

**ANALISA PERBANDINGAN KUALITAS JARINGAN 4G LTE PADA
BANDWIDTH 45 MHZ DAN 20 MHZ MENGGUNAKAN APLIKASI G-NET
TRACK LITE**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar sarjana dari
Universitas Fajar**

Oleh:

TRY AGUSTI

1720221035



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PERBANDINGAN KUALITAS JARINGAN 4G LTE PADA BANDWIDTH 45
MHZ DAN 20 MHZ MENGGUNAKAN APLIKASI G-NET TRACK LITE**

Disusun Oleh:

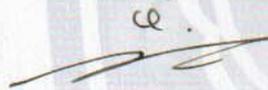
Try Agusti

1720221035

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing

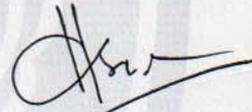
Makassar, 01 Februari 2023

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Asmawaty Azis, ST., MT.
NIDN. 09050585041

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT.
NIDN. 0906107701

Ketua Program Studi



Safaruddin, S.Si., MT.
NIDN. 0909106901

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Try Agusti

Stambuk 1720221035

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tugas akhir ini yang berjudul “Analisa Perbandingan Kualitas Jaringan 4G LTE pada *Bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz Menggunakan Aplikasi *G-Net Track Lite*” benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan hasil pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tugas akhir ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 17 Oktober 2022

Yang menyatakan,



Try Agusti

ABSTRAK

Analisa Perbandingan Kualitas Jaringan 4G LTE pada Bandwidth 45 Mhz dan 20 Mhz Menggunakan Aplikasi G-Net Track Lite, Try Agusti. Koneksi Internet dengan menggunakan teknologi 4G-LTE mampu mencapai kecepatan akses data untuk mengunduh (*download*) hingga 300 Mbps dan untuk mengunggah (*upload*) 75 Mbps. Teknologi 4G LTE memungkinkan *user* atau pengguna dapat mengakses internet dengan cepat. Alokasi *bandwidth* pada frekuensi 1800 GHz untuk provider telkomsel adalah 2x22,5 (45) MHz sedangkan untuk provider Hutchison 3 (Tri) Indonesia adalah 2x10 (20) MHz. Kualitas layanan suatu jaringan seluler dikatakan baik apabila mencapai standar parameter KPI yang telah ditentukan. Dengan dilakukannya *Drive Test*, maka perusahaan telekomunikasi akan mendapatkan data real yang ada di lapangan. Pada daerah perkotaan tepatnya di daerah perintis kemerdekaan Makassar merupakan daerah yang padat penduduk dengan pemakaian jaringan yang cukup besar, maka sangat cocok dilakukan penelitian perbandingan kualitas jaringan 4G untuk mempermudah *user* dalam memilih *bandwidth* yang baik digunakan di daerah tersebut, untuk itu yang akan dilakukan peneliti adalah analisa perbandingan kualitas jaringan 4G LTE dari dua *bandwidth* yang berbeda di wilayah perintis kemerdekaan Makassar. Dengan melakukan perbandingan pada parameter RSRP, RSRQ, dan *throughput* antar dua *bandwidth* yang berbeda maka diperoleh hasil pengukuran yang menunjukkan bahwa jaringan 4G LTE dengan *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz sudah sesuai dengan standar KPI. Dan hasil analisa hasil pengukuran menunjukkan bahwa jaringan 4G LTE dengan *bandwidth* 45 Mhz “Lebih Baik” dibandingkan dengan jaringan 4G LTE dengan *bandwidth* 20 Mhz.

Kata Kunci: 4G LTE, *Bandwidth*, G-Net Track. *Throughput*

ABSTRACT

Comparative Analysis of 4G LTE Network Quality at 45 Mhz and 20 Mhz Bandwidth Using the G-Net Track Lite Application, Try Agusti. Internet connection using 4G-LTE technology is able to achieve data access speeds for downloading up to 300 Mbps and for uploading 75 Mbps. 4G LTE technology allows users to access the internet quickly. The bandwidth allocation at a frequency of 1800 GHz for Telkomsel providers is 2x22.5 (45) MHz while for Hutchison 3 (Tri) Indonesia providers it is 2x10 (20) MHz. Service quality of a cellular network is said to be good if it reaches the predetermined KPI parameter standards. With the Drive Test, telecommunications companies will get real data in the field. In urban areas, precisely in the pioneer area of independence Makassar is a densely populated area with a fairly large network usage, it is very suitable to conduct a comparative study of the quality of the 4G network to make it easier for users to choose the bandwidth that is good to use in the area, for that what the researcher will do is a comparative analysis of the quality of the 4G LTE network from two different bandwidths in the pioneer area of Makassar independence. By comparing the RSRP, RSRQ, and throughput parameters between two different bandwidths, measurement results were obtained that showed that the 4G LTE network with a bandwidth of 45 Mhz and 20 Mhz was in accordance with the KPI standard. And the results of the analysis of the measurement results show that a 4G LTE network with a bandwidth of 45 Mhz is "Better" compared to a 4G LTE network with a bandwidth of 20 Mhz.

Keywords: 4G LTE, Bandwidth, G-Net Track. Throughput

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah saya panjatkan kepada ALLAH SWT karena hanya dengan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan proposal penelitian ini yang berjudul “ANALISA PERBANDINGAN KUALITAS JARINGAN 4G LTE PADA *BANDWIDTH* 45 Mhz DAN 20 Mhz MENGGUNAKAN APLIKASI *G-NET TRACK LITE*”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat bagi mahasiswa Program Studi Teknik Elektro untuk dapat menyelesaikan studi Program Strata Satu (S1) pada Universitas Fajar Makassar.

Pada saat penyusunan proposal ini sangat banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini pula ijin saya untuk mengucapkan terima kasih serta penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT atas berkat dan rahmatnya yang tidak terputus kepada kami.
2. Ayah dan ibu serta keluarga besar yang senantiasa mendoakan agar kami selalu diberi kekuatan dan kesabaran.
3. Ibu Dr. Erniati ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.
4. Ibu Asmawaty Azis ST., MT selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Universitas Fajar Makassar
5. Ibu Kurniawan Harun Rasyid ST., MT selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Asmawaty Azis ST., MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan kesempatannya untuk membimbing hingga sampai tahap penyelesaian
6. Dosen-dosen Prodi Teknik Elektro Universitas Fajar Makassar
7. Kepada seluruh teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam laporan ini, terima kasih atas segala dorongan dan bantuannya selama penyusunan laporan hasil penelitian ini berjalan. Segala hal yang telah diberikan takh dapat dibalas dengan appa-apa tetapi biar Tuhan Yang Maha Esa akan memberikan berkat atas segala yang terlah diberikan.
8. Beserta semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Akhirnya, kepada Allah SWT jualah penulis kembalikan semua permasalahan yang berada diluar kemampuan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada kami atas usaha, perjuangan dan pengorbanan yang dilakukan.

Makassar, September 2021

Try Agusti

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	1
BAB I PENDAHULUAN	2
I.1. Latar Belakang.....	2
I.2. Rumusan Masalah	4
I.3. Tujuan Penelitian.....	4
I.4. Batasan Masalah.....	5
I.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
II.1. Landasan Teori	7
II.1.1. Evolusi Jaringan Telekomunikasi	7
II.1.2. Teknologi Telekomunikasi 4G.....	9
II.1.3. Arsitektur Jaringan 4G LTE.....	9
II.1.4. Kelebihan dan Kekurangan jaringan <i>4G LTE</i>	13
II.1.5. Parameter dan Kualitas Jaringan <i>4G LTE</i>	14
II.2. State of The Art	22
II.3. Kerangka Pemikiran	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28

III.1. Tahapan Penelitian	28
III.2. Rancangan Penelitian	29
III.3. Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	30
III.4. Alat dan Bahan Penelitian	30
III.5. Metode Pengumpulan Data	31
III.6. Metode dan Analisis Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
IV.1. Reference Signal Received Power (RSRP)	34
IV.2. Reference Signal Received Quality (RSRQ).....	42
IV.3. Troughput Uplink dan Downlink	50
IV.1.1. <i>Troughput Uplink</i>	51
IV.1.2. <i>Troughput Downlink</i>	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
V.1. Kesimpulan.....	64
V.1. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
PUSTAKA DARI SITUS INTERNET.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Standar Parameter Nilai RSRP Aplikasi G-Nettrack	19
Tabel II.2 Nilai Standar RSRQ Aplikasi G-nettrack.....	20
Tabel II.4 Nilai Parameter Troughput.....	21
Tabel II.5 Penelitian Terdahulu (State of The Art)	22
Tabel IV.1 Hasil pengukuran RSRP pada aplikasi G-NetTrack	36
Tabel IV.2 Hasil Pengukuran RSRQ pada aplikasi G-NetTrack Lite.....	44
Tabel IV.3 Hasil pengukuran troughput upload dengan aplikasi G-NetTrack	51
Tabel IV.4 Hasil pengukuran troughput download dengan aplikasi G-NetTrack	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Perkembangan Teknologi Jaringan.....	7
Gambar II.2 Arsitektur LTE.....	10
Gambar II.3 Arsitektur E-UTRAN	11
Gambar II.4 Komponen EPC	11
Gambar II.5 Tampilan Speedtest.....	15
Gambar II.6 Tampilan G-net Track Lite	17
Gambar II.7 User Equipment Menerima Ainyal Serving RSRP Dari Site	19
Gambar II.8 Kerangka Pemikiran	27
Gambar III.1 Tahapan Penelitian	28
Gambar III.2 Flowchart Rancangan Penelitian	29
Gambar IV.1 Rute dive test pada google maps.....	33
Gambar IV.2 Rute drive test pada google earth pro.....	33
Gambar IV.3 RSRP <i>Bandwidth</i> 45 Mhz	34
Gambar IV.4 RSRP Bandwidth 20 Mhz	35
Gambar IV.5 Grafik perbandingan parameter RSRP pada bandwidth 45 Mhz dan 20 Mhz	37
Gambar IV.6 RSRQ bandwidth 45 MHz	42
Gambar IV.7 RSRQ bandwidth 20 MHz.....	43
Gambar IV.8 Grafik perbandingan parameter RSRQ pada bandwidth 45 Mhz dan 20 Mhz	45
Gambar IV.9 <i>Troughput uplink</i> dan <i>downlink</i> pada bandwidth 45 Mhz.....	50
Gambar IV.10 <i>Troughput uplink</i> dan <i>downlink</i> pada bandwidth 20 Mhz.....	50
Gambar IV.11 Grafik perbandingan troughput uplink pada bandwidth 45 Mhz dan 20 Mhz	52
Gambar IV.12 Grafik perbandingan troughput downlink pada bandwidth 45 Mhz dan 20 Mhz.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Di Indonesia jaringan komunikasi mengalami perkembangan yang sangat pesat, sehingga menimbulkan persaingan bisnis antar provider. Maka dari itu provider di tuntut untuk memaksimalkan kualitas serta kuantitas yang lebih baik dengan memperhatikan beberapa hal yaitu seberapa luas cakupan (*coverage*) antena, ketersediaanya kapasitas dari suatu jaringan, tingkat keberhasilan dalam video streaming, dan kualitas sinyal dari layanan jaringan. *Provider* bekerja sama dengan *PT.Nexwave* yang merupakan penyedia layanan dan solusi rekayasa jaringan seperti merancang, membangun dan mengelolah jaringan telekomunikasi serta menyediakan rangkaian lengkap produk khusus dan solusi hemat biaya untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur jaringan *provider* tetap dan seluler di Asia-Pasifik, Jaringan telekomunikasi seluler yang sudah digunakan secara umum oleh masyarakat Indonesia sudah sampai di generasi keempat atau 4G LTE. *Long Term Evolution* atau *LTE* merupakan salah satu teknologi pada sistem komunikasi seluler Teknologi 4G LTE (Long Term Evolution) di anggap sebagai kandidat untuk memenuhi meningkatnya tuntutan bagi *provider*. Kualitas jaringan dapat diketahui dengan melakukan pengukuran kualitas jaringan 4G secara langsung (S Wahyuni, 2016). Dalam menggunakan suatu provider, masyarakat terkadang tidak begitu peduli apakah produk yang digunakan sesuai dengan lingkungan tempat mereka tinggal, sering kali masyarakat hanya melihat dari iklan karna layanan koneksi *provider* ini lebih stabil.

Nama LTE merupakan sebuah projek dari 3GPP (*Third generation Partnership Project*) yang dikembangkan sejak tahun 2004. Permintaan dari para pengguna akan kecepatan akses data dan kualitas service menjadi alasan 3GPPP mengembangkan teknologi 4G LTE. Teknologi *Long Term Evolution* dapat dipergunakan untuk mentrasfer data berkecepatan tinggi serta servis penyiaran multimedia. Tujuan dari LTE adalah untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan data nirkabel yang telah dikembangkan sebelumnya.

Sistem antarmuka nirkabel 4G-LTE ini berbeda dengan jaringan 3G dan 3.5G sehingga harus dioperasikan pada spektrum yang terpisah. Koneksi Internet dengan menggunakan teknologi 4G-LTE mampu mencapai kecepatan akses data untuk mengunduh (*download*) hingga 300 Mbps dan untuk mengunggah (*upload*) 75 Mbps. Teknologi 4G LTE memungkinkan *user* atau pengguna dapat mengakses internet dengan cepat. *Bandwidth* operasi pada LTE fleksibel yaitu *up to* 20 MHz, dan maksimal bekerja pada kisaran *bandwidth* bervariasi antara 1.4 – 20 MHz.

