

**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI JARINGAN
INDOOR 4G LTE PADA BEBERAPA PROVIDER DI
UNIVERSITAS FAJAR**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Fajar**

OLEH

MUHAMMAD IQBAL

1820221003



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

2024



**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI JARINGAN
INDOOR 4G LTE PADA BEBERAPA PROVIDER DI
UNIVERSITAS FAJAR**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S1 di
Universitas Fajar Makassar**

MUHAMMAD IQBAL

1820221003

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS FAJAR MAKASSAR**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Analisis Perbandingan Performansi Jaringan Indoor 4G LTE Pada Beberapa Provider Di Universitas Fajar

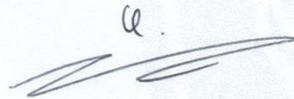
Disusun Oleh :

MUHAMMAD IQBAL
1820221003

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 13 Januari 2025

Pembimbing I



Kurniawan Harun Rasvid, ST., MT.
NIDN. 0903116901

Pembimbing II



Ika Puspita, S.T., M.T
NIDN. 0927098801s

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Ir. Erniati, S.T., M.T
NIDN : 0906107701

Ketua Program Studi



Safaruddin, S.Si., M.T
NIDN. 0909106901

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal
NIM : 1820221003
Program Studi : Teknik Elektro

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir. "Analisis Perbandingan Performansi Jaringan Indoor 4G LTE Pada Beberapa Provider Di Universitas Fajar" adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan yang telah ditulis sesuai dengan panduan penulisan ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 13 Januari 2025

Yang menyatakan



Muhammad Iqbal

KATA PENGANTAR

Dengan Memanfaatkan puji syukur kepada Allah SWT., atas berkat dan anugrah-Nya penulis bersyukur dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *“Analisis Perbandingan Performansi Jaringan Indoor 4g Lte Pada Beberapa Provider Di Universitas Fajar”*

Tujuan Pembuatan proposal penelitian ini adalah merupakan salah satu untuk melengkapi persyaratan dalam menyelesaikan program S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar. Penyelesaian proposal penelitian ini tidak lepas dari bantuan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak.

Melalui kesempatan ini juga penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Erniati, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar.
2. Pak Safaruddin, S.Si., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Fajar.
3. Ibu Kurniawan Harun S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing I.
4. Ika Puspita, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II.
5. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan, doa, motivasi dan pengorbanan materi dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.
6. Dosen-dosen Prodi Teknik Elektro Universitas Fajar.
7. Teman-teman Teknik Elektro 2018, terima kasih untuk kebersamaan dan berbagai cerita.

Untuk dapat menyempurnakan skripsi ini dibutuhkan sebuah kritik dan saran karna penulis menyadari masih banyak hal kekurangan yang harus diperbaiki agar sehingga bermanfaat untuk kedepannya.

Makassar, April 2024

Penulis

ABSTRAK

Analisis Perbandingan Performansi Jaringan Indoor 4g LTE Pada Beberapa Provider Di Universitas Fajar. Muhammad Iqbal Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan performansi jaringan indoor 4G LTE dari beberapa provider di lingkungan Universitas Fajar dengan fokus pada Telkomsel, XL Axiata, dan Smartfren. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk: (a) mengetahui kualitas jaringan indoor 4G dari setiap provider di Universitas Fajar, dan (b) mengevaluasi perbedaan kualitas antar jenis provider dengan kualitas jaringan 4G di universitas tersebut. Prosedur penelitian dimulai dengan pemilihan lokasi di berbagai area di Universitas Fajar yang mencakup ruang belajar, perpustakaan, fakultas, administrasi, dan pelataran, untuk merepresentasikan penggunaan jaringan 4G di kampus. Telkomsel, XL Axiata, dan Smartfren dipilih sebagai provider yang akan diuji. Pengambilan data kualitas jaringan dilakukan menggunakan metode walktest dengan parameter yang diukur meliputi RSSI, SINR, RSRP, dan RSRQ. Data diambil selama periode waktu tertentu di setiap lokasi dan dibandingkan dengan standar KPI (Key Performance Indicator) yang ditetapkan oleh masing-masing provider. Hasil penelitian menunjukkan variasi kualitas sinyal antara Telkomsel, XL Axiata, dan Smartfren di berbagai lantai Universitas Fajar. Pada lantai 1, Telkomsel memiliki RSRP -84 dBm dengan RSRQ -8 dB, XL Axiata memiliki RSRP -112 dBm dengan RSRQ -12 dB, dan Smartfren memiliki RSRP -89 dBm dengan RSRQ -8 dB. Di lantai 2, Telkomsel memiliki RSRP -102 dBm dengan SINR 8 dB, XL Axiata memiliki RSRP -86 dBm dengan SINR 0 dB, dan Smartfren memiliki RSRP -97 dBm dengan SINR 0 dB. Pada lantai 3, Telkomsel memiliki RSRP -108 dBm dengan SINR 1.0 dB, XL Axiata memiliki RSRP -88 dBm dengan SINR 0 dB, dan Smartfren memiliki RSRP -101 dBm dengan SINR 0 dB. Di lantai 4, Telkomsel memiliki RSRP -122 dBm dengan SINR -4.0 dB, XL Axiata memiliki RSRP -72 dBm dengan SINR 0 dB, dan Smartfren memiliki RSRP -101 dBm dengan SINR 0 dB.

Kata kunci: 4GL LTE, Telkomsel, XL Axiata, Smartfren

ABSTRACT

Analysis of Indoor 4G LTE Network Performance Comparison Among Several Providers at Fajar University. Muhammad Iqbal. This study aims to analyze the comparative performance of indoor 4G LTE networks from several providers within the Fajar University environment, with a focus on Telkomsel, XL Axiata, and Smartfren. The main objectives of this research are: (a) to ascertain the quality of indoor 4G networks provided by each provider at Fajar University, and (b) to evaluate the differences in quality among the various providers' 4G networks at the university. The research procedure commenced with the selection of locations across Fajar University, encompassing areas such as classrooms, libraries, faculties, administrative offices, and courtyards, to represent the usage of 4G networks on campus. Telkomsel, XL Axiata, and Smartfren were chosen as the providers to be tested. Data on network quality were collected using the walktest method, with parameters including RSSI, SINR, RSRP, and RSRQ. Data were collected over specified time periods at each location and compared with the Key Performance Indicator (KPI) standards set by each provider. The results of the research revealed variations in signal quality among Telkomsel, XL Axiata, and Smartfren across different floors of Fajar University. On the first floor, Telkomsel had an RSRP of -84 dBm with an RSRQ of -8 dB, XL Axiata had an RSRP of -112 dBm with an RSRQ of -12 dB, and Smartfren had an RSRP of -89 dBm with an RSRQ of -8 dB. On the second floor, Telkomsel had an RSRP of -102 dBm with a SINR of 8 dB, XL Axiata had an RSRP of -86 dBm with a SINR of 0 dB, and Smartfren had an RSRP of -97 dBm with a SINR of 0 dB. On the third floor, Telkomsel had an RSRP of -108 dBm with a SINR of 1.0 dB, XL Axiata had an RSRP of -88 dBm with a SINR of 0 dB, and Smartfren had an RSRP of -101 dBm with a SINR of 0 dB. On the fourth floor, Telkomsel had an RSRP of -122 dBm with a SINR of -4.0 dB, XL Axiata had an RSRP of -72 dBm with a SINR of 0 dB, and Smartfren had an RSRP of -101 dBm with a SINR of 0 dB.

Keywords: 4GL LTE, Telkomsel, XL Axiata, Smartfren

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan Penelitian	4
I.4 Batasan Masalah	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Tinjauan Teori.....	6
II.1.1. Long Term Evolution(LTE).....	6
II.1.2. Teknik Akses pada LTE	20
II.1.3. Walketest	21
II.1.4. G-net Track.....	21
II.1.5. Flowchart.....	23
II.2 State of The Art.....	28
II.3 Kerangka Pikir	32
BAB III.....	33
METODOLOGI PENELITIAN	33
III.1 Tahapan Penelitian.....	33
III.2 Prosedur Penelitian	35
III.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	37

III.4	Alat dan Bahan.....	37
III.5	Metode Pengumpulan Data.....	37
	III.5.1 Observasi.....	37
	III.5.2 Drivetest	38
	III.5.3 Dokumentasi	38
III.6	Teknik Analisis Data.....	38
BAB IV	.....	40
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	40
IV.1.	Hasil Penelitian	40
	IV.1.1 Kualitas Jaringan 4G Telkomsel	40
	IV.1.2 Kualitas Jaringan 4G XL Axiata	45
	IV.1.3 Kualitas Jaringan 4G Smartfren	50
	IV.1.4 Kualitas Jaringan 4G Berdasarkan Perhitungan.....	53
IV.2.	Pembahasan.....	58
BAB V	.....	68
PENUTUP	.....	68
V.1.	Kesimpulan	68
V.2.	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Hasil Observasi Kualitas Jaringan	3
Tabel II. 1 Fungsi-fungsi Network Element pada LTE.....	7
Tabel II. 2 Rentang nilai RSRP Telkomsel.....	11
Tabel II. 3 Rentang Nilai RSRP XL Axiata.....	11
Tabel II. 4 Rentang Nilai RSRP Smartfren.....	11
Tabel II. 5 Rentang nilai SINR Telkomsel.....	11
Tabel II. 6 Rentang Nilai SINR XL Axiata.....	12
Tabel II. 7 Rentang nilai SINR Smartfren	12
Tabel II. 8 Standar Nilai RSSI Telkomsel	12
Tabel II. 9 Standar Nilai RSSI Smartfren	12
Tabel II. 10 Standar Nilai RSRQ Telkomsel	13
Tabel II. 11 Standar Nilai RSRQ XL Axiata	13
Tabel II. 12 Standar Nilai RSRQ Smartfren	13
<i>Tabel II. 13 Jumlah Reseource Block LTE.....</i>	<i>19</i>
Tabel II. 14 <i>Flow Direction Symbols</i>	23
Tabel II. 15 <i>Processing Symbols</i>	25
Tabel II. 16 <i>Input / Output Symbols</i>	27
Tabel III. 1 Alat dan Bahan.....	37
Tabel IV. 2 Perbandingan Hasil Pengukuran Tiap Provider	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Hasil Observasi Kualitas Jaringan Lantai 1	2
<i>Gambar II. 1 Perbandingan HSDPA, HSDPA+ dan LTE</i>	7
Gambar II. 2 3 User Equipment Menerima Sinyal	10
<i>Gambar II. 3 Arsitektur Jaringan LTE</i>	15
<i>Gambar II. 4 Arah transmisi Downlink dan Uplink</i>	20
Gambar II. 5 Tampilan G-Net Track.....	22
Gambar II. 6 Kerangka Pikir	32
Gambar III. 1 Rancangan Penelitian	33
Gambar III. 2 Prosedur Penelitian.....	35
Gambar III. 3 Jenis Provider Responden Universitas Fajar	36
Gambar IV. 1 Hasil Pengukuran Lantai 1 Telkomsel	41
Gambar IV. 2 Hasil Pengukuran Lantai 2 Telkomsel	42
Gambar IV. 3 Hasil Pengukuran Lantai 3 Telkomsel	43
Gambar IV. 4 Hasil Pengukuran Lantai 4 Telkomsel	45
Gambar IV. 5 Hasil Pengukuran Lantai 1 XL Axiata	46
Gambar IV. 6 Hasil Pengukuran Lantai 2 XL Axiata	47
Gambar IV. 7 Hasil Pengukuran Lantai 3 XL Axiata	48
Gambar IV. 8 Hasil Pengukuran Lantai 4 XL Axiata	49
Gambar IV. 9 Hasil Pengukuran Lantai 1 Smartfren	50
Gambar IV. 10 Hasil Pengukuran Lantai 2 Smartfren	51
Gambar IV. 11 Hasil Pengukuran Lantai 3 Smartfren	52

Gambar IV. 12 Hasil Pengukuran Lantai 4 Smartfren.....	53
Gambar IV. 13 BTS Sekitar Lokasi Penelitian	66

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan sistem komunikasi seluler saat ini mengalami perkembangan yang pesat seiring dengan kemajuan teknologi. Sistem komunikasi seluler merupakan teknologi yang mendukung hubungan komunikasi tanpa batas. Sistem komunikasi seluler ini dapat dilakukan di mana saja apabila pengguna sistem komunikasi seluler berada dalam area cakupan penyedia jasa telekomunikasi. Saat ini penggunaan jaringan komunikasi yang paling banyak digunakan yaitu 4G LTE (*Long Term Evolution*) dengan kecepatan transfer data mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Di samping mempunyai kecepatan yang tinggi 4G LTE juga memiliki cakupan yang luas. Di Indonesia sendiri pengenalan teknologi jaringan 4G LTE sudah lama dilakukan yaitu pada tahun 2013. (Rahmania, 2020)

Pada pengembangan jaringan 4G LTE dibutuhkan pengembangan untuk mencakup ke daerah-daerah seluruh Indonesia salah satunya kota Makassar. Jaringan 4G LTE pertama kali masuk di Riau pada tahun 2015. Adapun provider yang pertama kali menggunakan jaringan 4G di Makassar adalah Telkomsel dengan frekuensi 1800 MHz. Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) bersama lima operator telekomunikasi Indonesia, XL, Indosat, Telkomsel, Hutchison 3 Indonesia (Tri), dan Smartfren, sudah mendeklarasikan komersialisasi 4G LTE tahap dua. Untuk Telkomsel dilakukan di Kota Makassar. Pemilihan Kota Makassar sebagai kota pertama digelarnya layanan 4G LTE dari Telkomsel di frekuensi 1800 MHz secara komersial, merupakan bentuk komitmen kuat di dalam membangun Indonesia Timur. (Munirman et al., 2018)

Jaringan 4G LTE di Makassar ini banyak terdapat khususnya di daerah pusat perbelanjaan dan perguruan tinggi salah satunya Universitas Fajar. Pesatnya perkembangan jaringan komunikasi seluler ini membuat masyarakat khususnya daerah kampus seperti Unifa memerlukan kecepatan jaringan yang mendukung transfer data dengan kecepatan tinggi seperti 4G LTE tanpa adanya gangguan. Untuk memperoleh hal tersebut tentu harus digunakan *provider* jaringan dengan kualitas terbaik yang terdapat di sekitar daerah kampus. Mengingat saat ini daerah kampus sangat dibutuhkan kualitas sinyal yang baik karena beberapa aktivitas menggunakan sistem *online* atau biasa disebut dengan daring, seperti pencarian informasi bagi mahasiswa maupun dosen, lambatnya akses internet saat ingin membuka suatu halaman website hingga presentasi tugas akhir terkadang dilakukan secara daring ketika dosen penguji tidak dapat hadir ditempat.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan Regil Jata(2023) melakukan observasi kualitas jaringan 4G Telkomsel dilantai 1 sebelum melakukan perencanaan jaringan indoor, dari hasil observasi diperoleh hasil berikut.

WAKTU	ACARA	AC	CELLID	CI	ARFCN	KEKUA	KUALI	JENIS	SERV
13:40:32			9571	340213...	93	38750	-115	-11	4G
13:40:33	CR4G4G	9571	340213...	209	3500	-105	-14	4G	6

Gambar I. 1 Hasil Observasi Kualitas Jaringan Lantai 1

(Sumber: Data hasil observasi Regil, 2023)

Sebelumnya juga telah dilakukan observasi yang sama dilokasi lain oleh Anju Armitasari(2023) menghasilkan data sebagai berikut.

