telkomsel sangat baik hingga baik -8,5 dB, jaringan Smartfren sangat baik hingga baik -8,1 dB. Nilai SNR jaringan Telkomsel kategori sedang 10 dB, jaringan Smartfren kategori sedang 12 dB. Kecepatan download jaringan Telkomsel 11,14 Mbps, jaringan Smartfren 3,99 Mbps. Kecepatan upload jaringan Telkomsel 17,32 Mbps, jaringan Smartfren 17,94 Mbps. Nilai *delay* jaringan Telkomsel sangat baik 34 ms, jaringan Smartfren sangat baik 37 ms.
2. Perbandingan kualitas sinyal antara Telkomsel dan Smartfren pada kondisi jam sibuk berdasarkan hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa Jaringan Telkomsel unggul dalam parameter RSRP, RSRQ, SNR, dan kecepatan *Download*. Jaringan Smartfren unggul dalam parameter kecepatan *upload*. Untuk parameter *delay*, Telkomsel memiliki nilai yang sedikit lebih baik dibandingkan Smartfren.

Secara keseluruhan, Telkomsel menunjukkan performa jaringan yang lebih unggul dan stabil dibandingkan Smartfren di area Universitas Islam Sultan Agung Semarang pada kondisi jam sibuk, meski Smartfren masih memiliki keunggulan pada aspek *upload*.

5.2 SARAN

Pada analisa penelitian ini menyarankan agar user dapat memilih provider sesuai kebutuhan dan bagi penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan cakupan wilayah yang luas dan menggunakan metode pengukuran yang lebih variatif agar hasil analisis lebih akurat. Penggunaan teknologi terbaru seperti 5G dapat menjadi aspek yang menarik untuk diteliti dalam kaitannya dengan peningkatan jaringan seluler di masa depan.

Penelitian juga dapat dikembangkan dengan performa jaringan 4G antar beberapa provider lain dalam kondisi lingkungan yang berbeda, guna memberikan perbandingan yang lebih komprehensif. Serta perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap parameter QoS lainnya untuk memberikan gambaran secara menyeluruh terhadap kualitas jaringan 4G dan disarankan untuk menggunakan metode analisis lain serta instrumen penelitian yang berbeda, sehingga dapat membantu user dan penyedia jasa layanan dalam pengambilan keputusan teknis.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. I. Pasaribu, "Network Quality Comparison 4g LTE X And Y in Campus UMSU," *J Phys Conf Ser*, hlm. 1–8, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1858/1/012010.
- [2] M. V. Panjaitan, S. Sukiswo, dan A. A. Zahra, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan 4G Dengan Metode Drive Test Pada Kondisi Outdoor Menggunakan Aplikasi G-Nettrack Pro," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 7, no. 2, hlm. 408–415, 2018.
- [3] N. Sugiarto, "Analisa Quality Of Service (QoS) Pada SMK Baitul Mukminin Bangalsari Jember" *repository um jember*, hlm. 1–20, 2018.
- [4] A. F. Alyah, D. D. Andayani, dan Syahrul, "Parameter Quality Of Service Di Kota Makasar Analysis Of 4G Network Quality Using Parameters Quality Of Service In The City Of Makassar," *journal article*, hlm. 1–5, 2021.
- [5] E. A. Janaloka, J. T. Elektro, F. Teknik, dan U. Jember, "Analisis Sinyal 4G Pada Provider Seluler Menggunakan Metode Drive Test Untuk Kualitas Voice Over Internet Protocol (VoIP)," *Digital Repository universitas jember*, 2019.
- [6] E. Budiman dan U. Hairah, "Kinerja Jaringan 4G LTE Operator Mobile di Ibukota Kalimantan Timur dimasa Pandemi Covid19 Mobile Operator 4G Network Performance in Capital of East Kalimantan during the Covid19 Pandemic," *Jurnal_Pekommas*, no. spesial issue 2021, hlm. 1–10, 2021, doi: 10.30818/jpkm.2021.
- [7] D. Lindarto, "Analysis Of 4g Internet Technology Quality In Medan City With Mobile Communication System Analysis Of 4g Internet Technology Quality In Medan City With Mobile Communication System," *J Phys Conf Ser*, hlm. 11, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1361/1/012030.
- [8] W. E. Setyawan, J. Marpaung, dan R. R. Yacoub, "Analisis Performansi Jaringan 4G LTE Operator Hutchison 3 di Rumah Sakit Umum Universitas Tanjungpura Pontianak," *Jurnal Universitas Tanjung Pura*, hlm. 1–9, 2021.
- [9] StructHEALTH, "Urgent Alert Telecom Towers," structural health monitoring. [Daring]. Tersedia pada: <https://images.app.goo.gl/8NePoMJnkf2GXBM8>
- [10] Sorotan Media, "Menyelimuti Indonesia Dengan Sinyal 4G," KEMENKOMINFO. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.komdigi.go.id/berita/pengumuman/detail/menyelimuti-indonesia-dengan-sinyal-4g>

- [11] BPS, "Persentase Penduduk yang Masih Bersekolah Usia 10 Tahun ke Atas yang Mengakses Internet Selama Tiga Bulan Terakhir di Kabupaten Semarang dan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2020," Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang. [Daring]. Tersedia pada: <https://semarangkab.bps.go.id/staticable/2022/01/12/226/persentase-penduduk-yang-masih-bersekolah-usia-10-tahun-ke-atas-yang-mengakses-internet-selama-tiga-bulan-terakhir-di-kabupaten-semarang-dan-provinsi-jawa-tengah-tahun-2020.html>
- [12] M. Arif dan K. U. Apjii, "Profil Internet Indonesia 2022," no. June, 2022.
- [13] BPS, "Statistik Telekomunikasi Indonesia 2021," Badan Pusat Statistik. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/publication/2022/09/07/bcc820e694c537ed3c131b9/statistik-telekomunikasi-indonesia-2021.html>
- [14] Itearchitecture, "E - UTRAN (EU)," Slide share. [Daring]. Tersedia pada: <https://images.app.goo.gl/apXHCX9yKxZUD7zcA>
- [15] M. Ulfah dan A. S. Irtawaty, "Optimasi Jaringan 4G LTE (Long Term Evolution) Pada Kota Balikpapan," *Jurnal ECOTIPE*, vol. 5, no. 2, hlm. 1–10, Okt 2018, doi: 10.33019/ecotipe.v5i2.645.
- [16] El samara, "GSM." [Daring]. Tersedia pada: <https://elsamara.id/gsm-pengertian-fungsi-manfaat/>
- [17] E. A. Janaloka, J. T. Elektro, F. Teknik, dan U. Jember, "Analisis Sinyal 4G Pada Provider Menggunakan Metode Drive Test Untuk Kualitas Voive Over Internet Protocol (VoIP)," *Digital Repository universitas jember*, 2019.
- [18] Roberto Corputty, Rapha Nikita Kaikatui, dan Yuliana Kolyaan, "Analisis Kegagalan Komunikasi Suara (Drop Call) Jaringan Seluler WCDMA-UMTS," *MUSTEK ANIM HA*, vol. 12, hlm. 1–7, Apr 2023.
- [19] Menpo Vascodegama Panjaitan, Sukiswo, dan Ajub Ajulian Zahra, "Analisis Quality Of Service (QoS) Jaringan 4G Dengan Metode Drive Test Pada Kondisi Outdoor Menggunakan Apliakasi G-Net Track Pro," *TRANSIENT*, vol. 7, hlm. 1–8, Jun 2018.