

**ANALISIS SERVICE INTEGRITY PADA LAYANAN VIDEO
STREAMING MENGGUNAKAN TEKNOLOGI TIME DIVISION
DUPLEX DAN FREQUENCY DIVISION DUPLEX
PADA JARINGAN LTE**

TUGAS AKHIR



**DANA BAHARI SITEPU
BP. 1711071011**

**PROGRAM STUDI D'IV TEKNIK TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI PADANG
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS SERVICE INTEGRITY PADA LAYANAN VIDEO
STREAMING MENGGUNAKAN TEKNOLOGI TIME DIVISION
DUPLEX DAN FREQUENCY DIVISION DUPLEX
PADA JARINGAN LTE**

Oleh:

Dana Bahari Sitepu

1711071011

Telah disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dikky Chandra, S.T., M.T
NIP. 19770807 200501 1 002

Sri Yusnita, S.T., M.T
NIP. 19740612 200312 2 001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji serta syukur penulis haturkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta’ala yang memberikan rahmat, hidayah dan anugerah-Nya berupa kesehatan dan kesempatan yang menjadikan penulis bisa merampungkan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul ”Analisis *Service Integrity* Pada Layanan Video Streaming Menggunakan Teknologi *Time Division Duplex* Dan *Frequency Division Duplex* Pada Jaringan LTE”.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap diploma Program Studi D IV Teknik Telekomunikasi pada Politeknik Negeri Padang.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Maka atas dasar tersebut perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan. Terutama buat Ayah saya, saya persembahkan ini khusus untuk beliau.
2. Bapak Dikky Chandra, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing I.
3. Ibu Sri Yusnita, S.T., M.T sebagai pembimbing II.
4. Rikki Vitria, S.S.T., M.Sc. Eng sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro.
5. Ibu Silfia Rifka, S.T., M.Kom selaku Ketua Program Studi Teknik Telekomunikasi.
6. Dr. Surfa Yondri, ST., S.ST., M.Kom selaku Direktur Politeknik Negeri Padang.

7. Seluruh Dosen dan Staf di Program Studi D4 Teknik Telekomunikasi yang telah memberikan ilmu dan nasehat-nasehat selama penulis menempuh pendidikan di Politeknik Negeri Padang
8. Rekan-rekan seperjuangan D4 angkatan 2017 yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam laporan tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan. Hal ini karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki oleh penulis sendiri. Dengan segala kerendahan hati, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sehingga nantinya dapat diperbaiki dan dikembangkan di kemudian hari. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca khususnya di bidang telekomunikasi.

Padang, 18 Oktober 2021

Dana Bahari Sitepu

DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	2
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Tujuan.....	6
1.5 Manfaat.....	6
1.4 Penulisan Laporan Tugas Akhir	7
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Teknologi <i>Fourth Generation (4G)</i>	7
2.2 Pita FrequencyTeknologi <i>Time Division Duplexing (TDD)</i>.....	9
2.3 Pita FrequencyTeknologi <i>Frequency Division Duplex (FDD)</i>	11
2.4 Skema Duplex.....	13
2.5. Modulasi.....	14
2.5.1 Adaptive Modulation and Coding (AMC)	15
2.6 Key Performance Indicator (KPI).....	18
2.6.4 CQI (Channel Quality Indicator)	21
2.7 Service Integrity.....	22
2.7.1 Streaming Throughput	23
2.7.2 Latency	24
2.8 Video Streaming	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Metode Penelitian.....	28
3.2 Studi Literatur.....	30
3.3 Perencanaan Daerah.....	26
3.4 Pengambilan Data	28
3.4.1 Konfigurasi <i>TEMS Pocket</i>	28
3.4.2 Konfigurasi Script <i>TEMS Pocket</i>	33
3.5 Pengolahan Data	38
3.5.1 Konfigurasi TEMS Discovery	38
3.6 Analisis Hasil	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil.....	45
4.1.2 Hasil <i>Pengolahan data Teknologi Frequency Division Duplex</i>	56
4.2 Pembahasan	68
4.2.1 Pengaruh Parameter DT terhadap <i>Service Integrity</i>	68
BAB V PENUTUP	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur Jaringan 4G (Irfan Muhammad Ghani, 2018).....	8
Gambar 2. 2 TDD Mode (Simmonds and Ceuppens, 1993)	10
Gambar 2. 3 FDD Mode (Grami, 2016).....	12
Gambar 2. 4 Perbandingan FDD dan TDD (Nsaif Shukur and Pal, 2014)	13
Gambar 2. 5 Diagram Konstelasi Modulasi (Nsaif Shukur and Pal, 2014)	14
Gambar 2. 6 Modulasi QPSK (Nsaif Shukur and Pal, 2014).....	16
Gambar 2. 7 Modulasi 16 QAM (Nsaif Shukur and Pal, 2014).....	17
Gambar 2. 8 Modulasi 16 QAM (Nsaif Shukur and Pal, 2014).....	17
Gambar 2. 9 Range RSRP, RSRQ, SINR, CQI dan Modulasi (Xincheng Zhang, 2018)	22
Gambar 2. 10 Prinsip kerja video streaming (Harto, Primananda and Suharsono, 2017)	25
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	28
Gambar 3. 2 Flowchart Pengambilan data	29
Gambar 3. 3 Google earth (Awesomeness, 2017).....	26
Gambar 3. 4 Jalur pengolahan data pada google earth.....	27
Gambar 3. 5 Lokasi titik <i>Site</i>	27
Gambar 3. 6 Aplikasi TEMS Pocket.....	29
Gambar 3. 7 Tampilan awal TEMS Pocket	29
Gambar 3. 8 Tampilan menu TEMS Pocket	30
Gambar 3. 9 Tampilan list TEMS Pocket	30
Gambar 3. 10 Tampilan map.....	31
Gambar 3. 11 Control functions.....	31
Gambar 3. 12 RAT Lock.....	32
Gambar 3. 13 Set RAT Lock.....	32
Gambar 3. 14 LTE band lock TDD 2300 MHz	33
Gambar 3. 15 LTE band lock TDD 850 MHz	33
Gambar 3. 16 Script TEMS Pocket.....	34
Gambar 3. 17 Menu script editor	34

Gambar 3. 18 Script Settings	35
Gambar 3. 19 Select action type	35
Gambar 3. 20 Logfile Recording	36
Gambar 3. 21 Menu Youtube.....	37
Gambar 3. 22 Menu Action.....	38
Gambar 3. 23 <i>Tampilan open TEMS Discovery</i>	39
Gambar 3. 24 Worksheet TEMS discovery	39
Gambar 3. 25 Step import logfile.....	40
Gambar 3. 26 Memilih Logfile	40
Gambar 3. 27 Import Logfile	41
Gambar 3. 28 Proses Import.....	41
Gambar 3. 29 Nama Project	42
Gambar 3. 30 Create Composite Dataset	42
Gambar 3. 31 Composite file	43
Gambar 3. 32 File Parameter	43
Gambar 3. 33 Proses view.....	44
Gambar 3. 34 Hasil Plotting.....	44
 Gambar 4. 1 Hasil Pengolahan data RSRP Smartfren	45
Gambar 4. 2 Hasil Pengolahan data RSRP Telkomsel	46
Gambar 4. 3 Hasil Pengolahan data RSRQ Smartfren.....	47
Gambar 4. 4 Hasil Pengolahan data RSRQ Telkomsel.....	48
Gambar 4. 5 Hasil Pengolahan data SINR Smartfren	49
Gambar 4. 6 Hasil SINR untuk Titik Badspot	50
Gambar 4. 7 Hasil SINR untuk Titik Badspot	51
Gambar 4. 8 Hasil Pengolahan data SINR Telkomsel	51
Gambar 4. 9 Hasil SINR untuk Titik Badspot	52
Gambar 4. 10 Hasil Pengolahan data CQI Smartfren	53
Gambar 4. 11 Hasil Plotting CQI Telkomsel	53
Gambar 4. 12 Hasil Pengolahan data RSRP Smartfren	56
Gambar 4. 13 Hasil Pengolahan data RSRP Telkomsel	57

Gambar 4. 14 Hasil Pengolahan data RSRQ Smartfren.....	58
Gambar 4. 15 Hasil Pengolahan data RSRQ Telkomsel.....	59
Gambar 4. 16 Hasil Pengolahan data SINR Smartfren	60
Gambar 4. 17 Hasil SINR untuk Titik Badspot	61
Gambar 4. 18 Hasil SINR untuk Titik Badspot	62
Gambar 4. 19 Hasil SINR untuk Titik Badspot	62
Gambar 4. 20 Hasil Pengolahan data SINR Telkomsel	63
Gambar 4. 21 Hasil SINR untuk Titik Badspot	64
Gambar 4. 22 Hasil SINR untuk Titik Badspot	65
Gambar 4. 23 Hasil Pengolahan data CQI Smartfren	65
Gambar 4. 24 Hasil Pengolahan data CQI Telkomsel	66
Gambar 4. 25 Grafik Pengaruh SINR dan CQI terhadap nilai Throughput pada LTE TDD	72
Gambar 4. 26 Grafik Pengaruh SINR dan CQI terhadap nilai Throughput pada LTE FDD	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Band operasi TDD untuk Frequency 2300 MHz (Republik Indonesia, 2015).....	11
Tabel 2. 2 Rasio Kemungkinan Antara Uplink dan Downlink (Nsaif Shukur and Pal, 2014)	11
Tabel 2. 3 Tabel Band operasi FDD untuk Frequency 1800 MHz (Republik Indonesia, 2015).....	12
Tabel 2. 4 Skema Pengiriman pada FDD (Nsaif Shukur and Pal, 2014)	13
Tabel 2. 5 Pengaruh bandwidth terhadap modulasi, Resource block dan subcarrieer	18
Tabel 2. 6 Range nilai RSRP (dBm) (Handbook 4G, 2014).....	19
Tabel 2. 7 Range nilai SINR (dB) (Handbook 4G, 2014).....	20
Tabel 2. 8 Standar Nilai RSRQ (dB) (Handbook 4G, 2014)	21
Tabel 2. 9 Range Parameter CQI (Ghosh and Ratasuk, 2011)	21
Tabel 2. 10 Range Streaming <i>Throughput</i> (kbps) (Echo 360).....	23
Tabel 4. 1 Korelasi Modulasi terhadap Nilai <i>Throughput</i> Provider Telkomsel....	54
Tabel 4. 2 Korelasi Modulasi terhadap Nilai <i>Throughput</i> Provider Smartfren....	54
Tabel 4. 3 Hasil <i>Throughput</i> dan Latency.....	55
Tabel 4. 4 Korelasi Modulasi terhadap Nilai <i>Throughput</i> Provider Telkomsel....	67
Tabel 4. 5 Korelasi Modulasi terhadap Nilai <i>Throughput</i> Provider Smartfren....	67
Tabel 4. 6 Hasil <i>Throughput</i> dan Latency.....	67
Tabel 4. 7 Parameter DT Operator Telkomsel	68
Tabel 4. 8 Parameter DT Operator Smartfren	70
Tabel 4. 9 Hasil Perbandingan LTE TDD dan LTE FDD pada Service Integrity	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya penggunaan teknologi seluler membawa dampak cepat terhadap perkembangan teknologi dan informasi. Perkembangan itu menyangkut penggunaan layanan informasi dan komunikasi yang disesuaikan secara langsung, praktis dan efektif.

Menurut Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) pengguna internet Indonesia pada tahun 2019 sampai kuartal II 2020 mencapai 73.7 persen dari populasi atau setara 196,7 juta pengguna hal ini dikarenakan transformasi digital akibat pandemi Covid-19. APJII mengatakan peningkatan ini banyak diakses pengguna internet pada penggunaan *video online* sepenulisr 49.3 persen, *game online* sepenulisr 16.5 persen dan *music online* sepenulisr 15.3 persen dan 18.9 persen penggunaan lainnya (Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, 2020).

Tidak bisa dipungkiri perkembangan ini harus sejalan dengan kualitas yang harus diberikan oleh penyedia layanan jasa internet. Pada saat ini teknologi *Long Time Evolution* (LTE) atau yang lebih dikenal dengan teknologi 4G (*Fourth Generation*) menjadi salah satu yang banyak digunakan oleh masyarakat untuk mengakses jaringan, menurut APJII penggunaan internet rumah masih rendah hanya sepenulisr 14.5 persen dari jumlah yang di data (Asosiasi Penyelenggara

Jasa Internet Indonesia, 2020). Dengan penggunaan internet rumah yang terbilang masih rendah memunculkan persaingan pada penyedia layanan atau *Provider* untuk memberikan layanan jasa yang terbaik jumlah operator yang ada di Indonesia terbilang cukup banyak diantaranya Telkomsel, XL, Smartfren dan H3I(Tri).

Dengan pengguna internet yang banyak harus sejalan dengan kualitas layanan yang baik tetapi kenyataan yang ada kecepatan internet telepon seluler termasuk lambat yaitu hanya berkisar 6.8 Mbps. Berdasarkan peraturan pemerintah Nomor 52 Tahun 2000 tentang penyelenggaraan Telekomunikasi, penyelenggara jasa internet wajib memenuhi standar pelayanan yang ditetapkan oleh pemerintah dan melaporkan kinerja operasi penyelenggara secara periodik kepada pemerintah. Dalam upaya mengatasi kualitas internet yang kurang baik beberapa peneliti melakukan penelitian untuk peningkatan kualitas dengan melakukan *research* tentang *Quality Of Service* dan *Service Integrity* pada layanan internet.

Menurut Sofya Ariyani (2016) tentang *Quality Of Service*. Menurutnya QoS harus sesuai dengan standar *Key Performance Indicator* (KPI) dalam layanan sesuai dengan keperluan aktivasi komunikasi seperti HTTP, FTP, *Browsing* dan *Video Streaming* (Ariyani, 2016). Selain itu menurut Ningsih dkk (2004) Tujuan akhir dari QoS adalah memberikan layanan jaringan (*network service*) yang lebih baik dan terencana dengan parameter-parameter tertentu. Kemudian Penelitian yang dilakukan oleh Wulandari dkk (2011) menganalisa performansi *streaming video* pada jaringan LTE, untuk panjang paket data yang sama, semakin besar jarak dan faktor utilitas antar *eNodeB* dengan *User Equipment* (UE) , maka semakin

besar nilai *Latency end-to-end* dan probabilitas hilang paket yang dihasilkan (Ningsih, Susila and Ismet, 2004). Sedangkan menurut Said dkk (2016) menunjukkan bahwa lebih baik kualitas layanan penjelajah web dibandingkan dengan aplikasi *Video streaming* (Said *et al.*, 2016). Selanjutnya menurut Hasanah dkk (eds) (2017) menurutnya nilai *throughput* akan semakin tinggi sebesar 33% serta 47% ketika jarak pengguna masing-masing 1250 m dan 2000 m berasal eNode B. Selain itu, nilai delay akan berkurang sebesar 66,32% dan 67,58% ketika jarak pengguna masing-masing 1250 m serta 2000 m berasal dari eNode B. Selain itu, nilai PDR akan semakin tinggi sebesar 48,74% dan 55,45% saat jarak pengguna masing-masing 1250 m serta 2000 m berasal eNode B. Penggunaan sistem antena terdistribusi (DAS) model pada jaringan LTE telah menghasilkan peningkatan kualitas kinerja ketika pengguna streaming video (Putri, Nopiani Damayanti and Tulloh, 2017). Terakhir dari penelitian yang dilakukan Hassan & Eldaw (eds) (2016) menurutnya menganalisis *throughput* video yang dialirkan melalui LTE menggunakan OPNET (Optimized Network Engineering Tool), kinerja bisa disimulasikan mempunyai Downlink (DL) serta Skenario Uplink (UL) buat konferensi video termasuk lalu lintas web. Selanjutnya pula mengukur kinerja keterlambatan paket End-to-End (E2E) (Babiker and Idris, 2016).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa penelitian yang dilakukan hanya dilakukan pada *on place* tertentu dan bergantung dari *Base Transceiver Station* (BTS) yang sudah ada sebelumnya untuk melihat QoS tertentu. Oleh karena itu penulis tertarik melakukan penelitian serupa dengan metode yang berbeda yaitu menggunakan

metode *pengolahan data langsung* yang mana data yang diambil untuk penelitian dilakukan langsung dilapangan dengan melihat parameter-parameter dengan menggunakan teknologi *Time Division Duplex* (TDD) dan teknologi *Frequency Division Duplex* (FDD) pada layanan *video streaming* dengan judul “Analisis *Service Integrity* Pada Layanan *Video Streaming* Menggunakan Teknologi *Time Division Duplex And Frequency Division Duplex* Pada Jaringan LTE.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan pengujian terhadap jaringan 4G dengan untuk melihat *Service Integrity* pada layanan *video streaming*
2. Bagaimana pengaruh parameter DT kepada parameter *Service Integrity* baik dari segi *streaming throughput* dan *modulasi* pada kedua teknologi
3. Bagaimana pengaruh teknologi LTE TDD dan LTE FDD terhadap nilai *Service Integrity*.

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengukuran dan analisis kinerja jaringan berbasis 4G yang digunakan hanya meliputi operator yang memiliki teknologi FDD dan TDD.
2. Parameter yang digunakan dalam pengukuran *Service Integrity* adalah *streaming throughput* dan *latency* pada jaringan selular.

3. Pada proses pengumpulan data aspek-aspek seperti: HOP/Traceroute, ketersediaan *bandwidth* pada operator jaringan dan banyaknya pengguna jaringan belum termasuk dalam aspek pertimbangan, penulis hanya melakukan pengambilan data berdasarkan user biasa atau pengguna biasa saja.
4. *Software* atau perangkat lunak yang digunakan dalam pengukuran parameter QOS adalah *TEMS Discovery*, *TEMS Pocket* dan *TEMS Investigation*.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui cara pengujian jaringan LTE dengan untuk melihat nilai *Service Integrity* pada layanan *video streaming*.
2. Mengetahui pengaruh parameter DT terhadap *Service Integrity* dari segi *streaming throughput*, dan *Latency* pada kedua teknologi
3. Mengetahui pengaruh LTE TDD dan LTE FDD terhadap *Service Integrity*.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Sumber informasi mengenai cara pengujian jaringan 4G dengan untuk melihat nilai *Service Integrity* pada layanan *video streaming*.
2. Sumber informasi tentang kualitas *video streaming* pada jaringan LTE yang menggunakan mode TDD dan FDD.

3. Sebagai Sumber informasi tentang perbandingan kualitas *video streaming* pada jaringan LTE yang menggunakan mode TDD dan FDD terhadap parameter *Service Integrity*.

1.4 Penulisan Laporan Tugas Akhir

Sistematika dari penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB II : LANDASAN TEORI

Dalam bab ini membahas tentang teori-teori maupun penelitian-penelitian yang mendukung kajian yang akan diteliti serta menjadi acuan pembuatan tugas akhir.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan secara rinci tahap penggerjaan proses tugas akhir. Alur penggerjaan ini berfungsi sebagai panduan dalam proses penggerjaan sehingga bisa sesuai dengan yang sudah direncanakan.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan analisa data.

BAB V : PENUTUP

Dalam bab ini berisikan kesimpulan dan juga saran dari penulisan agar tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi untuk seterusnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teknologi *Fourth Generation* (4G)

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi berbasis IP yang dikeluarkan oleh 3GPP sebagai standar untuk komunikasi data nirkabel berkecepatan tinggi (Pranoto, 2015). Sistem 4G LTE telah diperkenalkan sebagai versi terbaru teknologi *mobile*. 4G didefinisikan untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh *International Telecommunication Union* (ITU) sebagai bagian dari IMT *Advanced* (Ariyani, 2016). Penggerak utama bagi evolusi arsitektur jaringan pada sistem 4G adalah berbasis all-IP (Internet Protocol), mengurangi biaya jaringan, mengurangi *latency* data dan *signalling*, *interworking* *mobility* antara jaringan akses lainnya di 3GPP dan non-3GPP, *always-on* bagi *user experience* dengan kualitas layanan yang mendukung *Quality of Services* (QoS) dan kemampuan *roaming*. Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah *System Architecture Evolution* (SAE) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi *Evolved Packet System* (EPS). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (*User Equipment*), E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), dan EPC (*Evolved Packet Core*). Arsitektur 4G dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Arsitektur Jaringan 4G (Irfan Muhammad Ghani, 2018)

a. *eNodeB*

eNodeB menggambarkan jaringan akses dari LTE. Mempunyai peranan untuk mengawasi serta mengendalikan pengiriman sinyal yang dibawa oleh sinyal radio serta berfungsi dalam autentifikasi.

b. *Mobile Management Entity (MME)*

Mobile Management Entity berfungsi selayaknya MSC pada teknologi GSM. MME berfungsi sebagai inti (*core*) dari teknologi LTE. MME berfungsi untuk:

1. Mengontrol handover antar MME.
2. Memiliki info tentang profil user.
3. Mengatur handover antar eNodeB.
4. Mengatur handover dengan jaringan 2G/3G.

c. *Serving Gateway (SGW)*

Serving Gateway (SGW) terdiri dari dua bagian, yakni 3GPP *Anchor* dan SAE *Anchor*. 3GPP *Anchor* berfungsi sebagai *gateway* paket data yang berasal dari jaringan 3GPP. Sedangkan SAE *Anchor* berfungsi sebagai *gateway* dari jaringan non 3GPP.

d. *Packet Data Network Gateway (P-GW)*

P-GW merupakan *edge router* antara EPS dan *external packet data network*. Ia memiliki level tertinggi dari system dan bertindak sebagai pelengkap IP Point pada *User Equipment*. Secara khusus P-GW mengalokasikan IP address ke *User Equipment*, dan *User Equipment* dapat melakukan komunikasi dengan IP host lain pada *external network*, seperti internet.

e. *Home Subscriber Server (HSS)*

HSS merupakan *database* utama pada jaringan LTE. HSS sama halnya dengan HLR pada teknologi komunikasi GSM dimana HLR berfungsi untuk menyimpan *database* pelanggan secara permanen. HSS adalah kombinasi antara HLR dan AuC untuk autentikasi.

f. *User Equipment (UE)*

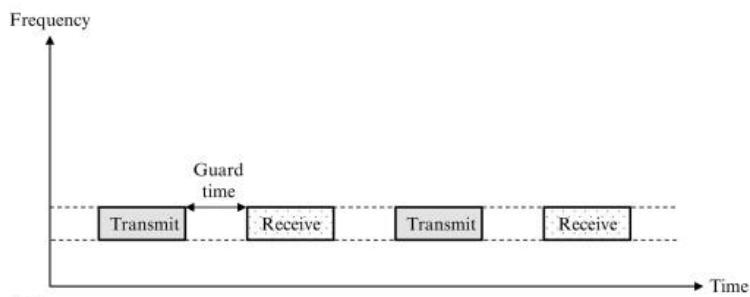
User Equipment merupakan perangkat di sisi pelanggan yang berfungsi untuk melakukan komunikasi. UE terdiri atas suatu *Universal Subscriber Identity Module* (USIM). USIM digunakan sebagai identifikasi dan autentikasi perangkat pelanggan dan sebagai kunci keamanan yang dapat bergerak untuk melindungi interface transmisi radio. UE berfungsi sebagai platform aplikasi komunikasi, dimana sinyal dan jaringan dapat di *setting*, *maintenance*, dan *remove link* komunikasi yang diperlukan oleh *end user*.

2.2 Pita FrequencyTeknologi *Time Division Duplexing (TDD)*

TDD kependekan dari *Time Division Duplexing*, dimana data diantarkan dan diterima dalam satu channel Frequency Yang sama, hanya dengan pemisahan jeda waktu yang singkat. Keunggulan cara ini, karena pengiriman dan penerimaan data hanya menggunakan satu channel, maka kapasitas yang tersedia bisa menjadi lebih

besar dibanding FDD. Sangat cocok untuk data yang dikirimkan secara asimetris, misalnya untuk browsing internet, *video surveillance* atau broadcast.

Dalam *time division duplex* (TDD) memungkinkan uplink dan downlink untuk menggunakan seluruh spektrum frekuensi, tetapi dalam slot waktu yang berbeda. Waktu dibagi menjadi beberapa slot pendek dan beberapa ditujukan untuk uplink sementara yang lain ditujukan untuk downlink. Pendekatan ini memungkinkan lalu lintas asimetris dan permintaan uplink dan downlink yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, informasi status saluran yang diperkirakan di uplink dapat digunakan di downlink, dengan asumsi timbal balik saluran. Kelemahan utama TDD adalah latensi (karena informasi hanya dapat dikirim saat saluran tersedia) dan kebutuhan sinkronisasi uplink (untuk memperhitungkan perbedaan waktu propagasi).