Kualitas layanan suatu jaringan seluler dikatakan baik apabila mencapai standar parameter KPI yang telah ditentukan. *Key Performance Indicator* merupakan indikator yang menjadi tolak ukur baik atau tidaknya kualitas suatu jaringan. Indikator atau standar pengukuran KPI pada jaringan 4G LTE meliputi, RSRP (*Reference Signal Received Power*), RSRQ (*Reference Signal Received Quality*), dan SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*). RSRP merupakan kuat sinyal LTE yang diterima oleh *user* dalam frekuensi tertentu. RSRQ adalah parameter atau *indicator* yang menentukan kualitas sinyal yang diterima oleh *user*. SINR adalah rasio perbandingan antara sinyal yang diterima dengan *noise* dan *interference* yang timbul pada sinyal utama. (S Wahyuni, 2016).

Namun, terkadang suatu jaringan seluler tidak sesuai standar KPI yang telah di tentukan. Hal ini yang mengakibatkan *Quality of Service* suatu jaringan tidak maksimal, juga di tandai dengan tingkat kepuasan suatu pelanggan akan menurun. Optimasi jaringan seluler sangat dibutuhkan untuk menganalisis dan meningkatkan kualitas layanan suatu jaringan seluler. Optimasi dilakukan dengan mengambil data parameter KPI suatu *BTS* atau *Base Transceiver Station* melalui *Drive Test*. Dimana *drive test* merupakan metode pengambilan data suatu jaringan seluler yang dilakukan di daerah jangkauan *Base Transceiver Station* dengan menggunakan *software* dan *hardware* yang dibutuhkan. Dengan dilakukannya *Drive Test*, maka perusahaan telekomunikasi akan mendapatkan data real yang ada di lapangan. Hal ini sangat dibutuhkan untuk mengetahui tercapainya standar KPI jaringan yang ada.

Pada Penelitian yang dilakukan oleh Sufianti Munirman “Analisis perbandingan jaringan 4G long term evolution *bandwidth* 10MHz dan 15Mhz dengan metode Global Frequency Retuning” memiliki kelebihan yaitu menggunakan lebih banyak parameter kualitas jaringan 4G LTE, namun kekurangannya yaitu tidak ada perbandingan kualitas jaringan dengan *provider* lain di wilayah tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh M. Andi Wahyu Fikrianto “*Network Benchmarking*” untuk Analisis kinerja jaringan *HSPA* di wilayah malang” melakukan perbandingan pada provider Telkomsel dengan 2 *bandwidth* yang berbeda pada wilayah bukit dan jakabaring.

Di daerah perkotaan tepatnya di daerah perintis kemerdekaan Makassar merupakan daerah yang padat penduduk dengan pemakaian jaringan yang cukup kuat, maka sangat cocok dilakukan penelitian perbandingan kualitas jaringan 4G untuk mempermudah *user* dalam memilih *provider* di daerah tersebut. Untuk itu yang akan dilakukan peneliti adalah analisa perbandingan kualitas jaringan 4G LTE dari dua *provider* di wilayah perintis kemerdekaan Makassar, Berdasarkan hal tersebut maka tugas akhir ini berjudul “**Analisa Perbandingan Kualitas Jaringan 4G LTE Pada *Bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz Menggunakan Aplikasi *G-Net Track Lite***”.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan pada latar belakang, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Perbandingan RSRP untuk *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz?
2. Bagaimana perbandingan RSRQ untuk *bandwidth* 45 MHz dan 20 MHz?
3. Bagaimana Perbandingan *Uplink* untuk *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz?
4. Bagaimana Perbandingan *Downlink* untuk *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz?

I.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Mengetahui Perbandingan Parameter RSRP pada *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz Pada Area Perintis Kemerdekaan.

2. Untuk Mengetahui Perbandingan Parameter RSRP pada *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz Pada Area Perintis Kemerdekaan.
3. Untuk Mengetahui Perbandingan Kecepatan *Uplink* Pada *bandwidth* 45 Mhz dan 20 MHz Di Area Perintis Kemerdekaan'
4. Untuk Mengetahui Perbandingan Kecepatan *Downlink* Pada *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz Di Area Perintis Kemerdekaan

I.4. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang meluas dalam penulisan tugas akhir ini, maka penulis membatasi hanya pada masalah:

1. Perbandingan Kualitas jaringan 4G pada frekuensi 1.800 MHz dengan *bandwidth* $2 \times 22,5$ MHz (45 Mhz) dan 2×10 MHz (20 Mhz.).
2. Pengambilan data dilakukan tiap 1 menit selama 15 menit berturut-turut pada jam tidak sibuk.
3. Perangkat lunak (*software*) yang digunakan adalah *software G-Nettrack lite*.
4. penelitian dilakukan di Area Perintis Kemerdekaan, dimulai dari depan pintu I Unhas sampai depan Jl. Telkomas.

I.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang ingin dicapai, maka penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat baik secara teoritis maupun secara praktis. Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Terhadap penulis untuk dapat mempelajari dan memahami perbandingan kualitas jaringan dengan *bandwidth* yang berbeda-beda.
 - b. Terhadap peneliti lain sebagai sumber pustaka atau sebagai referensi bagi pembaca yang berminat mengadakan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perbandingan kualitas jaringan dengan *bandwidth* yang berbeda pada suatu wilayah tertentu.
2. Manfaat Praktis
 - a. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi pertimbangan suatu perusahaan telekomunikasi demi kualitas jaringan yang lebih baik.

- b. Dengan adanya analisis ini diharapkan dapat meningkatkan layanan jaringan 4G demi kemudahan *user* untuk berinteraksi melalui dunia digital.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Landasan Teori

II.1.1. Evolusi Jaringan Telekomunikasi

Dengan semakin meningkatnya mobilitas masyarakat dalam beraktivitas dan kebutuhan akan layanan internet, maka layanan *mobile broadband* juga semakin berkembang. Berbagai teknologi seluler masih terus dikembangkan, mulai dari GSM/GPRS/EDGE (2G), UMTS/HSPA (3G) hingga teknologi LTE. LTE merupakan standar terbaru dalam teknologi seluler dibandingkan dengan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA. LTE adalah nama baru untuk layanan berkinerja tinggi dalam sistem radio seluler, yang merupakan langkah menuju teknologi radio generasi ke-4 (4G), yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan seluler (Sridhar, 2012)



Gambar II.1 Perkembangan Teknologi Jaringan
(Sumber: www.idntimes.com)

Pada gambar 2.1 terlihat bahwa LTE merupakan evolusi dari jaringan seluler, perkembangan jaringan seluler dimulai dari 1G, 2G, 3G, hingga 4G. berikut pembahasan lebih lanjutnya.

1. 1G

Generasi pertama dari teknologi seluler umumnya dikenal sebagai 1G. secara teknis, 1G bekerja dengan sistem analog yang disebut AMPS (*Advance Mobile Phone Service*), yang hanya memiliki kecepatan maksimum 2,4 Kbps. 1G hanya dapat digunakan untuk panggilan telepon. Ada tahun 1984,

PT.Telkom dan PT.Rajasa Hazanah Perkasa menyediakan layanan komunikasi seluler menggunakan teknologi NMT (*Nordic Mobile Telephone*) pada frekuensi 259 MHz (PT.Telkomsel, 2021).

2. 2G

Teknologi generasi kedua dikenal dengan nama 2G, mengimplementasikan teknologi GSM (*Global System for Mobile Communications*) berbasis teknologi TDMA (*Time Division Multiple Access*). Jika pada 1G hanya dapat melakukan panggilan telepon saja, maka pada 2G terdapat fitur baru yaitu SMS, MMS, dan panggilan suara yang jernih. 2G pun kemudian berevolusi menjadi 2,5G dengan GPRS (*Global Packet Radio Service*) dan 2,75G dengan EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*), di mana kecepatan maksimal mencapai 473 Kbps (PT.Telkomsel, 2021)

3. 3G

Jaringan 3G memiliki kemampuan untuk mengirimkan data dengan kecepatan rata-rata hingga 2 Mbps dan kecepatan maksimum hingga 14 Mbps selama 4 kali. Di generasi ini, *video streaming*, *video conferencing* bahkan *video call* bisa dilakukan. Pengguna di jaringan ini bahkan dapat menengarkan music, melakukan panggilan, mengirim pesan teks, dan mencari di Internet hanya menggunakan perangkat seluler mereka (Pratama, 2021)

4. 4G

Kebutuhan akan layanan internet dengan menggunakan jaringan 3G dinilai tidak cukup, maka dikembangkanlah teknologi 4G. teknologi 4G menggunakan standar LTE (*Long Term Evolution*) berbasis teknologi OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Kecepatan LTE mencapai 100 Mbps. Dari LTE kemudian dikembangkan lagi menjadi LTE-Advance yang kecepatannya mencapai 1 Gbps. Jaringan 4G memiliki kemampuan untuk *streaming video* dengan kualitas HD, *game online* tanpa *lag*, serta waktu *download* dan *upload* yang lebih singkat (PT.Telkomsel, 2021).

II.1.2. Teknologi Telekomunikasi 4G

Long Term Evolution (LTE) merupakan penamaan yang diberikan kepada suatu proyek dalam *The Third Generation Partnership Project* (3GPP) yang diciptakan untuk pengembangan layanan komunikasi, *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) untuk mengatasi kebutuhan data yang terus meningkat. Kecepatan data yang diberikan oleh jaringan LTE dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Jaringan LTE memiliki *coverage area* yang lebih besar dibandingkan dengan generasi sebelumnya. *Bandwidth* pada LTE fleksibel yaitu mencapai 20 Mhz, dan bekerja maksimal pada kisaran 1,4 – 20 Mhz (PT.Telkomsel, 2021).

3GPP RAN *working group* memulai membuat standarisasi LTE/EPC pada Desember 2004 dengan studi kelayakan terhadap evolusi UTRAN dan untuk semua EPC IP based. Dibulan Desember 2007 semua spesifikasi fungsional LTE telah diselesaikan. selain itu, spesifikasi fungsional EPC telah dapat menjadi tonggak utama dalam *interworking* antara 3GPP dan jaringan CDMA. Di tahun 2008, 3GPP *working group* terus meneliti untuk menyelesaikan semua protokol dan spesifikasi *performance* LTE, dan tugas tersebut dapat diselesaikan pada bulan Desember 2008 dan diakhiri dengan adanya 3GPP release 8 (Ghani, 2018).

LTE menggunakan *orthogonal Frequency Division Multiplexing* yang mentransmisikan data melalui banyak *operator spektrum radio* yang masing-masing sebesar 180 KHz. OFDM melakukan transmisi dengan cara membagi aliran data menjadi banyak aliran-aliran yang lebih lambat yang kemudian ditransmisikan secara serentak. Dengan menggunakan OFDM memperkecil kemungkinan terjadinya efek multipath (Consultant, 2014).

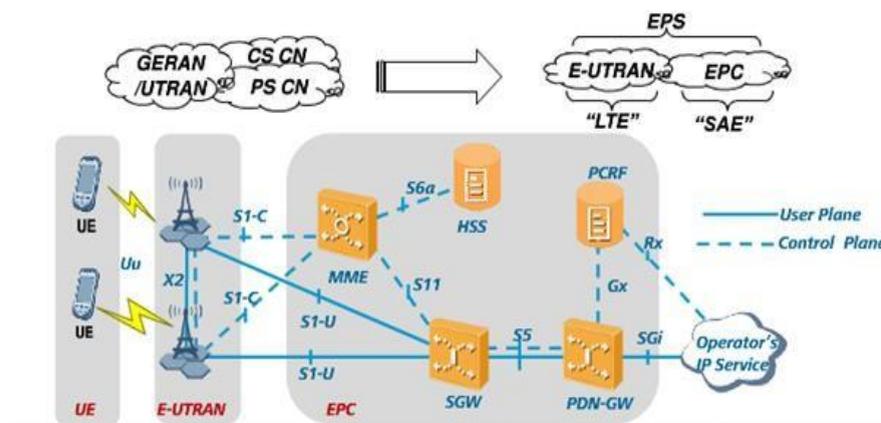
II.1.3. Arsitektur Jaringan 4G LTE

Fisheriswiki (2017), *LTE* adalah sebuah standar komunikasi akses data nirkabel/tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan *GSM/EDGE* dan *UMTS/HSPA*. Jaringan antarmukanya tidak cocok dengan jaringan *2G* dan *3G*. sehingga harus dioperasikan melalui spectrum nirkabel yang terpisah. *LTE 4G* juga diyakini mampu meningkatkan *utilisasi* teknologi yang telah ada sehingga

dapat menekan biaya yang dibutuhkan untuk penerapannya. Perubahan signifikan dibandingkan *standard* sebelumnya meliputi 3 hal utama, yaitu air *interface*, jaringan radio serta jaringan *cores* dimasa mendatang. Pengguna dijanjikan akan dapat melakukan *download* dan *apload video high definition* dan konten-konten media lainnya. Mengakses *e-mail* dengan *attachment* besar serta bergabung dalam video *converence* dimanapun dan kapanpun.

Arsitektur *LTE* terdiri atas dua bagian utama yakni *LTE* itu sendiri yang dikenal juga sebagai *E-UTRAN* dan *SAE (System Architecture Evolution)* yang merupakan jantung dari sistem *LTE* ysng dikenal juga sebagai *EPC (Evolved Packet Core)*.