Tabel I. 1 Hasil Observasi Kualitas Jaringan

Lantai 2		Lantai 3		Lantai 4	
RSRP	RSRP	RSRP	SINR	SINR	SINR
-97 dB	-95 dB	-74 dB	0,0 dB	0.0 dB	0,0 dB
-97 dB	-96 dB	-75 dB	0,0	0,0	0,0

(Sumber: Data Hasil Observasi Anju Armitasari)

Pada lantai 4 diperoleh kualitas jaringan yang sedikit lebih baik dari lantai 1 dengan peningkatan nilai RSRP jauh lebih kecil dari lantai 1, yaitu -74 dengan kategori kurang baik, tetapi nilai SINR yang diperoleh ada 0.0 dengan kategori buruk. Kemudian untuk lantai 3, diperoleh kualitas jaringan yang jauh lebih buruk dari lantai 4 dan bahkan lantai 1, ditemukan nilai RSRP sebesar -95 dan -96 yang juga berada dalam kategori buruk tidak jauh dari nilai RSRP lantai 1 yaitu -103, kualitas jaringan makin diperparah dengan rendahnya nilai SINR yang diperoleh, yaitu 0.0. Selanjutnya, observasi dilanjutkan pada lantai 2 dan diperoleh nilai RSRP -97 dan SINR 0.0 dengan kategori buruk untuk kedua paramaternya, jika dibandingkan dengan keseluruhan data dan hasil observasi yang telah diperoleh lantai 2 menjadi lokasi dengan kualitas jaringan terburuk di gedung Unifa.

Dari data tersebut terdapat beberapa parameter yang dapat dibandingkan dengan standar KPI untuk mengetahui kualitas jaringan 4G yaitu, nilai RSRP -103 dBm dengan kategori buruk, RSRQ -13 dB dan SINR 9.0 dB berada dalam kategori normal dan RSSI -69 dengan kategori bagus, sehingga kualitas jaringan 4G dilantai 1 dinilai cukup bagus, tetapi nilai RSRP yang buruk dapat menyebabkan intreferensi sinyal.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dapat dilihat bahwa hal tersebut terjadi karena kekuatan sinyal yang berbeda-beda pada setiap wilayah, sehingga berdampak pada kinerja jaringan dan mengakibatkan perubahan pada skema modulasi. Untuk mengumpulkan dan menganalisis kualitas jaringan pada perguruan tinggi Unifa dibutuhkan sebuah metode untuk mengumpulkan informasi jaringan *provider* terbaik yang terdapat di Unifa berdasarkan parameter (RSRP, RSSI, RSRQ dan SNR). Dari hasil pengukuran nanti dapat diketahui kualitas sinyal mana yang paling bagus di kawasan kampus.

I.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana kualitas jaringan indoor 4G tiap provider di Universitas Fajar?
- b. Bagaimana perbedaan kualitas antar jenis provider dengan kualitas jaringan indoor 4G di Universitas Fajar?

I.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui kualitas jaringan indoor 4G tiap provider di Universitas Fajar
- b. Mengetahui perbedaan kualitas antar jenis provider dengan kualitas jaringan 4G di Universitas Fajar

I.4 Batasan Masalah

- a. Penelitian ini hanya dilakukan di Universitas Fajar, yaitu Pelataran Lantai 1, Fakultas dan Biro Keuangan Lantai 2, Perpustakaan Lantai 3 dan Ruang Kelas Lantai 4.
- b. Penelitian menggunakan beberapa jenis provider, diantaranya Telkomsel, XL Axiata dan Smartfren

- c. Parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas jaringan 4G diantaranya RSRP, RSRQ, SINR, dan RSSI.
- d. Frekuensi yang digunakan tiap provider adalah 1800 Mhz

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

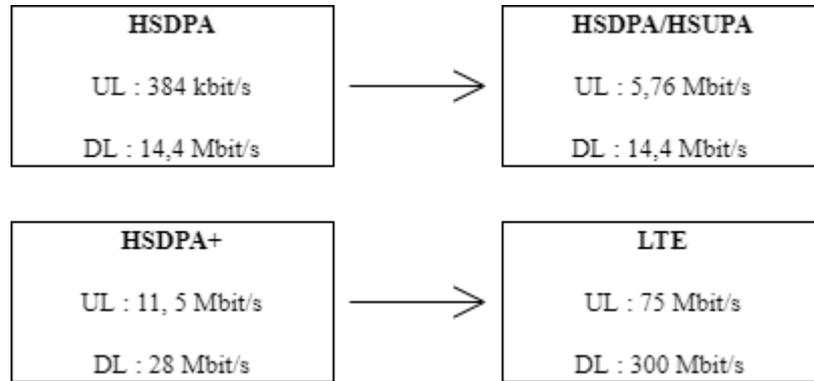
II.1 Tinjauan Teori

II.1.1. *Long Term Evolution(LTE)*

Long Term Evolution (LTE) adalah jaringan akses radio evolusi jangka panjang keluaran dari 3rd Generation Partnership Project (3GPP). *LTE* merupakan kelanjutan dari teknologi generasi ketiga (3G) WCDMA-UMTS. Teknologi ini telah sukses diujicoba secara komersial sejak 2009 silam dan diharapkan menjadi standar evolusi komunikasi data pita lebar bergerak untuk dasawarsa mendatang. *LTE* diperkenalkan dalam satu rangkaian dengan System Architecture Evolution (SAE) sebagai inti jaringan generasi keempat menurut standar 3GPP. *LTE* dikenal juga sebagai *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)* sementara SAE yang merupakan jantung dari sistem *LTE* juga memiliki nama lain *Evolved Packet Core (EPC)*. Teknologi *LTE* dirancang untuk kecepatan akses data, *LTE* dapat memberikan *coverage* dan *capacity* dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya operasional, mendukung penggunaan *multiple-antenna*, fleksibel dalam penggunaan *band width*, dan dapat saling *internetworking* dengan jaringan *existing* yang sudah ada (Farida & Yuniyanto, 2020).

Tujuan utama dari jaringan *Long Term Evolution (LTE)* adalah menyediakan jaringan dengan kecepatan tinggi, latency yang rendah, mengurangi biaya jaringan per bit sebagai pertumbuhan trafik data dan mengoptimalkan radio akses berbasis paket. *Long Term Evolution (LTE)*

menawarkan konvergensi teknologi yang bisa mencapai kecepatan 300 Mbps untuk setiap *user mobile*. Perbandingan kecepatan dari teknologi HSDPA sampai *LTE* dijelaskan pada gambar dibawah.(UMTS, 2010)



(Sumber: Usman, 2012)

Gambar II. 1 Perbandingan HSDPA, HSDPA+ dan LTE

Long Term Evolution (LTE) dapat bekerja pada frekuensi standar 3GPP yakni antara 850 MHz, 900 MHz, 1,8 GHz, 2,3 GHz, dan 2,5 GHz bahkan *LTE* dapat bekerja di frekuensi 700 MHz. Dengan kemampuan *LTE* bekerja pada frekuensi 700 MHz, *LTE* mempresentasikan kemajuan utama dalam teknologi selular yang akan membawa banyak keuntungan teknis bagi jaringan selular(Farida & Nurhaliza, 2023).

Tabel II. 1 Fungsi-fungsi Network Element pada LTE

Komponen	Keterangan
UE	Berfungsi sebagai end device yang digunakan <i>user</i> untuk mengirim dan menerima data, dapat berupa handphone/smartphone, tablet, laptop, dsb.
eNB	Berfungsi menangani transmisi data dari dan kepada UE. eNB juga berfungsi mengelola radio resource atau <i>bandwidth</i> yang digunakan dalam

	proses transmisi data ke UE
MME	Berfungsi mengatur pensinyalan radio, ketika UE berpindah posisi atau melakukan perpindahan eNB, mengidentifikasi status aktivitas UE, melacak keberadaan UE, melakukan proses pendaftaran UE, dlsb.
HSS	Berfungsi menyimpan informasi yang berkaitan dengan UE sebagai pelanggan operator seluler, seperti nomor pelanggan dan langganan data, melakukan otorisasi dan autentikasi terhadap UE yang akan mengakses jaringan <i>LTE</i> , dlsb.
S-GW	Berfungsi sebagai router yang meneruskan paket data ke UE, sebagai jembatan antara eNB & P-GW.
P-GW	Berfungsi mengatur keluar masuknya paket data dari dan ke jaringan yang berada di luar <i>LTE</i> (IMS), menetapkan peraturan/izin paket data, melakukan penyaringan paket data, pemotongan aliran paket data, dlsb

(Dheni et al., 2019)

a. Kriteria Teknologi Jaringan *Long Term Evolution*(*LTE*)

Organisasi 3GPP merumuskan kriteria teknologi *LTE* sebagai berikut(Indra Ullly Widhi Nugraha et al., 2021):

1. Pesat data puncak *downlink* mencapai 100 Mbps saat pengguna bergerak cepat dan 1 Gps saat bergerak pelan atau diam. Sementara itu, untuk *uplink* pesat data puncak adalah 50 Mbps.
2. Tunda sistem berkurang hingga 10 ms.
3. Efisiensi spektrum meningkat 2 hingga 4 kali lipat dari teknologi 3,5 G High Speed Packet Access (HSPA) Realase-6.
4. Migrasi sistem yang hemat biaya dari HSPA Release-6 ke *LTE*. 5.

Meningkatkan layanan broadcast.

5. Menggunakan penyambungan *Packet Switch (PS)* sehingga memungkinkan sistem mengadopsi IP secara menyeluruh.
6. *Bandwidth* yang fleksibel, mulai dari 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz hingga 20 MHz.
7. Dapat bekerja diberbagai spektrum frekuensi baik berpasangan (*paired*) maupun tidak berpasangan (*unpaired*).
8. Dapat bekerja sama (*inter-working*) dengan sistem 3GPP maupun sistem non-3GPP yang sudah ada.

b. Reference Signal Received Power(RSRP)

RSRP adalah parameter untuk menentukan kuat sinyal dari jaringan *LTE* yang diterima oleh *user* dalam rentang frekuensi tertentu. Maka semakin jauh jarak antara *site* dan *user* nilai RSRP yang didapatkan akan semakin kecil dan semakin dekat jarak antara *site* dan *user* maka nilai RSRP semakin besar. RSRP berfungsi untuk 21 menentukan titik terjadinya *handover* dan mengetahui luas jangkauan sektor antena pada suatu eNodeB.(Ludyo et al., 2021)

RSRP (Reference Signal Received Power) adalah power dari sinyal yang di terima dari eNodeB ke UE. Pada teknologi 2G parameter ini bisa dianalogikan RxLevel, sedangkan pada 3G sebagai RSCP.



Gambar II. 2 3 User Equipment Menerima Sinyal

Dari Gambar diatas dapat dijelaskan service dari suatu site yang biasa dianalogikan dengan reference signal, semakin dekat dengan serving site, semakin baik kuat sinyal yang diterima, akan tetapi saat menjauh dari coverage serving site semakin buruk kuat sinyal yang diterima. Selain faktor kondisi lapangan yang mempengaruhi daya sinyal yang diterima, faktor dari site itu sendiri juga dapat mempengaruhi kuat sinyal yang diterima, antar lain: Faktor dari site yang menyebabkan terjadinya daya sinyal yang rendah (Indra Uly Widhi Nugraha et al., 2021):

- Arah Antenna
- Tinggi Antenna
- Daya Pemancaran
- Missing Neighbor
- Lokasi site
- Kesalahan Pada Perangkat Keras
- Cell Tidak Berfungsi

Berikut merupakan standar RSRP dari beberapa provider:

Tabel II. 2 Rentang nilai RSRP Telkomsel

Nilai (dBm)	Kategori
(-20) s/d (-45)	sangat baik
(-46) s/d (-65)	normal
(-66) s/d (-85)	kurang baik
(-90) s/d (-100)	buruk
(-100) to <-140	Sangat Buruk

(Sumber: Rahmania, 2020)

Tabel II. 3 Rentang Nilai RSRP XL Axiata

Nilai(dBm)	Kategori
$(-80) \leq x$	Sangat Bagus
$(\leq -90) x (-80)$	Bagus
$(\leq -100) x (-90)$	Normal
$(\leq -120) x (-100)$	Buruk
$(< -120) x$	Sangat Buruk

(Sumber: Munirman et al., 2018)

Tabel II. 4 Rentang Nilai RSRP Smartfren

Nilai(dBm)	Kategori
$(-80) \leq x$	Bagus Sekali
$(\leq -90) x (< -80)$	Bagus
$(\leq -100) x (< -90)$	Normal
$(\leq -120) x (< -100)$	Buruk
$(< -120) x$	Sangat Buruk

(Sumber: Yafiz et al., 2021)

c. *Signal to Noise Ratio (SNR)*

SNR adalah perbandingan rasio antara *power average* yang diterima dengan rata-rata *interference* dan *noise*. Parameter *SNR* berfungsi untuk mengetahui kualitas dari jalur koneksi. Apabila nilai *SNR* semakin besar maka jalur yang digunakan untuk komunikasi data dan sinyal juga tinggi, tetapi apabila nilai *SNR* semakin rendah maka koneksi akan terputus. Berikut adalah standar *SNR* berdasarkan provider.

Tabel II. 5 Rentang nilai SINR Telkomsel

Nilai	Keterangan
16 dB s/d 30 dB	<i>Good</i>

1 dB s/d 15 dB	Normal
-10 dB s/d 0 dB	<i>Bad</i>

(Sumber: Rahmania, 2020)

Tabel II. 6 Rentang Nilai SINR XL Axiata

Nilai(dB)	Kategori
$(30) \leq x 15$	Sangat Bagus
$(15) \leq x 0$	Bagus
$(0) \leq x (-5)$	Normal
$(-5) \leq x (-11)$	Buruk
$(11) \leq x (-20)$	Sangat Buruk

(Sumber: Munirman et al., 2018)

Tabel II. 7 Rentang nilai SINR Smartfren

Nilai	Keterangan
16 dB s/d 30 dB	<i>Good</i>
1 dB s/d 15 dB	Normal
-5 dB s/d 0 dB	<i>Bad</i>

(Sumber: Yafiz et al., 2021)

d. *RSSI (Received Signal Strength Indication)*

RSSI (Received Signal Strength Indication) merupakan sinyal daya yang diterima user dalam rentang frekuensi tertentu, termasuk noise dan interferensi (disebut juga wideband power), sering juga disebut signal level.(Yafiz et al., 2021)

Tabel II. 8 Standar Nilai RSSI Telkomsel

Nilai(dBm)	Kategori
>-70	Sangat Bagus
-70 s/d -85	Bagus
-86 s/d -100	Normal
≤ -100	Buruk
<-110	Sangat Buruk

(Sumber: Yadnya et al., 2022)

Tabel II. 9 Standar Nilai RSSI Smartfren

Nilai(dBm)	Kategori
>-70	Sangat Bagus
-70 s/d -85	Bagus
-86 s/d -100	Normal
≤ -100	Buruk

(Sumber: Yafiz et al., 2021)

e. RSRQ (Reference Signal Received Quality)

RSRQ (Reference Signal Received Quality) merupakan kualitas sinyal yang membantu parameter RSRP saat terjadi handover. Selain itu parameter RSRQ didefinisikan sebagai rasio antara jumlah resource block terhadap rata-rata daya linier yang terima oleh user termasuk daya dari serving cell, noise, dan interferensi. (Yafiz et al., 2021)

Tabel II. 10 Standar Nilai RSRQ Telkomsel

Nilai(dBm)	Kategori
>-1	Sangat Bagus
-7 s/d -1	Bagus
-14 s/d -7	Normal
-20 s/d -14	Buruk
<-20	Sangat Buruk

(Sumber: Yadnya et al., 2022)

Tabel II. 11 Standar Nilai RSRQ XL Axiata

Nilai(dBm)	Kategori
$-9 \leq$	Sangat Bagus
$-10 \leq x < -9$	Bagus
$-15 \leq x < -10$	Normal
$-19 \leq x < -15$	Buruk
$-20 <$	Sangat Buruk

(Sumber:Efriyendro & Rahayu, 2017)

Tabel II. 12 Standar Nilai RSRQ Smartfren

Nilai(dBm)	Kategori
>-10	Sangat Bagus
-10 s/d -15	Bagus
-15 s/d -20	Normal
≤ -20	Buruk

(Sumber: Yafiz et al., 2021)