Gambar 2. 2 TDD Mode (Simmonds and Ceuppens, 1993)

Salah satu keuntungan dari *Time Division Duplexing* adalah kemampuannya untuk memberikan asimetris *uplink* dan *downlink* alokasi. Keuntungan lainnya termasuk alokasi dinamis, peningkatan efisiensi *spektral*, dan meningkatkan penggunaan teknik *beamforming*. Hal ini disebabkan memiliki *uplink* dan *downlink* yang sama karakteristik frekuensi. Untuk band operasinya diperlihatkan dalam Tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Tabel Band operasi TDD untuk Frequency 2300 MHz (Republik Indonesia, 2015)

Band and FrequencyLTE TDD		
F (MHz)	Allocation (MHz)	Bandwidth saluran (MHz)
2300	2300 - 2400	5,10,15,20

Struktur *frame* pada mode TDD terdapat 7 kemungkinan rasio perbandingan antara *uplink* dan *downlink* seperti yang terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Rasio Kemungkinan Antara Uplink dan Downlink (Nsaif Shukur and Pal, 2014)

Dl:UL	SF 0	SF 1	SF 2	SF 3	SF 4	SF 5	SF 6	SF 7	SF 8	SF 9
1:3	DL	S	UL	UL	UL	DL	S	UL	UL	UL
2:2	DL	S	UL	UL	DL	DL	S	UL	UL	DL
3:1	DL	S	UL	DL	DL	DL	S	UL	DL	DL
6:3	DL	S	UL	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL
7:2	DL	S	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
8:1	DL	S	UL	DL						
3:5	DL	S	UL	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL

*S : Subframe untuk fungsi switching

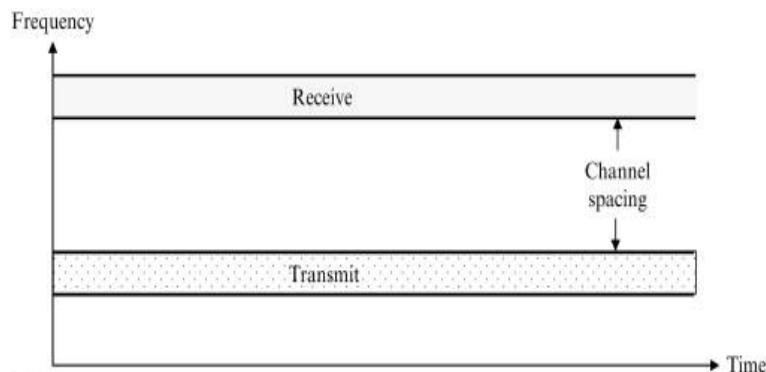
*Subframe 0 dan 5 selalu digunakan untuk DL

2.3 Pita FrequencyTeknologi *Frequency Division Duplex* (FDD)

FDD kependekan dari *Frequency Division Duplexing*, cara penghantaran data menggunakan dua buah kanal yang berbeda antara pengirim dan penerima.

Memiliki keunggulan lebih jarang terkena gangguan interferensi dan resepsi penerimaan yang baik.

Dalam *frequency division duplex* (FDD), dua pita Frequency Yang saling terpisah disediakan untuk pengguna. Dengan FDD, dua Frequency Pembawa yang berbeda, satu dari setiap band, ditetapkan ke pengguna; satu Frequency Pembawa untuk transmisi dari pengguna (juga dikenal sebagai *upstream*, *return link*, atau *uplink*) dan satu Frequency Pembawa untuk penerimaan oleh pengguna (juga dikenal sebagai *downstream*, *forward link*, atau *downlink*), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. *Channel Spacing* diperlukan di antara kedua pita. Perbedaan antara dua Frequency Yang ditetapkan, juga dikenal sebagai pemisahan frekuensi, tetap konstan, dan harus cukup besar untuk memungkinkan penggunaan berbiaya rendah untuk memisahkan kedua sinyal. jika tidak, sinyal pengiriman dan penerimaan dapat saling terpengaruh secara merugikan.



Gambar 2. 3 FDD Mode (Grami, 2016)

Tabel 2. 3 Tabel Band operasi FDD untuk Frequency 1800 MHz (Republik Indonesia, 2015)

Band and Frequency LTE FDD				
F (MHz)	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Duplex spacing (MHz)	Bandwidth saluran (MHz)
1800	1710 - 1785	1805 – 1880	95	1,4,3,5,10,15,20

Struktur *frame* pada mode FDD memiliki rasio antara *uplink* dan *downlink* yang sama seperti yang terlihat pada Tabel 2.4.

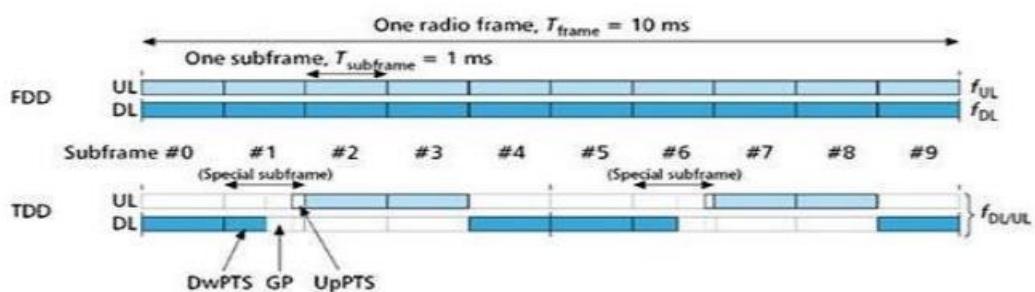
Tabel 2. 4 Skema Pengiriman pada FDD (Nsaif Shukur and Pal, 2014)

SF 0	SF 1	SF 2	SF 3	SF 4	SF 5	SF 6	SF 7	SF 8	SF 9
DL									
UL									

*SF : Subframe

2.4 Skema Duplex

Istilah dupleks adalah proses yang wajib. Duplex sendiri merupakan proses komunikasi dua arah pada saluran komunikasi. Ada dua jenis dupleks, *Half-duplex* dan *full-duplex*. Dalam *half-duplex*, kedua *uplink* dan *downlink* secara bergantian mengirimkan sinyal informasi pada sebuah saluran. Dalam *full-duplex*, komunikasi dua arah terjadi secara bersamaan. Ada dua bentuk utama full duplex, yaitu *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). Berikut perbandingan skema pada sistem FDD dan TDD.

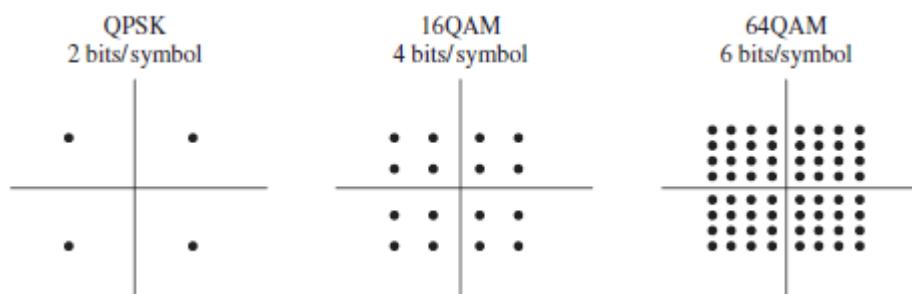


Gambar 2. 4 Perbandingan FDD dan TDD (Nsaif Shukur and Pal, 2014)

2.5. Modulasi

Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (*bit stream*) ke dalam sinyal carrier. Modulasi digital sebetulnya adalah proses mengubah-ubah karakteristik dan sifat gelombang pembawa (*carrier*) sedemikian rupa sehingga bentuk hasilnya (*modulated carrier*) memiliki ciri-ciri dari bit-bit (0 atau 1) yang dikandungnya (Purwanto, 2013)

Pada *uplink*, modulasi dilakukan oleh modulator QAM. Modulator QAM sebenarnya merupakan metode modulasi yang sudah lama ada, namun berkembang seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi. Metode modulasi yang tersedia (untuk data pengguna) adalah QPSK, 16QAM and 64QAM. Dua yang pertama berlaku untuk semua perangkat, dan untuk 64QAM, itu tergantung pada fungsi UE, yang berarti ada perangkat (smartphone, modem, dll.) yang mendukung 64 QAM dan yang tidak mendukung 64 QAM. Berikut ini adalah diagram konstelasi modulasi pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 5 Diagram Konstelasi Modulasi (Nsaif Shukur and Pal, 2014)

Sedangkan pada *downlink* metode modulasi untuk data pengguna adalah sama seperti di arah uplink yaitu QPSK, 16QAM, dan 64QAM. ENodeB sudah men-support semua metode modulasi tersebut. Seperti pada jaringan 3G sebelumnya, di LTE dikenal dengan fitur Adaptive Modulation and Coding, yang

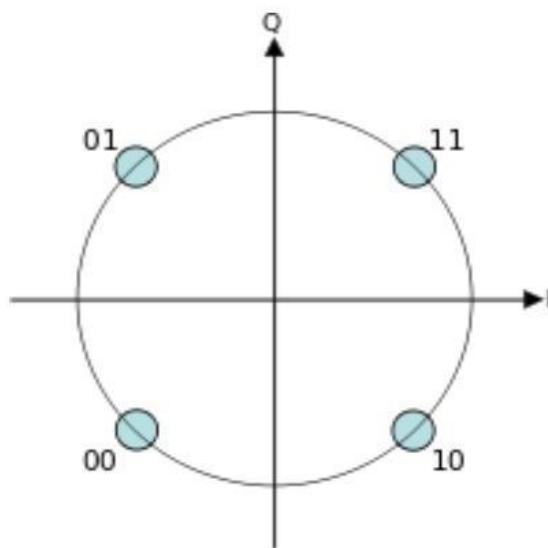
memastikan *error rate* tetap dibawah limit yang dapat diterima, dengan pengaturan modulasi dan *coding rate* secara dinamis.

2.5.1 Adaptive Modulation and Coding (AMC)

AMC adalah teknologi pendukung pada jaringan LTE yang dimana AMC tersebut berfungsi sebagai skema coding dan modulasi yang digunakan berdasarkan channel quality indicator (CQI). CQI dapat digunakan untuk mengukur bandwidth dan kualitas sambungan atau link quality atau biasanya diukur dengan signal to noise ratio (SNR) . Jika kualitas channel semakin baik maka user bisa menggunakan orde modulasi dan coding rate yang lebih tinggi pula untuk dapat memberikan kapasitas bit rate yang lebih besar. Apabila kondisi channel kurang baik maka akan digunakan orde modulasi dan coding rate yang lebih rendah pula untuk menjaga jaringan supaya lebih stabil. Skema modulasi yang mendukung jaringan LTE adalah 64 QAM, 16 QAM dan QPSK, dimana pada Adaptive Modulation dan coding mempunyai 2 komponen penting yaitu skema modulasi dan coding. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing skema modulasi(Nsaif Shukur and Pal, 2014).

- 1. Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)**

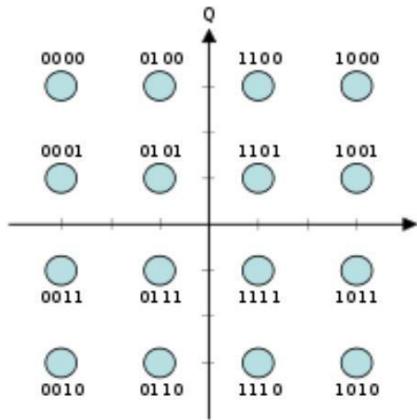
Skema modulasi ini termasuk dalam kategori *low order* modulasi karena terdiri dari 4 simbol dan setiap simbol terdiri dari 2 bit. Pada saat kondisi kanal antara pengirim dan penerima dalam keadaan buruk atau nilai SINR nya rendah maka modulasi QPSK ini cocok untuk digunakan. Salah satu kelebihan dari modulasi QPSK ini adalah tahan terhadap *interferensi*



Gambar 2. 6 Modulasi QPSK (Nsaif Shukur and Pal, 2014)

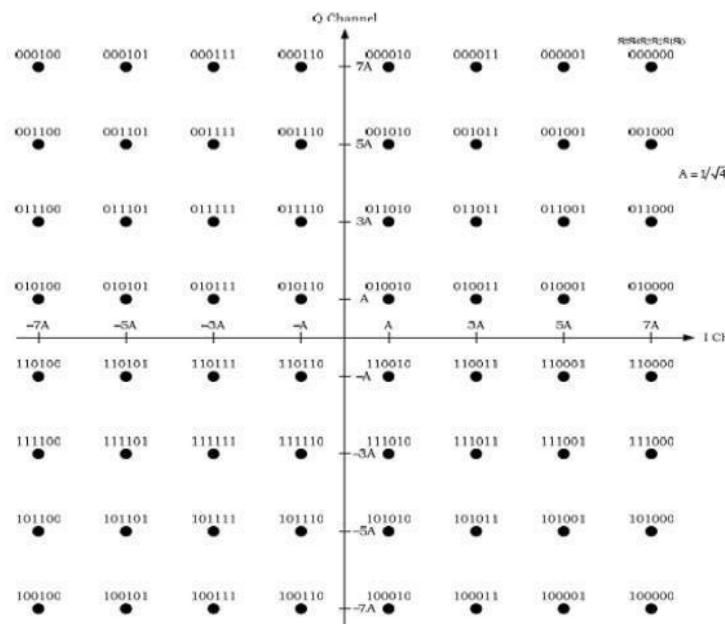
2. 16 *Quadrature Amplitude Modulation* (16 QAM)

Pada modulasi ini terdiri dari 16 simbol dimana setiap simbol terdiri dari 4 bit. Berikut merupakan gambaran ilustrasi dari modulasi 16 QAM :



Gambar 2. 7 Modulasi 16 QAM (Nsaif Shukur and Pal, 2014)

3. 64 Quadrature Amplitude Modulation (64 QAM)



Gambar 2. 8 Modulasi 16 QAM (Nsaif Shukur and Pal, 2014)

Jika dilihat dari nilai SINR yang tinggi maka kondisi antara kanal pengirim dan penerima dikategorikan cukup baik, maka modulasi 64 QAM cocok untuk digunakan. Modulasi 64 QAM terdiri dari 64 simbol yang mana setiap simbolnya terdiri dari 6 bit. Kelebihan dari modulasi ini adalah dapat memberikan laju data yang tinggi, namun kekurangannya adalah sangat rentan terhadap *interferensi*, *noise* dan kesalahan estimasi kanal.

Sehingga didapatkan pengaruh penggunaan *bandwidth* terhadap modulasi terhadap *bandwidth* yang digunakan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. 5 Pengaruh bandwidth terhadap modulasi, Resource block dan subcarrieer

Bandwidth	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
Resource Block	6	15	25	50	75	100
Subcarrier	72	180	300	600	900	1200
Data Rate (QPSK) (Mbps)	1.612	4.032	6.72	13.44	20.16	28.88
Data Rate (16QAM) (Mbps)	3.225	8.064	13.44	26.88	40.32	53.76
Data Rate (64QAM) (Mbps)	4.838	12.096	20.16	40.32	60.48	80.64
Data Rate (64 QAM MIMO 2x2) (Mbps)	9.676	24.192	40.32	80.64	120.96	161.28

2.6 Key Performance Indicator (KPI)

Berdasarkan rujukan dari *international Telecommunication Union* (ITU) rekomendasi Y.4901/L.1601, terdapat pengklasifikasi *Key Performance Indicator* (KPI) untuk mengevaluasi kualitas dari sebuah jaringan yaitu *Accessibility, Retainability and Integrity* (ITU-T, 2016).

2.6.1 RSRP (*Reference Signal Received Power*)

RSRP adalah sinyal daya LTE yang diterima oleh pengguna dalam Frequency Tertentu. Dalam teknologi 2G, parameter ini bisa mirip dengan Rx Level, sedangkan di 3G adalah RSCP. Semakin jauh situs dari pengguna, semakin kecil RSRP yang diterima pengguna. RS adalah sinyal referensi atau RSRP untuk setiap titik cakupan. Pengguna yang berada di luar jangkauan tidak akan bisa mendapatkan layanan LTE. RSRP dapat digambarkan sebagai layanan dari sebuah situs, yang biasanya mirip dengan sinyal referensi. Semakin dekat Anda dengan situs layanan, semakin baik sinyal yang diterima, tetapi ketika Anda jauh dari jangkauan situs layanan, semakin kuat dan semakin buruk sinyal yang diterima.

Selain kondisi medan yang mempengaruhi daya sinyal yang diterima, faktor dari situs itu sendiri juga akan mempengaruhi kekuatan sinyal yang diterima.

Perhitungan nilai RSSP dapat dirumus sebagai berikut :

$$RSSP(dBm) = RSSI(dBm) - 10 * \log \log (12 * N) \quad \text{Pers..(1)}$$

Dimana:

RSSI = Indikator kekuatan sinyal.

N = Jumlah RB (*Resource Block*) RSSI dan tergantung pada *bandwidth* yang diukur. Berikut *range* daya penerima pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2. 6 *Range* nilai RSRP (dBm) (Handbook 4G, 2014)

RSRP	Color	Strength (dBm)
<i>Excellent</i>	Blue	-80 =< x
<i>Normal</i>	Green	-95 =< x < -80
<i>Bad</i>	Yellow	-110 =< x < -95
<i>Bad</i>	Red	X < -110

2.6.2 SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*)

Menurut tamtama (2017) tentang *coverage* dan kualitas sinyal SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*) merupakan rasio antara rata-rata *power* yang diterima terhadap rata-rata *interference* dan *noise*(Tamtama and Utami, 2017). Semakin baik sinyal besar nilai *SINR* suatu sinyal maka semakin baik kualitas sinyal tersebut begitu sebaliknya.

SINR dapat dihitung dengan rumus :

$$SINR = \frac{S}{I+N} \quad \text{Pers..(2)}$$

Dimana:

S = Rata-rata kuat sinyal.

I = *Power rata-rata interferensi.*

N = *Power Noise.*

Berikut *range* SINR pada Tabel 2.7 berikut.

Tabel 2. 7 *Range* nilai SINR (dB) (Handbook 4G, 2014)

SINR	Color	Strength (dB)
<i>Excellent</i>	<i>Blue</i>	$20 \leq x$
<i>Good</i>	<i>Green</i>	$13 \leq x < 20$
<i>Low</i>	<i>Yellow</i>	$0 \leq x < 13$
<i>Bad</i>	<i>Red</i>	$x < 0$

2.6.3 RSRQ (Reference Signal Received Quality)

RSRQ merupakan parameter yang menentukan kualitas dari sinyal yang diterima. RSRQ dapat dihitung dengan formula berikut :

$$RSRQ = (RSRP * N) / RSSI \quad \text{Pers..(3)}$$

Dimana:

RSRQ = Reference Signal Received Quality (dB)

RSRP = Reference Signal Received Power (dBm) merupakan level sinyal yang diterima user.

N = Number of Resource blocks yang digunakan oleh OFDMA.

RSSI = Received Signal Strength Indicator merupakan power sinyal yang diterima user dalam rentang Frequency Tertentu termasuk *noise* dan interferensi (dBm).

Berikut *range* nilai RSRQ pada Tabel 2.8 berikut.

Tabel 2. 8 Standar Nilai RSRQ (dB) (Handbook 4G, 2014)

RSRQ	Color	Strength (dB)
<i>Good</i>	<i>Blue</i>	-9 = \leq x
<i>Normal</i>	<i>yellow</i>	-15 = \leq x < -9
<i>Bad</i>	<i>Red</i>	X < -15

2.6.4 CQI (Channel Quality Indicator)

CQI adalah singkatan dari *Channel Quality Indicator*. *Channel Quality Indicator* adalah indikator yang membawa informasi tentang kualitas saluran komunikasi. CQI ini digunakan untuk HSDPA. (LTE juga memiliki CQI untuk keperluannya sendiri). CQI adalah informasi yang dikirim oleh *User Equipment* (UE) ke jaringan, yang sebenarnya berarti memiliki dua hal berikut:

1. Kualitas saluran komunikasi saat ini dan itu.
2. *User Equipment* (UE) ingin mendapatkan data dengan ukuran blok transmisi semacam ini, dan kemudian dapat langsung diubah menjadi *throughput*.

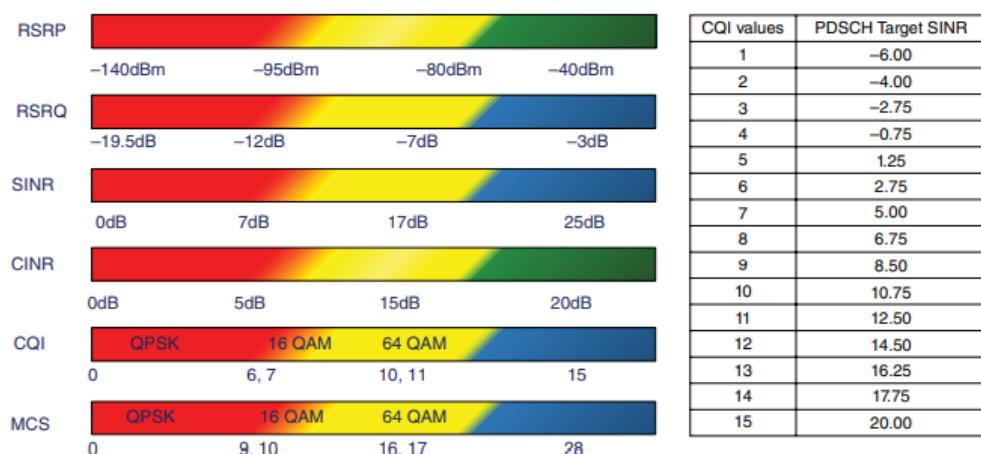
Berikut ini *range* parameter channel quality Indicator pada Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 *Range* Parameter CQI (Ghosh and Ratasuk, 2011)

<i>CQI</i>	<i>Color</i>	<i>Strength</i>

<i>Excellent</i>	<i>Blue</i>	$12 < x$
<i>Good</i>	<i>Green</i>	$4 < x < 8$
<i>Low</i>	<i>Yellow</i>	$8 < x < 12$
<i>Very Low</i>	<i>Red</i>	$x < 12$

LTE CQI *report* biasanya menunjukkan kualitas saluran dalam domain waktu dan frekuensi. Biasanya *low throughput* terkait dengan dominasi yang buruk dan area cakupan yang rendah, jadi area dominasi yang jelas dengan RSRP yang baik bersama-sama dengan CQI/RSRQ/SINR yang cukup baik adalah target alami untuk pengoptimalan. Berikut ini *range* RSRP, RSRQ, SINR, CQI dan modulasi pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 *Range* RSRP, RSRQ, SINR, CQI dan Modulasi (Xincheng Zhang, 2018)

2.7 Service Integrity

integrity adalah suatu pengukuran disaat layanan berhasil diperoleh oleh user. Kecepatan akses data sebuah jaringan menunjukkan kualitas layanan saat layanan tersebut berhasil diakses. *Service Integrity* ini sama halnya dengan perhitungan *quality of Service* pada jaringan internet yaitu melihat nilai *throughput*, *latency* dan sebagainya. Berikut parameter-parameter *Service Integrity* sebagai berikut.

2.7.1 Streaming Throughput

Streaming throughput adalah jumlah data yang ditransfer dalam jumlah waktu tertentu. Dalam hal video, dapat dilacak dengan berapa banyak paket data yang dapat ditransmisikan selama periode tertentu. Sehingga dapat dijelaskan bahwa *throughput* menandai tingkat rata-rata transmisi data yang berhasil dalam pengaturan *streaming*.

Rumus *throughput*:

$$\text{throughput} = \frac{\text{jumlah data ruang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}} \quad \text{Pers..(1)}$$

Tabel berikut mencantumkan target dan kecepatan data maksimum untuk setiap kemungkinan komponen media streaming langsung pada peralatan. Ini adalah informasi dasar yang digunakan untuk menentukan kecepatan data gabungan untuk setiap jenis streaming langsung yang memungkinkan. Berikut ini *range streaming throughput* pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Range Streaming *Throughput* (kbps) (Echo 360)

INPUT COMBINATIONS	A/D	A/V	A/D/V	A/D/D	A/V/V
All SD					
(DVI or composite)	0.71 Mbps	0.71 Mbps	1.30 Mbps	1.30 Mbps	1.30 Mbps
HD composite (NTSC or PAL)	--	1.16 Mbps	--	--	2.20 Mbps
All HD DVI	2.43 Mbps	2.43 Mbps	4.73 Mbps	4.73 Mbps	4.73 Mbps
HD composite + HD DVI	--	--	3.47 Mbps	--	3.47 Mbps

Note:

A: Audio menggunakan kecepatan bit berkualitas tinggi (0,13 Mbps).

D: Display 1024 dan mempertahankan rasio aspek sumber @ 10 fps.

V: Video adalah 640x480 @ 15 fps.

UC Personal hanya menggunakan kualitas Medium untuk live streaming.

UC Personal tidak mengunggah live streaming aktif saat streaming. Upload akan selesai setelah streaming selesai.

Perhatikan pada tabel di atas bahwa kecepatan bit untuk setiap kombinasi input adalah sama di semua aliran input multi-visual, terlepas dari apakah itu video ganda, tampilan ganda, atau video/tampilan. Itu karena koneksi dan rasio menentukan bitrate, belum tentu hal yang dialirkan. Tetapi seperti yang juga dinyatakan, konten statis menggunakan bandwidth lebih sedikit daripada konten non-statis atau gerakan tinggi.

2.7.2 Latency

Latency end to end video streaming merupakan pengukuran yang menunjukkan bagaimana E-UTRAN berdampak pada penurunan yang dialami oleh pengguna akhir. Waktu dari penerimaan paket IP hingga pengiriman paket pertama melalui Uu. Untuk mencapai pengukuran penundaan yang tidak bergantung pada ukuran blok data IP, hanya paket pertama yang dikirim ke Uu yang diukur.

Untuk mencari *Latency* untuk ukuran paket tertentu, ukuran IP *Throughput* dapat digunakan bersama dengan IP *Latency* (setelah blok pertama pada Uu, sisa waktu paket dapat dihitung dengan ukuran IP *Throughput*).

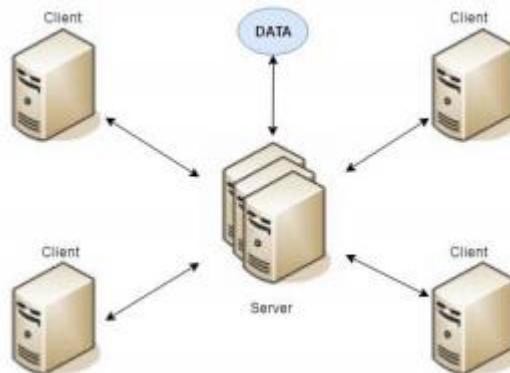
Berikut *range Latency* pada Tabel 2.11 berikut.

Tabel 2. 11 *Latency* Standard TIPHON

<i>Latency</i>	<i>Latency (ms)</i>
<i>Good</i>	0-150
<i>Medium</i>	150-400
<i>Bad</i>	>400

2.8 Video Streaming

Video Streaming merupakan layanan *live model client server* yang memisahkan antara *server dan client* yang mana transmisinya berupa video dan audio melalui internet. Berikut gambar prinsip kerja dari *video streaming* pada Gambar 2.10 berikut.