Arsitektur *LTE* dikenal dengan suatu istilah *SAE (System Architecture Evolution)* yang menggambarkan suatu *evolusi* arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan *LTE* mengadopsi teknologi *EPS (Evolved Packet System)*. Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu *UE (User Equipment)*, *E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network)*, dan *EPC (Evolved Packet Core)* (Andi chaerunisa utami putri d.k.k,2017)

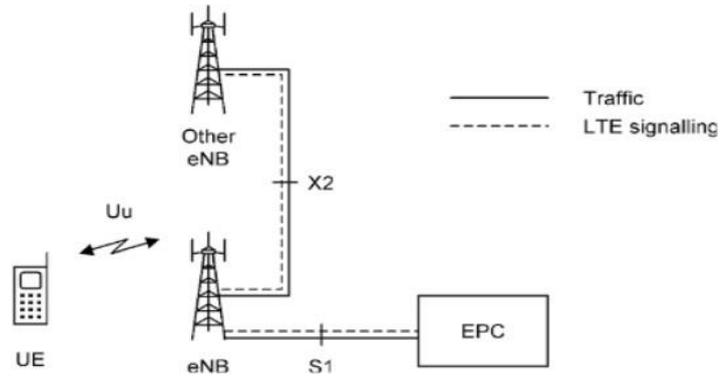


Gambar II.2 Arsitektur LTE

Sunber: Ulfah M, 2017

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

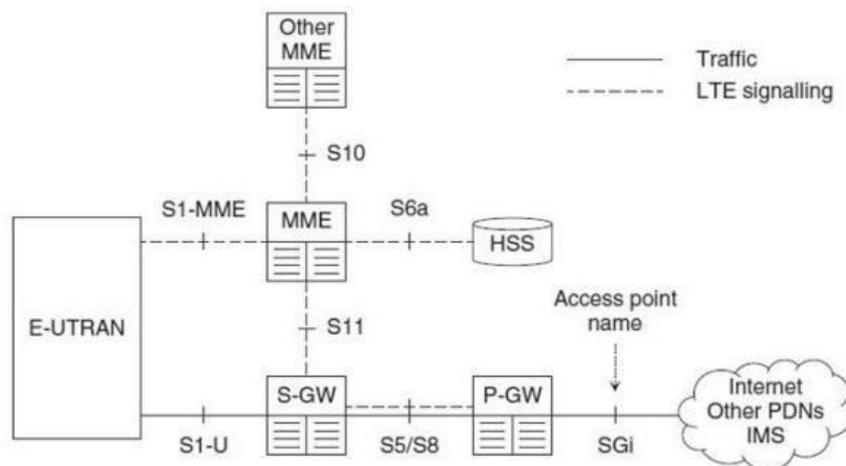
a. E-UTRAN



Gambar II.3 Arsitektur E-UTRAN
Sumber: neliti.com

Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network atau *E-UTRAN* adalah sistem arsitektur *LTE* yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari *UE* ke jaringan *core*. Berbeda dari teknologi sebelumnya yang memisahkan *Node B* dan *RNC* menjadi elemen tersendiri, pada sistem *LTE* *E-UTRAN* hanya terdapat satu komponen yakni *Evolved Node B (eNode B)* yang telah menggabungkan fungsi keduanya. eNode B secara fisik adalah suatu base station yang terletak dipermukaan bumi (*BTS Greenfield*) atau ditempatkan diatas 11etika-gedung (*BTS roof top*).

b. Evolved Packet Core (EPC)



Gambar II.4 Komponen EPC
(Sumber: bacamedia.com)

EPC adalah sebuah system yang baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler, sebuah system dimana pada bagian *core network*

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

1. *Mobility Management Entity*

MME merupakan elemen control utama yang terdapat pada *EPC*. Biasanya pelayanan *MME* pada lokasi keamanan operator. Pengoperasiannya hanya pada control plane dan tidak meliputi data *user plane*. Fungsi utama *MME* pada arsitektur jaringan *LTE* adalah sebagai *authentication dan security, mobility management*,

2. *Home subscription Service (HSS)*

HSS merupakan tempat penyimpanan data pelanggan untuk semua data permanen *user*. *HSS* juga menyimpan lokasi *user* pada level yang dikunjungi *node* pengontrol jaringan. Seperti *MME*, *HSS* adalah *server database* yang dipelihara secara terpusat pada *premises homeoperator*.

3. *Serving Gateway (s-GW)*

Pada arsitektur jaringan *LTE*, level fungsi tertinggi *S-GW* adalah jembatan antara manajemen dan *switching user plane*. *S-GW* merupakan bagian dari infrastruktur jaringan sebagai pusat operasioanal dan maintenance. Peranan *S-GW* sangat sedikit pada fungsi pengontrolan. Hanya bertanggungjawab pada sumbernya sendiri dan mengalokasikannya berdasarkan permintaan *MME*, *P-GW*, atau *PCRF*, yang memerlukan *set-up*, modifikasi atau penjelasan pada *UE*.

4. *Packet Data Network Gateway (PDN-GW)*

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

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

PCRF merupakan bagian dari arsitektur jaringan yang mengumpulkan informasi dari dan ke jaringan, sistem pendukung operasional, dan sumber lainnya seperti portal secara *real time*, yang mendukung pembentukan aturan dan kemudian secara otomatis membuat keputusan kebijakan untuk setiap pelanggan aktif di jaringan. Jaringan seperti ini mungkin menawarkan beberapa layanan, kualitas layanan (*Quality of services*), dan aturan pengisian. *PCRF* dapat menyediakan jaringan solusi *wireline* dan *wireless* dan juga dapat mengaktifkan pendekatan multidimensi yang membantu dalam menciptakan hal yang menguntungkan dan platform inovatif untuk *operator*. *PCRF* juga dapat diintegrasikan dengan *platform* yang berbeda seperti penagihan, rating, pengisian, dan basis pelanggan atau juga dapat digunakan sebagai entitas mandiri (denny Setiawan, 2010)

II.1.4. Kelebihan dan Kekurangan jaringan 4G LTE

Fauzan adhima & Apandi Jaya (2017). *LTE* juga secara dramatis menambah kemampuan jaringan untuk mengoperasikan fitur *multimedia broadcast multicast service (MBMS)*, bagian dari *3gpp release 6*, dimana kemampuan yang ditawarkan dapat sebanding dengan *DVB-H DAN WiMAX*. *LTE* dapat beroperasi pada salah satu pita spectrum seluler yang telah dialokasikan yang termasuk dalam *standard IMT-2000 (450, 850,900, 1800, 1900, 2100 MHz)* maupun pada pita spectrum yang baru seperti 700 MHz dan 2,5 GHz.

Beberapa Kelebihan lainnya dari LTE 4G ialah:

1. Tingkat *download* sampai 300 Mbps/s dan tingkat *upload* hingga 75 Mbps/s Tergantung pada kategori perangkat yang digunakan.
2. LTE menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* yang mentransmisikan data melalui banyak operator *spectrum radio* yang masing-masing 180kHz.
3. Peningkatan dukungan untuk mobiltas sebagai contoh dukungan untuk terminal bergerak hingga 350km/jam atau 500 km/jam tergantung pita frekuensi.
4. Dukungan untuk semua gelombang frekuensi yang saat ini digunakan oleh *system IMT* dan *ITU-P*.
5. Didaerah kota dan perkotaan, *frekuensi band* yang lebih tinggi (seperti 2.6 GHz di Uni Eropa) digunakan untuk mendukung kecepatan tinggi *mobile broadband*.
6. Dukungan untuk *MBSFN (Multicast Broadcast single Frequency Network)*. Fitur ini dapat memberikan layanan seperti *mobile TV* menggunakan *infastruktur LTE* dan Merupakan pesaing untuk layanan *DVB-H* berbasis siaran TV.

Beberapa Kekurangan dari LTE 4G ialah:

1. Biaya untuk infastruktur jaringan baru *relative* mahal
2. Jaringan harus diperbaharui, maka peralatan baru harus diinstal
3. LTE menggunakan *MIMO (multiple input Multiple output)*, ternyata memerlukan *antenna* tambahan pada pancaran jaringan untuk transmisi data
4. Sebagai akibatnya jika terjadi penambahan jaringan maka pengguna perlu membeli *mobile device* baru agar dapat menikmati jaringan yang mendukung teknologi LTE.

II.1.5. Parameter dan Kualitas Jaringan 4G LTE

1. Metode Pengukuran Kualitas Jaringan 4G LTE

Metode yang digunakan untuk mengetahui kualitas suatu jaringan yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. *Speedtest*

Speedtest, aplikasi dari *Ookla* digunakan untuk mengetahui kecepatan koneksi internet melalui *smartphone android*. Di manaterdapat informasi kecepatan *download*, kecepatan informasi *upload*, dan ping rate. UI yang dihadirkan aplikasi ini juga terbilang simple sehingga memungkinkan siapapun untuk bias menggunakannya secara mudah. Selain itu, terdapat detail ekstra seperti nama jaringan yang terhubung hingga waktu pengetesan dilakukan. Fauzan adhima & Apandi Jaya (2017). Adapun cara mengukur dari aplikasi speedtest yaitu:

- a.) Membuka aplikasi *speedtest*
- b.) Pilih *server* wilayah mana yang akan kita *test*
- c.) Tekan “bagian *test*”
- d.) Biarkan aplikasi tersebut menentukan sendiri server terbaik untuk melakukan ujicoba pengukuran kecepatan *internet*

Dengan aplikasi *Speedtest* 15etika15sa melakukan beberapa hal diantaranya:

- a) Menguji *ping*
- b) Mengukur kecepatan *download*
- c) Mengukur kecepatan *upload*
- d) Menemukan data kecepatan sebelumnya
- e) Menemukan masalah koneksi internet yang kita pakai



Gambar II.5 Tampilan *Speedtest*
(Sumber: androidauthority)

b. *G-NET TRACK LITE*

G-NetTrack Lite adalah aplikasi untuk memonitor jaringan dan *walk test* pada perangkat yang beroperasi *OS Android*. Pengukuran juga bisa dilakukan pada lokasi *indoor* dan *outdoor*. Informasi yang bisa didapatkan dengan menggunakan software *G-NetTrack Lite* adalah *RxLevel*, *RxQual*, *MCC*, *MNC*, *CI*, *LAC*, *Time*, *Langitude*, *Latitude*, *Upload*, *Download*, tipe jaringan yang digunakan, maupun operator yang di-gunakan. Software *G-NetTrack Lite* memiliki kelemahan yaitu tidak memiliki fitur penguncian *Cell ID*. Hal itu menyebabkan sedikitnya data yang bisa dibandingkan, karena data yang bisa dibandingkan hanya yang memiliki *Cell ID* yang sama. Hal itu menyebabkan sedikitnya data yang bisa dibandingkan, karena data yang bisa dibandingkan hanya yang memiliki *Cell ID* yang sama. Hasil perbandingan *walk test* parameter *RxQual* dapat disimpulkan bahwa dari 5 antena yang diukur sebagian besar nilai *RxQual*nya 0, hanya beberapa titik saja yang bernilai 1.

Hal ini memungkinkan pemantau dan penebangan parameter jaringan seluler tanpa menggunakan peralatan khusus (Fauzan adhima & Apandi Jaya, 2017).

Adapun cara mengukur dari aplikasi *G-Net Track Lite* yaitu:

- Mengukur parameter jaringan nirkabel
- Penerbangan nilai terukur dalam file teks
- Menampilka nilai terukur pada tampilan peta

- Menampilkan *base station* dan melayani garis pada tampilan peta



Gambar II.6 Tampilan G-net Track Lite
(Sumber: apkpure.com)

c. KPI (*Key Performance Indicator*)

Key Performance Indicator) adalah parameter-parameter yang menjadi indicator bagus atau tidaknya performansi dari suatu jaringan GSM. Parameter yang umum menjadi indicator yang penting dalam KPI ini meliputi parameter Event (RSRP, CSSR, Throughput) dan parameter radio (RxLevel, RX Quall, SQI dan Timing Advance) dengan demikian provider jaringan perlu memperhatikan parameter-parameter ini yang ada. Apabila terjadi kelalaian maka akan menyebabkan turunnya kualitas pelayanan terhadap masyarakat yang dapat memberikan dampak buruk terhadap keuntungan bagi penyedia layanan komunikasi.

d. *Drive Test*

Drive test adalah suatu pekerjaan yang bertujuan untuk mengumpulkan data dari hasil pengukuran kualitas sinyal suatu jaringan. *Drive test* merupakan bagian dari proses optimasi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas suatu jaringan dan mengembangkan kapasitas jaringan. Dalam dunia telekomunikasi, *drive test* adalah suatu istilah yang digunakan dalam pekerjaan pada saat berada dalam mobil yang diam lalu berjalan kemudian diam lagi sesuai dengan kebutuhan pengukuran tertentu. *Drive test* dilakukan dengan menggunakan sebuah kendaraan dengan kecepatan rendah yang didalamnya telah dipasang

perlengkapan seperti peta digital, *GPS*, *handset* dan *software* seperti *Nemo Outdoor* (Wahyu pramanda, P. P, Sudiata, p.k & indra ER, N, 2016)

Drive test digunakan untuk outdoor (luar ruangan) karena dilakukan dengan berkendara (*drive*) mobil ataupun motor. *Walk test* dilakukan untuk *indoor* (dalam ruangan) karena dilakukan dengan berjalan (*walk*). Istilah *drive test* lebih sering digunakan dari pada *walk test*. *Drive test* dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil data pengukuran yang real di lapangan. Informasi yang dikumpulkan merupakan kondisi *18etika Radio Frequency (RF)* di suatu *Base Transceiver Station (BTS)*.