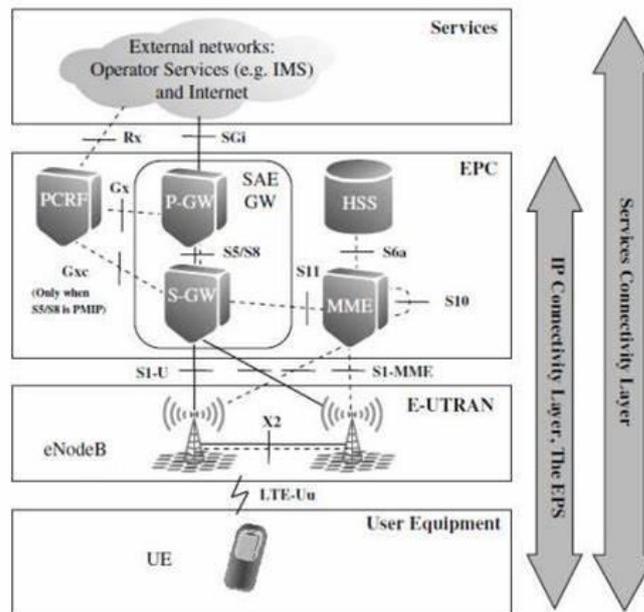
f. Throughput

Throughput adalah parameter untuk menentukan sejumlah bit untuk setiap satuan waktu yang diterima oleh terminal penerima dan pemancar

pada jaringan. Satuan *throughput* adalah bit per second (bps).(Merdekawati et al., 2021)

g. Arsitektur Jaringan LTE

Long Term Evolution (LTE) diperkenalkan dalam satu rangkaian dengan *System Architecture Evolution (SAE)* sebagai inti jaringan generasi keempat menurut standar 3GPP. *LTE* dikenal juga sebagai *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (EUTRAN)* sementara *SAE* juga memiliki nama lain *Evolved Packet Core (EPC)*. Perbedaan *EPC* dengan sentral penyambungan generasi sebelumnya adalah bahwa *EPC* murni bekerja berdasarkan prinsip *Packet Switch (PS)*, tidak ada lagi penyambungan *Circuit Switch (CS)*. Tingkatan arsitektur secara fungsional ekuivalen dengan sistem yang ada pada 3GPP. Pengembangan arsitektur baru terbatas pada akses radio dan jaringan inti yaitu *EUTRAN* dan *EPC*. Arsitektur UE dan domain layanan dibiarkan tetap, tetapi evolusi fungsional tetap berlanjut pada area tersebut. Arsitektur *LTE* ditunjukkan pada gambar dibawah ini:(Indah & Manuaba, 2019)



(Sumber: Yafiz et al., 2021)

Gambar II. 3 Arsitektur Jaringan LTE

Arsitektur *LTE* terdiri atas dua bagian utama yaitu *LTE* itu sendiri yang dikenal dengan *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (EUTRAN)* dan *SAE* yang merupakan jantung dari sistem yang dikenal dengan *Evolved Packet Core (EPC)*. Untuk arsitektur *LTE* pada gambar II.2 pembagian arsitektur sistem *LTE* kedalam 4 tingkatan yaitu *User Equipment (UE)*, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)*, *Evolved Packet Core Network (EPC)* dan domain layanan.

User Equipment (UE), *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)*, *Evolved Packet Core Network (EPC)* dihubungkan dengan menggunakan *Internet Protocol (IP)*. Bagian ini sering juga disebut *Evolved Packet System (EPS)*. Fungsi utama dari layer ini untuk menyediakan konektivitas IP, dan pengoptimalan layanan yang tinggi.

Semua layanan akan di layani dalam format IP, *node* dan *interface circuit switch* yang terdapat pada arsitektur 3GPP sebelumnya, tidak lagi terdapat pada E-UTRAN dan EPC. Transport didominasi teknologi IP, dimana semua layanan di desain untuk dapat beroperasi pada transport IP.

Pengembangan E-UTRAN berkonsentrasi pada sebuah node, *Evolved NodeB* (eNodeB). Semua fungsi dijadikan satu di eNodeB, dengan kata lain eNodeB adalah titik terminasi dari semua protokol radio yang saling berhubungan. Sebagai sebuah jaringan, EUTRAN merupakan jaringan dengan konfigurasi mesh sederhana yang menghubungkan antar eNodeB yang berdekatan melalui interface X2 dan berhubungan dengan EPC dengan interface S1.

Salah satu arsitektur utama yang berubah pada area core network adalah EPC, dimana tidak terdapat lagi circuit switch, dan tidak ada hubungan langsung pada jaringan circuit switch tradisional seperti ISDN atau PSTN yang diperlukan pada layer ini. Fungsi EPC ekivalen dengan domain packet switch seperti yang terdapat pada jaringan 3GPP yang sudah ada. Meskipun ada perubahan yang signifikan pada susunan fungsi dan node, tetapi perubahan tersebut hanya dianggap sebagai pelengkap dari arsitektur yang baru. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing bagian arsitektur LTE.

1. Bagian Akses Radio (LTE)

a) *User Equipement (UE)* adalah perangkat komunikasi pengguna.

Perangkat ini dapat berupa smartphone atau telepon seluler, tablet,

komputer, maupun segala perangkat yang dapat terhubung dengan internet. UE berisi *Universal Subscriber Identity Module (USIM)* yang merupakan modul terpisah dari keseluruhan UE dan kadang disebut juga *Terminal Equipment (TE)*. USIM merupakan aplikasi pada sebuah smart card yang dinamakan *Universal Integrated Circuit Card (UICC)*. USIM digunakan untuk identifikasi, autentifikasi dan memberikan keamanan kepada pengguna untuk melindungi proses transmisi radio. UE secara fungsional adalah sebuah media dasar untuk aplikasi komunikasi, dimana sinyal antar jaringan terbentuk, mengatur dan memindahkan data komunikasi ketika dibutuhkan oleh pengguna. Termasuk di dalamnya adalah fungsi *mobility* seperti *handover* dan pelaporan lokasi terminal. Proses tersebut dilakukan oleh UE sesuai yang diinstruksikan oleh jaringan, dan yang paling penting UE memberikan interface bagi pengguna sehingga aplikasi-aplikasi pada jaringan seperti VoIP, Video Conference atau Video Streaming dapat dipakai.

b) Evolved NodeB (eNodeB) adalah antar muka jaringan *LTE* dengan pengguna. Pada jaringan GSM dikenal sebagai BTS dan pada jaringan UMTS dikenal sebagai NodeB. Perbedaan NodeB dengan BTS maupun eNodeB adalah kemampuannya untuk melakukan fungsi kontrol sambungan dan *handover*. Dengan demikian tidak ada lagi pengatur tambahan seperti BSC atau RNC pada sistem *LTE*.

2. Bagian Sentral(SAE)

- a) *Serving Gateway (S-GW)* bertugas mengatur jalan dan meneruskan data yang berupa paket dari setiap UE. S-GW bersama dengan SGSN juga berfungsi sebagai penghubung antara *LTE* dengan teknologi 3GPP lainnya seperti *GSM/EDGE Radio Access Network (GERAN)* dan *UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)*
- b) *Packet Data Network Gateway (P-Gateway)* bertugas mengatur hubungan jaringan data antara UE dengan jaringan paket data lain diluar 3GPP seperti WLAN, Wimax, CDMA 2001x dan EVDO.
- c) *Mobility Management Entity (MME)* merupakan pengatur utama setiap bagian dari *LTE/SAE*. Pada saat UE tidak aktif, MME bertugas untuk senantiasa melacak keberadaan pelanggan dengan melakukan tracking dan paging. Saat UE aktif, MME bertugas memulihkan S-GW yang tepat selama berlangsungnya komunikasi.
- d) *Policy and Charging Rules Function (PCRF)* berfungsi menentukan *Quality of Service (QoS)* dan charging untuk masing-masing UE.
- e) *Home Subscriber Server (HSS)* berupa sistem database yang bertugas untuk membantu MME dalam melakukan manajemen pelanggan dan pengamanan. Penerimaan atau penolakan UE pada saat autentikasi bergantung pada database HSS(Hikmaturokhman & Wardana, 2014)

Pada komunikasi paket data dikenal adanya *frame* untuk mengelompokkan dan memetakan aliran data pada kanal fisik. *Frame* pada *LTE* memiliki durasi sepanjang 10 ms. *Frame* tersebut dipecah menjadi

sepuluh *Sub Frame* (SF) yang memiliki panjang 1 ms. Setiap *sub frame* terdiri atas dua slot yang disebut juga sebagai *Resource Block*. Jumlah *resource block* yang tersedia bergantung pada jumlah *bandwidth* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel II. 13 Jumlah Resource Block LTE

<i>Bandwidth</i> Tersedia	Jumlah Resource Block(Nrb)	Jumlah <i>SubCarrier</i>	<i>Bandwidth</i> Okupasi	<i>Bandwidth</i> Efisi Ensi
1,4 MHz	6	72	1,08 MHz	77,1%
3 MHz	15	180	2,7 MHz	90%
5 MHz	25	300	4,5 MHz	90%
10 MHz	50	600	9 MHz	90%
15 MHz	75	900	13,5 MHz	90%
20 MHz	100	12000	18 MHz	90%

(Sumber: Yafiz et al., 2021)

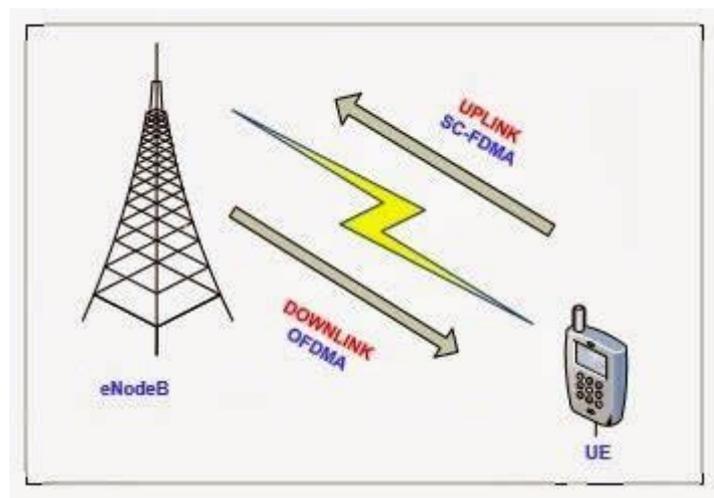
Kuat sinyal yang diterima *User Equipment (UE)* pada teknologi *LTE* disebut dengan *Reference Signal Received Power (RSRP)*. Nilai *Reference Signal Received Power (RSRP)* yang merupakan *power sinyal reference* yang digunakan untuk menunjukkan bagus tidaknya *coverage* jaringan pada suatu daerah.

Signal to Interference Ratio merupakan perbandingan kuat sinyal dibanding dengan sinyal interferensi dari sel-sel yang lain. Parameter ini

menunjukkan level daya minimum dimana *user* masih bisa melakukan suatu panggilan. Dimana pada teknologi 2G dianalogikan seperti *RxQual*, dan pada teknologi 3G dianalogikan sebagai *EcNo*, sedangkan pada teknologi 4G dikenal dengan SINR.

II.1.2. Teknik Akses pada LTE

Pada *LTE* teknik akses yang digunakan pada transmisi dalam arah *Downlink* dan *Uplink* berbeda. Arah *Downlink* adalah arah komunikasi dari eNodeB ke UE, sementara arah *Uplink* adalah arah dari UE menuju eNodeB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Pada arah *downlink* teknik akses yang digunakan adalah *Orthogonal Frequency Division Modulation Access (OFDMA)* dan pada arah *uplink* teknik akses yang digunakan adalah *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)*. OFDMA adalah variasi dari *Orthogonal Frequency Division Modulation (OFDM)*.



Gambar II. 4 Arah transmisi Downlink dan Uplink

(Sumber: Yafiz et al., 2021)

Pada teknik OFDM setiap subcarrier adalah orthogonal sehingga akan menghemat spektrum frekuensi dan setiap subcarrier tidak akan saling

mempengaruhi. Akan tetapi salah satu kelemahan teknik akses ini adalah tingginya *Peak Average Power Ratio (PAPR)* yang dibutuhkan. Tingginya PAPR dalam OFDM membuat 3GPP melihat skema teknik akses yang berbeda pada arah uplink karena akan sangat mempengaruhi konsumsi daya pada UE sehingga pada arah uplink LTE menggunakan teknik SC-FDMA. SC-FDMA dipilih karena teknik ini mengkombinasikan keunggulan PAPR yang rendah dengan daya tahan terhadap gangguan lintasan jamak dan alokasi frekuensi yang fleksibel dari OFDMA.

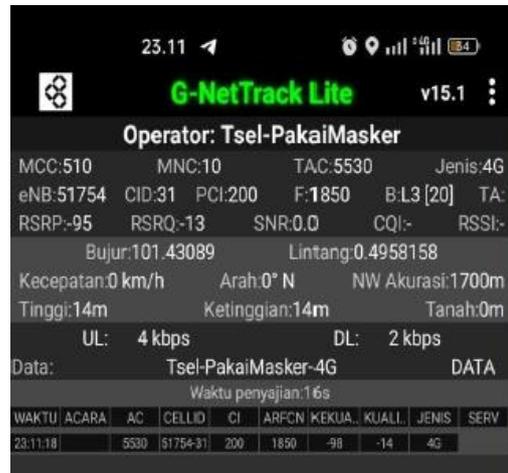
II.1.3. Walketest

Walktest adalah suatu pekerjaan yang bertujuan untuk mengumpulkan data dari hasil pengukuran kualitas suatu sinyal pada jaringan. *Walktest* di lapangan bisa menggunakan beberapa aplikasi software seperti TEMS pocket, TEMS *investigation*, ataupun *G-Net tracking*. Hasil *report* data *walktest* tersebut ini berfungsi untuk mengetahui nilai beberapa parameter, contohnya seperti *Reference Signal Received Power (RSRP)* yang menunjukkan level sinyal yang diterima oleh *user*, kemudian *Signal to Noise Ratio (SNR)* yang menunjukkan kualitas suatu sinyal, dan *throughput* yang menunjukkan jumlah bit yang diterima oleh *user* (Indra Uly Widhi Nugraha et al., 2021).

II.1.4. G-net Track

G-Net Track yaitu aplikasi yang digunakan untuk memonitor jaringan perangkat android yang berkerja pada OS android. G-Net Track merupakan perangkat lunak yang biasa digunakan dalam pengukuran jaringan *walk test* yang

dapat dilakukan pada lokasi *indoor* dan *outdoor*. Aplikasi ini dapat memonitor layanan jaringan UMTS, GSM, LTE, CDMA dan EVDO(Farida & Nurhaliza, 2023).



Gambar II. 5 Tampilan G-Net Track

Informasi lainnya yang dapat ditampilkan pada aplikasi G-Net Track adalah sebagai berikut.

- **MCC: 510** - Mobile Country Code (MCC) menunjukkan kode negara dari jaringan, dalam hal ini Indonesia.
- **MNC: 10** - Mobile Network Code (MNC) menunjukkan kode jaringan seluler tertentu di negara tersebut.
- **TAC: 5530** - Tracking Area Code (TAC) adalah kode area untuk pelacakan lokasi di jaringan seluler.
- **eNB: 51754** - Evolved Node B (eNB) adalah identifikasi unik untuk base station dalam jaringan LTE.
- **CID: 31** - Cell ID (CID) adalah identifikasi unik untuk sel tertentu dalam jaringan.
- **PCI: 200** - Physical Cell Identity (PCI) adalah identifikasi unik dari sel dalam jaringan LTE.

- **F: 1850** - Ini adalah frekuensi yang digunakan oleh jaringan seluler dalam MHz.
- **BL: 3 [20]** - Bandwidth yang digunakan oleh sel dalam jaringan.