Gambar 2. 10 Prinsip kerja video streaming (Harto, Primananda and Suharsono, 2017)

Pada gambar prinsip kerja dari *video streaming* dapat dilihat dimana Server akan menunggu permintaan dari Client, memproses dan memberikan hasilnya kepada Client, sedangkan Client akan mengirimkan permintaan ke Server, menunggu proses dan melihat visualisasi hasil prosesnya. Sistem Client-Server ini menggunakan protokol utama TCP/IP (Transmission Control Protocol Internet Protocol), dan sistem operasi yang digunakan adalah Windows NT

Layanan ini diakses melalui suatu situs atau software video online(Mauliya, Hanafi and Hanafi, 2020). Banyak sekali situs maupun software yang menyediakan fasilitas *video streaming* sehingga memudahkan *user* mendapatkan tontonan video diinginkan secara online. Ada tiga tipe video menurut bentuk layanannya, yaitu(Mauliya, Hanafi and Hanafi, 2020):

a) *Video on Demand*

Video on Demand merupakan layanan yang berjalan ketika konten yang distreaming benar benar sudah berada pada server sehingga *user* dapat melakukan proses *pause*, *rewind*, *fast forward*, contohnya video di youtube, fitur *reels* di instagram.

b) *Live Streaming*

Live Streaming merupakan layanan yang berjalan ketika konten yang distreamingkan masih berlangsung (*real-time*), contohnya pertandingan sepakbola di televisi melalui internet, fitur siaran langsung di aplikasi instagram dan sebagainya.

c) *Real Time Streaming*

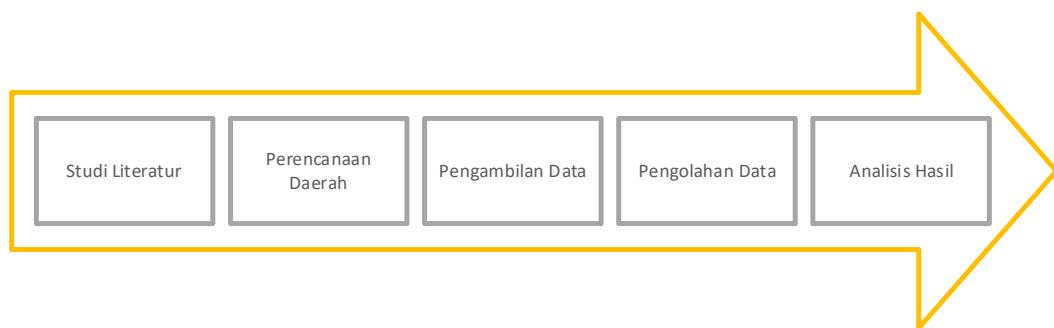
Real Time Streaming merupakan layanan yang mengizinkan pengguna untuk berkomunikasi dua arah baik dengan komunikasi radio dan audio dalam waktu nyata, contohnya *video conference*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

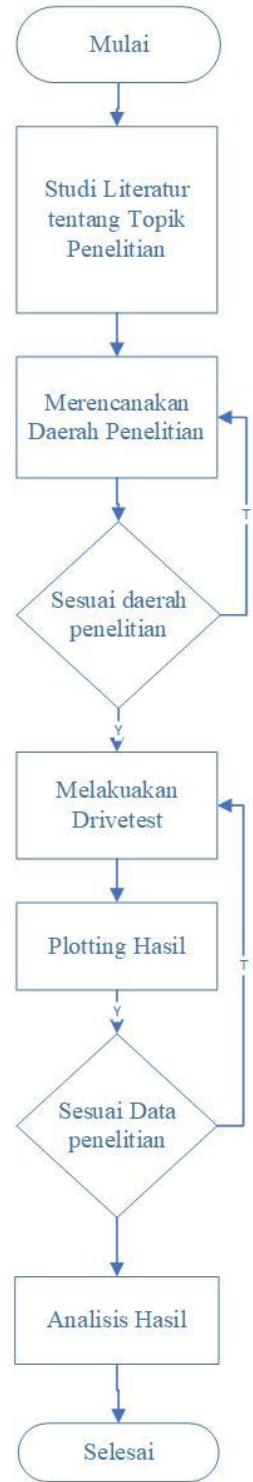
3.1 Metode Penelitian

Penelitian analisis QoS LTE ini menggunakan metode kualitatif observatif nonpartisipatif, yaitu dengan membandingkan setiap parameter QoS terhadap jalur yang telah ditentukan dari titik eNodeB. Dalam penelitian ini teknologi yang digunakan ada 2 yaitu LTE TDD dan LTE FDD. Berikut alur penelitian terdapat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut flowchart pengambilan data untuk penelitian terdapat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Flowchart Pengambilan data

3.2 Studi Literatur

Pada penelitian ini pertama kali penulis melakukan studi literatur terhadap penelitian yang akan diteliti. Studi literatur berfungsi sebagai metode untuk mengumpulkan data referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Studi literatur ini dilakukan dengan membaca jurnal, karya ilmiah dan sebagainya untuk memperkuat permasalahan yang dikaji sehingga dapat memperkuat argumentasi-argumentasi yang ada. Studi literatur ini dilakukan oleh peneliti setelah menentukan topik penelitian dan ditetapkannya rumusan

permasalahan, sebelum terjun ke lapangan untuk mengumpulkan data yang diperlukan.

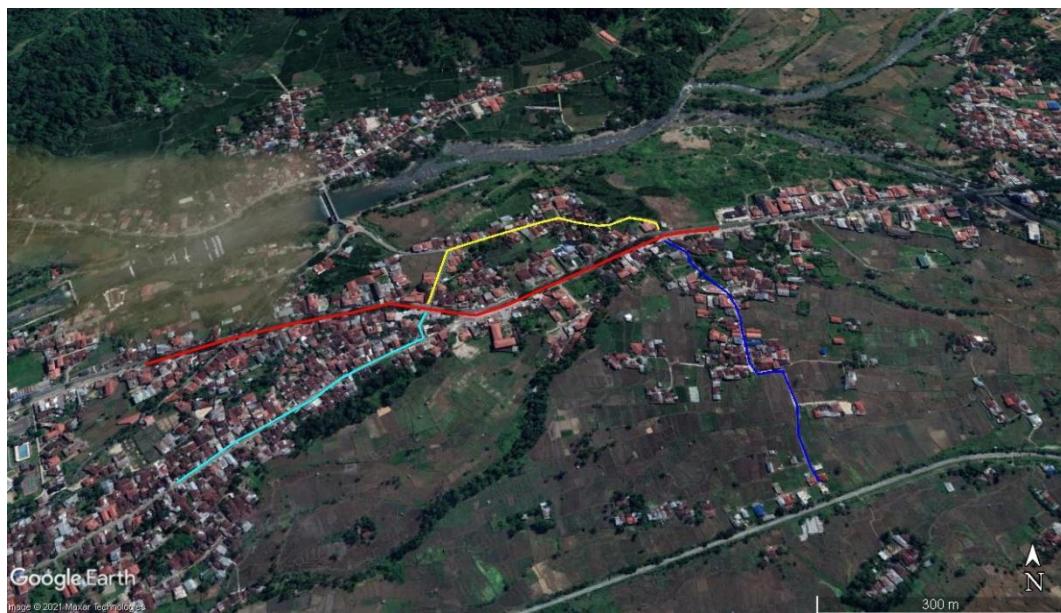
3.3 Perencanaan Daerah

Pada tahapan kedua peneliti melakukan perencanaan daerah. Perencanaan daerah ini berfungsi sebagai penentu peneliti untuk meneliti daerah yang sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti. Perencanaan daerah ini tersendiri memiliki fungsi yang sangat berpengaruh terhadap pengambilan data nantinya hal ini karena daerah harus sesuai dengan yang diteliti. Penulis mengambil data pada daerah Koto Luar karena pada daerah tersebut terdapat BTS yang sudah support teknologi FDD maupun TDD sehingga peneliti mengambil daerah tersebut. Perencanaan daerah ini dilakukan dengan menggunakan software *Google Earth*. *Google Earth* memungkinkan melakukan perjalanan dan belajar tentang dunia melalui globe virtual. Pada Gambar 3.3 merupakan tampilan *google earth*.

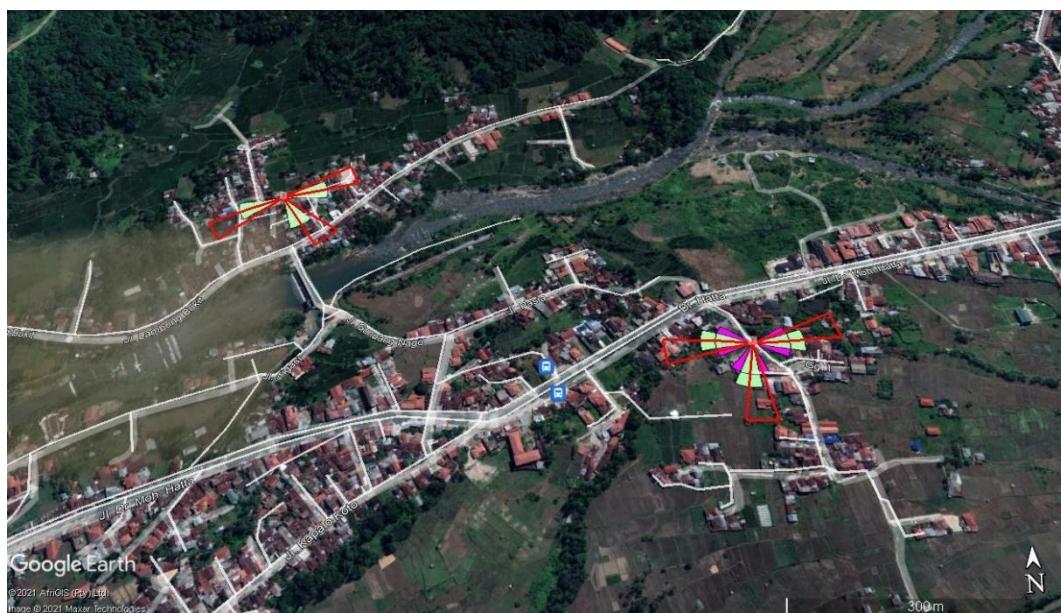


Gambar 3. 3 *Google earth* (Awesomeness, 2017)

Perencanaan daerah ini dilakukan dengan menentukan jalur pada software *google earth* dengan membedakan warna tiap jalur untuk mempermudah menentukan jalur yang telah dilalui. Berikut tampilan jalur *pengolahan data* dan lokasi site dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Jalur pengolahan data pada google earth



Gambar 3. 5 Lokasi titik Site

3.4 Pengambilan Data

Setelah menentukan jalur yang akan dilalui maka selanjutnya adalah pengambilan data untuk permasalahan yang akan diteliti. Pengambilan data ini menggunakan *software TEMS Pocket*. *TEMS Pocket* berfungsi untuk pengambilan data kualitas dan penentu jaringan. Data yang akan di ambil pada *software TEMS Pocket* ialah *RSRP* (*Received Signal Reference Power*), *SINR* (*Signal to Interference and Noise Ratio*), *RSRQ* (*Received Signal Reference Quality*), *Streaming Throughput*, *streaming Latency*.

Pengambilan data ini menggunakan operator yang menggunakan LTE FDD dan LTE TDD yaitu 850 MHz untuk LTE FDD dan 2300 MHz untuk LTE FDD operator yang mempunyai kedua *Frequency* tersebut adalah operator telkomsel dan smartfren.

3.4.1 Konfigurasi *TEMS Pocket*

Sebelum melakukan pengambilan data harus dilakukan konfigurasi *TEMS* dengan *server*, karena untuk data *4G* melakukan pengecekan kekuatan *RSRP*, *SINR*, *RSRQ*, *Throughput* dan *streaming Latency*. Berikut langkah konfigurasi *TEMS Pocket*.

- a) Menjalankan aplikasi *TEMS Pocket* yang terdapat pada *smartphone*. Disini penulis menggunakan *smartphone galaxy note 5* sebagai media *TEMS Pocket* yang digunakan untuk *record* data *pengolahan data*. Aplikasi *TEMS Pocket* ditandai dengan kotak merah pada Gambar 3.6 yang terdapat dibawah ini.



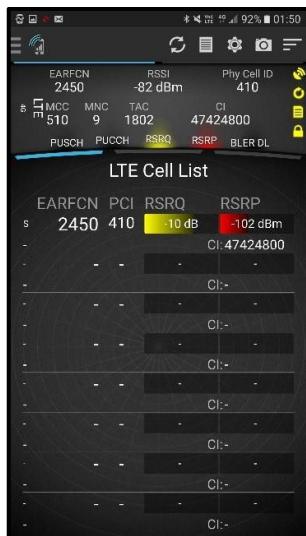
Gambar 3. 6 Aplikasi *TEMS Pocket*

- b) Setelah menjalankan aplikasi *TEMS Pocket* maka akan tampil seperti gambar 3.7 yaitu tampilan awal saat menjalankan aplikasi *TEMS Pocket*. Dalam menjalankannya perlu diperhatikan untuk menunggu tampilan *home TEMS Pocket* terisi dengan data parameter terlebih dahulu yang terlihat pada Gambar 3.8.



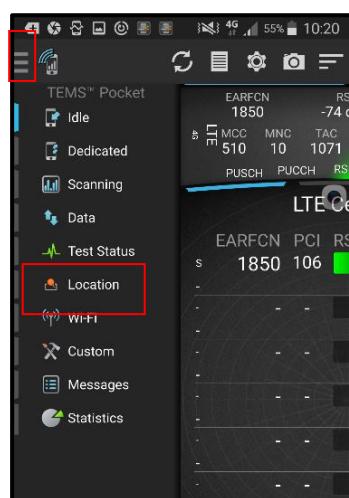
Gambar 3. 7 Tampilan awal *TEMS Pocket*

- c) Selanjutnya akan muncul tampilan *home TEMS Pocket*. Pada *home* terdapat parameter *RSRP* dan *RSRQ* seperti gambar 3.9.



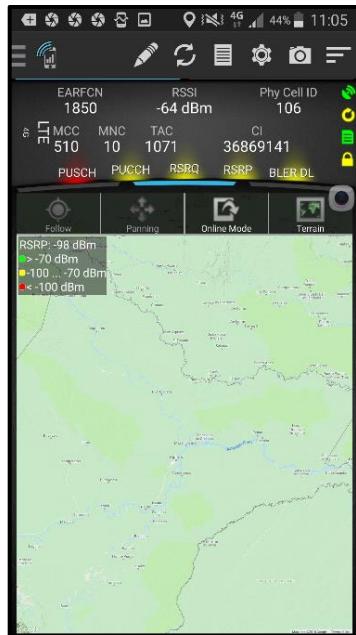
Gambar 3. 8 Tampilan menu *TEMS Pocket*

- d) Untuk membuka tampilan map memilih *location* sehingga muncul *map* dan *gps* yang ditandai pada kotak merah pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Tampilan list *TEMS Pocket*

- e) Kemudian akan muncul seperti gambar 3.10. tampilan tersebut berisi peta dunia sebagai *default* awal. Posisi atau wilayah dapat disesuaikan dengan kebutuhan.



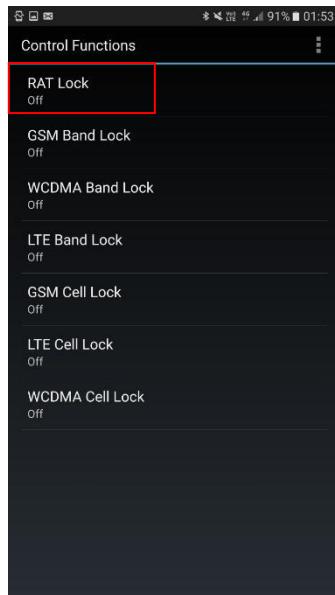
Gambar 3. 10 Tampilan map

- f) Kemudian memilih *functions* yang sudah dikonfigurasi sebelumnya.

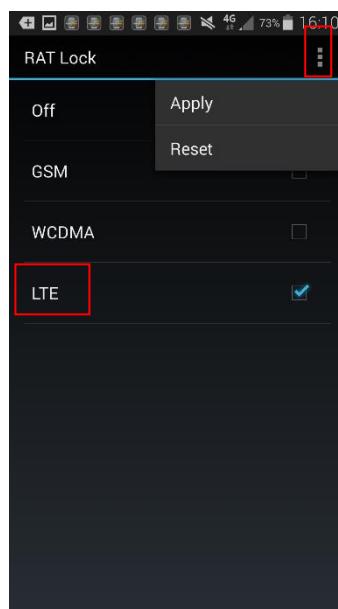


Gambar 3. 11 *Control functions*

- g) Maka akan muncul tampilan seperti gambar 3.12. Pada tahap ini merubah tipe *RAT file* yang akan di *record* dengan *LTE*. *RAT Lock* merupakan jenis sinyal yang akan di *record*. Selanjutnya *save* sebagaimana yang terlihat pada gambar 3.13 dibawah ini. Pemilihan tipe ini sangat penting sehingga proses *pengolahan data* dapat dilakukan sebagaimana yang diinginkan.

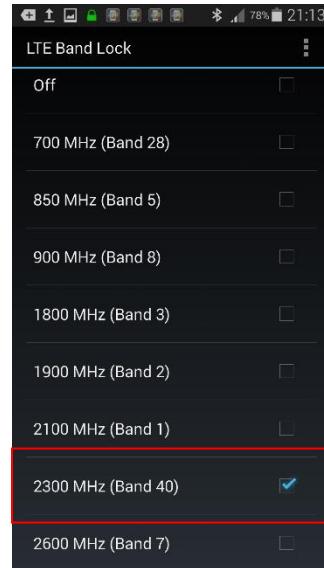


Gambar 3. 12 *RAT Lock*

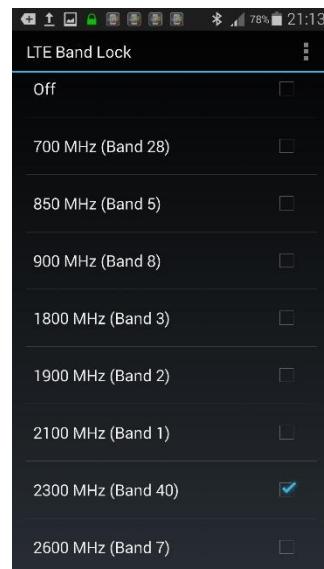


Gambar 3. 13 *Set RAT Lock*

- h) Karena pada penelitian kali ini praktikan mengambil data TDD 2300 MHz dan FDD 1800 MHz. maka pada pemilihan LTE band lock penulis sesuaikan dengan pita band frekuensinya. Dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3. 14 *LTE band lock TDD 2300 MHz*



Gambar 3. 15 *LTE band lock TDD 850 MHz*

3.4.2 Konfigurasi Script *TEMSPocket*

Pada penelitian ini penulis mengambil data *video streaming* maka dari itu penulis membuat script untuk pengambilan datanya. Berikut langkah konfigurasi script *TEMSPocket*:

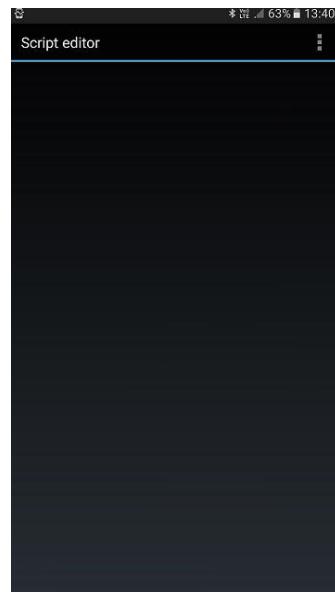
- Langkah pertama penulis buka *TEMSPocket*.

- b) Setelah *TEMS Pocket* Terbuka maka klik menu di kanan atas, setelah itu pilih script seperti gambar 3.16.



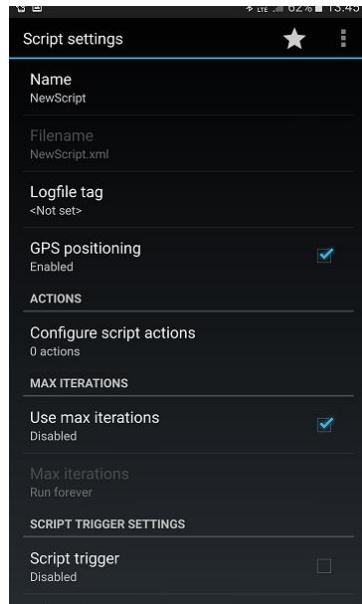
Gambar 3. 16 *Script TEMS Pocket*

- c) Setelah itu maka akan muncul menu *script editor* seperti pada gambar 3.17.



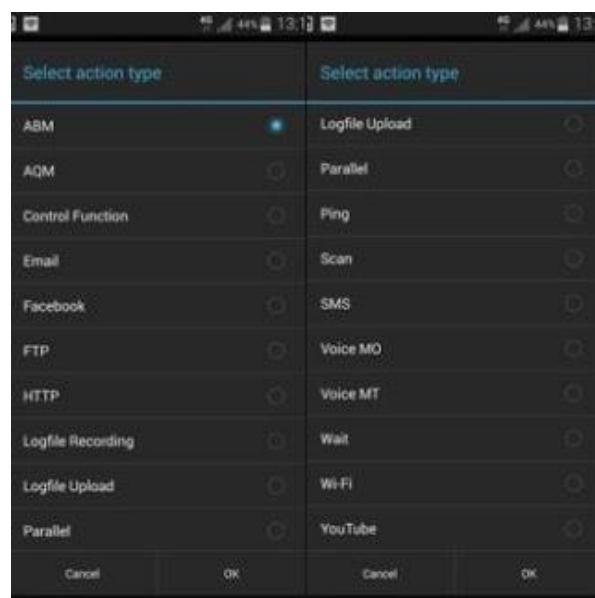
Gambar 3. 17 *Menu script editor*

- d) Kemudian klik kanan atas yang tanda titik 3 dan klik New Script maka akan muncul Script settings sehingga muncul gambar 3.18.



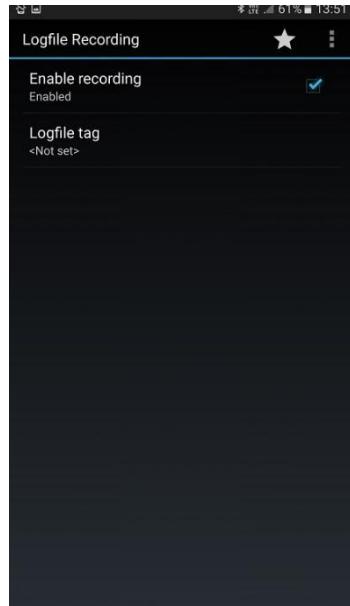
Gambar 3. 18 Script Settings

- e) pada name silahkan ganti sesuai dengan nama script yang akan penulis buat, agar penulis tidak bingung saat akan menjalankan script.
- f) Kemudian klik Configure script actions sehingga muncul menu Action, pada menu Action klik titik 3 di sebelah kanan atas dan klik New Action sehingga muncul tampilan seperti di bawah ini:



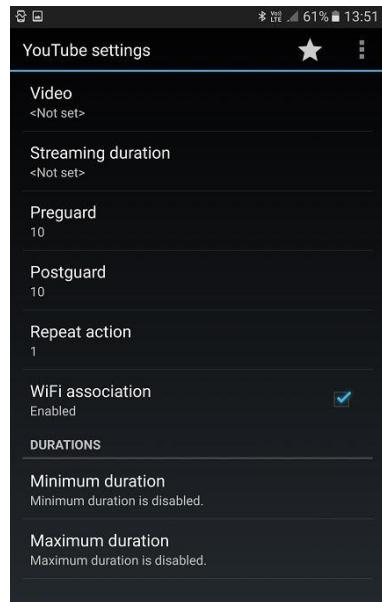
Gambar 3. 19 Select action type

- g) untuk awal maka klik Logfile Recording (yang berfungsi untuk melakukan start), setelah itu dikembalikan dengan menekan tombol kembali yang ada di Hp



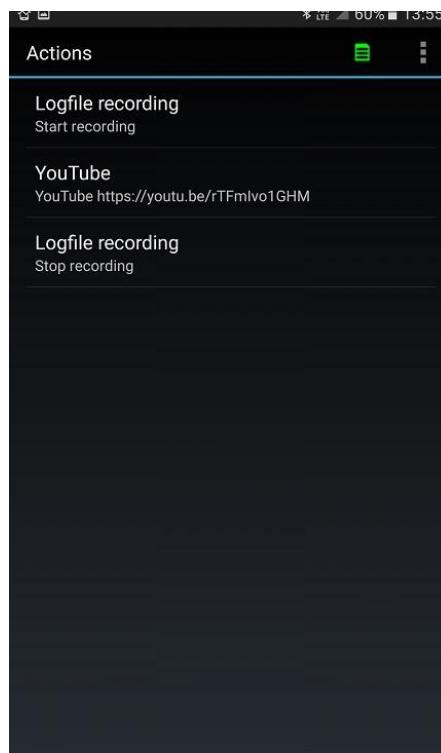
Gambar 3. 20 Logfile Recording

- h) kedua tergantung kebutuhan yang akan penulis lakukan, jika ingin melakukan test call, maka pilih Voice MO, dan jika ingin melakukan Download maupun Upload silahkan pilih FTP ataupun HTTP. Peneliti membuat script youtube test sehingga muncul gambar seperti di bawah ini:



Gambar 3. 21 Menu Youtube

- i) setelah muncul gambar seperti di atas kemudian klik video untuk memasukkan *link url youtube* setelah script dijalankan. setelah selesai mengaturnya kemudian klik kembali pada HP.
- j) langkah terakhir adalah klik New action dan klik Log File Recording kembali, namun setelah sudah masuk menu Log File Recording maka di Enable recording hilangkan tanda ceklisnya agar menjadi Stop recording, lihat gambar di bawah ini:



Gambar 3. 22 Menu Action

3.5 Pengolahan Data

Pada proses pengolahan data penulis menggunakan software *TEMS Discovery* untuk mengolah data yang akan ditampilkan dan melihat nilai kualitas jaringan dan nilai kualitas layanan yang telah di ambil. Pada proses pengolahan data ini penulis melihat hasil dan membandingkannya dengan nilai *performance indicator* yang telah ditentukan.