2. Parameter Jaringan 4G LTE

Adapun parameter pada jaringan 4G LTE adalah sebagai berikut:

a. *PCI (Physical Cell Id)*

PCI merupakan kode identitas fisik tiap *cell*. Setiap *cell* akan melakukan *broadcast* informasi mengenai *cell id* yang dimilikinya agar *user* 25 mengetahui site tersebut. Fauzan adhima & Apandi Jaya (2017). *PCI* memiliki beberapa aturan dalam perancangannya yaitu:

- a) Kode *PCI* tiap *cell* dalam suatu area harus unik, karena kondisi terjadi 18etika dua site tetangga memiliki kode *PCI* yang berbeda atau tidak sama.
- b) Sebuah kode *PCI* tidak boleh sama atau berdekatan diantara dua *site* atau lebih.
- c) Jika kode *PCI* sama antara *site* yang berdekatan, maka dapat mengakibatkan *handover* (terjadi pada saat perpindahan *servicing cell*).

b. *RSRP (Reference Signal Received Power)*

Merupakan sinyal LTE *power* yang diterima oleh *user* dalam frekuensi tertentu. Semakin jauh jarak antara *site* dan *user*, maka semakin kecil pula *RSRP* yang diterima oleh *user*. *RS* merupakan *Reference Signal* atau *RSRP* di tiap titik jangkauan *coverage*. *User*

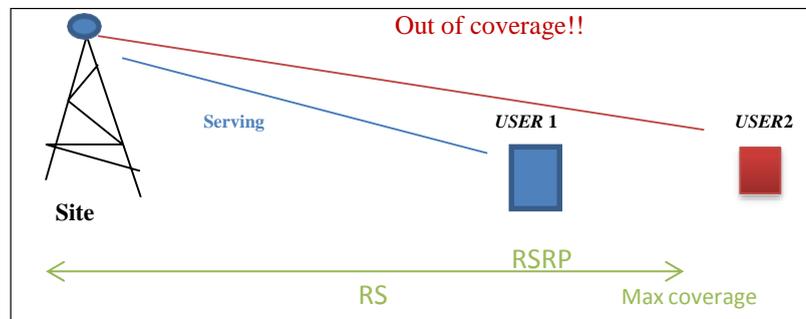
yang berada di luar jangkauan maka tidak akan mendapatkan layanan LTE (Efriyendro, 2017).

Range KPI untuk RSRP: - 45 s/d -144 dBm, ketentuan baik atau buruk nilai RSRP, dapat kita lihat pada Tabel di bawah ini

Tabel II.1 Standar Parameter Nilai RSRP Aplikasi G-Nettrack

Warna	Nilai dBm	Keterangan
	≤ -60	<i>Luar Biasa</i>
	-60 s/d -70	<i>Sangat Baik</i>
	-70 s/d -80	<i>baik</i>
	-80 s/d -90	<i>Normal</i>
	-90 s/d -110	<i>Buruk</i>
	-110 s/d -120	<i>Sangat buruk</i>

(Sumber: www.gyokovsolution.com)



Gambar II.7 User Equipment Menerima Ainyal Serving RSRP Dari Site.

(Sumber: kemendikbud.go.id)

Pada gambar II.5 diatas *service* dari suatu *site* yang biasa dianalogikan dengan *refrence* signal, semakin dekat *user* dengan *serving site*, semakin baik kuat sinyal yang diterima. Tetapi, saat *user* menjauh dari *coverage serving site* semakin buruk kuat sinyal yang akan diterima.

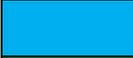
c. RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

RSRQ merupakan parameter yang menentukan kualitas sinyal yang diterima. *RSRQ* adalah rasio antara *RSRP* dan *RSSI*. *RSRQ* dapat dirumuskan sebagai berikut (Suhermawan, dkk, 2017):

Range KPI untuk RSRQ: -3 s/d -20 Db. Ketentuan baik atau buruk

nilai RSRQ dapat di lihat pada Tabel II.3

Tabel II.2 Nilai Standar RSRQ Aplikasi G-nettrack

Warna	Nilai dBm	Keterangan
	≥ 2	<i>Luar Biasa</i>
	2 s/d -1	<i>Sangat Baik</i>
	-1 s/d -7	<i>baik</i>
	-7 s/d -10	<i>Normal</i>
	-10 s/d -14	<i>Buruk</i>
	-14 s/d -20	<i>Sangat buruk</i>

(sumber: www.gyokovsolution.com)

d. *Downlink dan Uplink Troughput*

Frekuensi yang digunakan untuk semua transmisi dari *Base Station* (BS) ke *Mobile Station* (MS) dikenal sebagai frekuensi *downlink*. Sedangkan yang dimaksud dengan *downlink troughput* adalah Kecepatan transmisi arah dari BS ke MS. Sebaliknya frekuensi yang digunakan untuk semua transmisi dari *Mobile Station* (MS) ke *Base Station* (BS) dikenal sebagai frekuensi *uplink*, dan kecepatan transmisi arah dari MS ke BS disebut *uplink troughput* (Efriyendro, 2017).

Frekuensi radio yang digunakan di Indonesia terbagi menjadi 450 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1.800 MHz, 2.100 MHz, dan 2.300 MHz. hamper semua operator menggunakan lebih dari satu frekuensi untuk layanannya.

Telkomsel memiliki pita frekuensi terpanjang di Indonesia. Operator seluler pelat merah itu memiliki total kapasitas frekuensi 105 MHz. Rincian alokasi pita frekuensi Telkomsel adalah sebagai berikut: Frekuensi 850 MHz dengan lebar pita 7,5 MHz, Frekuensi 900 MHz dengan lebar pita 2 x 7,5 (15) MHz, Frekuensi 1,8 GHz dengan lebar pita 2x22,5 (45) MHz, Frekuensi 2,1 GHz dengan lebar pita 2x15 (30) MHz, Frekuensi 2,3 GHz dengan lebar pita 50 MHz.

Hutchison 3 (Tri) Indonesia memiliki total alokasi pita frekuensi sebesar 50 MHz. Adapun rincian pita frekuensi Tri adalah sebagai

berikut: Frekuensi 1,8 GHz dengan lebar pita 2x10 (20) MHz,
Frekuensi 2,1 GHz dengan lebar pita 2x15 (30) MHz.

Untuk nilai *throughput download* dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel II.3 Nilai Parameter *Throughput*

Warna	Nilai <i>Throughput</i> (Kbps)	Keterangan
	>14.000	Sangat Baik
	7.000 s/d 14.000	Baik
	1.000 s/d 7.000	Lemah
	512 s/d 1.000	Sangat lemah
	< 512	Buruk

(sumber: Sri Yunita, 2019)

II.2. State of The Art

Tabel II.4 Penelitian Terdahulu (*State of The Art*)

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Metode	Hasil Penelitian
Fauzan Adhima, Arpandi Jaya.	Analisis perbandingan Jaringan 3D dan 4G Pada Provider XL di kota Makassar	2017	Menggunakan aplikasi G-NET TRACK LITE dan SPEEDTEST.	Penelitian dilakukan pada sebuah BTS untuk mengetahui berapa kecepatan yang dihasilkan jaringan 3G dan 4G serta jarak tempuh yang dihasilkan pada sebuah sektor BTS pada provider XL. Telah diketahui kekurangan jaringan 3G pada provider XL yaitu masih terbatasnya jangkauan sinyal, sehingga tidak semua di Kota Makassar bisa menggunakan jaringan 3G karena frekuensi dari jaringan 3G masih berada pada 2100 MHz. Adapun <i>bandwidth</i> dari jaringan 4G yaitu 70 Mbps, sedangkan

				untuk 3G mempunyai <i>bandwidth</i> 42 Mbps.
Depris Arnaldo, SudiantoLande, Nicolaus Allu	Analisis dan Cakupan Kualitas sinyal 4G <i>LTE Telkomsel</i> pada area <i>Mall makassar Town Square</i>	2019	Dilakukan dengan mengukur parameter RSRP, RSRQ, SNR dan <i>throughput</i> menggunakan aplikasi G-Net Teck dan <i>SpeedTest</i> dengan <i>walktest</i> .	Berdasarkan hasil analisis pengukuran parameter RSRP didapatkan persentasi total data yang memenuhi target KPI yaitu 100% pada kondisi normal dan 95,49% pada kondisi sibuk. Untuk parameter RSRQ sebesar 92,76% pada kondisi normal dan 90,99% pada kondisi sibuk. Untuk parameter SNR sebesar 82,23% pada kondisi normal dan 88,39% pada kondisi sibuk. Untuk nilai rata-rata titik pengukuran <i>downlink</i> <i>throughput</i> , jumlah titik yang memenuhi standar layanan yaitu sebanyak 10 titik pada kondisi normal dan 8 titik pada

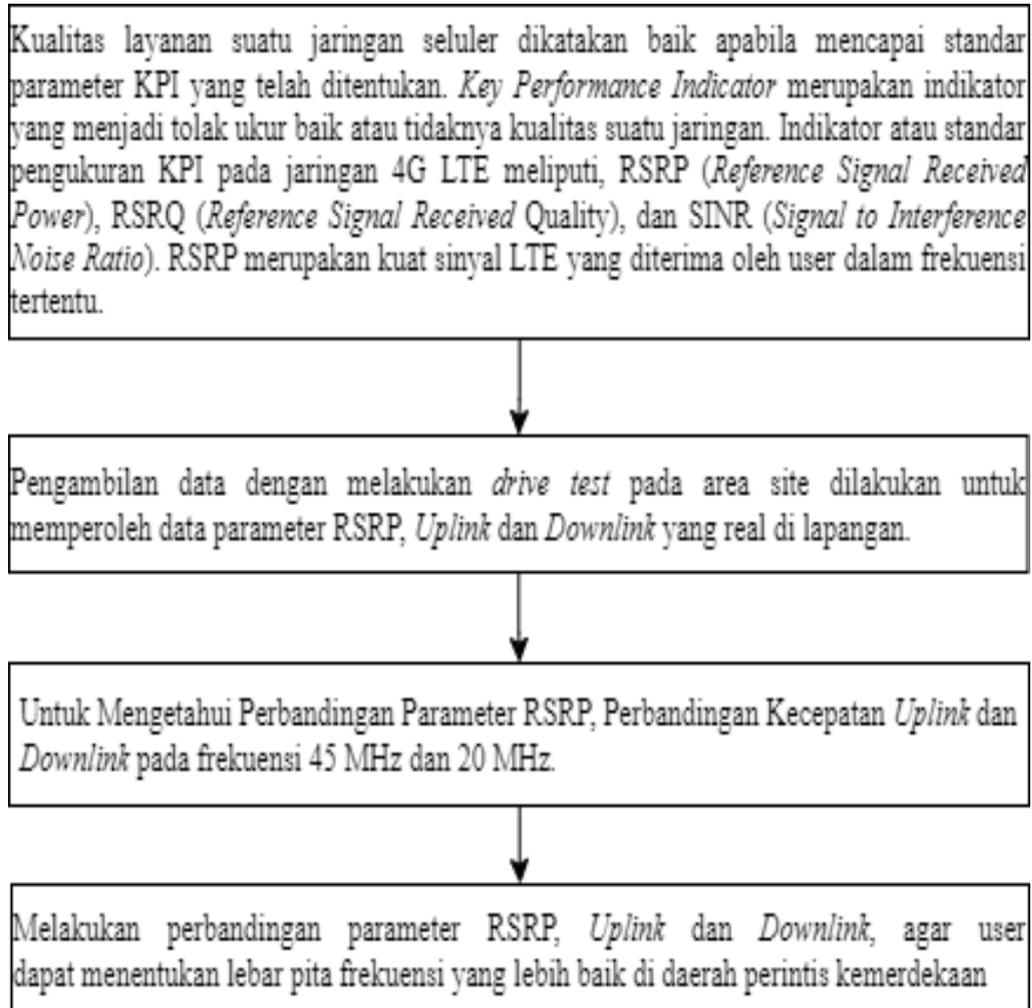
				kondisi sibuk. Untuk nilai rata-rata titik pengukuran <i>uplink</i> throughput, jumlah titik yang memenuhi standar layanan yaitu sebanyak 19 titik pada kondisi normal dan 16 titik pada kondisi sibuk.
Azimi Bursandy, Ibnu Ziad, Suroso	Analisis Perbandingan Jaringan 4G Long Term Evolution Bandwith 10MHz dan 15MHZ Dengan Metode Global Frequency Retunning	2017	Dilakukanlah penelitian terhadap performansi bandwith 10MHz dan 15MHz.	Untuk wilayah Bukit & Jakabaring didapatkan hasil yaitu RSRP sebesar 100% untuk $\geq (-100)$ dBm, SINR pada wilayah Bukit 94.34% >0 dBm, dan wilayah Jakabaring 70.27% dan <i>throughput</i> pada wilayah Bukit 72.57% ≥ 2 Mbps dan di Jakabaring 48.28%.
Muhammad Yafiz, Ipan Suandi, Rachmawati	Analisis Perbandingan Jaringan 4G LTE Antara Provider Smartfren dan Indosat	2020	Mengukur parameter sinyal 4G LTE seperti RSRP, RSSI, RSRQ, dan SNR. Parameter tersebut diukur	Pada provider Smartfren, nilai range terbaik berada pada wilayah Uteun Bayi dengan nilai RSRP -64 dBm, RSSI -63 dBm,

	Ooredoo di Wilayah kota Lhokseumawe		dengan menggunakan aplikasi G-Net Track Pro dengan menggunakan metode drive test	RSRQ -7 dB, dan SNR 25 dB, sedangkan nilai terburuk pada wilayah Kampung Kota dengan nilai RSRP -108 dBm, RSSI -67 dBm, RSRQ -11 dB dan SNR 8,6 dB. Nilai terbaik pada provider Indosat Ooredoo berada pada wilayah Uteun Bayi dengan nilai RSRP -78 dBm, RSSI -66 dBm, RSRQ -8 dB, dan SNR 20,4 dB, sedangkan nilai terburuk pada wilayah Kampung Jawa Baru dengan nilai range RSRP -104 dBm, RSSI -73 dBm, RSRQ -14 dB, dan SNR 2,8 dB. Setelah dilakukan pengolahan dan analisa data dapat dinyatakan bahwa
--	-------------------------------------	--	--	--

				kuat jaringan 4G-LTE pada provider Smartfren lebih baik dibandingkan kinerja pada provider Indosat Ooredoo.
--	--	--	--	---