II.1.5. *Flowchart*

Bagan alir (*Flowchart*) merupakan kumpulan dari notasi diagram simbolik yang menunjukkan aliran data dan urutan operasi dalam sistem. Bagan alir (*Flowchart*) merupakan metode teknik analisis yang dipergunakan untuk mendeskripsikan sejumlah aspek dari sistem informasi secara jelas, ringkas, dan logis.

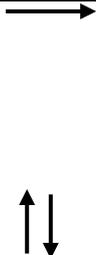
Berikut ini merupakan notasi atau simbol-simbol yang digunakan dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu :

1. *Flow Direction Symbols* (Simbol Penghubung/alur)

Simbol yang digunakan untuk menghubungkan antara symbol yang satu dengan yang lainnya. Simbol ini juga disebut *connecting line*, simbol tersebut adalah :

Tabel II. 14 Flow Direction Symbols

No	Symbol	Nama	Keterangan
	←	<i>Arus / Flow</i>	Untuk menyatakan jakannya arus suatu proses

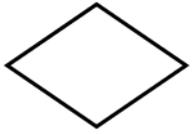
1			
2		<p><i>Communication link</i></p>	<p>Untuk menyatakan bahwa adanya transisi suatu data atau informasi dari suatu lokasi ke Lokasilainnya</p>
3		<p><i>Connector</i></p>	<p>Untuk menyatakan sambungan dari satu proses ke proses lainnya dalam halaman / lembaran sama</p>

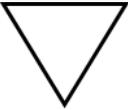
4		<p style="text-align: center;"><i>Offline Connector</i></p>	<p>Untuk menyatakan sambungan dari satu proses ke proses lainnya dalam Halaman atau lembar yang Berbeda</p>
---	---	---	---

2. *Processing Symbols* (Simbol Proses)

Tabel II. 15 Processing Symbols

No.	Symbol	Nama	Keterangan
1		Proses	<p>Sebuah fungsi pemrosesan yang dilaksanakan oleh komputer biasanya menghasilkan perubahan terhadap data atau Informasi</p>

2		Symbol manual	Untuk menyatakansuatu tindakan (proses) yang tidak dilakukan oleh komputer (manual)
3		<i>Decision /</i> Logika	Untuk menunjukkansuat ukondisi tertentu, dgn dua kemungkinan, YA / TIDAK
4		<i>Predefined</i> <i>Process</i>	Untuk menyatakan penyediaan tempat penyimpanan suatu pengolahan untuk memberi harga awal

5		Terminal	Untuk menyatakan npermulaan atau akhirsuatu program
6		<i>Offline Storage</i>	Untuk menunjukkan bahwa data dalam symbol ini akan disimpan ke suatu media Tertentu
7		<i>Manual Input</i>	Untuk memasukkan datasecara manual dengan menggunakan onlinekeyword

3. Input / Output Symbols (Simbol Input – output)

Tabel II. 16 Input / Output Symbols

No	Symbol	Nama	Keterangan
----	--------	------	------------

1		<i>Input / output</i>	Untuk menyatakan nproses <i>input</i> dan <i>output</i> tanpa tergantung dengan jenis peralatannya
2		<i>Disk Storage</i>	Untuk menyatakan <i>input</i> berasal dari <i>disk</i> atau <i>output</i> disimpan ke <i>disk</i>
3		<i>Document</i>	Untuk menyetak dokumen

II.2 State of The Art

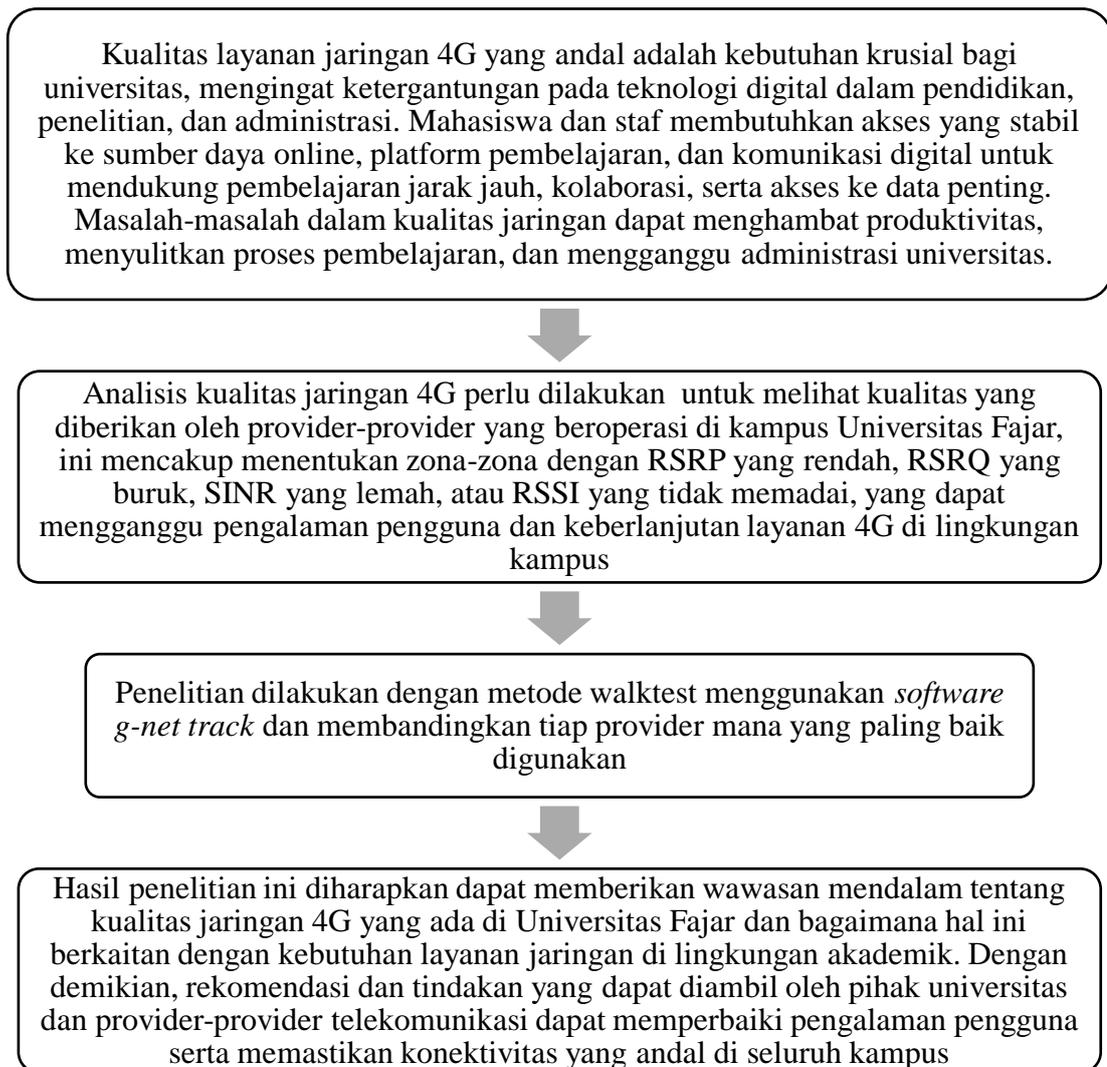
Judul	Penulis	Metode	Hasil
Analisis Kualitas Jaringan 4G LTE Studi Kasus PT.Ramayana Sudirman Pekanbaru	Rahman Ayubianto, Mulyono, Rika Susanti, Sutoyo(2023)	<i>Walktest</i> dengan <i>G-net Track Pro</i>	Operator penyedia Layanan telekomunikasi yang digunakan yaitu X, Y Ooredoo Hutchison, dan Z. Sedangkan untuk parameter performansi jaringan yang dilihat dari Walk-test yang dilakukan adalah RSRP (Reference Signal Received Power), SINR (Signal Interfainterference Noise Ratio), dan Throughput

Judul	Penulis	Metode	Hasil
			<p>jaringan. Dari hasil Walk-test yang dilakukan di dapatkan hasil sebagai berikut; untuk parameter RSRP di lantai 1 performa terbaik di miliki oleh provider X = -89 dBm, lantai 2 Y = -74 dBm, lantai 3 Y = -62 dBm. Untuk parameter SINR performa terbaik di lantai 1 dimiliki oleh Y = -10 dB, lantai 2 Y = -9dB, lantai 3 Y = -5 dB. Sedangkan untuk parameter Throughput performa terbaik di lantai 1 dimiliki oleh provider Y = 396 kbps, lantai 2 X = 322 kbps, dan lantai 3 X = 446 kbps. Sehingga dari hasil pengukuran tersebut dapat disimpulkan bahwa di beberapa titik performa jaringan berada dalam kondisi yang buruk.(Ayubianto & Mulyono, 2023)</p>
<p>Analisis Kinerja Kualitas Jaringan 4G Long Term Evolution Di Kawasan Perumahan Singgalang, Koto Tangah, Kota Padang</p>	<p>Fauzi Aditia Rahmat, Dikki Chandra, Zurnawita, Yulindon(2022)</p>	<p><i>Drive test</i></p>	<p>Dari hasil Drive Test didapatkan 60,85% dari 411 sampel berada pada kategori buruk, sehingga menyebabkan banyak titik area mengalami bad spot. Pada area tersebut bad spot terjadi karena adanya interferensi antara Site PAD018ML_Ganting Tabing dengan Site PAD192ML_Kuala Niur, serta jarak Site PAD018ML_Ganting Tabing dengan user equipment cukup jauh serta tidak adanya cell yang mencakup dari site terdekat</p>

Judul	Penulis	Metode	Hasil
			pada area tersebut. Dengan begitu mengakibatkan beberapa area mengalami kualitas jaringan yang buruk. Dari analisis perbaikan area dilakukan perubahan arah antena untuk memperbaiki kualitas jaringan yang buruk.(Aditia Rahmat et al., 2022)
Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan 4G LTE Operator X Dan Y Di Wilayah Kampus Utama UMSU	Noorly Evalina, Partaonan Harahap, A. Rendi Adrian(2021)	<i>Benchmark</i> (Perbandingan)	Benchmark (Perbandingan) kualitas layanan operator 4G LTE dilakukan dengan cara mengukur, membandingkan, dan menganalisa kualitas jaringan (performansi) dari dua operator 4G LTE di sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Nilai keseluruhan throughput operator X hanya 0>3 Mbps sedangkan operator Y 0>30 Mbps. Nilai throughput yang sangat rendah di sebabkan oleh high traffic user pada waktu siang hari, dimana kampus Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara sedang aktif perkuliahan dan banyak mahasiswa yang menggunakan layanan data. Dengan begitu, masyarakat dapat mengetahui penyebab terjadinya masalah kecepatan internet yang mereka rasakan saat menggunakan internet pada waktu siang hari.(Evalina, 2021)
Analisis Performansi Jaringan 4g Lte	Yerry Rahmaddian, Yasdinul	<i>Drive test</i>	Hasil analisis data menunjukkan: (1) Nilai rata-rata RSRP adalah -86,65

Judul	Penulis	Metode	Hasil
Di Gedung Itl Ft Unp Kampus Air Tawar Barat	Huda(2020)		dBm (Good), nilai rata-rata RSRQ sebesar -12,70 dB (Medium) dan nilai rata-rata SNR bernilai 2,73 dB (Medium). (2) Nilai parameter terbaik adalah RSRP (Lantai 4 titik B sebesar -78,3 dB), RSRQ (Lantai 3 titik B -11,85 dB), dan SNR (Lantai 4 titik B sebesar 5,14 dB). (3) dari seluh data drive test, diperoleh persentase kategori sekitar 6% Excellent, 17% Good, 56% Medium, 18% Poor dan 3% data dengan kategori jaringan 3G. Data menyimpulkan bahwa performansi di gedung ini dapat dikategorikan cukup baik, namun belum maksimal dan kekuatan sinyal yang di terima oleh perangkat belum merata. Sehingga diperlukan perbaikan kualitas jaringan agar dapat meningkatkan performansi dan kekuatan sinyal yang maksimal & merata di seluruh area gedung.(Rahmaddian & Huda, 2020)

II.3 Kerangka Pikir

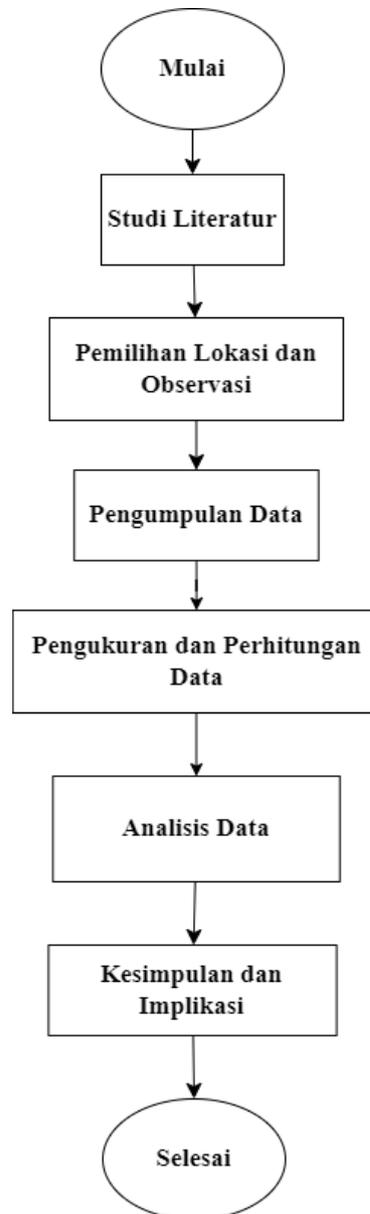


Gambar II. 6 Kerangka Pikir

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Tahapan Penelitian



Gambar III. 1 Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Studi Literatur:

Tahapan pertama dalam penelitian adalah melakukan studi literatur yang mendalam tentang teknologi jaringan 4G, parameter-parameter yang akan diukur (RSRP, RSRQ, SINR, RSSI), serta standar kualitas jaringan yang diterima secara umum.

b. Pemilihan Lokasi dan Observasi:

Setelah memahami kerangka teoritis, akan dilakukan pemilihan lokasi di Universitas Fajar yang mewakili penggunaan jaringan 4G. Observasi awal akan dilakukan untuk memastikan keragaman lingkungan yang diuji.

c. Pengumpulan Data:

Data akan dikumpulkan dengan menggunakan perangkat pengukuran jaringan 4G yang sesuai. Perangkat ini akan ditempatkan di lokasi yang telah dipilih, dan data akan direkam selama periode waktu yang ditentukan. Data yang diumpulkan akan mencakup parameter-parameter standar KPI(RSRP, RSRQ, SINR, RSSI) untuk setiap lokasi.

d. Pengukuran dan Penghitungan Data:

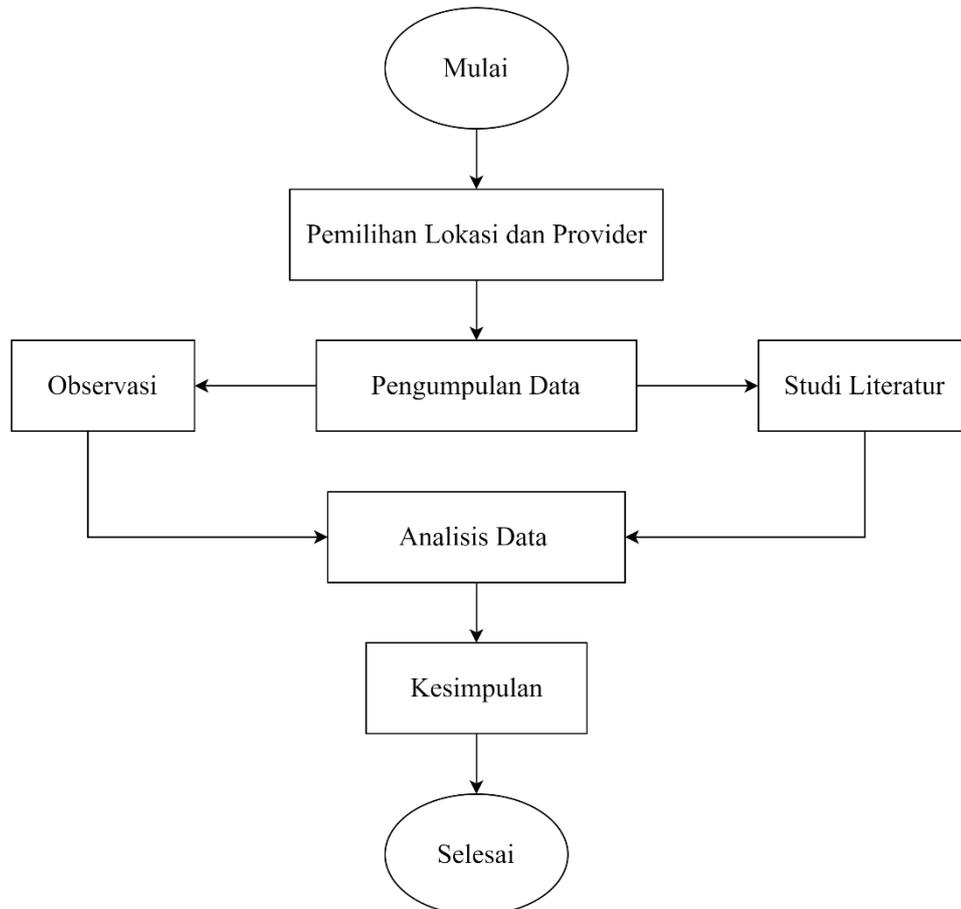
Data yang dikumpulkan akan diolah dan dianalisis secara rinci. Ini mencakup pengukuran tingkat kekuatan sinyal (RSRP dan RSSI), kualitas sinyal (RSRQ dan SINR).

e. Kesimpulan dan Impilikasi

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis data, penelitian akan menyimpulkan perbandingan kualitas jaringan 4G yang diberikan oleh provider-provider yang beroperasi di Universitas Fajar. Kesimpulan ini akan mencakup penilaian terhadap kualitas jaringan di berbagai lokasi di kampus, serta penelitian akan

memberikan rekomendasi untuk perbaikan dan pembaruan yang mungkin diperlukan oleh universitas atau provider yang baik untuk digunakan.