3.5.1 Konfigurasi TEMS Discovery

Setelah mendapatkan data saat pengambilan maka dilakukan pengolahan data menggunakan *TEMS discovery* hal ini agar data yang diinginkan dapat terukur.

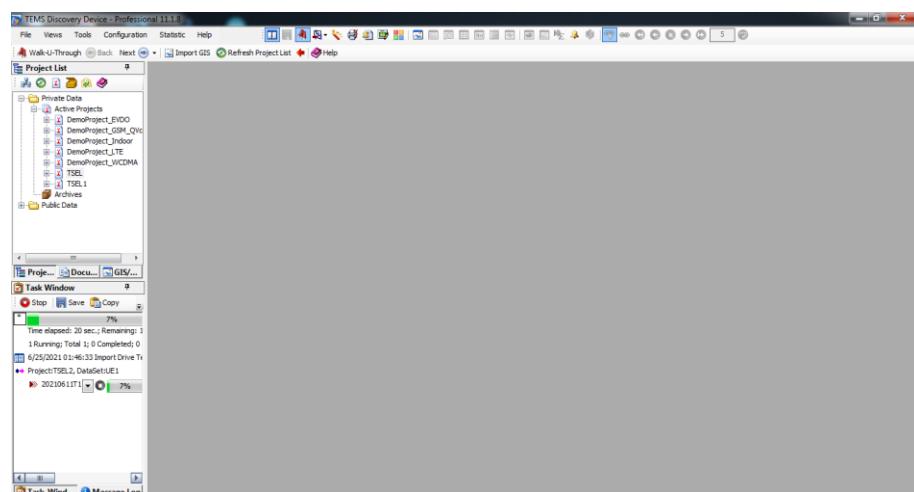
Berikut konfigurasi *TEMS discovery*:

- a) Membuka aplikasi TEMS Discovery.



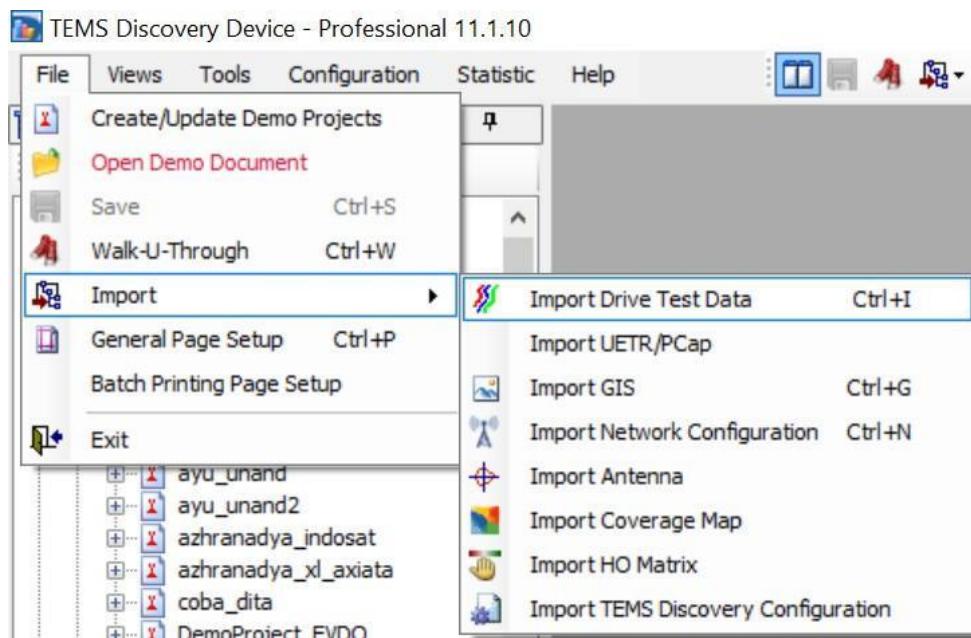
Gambar 3. 23 Tampilan open TEMS Discovery

- b) Setelah Membuka aplikasi, akan muncul tampilan awal *worksheet TEMS discovery*.



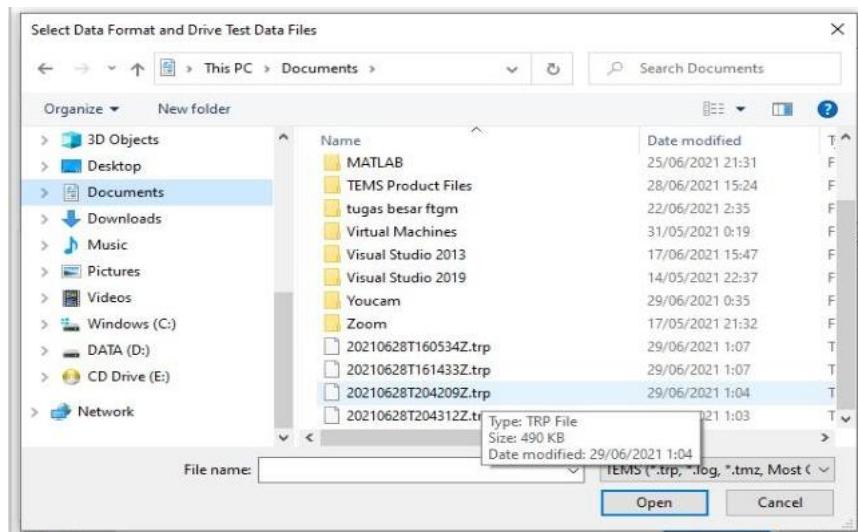
Gambar 3. 24 Worksheet TEMS discovery

- c) selanjutnya melakukan import log file hasil *pengolahan data* pada bagian menu File > Import > Import Drive Test data atau dengan press keyboard ctrl + i.

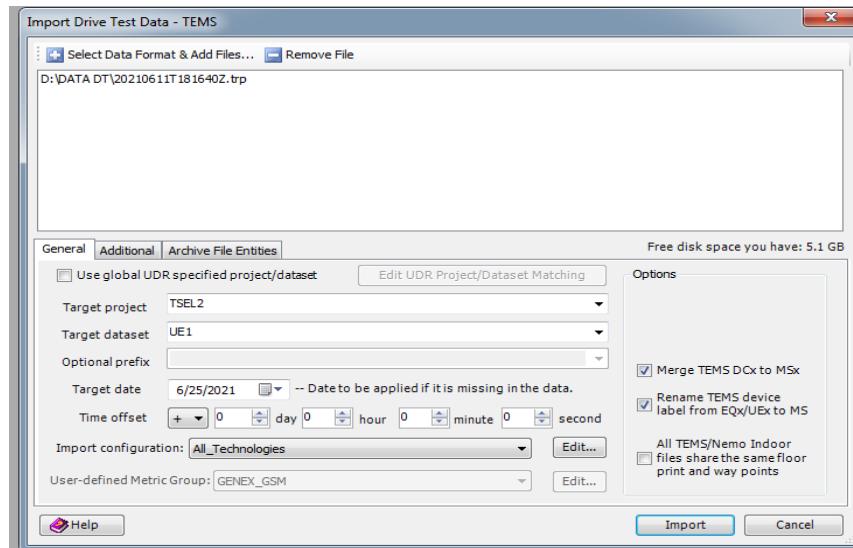


Gambar 3. 25 Step import logfile

- d) Memilih data log file dan mengisi data target project dengan nama yang diinginkan dan target dataset MS sebagai default.

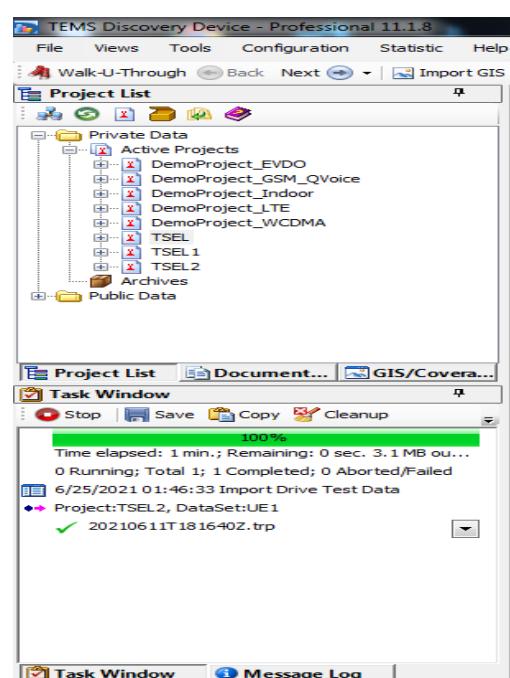


Gambar 3. 26 Memilih Logfile



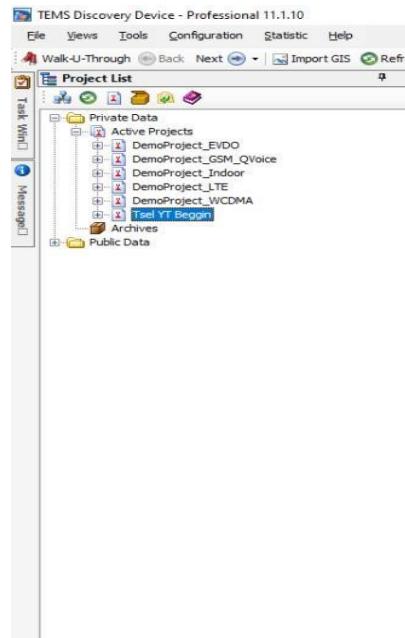
Gambar 3. 27 Import Logfile

- e) Setelah import data maka, logfile akan diproses. Tunggu hingga proses importing 100% ditandai dengan tanda ceklis berwarna hijau.



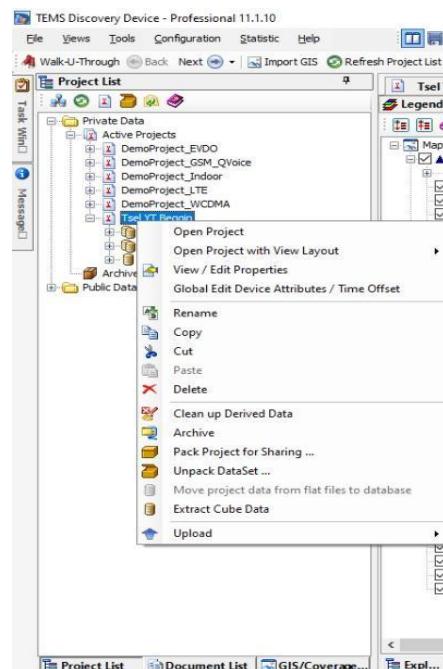
Gambar 3. 28 Proses Import

- f) Membuat lembar kerja untuk penampilan parameter jaringan, double click pada nama project.

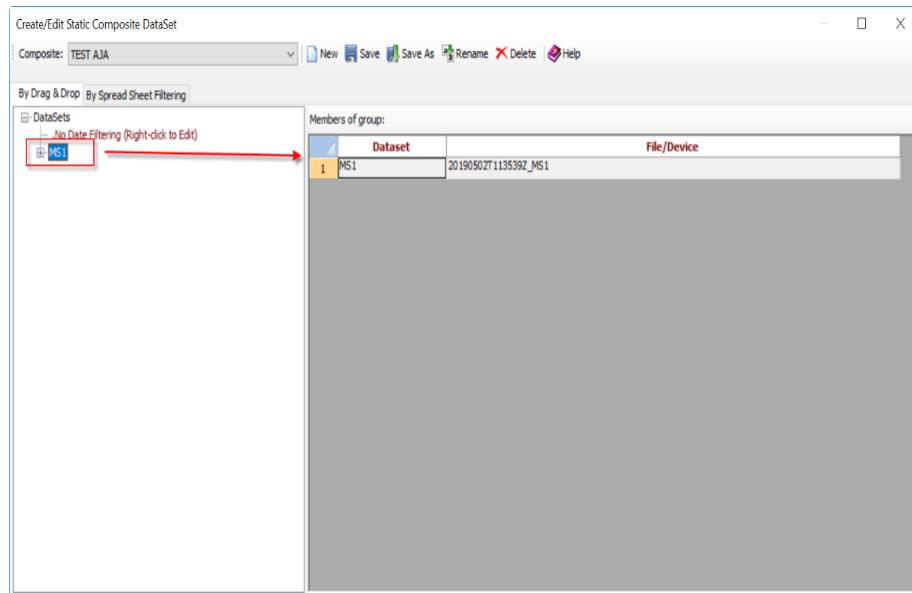


Gambar 3. 29 Nama Project

- g) Membuat dataset untuk parameter yang akan ditampilkan dengan cara klik kanan composite lalu pilih edit.



Gambar 3. 30 Create Composite Dataset



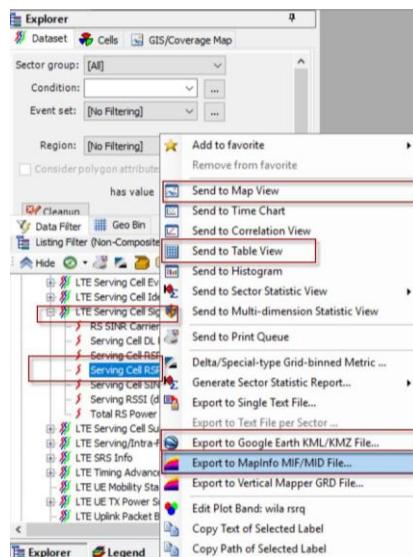
Gambar 3. 31 Composite file

- h) Melakukan drag data set log file ke bagian members of group, save as dan close.
- i) Membuka data composite yang telah disimpan, dan memilih parameter yang ingin ditampilkan.

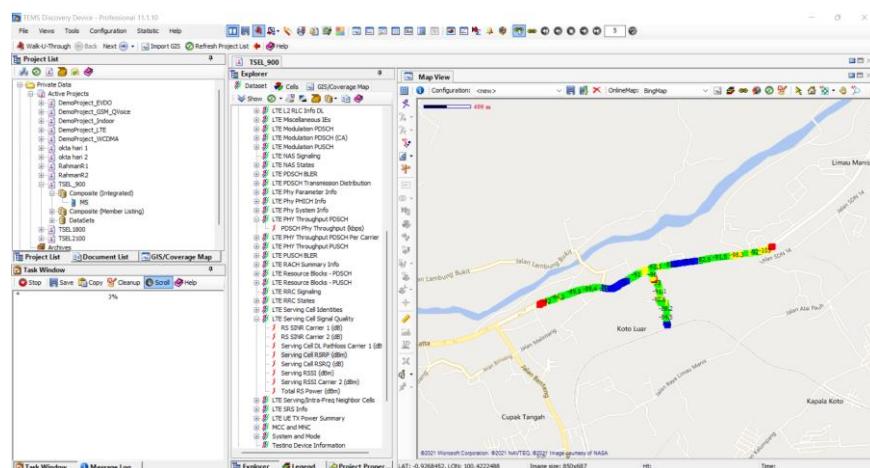


Gambar 3. 32 File Parameter

- a) Menampilkan data di *map view*, *mapinfo*, ataupun *google earth*.



Gambar 3. 33 Proses view



Gambar 3. 34 Hasil Plotting

3.6 Analisis Hasil

Pada analisis hasil dilakukan perbandingan antara teknologi TDD dan FDD terhadap kualitas jaringan dan nilai *Service Integrity* dimana yang termasuk *Service Integrity* adalah *throughput* dan *latency*. Sehingga hasil dari penelitian ini berupa sebuah data dan rekomendasi terhadap provider terkait untuk meningkatkan nilai jaringannya pada daerah tersebut.

BAB IV

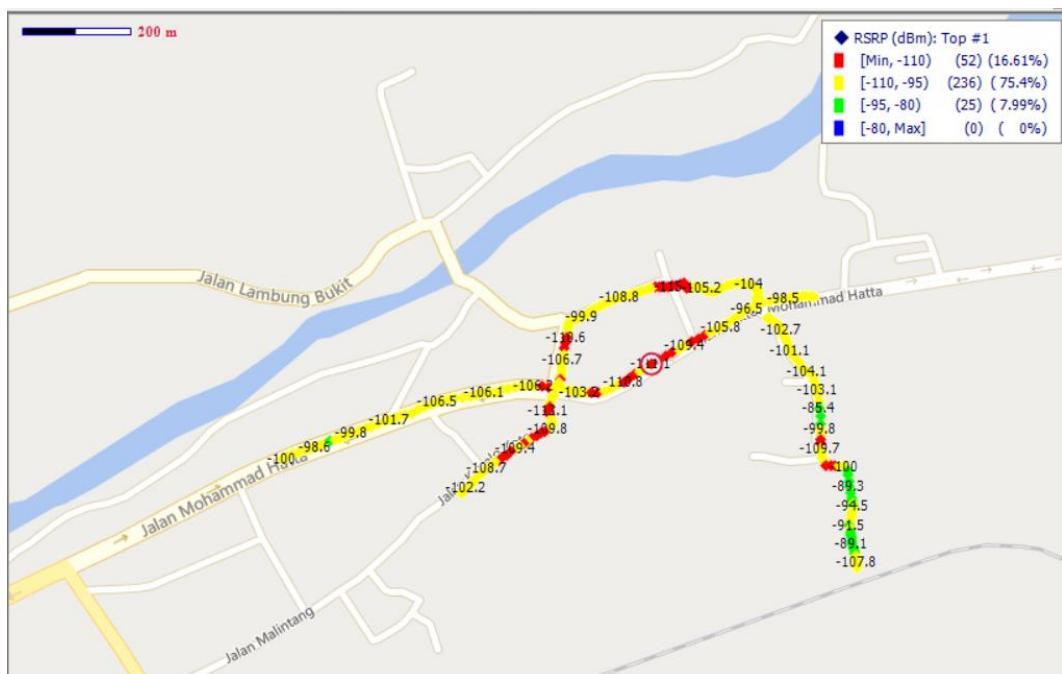
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berdasarkan hasil pengukuran pada kedua teknologi dan kedua operator didapatkan hasil pengolahan data sebagai berikut.

4.1.1 Hasil Pengolahan data Teknologi Time Division Duplex

1. *Reference Signal Received Power (RSRP)*



Gambar 4. 1 Hasil Pengolahan data RSRP Smartfren

Pada gambar 4.1 dapat dilihat kualitas parameter RSRP dari 313 titik yang terukur, pada *range Bad* (<-110 dBm) *range Low* ($(-110) \text{ dBm} \leq x < (-95) \text{ dBm}$), *range Good* ($-95 \text{ dBm} \leq x < (-80) \text{ dBm}$), dan untuk *range Excellent* ($(-80) \leq x$).

Dari hasil *pengolahan data* dapat dilihat hasil RSRP telah mencapai 100%. Dimana *range Bad* (<-110 dBm) memiliki presentase 16,61%, *range Low* ((-110) dBm \leq x < (-95) dBm) memiliki presentase 75,4%, *range Good* (-95) dBm \leq x < (-80) dBm) memiliki presentase 7.99%, dan untuk *range Excellent* ((-80 \leq x)dBm) memiliki presentase 0%

Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* -110 dBm sampai -95 dBm. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “Low” atau yang mana kualitas pada daerah tersebut cukup buruk untuk level penerimaan dayanya.



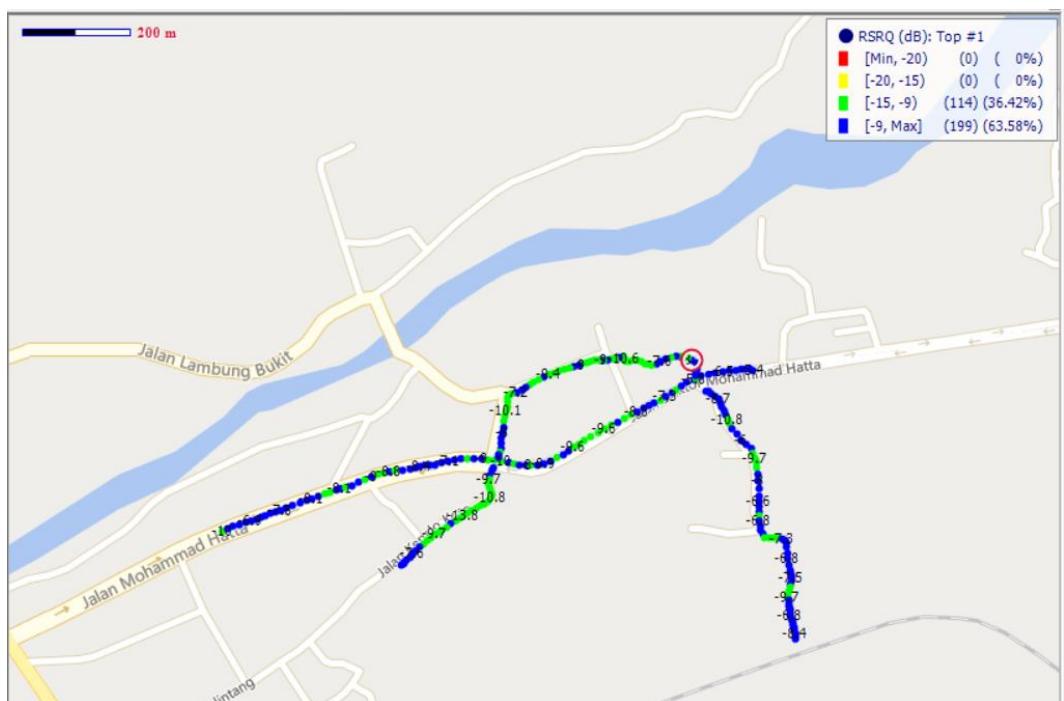
Gambar 4. 2 Hasil Pengolahan data RSRP Telkomsel

Berdasarkan gambar 4.2 hasil pengolahan data dapat dilihat kualitas parameter RSRP dari 312 titik yang terukur. Dari hasil pengolahan data pada

operator telkomsel yang mana dapat dilihat hasil RSRP telah mencapai 100%. Dimana *range Low* ($-110 \text{ dBm} \leq x < -95 \text{ dBm}$) memiliki presentase 41.07%, *range Good* ($-95 \text{ dBm} \leq x < -80 \text{ dBm}$) memiliki presentase 52.5% sedangkan *range Excellent* ($-80 \leq x \text{ dBm}$) memiliki presentase 6.43%

Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* -95 dBm sampai -80 dBm. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Good*” atau sangat baik untuk level penerimaan daya pada daerah tersebut.

2. Reference Signal Received Quality (RSRQ)

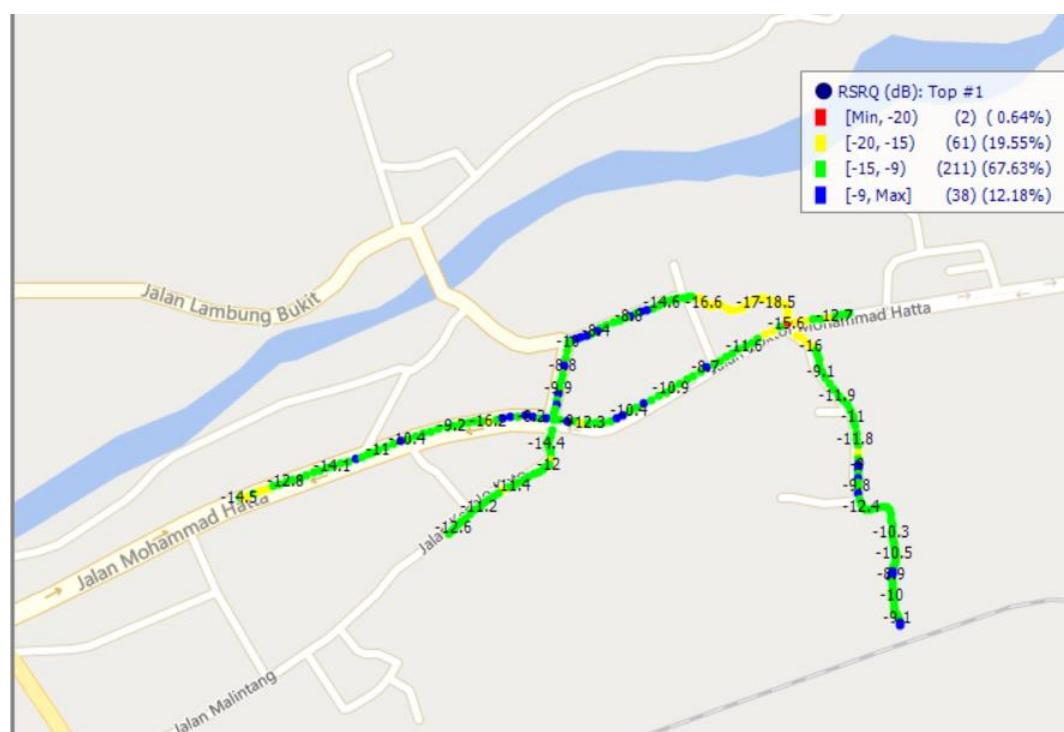


Gambar 4. 3 Hasil Pengolahan data RSRQ Smartfren

Pada gambar 4.3 dapat dilihat kualitas parameter RSRQ dari 313 titik yang terukur, pada *range Bad* ($x < -20 \text{ dB}$) *range Low* ($-19 \text{ dB} \leq x < -15 \text{ dB}$), *range Good* ($-15 \text{ dB} \leq x < -9 \text{ dB}$), dan untuk *range Excellent* ($-9 \leq x \text{ dB}$).

Dari hasil *pengolahan data* dapat dilihat hasil RSRQ telah mencapai 100%. Dimana *range Good* ($-15 \leq x < -9$ dB) memiliki presentase 36.42% sedangkan *range Excellent* ($(-9 \leq x)$ dB) memiliki presentase 63.58%

Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* -9 dB sampai max dB. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Excellent*” atau sangat bagus pada kualitas jaringan yang tersedia.