II.3. Kerangka Pemikiran

Adapun tahapan – tahapan dalam melakukan penelitian ini akan dituangkan dalam bentuk kerangka pemikiran sebagai berikut:



Gambar II.8 Kerangka Pemikiran

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Tahapan Penelitian

Dalam bab ini akan dijelaskan terkait tahapan – tahapan yang akan dilakukan dalam proses penelitian, mulai dari studi literatur, pengumpulan data di lapangan, analisis data, penyelesaian masalah dan pembuatan laporan, Secara garis besar berikut merupakan tahapan penelitian yang digambarkan melalui bagan di bawah ini:



Gambar III.1 Tahapan Penelitian

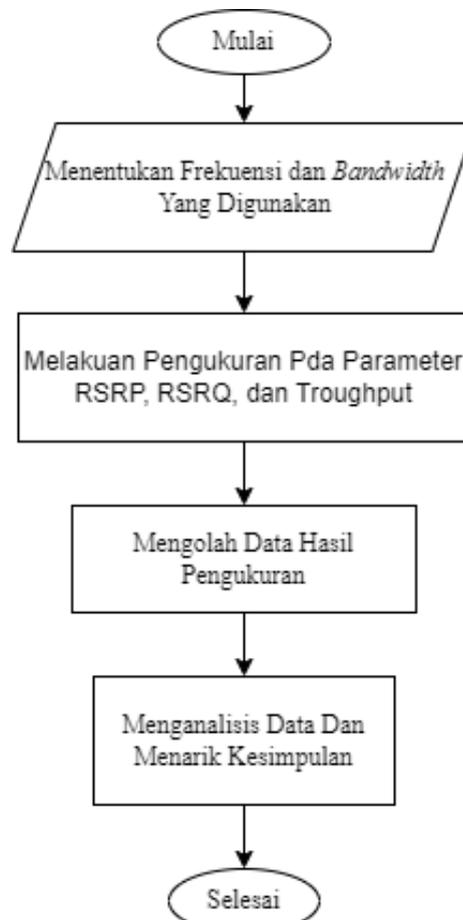
Gambar III.1 merupakan gambar tahapan penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini, yaitu meliputi:

1. Langkah pertama pada tahapan penelitian ini adalah melakukan studi literatur dengan mencari referensi atau mengumpulkan informasi dari jurnal nasional maupun internasional, buku, maupun skripsi terkait dengan topik yang diangkat pada penelitian ini.

2. Setelah informasi terkumpul, selanjutnya dilakukan penentuan lokasi area pengambilan data.
3. setelah lokasi ditentukan, maka akan dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode *drive test* menggunakan aplikasi G-NetTrack pada parameter RSRP dan *throughput* pada *bandwidth* 45 MHz da 20 MHz.
4. Selanjutnya dilakuan analisa data pada data yang di dapatkan dengan membandingkan hasil pengukuran pada *bandwidth* 45 MHz dan 20 MHz.
5. Langkah terakhir adalah menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

III.2. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian pada tugas akhir dimulai dengan *studi literature* dan pengumpulan data hingga pembuatan laporan hasil. Alur rancangan penelitian akan disajikan dalam *flowchart* berikut ini:



Gambar III.2 *Flowchart* Rancangan Penelitian

Langkah penelitian yang akan dilakukan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Setelah menentukan lokasi, Langkah pertama yaitu menentukan frekuensi yang akan di gunakan.
2. Langkah selanjutnya, setelah menentukan provider maka akan dilakukan pengambilan data hasil test perbandingan melalui *G-Net Track lite*.
3. Apabila telah dilakukan perbandingan kecepatan jaringan, maka akan muncul data. Dan apabila data perbandingan yang muncul tidak sesuai, maka peneliti akan kembali mengulang hasil perbandingan tersebut.
4. Setelah hasil pengukuran dan hasil perbandingan telah selesai, dan data tersebut telah tersimpan. Maka akan dilakukan analisa hasil yang telah di dapatkan.
5. Setelah semua hasil berjalan dengan lancar, Maka akan dilakukan analisa terakhir agar penulis dapat mengambil kesimpulan dari hasil pengukuran jaringan.

III.3. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pada daerah perintis kemerdekaan Makassar. Penelitian ini berbantuan pengukuran dengan menggunakan aplikasi *G-Net Track Lite* dan *Speedtest*

a. Lokasi pengukuran

Penelitian dilakukan di Daerah perintis kemerdekaan, daerah ini digunakan karena termasuk jalan utama kota Makassar.

b. Waktu Penelitian

Kegiatan ini dilaksanakan diwilayah kota Makassar. Dan akan dimulai pada bulan Mei - September 2022

III.4. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Handphone dengan spesifikasi Android One 8.1, RAM 4GB, CPU Octa-Core (4×2,3 GHz cortex-A53 dan 4×1,8 GHz Cortex-A53)

- b. Perangkat lunak G-Nettrack yang terinstal di dalam handphone yang berfungsi untuk memonitor dan mengukur performansi jaringan *RSRP*, *RSRQ* dan SNR pada jaringan telekomunikasi.
- c. Aplikasi Speedtest untuk mengukur *throughput* jaringan 4G.

III.5. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini meliputi pencarian sumber literatur serta melakukan pengumpulan data Analisa data mengenai parameter kualitas layanan suatu jaringan seluler. Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

III.5.1. Data Primer

Data primer dalam penelitian ini meliputi data-data dari *site* yang di dapatkan dari aplikasi *G-net track* dan *Speedtest*. Adapun data hasil *drive test* seperti kualitas *RSRP*, *Download* dan *Upload* merupakan data primer pada penelitian ini, yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi jaringan secara *real* di lapangan, data yang didapatkan.

III.5.2 Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari sumber literatur yang ada seperti jurnal, buku, skripsi, dan sebagainya yang membahas mengenai perbandingan kualitas jaringan.

III.6. Metode dan Analisis Data

Metode analisis data yang di gunakan pada peniitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis Hasil *Drive test* parameter *RSRP* jaringan 4G LTE

Analisis parameter *RSRP* di lakukan menggunakan *software G-Net Track Lite*. Nilai *RSRP* dikatakan *Excellent* menurut standard KPI jika berada di kisaran -80. semakin besar nilai suatu *RSRP* maka kualitas sinyal akan semakin bagus

2. Menganalisis parameter *uplink* hasil drive test jaringan 4G LTE

Analisis parameter *uplink* hasil drive test jaringan 4G LTE di lakukan menggunakan *software Speedtest*. sesuai dengan standard nilai kisaran

uplink dikatakan *Excellent* jika berada di nilai 5.000 sampai dengan 10.000 Kbps dan sangat buruk jika berada di nilai 0 sampai 128 Kbps, jadi semakin besar nilai *uplink* maka kualitas layanan suatu jaringan 4 LTE akan semakin bagus.

3. Menganalisis parameter *downlink* hasil drive test jaringan 4G LTE

Analisis parameter *uplink* hasil drive test jaringan 4G LTE di lakukan menggunakan software *Speedtest*. sesuai dengan standard nilai kisaran *uplink* dikatakan *Excellent* jika berada di nilai 5.000 sampai dengan 10.000 Kbps dan sangat buruk jika berada di nilai 0 sampai 128 Kbps, jadi semakin besar nilai *uplink* maka kualitas layanan suatu jaringan 4 LTE akan semakin bagus.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran jaringan 4G LTE di frekuensi 45 MHz dan 20 MHz ini dilakukan dengan metode *drive test outdoor* di area sepanjang jalan perintis Kemerdekaan Makassar, dengan titik awal di depan pintu I Unhas sampai Telkomas. Parameter yang diukur adalah RSRP, *downlink* dan *Uplink*.



Gambar IV.1 Rute *drive test* pada google maps

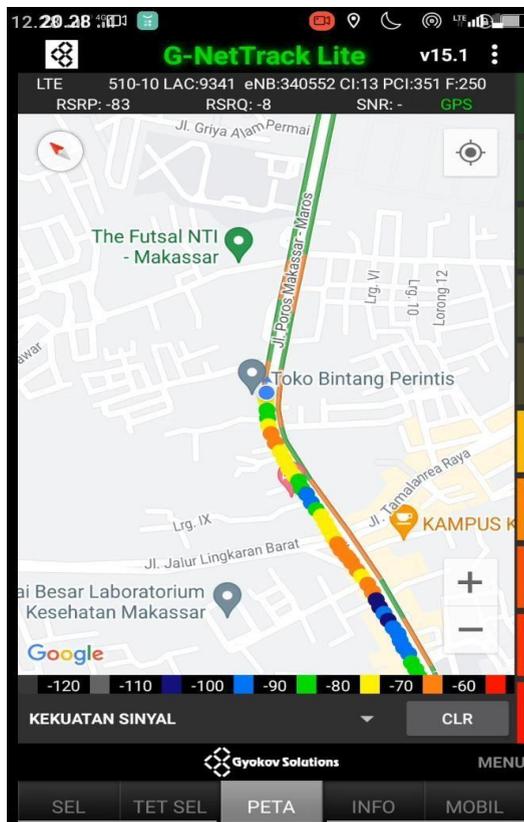


Gambar IV.2 Rute *drive test* pada google earth pro

Dari gambar IV.1 dan IV.2 dapat diketahui bahwa area Jl. Perintis Kemerdekaan merupakan area sibuk dan termasuk kawasan padat penduduk.

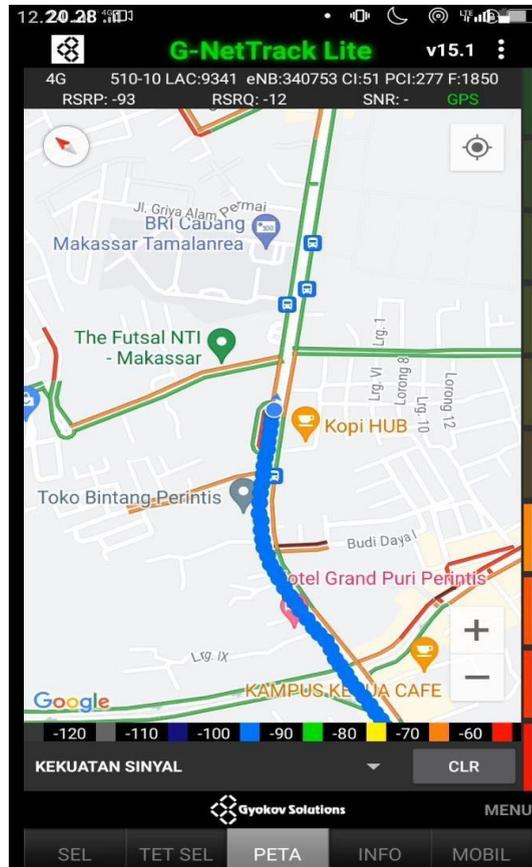
IV.1. Reference Signal Received Power (RSRP)

Gambar IV.3 di bawah ini menunjukkan tampilan G-NetTrack pada saat dilakukan pengukuran RSRP dengan *bandwidth* 45 Mhz, data ini di dapatkan dari $2 \times 22,5\text{MHz}$. Adapun rute yang dilewati adalah dari depan pintu I Unhas sampai depan Jl. Telkomas.



Gambar IV.3 RSRP *Bandwidth* 45 Mhz

Gambar IV.4 di bawah ini menunjukkan tampilan G-NetTrack pada saat dilakukan pengukuran RSRP dengan *bandwidth* 20 Mhz, data ini di dapatkan dari $2 \times 10 \text{MHz}$. Adapun rute yang dilewati dapat dilihat pada gambar berikut ini.