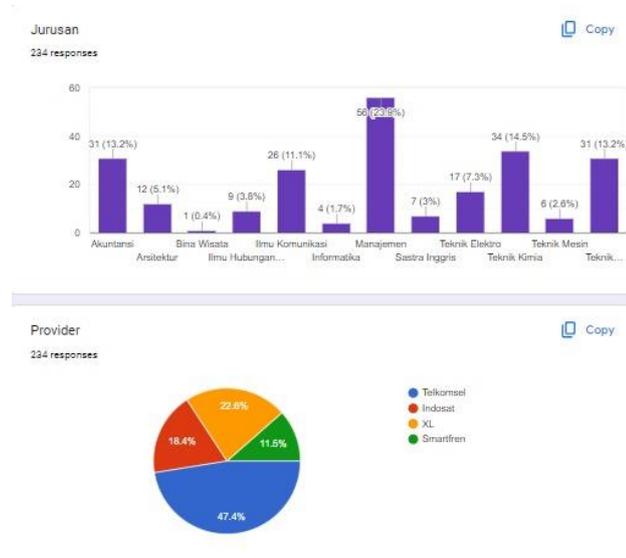
III.2 Prosedur Penelitian



Gambar III. 2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan pemilihan lokasi di lingkungan Universitas Fajar yang mencakup berbagai jenis area seperti ruang belajar, perpustakaan, fakultas, administrasi, dan pelataran. Pemilihan lokasi ini bertujuan untuk mewakili penggunaan jaringan 4G di kampus. Selanjutnya, penelitian melibatkan pemilihan provider layanan 4G yang akan diuji, yakni Telkomsel, XL Axiata, dan Smartfren. Ketiga provider ini dipilih untuk

membandingkan kualitas jaringan mereka di lingkungan universitas. Berikut hasil kuesioner pengguna provider di Universitas Fajar yang melibatkan 224 responden



Gambar III. 3 Jenis Provider Responden Universitas Fajar

Meskipun terdapat pengguna untuk provider Indosat tetapi tidak ditemukan BTS Indosat disekitar lokasi penelitian sehingga hanya diambil 3 provider saja.

Pengambilan data atau pengukuran kualitas jaringan dilakukan dengan metode walktest, di mana perangkat pengukuran khusus akan ditempatkan di berbagai lokasi yang telah dipilih. Parameter yang diukur mencakup RSRP (*Reference Signal Received Power*), RSRQ (*Reference Signal Received Quality*), SINR (*Signal-to-Interference plus Noise Ratio*), dan RSSI (*Received Signal Strength Indicator*). Data akan diambil selama periode waktu yang ditentukan di setiap lokasi. Hasil pengukuran akan dibandingkan dengan standar KPI (Key Performance Indicator) yang ditetapkan oleh masing-masing provider. Standar

KPI ini mencakup ambang batas kualitas jaringan yang harus dipenuhi untuk memberikan layanan yang baik kepada pelanggan. Dengan membandingkan hasil pengukuran dengan standar KPI, penelitian ini akan dapat mengevaluasi sejauh mana kualitas jaringan 4G dari berbagai provider memenuhi standar yang ditetapkan. Dari hasil perbandingan ini, kesimpulan akan diambil untuk menentukan perbedaan kualitas jaringan antara provider-provider yang diuji di berbagai lokasi di Universitas Fajar.

III.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Universitas Fajar, Jalan Prof. Dr. H. Abdurrahman Basalamah Ex. Jl Racing Center No.101, Panakkukang–Makassar. Penelitian dimulai pada Desember 2023-Januari 2024.

III.4 Alat dan Bahan

Tabel III. 1 Alat dan Bahan

<i>Hardware</i>	Spesifikasi	<i>Software</i>
Smartphone Realme C21Y	<ul style="list-style-type: none"> • Android 11, Realme UI • Chipset, Unisoc T610 (12 nm) • CPU, Octa-core (2x1.8 GHz Cortex-A75 & 6x1.8 GHz Cortex-A55) • Kapasitas 4/64 GB • Support 4G 	<i>G-NetTrack</i>

III.5 Metode Pengumpulan Data

III.5.1 Observasi

Observasi dilakukan dengan mengamati situasi di masing-masing lokasi yang telah dipilih, seperti ruang belajar, perpustakaan, fakultas, administrasi, laboratorium, dan pelataran di Universitas Fajar. Observasi akan mencakup faktor-faktor seperti kepadatan pengguna, kondisi fisik lingkungan, dan kendala-kendala yang mungkin memengaruhi kualitas

jaringan 4G. Hasil observasi ini akan membantu konteks data pengukuran nanti.

III.5.2 Drivetest

Pengukuran akan dilakukan menggunakan perangkat pengukuran jaringan 4G yang telah dipersiapkan. Metode drivetest akan digunakan di setiap lokasi yang telah dipilih. Metode ini dilakukan untuk mengukur berdasarkan parameter-parameter yang telah disebutkan sebelumnya, seperti RSRP, RSRQ, SINR, dan RSSI. Data pengukuran ini akan direkam dan dicatat dengan akurat, termasuk lokasi dan waktu pengukuran.

III.5.3 Dokumentasi

Semua data yang dihasilkan dari pengukuran akan didokumentasikan dengan cermat. Ini mencakup pencatatan lokasi pengukuran, nilai-nilai parameter yang diukur, waktu pengukuran, dan detail lainnya yang relevan. Dokumentasi yang baik akan membantu dalam analisis data dan memungkinkan perbandingan yang teliti antara provider dan lokasi yang berbeda.

III.6 Teknik Analisis Data

Data hasil pengukuran dari semua provider, yaitu Telkomsel, XL, Indosat dan Smartfren akan dibandingkan untuk setiap parameter. Dengan menggunakan metode perbandingan, akan diketahui perbedaan kualitas jaringan antara kedua provider tersebut. Data dari berbagai titik lokasi penelitian akan dianalisis secara spasial untuk mengidentifikasi pola distribusi performansi jaringan di wilayah-

wilayah tersebut, kemudian akan dilakukan pula analisis perhitungan untuk masing-masing standar KPI dengan persamaan berikut.

$$RSRP = RSSI - 10 \text{ Log } (12 \cdot N)$$

$$RSRQ = N \cdot (RSRP/RSSI)$$

or

$$RSRQ = 10 \text{ Log } (N) + RSRP(\text{dBm}) - RSSI(\text{dBm})$$

Where,
N = Number of RBs as per Channel Bandwidth
 = 6 (for 1.4MHz), 15 (for 3 MHz), 25 (for 5 MHz),
 50 (for 10 MHz), 75 (for 15 MHz), 100 (for 20 MHz)

RSRP -> Average Received Power of a Single Resource Element (RE)
 There are 84 resource elements in a single Resource Block (RB) in LTE
 RSSI -> Power measured over entire BW of occupied RBs

$$SINR = \frac{1}{12 \cdot RSRQ} - x$$

(Sumber: Saiful Bayudin et al., 2021)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan performansi atau kualitas beberapa provider di Universitas Fajar, penelitian dilakukan dengan mengukur kualitas jaringan dititik yang telah ditentukan di wilayah tersebut, juga dilakukan hal yang sama dengan provider yang berbeda, yaitu Telkomsel, XL Axiata, dan Smartfren untuk memberikan analisis performansi jaringan LTE yang lebih baik. Metode pengukuran dilakukan dengan *smartphone* walktest pada tiga lokasi berbeda dua waktu tertentu yaitu pagi hari(09.00-11.00) dan siang hari(11.00-14.00) di Universitas Fajar, berikut merupakan hasil penelitian yang diperoleh.

Untuk mengetahui performansi kualitas jaringan LTE dilakukan analisa terhadap nilai RSRP, SINR, RSRQ, dan RSSI yang diperoleh berdasarkan hasil menggunakan g-net track untuk semua titik. Penentuan nilai kualitas jaringan berdasarkan standar KPI masing-masing provider, hasil pengukuran tersebut akan dibandingkan pula dengan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan dari masing-masing standar KPI.

IV.1.1 Kualitas Jaringan 4G Telkomsel

Pengukuran dilakukan diempat lokasi, yaitu lantai 1, lantai 2 Biro dan Fakultas, lantai 3 perpustakaan, dan lantai 4 adalah ruangkelas. Adapun hasil pengukuran yang dilakukan adalah sebagai berikut.

SIM1 Operator: TELKOMSEL			
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 9571	Jenis: 4G
eNB: 340213	CID: 15	PCI: 400	TA:
ARFCN: 38948	BAND: L40		BW: 20
F DL: 2329,8 MHz			F UL: 2329,8 MHz
RSRP: -84	RSRQ: -8	SNR: -	CQI: - RSSI: -56*

(a)

SIM1 Operator: by.U – TELKOMSEL			
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 9571	Jenis: 4G
eNB: 340213	CID: 34	PCI: 305	TA: 6
ARFCN: 38750	BAND: L40		BW: [20/20] CA
F DL: 2310,0 MHz			F UL: 2310,0 MHz
RSRP: -74	RSRQ: -13	SNR: 0.0	CQI: - RSSI: -61

(b)

Gambar IV. 1 Hasil Pengukuran Lantai 1 Telkomsel (a) Pagi dan (b) Siang

Pada lantai 1 Universitas Fajar, kualitas jaringan 4G Telkomsel diukur pada dua periode waktu yang berbeda yaitu pagi (09.00-11.00) dan siang (11.00-14.00). Pada pagi hari, hasil pengukuran menunjukkan nilai RSRP sebesar -84 dBm, yang masih dalam kategori baik namun mendekati batas bawah yang mengindikasikan sinyal mulai melemah. Nilai RSRQ sebesar -8 dB menandakan kualitas sinyal yang cukup baik, meskipun berada di ambang batas yang dapat mengindikasikan potensi interferensi. SINR yang tercatat sebesar 0 dB menunjukkan bahwa tingkat gangguan dan kebisingan cukup tinggi, sehingga kualitas sinyal bisa terpengaruh. Sementara itu, RSSI sebesar -56 dBm mengindikasikan sinyal yang cukup kuat pada pagi hari di lantai 1. Pada siang hari, hasil pengukuran menunjukkan perubahan dengan nilai RSRP yang lebih baik yaitu -74 dBm, namun kualitas sinyal menurun dengan nilai RSRQ sebesar -13 dB, mengindikasikan adanya peningkatan interferensi. SINR tetap konstan pada

0 dB, menunjukkan bahwa gangguan dan kebisingan tetap tinggi, sementara kekuatan sinyal sedikit menurun dengan nilai RSSI sebesar -61 dBm dibandingkan pagi hari.

SIM1 Operator: TELKOMSEL			
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 9541	Jenis: 4G
eNB: 341044	CID: 11	PCI: 375	TA: 21
ARFCN: 1850	BAND: L3		BW: 20
F DL: 1870,0 MHz			F UL: 1775,0 MHz
RSRP: -102	RSRQ: -8	SNR: 8.0	CQI: - RSSI: -73

(a)

Operator: TELKOMSEL			
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 9541	Jenis: 4G
eNB: 341101	CID: 11	PCI: 99	TA: 14
ARFCN: 1850	BAND: L3		BW: [20/10/20] CA
F DL: 1870,0 MHz			F UL: 1775,0 MHz
RSRP: -108	RSRQ: -15	SNR: -2.0	CQI: - RSSI: -71

(b)

Gambar IV. 2 Hasil Pengukuran Lantai 2 Telkomsel (a) Pagi dan (b) Siang

Pada lantai 2, kualitas jaringan 4G dari provider Telkomsel diukur pada dua periode waktu yang berbeda, yaitu pagi (09.00-11.00) dan siang (11.00-14.00). Pada pagi hari, kualitas sinyal Telkomsel di lantai 2 menunjukkan RSRP sebesar -102 dBm, yang berada di kategori cukup lemah, menunjukkan bahwa kekuatan sinyal di lokasi ini kurang optimal. Nilai RSRQ sebesar -8 dB menunjukkan kualitas sinyal yang cukup baik, meskipun berada di ambang batas yang dapat menyebabkan potensi interferensi. SINR sebesar 8 dB memberikan gambaran bahwa tingkat gangguan dan kebisingan relatif rendah pada pagi hari, yang merupakan kondisi yang lebih baik untuk transmisi data. RSSI sebesar -73 dBm

memperlihatkan sinyal yang lemah pada pagi hari di lantai 2. Pada siang hari, hasil pengukuran kualitas sinyal Telkomsel di lantai 2 menunjukkan perubahan yang signifikan. Terjadi penurunan kekuatan sinyal dengan nilai RSRP yang lebih rendah, yaitu -108 dBm, yang menunjukkan sinyal lebih lemah dibandingkan pagi hari. Kualitas sinyal juga menurun dengan nilai RSRQ yang lebih rendah, yaitu -15 dB, memperlihatkan adanya peningkatan interferensi yang cukup signifikan. SINR juga mengalami penurunan drastis menjadi -2 dB, menggambarkan bahwa gangguan dan kebisingan sangat tinggi pada siang hari. Meskipun demikian, nilai RSSI sedikit lebih baik pada siang hari dengan nilai -71 dBm, namun ini masih menunjukkan sinyal yang lemah.