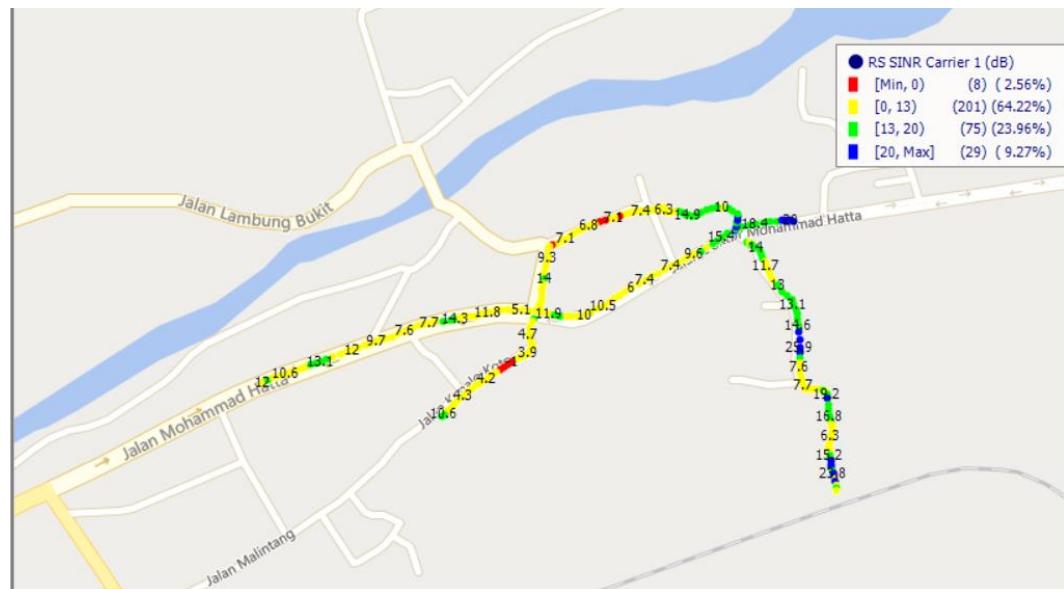


Gambar 4. 4 Hasil Pengolahan data RSRQ Telkomsel

Pada gambar 4.4 dapat dilihat kualitas parameter RSRQ pada 312 titik yang terukur. Dari hasil *Pengolahan data* dapat dilihat hasil RSRQ telah mencapai 100%. Dimana *range Bad* ($x < -20$ dB) memiliki presentase 0.64%, *range Low* ($(-20) \leq x < (-15)$ dB) memiliki presentase 19,55%, *range Good* ($-15 \leq x < (-9)$ dB) memiliki presentase 67.63%, sedangkan *range Excellent* ($(-9 \leq x)$ dB) memiliki presentase 12.18%.

Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* -15 dB sampai -9 dB. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Good*” yang mana kualitas jaringan pada daerah ini bagus untuk kualitas sinyal.

3. *Signal to Interference Noise Ratio (SINR)*



Gambar 4. 5 Hasil Pengolahan data SINR Smartfren

Pada gambar 4.5 dapat dilihat kualitas parameter SINR dari 313 titik yang terukur, pada *range Bad* ($x < 0$ dB), *range Low* ($0 \leq x < 13$ dB), *range Good* ($13 \leq x < 20$ dB), dan untuk *range Excellent* ($20 \leq x$ dB).

Dari hasil *pengolahan data* dapat dilihat hasil SINR telah mencapai 100%. Dimana *range Bad* ($x < 0$ dB) memiliki presentase 2.56%, *range Low* ($0 \leq x < 13$ dB) memiliki presentase 64.22%, *range Good* ($13 \leq x < 20$ dB) memiliki presentase 23.96%, dan untuk *range Excellent* ($20 \leq x$ dB) memiliki presentase 9.27%.

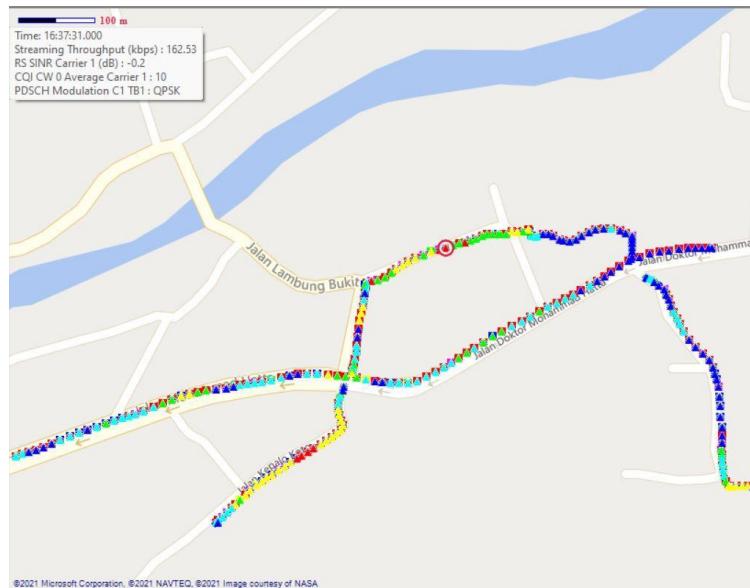
Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* 0 dB sampai 13 dB. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Low*” atau kurang baik untuk interferensi sinyal terhadap power pada daerah tersebut.

Dari hasil pengolahan data terdapat beberapa titik *badspot* pada hasil pengukuran nilai SINR. Berikut pengukuran pada titik *badspot* pada gambar berikut.



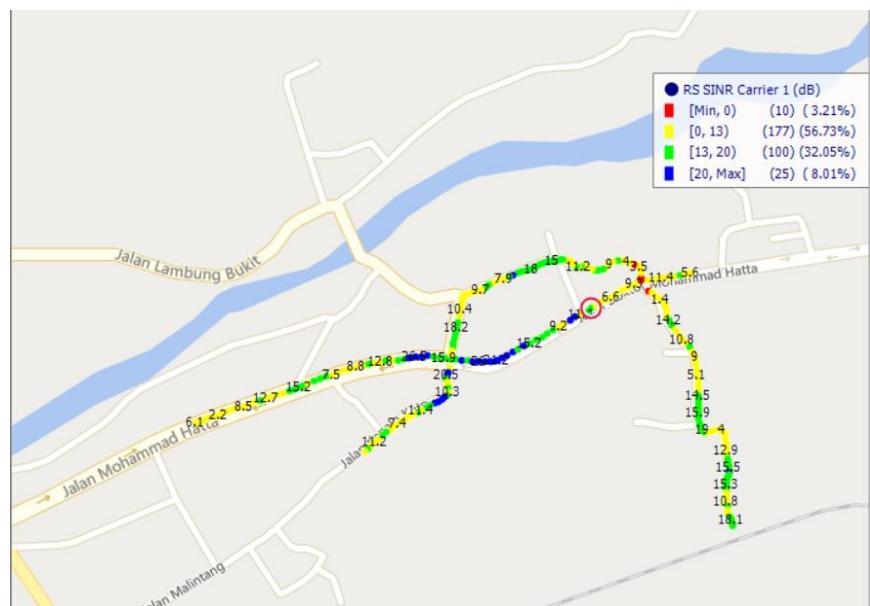
Gambar 4. 6 Hasil SINR untuk Titik Badspot

Pada gambar 4.6, dapat dilihat hasil pengukuran pada titik *badspot* yang dilingkari. Pada gambar nilai SINR berada pada -3.6 dB, streaming *throughput* bernilai 44.87 Kbps, nilai CQI berada pada rata-rata 7.6 dan modulasi yang terbaca ialah QPSK.



Gambar 4. 7 Hasil SINR untuk Titik *Badspot*

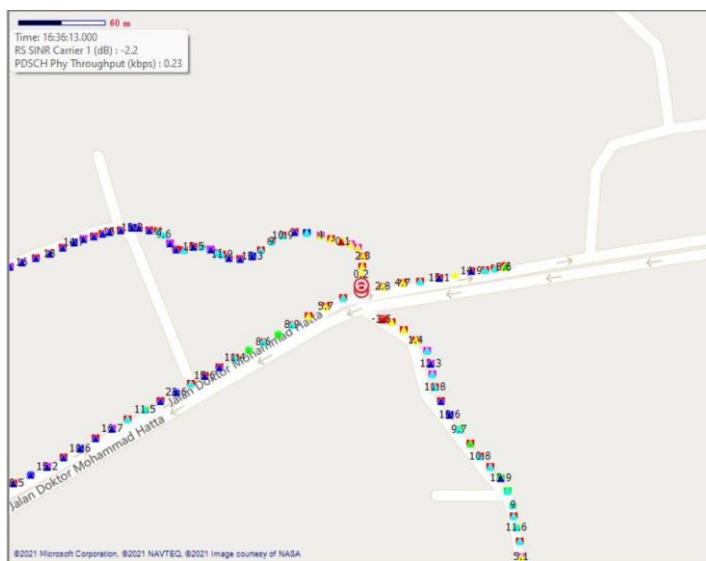
Pada gambar 4.7, dapat dilihat hasil pengukuran pada titik *badspot* yang dilingkari. Pada gambar nilai SINR berada pada -0.2 dB, streaming *throughput* bernilai 162.53 Kbps, nilai CQI berada pada rata-rata 10 dan modulasi yang terbaca ialah QPSK.



Gambar 4. 8 Hasil Pengolahan data SINR Telkomsel

Pada gambar 4.8 dapat dilihat kualitas parameter SINR berdasarkan 312 titik yang terukur. Dari hasil *Pengolahan data*, dapat dilihat hasil RSRP telah mencapai 100%. Dimana *range Bad* ($x < 0$ dB) memiliki presentase 3.21%, *range Low* ($(0) \text{ dB} \leq x < (13)$ dB) memiliki presentase 56.73%, *range Good* ($(13) \text{ dB} \leq x < (20)$ dB) memiliki presentase 32.05%, dan untuk *range Excellent* ($(20 \leq x)$ dB) memiliki presentase 8.01%.

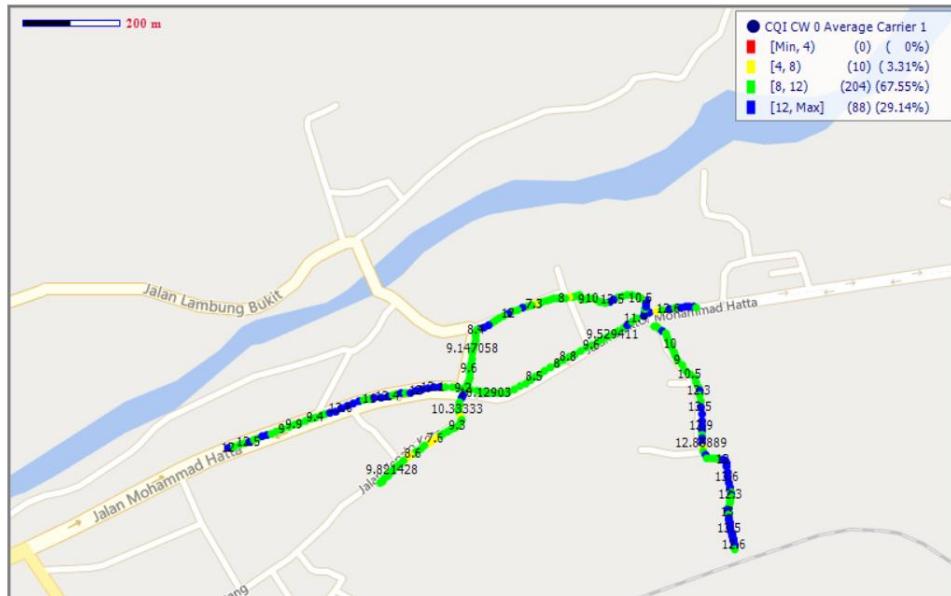
Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* 0 dB sampai 13 dB. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Low*” pengaruh power terhadap *interference* dan *noise* termasuk tinggi.



Gambar 4. 9 Hasil SINR untuk Titik Badspot

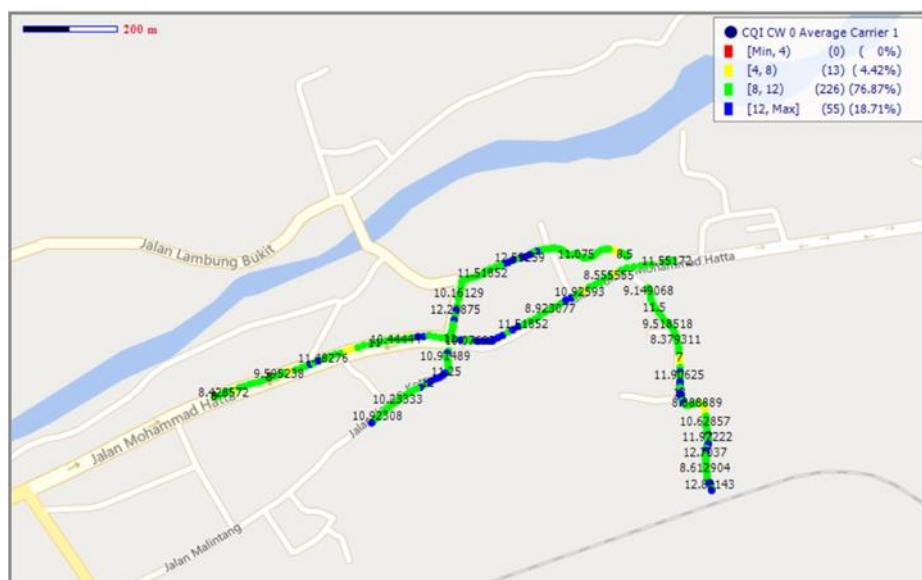
Pada gambar 4.9, dapat dilihat hasil pengukuran pada titik *badspot* yang dilingkari. Pada gambar nilai SINR berada pada -2.2 dB, streaming *throughput* bernilai 0.23 Kbps.

4. Channel Quality Indicator (CQI)



Gambar 4. 10 Hasil Pengolahan data CQI Smartfren

Pada gambar 4.10 dapat dilihat hasil CQI berdasarkan 302 titik yang terukur. Dari hasil Pengolahan data, dapat dilihat hasil CQI telah mencapai 100%. Dimana range $4 \leq x < 8$ memiliki presentase 3.31%, dan range $8 \leq x < 12$ memiliki presentase 67.55%, range $12 \leq x$ memiliki presentase 29.14%.



Gambar 4. 11 Hasil Plotting CQI Telkomsel

Pada gambar 4.11 dapat dilihat hasil CQI berdasarkan 294 titik yang terukur. Dari hasil Pengolahan data, dapat dilihat hasil CQI telah mencapai 100%. Dimana range $4 \leq x < 8$ memiliki presentase 4.42%, dan range $8 \leq x < 12$ memiliki presentase 76.87%, range $12 \leq x$ memiliki presentase 18.71%.

5. *Throughput dan Latency*

Pada pengukuran bagian *throughput* dilakukan dengan cara menjumlahkan nilai rata-rata dari tiap *serving cell* yang dilayani. Nilai *throughput* dipengaruhi oleh modulasi yang didapatkan dari hasil pengukuran di setiap rute yang dilakukan. Perhitungan ini dilakukan untuk setiap Frequency Dan provider yang digunakan. Berikut korelasi antara modulasi terhadap nilai *throughput* untuk kedua provider dan menggunakan teknologi LTE TDD yang didapatkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Korelasi Modulasi terhadap Nilai *Throughput* Provider Telkomsel

Serving Cell PCI	PDSCH Phy <i>Throughput</i> (kbps)			PDSCH TB1 Modulation Type		
	Mean	Min	Max	QPSK	16QAM	64QAM
162	6,8	0,1	85,6	80,0	15,0	5,0
163	562,7	0,1	6294,9	43,1	21,5	35,4
164	1205,7	0,0	14124,2	36,6	30,5	32,9
217	6,9	6,9	6,9	100,0		
218	3,9	3,8	3,8	100,0		
291	543,2	0,1	5786,8	60,0	11,4	28,6

Tabel 4. 2 Korelasi Modulasi terhadap Nilai *Throughput* Provider Smartfren

Serving Cell PCI	PDSCH Phy <i>Throughput</i> (kbps)			PDSCH TB1 Modulation Type		
	Mean	Min	Max	QPSK	16QAM	64QAM
191	1025,8	819,7	1232,0	100,0		
326	807,1	0,0	3994,9	100,0		
409	974,8	0,0	3952,1	100,0		

Dari kedua tabel dapat dilihat pengaruh modulasi terhadap nilai *throughput* yang didapatkan dari setiap *serving cell* yang dilayani, hal ini karena modulasi mempengaruhi nilai *throughput* karena. Sehingga penggunaan modulasi QAM memiliki nilai *throughput* lebih baik dari pada penggunaan modulasi PSK. Sedangkan untuk *Latency* dan packet loss didapatkan dari perhitungan rata-rata dari tiap log file yang telah diukur yang dapat dilihat pada halaman lampiran. Sehingga dari hasil tersebut didapatkan nilai *throughput*, *Latency* dan *packet loss* dari kedua provider pada mode LTE TDD seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Hasil *Throughput* dan *Latency*

Provider	<i>Throughput</i> (Kbps)	<i>Latency</i> (ms)
Smartfren	882.14	49
Telkomsel	891.16	48

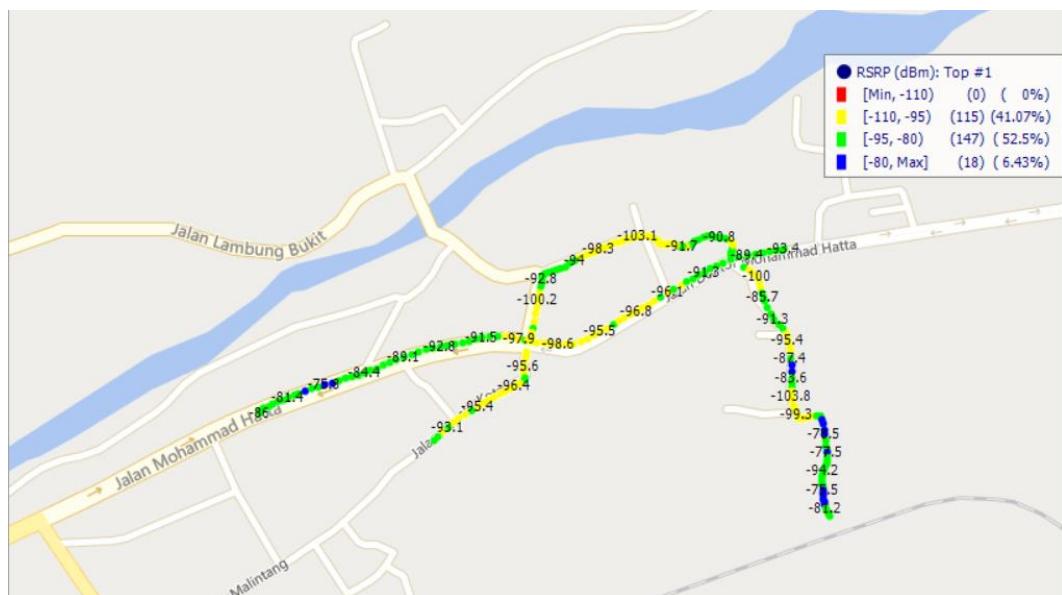
Dari hasil pengukuran dapat dilihat hasil *throughput* operator telkomsel memiliki nilai lebih baik daripada operator smartfren. Dimana operator telkomsel memiliki nilai *throughput* sebesar 891.16 Kbps sedangkan operator smartfren memiliki nilai *throughput* sebesar 882.14 Kbps yang mana nilai *throughput* berada pada *range* nilai cukup baik untuk melakukan proses streaming berdasarkan nilai *downlink*.

Sedangkan untuk *Latency*, data diambil berdasarkan *prefetching to reproducing streaming*. Pada *Latency* kedua operator memiliki nilai yang tidak terlalu jauh, yang mana *Latency* pada operator telkomsel sebesar 48 ms sedangkan

operator smartfren sebesar 49 ms. Berdasarkan nilai QoS nilai ini berada pada *range* yang baik untuk parameter *Latency*.

4.1.2 Hasil Pengolahan data Teknologi Frequency Division Duplex

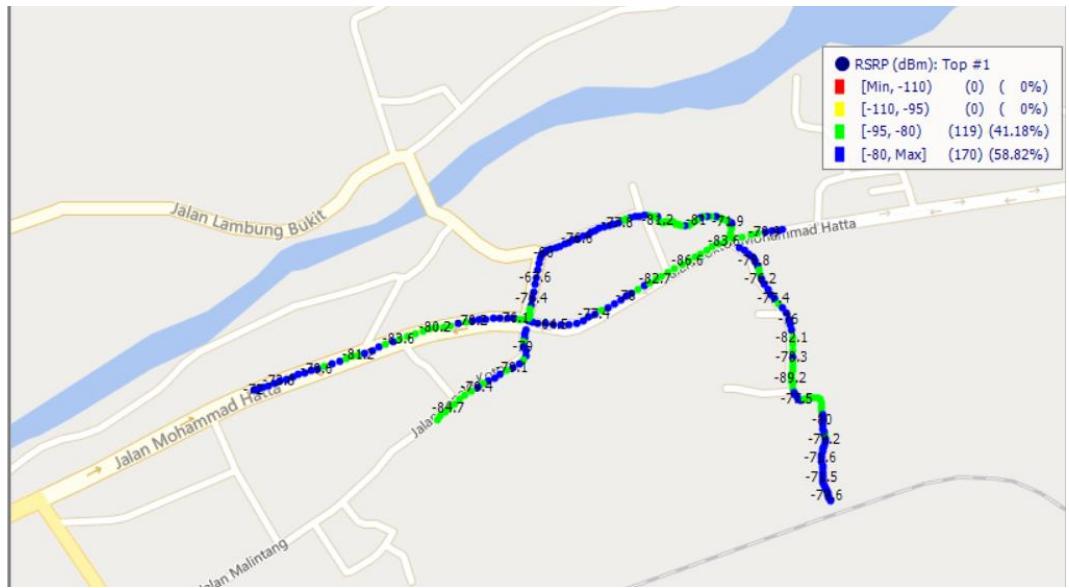
1. Reference Signal Received Power (RSRP)



Gambar 4. 12 Hasil Pengolahan data RSRP Smartfren

Berdasarkan gambar 4.12, hasil pengolahan data dapat dilihat kualitas parameter RSRP dari 280 titik yang diukur. Dari hasil pengolahan data dapat dilihat hasil RSRP telah mencapai 100%. Dimana *range Low* ($-110 \text{ dBm} \leq x < -95 \text{ dBm}$) memiliki persentase 41.07%, *range Good* ($-95 \text{ dBm} \leq x < -80 \text{ dBm}$) memiliki persentase 52.5% sedangkan *range Excellent* ($-80 \leq x \text{ dBm}$) memiliki persentase 6.43%.

Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* -110 dBm sampai -95 dBm . Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Low*” atau kurang baik untuk level penerimaan daya pada daerah tersebut.



Gambar 4. 13 Hasil Pengolahan data RSRP Telkomsel

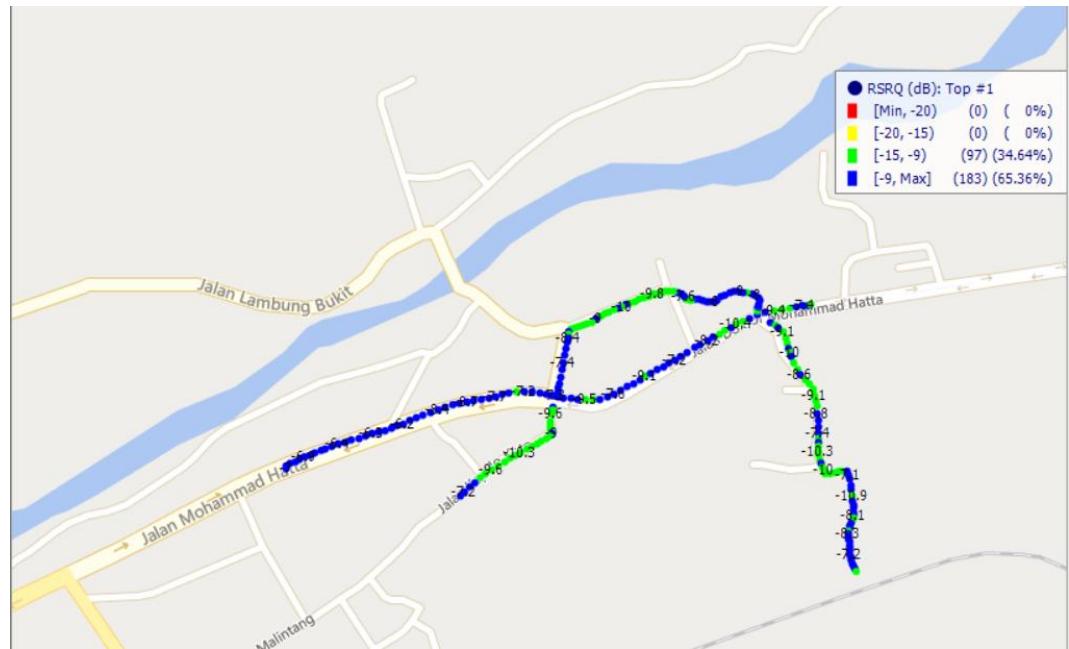
Pada gambar 4.13, dapat dilihat kualitas parameter RSRP berdasarkan 289 titik yang terukur, pada *range Bad* (<-110 dBm) *range Low* ($(-110) \text{ dBm} \leq x < (-95)$ dBm), *range Good* ($-95 \leq x < (-80)$ dBm), dan untuk *range Excellent* ($(-80 \leq x)$ dBm).

Dari hasil *pengolahan data* dapat dilihat hasil RSRP telah mencapai 100%.