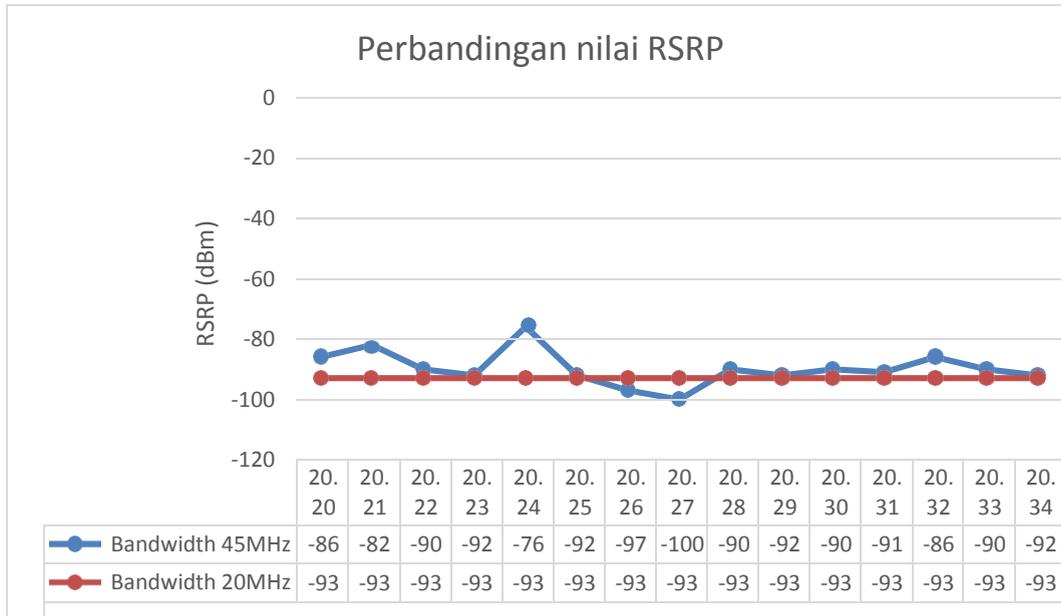


Gambar IV.4 RSRP *Bandwidth* 20 Mhz

Tabel IV.1 Hasil pengukuran RSRP pada aplikasi G-NetTrack

No	<i>Bandwidth 45 Mhz</i> (dBm)	<i>Bandwidth 20 Mhz</i> (dBm)	Waktu
1	-86	-93	20:20
2	-82	-93	20:21
3	-90	-93	20:22
4	-92	-93	20:23
5	-76	-93	20:24
6	-92	-93	20:25
7	-97	-93	20:26
8	-100	-93	20:27
9	-90	-93	20:28
10	-92	-93	20:29
11	-90	-93	20:30
12	-91	-93	20:31
13	-86	-93	20:32
14	-90	-93	20:33
15	-92	-93	20:34

Tabel IV.1 merupakan tabel hasil pengukuran parameter RSRP setiap 1 menit dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack pada 2 *Bandwidth* yang berbeda, yaitu 45 Mhz dan 20 Mhz yang diukur setiap 1 menit, dimulai dari 20:20 sampai dengan 20:34 di dapatkan hasil perbandingan sebagai berikut:



Gambar IV.5 Grafik perbandingan parameter RSRP pada *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz

Adapun penjelasan secara teoritis untuk setiap pengambilan data tiap 1 menit pada parameter RSRP adalah sebagai berikut:

- Pada pukul 20.20 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -86 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru muda dengan keterangan “normal”, sedangkan nilai RSRP pada *bandwidth* 20 MHz senilai -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, Nilai RSRP yang lebih besar diperoleh pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.21 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -82 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru muda dengan keterangan “normal”, nilai RSRP ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.20. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.20. Nilai RSRP yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.22 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -90 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru muda dengan

keterangan “normal”, nilai RSRP ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.21. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.21. Nilai RSRP yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

- Pada pukul 20.23 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -92 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.22. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.22. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.24 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -76 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “baik”, nilai RSRP ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.23. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.23. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.25 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -92 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.24. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.24. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.26 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -97 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami penurunan dari nilai yang

dipatikan pada pukul 20.25. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.25. Berbeda dengan menit sebelumnya nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.

- Pada pukul 20.27 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -100 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatikan pada pukul 20.26. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.26. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.
- Pada pukul 20.28 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -90 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru muda dengan keterangan “normal”, nilai RSRP ini Kembali mengalami peningkatan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.27. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.27. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.29 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -92 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatikan pada pukul 20.28. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.28. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.30 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -90 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami peningkatan dari nilai yang

dipatikan pada pukul 20.29. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.29. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

- Pada pukul 20.31 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -91 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatikan pada pukul 20.30. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.30. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.32 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -86 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami peningkatan dari nilai yang dipatikan pada pukul 20.31. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.31. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.33 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -90 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatikan pada pukul 20.32. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.32. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.34 didapatkan nilai RSRP pada *bandwidth* 45 MHz senilai -92 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai RSRP ini mengalami penurunan dari nilai yang

dipastikan pada pukul 20.33. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -93 dBm pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna biru tua dengan keterangan “buruk”, nilai ini sama dengan nilai yang di dapatkan pada pukul 20.33. Nilai RSRP yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

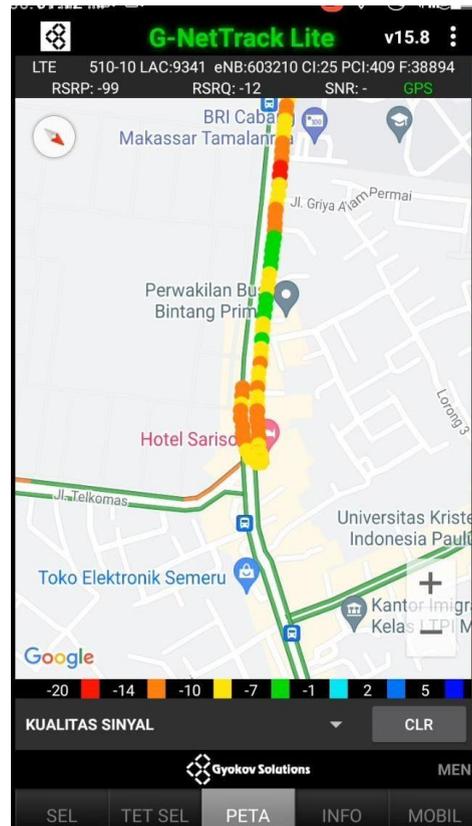
Berdasarkan hasil pengukuran *drive test* yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack untuk parameter RSRP di dapatkan hasil untuk kedua *bandwidth* adalah sebagai berikut:

Pada gambar IV.5 terlihat arah horizontal menunjukkan waktu pengambilan data dan arah vertikal menunjukkan nilai RSRP. Pada gambar tersebut dapat dilihat perbandingan antar *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz. pada *bandwidth* 45 Mhz nilai RSRP berubah-ubah, nilai terkecil yaitu -100 dBm dan yang terbedar yaitu -76 dBm. Nilai rata-rata RSRP pada *bandwidth* 45 Mhz adalah -89,7 dBm, Nilai RSRP tersebut telah memenuhi standar KPI dengan kualitas jaringan baik. Sedangkan pada *bandwidth* 20 Mhz besar nilai RSRP konstan atau tetap, yaitu -93 dBm. Nilairata-rata untuk *bandwidth* 20 Mhz adalah -93 dBm, nilai RSRP tersebut telah memenuhi standar KPI dengan kualitas jaringan normal. Nilai RSRP yang berubah-ubah ini bisa terjadi karena perangkat yang digunakan oleh *user* akan menerima PCI dengan jarak *eNodeB* terdekat dan lebih bagus, selain itu keterbatasan aplikasi yang digunakan (G-NetTrack) tidak bisa melakukan lock PCI.

Maka pada parameter ini dapat dikategorikan bahwa kinerja dari jaringan 4G LTE pada *bandwidth* 45 MHz lebih baik dari pada pada *bandwidth* 20 MHz berdasarkan standar KPI (*key performance indicator*).

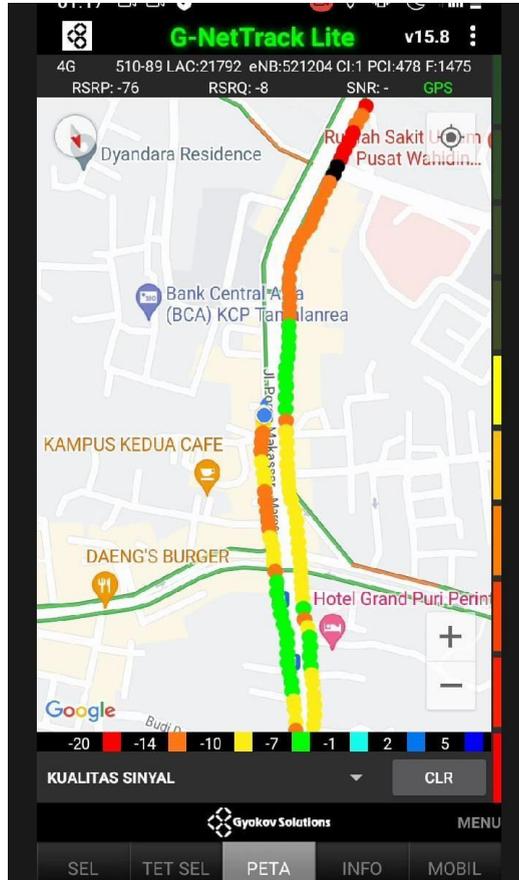
IV.2. Reference Signal Received Quality (RSRQ)

Gambar IV.6 di bawah ini menunjukkan tampilan G-NetTrack pada saat dilakukan pengukuran RSRQ dengan *bandwidth* 45 Mhz, data ini di dapatkan dari $2 \times 22,5\text{MHz}$. Adapun rute yang dilewati adalah dari depan pintu I Unhas sampai depan Jl. Telkomas.



Gambar IV.6 RSRQ *bandwidth* 45 MHz

Gambar IV.7 di bawah ini menunjukkan tampilan G-NetTrack pada saat dilakukan pengukuran RSRQ dengan *bandwidth* 20 Mhz, data ini di dapatkan dari $2 \times 10 \text{MHz}$. Adapun rute yang dilewati dapat dilihat pada gambar berikut ini.

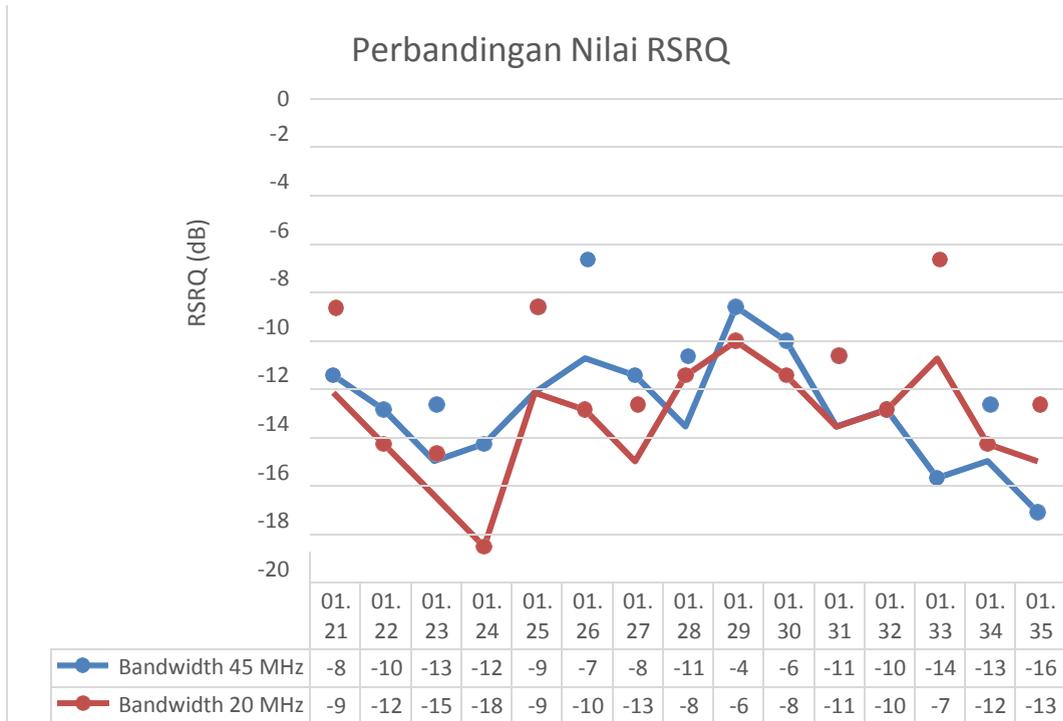


Gambar IV.7 RSRQ *bandwidth* 20 MHz

Tabel IV.2 Hasil Pengukuran RSRQ pada aplikasi *G-NetTrack Lite*

No	<i>Bandwidth 45 Mhz</i> (dB)	<i>Bandwidth 20 Mhz</i> (dB)	Waktu
1	-8	-9	01.21
2	-10	-12	01.22
3	-13	-15	01.23
4	-12	-18	01.24
5	-9	-9	01.25
6	-7	-10	01.26
7	-8	-13	01.27
8	-11	-8	01.28
9	-4	-6	01.29
10	-6	-8	01.30
11	-11	-11	01.31
12	-10	-10	01.32
13	-14	-7	01.33
14	-13	-12	01.34
15	-16	-13	01.35

Tabel IV.2 merupakan tabel hasil pengukuran parameter RSRQ setiap 1 menit dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack pada 2 *Bandwidth* yang berbeda, yaitu 45 Mhz dan 20 Mhz yang diukur setiap 1 menit, dimulai dari 01.11 sampai dengan 01.35 di dapatkan hasil perbandingan sebagai berikut:



Gambar IV.8 Grafik perbandingan parameter RSRQ pada *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz

Adapun penjelasan secara teoritis untuk setiap pengambilan data tiap 1 menit pada parameter RSRQ adalah sebagai berikut:

- Pada pukul 01.21 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -8 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, sedangkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 20 MHz senilai -9 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, Nilai RSRQ yang lebih besar diperoleh pada *bandwidth* 20 MHz.
- Pada pukul 01.22 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -10 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, nilai RSRQ ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 01.21. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -12 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 01.21. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 45MHz.
- Pada pukul 01.23 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -13 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai RSRQ ini mengalami penurunan dari nilai yang

dipatikan pada pukul 01.22. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan

nilai RSRP sebesar -15 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna merah dengan keterangan “sangat buruk”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.22. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

- Pada pukul 01.24 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -12 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai RSRQ ini mengalami peningkatan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.23. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -18 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna merah dengan keterangan “sangat buruk”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.23. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 01.25 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -9 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, nilai RSRQ ini mengalami peningkatan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.24. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -9 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, nilai ini peningkatan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.24. Nilai RSRQ pada kedua *bandwidth* sama.
- Pada pukul 01.26 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -7 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau muda dengan keterangan “baik”, nilai RSRQ ini mengalami peningkatan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.25. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -10 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.25. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 01.27 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -8 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, nilai RSRQ ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.26. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -13 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive

dengan keterangan “buruk”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.26. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

- Pada pukul 01.28 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -11 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai RSRQ ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.27. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -8 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, nilai ini peningkatan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.27. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.
- Pada pukul 01.29 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -4 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau muda dengan keterangan “baik”, nilai RSRQ ini mengalami peningkatan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.28. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -6 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau muda dengan keterangan “baik”, nilai ini peningkatan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.27. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 01.30 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -6 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau mudadengan keterangan “baik”, nilai RSRQ ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.29. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -8 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.29. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 01.31 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -11 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai RSRQ ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.30. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -11 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna

hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.30. Nilai RSRQ pada kedua *bandwidth* sama.