Operator: TELKOMSEL				
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 9541	Jenis: 4G	
eNB: 341101	CID: 13	PCI: 99	TA: 17	
ARFCN: 500	BAND: L1	BW: [20/10] CA		
F DL: 2160,0 MHz		F UL: 1970,0 MHz		
RSRP: -108	RSRQ: -15	SNR: 1.0	CQI: -	RSSI: -71

(a)

Operator: TELKOMSEL				
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 9541	Jenis: 4G	
eNB: 341161	CID: 31	PCI: 9	TA:	
ARFCN: 1850	BAND: L3	BW: [20/20/20] CA		
F DL: 1870,0 MHz		F UL: 1775,0 MHz		
RSRP: -104	RSRQ: -9	SNR: 1.0	CQI: -	RSSI: -77

(b)

Gambar IV. 3 Hasil Pengukuran Lantai 3 Telkomsel (a) Pagi dan (b) Siang
 Pada pagi hari, kualitas sinyal Telkomsel di lantai 3 menunjukkan RSRP sebesar -108 dBm, yang berada dalam kategori cukup lemah,

menandakan kekuatan sinyal di lokasi ini kurang optimal. Nilai RSRQ sebesar -15 dB menunjukkan kualitas sinyal yang buruk, memperlihatkan adanya interferensi yang signifikan. SINR sebesar 1 dB memberikan gambaran bahwa tingkat gangguan dan kebisingan cukup tinggi pada pagi hari, yang dapat mempengaruhi kualitas transmisi data. RSSI sebesar -71 dBm menunjukkan sinyal yang lemah pada pagi hari di lantai 3. Pada siang hari, hasil pengukuran kualitas sinyal Telkomsel di lantai 3 menunjukkan sedikit perbaikan. Terjadi peningkatan kekuatan sinyal dengan nilai RSRP sebesar -104 dBm, yang menunjukkan sinyal yang sedikit lebih baik dibandingkan pagi hari. Kualitas sinyal juga membaik dengan nilai RSRQ sebesar -9 dB, yang memperlihatkan adanya pengurangan interferensi. Namun, SINR mengalami penurunan menjadi -1 dB, menggambarkan bahwa tingkat gangguan dan kebisingan masih cukup tinggi pada siang hari. Nilai RSSI menurun menjadi -77 dBm, yang menunjukkan sinyal yang lebih lemah dibandingkan pagi hari.

SIM1 Operator: TELKOMSEL				
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 9541	Jenis: 4G	
eNB: 341044	CID: 12	PCI: 375	TA: 22	
ARFCN: 3500	BAND: L8		BW: 10	
F DL: 930,0 MHz		F UL: 885,0 MHz		
RSRP: -122	RSRQ: -14	SNR: -4.0	CQI: -	RSSI: -89

(a)

Operator: TELKOMSEL				
MCC: 510	MNC: 11	TAC: 31054	Jenis: 4G	
eNB: 310243	CID: 4	PCI: 97	TA:	
ARFCN: 1325	BAND: L3		BW: 20	
F DL: 1817,5 MHz		F UL: 1722,5 MHz		
RSRP: -119	RSRQ: -20	SNR: -2.0	CQI: -	RSSI: -75

(b)

Gambar IV. 4 Hasil Pengukuran Lantai 4 Telkomsel (a) Pagi dan (b) Siang
Pada pagi hari, kualitas sinyal Telkomsel di lantai 4 menunjukkan

RSRP sebesar -112 dBm, yang berada dalam kategori sangat lemah, menunjukkan kekuatan sinyal di lokasi ini sangat kurang optimal. Nilai RSRQ sebesar -14 dB menunjukkan kualitas sinyal yang buruk, memperlihatkan adanya interferensi yang cukup signifikan. SINR sebesar -4 dB memberikan gambaran bahwa tingkat gangguan dan kebisingan sangat tinggi pada pagi hari, yang sangat mempengaruhi kualitas transmisi data. RSSI sebesar -89 dBm menunjukkan sinyal yang sangat lemah pada pagi hari di lantai 4. Pada siang hari, hasil pengukuran kualitas sinyal Telkomsel di lantai 4 menunjukkan penurunan lebih lanjut. Terjadi penurunan kekuatan sinyal dengan nilai RSRP sebesar -119 dBm, yang menunjukkan sinyal yang lebih lemah dibandingkan pagi hari. Kualitas sinyal juga memburuk dengan nilai RSRQ sebesar -20 dB, yang memperlihatkan adanya peningkatan interferensi yang sangat signifikan. SINR sedikit membaik menjadi -2 dB, menggambarkan bahwa tingkat gangguan dan kebisingan masih sangat tinggi pada siang hari. Namun, nilai RSSI sedikit lebih baik dengan nilai -75 dBm, meskipun ini masih menunjukkan sinyal yang sangat lemah.

IV.1.2 Kualitas Jaringan 4G XL Axiata

SIM2 Operator: XL				
MCC:510	MNC:11	TAC:31054	Jenis: 4G	
eNB:310969	CID:4	PCI:259	TA:19	
ARFCN: 1325	BAND: L3		BW: 20	
F DL: 1817,5 MHz		F UL: 1722,5 MHz		
RSRP: -112	RSRQ: -12	SNR: -4.0	CQI: -	RSSI: -77

(a)

SIM2 Operator: XL Axiata			
MCC:510	MNC:11	TAC:31053	Jenis: 4G
eNB:310074	CID:4	PCI:495	TA:
ARFCN: 1325	BAND: L3	BW: 20	
F DL: 1817,5 MHz		F UL: 1722,5 MHz	
RSRP: -105	RSRQ: -22	SNR: -	CQI: - RSSI: -63*

(b)

Gambar IV. 5 Hasil Pengukuran Lantai 1 XL Axiata (a) Pagi dan (b) Siang

Pada pagi hari, kualitas sinyal XL Axiata di lantai 1 menunjukkan RSRP sebesar -112 dBm, yang berada dalam kategori sangat lemah, menunjukkan kekuatan sinyal di lokasi ini sangat kurang optimal. Nilai RSRQ sebesar -12 dB memberikan gambaran tentang kualitas sinyal yang kurang baik, memperlihatkan adanya interferensi yang signifikan. SINR sebesar -4 dB menunjukkan bahwa tingkat gangguan dan kebisingan sangat tinggi pada pagi hari, yang sangat mempengaruhi kualitas transmisi data. RSSI sebesar -77 dBm menunjukkan sinyal yang sangat lemah pada pagi hari di lantai 1.

Pada siang hari, hasil pengukuran kualitas sinyal XL Axiata di lantai 1 menunjukkan beberapa perubahan. Terdapat peningkatan kekuatan sinyal dengan nilai RSRP sebesar -105 dBm, yang menunjukkan sinyal yang sedikit lebih baik dibandingkan pagi hari. Namun, kualitas sinyal menurun dengan nilai RSRQ sebesar -22 dB, memperlihatkan adanya peningkatan interferensi yang sangat signifikan. SINR tetap konstan pada 0 dB, menggambarkan bahwa tingkat gangguan dan kebisingan masih tinggi pada

siang hari. Nilai RSSI lebih baik dengan nilai -63 dBm, meskipun ini masih menunjukkan sinyal yang lemah.

SIM2 Operator: XL Axiata				
MCC:510	MNC:11	TAC:31053	Jenis: 4G	
eNB:310074	CID:4	PCI:495	TA:	
ARFCN: 1325	BAND: L3		BW: 20	
F DL: 1817,5 MHz		F UL: 1722,5 MHz		
RSRP: -86	RSRQ: -14	SNR: -	CQI: -	RSSI: -52*

(a)

SIM2 Operator: XL Axiata				
MCC:510	MNC:11	TAC:31053	Jenis: 4G	
eNB:310131	CID:6	PCI:124	TA:	
ARFCN: 1325	BAND: L3		BW: 20	
F DL: 1817,5 MHz		F UL: 1722,5 MHz		
RSRP: -81	RSRQ: -18	SNR: -	CQI: -	RSSI: -43*

(b)

Gambar IV. 6 Hasil Pengukuran Lantai 2 XL Axiata

Pada lantai 2, kualitas jaringan 4G dari provider XL Axiata diukur pada dua periode waktu, yaitu pagi (09.00-11.00) dan siang (11.00-14.00). Pada pagi hari, sinyal XL Axiata di lantai 2 menunjukkan RSRP sebesar -86 dBm, yang cukup baik, dengan RSRQ sebesar -14 dB yang menunjukkan adanya interferensi signifikan. SINR sebesar 0 dB dan RSSI sebesar -52 dBm menunjukkan tingkat gangguan dan sinyal yang cukup kuat. Pada siang hari, RSRP meningkat menjadi -81 dBm yang menunjukkan sinyal lebih baik, namun RSRQ menurun menjadi -18 dB yang memperlihatkan peningkatan interferensi. SINR tetap 0 dB, dan RSSI membaik menjadi -43 dBm, menunjukkan sinyal yang lebih kuat dibandingkan pagi hari.

SIM2 Operator: XL Axiata				
MCC:510	MNC:11	TAC:31053	Jenis: 4G	
eNB:310074	CID:4	PCI:495	TA:	
ARFCN: 1325	BAND: L3		BW: 20	
F DL: 1817,5 MHz		F UL: 1722,5 MHz		
RSRP: -88	RSRQ: -10	SNR: -	CQI: -	RSSI: -58*

(a)

SIM2 Operator: XL Axiata				
MCC:510	MNC:11	TAC:31053	Jenis: 4G	
eNB:310131	CID:6	PCI:124	TA:	
ARFCN: 1325	BAND: L3		BW: 20	
F DL: 1817,5 MHz		F UL: 1722,5 MHz		
RSRP: -87	RSRQ: -18	SNR: -	CQI: -	RSSI: -49*

(b)

Gambar IV. 7 Hasil Pengukuran Lantai 3 XL Axiata (a) Pagi (b) Siang

Pada lantai 3, kualitas jaringan 4G dari provider XL Axiata diukur pada dua periode waktu, yaitu pagi (09.00-11.00) dan siang (11.00-14.00). Pada pagi hari, sinyal XL Axiata di lantai 3 menunjukkan RSRP sebesar -88 dBm yang cukup baik, dengan RSRQ sebesar -10 dB yang menunjukkan adanya interferensi sedang. SINR sebesar 0 dB dan RSSI sebesar -58 dBm menunjukkan tingkat gangguan dan sinyal yang cukup kuat. Pada siang hari, RSRP sedikit meningkat menjadi -87 dBm, menunjukkan sinyal yang sedikit lebih baik. Namun, RSRQ menurun menjadi -18 dB, menunjukkan peningkatan interferensi. SINR tetap pada 0 dB, dan RSSI membaik menjadi -49 dBm, menunjukkan sinyal yang lebih kuat dibandingkan pagi hari.

SIM2 Operator: XL Axiata			
MCC:510	MNC:11	TAC:31053	Jenis: 4G
eNB:310074	CID:4	PCI:495	TA:
ARFCN: 1325	BAND: L3		BW: 20
F DL: 1817,5 MHz			F UL: 1722,5 MHz
RSRP: -72	RSRQ: -11	SNR: -	CQI: - RSSI: -41*

(a)

SIM2 Operator: XL Axiata			
MCC:510	MNC:11	TAC:31053	Jenis: 4G
eNB:310074	CID:4	PCI:495	TA:
ARFCN: 1325	BAND: L3		BW: 20
F DL: 1817,5 MHz			F UL: 1722,5 MHz
RSRP: -76	RSRQ: -17	SNR: -	CQI: - RSSI: -39*

(b)

Gambar IV. 8 Hasil Pengukuran Lantai 4 XL Axiata

Pada pagi hari, sinyal XL Axiata menunjukkan RSRP sebesar -72 dBm yang sangat baik, dengan RSRQ sebesar -11 dB menandakan kualitas sinyal yang cukup baik meskipun ada interferensi yang sedikit. SINR sebesar 0 dB dan RSSI sebesar -41 dBm menunjukkan tingkat gangguan yang rendah dan sinyal yang kuat. Pada siang hari, RSRP sedikit menurun menjadi -76 dBm namun masih dalam kategori baik. Meskipun begitu, RSRQ menunjukkan peningkatan interferensi dengan nilai -17 dB. Namun, SINR dan RSSI tetap stabil dengan nilai 0 dB dan -39 dBm masing-masing, menunjukkan tingkat gangguan yang rendah dan sinyal yang tetap kuat pada siang hari.

IV.1.3 Kualitas Jaringan 4G Smartfren

SIM1 Operator: Smartfren			
MCC: 510	MNC: 09	TAC: 2504	Jenis: 4G
eNB: 250156	CID: 11	PCI: 83	TA:
ARFCN: 39250	BAND: L40	BW: 20	
F DL: 2360,0 MHz		F UL: 2360,0 MHz	
RSRP: -89	RSRQ: -8	SNR: -	CQI: -
			RSSI: -61*

(a)

SIM2 Operator: Smartfren			
MCC:510	MNC:09	TAC:2507	Jenis: 4G
eNB:250511	CID:23	PCI:130	TA:
ARFCN: 39448	BAND: L40	BW: 20	
F DL: 2379,8 MHz		F UL: 2379,8 MHz	
RSRP: -93	RSRQ: -17	SNR: -	CQI: -
			RSSI: -56*

(b)

Gambar IV. 9 Hasil Pengukuran Lantai 1 Smartfren (a) Pagi dan (b) Siang

Pada pagi hari, sinyal Smartfren menunjukkan RSRP sebesar -89 dBm, yang merupakan nilai yang cukup baik, dengan RSRQ sebesar -8 dB, menandakan kualitas sinyal yang baik. Meskipun demikian, SINR sebesar 0 dB menunjukkan bahwa tingkat gangguan cukup tinggi. Namun, nilai RSSI sebesar -61 dBm menunjukkan sinyal yang cukup kuat pada pagi hari. Pada siang hari, RSRP sedikit menurun menjadi -93 dBm, namun masih dalam kategori yang dapat diterima. Namun, RSRQ menunjukkan adanya peningkatan interferensi dengan nilai -17 dB. Meskipun begitu, SINR dan RSSI tetap stabil dengan nilai 0 dB dan -56 dBm masing-masing, menunjukkan bahwa tingkat gangguan tetap cukup tinggi, meskipun sinyal tetap kuat pada siang hari.

SIM1 Operator: Smartfren			
MCC: 510	MNC: 09	TAC: 2507	Jenis: 4G
eNB: 250511	CID: 13	PCI: 130	TA:
ARFCN: 39250	BAND: L40		BW: 20
F DL: 2360,0 MHz		F UL: 2360,0 MHz	
RSRP: -97	RSRQ: -12	SNR: -	CQI: - RSSI: -65*

(a)

SIM2 Operator: XL Axiata			
MCC:510	MNC:11	TAC:31053	Jenis: 4G
eNB:310074	CID:4	PCI:495	TA:
ARFCN: 1325	BAND: L3		BW: 20
F DL: 1817,5 MHz		F UL: 1722,5 MHz	
RSRP: -101	RSRQ: -23	SNR: -	CQI: - RSSI: -58*

(b)

Gambar IV. 10 Hasil Pengukuran Lantai 2 Smartfren

Pada pagi hari, sinyal Smartfren menunjukkan RSRP sebesar -97 dBm, yang masih dapat diterima, dengan RSRQ sebesar -12 dB, menunjukkan kualitas sinyal yang cukup baik. Meskipun demikian, SINR sebesar 0 dB menunjukkan bahwa tingkat gangguan cukup tinggi. Nilai RSSI sebesar -65 dBm menunjukkan sinyal yang cukup kuat pada pagi hari. Pada siang hari, RSRP sedikit menurun menjadi -101 dBm, namun masih dalam kategori yang dapat diterima. Namun, RSRQ menunjukkan adanya peningkatan interferensi dengan nilai -23 dB. Meskipun begitu, SINR dan RSSI tetap stabil dengan nilai 0 dB dan -58 dBm masing-masing, menunjukkan bahwa tingkat gangguan tetap cukup tinggi, meskipun sinyal tetap kuat pada siang hari.