Dimana *range Good* ($-95 \leq x < (-80)$ dBm) memiliki presentase 41.18%, dan untuk *range Excellent* ($(-80 \leq x)$ dBm) memiliki presentase 58.82%

Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* -80 dBm. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Excellent*” atau yang mana kualitas penerimaan daya pada daerah tersebut sangat baik.

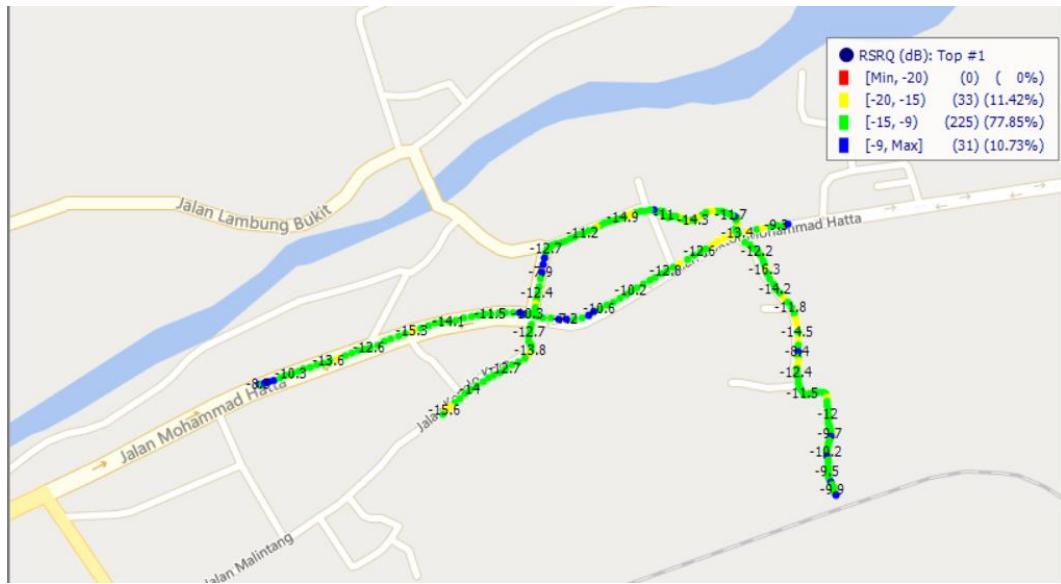
2. Reference Signal Received Quality (RSRQ)



Gambar 4. 14 Hasil Pengolahan data RSRQ Smartfren

Pada gambar 4.14 dapat dilihat kualitas parameter RSRQ dari 280 titik yang terukur. Dari hasil *Pengolahan data* dapat dilihat hasil RSRQ telah mencapai 100%. Dimana *range Good* ($-15 \text{ dB} \leq x < (-9) \text{ dB}$) memiliki presentase 34.64% sedangkan *range Excellent* ($(-9 \leq x) \text{ dB}$) memiliki presentase 63.63%

Dengan rata- rata wilayahnya yang memiliki warna indikator hijau dan biru pada *range* -9 dB sampai max dB. Sehingga dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI, wilayah ini berada pada kategori “*Excellent*” yang mana kualitas jaringan pada daerah ini sangat baik untuk kualitas jaringan pada jaringan LTE.



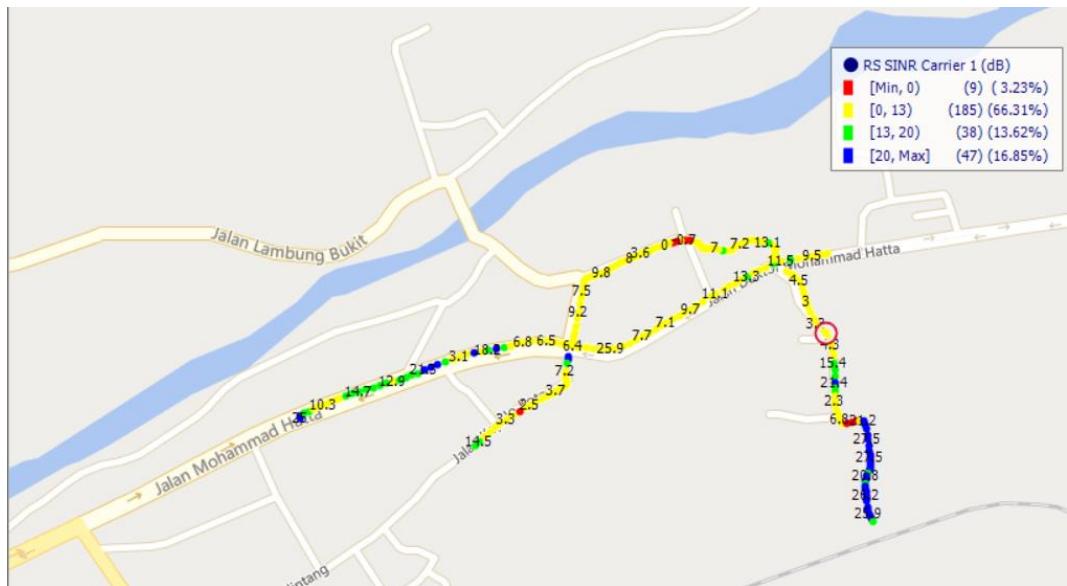
Gambar 4. 15 Hasil Pengolahan data RSRQ Telkomsel

Pada gambar 4.15, dapat dilihat kualitas parameter RSRQ dari 289 titik yang terukur, pada *range Bad* ($x < -20$ dB), *range Low* ($(-20) \text{ dB} \leq x < (-15) \text{ dB}$), *range Good* ($(-15) \text{ dB} \leq x < (-9) \text{ dB}$), dan untuk *range Excellent* ($(-9 \leq x) \text{ dB}$).

Dari hasil *pengolahan data* dapat dilihat hasil RSRQ telah mencapai 100%. Dimana *range Low* ($(-20) \text{ dB} \leq x < (-15) \text{ dB}$) memiliki presentase 11,42%, *range Good* ($(-15) \text{ dB} \leq x < (-9) \text{ dB}$) memiliki presentase 77.85%, sedangkan *range Excellent* ($(-9 \leq x) \text{ dB}$) memiliki presentase 10.73%.

Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* -15 dB sampai -9 dB. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Good*” yang mana kualitas jaringan pada daerah ini bagus untuk kualitas sinyal.

3. Signal to Interference Noise Ratio (SINR)



Gambar 4. 16 Hasil Pengolahan data SINR Smartfren

Pada gambar 4.16, dapat dilihat kualitas parameter berdasarkan 280 titik yang terukur. Dari hasil *Pengolahan data*, dapat dilihat hasil RSRP telah mencapai 100%. Dimana *range Bad* ($x < 0$ dB) memiliki presentase 3.23%, *range Low* ($0 \leq x < 13$ dB) memiliki presentase 66.32%, *range Good* ($13 \leq x < 20$ dB) memiliki presentase 13.62%, dan untuk *range Excellent* ($20 \leq x$) memiliki presentase 16.85%.

Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* 0 dB sampai 13 dB. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Low*” yang mana pengaruh power terhadap *interference* dan *noise* termasuk tinggi.

Dari hasil pengolahan data terdapat beberapa titik *badspot*, yang mana titik tersebut mempengaruhi nilai *throughput*. Hal ini karena nilai dari SINR

menentukan nilai CQI yang berdampak pada penggunaan modulasinya dapat dilihat pada bab II Berikut hasil titik *badspot* pada hasil pengolahan data SINR.



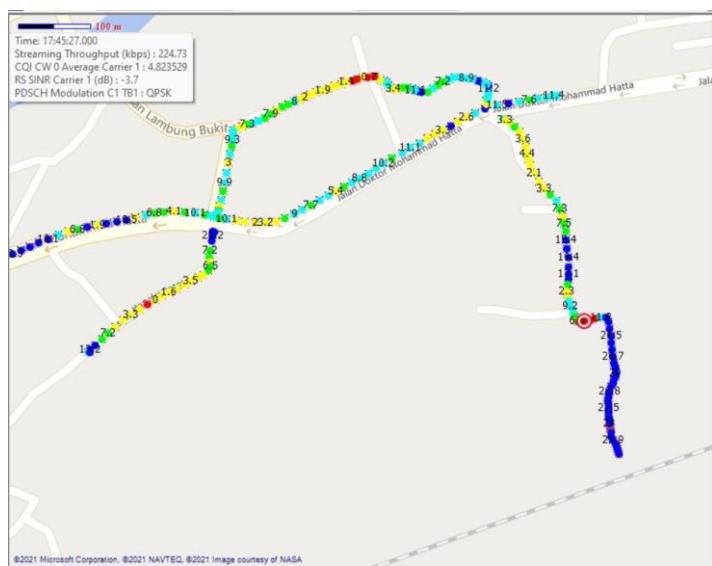
Gambar 4. 17 Hasil SINR untuk Titik Badspot

Pada gambar 4.17, dapat dilihat hasil pengukuran pada titik *badspot* yang dilingkari. Pada gambar nilai SINR berada pada -0.1 dB, streaming *throughput* bernilai 0 Kbps, nilai CQI berada pada rata-rata 7.078948 dan modulasi yang terbaca ialah QPSK.



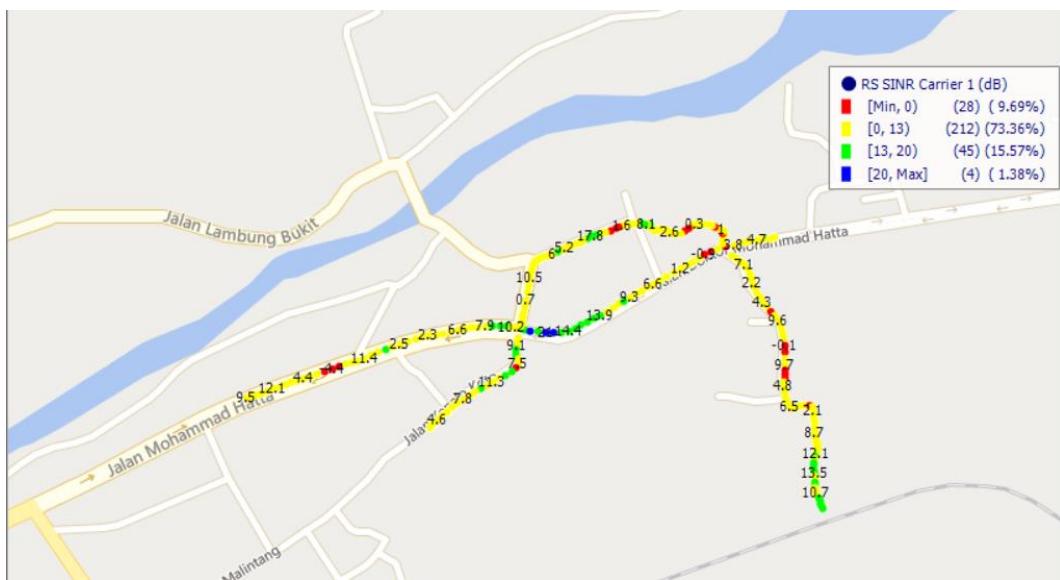
Gambar 4. 18 Hasil SINR untuk Titik Badspot

Pada gambar 4.18, dapat dilihat hasil pengukuran pada titik *badspot* yang dilingkari. Pada gambar nilai SINR berada pada -2.8 dB, streaming *throughput* bernilai 0 Kbps, nilai CQI berada pada rata-rata 6 dan modulasi yang terbaca ialah QPSK.



Gambar 4. 19 Hasil SINR untuk Titik Badspot

Pada gambar 4.19, dapat dilihat hasil pengukuran pada titik *badspot* yang dilingkari. Pada gambar nilai SINR berada pada -3.7 dB, streaming *throughput* bernilai 224.73 Kbps, nilai CQI berada pada rata-rata 4.823529 dan modulasi yang terbaca ialah QPSK.



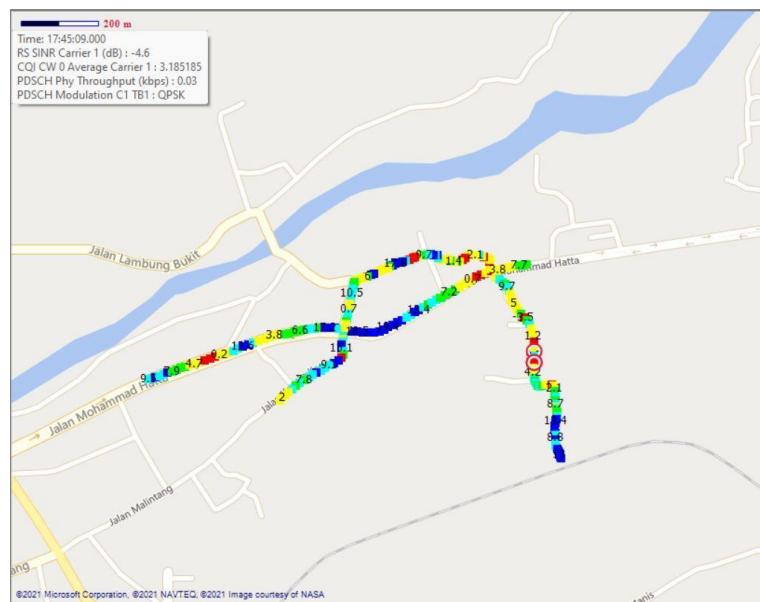
Gambar 4. 20 Hasil Pengolahan data SINR Telkomsel

Pada gambar 4.20 dapat dilihat kualitas parameter SINR dari 289 titik yang terukur, pada *range Bad*($x < 0$ dB), *range Low* ($0 \leq x < 13$ dB), *range Good* ($13 \leq x < 20$ dB), dan untuk *range Excellent* ($x \geq 20$ dB).

Dari hasil *pengolahan data* dapat dilihat hasil SINR telah mencapai 100%. Dimana *range Bad*($x < 0$ dB) memiliki persentase 9.69%, *range Low* ($0 \leq x < 13$ dB) memiliki persentase 73.63%, *range Good* ($13 \leq x < 20$ dB) memiliki persentase 15.57%, dan untuk *range Excellent* ($x \geq 20$ dB) memiliki persentase 1.38%.

Dengan rata- rata wilayahnya pada *range* 0 dB sampai 13 dB. Dari hasil ini, jika dibandingkan dengan KPI wilayah ini berada pada kategori “*Low*” atau kurang baik untuk interferensi sinyal terhadap power pada daerah tersebut.

Dari hasil pengolahan data terdapat beberapa titik *badspot* pada hasil pengukuran nilai SINR. Berikut pengukuran pada titik *badspot* pada gambar berikut.



Gambar 4. 21 Hasil SINR untuk Titik Badspot

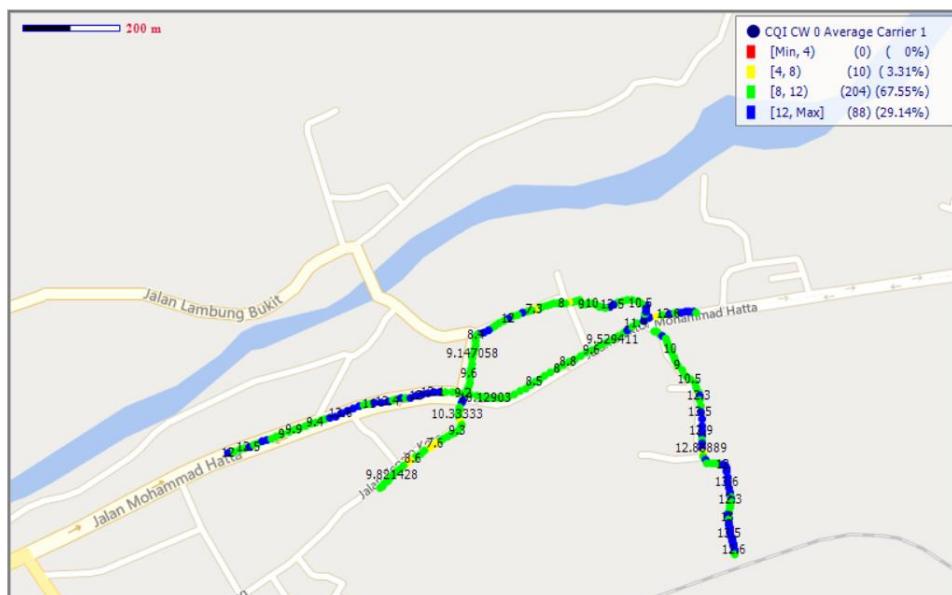
Pada gambar 4.21, dapat dilihat hasil pengukuran pada titik *badspot* yang dilingkari. Pada gambar nilai SINR berada pada -4.6 dB, streaming *throughput* bernilai 0.03 Kbps, nilai CQI berada pada rata-rata 3.185185 dan modulasi yang terbaca ialah QPSK.



Gambar 4. 22 Hasil SINR untuk Titik Badspot

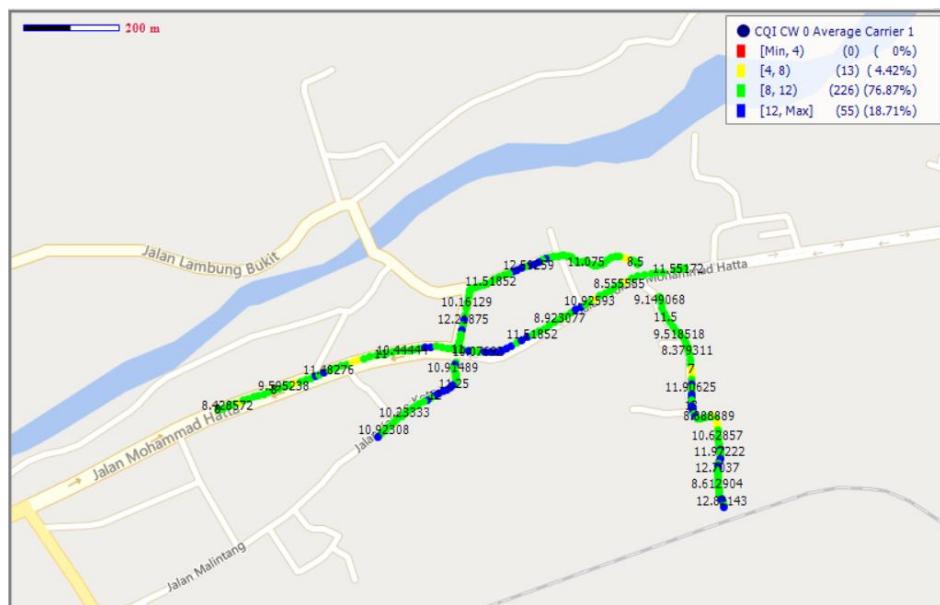
Pada gambar 4.22, dapat dilihat hasil pengukuran pada titik *badspot* yang dilingkari. Pada gambar nilai SINR berada pada -6.2 dB, streaming *throughput* bernilai 232.44 Kbps, nilai CQI berada pada rata-rata 5.233333.

4. *Channel Quality Indicator (CQI)*



Gambar 4. 23 Hasil Pengolahan data CQI Smartfren

Pada gambar 4.23 dapat dilihat hasil CQI berdasarkan 302 titik yang terukur. Dari hasil Pengolahan data, dapat dilihat hasil CQI telah mencapai 100%. Dimana $range\ 4 \leq x < 8$ memiliki presentase 3.31%, dan $range\ 8 \leq x < 12$ memiliki presentase 67.55%, $range\ 12 \leq x$ memiliki presentase 29.14%.



Gambar 4. 24 Hasil Pengolahan data CQI Telkomsel

Pada gambar 4.24 dapat dilihat hasil CQI berdasarkan 294 titik yang terukur. Dari hasil Pengolahan data, dapat dilihat hasil CQI telah mencapai 100%. Dimana $range\ 4 \leq x < 8$ memiliki presentase 4.42%, dan $range\ 8 \leq x < 12$ memiliki presentase 76.87%, $range\ 12 \leq x$ memiliki presentase 18.71%.

5. *Throughput dan Latency*

Pengukuran nilai *throughput*, *Latency* pada mode LTE FDD sama seperti perhitungan LTE TDD dilihat dari modulasi yang melayani *cell*. Berikut korelasi antara modulasi terhadap *throughput* pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4. 4 Korelasi Modulasi terhadap Nilai *Throughput* Provider Telkomsel

Servin g Cell PCI	PDSCH Phy <i>Throughput</i> (kbps)			PDSCH TB1 Modulation Type		
	Mean	Min	Max	QPS K	16QAM	64QAM
15	2,7	2,7	2,7	100		
128	642,9	0	2633,7	100		
163	564,3	0	4713,3	13,6	31,8	54,6
164	1009,8	0	10381,9	20,9	46,5	32,6
255	1226,7	0,1	12750,9	16,7	83,3	
261	730,8	0	7878	50	50	
262	239,6	0	1372,5	50	33,3	16,7

Tabel 4. 5 Korelasi Modulasi terhadap Nilai *Throughput* Provider Smartfren

Servin g Cell PCI	PDSCH Phy <i>Throughput</i> (kbps)			PDSCH TB0 Modulation Type		
	Mean	Min	Max	QPS K	16QAM	64QAM
326	756,6	0	4962,4	100		
357	1034,7	0	3631,2	100		
409				100		

Sehingga dari hasil tersebut didapatkan nilai *throughput*, *Latency* dan *packet loss* dari kedua provider pada mode LTE FDD seperti pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil *Throughput* dan *Latency*

Provider	<i>Throughput</i> (Kbps)	<i>Latency</i> (ms)
Smartfren	831.21	77
Telkomsel	820.83	68

Dari hasil pengukuran dapat dilihat hasil *throughput* operator smartfren memiliki nilai lebih baik daripada operator telkomsel. Dimana operator smartfren

memiliki nilai *throughput* sebesar 831.21 Kbps sedangkan operator telkomsel memiliki nilai *throughput* sebesar 820.83 Kbps yang mana nilai *throughput* berada pada *range* nilai cukup baik untuk melakukan proses streaming berdasarkan nilai *downlink*.

Sedangkan untuk *Latency*, data diambil berdasarkan *prebuffering to reproducing streaming*. Pada *Latency* kedua operator memiliki nilai yang berbeda jauh tetapi masih berada pada *range* QoS yang baik, yang mana *Latency* pada operator telkomsel sebesar 68 ms sedangkan operator smartfren sebesar 77 ms.

4.2 Pembahasan

Pada pembahasan ini dilakukan pengambilan tiga titik pengujian untuk masing-masing parameter DT terhadap *Service Integrity* dan pengaruh penggunaan LTE TDD dan LTE FDD terhadap *Service Integrity*.