- Pada pukul 01.32 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -11 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, nilai RSRQ ini mengalami peningkatan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.31. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -10 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.31. Nilai RSRQ pada kedua *bandwidth* sama.
- Pada pukul 01.33 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -14 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “normal”, nilai RSRQ ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.27. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -7 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau muda dengan keterangan “baik”, nilai ini peningkatan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.32. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.
- Pada pukul 01.34 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -13 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai RSRQ ini mengalami peningkatan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.33. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -12 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan pada pukul 20.33. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.
- Pada pukul 01.35 didapatkan nilai RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz senilai -16 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna merah dengan keterangan “sangat buruk”, nilai RSRQ ini mengalami penurunan dari nilai yang dipatkan pada pukul 01.35. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz di dapatkan nilai RSRP sebesar -13 dB pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau olive dengan keterangan “buruk”, nilai ini penurunan dari nilai yang di dapatkan

pada pukul 20.34. Nilai RSRQ yang lebih besar didapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.

Pada gambar IV.6 terlihat arah horizontal menunjukkan waktu pengambilan data dan arah vertikal menunjukkan nilai RSRQ. Pada gambar tersebut dapat dilihat perbandingan antar *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz. Pada *bandwidth* 45 Mhz nilai RSRQ berubah-ubah, nilai terkecil yaitu -16 dB dan yang terbesar yaitu -4 dB. Nilai rata-rata RSRP pada *bandwidth* 45 Mhz adalah -10,1 dB, Nilai RSRP tersebut telah memenuhi standar KPI dengan kualitas jaringan normal. Sedangkan pada *bandwidth* 20 Mhz besar nilai RSRQ berubah-ubah, nilai terkecil yaitu -18 dB dan nilai terbesar yaitu -6 dB. Nilai rata-rata untuk *bandwidth* 20 Mhz adalah -10,7 dB, nilai RSRP tersebut telah memenuhi standar KPI dengan kualitas jaringan normal. Nilai RSRP yang berubah-ubah ini bisa terjadi karena perangkat yang digunakan oleh *user* akan menerima PCI dengan jarak *eNodeB* terdekat dan lebih bagus, selain itu keterbatasan aplikasi yang digunakan (G-NetTrack) tidak bisa melakukan lock PCI.

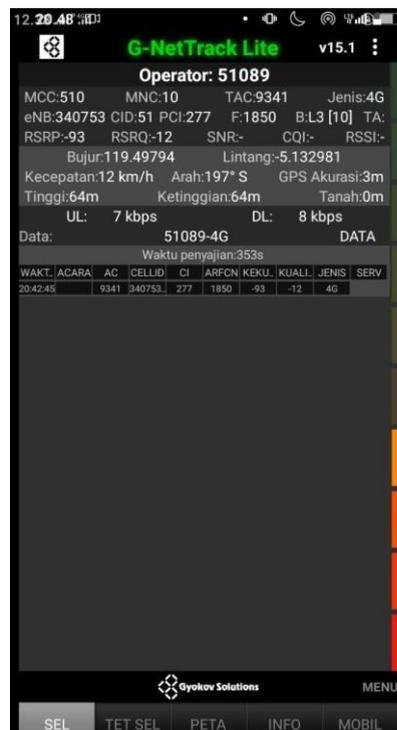
Maka pada parameter ini dapat dikategorikan bahwa kinerja dari jaringan 4G LTE pada *bandwidth* 45 MHz lebih baik daripada pada *bandwidth* 20 MHz berdasarkan standar KPI (*key performance indicator*).

IV.3. Troughput Uplink dan Downlink

Berikut ini hasil pengukuran *troughput* dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack pada *bandwidth* 45 MHz dan 20 MHz.



Gambar IV.9 Troughput uplink dan downlink pada bandwidth 45 Mhz



Gambar IV.10 Troughput uplink dan downlink pada bandwidth 20 Mhz

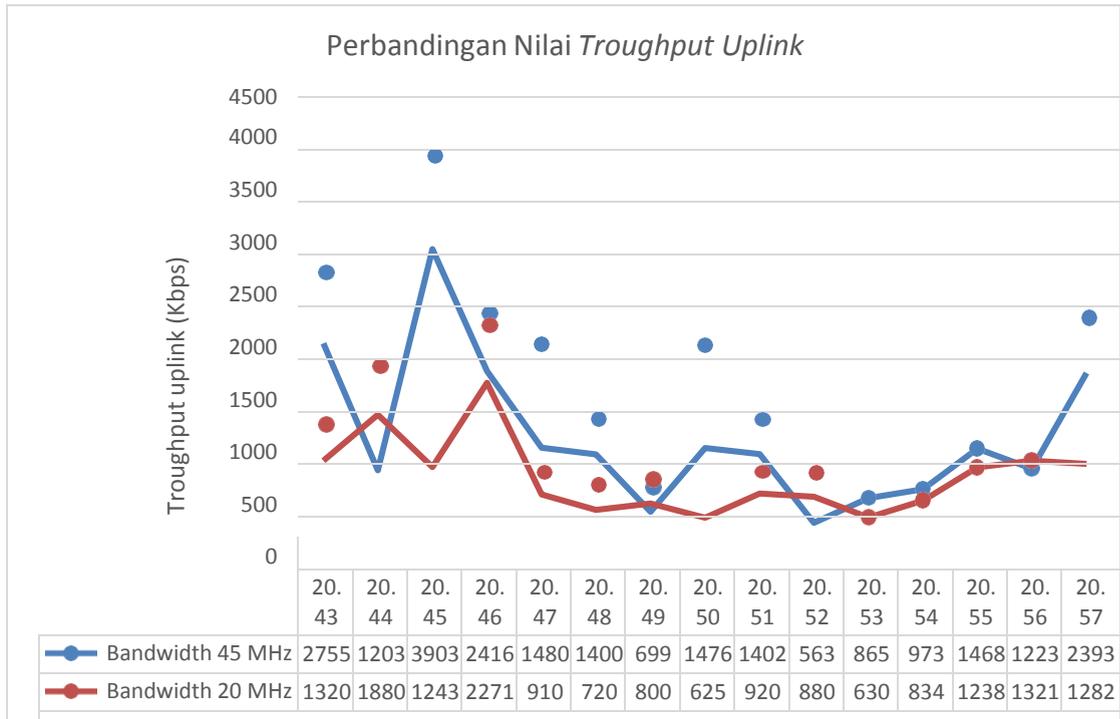
IV.1.1. *Troughput Uplink*

Uplink (batas kecepatan *upload*) adalah proses Ketika *User* mengunggah/mangirim data dari perangkat milik *user* ke perangkat lain melalui jaringan komputer atau internet.

Tabel IV.3 Hasil pengukuran *troughput upload* dengan aplikasi G-NetTrack

NO	<i>Bandwidth 45 MHz</i> (Kbps)	<i>Bandwidth 20 MHz</i> (Kbps)	Waktu
1	2755	1320	20:43
2	1203	1880	20:44
3	3903	1243	20:45
4	2416	2271	20:46
5	1480	910	20:47
6	1400	720	20:48
7	699	800	20:49
8	1476	625	20:50
9	1402	920	20:51
10	563	880	20:52
11	865	630	20:53
12	973	834	20:54
13	1468	1238	20:55
14	1223	1321	20:56
15	2393	1282	20:57

Tabel IV.3 merupakan tabel hasil pengukuran dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack pada 2 *bandwidth* yang berbeda, yaitu 45 Mhz dan 20 Mhz yang diukur setiap 1 menit, dimulai dari 20:43 sampai dengan 20:57 di dapatkan hasil perbandingan sebagai berikut:



Gambar IV.11 Grafik perbandingan *troughput uplink* pada bandwidth 45 Mhz dan 20 Mhz

Adapun penjelasan secara teoritis untuk setiap pengambilan data tiap 1 menit pada parameter *troughput uplink* adalah sebagai berikut:

- Pada pukul 20.43 didapatkan nilai *troughput uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 2755 Kbps pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, sedangkan nilai *troughput uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1320 Kbps pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, Nilai *troughput uplink* yang lebih besar diperoleh pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.44 nilai *troughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1203 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *troughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.43. Sedangkan untuk nilai *troughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1880 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *troughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.43. Nilai *troughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.
- Pada pukul 20.45 nilai *troughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai

3903 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan yang

cukup tinggi dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.44. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1243 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.44. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

- Pada pukul 20.46 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 2416 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.45. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 2271 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.45. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.47 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1480 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.46. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 910 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.46. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.48 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1400 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.47. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 720 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.57. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

- Pada pukul 20.49 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 699 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan yang cukup besar dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.48. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 800 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.48. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.
- Pada pukul 20.50 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1476 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini kembali mengalami nilai yang didapatkan pada pukul 20.49. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 625 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.49. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.51 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1402 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.50. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 920 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.50. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.52 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 563 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.51. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 880 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai

throughput ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.51. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

- Pada pukul 20.53 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 865 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.52. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 630 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.52. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.54 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 973 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.53. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 834 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.53. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.55 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1468 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.54. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1238 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.54. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.56 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1223 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai

yang didapatkan pada pukul 20.55. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1321 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.55. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.

- Pada pukul 20.57 nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 2393 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.56. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1282 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.56. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

Pada gambar IV.8 terlihat arah horizontal menunjukkan waktu pengambilan data dan arah vertical menunjukkan nilai Troghput. Pada gambar tersebut dapat dilihat perbandingan *throughput uplink* pada *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz. pada *bandwidth* 45 Mhz nilai *throughput uplink* terkecil adalah 563 Kbps pada pukul 20.52 dan nilai *throughput uplink* terbesar adalah 3903 Kbps pada pukul 20.45, nilai rata-rata *throughput uplink* pada *bandwidth* 45 MHz adalah 1614,6 Kbps termasuk kedalam kategori “normal dan baik”. Sedangkan pada *bandwidth* 20 Mhz nilai *throughput uplink* terkecil adalah 623 Kbps pada pukul 20.52 dan nilai *throughput uplink* terbesar adalah 2271 Kbps pada pukul 20.46, nilai rata-rata *throughput uplink* pada *bandwidth* 45 MHz adalah 1124,9 Kbps “normal termasuk kedalam ketegori dan baik Adapun jarak dari *user* ke *eNode* tidak di peroleh hasil, karena sudah di serving ke *eNodeB* terdekat selain itu pada aplikasi *G-NetTrack* tidak bisa dilakukan *lock* PCI.

Maka pada parameter *throughput uplink* dapat dikategorikan bahwa kinerja dari jaringan 4G LTE pada *bandwidth* 45 MHz lebih baik daripada pada *bandwidth* 20 MHz berdasarkan standar KPI (*key performance indicator*).

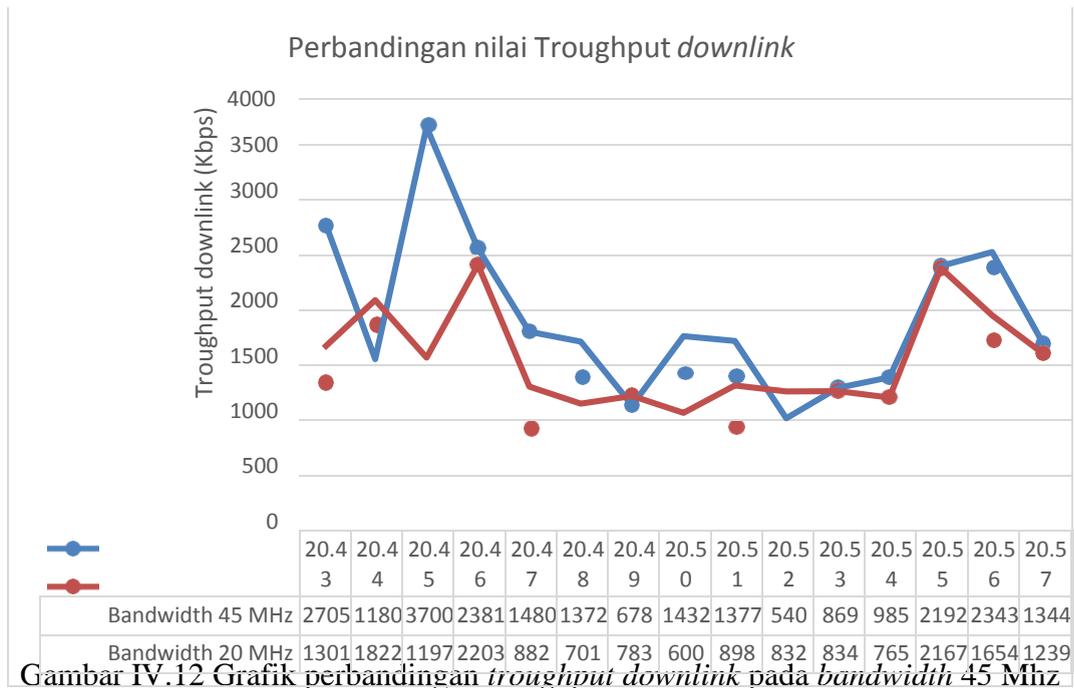
IV.1.2. *Troughput Downlink*

Downlink (batas kecepatan *download*) adalah proses Ketika *User* mengambil data (gambar, text, video, dll) ke perangkat milik *user* dengan menggunakan jaringan internet.