SIM1 Operator: Smartfren				
MCC: 510	MNC: 09	TAC: 2507	Jenis: 4G	
eNB: 250511	CID: 11	PCI: 129	TA:	
ARFCN: 39250	BAND: L40		BW: 20	
F DL: 2360,0 MHz		F UL: 2360,0 MHz		
RSRP: -101	RSRQ: -16	SNR: -	CQI: -	RSSI: -65*

(a)

SIM2 Operator: Smartfren				
MCC: 510	MNC: 09	TAC: 2507	Jenis: 4G	
eNB: 250511	CID: 23	PCI: 130	TA:	
ARFCN: 39448	BAND: L40		BW: 20	
F DL: 2379,8 MHz		F UL: 2379,8 MHz		
RSRP: -93	RSRQ: -17	SNR: -	CQI: -	RSSI: -56*

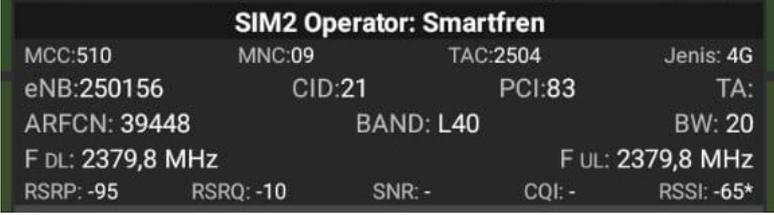
(b)

Gambar IV. 11 Hasil Pengukuran Lantai 3 Smartfren (a) Pagi dan (b) Siang

Pada pagi hari, sinyal Smartfren menunjukkan RSRP sebesar -101 dBm, yang masih dapat diterima, dengan RSRQ sebesar -16 dB, menunjukkan kualitas sinyal yang cukup baik. Meskipun demikian, SINR sebesar 0 dB menunjukkan bahwa tingkat gangguan cukup tinggi. Nilai RSSI sebesar -65 dBm menunjukkan sinyal yang cukup kuat pada pagi hari. Pada siang hari, RSRP sedikit meningkat menjadi -93 dBm, yang menunjukkan sinyal yang sedikit lebih baik. Namun, RSRQ tetap stabil dengan nilai -17 dB. Meskipun begitu, SINR dan RSSI tetap stabil dengan nilai 0 dB dan -56 dBm masing-masing, menunjukkan bahwa tingkat gangguan tetap cukup tinggi, meskipun sinyal tetap kuat pada siang hari.

SIM1 Operator: TELKOMSEL				
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 9571	Jenis: 4G	
eNB: 340213	CID: 15	PCI: 400	TA:	
ARFCN: 38948	BAND: L40		BW: 20	
F DL: 2329,8 MHz		F UL: 2329,8 MHz		
RSRP: -101	RSRQ: -10	SNR: -	CQI: -	RSSI: -71*

(a)



SIM2 Operator: Smartfren			
MCC:510	MNC:09	TAC:2504	Jenis: 4G
eNB:250156	CID:21	PCI:83	TA:
ARFCN: 39448	BAND: L40	BW: 20	
F DL: 2379,8 MHz		F UL: 2379,8 MHz	
RSRP: -95	RSRQ: -10	SNR: -	CQI: -
			RSSI: -65*

(b)

Gambar IV. 12 Hasil Pengukuran Lantai 4 Smartfren

Pada lantai 4, kualitas jaringan 4G dari provider Smartfren diukur pada dua periode waktu, yaitu pagi (09.00-11.00) dan siang (11.00-14.00). Pada pagi hari, sinyal Smartfren menunjukkan RSRP sebesar -101 dBm, yang masih dapat diterima, dengan RSRQ sebesar -10 dB, menunjukkan kualitas sinyal yang baik. Meskipun demikian, SINR sebesar 0 dB menunjukkan bahwa tingkat gangguan cukup tinggi. Nilai RSSI sebesar -71 dBm menunjukkan sinyal yang cukup kuat pada pagi hari. Pada siang hari, RSRP sedikit meningkat menjadi -95 dBm, menunjukkan sinyal yang sedikit lebih baik. Namun, RSRQ tetap stabil dengan nilai -10 dB. Meskipun begitu, SINR dan RSSI tetap stabil dengan nilai 0 dB dan -65 dBm masing-masing, menunjukkan bahwa tingkat gangguan tetap cukup tinggi, meskipun sinyal tetap kuat pada siang hari.

IV.1.4 Kualitas Jaringan 4G Berdasarkan Perhitungan

Selanjutnya dilakukan analisis perhitungan untuk masing-masing standar KPI sebagai berikut.

$$RSRP = RSSI(dBm) - 10 \log(12 \times N)$$

$$RSRQ = 10 \log(N) + RSRP - RSSI$$

$$RSSI = RSRP + RSRQ + SINR$$

a. Telkomsel

1. Lantai 1

$$RSRP_{Pagi} = (-61) - 10 \log(12 \times 100) = -92 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-56) - 10 \log(12 \times 100) = -87 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{Pagi} = 10 \log 100 + (-84) - (-56) = -8 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-74) - (-61) = -7 \text{ dB}$$

$$RSSI_{Pagi} = (-84) + (-8) + 0 = -92 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-74) + (-13) + 0 = -87 \text{ dBm}$$

2. Lantai 2

$$RSRP_{Pagi} = (-73) - 10 \log(12 \times 100) = -103 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-71) - 10 \log(12 \times 100) = -101 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{Pagi} = 10 \log 100 + (-102) - (-73) = -9 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-108) - (-71) = 17 \text{ dB}$$

$$RSSI_{Pagi} = (-102) + (-8) + 8 = -102 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-108) + (-15) + (-2) = -130 \text{ dBm}$$

3. Lantai 3

$$RSRP_{Pagi} = (-71) - 10 \log(12 \times 100) = -91 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-77) - 10 \log(12 \times 100) = -108 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{Pagi} = 10 \log 100 + (-108) - (-71) = -17 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-104) - (-77) = -7 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-108) + (-15) + 1 = -122 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-104) + (-9) + 1 = -112 \text{ dBm}$$

4. Lantai 4

$$RSRP_{pagi} = (-89) - 10 \log(12 \times 100) = -120 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-75) - 10 \log(12 \times 100) = -106 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{pagi} = 10 \log 100 + (-122) - (-73) = -13 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-119) - (-75) = -24 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-122) + (-14) + (-4) = -102 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-108) + (-15) + (-2) = -130 \text{ dBm}$$

b. XL Axiata

1. Lantai 1

$$RSRP_{pagi} = (-77) - 10 \log(12 \times 100) = -108 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-63) - 10 \log(12 \times 100) = -87 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{pagi} = 10 \log 100 + (-112) - (-77) = -15 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-105) - (-63) = -22 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-112) + (-7) + (-4) = -193 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-105) + (-22) + 0 = -127 \text{ dBm}$$

2. Lantai 2

$$RSRP_{pagi} = (-52) - 10 \log(12 \times 100) = -82 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-43) - 10 \log(12 \times 100) = -73 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{pagi} = 10 \log 100 + (-86) - (-52) = -14 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-81) - (-43) = 18 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-86) + (-14) + 0 = -100 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-81) + (-18) + 0 = -99 \text{ dBm}$$

3. Lantai 3

$$RSRP_{pagi} = (-88) - 10 \log(12 \times 100) = -119 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-87) - 10 \log(12 \times 100) = -118 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{pagi} = 10 \log 100 + (-88) - (-58) = -10 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-87) - (-49) = -18 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-88) + (-10) + 0 = -98 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-87) + (-18) + 0 = -105 \text{ dBm}$$

4. Lantai 4

$$RSRP_{pagi} = (-41) - 10 \log(12 \times 100) = -71 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-39) - 10 \log(12 \times 100) = -69 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{pagi} = 10 \log 100 + (-72) - (-41) = -11 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-76) - (-39) = -17 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-72) + (-11) + 0 = -83 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-76) + (-17) + 0 = -93 \text{ dBm}$$

c. Smartfren

1. Lantai 1

$$RSRP_{pagi} = (-61) - 10 \log(12 \times 100) = -91 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-56) - 10 \log(12 \times 100) = -86 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{pagi} = 10 \log 100 + (-89) - (-61) = -8 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-93) - (-56) = -17 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-89) + (-8) = -97 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-93) + (-17) + 0 = -110 \text{ dBm}$$

2. Lantai 2

$$RSRP_{pagi} = (-65) - 10 \log(12 \times 100) = -85 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-58) - 10 \log(12 \times 100) = -78 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{pagi} = 10 \log 100 + (-97) - (-65) = -12 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-101) - (-58) = -23 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-97) + (-12) + 0 = -109 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-81) + (-23) + 0 = -104 \text{ dBm}$$

3. Lantai 3

$$RSRP_{pagi} = (-65) - 10 \log(12 \times 100) = -95 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-56) - 10 \log(12 \times 100) = -86 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{pagi} = 10 \log 100 + (-101) - (-65) = -16 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-93) - (-56) = -17 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-101) + (-16) + 0 = -117 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-93) + (-17) + 0 = -110 \text{ dBm}$$

4. Lantai 4

$$RSRP_{pagi} = (-71) - 10 \log(12 \times 100) = -102 \text{ dBm}$$

$$RSRP_{siang} = (-65) - 10 \log(12 \times 100) = -95 \text{ dBm}$$

$$RSRQ_{pagi} = 10 \log 100 + (-101) - (-71) = -10 \text{ dB}$$

$$RSRQ_{siang} = 10 \log 100 + (-95) - (-65) = -10 \text{ dB}$$

$$RSSI_{pagi} = (-101) + (-10) + 0 = -111 \text{ dBm}$$

$$RSSI_{siang} = (-95) + (-10) + 0 = -105 \text{ dBm}$$

IV.2. Pembahasan

Penelitian ini bertujuan mengetahui kualitas jaringan indoor 4G di Universitas Fajar pada beberapa provider, yaitu Telkomsel, XL Axiata, dan Smartfren, dengan lokasi penelitian meliputi Lantai 1 ballroom, Lantai 2 Biro dan Keuangan, Lantai 3 Perpustakaan, dan Lantai 4 Ruang Kelas. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan parameter kinerja jaringan, seperti RSSI (*Received Signal Strength Indicator*), RSRP (*Reference Signal Received Power*), dan SINR (*Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio*), yang merupakan standar KPI (*Key Performance Indicator*) dalam industri telekomunikasi. Alat yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah perangkat lunak *G-Net Track*, yang secara cermat mengukur parameter-parameter kinerja jaringan yang relevan.

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan antara masing-masing provider, adapun hasil pengukuran yang diperoleh dari masing-masing provider adalah sebagai berikut.

Tabel IV. 1 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan Tiap Provider

Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan		Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan		Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan	
Telkomsel				XL				Smartfren			
RSRP (dBm)				RSRP(dBm)				RSRP(dBm)			
Lantai 1				Lantai 1				Lantai 1			
Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang
-84	-74	-92	-87	-112	-105	-108	-87	-89	-93	-91	-86
Lantai 2				Lantai 2				Lantai 2			
Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang
-102	-108	-103	-101	-86	-81	-82	-73	-97	-101	-85	-78
Lantai 3				Lantai 3							

-108	-104	-91	-108	-88	-87	-119	-118	-101	-92	-95	-86
Lantai 4				Lantai 4				Lantai 4			
-122	-119	-120	-106	-72	-76	-71	-69	-101	-95	-102	-95
RSRQ(dB)				RSRQ(dB)				RSRQ(dB)			
Lantai 1				Lantai 1				Lantai 1			
-8	-13	-8	-7	-7	-22	-15	-22	-8	-17	-8	-17
Lantai 2				Lantai 2				Lantai 2			
-8	-15	-9	-17	-14	-18	-14	-18	-12	-23	-12	-23
Lantai 3				Lantai 3				Lantai 3			
-15	-9	-17	-7	-10	-18	-10	-18	-16	-17	-16	-17
Lantai 4				Lantai 4				Lantai 4			
-14	-15	-13	-24	-11	-17	-11	-17	-10	-10	-10	-10
RSSI(dBm)				RSSI(dBm)				RSSI(dBm)			
Lantai 1				Lantai 1				Lantai 1			
-61	-56	-92	-87	-77	-63	-193	-127	-61	-56	-97	-110
Lantai 2				Lantai 2				Lantai 2			
-73	-71	-102	-130	-52	-43	-100	-99	-65	-58	-109	-104
Lantai 3				Lantai 3				Lantai 3			
-71	-77	-122	-112	-88	-87	-98	-105	-65	-56	-117	-110
Lantai 4				Lantai 4				Lantai 4			
-89	-75	-102	-130	-41	-39	-83	-93	-71	-65	-111	-105

Untuk Telkomsel Pada pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -84 dBm, RSRQ sebesar -8 dB, dan RSSI sebesar -61 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -74 dBm, RSRQ -13 dB, dan RSSI -56 dBm. Perhitungan standar KPI untuk Telkomsel di lantai 1 adalah RSRP -92 dBm pada pagi hari dan -87 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -8 dB dan -7 dB, serta RSSI masing-masing -92 dBm dan -87 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan bahwa Telkomsel memberikan kualitas sinyal yang lebih baik dari standar perhitungan. Sedangkan di Lantai 2 pada pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -102 dBm, RSRQ -8 dB, dan RSSI -73 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -108 dBm, RSRQ -15 dB, dan RSSI -71 dBm. Perhitungan KPI untuk Telkomsel adalah RSRP -103 dBm pada pagi hari dan -101 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -9 dB dan -17 dB, serta RSSI masing-masing -102 dBm dan -130 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan konsistensi dengan perhitungan standar. Selanjutnya pada lantai 3

dipagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -108 dBm, RSRQ -15 dB, dan RSSI -71 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -104 dBm, RSRQ -9 dB, dan RSSI -77 dBm. Perhitungan KPI untuk Telkomsel adalah RSRP -91 dBm pada pagi hari dan -108 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -17 dB dan -7 dB, serta RSSI masing-masing -122 dBm dan -112 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan sedikit perbedaan dengan hasil perhitungan, terutama pada RSRP pagi hari. Terakhir di Lantai 4 pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -122 dBm, RSRQ -14 dB, dan RSSI -89 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -119 dBm, RSRQ -15 dB, dan RSSI -75 dBm. Perhitungan KPI untuk Telkomsel adalah RSRP -120 dBm pada pagi hari dan -106 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -13 dB dan -24 dB, serta RSSI masing-masing -102 dBm dan -130 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan hasil yang sesuai dengan perhitungan standar.

Kemudian pada provider XL Axiata, di Lantai 1 pada pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -112 dBm, RSRQ -12 dB, dan RSSI -77 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -105 dBm, RSRQ -22 dB, dan RSSI -63 dBm. Perhitungan KPI untuk XL adalah RSRP -108 dBm pada pagi hari dan -87 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -15 dB dan -22 dB, serta RSSI masing-masing -193 dBm dan -127 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan kualitas sinyal XL yang lebih baik dari hasil perhitungan standar. Pada Lantai 2 dipagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -86 dBm, RSRQ -14 dB, dan RSSI -52 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -81 dBm, RSRQ -18 dB, dan RSSI -43 dBm. Perhitungan KPI untuk XL

adalah RSRP -82 dBm pada pagi hari dan -73 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -14 dB dan -18 dB, serta RSSI masing-masing -100 dBm dan -99 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan kualitas sinyal XL yang lebih baik dari hasil perhitungan standar. Selanjutnya di Lantai 3 pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -88 dBm, RSRQ -10 dB, dan RSSI -88 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -87 dBm, RSRQ -18 dB, dan RSSI -87 dBm. Perhitungan KPI untuk XL adalah RSRP -119 dBm pada pagi hari dan -118 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -10 dB dan -18 dB, serta RSSI masing-masing -98 dBm dan -105 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan kualitas sinyal XL yang lebih baik dari hasil perhitungan standar. Terakhir lantai 4 ada pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -72 dBm, RSRQ -11 dB, dan RSSI -41 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -76 dBm, RSRQ -17 dB, dan RSSI -39 dBm. Perhitungan KPI untuk XL adalah RSRP -71 dBm pada pagi hari dan -69 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -11 dB dan -17 dB, serta RSSI masing-masing -83 dBm dan -93 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan kualitas sinyal XL yang lebih baik dari hasil perhitungan standar.