4.2.1 Pengaruh Parameter DT terhadap *Service Integrity*

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil titik pengujian dengan kondisi yang berbeda untuk melihat pengaruh tiap-tiap parameter DT terhadap *Service Integrity* pada kedua teknologi dan operator. Berikut pengaruh parameter DT terhadap modulasi dan *service integrity* pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4. 7 Parameter DT Operator Telkomsel

TDD	Kondisi	RSRP (dBm)	RSR Q (dB)	SINR (dB)	CQI	Thp (Kbps)	Modulas i
RSRP Bagus	-77.9	-9.2	13.5	11.22222	1553.65	QPSK	
	-89.1	-8.9	16	11.69444	23335.73	64QAM	

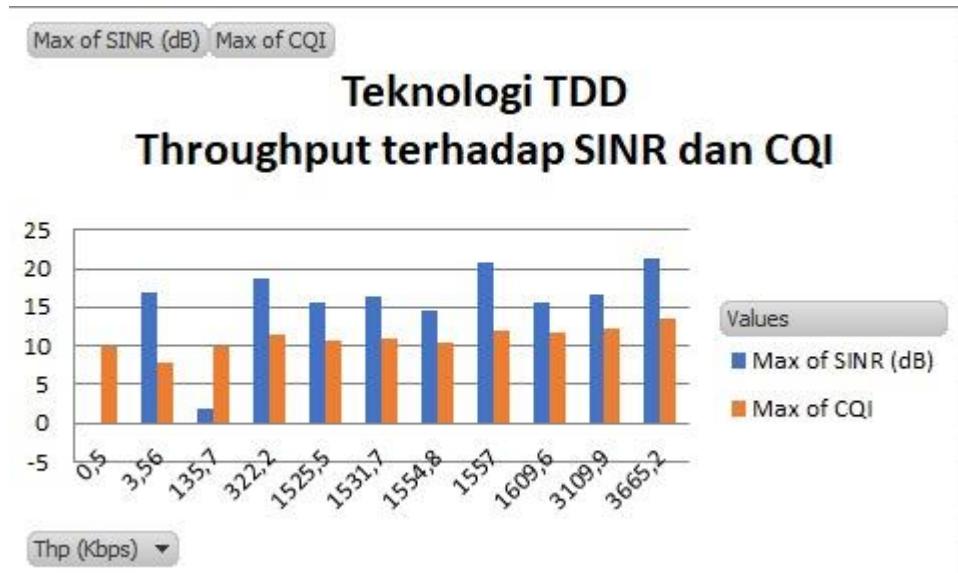
	RSRP						
Buruk	-98.2	-16.9	11.3	9.607142	0.56	QPSK	
RSRQ							
Bagus	-71.6	-8.8	20.3	12.90909	288.16	16QAM	
RSRQ							
Sedang	-84.6	-11.6	11.4	12.48276	41.77	QPSK	
RSRQ							
Buruk	-92.6	-20.2	-5.2	-	0.23	QPSK	
SINR							
Bagus	-79.5	-8.7	23.6	12	-	QPSK	
SINR							
Sedang	-87.5	-16.8	15.3	10.08108	1294.62	64QAM	
SINR							
Buruk	-87.6	-16.3	-0.7	9.133333	0.23	QPSK	
CQI							
Bagus	-84.6	-11.6	11.4	12.48277	41.77	QPSK	
CQI							
Sedang	-81.3	-12.1	15.1	11.66667	0.7	QPSK	
CQI							
Buruk	-86.2	-10.9	11.4	7.518518	0.19	QPSK	
	RSRP						
Bagus	-72.1	-10.7	18.6	15	1707.11	64QAM	
RSRP							
Sedang	-82.1	-10.3	10.2	10.27273	961.84	QPSK	
RSRQ							
Bagus	-81.2	-8.5	15.9	9.424242	958.94	64QAM	
RSRQ							
Sedang	-79.8	-10.3	14.7	11.06667	2.67	QPSK	
RSRQ							
Buruk	-80.6	-15.7	-2.1	7.285714	261.45	QPSK	
SINR							
Bagus	-66.5	-9.3	20.4	14.25	273.69	64QAM	
SINR							
Sedang	-72.1	-10.7	18.6	15	1707.11	64QAM	
SINR							
Buruk	-83	-13.3	2.2	7	0.77	QPSK	
CQI							
Bagus	-80.7	-12.2	15	12.34483	4310.49	64QAM	
CQI							
Sedang	-77.9	-10.6	13.4	10.13889	2310.98	64QAM	
CQI							
Buruk	-86.5	-15.8	-4.6	3.185185	0.03	QPSK	

Tabel 4. 8 Parameter DT Operator Smartfren

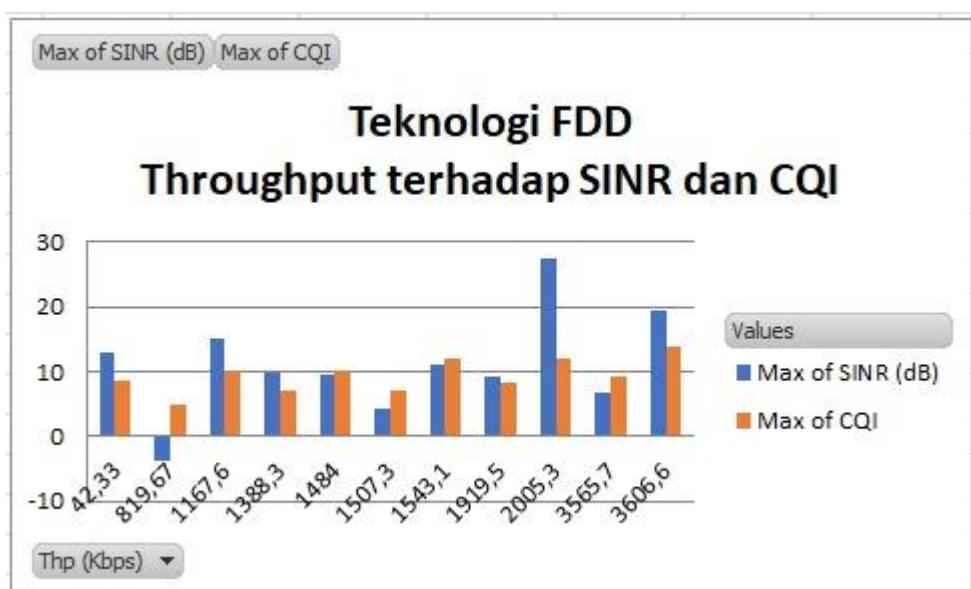
	Kondisi	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SINR (dB)	CQI	Thp (Kbps)	Modulasi
TDD	RSRP Bagus	-85.4	-8	21.3	13.5	3665.2	64QAM
	RSRP Sedang	-101.1	-7.9	15.7	10.6	1525.5	16QAM
	RSRP Buruk	-111.2	-9.6	1.9	10	135.7	QPSK
	RSRQ Bagus	-98.2	-8.3	14.6	10.5	1554.8	64QAM
	RSRQ Sedang	-99.2	-9.7	15.5	11.8	1609.6	64QAM
	-	-	-	-	-	-	-
	SINR Bagus	-100.8	-6.9	20.7	12	1557	64QAM
	SINR Sedang	-100.7	-13.2	16.5	11	1531.7	64QAM
	SINR Buruk	-108.1	-9.9	-0.2	10	0.5	QPSK
	CQI Bagus	-99.3	-6.9	16.6	12.1	3109.9	64QAM
	CQI Sedang	-103.1	-6.7	18.7	11.5	322.2	16QAM
	CQI Buruk	-97.1	-6.5	17	7.727273	3.56	QPSK
FDD	RSRP Bagus	-74.5	-8.9	19.4	14	3606.6	64QAM
	RSRP Sedang	-93.1	-10	6.7	9.1	3565.7	16QAM
	RSRP Buruk	-95.4	-9.1	4.3	7	1507.3	QPSK
	RSRQ Bagus	-94.8	-7.8	9.1	8.4	1919.5	16QAM
	RSRQ Sedang	-95.8	-9.6	13	8.470589	42.33	16QAM
	-	-	-	-	-	-	-
	SINR Bagus	-79.5	-7.3	27.5	12	2005.3	16QAM
	SINR Sedang	-94.2	-8.4	15.2	10.1	1167.6	64QAM
	SINR Buruk	-100.3	-13.6	-3.7	4.823529	819.67	QPSK
	CQI Bagus	-94.4	-7.9	11.1	12.1	1543.1	64QAM
	CQI Sedang	-91.5	-9	9.4	10	1484	16QAM
	CQI Buruk	-92.5	-8.6	9.9	6.9	1388.3	16QAM

Berdasarkan tabel perbandingan tiap kondisi parameter terhadap *service integrity* dan modulasi pada kedua operator dan kedua teknologi yang digunakan. Dari perbandingan titik pengujian terbukti bahwa setiap kenaikan RSRP maka nilai SINR mengalami kenaikan juga hal ini sesuai dengan hasil pengukuran dan teori yang berlaku, dimana dalam jaringan langsung, SINR dan RSRP pada dasarnya disajikan hubungan linier, pada dasarnya jika kisaran pada RSRP, ketika RSRP meningkatkan 10dB, SINR akan meningkatkan 4-6dB. Sedangkan pada hasil RSRQ, nilai RSRP dan nilai SINR tidak mempengaruhi hasil pengukuran pada nilai RSRQ.

Dari hasil pengujian terhadap titik pengujian ini dapat dilihat Pada perbandingan ini dapat dilihat jika nilai SINR mengalami penurunan maka nilai *throughput* yang terukur juga ikut mengalami penurunan dengan penggunaan modulasi yang sesuai dengan nilai CQI yang terukur jika SINR rendah maka modulasi yang digunakan ialah QPSK dengan nilai *throughput* yang rendah sebaliknya jika nilai SINR tinggi maka modulasi yang digunakan juga meningkatkan antara 16QAM atau 64QAM sesuai dengan nilai CQI yang terbaca sehingga *throughput* yang dihasilkan tinggi. Berikut ini grafik pengaruh SINR dan CQI terhadap nilai *throughput* untuk kedua teknologi yaitu LTE TDD dan LTE FDD pada Gambar 4.25 dan Gambar 4.26.



Gambar 4. 25 Grafik Pengaruh SINR dan CQI terhadap nilai *Throughput* pada LTE TDD



Gambar 4. 26 Grafik Pengaruh SINR dan CQI terhadap nilai *Throughput* pada LTE FDD

4.2.2 Pengaruh LTE TDD dan LTE FDD terhadap *Service Integrity*

Pengaruh LTE TDD dan LTE FDD pada *Service Integrity* ini dilihat pada hasil *throughput* dan hasil *latency* pada hasil pengukuran dari kedua teknologi dan

kedua operator. Berikut tabel perbandingan hasil pengukuran pada kedua teknologi terhadap *Service Integrity*.

Tabel 4. 9 Hasil Perbandingan LTE TDD dan LTE FDD pada Service Integrity

Teknologi	Operator			
	Telkomsel		Smartfren	
	Throughput (Kbps)	Latency (ms)	Throughput (Kbps)	Latency (ms)
LTE FDD	820.83	68	831.21	77
LTE TDD	891.16	48	882.14	49

Dari tabel dapat dilihat *throughput* pada teknologi LTE TDD memiliki nilai yang lebih baik untuk kedua operator untuk kecepatan pengiriman data yaitu 891.16 Kbps untuk operator telkomsel, sedangkan operator smartfren memiliki nilai 882.14 Kbps. Sedangkan LTE FDD memiliki nilai yang jauh walaupun tidak signifikan. Pada operator telkomsel memiliki nilai 820.83 Kbps, sedangkan operator smartfren memiliki nilai 831.21 Kbps.

Pada *Latency* dari *prebuffering to reproducing*, LTE TDD memiliki nilai penundaan yang sangat kecil yaitu 48 ms untuk operator telkomsel dan 49 ms untuk operator smartfren sedangkan LTE FDD memiliki penundaan yang besar yaitu 68 ms untuk telkomsel dan 77 untuk operator smartfren.

Dari perbandingan ini dapat dilihat LTE TDD memiliki *performansi* yang jauh lebih baik dibandingkan dengan jaringan LTE FDD, membuat LTE TDD sangat cocok untuk layanan multimedia seperti *live stream*. LTE TDD memiliki probabilitas lebih baik dibandingkan dengan jaringan LTE FDD untuk mempertahankan layanan selama user masih terhubung.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan, penulis dapat menarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Pengukuran *Service Integrity* pada jaringan LTE dilakukan secara *realtime* di lapangan sesuai dengan jalur penelitian dan ENodeB yang terpasang *dedicated mode*.
2. Pengaruh parameter DT terhadap *service integrity* hanya terlihat pada parameter SINR dan CQI. Ketika SINR terukur 21.3 dB dan CQI terukur 13.5 maka *throughput* terukur sebesar 3665.2 Kbps sehingga modulasi yang terukur besar yaitu 64 QAM, sebaliknya jika SINR terukur -0.2 dB dan CQI terukur 10 maka *throughput* terukur 0.5 Kbps sehingga modulasi yang terukur kecil yaitu QPSK.
3. Dari hasil didapatkan LTE TDD memiliki nilai *service integrity* yang lebih baik yaitu *throughput* memiliki nilai 891.16 Kbps dan *latency* sebesar 48 ms untuk Telkomsel sedangkan 882.14 Kbps dan *latency* sebesar 49 ms untuk Smartfren dari pada LTE FDD yang memiliki nilai *throughput* sebesar 820.83 Kbps dan *latency* sebesar 68 ms untuk Telkomsel sedangkan 831.21 Kbps dan *latency* 77 ms untuk Smartfren, sehingga LTE TDD lebih baik dari segi *throughput* maupun *latency* yang terukur.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Sewaktu pengambilan data harus melihat status script yang dijalankan sudah sesuai atau belum terhadap data yang ingin diambil.
2. Untuk penelitian lebih lanjut bisa menambahkan jenis antena yang digunakan.
3. Untuk penelitian lebih lanjut bisa ditambahkan penggunaan kualitas video.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, S. (2016) ‘Evaluasi Kualitas Layanan (Qos) Jaringan Data Seluler Pada Teknologi 4g Lte’, *Jurnal Penelitian Ipteks*, 1, Pp. 26–42.
- Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (2020) *Survei Pengguna Internet Apjii 2019-Q2 2020: Ada Kenaikan 25,5 Juta Pengguna Internet Baru Di Ri, Apjii.*
- Babiker, M. H. And Idris, H. E. (2016) ‘Video Steaming Throughput Performance Analysis Over Lte’, *Iosr Journal Of Electronics And Communication Engineering Ver. I*, 11(1), Pp. 2278–2834. Doi: 10.9790/2834-11112432.
- Ghosh, A. And Ratasuk, R. (2011) *Essentials Of Lte And Lte-A*. Cambridge University Press.
- Grami, A. (2016) ‘Communication Networks’, *Introduction To Digital Communications*, Pp. 457–491. Doi: 10.1016/B978-0-12-407682-2.00011-9.
- Harto, V. A. B., Primananda, R. And Suharsono, A. (2017) ‘Analisis Performansi H.264 Dan H.265 Pada Video Streaming Dari Segi Quality Of Service’, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-Ptiik)* Universitas Brawijaya, 1(10), Pp. 1172–1181.
- Itu-T (2016) ‘Y.4901/L.1601 - Key Performance Indicators Related To The Use Of Information And Communication Technology In Smart Sustainable Cities’, *International Telecommunication Union*. Available At: <Https://Www.Itu.Int/Rec/T-Rec-L.1601-201606-I/En>.
- Mauliya, T. S., Hanafi, H. And Hanafi, H. (2020) ‘Analisis Throughput Video Live Streaming Pada Pengguna Layanan Internet Indihome Dengan Resolusi Layar Berbeda’, *Jurnal Litek : Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 17(1), P. 9. Doi: 10.30811/Litek.V17i1.1779.
- Ningsih, Y. K., Susila, T. And Ismet, R. F. (2004) ‘Analisis Quality Of Service (Qos) Pada Simulasi Jaringan Multiprotocol Label Switching Virtual Private

- Network (Mpls Vpn)', *Jetri*, 3(2), Pp. 33–48.
- Nsaif Shukur, M. A. And Pal, M. (2014) ‘Sc-Fdma & Ofdma In Lte Physical Layer’, *International Journal Of Engineering Trends And Technology*, 12(2), Pp. 74–84. Doi: 10.14445/22315381/Ijett-V12p214.
- Purwanto, B. A. (2013) ‘Analisis Kinerja Penggunaan Modulasi Qpsk , The Analysis Of Usage Performance Of Qpsk , 8psk , 16qam Modulation On Telkom-1 Satellite’, 1, Pp. 45–64.
- Putri, H., Nopiani Damayanti, T. And Tulloh, R. (2017) ‘Analysis Of Mobility Impacts On Lte Network For Video Streaming Services Using Distributed Antenna System’, *Ijait (International Journal Of Applied Information Technology)*, 1(02), P. 79. Doi: 10.25124/Ijait.V1i02.1044.
- Said, S. *Et Al.* (2016) ‘Selection Of Sumba Ongole (So) Cattle Based On Breeding Value And Performance Test’, *Journal Of The Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 41(4), Pp. 175–187. Doi: 10.14710/Jitaa.41.4.175-187.
- Simmonds, M. J. And Ceuppens, L. (1993) ‘Time Division Multiplexing’, *Telecommunications Engineer’s Reference Book*, Pp. 21–1. Doi: 10.1016/B978-0-7506-1162-6.50027-7.
- Tamtama, D. L. And Utami, E. Y. D. (2017) ‘Analisis Kinerja Coverage & Kualitas Sinyal 4g Lte Pada Operator Seluler Di Kota Purbalingga’, *Media Elektrika*, 10(2), P. 8.
- Xincheng Zhang (2018) *Lte Optimization Engineering Handbook*. Singapura: Ieee Press.

LAMPIRAN

A. Report Smartfren 2300

Log File Summary

Stream type	File name	Start date	End date	File duration (h:mm:ss)	Distance (km)
EQ1	S_20210801T1518 32Z	01/08/20 21 15:18	01/08/202 1 15:18	0.08	
	S_20210801T1612 43Z	01/08/20 21 16:12	01/08/202 1 16:16	3.3	1.05
	S_20210801T1622 40Z	01/08/20 21 16:22	01/08/202 1 16:25	2.88	0.54
	S_20210801T1636 08Z	01/08/20 21 16:36	01/08/202 1 16:38	2.58	0.53
	S_20210801T1640 37Z	01/08/20 21 16:40	01/08/202 1 16:42	1.43	0.27

Statistical Summary of Key Metrics

Name of Key Metrics	Bin Count	Mean	Min.	Max.	St. Dev.	Median	75%-ile	90%-ile
RF Conditions								
Top Cell Channel RSSI (dBm)	313	- 76. 0	- 88. 0	- 57. 1	5.7	- 76.9	- 72. 8	- 69. 0
Top Cell RSRP (dBm)	313	- 10. 3.8	- 11. 7.0	- 84. 3	6.5	- 105. 0	- 99. 8	- 95. 6
Top Cell RSRQ (dB)	313	- 8.6	- 13. 8	- 4.8	1.6	-8.4	- 7.4	- 6.5
Serving Cell RS SNR (dB)	313	- 10. 9	- 3.7	- 26. 4	5.8	10.5	14. 1	19. 4
Serving Cell Channel RSSI (dBm)	313	- 76. 2	- 88. 6	- 57. 1	5.8	- 76.9	- 72. 8	- 69. 0
Serving Cell RSRP (dBm)	313	- 10. 4.1	- 11. 7.1	- 84. 3	6.7	105. 0	99. 9	95. 6
Serving Cell RSRQ (dB)	313	- 8.6	- 14. 5	- 4.8	1.8	-8.4	- 7.4	- 6.6

Neighbor Cell Channel RSSI (dBm): N1	158	- 78. 6	- 88. 0	- 62. 3	4.3	- 78.5	- 76. 5	- 74. 1
Neighbor Cell RSRP (dBm): N1	158	- 10. 9.5	- 11. 7.0	- 91. 5	3.5	- 110. 0	- 10. 8.5	- 10. 5.6
Neighbor Cell RSRQ (dB): N1	158	- 10. 8	- 16. 6	- 6.0	2.0	- 10.6	- 9.3	- 8.4
Serving-to-N1 RSRP Ratio (dB)	158	- 1.3	- 4.8	- 9.9	2.8	0.4	3.2	5.4
Rank1 Wideband CQI	313	- 10. 6.7	- 82. 0	- 136. .0	5.9	- 107. 0	- 10. 9.0	- 11. 5.0
UE TX Power (dBm)	304	- 19. 8	- 3.6	- 23. 0	3.4	- 21.3	- 22. 0	- 22. 5
UE TX Power - PUSCH (dBm)	0							
UE TX Power- PUCCH (dBm)	0							
Performance Indicators								
PDSCH Phy Throughput (kbps)	302	- 83. 1.2	- 0.0	- 496. 2.4	- 102. 3.1	- 211. 5	- 15. 26. 5	- 20. 48. 4
PUSCH Phy Throughput (kbps)	302	- 25. 6	- 0.0	- 229. .5	- 33.1	- 11.0	- 42. 0	- 67. 2
PDSCH BLER Carrier 1 (%)	305	- 1.5	- 0.0	- 16. 7	- 2.3	- 0.0	- 2.4	- 4.6
MAC DL Throughput (kbps)								
MAC UL Throughput (kbps)								
RLC Throughput DL (kbps)								
RLC Throughput UL (kbps)								

Statistical Summary of Key Events

Events	Count		Latency Performance Indicator	Mean	Min.	Max.
Attach and Detach						
LTE Attach Request	0					
LTE Attach Rejected	0					
LTE Attach Failed	0					
LTE Attach Accepted	0		EPS UE Attach Request-to-Accept (ms)			

LTE Attach OK	0	EPS Attach Accept-to-Complete (ms)		
LTE UE-initiated Detach Accepted	0	EPS UE Attach Request-to-Complete (ms)		
LTE UE-initiated Detach Completed	0	EPS Attach Accept-to-Complete (ms)		
RRC Connection and Reestablishment				
LTE RRC Connection Request	4			
LTE RRC Connection Reject	0	RRC Connection Request-to-Reject (ms)		
LTE RRC Connection Fail	0			
LTE RRC Connection Setup	4	RRC Connection Request-to-Accept (ms)	27.0	1 99
LTE RRC Connection Complete	4	RRC Connection Request-to-Complete (ms)	27.5	2 100
LTE RRC Connection Release	4			
LTE RRC Reestablishment Request	0			
LTE RRC Reestablishment Reject	0			
LTE RRC Connection Reestablishment	0			
RRC Measurements and Handover				
LTE RRC A1 Event	80			
LTE RRC A2 Event	2			
LTE RRC A3 Event	1			
LTE RRC A4 Event	2			
LTE RRC A5 Event	1			
LTE Consecutive A3 Events	0			
LTE Intra-frequency Handover Failed	0			
LTE Intra-frequency Handover OK	11	LTE eventA3-to-rrcReconfig (ms)	0.0	0 0
		LTE eventA3-to-rrcReconfigComplete (ms)	2.0	2 2

LTE RRC B1 Event	0					
LTE RRC B2 Event	0					
LTE Inter-frequency Handover Failed	0					
LTE Inter-frequency Handover OK	1					
Tracking Area Update						
LTE Tracking area update reject	0					
LTE Tracking area update failed	0					
LTE Tracking area update accept	0					
LTE Tracking area update complete	0					
Misc. Failures and Rejects						
LTE Authentication reject	0					
LTE Service reject	0					
LTE Bearer resource allocation reject	0					
LTE Bearer resource modification reject	0					
LTE PDN connectivity reject	0					
LTE PDN disconnect reject	0					
LTE Authentication failure	0					
LTE Activate dedicated EPS bearer context reject	0					
LTE Activate default EPS bearer context reject	0					
LTE Modify EPS bearer context reject	0					

Per EARFCN Summary

Top 1 Cell DL EARFCN	C ou nt	% of Tota l	Top 1 Cell Channel RSSI (dBm)		
			Mea n	Mi n	M ax

2450	3	1.0	-71.4	71. 8	71. 0
3905 0	10 6	33.9	-77.0	86. 0	67. 5
3919 4	20 4	65.2	-75.5	88. 0	57. 1

Per Top 1 Cell RF Condition Summary

Top Cell Identity	C ou nt	% of Total	Top Cell Channel RSSI (dBm)			Top Cell RSRP (dBm)			Top Cell RSRQ (dB)			
			Mea n	Mi n	M ax	Me a n	Min	Ma x	Me a n	Mi n	Ma x	
326	23 1	73.8	-76.3	88. 0	57. 1	104 .0	117. 0	-	84.3	- 8.6	- 13. 8	- 5.2
357	79	25.2	-75.3	84. 3	67. 3	103 .5	112. 1	-	92.9	- 8.5	- 11. 8	- 4.8
409	3	1.0	-71.4	71. 8	71. 0	99. 3	-	99.8	99.0	- 8.9	- 9.0	- 8.8

Per Serving Cell RF Condition Summary

Serving Cell Identity	C ou nt	% of Total	Serving Cell Channel RS CINR (dB)			Serving Cell RSRP (dBm)			Serving Cell RSRQ (dB)			
			Mea n	Mi n	M ax	Me a n	Min	Ma x	Me a n	Mi n	Ma x	
326	22 2	70.9	12.3	0.6	26. 4	- 104 .0	117. 1	-	84.3	- 8.5	- 13. 2	- 5.2
357	88	28.1	7.3	- 3.7	15. 5	- 104 .5	113. 4	-	92.9	- 9.1	- 14. 5	- 4.8
409	3	1.0	21.1	20. 4	22. 0	- 99. 3	-	99.8	99.0	- 8.9	- 9.0	- 8.8

Per Serving Cell PDSCH *Throughput* and Modulation Summary

Serving Cell PCI	PDSCH Phy Throughput (kbps)			PDSCH BLER Carrier 1 (%)			PDSCH TB0 Modulation Type			PDSCH TB1 Modulation Type		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	QP SK	16Q AM	64Q AM	Q PS K	16 Q A M	64 Q A M
326	756.6	0.0	4962.4	1.5	0.0	16.7	100.0			10.0		
357	1034.7	0.0	3631.2	1.6	0.0	7.8	100.0			10.0		
409				0.0	0.0	0.0	100.0			10.0		

Per Serving Cell PUSCH *Throughput* and Modulation Summary

Serving Cell PCI	PUSCH Phy Throughput (kbps)			UE TX Power (dBm)			UE TX Power - PUSCH (dBm)			PUSCH Modulation Type		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Q PS K	16 Q A M	64 Q A M
326	23.2	0.0	229.5	19.8	3.6	23.0				10.0		
357	32.1	0.0	132.0	20.0	12.1	23.0				10.0		
409				19.9	18.7	21.0				10.0		

B. Report Smartfren 850

Log File Summary

Stream type	File name	Start date	End date	File duration (h:mm:ss)	Distance (km)
MS1	S_20210801T151832Z	01/08/2021 15:18	01/08/2021 15:18	0,08	
	S_20210801T161243Z	01/08/2021 16:12	01/08/2021 16:16	3,3	1,05

	S_20210801 T162240Z	01/08/2021 16:22	01/08/2021 16:25	2,88	0,54
	S_20210801 T163608Z	01/08/2021 16:36	01/08/2021 16:38	2,58	0,53
	S_20210801 T164037Z	01/08/2021 16:40	01/08/2021 16:42	1,43	0,27

Statistical Summary of Key Metrics

Name of Key Metrics	Bin Count	Mean	Min.	Max.	St. Dev.	Median	75%-ile	90%-ile
RF Conditions								
Top Cell Channel RSSI (dBm)	313	-76,0	-88,0	-57,1	5,7	-76,9	-72,8	-69,0
Top Cell RSRP (dBm)	313	-103,8	-117,0	-84,3	6,5	-105,0	-99,8	-95,6
Top Cell RSRQ (dB)	313	-8,6	-13,8	-4,8	1,6	-8,4	-7,4	-6,5
Serving Cell RS SNR (dB)	313	10,9	-3,7	26,4	5,8	10,5	14,1	19,4
Serving Cell Channel RSSI (dBm)	313	-76,2	-88,6	-57,1	5,8	-76,9	-72,8	-69,0
Serving Cell RSRP (dBm)	313	-104,1	-117,1	-84,3	6,7	-105,0	-99,9	-95,6
Serving Cell RSRQ (dB)	313	-8,6	-14,5	-4,8	1,8	-8,4	-7,4	-6,6
Neighbor Cell Channel RSSI (dBm): N1	158	-78,6	-88,0	-62,3	4,3	-78,5	-76,5	-74,1
Neighbor Cell RSRP (dBm): N1	158	-109,5	-117,0	-91,5	3,5	-110,0	-108,5	-105,6