Tabel IV.4 Hasil pengukuran *troughput download* dengan aplikasi G-NetTrack

NO	<i>Bandwidth 45 Mhz</i> (Kbps)	<i>Bandwidth 20 Mhz</i> (Kbps)	Waktu
1	2705	1301	20:43
2	1180	1822	20:44
3	3700	1197	20:45
4	2381	2203	20:46
5	1480	882	20:47
6	1372	701	20:48
7	678	783	20:49
8	1432	600	20:50
9	1377	898	20:51
10	540	832	20:52
11	869	834	20:53
12	985	765	20:54
13	2192	2167	20:55
14	2343	1654	20:56
15	1344	1239	20:57

Tabel IV.3 merupakan tabel hasil pengukuran dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack pada 2 *bandwidth* yang berbeda, yaitu 45 Mhz dan 20 Mhz yang diukur setiap 1 menit, dimulai dari 20:43 sampai dengan 20:57 di dapatkan hasil perbandingan sebagai berikut:



Gambar IV.12 Grafik perbandingan *troughput downlink* pada *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz

Adapun penjelasan secara teoritis untuk setiap pengambilan data tiap 1 menit pada parameter *troughput Downlink* adalah sebagai berikut:

- Pada pukul 20.43 didapatkan nilai *troughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 2705 Kbps pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, sedangkan nilai *troughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1301 Kbps pada aplikasi G-NetTrack ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, Nilai *troughput uplink* yang lebih besar diperoleh pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.44 nilai *troughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1180 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *troughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.43. Sedangkan untuk nilai *troughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1822 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *troughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.43. Nilai *troughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.
- Pada pukul 20.45 nilai *troughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 3700 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan

keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.44. Sedangkan untuk nilai *throughput* *downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1197 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.44. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

- Pada pukul 20.46 nilai *throughput* *downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 2381 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.45. Sedangkan untuk nilai *throughput* *downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 2203 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.45. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.47 nilai *throughput* *downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1480 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.46. Sedangkan untuk nilai *throughput* *downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 882 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.46. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.48 nilai *throughput* *downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1372 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.47. Sedangkan untuk nilai *throughput* *downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 701 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.47. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.

- Pada pukul 20.49 nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 678 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan yang cukup besar dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.48. Sedangkan untuk nilai *throughput Uplink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 783 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.47. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.
- Pada pukul 20.50 nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1432 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini kembali mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.49. Sedangkan untuk nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 600 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.49. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.51 nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1377 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.50. Sedangkan untuk nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 898 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.50. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45 MHz.
- Pada pukul 20.52 nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 540 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan yang cukup besar dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.51. Sedangkan untuk nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 832 Kbps sesuai

standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.51. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 20 MHz.

- Pada pukul 20.53 nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 869 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan yang cukup besar dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.52. Sedangkan untuk nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 834 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.52. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45MHz.
- Pada pukul 20.54 nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 985 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan yang cukup besar dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.53. Sedangkan untuk nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 765 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna kuning dengan keterangan “sangat lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.53. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45MHz.
- Pada pukul 20.55 nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 2192 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan yang cukup besar dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.54. Sedangkan untuk nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 2167 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.54. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45MHz.

- Pada pukul 20.56 nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 2343 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami peningkatan yang cukup besar dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.55. Sedangkan untuk nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 2167 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.54. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45MHz.
- Pada pukul 20.57 nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 MHz senilai 1344 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan yang cukup besar dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.57. Sedangkan untuk nilai *throughput downlink* pada *bandwidth* 20 MHz senilai 1239 Kbps sesuai standar KPI ditandai dengan warna hijau dengan keterangan “lemah”, nilai *throughput* ini mengalami penurunan dari nilai yang didapatkan pada pukul 20.54. Nilai *throughput* yang lebih besar di dapatkan pada *bandwidth* 45MHz.

Pada gambar IV.12 terlihat arah horizontal menunjukkan waktu pengambilan data dan arah vertical menunjukkan nilai Troghput. Pada gambar tersebut dapat dilihat perbandingan *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 Mhz dan 20 Mhz. pada *bandwidth* 45 Mhz nilai *throughput downlink* terkecil adalah 540 Kbps pada pukul 20.52 dan nilai *throughput downlink* terbesar adalah 3700 Kbps pada pukul 20.45, nilai rata-rata *throughput uplink* pada *bandwidth* 45 MHz adalah 1638,5 Kbps termasuk kedalam katgori “normal dan baik”. Sedangkan pada *bandwidth* 20 Mhz nilai *throughput uplink* terkecil adalah 600 Kbps pada pukul 20.50 dan nilai *throughput uplink* terbesar adalah 2203 Kbps pada pukul 20.46, nilai rata-rata *throughput uplink* pada *bandwidth* 45 MHz adalah 1191,8 Kbps termasuk kedalam katgori “normal dan baik”. hal ini terjadi karena beberapa faktor penting, yaitu kondisi geografis, jumlah pengguna pada area *site*, jangkauan dan kapasitas suatu sel serta kualitas suatukanal, serta perangkat yang digunakan oleh *user* akan menerima PCI dengan

jarak *eNodeB* terdekat dan lebih bagus. Adapun jarak dari *user* ke *eNode* tidak di peroleh hasil, karena sudah di serving ke *eNodeB* terdekat selain itu pada aplikasi *G-NetTrack* tidak bisa dilakukan *lock* PCI.

Maka pada parameter *troughput downlink* dapat dikategorikan bahwa kinerja dari jaringan 4G LTE pada *bandwidth* 45 MHz lebih baik daripada pada *bandwidth* 20 MHz berdasarkan standar KPI (*key performance indicator*).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan analisis terhadap nilai RSRP, *uplink* dan *downlink* pada area Jl. Perintis Kemerdekaan dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk parameter RSRP pada *bandwidth* 45 MHz didapatkan hasil dengan nilai rata-rata sebesar -89,7 dBm. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz nilai rata-rata sebesar -93 dBm. Maka pada parameter ini dapat dikategorikan bahwa kinerja dari jaringan 4G LTE pada *bandwidth* 45 MHz lebih baik dari pada pada *bandwidth* 20 MHz berdasarkan standar KPI (*key performance indicator*).
2. Untuk parameter RSRQ pada *bandwidth* 45 MHz di dapatkan hasil dengan nilai rata-rata sebesar -10,1 dB. Sedangkan pada *bandwidth* 20 MHz nilai rata-rata sebesar -10,7 dB. Kedua hasil pengukuran tersebut dapat dikatakan baik sesuai standar KPI. Maka pada parameter ini dapat dikategorikan bahwa kinerja dari jaringan 4G LTE pada *bandwidth* 45 MHz lebih baik dari pada pada *bandwidth* 20 MHz berdasarkan standar KPI (*key performance indicator*).
3. Untuk parameter *throughput uplink* pada *bandwidth* 45 MHz didapatkan hasil dengan nilai terkecil adalah 563 Kbps dan nilai *throughput uplink* terbesar adalah 3903 Kbps. Sedangkan pada *bandwidth* 20 Mhz nilai *throughput uplink* terkecil adalah 623 Kbps dan nilai *throughput uplink* terbesar adalah 2271 Kbps. Maka pada parameter ini dapat dikategorikan bahwa kinerja dari jaringan 4G LTE pada *bandwidth* 45 MHz lebih baik dari pada pada *bandwidth* 20 MHz berdasarkan standar KPI (*key performance indicator*).
4. Untuk parameter *throughput downlink* pada *bandwidth* 45 Mhz didapatkan hasil nilai terkecil adalah 540 Kbps dan nilai *throughput downlink* terbesar adalah 3700 Kbps. Sedangkan pada *bandwidth* 20 Mhz nilai *throughput uplink* terkecil adalah 600 Kbps dan nilai *throughput uplink* terbesar adalah 2203 Kbps. Maka pada parameter ini dapat dikategorikan bahwa kinerja dari

jaringan 4G LTE pada *bandwidth* 45 MHz lebih baik dari pada pada *bandwidth* 20 MHz berdasarkan standar KPI (*key performance indicator*).

V.1. Saran

Adapun saran untuk pengembangan tugas akhir selanjutnya adalah:

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan parameter lain, seperti SNR, RSRQ, *delay*, *jitter* dan *pocket loss*.
2. Sebagai bahan penelitian selanjutnya ada baiknya dilakukan perbandingan dengan menggunakan provider lain ataupun dengan menggunakan dua atau lebih provider.
3. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan aplikasi *drive test* lain, seperti Nemo *Outdoor* dan *Tems Pocket*. Karena aplikasi G-NetTrack tidak bisa melakukan *lock* PCI.

DAFTAR PUSTAKA

- A Bursandy, I Ziad, S Suroso. 2017. “*Analisis Kinerja Perbandingan Jaringan 4g Long Term Evolution Bandwith 10MHz dan 15MHz dengan metode Global Frequency Retunning*” jurnal.umk.ac.id
- Andi chaerunisa utami putri d.k.k,2017 “Analisis optimasi coverage jaringan long term evolution (Lte)
- Aris pradana, Gamantyo hendrantoro, (sep.2012) *kajian implementasi Standar Long-term Evolution (LTE) pada system komunikasi taktis militer*, Jurnal Teknik its vol.1, no. 1 (sep.2012) ISSN: 2301-9271 Surabaya 60111
- Denny Setiawan (2010), work group spectrum 4G” Yogyakarta 2010
- Depris Arnaldo, Sudianto Lande, Nicolaus Allu (2019), “*Analisis dan Cakupan Kualitas sinyal 4G LTE Telkomsel pada area Mall makassar Town Square*” skripsi makassar
- Efriyendro (2017), *peningkatan kualitas Sinyal 4G berdasarkan nilai KPI dengan metode Drive test cluster padang*. Ektron Jurnal Ilmiah, Politeknik Negeri Padang.
- Fauzan Adhima, Arpandi Jaya (2017), “*Analisis perbandingan Jaringan 3D dan 4G Pada Provider XL di kota Makassar*” Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
- Khusnul khotimah, Fitri imansyah, F Trias pontia (2017). Analisis key performance indicator (KPI) jaringan telekomunikasi GSM pada PT.Hutchison 3 Indonesia (H31) Pontianak, journal, Universitas Tanjung Pontianak.
- M.Ulfah and A.S Irtawaty, “*Optimasi Jaringan 4G LTE (Long Term Evolution) pada kota Balikpapan,*” ECOTIPE, Vol.5, no 2, pp. 1-10, Oktober 2018
- Makelainen, anti “Analysis of handover performance in mobile WiMAX”, Helsinki University of technology
- Melinda permata putri, Edy Budiman, dan Medi Taruk (2020, “*Analisis kualitas jaringan seluler terhadap jasa provider di kota Samarinda*” skripsi samarinda
- Sri wahyuni 2016. *Perkembangan Telekomunikasi* (pustakawan Stmik Akakom 2016)
- Sridhar, K. (2012). Introduction to Evolved Packet Core (EPC): EPC Elements,

protocols and procedures. *TS, Alcatel Lucent*.

- Ulfah, M., & Kurnia, F. F. (2018). PENENTUAN JUMLAH eNodeB JARINGAN 4G/LTE DI KECAMATAN PENAJAM KABUPATEN PENAJAM PASER UTARA. *Jurnal Surya Energi*, 2(2), 179–184.
- Wahyu pramanda, P.P, Sudiata, p.k & indra ER, N (2016). “*Analisis jaringan UMTS Pada menara rooftop dengan menggunakan software tems investigation dan G-nettrack pro*” jurnal ilmiah Spektrum.
- 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.
- Yudis Al Ghani (2021) *Sejarah perkembangan Teknologi Informasi dan komunikasi SMA YP UNILA Bandar Lampung*, januari 2021, dibaca:170748 pembaca

PUSTAKA DARI SITUS INTERNET

- Consultant, I. (2014). *Indonesia Akan Rasakan Kecepatan Jaringan 4G*.
<https://www.jmc.co.id/blog/Indonesia-Akan-Rasakan-Kecepatan-Jaringan-4G/>
- Fisheriswiki. 2017. teknologi beginilah arsitektur Lte Jaringan 4G,” (Online). Available: <https://www.fisherieswiki.org/teknologi/beginilah-arsitektur-lte-jaringan-4g/>. diakses pada tanggal 20 agustus 2022.
- Gmedia. 2018. Serba Serbi *Bandwidth* Beserta *Troughput*, 2018 PT Media Sarana Data, [https://gmedia.net.id/info/news/detail/258/SERBA-SERBI-BANDWIDTH -BESERTA-TROUGHPUT](https://gmedia.net.id/info/news/detail/258/SERBA-SERBI-BANDWIDTH-BESERTA-TROUGHPUT). Diakses pada tanggal 20 Agustus 2022
- Gyokov Solutions (2022) Tools and Toys for Radio Network Planning and Optimization. gyokovsolutions.com/manual-bass-engineer/ di akses tanggal 17 Agustus 2022
- Pratama, K. R. (2021). *Evolusi Jaringan Seluler dari Masa ke Masa, 1G hingga 5G*. 28 Mei 2021. tekno.kompas.com/read/2021/05/28/11110037/evolusi-jaringan-seluler-dari-masa-ke-masa-1g-hingga-5g?page=all

- PT Kompas Cyber Media (2022) Daftar Pita Frekuensi Operator Seluler di Indonesia dan Alokasinya. amp.kompas.com/tekno/read/2021/06/24/16020067/daftar-pita-frekuensi-operator-seluler-di-indonesia-dan-alokasinya/ di akses tanggal 13 Oktober 2022
- PT.Telkomsel. (2021). *Mengenal Teknologi 1G Hingga 5G*. 16 Februari 2021. www.telkomsel.com/about-us/blogs/mengenal-teknologi-1g-hingga-5g
- Yusnita, S., Saputra, Y., Chandra, D., & Maria, P. (2019). Peningkatan Kualitas Sinyal 4G Berdasarkan Nilai KPI Dengan Metode Drivetest Cluster Padang. *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 11(2), 43–48. <https://doi.org/10.30630/eji.11.2.103>