Provider terakhir adalah Smartfren pada pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -89 dBm, RSRQ -8 dB, dan RSSI -61 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -93 dBm, RSRQ -17 dB, dan RSSI -56 dBm. Perhitungan KPI untuk Smartfren adalah RSRP -91 dBm pada pagi hari dan -86 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -8 dB dan -17 dB, serta RSSI masing-masing -97 dBm dan -110 dBm. Pengukuran nyata

menunjukkan bahwa kualitas sinyal Smartfren pada pagi dan siang hari sesuai dengan perhitungan. Kemudian di Lantai 2 pada pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -97 dBm, RSRQ -12 dB, dan RSSI -65 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -101 dBm, RSRQ -23 dB, dan RSSI -58 dBm. Perhitungan KPI untuk Smartfren adalah RSRP -85 dBm pada pagi hari dan -78 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -12 dB dan -23 dB, serta RSSI masing-masing -109 dBm dan -104 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan konsistensi dengan perhitungan standar. Pada Lantai 3 pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -101 dBm, RSRQ -16 dB, dan RSSI -65 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -93 dBm, RSRQ -17 dB, dan RSSI -56 dBm. Perhitungan KPI untuk Smartfren adalah RSRP -95 dBm pada pagi hari dan -86 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -16 dB dan -17 dB, serta RSSI masing-masing -117 dBm dan -110 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan kualitas sinyal yang sesuai dengan perhitungan. Terakhir pada lantai 4 pagi hari, pengukuran menunjukkan RSRP sebesar -101 dBm, RSRQ -10 dB, dan RSSI -71 dBm. Pada siang hari, nilai-nilai ini berubah menjadi RSRP -95 dBm, RSRQ -10 dB, dan RSSI -65 dBm. Perhitungan KPI untuk Smartfren adalah RSRP -102 dBm pada pagi hari dan -95 dBm pada siang hari, dengan RSRQ masing-masing -10 dB dan -10 dB, serta RSSI masing-masing -111 dBm dan -105 dBm. Pengukuran nyata menunjukkan hasil yang konsisten dengan perhitungan standar.

Kemudian untuk parameter SINR yang merupakan parameter yang diukur dalam penelitian ini untuk melengkapi analisis kualitas jaringan berdasarkan

parameter lainnya seperti RSRP, RSRQ, dan RSSI. Berbeda dengan parameter lainnya, nilai SINR hanya diperoleh dari hasil pengukuran lapangan dan tidak dihitung sebagai bagian dari perhitungan standar KPI. Hal ini karena SINR secara langsung mengukur rasio antara sinyal yang diterima dengan tingkat interferensi dan noise yang ada di lingkungan, yang bervariasi secara signifikan tergantung pada kondisi spesifik di lokasi dan waktu tertentu. Untuk Telkomsel, nilai SINR pada lantai 1 menunjukkan 0.0 dB baik pada pagi maupun siang hari. Meskipun RSRP pada pagi hari adalah -84 dBm dan -74 dBm pada siang hari, serta RSRQ masing-masing -8 dB dan -13 dB, SINR yang rendah menunjukkan adanya gangguan dan kebisingan signifikan, mengurangi kualitas sinyal meskipun nilai RSRP dan RSRQ tidak terlalu buruk. Pada lantai 2, SINR di pagi hari adalah 8.0 dB, menunjukkan sinyal yang cukup bersih dengan sedikit gangguan, sementara di siang hari nilai SINR turun drastis menjadi -2.0 dB. Hal ini mengindikasikan peningkatan gangguan pada siang hari, sesuai dengan penurunan kualitas RSRQ dari -8 dB ke -15 dB dan RSRP dari -102 dBm ke -108 dBm. Di lantai 3, SINR sebesar 1.0 dB pada pagi hari dan tetap 1.0 dB pada siang hari. Meskipun nilai RSRP -108 dBm pada pagi dan -104 dBm pada siang hari serta RSRQ -15 dB dan -9 dB, nilai SINR yang rendah menunjukkan adanya gangguan yang signifikan, serupa dengan lantai 1. Pada lantai 4, SINR di pagi hari adalah -4.0 dB dan -2.0 dB di siang hari. Nilai RSRP yang sangat rendah (-122 dBm pada pagi dan -119 dBm pada siang) serta RSRQ masing-masing -14 dB dan -15 dB menunjukkan sinyal yang lemah dan berkualitas buruk, konsisten dengan SINR negatif yang menunjukkan sinyal hampir tidak dapat digunakan.

Untuk XL Axiata, nilai SINR pada lantai 1 adalah -4.0 dB pada pagi hari dan 0.0 dB pada siang hari. Meskipun nilai RSRP -112 dBm pada pagi dan -105 dBm pada siang hari menunjukkan sinyal yang lemah, SINR negatif pada pagi hari menunjukkan gangguan yang signifikan, sementara SINR 0.0 dB pada siang hari menunjukkan kondisi yang sedikit lebih baik. Pada lantai 2 hingga lantai 4, nilai SINR adalah 0.0 dB baik pada pagi maupun siang hari, menunjukkan adanya tingkat gangguan yang lebih rendah dibandingkan lantai 1. Ini konsisten dengan nilai RSRP dan RSRQ yang lebih baik di lantai-lantai tersebut dibandingkan dengan lantai 1.

Sedangkan untuk Smartfren, SINR adalah 0.0 dB di semua lantai dan pada kedua periode waktu. Ini menunjukkan adanya gangguan konstan pada semua tingkat lantai. Hal ini konsisten dengan nilai RSRP dan RSRQ yang menunjukkan sinyal lemah dan kualitas sinyal yang tidak optimal. Meskipun RSRP dan RSRQ untuk Smartfren menunjukkan beberapa variasi di berbagai lantai, nilai SINR yang selalu nol menunjukkan masalah gangguan yang merata di seluruh bangunan.

Dari semua hasil pengukuran, terlihat bahwa ketiga penyedia layanan, yaitu Telkomsel, XL Axiata, dan Smartfren, memiliki performa yang bervariasi tergantung pada parameter sinyal yang diamati. Secara umum, XL Axiata menunjukkan keunggulan dalam kekuatan sinyal yang diterima (RSRP), dengan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan Telkomsel dan Smartfren di sebagian besar lantai. Namun, Telkomsel memiliki kualitas sinyal yang baik dengan nilai RSRQ yang stabil di beberapa lantai. Sementara itu, Smartfren menunjukkan

performa yang konsisten dengan nilai RSRP dan RSRQ yang cukup seimbang di beberapa lantai, dari segi kekuatan sinyal yang diterima (RSRP) dan kualitas sinyal yang diterima (RSRQ), XL Axiata menunjukkan performa yang lebih baik dengan RSRP yang lebih tinggi dan RSRQ yang baik di sebagian besar lantai. Namun, Telkomsel juga menunjukkan kualitas yang baik dalam hal kualitas sinyal (RSRQ) di beberapa lantai, meskipun kekuatan sinyalnya (RSRP) cenderung lebih rendah dibandingkan dengan XL Axiata. Sementara Smartfren menunjukkan konsistensi dalam kualitas sinyal di beberapa lantai, namun kekuatan sinyalnya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kedua penyedia lainnya.

Terdapat beberapa faktor yang mungkin memengaruhi kualitas sinyal di berbagai lantai. Secara khusus, lantai 2 dan 4, yang memiliki banyak ruangan, mungkin berpengaruh dalam menyediakan cakupan sinyal yang merata di seluruh area. Dinding kaca yang banyak digunakan di lantai-lantai ini juga dapat memperburuk masalah, karena sinyal radio seringkali mengalami redaman saat melewati bahan-bahan seperti kaca.

Sementara itu, lantai 1 yang berdekatan dengan jalanan mungkin menghadapi masalah yang berbeda. Karena dekat dengan jalanan, kemungkinan adanya gangguan dari lalu lintas atau bangunan di sekitar dapat mempengaruhi kualitas sinyal di lantai ini. Meskipun lantai 1 memiliki keunggulan akses ke luar, yang mungkin memungkinkan sinyal yang lebih baik dari luar bangunan, faktor gangguan eksternal juga perlu dipertimbangkan. Kemudian faktor lain adalah posisi BTS yang dekat dengan lokasi penelitian.



Gambar IV. 13 BTS Sekitar Lokasi Penelitian

Berdasarkan gambar diatas, BTS paling dekat dengan area Universitas Fajar untuk Telkomsel yaitu BTS 2507, dan 9571 sedangkan XL Axiata adalah BTS 31053 dan Smartfren 2504 yang semuanya masih dapat dijangkau di Universitas Fajar. Hal ini didukung oleh pendapat Budiman & Hairah, (2021) bahwa terdapat perbedaan performa penyedia layanan dari sisi eksternal dikarenakan jangkauan layanan jaringan 4G operator, sebaran posisi BTS, topografi wilayah, demografi konsumen layanan serta area cakupan BTS masing-masing penyedia. Bahwa hasil ukur parameter kualitas penyedia layanan berbeda untuk setiap jaringan, walaupun berada sama dalam area pelayanan.

BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

1. Kualitas jaringan indoor 4G di Universitas Fajar bervariasi untuk setiap provider. Telkomsel menunjukkan penurunan kualitas signifikan di lantai yang lebih tinggi, terutama lantai 4 dengan SINR negatif yang menunjukkan sinyal hampir tidak dapat digunakan. XL Axiata memiliki kualitas yang lebih stabil di semua lantai, tetapi sinyal tetap lemah terutama di lantai 1 pada pagi hari. Smartfren menunjukkan gangguan konstan di seluruh lantai dengan SINR 0.0 dB dan sinyal lemah di semua area.
2. Perbandingan antar provider menunjukkan Telkomsel dan XL Axiata mengalami variasi dalam kualitas jaringan berdasarkan lantai dan waktu. Telkomsel memiliki penurunan kualitas lebih signifikan di lantai yang lebih tinggi. XL Axiata lebih stabil namun tetap menunjukkan kelemahan di beberapa lantai. Smartfren memiliki gangguan konstan di seluruh lantai dengan kualitas sinyal yang lemah. Secara keseluruhan, Telkomsel dan XL Axiata menunjukkan variasi sementara Smartfren mengalami gangguan merata di seluruh area.

V.2. Saran

1. Melakukan studi lebih lanjut untuk mengidentifikasi faktor lingkungan di sekitar Universitas Fajar yang dapat mempengaruhi kualitas jaringan indoor 4G. Ini dapat meliputi analisis terhadap struktur bangunan, material

bangunan, topografi, dan gangguan eksternal lainnya seperti lalu lintas atau kepadatan pengguna di sekitar area kampus.

2. Melakukan survei atau wawancara dengan pengguna aktif jaringan di Universitas Fajar untuk mengevaluasi pengalaman mereka terhadap layanan yang disediakan oleh masing-masing provider

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia Rahmat, F., Chandra, D., Politeknik Negeri Padang, Y., & Kampus Limau Manis, J. (2022). Analisis Kinerja Kualitas Jaringan 4G Long Term Evolution Di Kawasan Perumahan Singgalang, Koto Tengah, Kota Padang Performance Analysis of 4G Long Term Evolution Network Quality in Singgalang Residential Area, Koto Tengah, Padang City. *106 Telekontran*, 10(2).
- Ayubianto, R., & Mulyono, M. (2023). Analisis Kualitas Jaringan 4G LTE Studi Kasus PT.Ramayana Sudirman Pekanbaru. *Remik*, 7(1), 246–258. <https://doi.org/10.33395/remik.v7i1.12040>
- Budiman, E., & Hairah, U. (2021). 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, spesial issue 2021*, 1–10. <https://doi.org/10.30818/jpkm.2021>.
- Dheni, E., Heru, K., & Krisdianto, Y. (2019). Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) di Pita Frekuensi 3500 MHz Dengan Mode TDD dan FDD Sebagai Frekuensi Alternatif. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 8(1), 56–80.
- Efriyendro, R., & Rahayu, Y. (2017). Analisa Perbandingan Kuat Sinyal 4G LTE Antara Operator Telkomsel dan XL AXIATA Berdasarkan Paramater Drive Test Menggunakan Software G-NetTrack Pro Di Area Jalan Protokol Panam . Rendi Efriyendro *, Yusnita Rahayu ** * Alumni Teknik Elektro Universitas R. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1–9.
- Evalina, N. (2021). Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan 4G LTE Operator X Dan Y Di Wilayah Kampus Utama UMSU. *Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi (TRekRiTel)*, 1(1), 13–20. <https://doi.org/10.51510/trekritel.v1i1.396>
- Farida, F., & Nurhaliza, S. (2023). Analisis Layanan Kualitas Jaringan 4G di Kota Pekanbaru dengan G-Net Track. *ELECTROPS: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 1(1), 30. <https://doi.org/10.30872/electrops.v1i1.9375>
- Farida, F., & Yuniyanto, A. H. (2020). Analisis Performansi Jaringan 4G Operator Telkomsel di Kota Tanjungpinang menggunakan Metode Drive Test. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v9i1.835>
- Hikmaturokhman, A., & Wardana, L. (2014). 4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia. In *Jilid 1*. Penerbit Nulis Buku.

- Indah, K. A. T., & Manuaba, I. B. P. (2019). Arsitektur Jaringan Lte (Long Term Evolution) Untuk Mengatasi Backhaul Connection Wifi Pada Rural Area Dengan Teknologi Fourth Generation (4G). *Just TI (Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi)*, 10(2), 24. <https://doi.org/10.46964/justti.v10i2.107>
- Indra Ully Widhi Nugraha, I. P., Gunantara, N., & Diafari Djuni Hartawan, I. (2021). Analisis Pengukuran Kualitas Layanan Pada Jaringan 4G. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(1), 85. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2021.v08.i01.p10>
- Ludyo, A., Usman, U. K., & Andini, N. (2021). *Perbaikan performa terhadap daerah cakupan jaringan lte di sepanjang jalur kereta railink dari stasiun batuceper ke stasiun bni city*. 39–47.
- Merdekawati, I., Usman, U. K., Andini, N., & Telkom, U. (2021). *Analisis Perencanaan Jaringan Indoor Long Term Evolution Di Metode Walktest Analysis of Long Term Evolution Network Indoor Planning At Sultan Hasanuddin Makassar International Airport With Walktest*. 8(5), 4729–4737.
- Munirman, S., Rapa, C. I., & Toding, A. (2018). Analisis Performansi Kualitas Layanan 4G LTE Untuk Provider XI Di Wilayah Sudiang Makassar. *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi (SMIPT)*, 1(April), 9–10. <https://jurnal.yapri.ac.id/index.php/semnassmipt/article/view/56>
- Rahmaddian, Y., & Huda, Y. (2020). Analisis Performansi Jaringan 4G Lte Di Gedung Itl Ft Unp Kampus Air Tawar Barat. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 7(4), 40. <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v7i4.106379>
- Rahmania. (2020). Analisis Cakupan Area Jaringan Long Term Evolution. *Vertex Elektro, Vol. 12, No. 01, Tahun 2020 (Februari) p-ISSN. 1979-9772*, 12(01), 26–36.
- Saiful Bayudin, M., Fauziah, A., Razi, F., Studi, P., Rekayasa, T., Telekomunikasi, J., Elektro, J. T., & Lhokseumawe, P. N. (2021). Pengujian Drive Test Untuk Menentukan Kualitas Layanan Jaringan 4G Lte Di Kota Lhokseumawe. *Jurnal Tektro*, 5(1), 65.
- UMTS. (2010). *A White Paper from the UMTS Forum Recognising the Broadband*.
- Yadnya, M. S., Wedarama, I. G. P. W., & Sudiarta, I. W. (2022). Pengukuran Kekuatan Sinyal Receive Strangth Signal Indicator (RSSI) 4.5G VoLTE Provaider Telkomsel di Universitas Mataram. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 8(2), 115–123. <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i2.375>
- Yafiz, M., Suandi, I., & Rachmawati, R. (2021). Analisis Perbandingan Kinerja

Jaringan 4G LTE antara Provider Smartfren dan Indosat Ooredoo di Wilayah Kota Lhokseumawe. *Jurnal Litek: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 17(2), 29. <https://doi.org/10.30811/litek.v17i2.1961>