Neighbor Cell RSRQ (dB): N1	158	- 10, .8	- 16, 6	- 6,0	2,0	- 10,6	- 9,3	- 8,4
Serving-to-N1 RSRP Ratio (dB)	158	1, 3	- 4,8	9,9	2,8	0,4	3,2	5,4
Rank1 Wideband CQI	313	10 6, 7	82, 0	136 ,0	5,9	107, 0	10 9,0	11 5,0
UE TX Power (dBm)	304	19 .8	3,6	23, 0	3,4	21,3	22, 0	22, 5
UE TX Power – PUSCH (dBm)	0							
UE TX Power- PUCCH (dBm)	0							
Performance Indicators								
PDSCH Phy Throughput (kbps)	302	83 1, 2	0,0	496 2,4	102 3,1	211, 5	15 26, 5	20 48, 4
PUSCH Phy Throughput (kbps)	302	25 .6	0,0	229 .5	33,1	11,0	42, 0	67, 2
PDSCH BLER Carrier 1 (%)	305	1, 5	0,0	16, 7	2,3	0,0	2,4	4,6
MAC DL Throughput (kbps)								
MAC UL Throughput (kbps)								
RLC Throughput DL (kbps)								
RLC Throughput UL (kbps)								

Statistical Summary of Key Events

Events	Coun t		Latency Performance Indicator	M ea n	M i n.	M a x.
Attach and Detach						
LTE Attach Request	0					
LTE Attach Rejected	0					
LTE Attach Failed	0					
LTE Attach Accepted	0		EPS UE Attach Request-to-Accept (ms)			
LTE Attach OK	0		EPS Attach Accept-to-Complete (ms)			

		EPS UE Attach Request-to-Complete (ms)		
LTE UE-initiated Detach Accepted	0	EPS Attach Accept-to-Complete (ms)		
LTE UE-initiated Detach Completed	0	EPS UE Detach Request-to-Accept (ms)		
		EPS UE Detach Request-to-Complete (ms)		
		EPS UE Detach Accept-to-Complete (ms)		
RRC Connection and Reestablishment				
LTE RRC Connection Request	4			
LTE RRC Connection Reject	0	RRC Connection Request-to-Reject (ms)		
LTE RRC Connection Fail	0			
LTE RRC Connection Setup	4	RRC Connection Request-to-Accept (ms)	27, 0	1 9 9
LTE RRC Connection Complete	4	RRC Connection Request-to-Complete (ms)	27, 5	2 1 0 0
LTE RRC Connection Release	4			
LTE RRC Reestablishment Request	0			
LTE RRC Reestablishment Reject	0			
LTE RRC Connection Reestablishment	0			
RRC Measurements and Handover				
LTE RRC A1 Event	80			
LTE RRC A2 Event	2			
LTE RRC A3 Event	1			
LTE RRC A4 Event	2			
LTE RRC A5 Event	1			
LTE Consecutive A3 Events	0			
LTE Intra-frequency Handover Failed	0			

LTE Intra-frequency Handover OK	11	LTE eventA3-to-rrcReconfig (ms)	0,0	0	0
		LTE eventA3-to-rrcReconfigComplete (ms)	2,0	2	2
		LTE HO rrcReconfig-to-Complete (ms)	26,0	1	0
		LTE HO Time Elapsed Since Last HO (Seconds)	13,01	2,301	6,22
LTE RRC B1 Event	0				
LTE RRC B2 Event	0				
LTE Inter-frequency Handover Failed	0				
LTE Inter-frequency Handover OK	1				
Tracking Area Update					
LTE Tracking area update reject	0				
LTE Tracking area update failed	0				
LTE Tracking area update accept	0				
LTE Tracking area update complete	0				
Misc. Failures and Rejects					
LTE Authentication reject	0				
LTE Service reject	0				
LTE Bearer resource allocation reject	0				
LTE Bearer resource modification reject	0				
LTE PDN connectivity reject	0				
LTE PDN disconnect reject	0				
LTE Authentication failure	0				
LTE Activate dedicated EPS bearer context reject	0				
LTE Activate default EPS bearer context reject	0				

LTE Modify EPS bearer context reject	0					
---	---	--	--	--	--	--

Per EARFCN Summary

Top 1 Cell DL EARFCN	C o u nt	% of Tot al	Top 1 Cell Channel RSSI (dBm)		
			Mea n	Mi n	Ma x
245 0	3	1,0	- 71,4	- 71, 8	- 71, 0
390 50	10 6	33,9	- 77,0	- 86, 0	- 67, 5
391 94	20 4	65,2	- 75,5	- 88, 0	- 57, 1

Per Top 1 Cell RF Condition Summary

Top Cell Identity	C o u nt	% of Tot al	Top Cell Channel RSSI (dBm)			Top Cell RSRP (dBm)			Top Cell RSRQ (dB)		
			Mea n	Mi n	Ma x	Mea n	Mi n	Ma x	Mea n	Mi n	Ma x
326	23 1	73,8	- 76,3	- 88, 0	- 57, 1	- 10 4, 0	- 117 ,0	- 84, 3	- 8, 6	- 13, 8	-5,2
357	79	25,2	- 75,3	- 84, 3	- 67, 3	- 10 3, 5	- 112 ,1	- 92, 9	- 8, 5	- 11, 8	-4,8
409	3	1,0	- 71,4	- 71, 8	- 71, 0	- 99 ,3	- 99, 8	- 99, 0	- 8, 9	- 9,0	-8,8

Per Serving Cell RF Condition Summary

Serving Cell Identity	C o u n t	% of Total	Serving Cell Channel RS CINR (dB)			Serving Cell RSRP (dBm)			Serving Cell RSRQ (dB)		
			Mea n	Mi n	Ma x	Mea n	Mi n	Ma x	Mea n	Mi n	Ma x
326	222	70,9	12,3	0,6	26,4	-104,0	-117,1	-84,3	-8,5	-13,2	-5,2
357	88	28,1	7,3	-3,7	15,5	-104,5	-113,4	-92,9	-9,1	-14,5	-4,8
409	3	1,0	21,1	20,4	22,0	-99,3	-99,8	-99,0	-8,9	-9,0	-8,8

Per Serving Cell PDSCH Throughput and Modulation Summary

Ser ving Cell PCI	PDSCH Phy Throughput (kbps)			PDSCH BLER Carrier 1 (%)			PDSCH TB0 Modulation Type			PDSCH TB1 Modulation Type		
	Me an	M in	Ma x	Mea n	Mi n	Ma x	Q PS K	16 QA M	64 QA M	Q PS K	16 QA M	64 QA M
326	756,6	0,0	4962,4	1,5	0,0	16,7	-100,0			100,0		
357	1034,7	0,0	3631,2	1,6	0,0	7,8	-100,0			100,0		
409				0,0	0,0	0,0	-100,0			100,0		

Per Serving Cell PUSCH Throughput and Modulation Summary

Serving Cell PCI	PUSCH Phy Throughput (kbps)			UE TX Power (dBm)			UE TX Power - PUSCH (dBm)			PUSCH Modulation Type		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	QPSK	16QAM	64QAM
326	23,2	0,0	229,5	19,8	3,6	23,0				100,0		
357	32,1	0,0	132,0	20,0	12,1	23,0				100,0		
409				19,9	18,7	21,0				100,0		

C. Report Telkomsel 2300

Log File Summary

Stream type	File name	Start date	End date	File duration (h:mm:ss)	Distance (km)
MS1	T_20210801T16 1244Z	01/08/20 21 16:12	01/08/20 21 16:16	3,48	1,04
	T_20210801T16 2243Z	01/08/20 21 16:22	01/08/20 21 16:25	2,85	0,55
	T_20210801T16 3608Z	01/08/20 21 16:36	01/08/20 21 16:38	2,57	0,53
	T_20210801T16 4036Z	01/08/20 21 16:40	01/08/20 21 16:41	1,38	0,26

Statistical Summary of Key Metrics

Name of Key Metrics	Bin Count	Mean	Min.	Max.	St. Dev.	Median	75%-ile	90% - ile
RF Conditions								
Top Cell Channel RSSI (dBm)	305	- 53, 4	- 76, 1	- 33, 6	6,1	- 53,2	- 50, 2	- 46, ,0
Top Cell RSRP (dBm)	312	- 86, 0	- 100, ,5	- 68, 4	6,0	- 86,3	- 82, 7	- 77, ,9
Top Cell RSRQ (dB)	312	- 12, 2	- 20, 2	- 7,5	2,9	- 11,6	- -9,9	- 8, 9
Serving Cell RS SNR (dB)	312	- 11, 5	-5,8	26, 7	6,0	11,2	15, 6	19, ,0
Serving Cell Channel RSSI (dBm)	312	- 53, 1	- 65, 2	- 33, 6	5,6	- 53,2	- 50, 2	- 46, ,6
Serving Cell RSRP (dBm)	312	- 86, 2	- 103, ,4	- 68, 4	6,2	- 86,4	- 82, 8	- 79, ,5
Serving Cell RSRQ (dB)	312	- 12, 3	- 20, 2	- 7,5	3,1	- 11,6	- -9,9	- 8, 9
Neighbor Cell Channel RSSI (dBm): N1	47	- 61, 9	- 76, 1	- 36, 3	6,5	- 61,3	- 60, 4	- 58, ,1
Neighbor Cell RSRP (dBm): N1	308	- 96, 1	- 115, ,0	- 77, 4	7,0	- 96,1	- 91, 1	- 86, ,8
Neighbor Cell RSRQ (dB): N1	308	- 22, 1	- 30, 0	- 10, 9	5,6	- 22,3	- 16, 8	- 14, ,7
Serving-to-N1 RSRP Ratio (dB)	308	- 9,8	-7,1	24, 0	6,6	11,7	15, 3	17, ,1
Rank1 Wideband CQI	227	- 10, 9	6,0	15, 0	2,2	11,0	12, 0	14, ,0
UE TX Power (dBm)	0							
UE TX Power - PUSCH (dBm)	0							
UE TX Power- PUCCH (dBm)	0							
Performance Indicators								
PDSCH Phy Throughput (kbps)	279	- 89 1,2	0,0	14 12 4,2	22 24, 9	2,1	574 ,1	27 50 ,8

PUSCH Phy Throughput (kbps)	235	58, 1	0,0	79 1,9	12 4,0	21,6	48, 5	10 9, 6
PDSCH BLER Carrier 1 (%)	312	3,3	0,0	10 0,0	8,9	0,0	1,2	12 ,5
MAC DL Throughput (kbps)								
MAC UL Throughput (kbps)	294	14, 8	0,0	36 2,5	46, 2	0,3	9,8	27 ,5
RLC Throughput DL (kbps)	293	33 7,0	0,0	12 05 0,1	12 13, 4	0,1	193 ,1	72 7, 2
RLC Throughput UL (kbps)	292	13, 8	0,0	36 3,5	44, 6	0,1	12, 2	24 ,0

Statistical Summary of Key Events

Events	Count	Latency Performance Indicator	Mean	Min.	Max.
Attach and Detach					
LTE Attach Request	0				
LTE Attach Rejected	0				
LTE Attach Failed	0				
LTE Attach Accepted	0	EPS UE Attach Request-to-Accept (ms)			
LTE Attach OK	0	EPS Attach Accept-to-Complete (ms)			
LTE UE-initiated Detach Accepted	0	EPS UE Attach Request-to-Complete (ms)			
LTE UE-initiated Detach Completed	0	EPS Attach Accept-to-Complete (ms)			
RRC Connection and Reestablishment					

LTE RRC Connection Request	6
LTE RRC Connection Reject	0
LTE RRC Connection Fail	0
LTE RRC Connection Setup	6
LTE RRC Connection Complete	6
LTE RRC Connection Release	3
LTE RRC Reestablishment Request	0
LTE RRC Reestablishment Reject	0
LTE RRC Connection Reestablishment	0
RRC Measurements and Handover	
LTE RRC A1 Event	0
LTE RRC A2 Event	0
LTE RRC A3 Event	7
LTE RRC A4 Event	0
LTE RRC A5 Event	62
LTE Consecutive A3 Events	9
LTE Intra-frequency Handover Failed	0
LTE Intra-frequency Handover OK	7
LTE RRC B1 Event	0
LTE RRC B2 Event	0

RRC Connection Request-to-Reject (ms)			
RRC Connection Request-to-Accept (ms)	47, 3	2	99
RRC Connection Request-to-Complete (ms)	51, 8	8	10 0
LTE eventA3-to-rrcReconfig (ms)	182 2,3	5	12 51 4
LTE eventA3-to-rrcReconfigComplete (ms)	185 2,9	19	12 55 2
LTE HO rrcReconfig-to-Complete (ms)	30, 6	14	58
LTE HO Time Elapsed Since Last HO (Seconds)	38, 84	1, 35 4	14 9, 41 2

LTE Inter-frequency Handover Failed	0				
LTE Inter-frequency Handover OK	0				
Tracking Area Update					
LTE Tracking area update reject	0				
LTE Tracking area update failed	0				
LTE Tracking area update accept	0		TAU Request-to-Accept (ms)		
LTE Tracking area update complete	0		Adjacent TAU Interval (Seconds)		
Misc. Failures and Rejects					
LTE Authentication reject	0				
LTE Service reject	0				
LTE Bearer resource allocation reject	0				
LTE Bearer resource modification reject	0				
LTE PDN connectivity reject	0				
LTE PDN disconnect reject	0				
LTE Authentication failure	0				
LTE Activate dedicated EPS bearer context reject	0				
LTE Activate default EPS bearer context reject	0				
LTE Modify EPS bearer context reject	0				

Per EARFCN Summary

Top 1 Cell DL EARFCN	C ou nt	% of Total	Top 1 Cell Channel RSSI (dBm)		
			Mea n	Mi n	Ma x

3875 0	30 5	97,8	- 53,1	- 65, 2	- 33, 6
3889 4	7	2,2	- 64,6	- 76, 1	- 58, 1

Per Top 1 Cell RF Condition Summary

Top Cell Identity	C ou nt	% of Total	Top Cell Channel RSSI (dBm)			Top Cell RSRP (dBm)			Top Cell RSRQ (dB)		
			Mea n	Mi n	Ma x	M ea n	Mi n	Max	Me an	Mi n	M ax
162	26	8,3	- 53,2	- 73, 2	- 45, 4	- 86, 0	- 96, 4	- 81,2	- 14, 0	- 17, ,9	- 10 ,6
163	72	23,1	- 55,4	- 63, 8	- 47, 0	- 86, 1	- 94, 4	- 76,1	- 10, 3	- 14, ,9	- 7, 7
164	17 6	56,4	- 53,3	- 76, 1	- 33, 6	- 86, 4	- 10 0,5	- 68,4	- 12, 7	- 20 ,2	- 7, 5
217	2	0,6	- 49,9	- 49, 9	- 49, 9	- 88, 0	- 89, 6	- 86,3	- 16, 1	- 16 ,1	- 16 ,0
218	1	0,3	- 50,0	- 50, 0	- 50, 0	- 83, 9	- 83, 9	- 83,9	- 11, 3	- 11 ,3	- 11 ,3
291	34	10,9	- 49,4	- 59, 2	- 36, 3	- 83, 4	- 94, 9	- 70,5	- 12, 4	- 18 ,9	- 9, 2
396	1	0,3				- 93, 1	- 93, 1	- 93,1	- 13, 5	- 13 ,5	- 13 ,5

Per Serving Cell RF Condition Summary

Serving Cell Identity	C ou nt	% of	Serving Cell Channel RS CINR (dB)	Serving Cell RSRP (dBm)	Serving Cell RSRQ (dB)
-----------------------	---------------	------	-----------------------------------	-------------------------	------------------------

		Total	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
162	21	6,7	5,7	- 5,8	14, 9	84, 9	89, 7	- 81,2	13, 5	17, ,9	10, ,6
163	71	22,8	12,6	1,2	20, 8	86, 2	95, 4	- 76,1	10, 3	14, ,9	7, ,7
164	18 0	57,7	11,8	- 5,5	26, 7	86, 7	10 3,4	- 68,4	12, 7	20, ,2	7, ,5
217	1	0,3	9,3	9,3	9,3	87, 0	87, 0	- 87,0	16, 4	16, ,4	16, ,4
218	1	0,3	1,8	1,8	1,8	90, 8	90, 8	- 90,8	13, 2	13, ,2	13, ,2
291	38	12,2	11,1	1,4	25, 1	84, 8	96, 0	- 70,5	13, 0	18, ,9	9, ,2

Per Serving Cell PDSCH Throughput and Modulation Summary

Serving Cell PCI	PDSCH Phy Throughput (kbps)			PDSCH BLER Carrier 1 (%)			PDSCH TB0 Modulation Type			PDSCH TB1 Modulation Type		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	QPSK	16QAM	64QAM	QPSK	16QAM	64QAM
162	6, 8	0, 1	85,6	0,9	0,0	12, 5	80, 0	15, 0	5,0	-	10, 0, 0	-
163	56 2, 7	0, 1	629 4,9	1,8	0,0	22, 8	43, 1	21, 5	35,4	7,1	39, ,3	53, ,6
164	12 05 ,7	0, 0	141 24,2	4,6	0,0	100 ,0	36, 6	30, 5	32,9	10, 4	33, ,8	55, ,8
217	6, 9	6, 9	6,9	0,0	0,0	0,0	10 0,0	-	-	-	-	-
218	3, 9	3, 8	3,8	0,0	0,0	0,0	10 0,0	-	-	-	-	-

291	54 3, 2	0, 1	578 6,8	1,3	0,0	32, 3	60, 0	11, 4	28,6	10, 0	50, ,0	40 ,0
-----	---------------	---------	------------	-----	-----	----------	----------	----------	------	----------	-----------	----------

Per Serving Cell PUSCH Throughput and Modulation Summary

Serving Cell PCI	PUSCH Phy Throughput (kbps)			UE TX Power (dBm)			UE TX Power - PUSCH (dBm)			PUSCH Modulation Type		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	QP SK	16 Q A M	64 Q A M
162	22 ,5	2, 5	43,0							13, 3	86 ,7	
163	47 ,8	0, 0	443, 1							1,7	98 ,3	
164	77 ,2	0, 0	791, 9							0,8	99 ,2	
217	21 ,3	21 ,3	21,3								10 ,0 ,0	
218	41 ,9	41 ,9	41,9								10 ,0 ,0	
291	22 ,2	2, 3	77,9							3,0	97 ,0	

D. Report Telkomsel 850

Log File Summary

Stream type	File name	Start date	End date	File duration (h:mm:ss)	Distance (km)
MS1	T_20210801T17 3835Z	01/08/20 21 17:38	01/08/20 21 17:41	3,02	1,04
	T_20210801T17 4415Z	01/08/20 21 17:44	01/08/20 21 17:46	2,72	0,55
	T_20210801T17 5132Z	01/08/20 21 17:51	01/08/20 21 17:54	2,6	0,53
	T_20210801T17 5527Z	01/08/20 21 17:55	01/08/20 21 17:56	1,15	0,26

Statistical Summary of Key Metrics

Name of Key Metrics	Bin Count	Mean	Min.	Max.	St. Dev.	Median	75%-ile	90%-ile
RF Conditions								
Top Cell Channel RSSI (dBm)	271	- 49, 5	- 60, 8	- 37, 4	4,1	- 49,5	- 47, 2	- 44, 3
Top Cell RSRP (dBm)	289	- 79, 1	- 90, 4	- 62, 8	5,0	- 79,1	- 76, 0	- 72, 6
Top Cell RSRQ (dB)	289	- 12, 2	- 19, 2	- 7,0	2,3	- 12,3	- 10, 6	- 9, 0
Serving Cell RS SNR (dB)	289	7,1	-6,2	24, 4	5,6	7,2	10, 5	14, 7
Serving Cell Channel RSSI (dBm)	289	- 49, 5	- 59, 6	- 37, 4	4,0	- 49,5	- 47, 2	- 44, 4
Serving Cell RSRP (dBm)	289	- 79, 5	- 98, 5	- 62, 8	5,3	- 79,6	- 76, 2	- 72, 8
Serving Cell RSRQ (dB)	289	- 12, 4	- 29, 4	- 7,0	2,6	- 12,4	- 10, 6	- 9, 0
Neighbor Cell Channel RSSI (dBm): N1	38	- 52, 1	- 60, 8	- 44, 2	4,5	- 51,3	- 49, 0	- 46, 8
Neighbor Cell RSRP (dBm): N1	277	- 85, 0	- 100, 3	- 71, 9	4,7	- 85,1	- 81, 7	- 78, 7
Neighbor Cell RSRQ (dB): N1	277	- 18, 9	- 30, 0	- 8,2	4,7	- 17,9	- 15, 7	- 13, 9
Serving-to-N1 RSRP Ratio (dB)	277	5,3	- 15, 7	- 19, 9	6,1	4,6	9,3	14, 0
Rank1 Wideband CQI	215	8,9	3,0	15, 0	2,3	9,0	10, 0	12, 0
UE TX Power (dBm)	0							
UE TX Power - PUSCH (dBm)	0							
UE TX Power-PUCCH (dBm)	0							

Performance Indicators									
PDSCH Phy Throughput (kbps)	266	82 0,8	0,0	12 75 0,9	16 33, 5	12,2	961 ,8	26 03 ,2	
PUSCH Phy Throughput (kbps)	236	11 4,1	0,2	91 5,1	19 1,9	35,7	101 ,5	33 4, 3	
PDSCH BLER Carrier 1 (%)	288	3,1	0,0	37, 5	5,8	0,0	4,6	11 ,5	
MAC DL Throughput (kbps)									
MAC UL Throughput (kbps)	273	17, 0	0,0	29 3,6	41, 3	0,9	15, 3	37 ,8	
RLC Throughput DL (kbps)	269	33 5,3	0,0	88 12, 5	93 2,4	0,4	374 ,0	74 2, 3	
RLC Throughput UL (kbps)	271	15, 1	0,0	32 4,7	38, 7	0,3	13, 3	30 ,4	

Statistical Summary of Key Events

Events	Count	Latency Performance Indicator	Mean	Min.	Max.
Attach and Detach					
LTE Attach Request	0				
LTE Attach Rejected	0				
LTE Attach Failed	0				
LTE Attach Accepted	0	EPS UE Attach Request-to-Accept (ms)			
LTE Attach OK	0	EPS Attach Accept-to-Complete (ms)			
LTE UE-initiated Detach Accepted	0	EPS UE Attach Request-to-Complete (ms)			
LTE UE-initiated Detach Completed	0	EPS Attach Accept-to-Complete (ms)			
		EPS UE Detach Request-to-Accept (ms)			
		EPS UE Detach Request-to-Complete (ms)			

		EPS UE Detach Accept-to-Complete (ms)		
RRC Connection and Reestablishment				
LTE RRC Connection Request	5			
LTE RRC Connection Reject	0	RRC Connection Request-to-Reject (ms)		
LTE RRC Connection Fail	0			
LTE RRC Connection Setup	5	RRC Connection Request-to-Accept (ms)	61, 4	4 10 0
LTE RRC Connection Complete	5	RRC Connection Request-to-Complete (ms)	63, 2	6 10 2
LTE RRC Connection Release	3			
LTE RRC Reestablishment Request	0			
LTE RRC Reestablishment Reject	0			
LTE RRC Connection Reestablishment	0			
RRC Measurements and Handover				
LTE RRC A1 Event	0			
LTE RRC A2 Event	0			
LTE RRC A3 Event	39			
LTE RRC A4 Event	0			
LTE RRC A5 Event	139			
LTE Consecutive A3 Events	13			
LTE Intra-frequency Handover Failed	0			
LTE Intra-frequency Handover OK	33	LTE eventA3-to-rrcReconfig (ms)	721, 3	1 20 48 7
		LTE eventA3-to-rrcReconfigComplete (ms)	742, 3	8 20 51 2
		LTE HO rrcReconfig-to-Complete (ms)	21, 0	5 72
		LTE HO Time Elapsed Since Last HO (Seconds)	11, 86	0, 38 2 10 0

LTE RRC B1 Event	0			
LTE RRC B2 Event	0			
LTE Inter-frequency Handover Failed	0			
LTE Inter-frequency Handover OK	0			
Tracking Area Update				
LTE Tracking area update reject	0			
LTE Tracking area update failed	0			
LTE Tracking area update accept	0			
LTE Tracking area update complete	0			
Misc. Failures and Rejects				
LTE Authentication reject	0			
LTE Service reject	0			
LTE Bearer resource allocation reject	0			
LTE Bearer resource modification reject	0			
LTE PDN connectivity reject	0			
LTE PDN disconnect reject	0			
LTE Authentication failure	0			
LTE Activate dedicated EPS bearer context reject	0			
LTE Activate default EPS bearer context reject	0			
LTE Modify EPS bearer context reject	0			

Per EARFCN Summary

Top 1 Cell DL EARFCN	C ou nt	% of	Top 1 Cell Channel RSSI (dBm)
----------------------------	---------------	---------	-------------------------------------

		Total	Mean	Min	Max
3500	289	100,0	-49,5	-60,8	-37,4

Per Top 1 Cell RF Condition Summary

Top Cell Identity	Count	% of Total	Top Cell Channel RSSI (dBm)			Top Cell RSRP (dBm)			Top Cell RSRQ (dB)			
			Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	
15	3	1,0	-46,6	46,6	46,6	77,4	78,7	76,0	-11,9	-12,9	-11,3	
128	5	1,7	-52,7	52,7	58,3	50,0	83,1	88,1	-78,3	-12,7	-18,3	-8,4
162	4	1,4	-60,1	60,1	60,8	59,3	82,8	86,4	-78,0	-15,7	-17,2	-13,9
163	57	19,7	-49,4	49,4	59,1	42,8	78,0	89,2	-71,3	-11,2	-16,3	-7,0
164	136	47,1	-49,3	49,3	59,6	37,4	79,7	90,4	-62,8	-12,9	-18,5	-7,2
255	16	5,5	-47,1	47,1	49,8	43,8	75,4	80,5	-72,0	-10,5	-13,6	-7,7
261	39	13,5	-51,3	51,3	55,8	43,0	79,8	85,6	-71,9	-11,7	-18,2	-8,1
262	27	9,3	-48,2	48,2	54,7	40,3	77,5	85,3	-66,5	-11,9	-19,2	-7,9
291	2	0,7	-58,1	58,1	58,1	88,4	88,7	88,0	-16,2	-16,9	-15,5	-

Per Serving Cell RF Condition Summary

Serving Cell Identity	C count	% of Total	Serving Cell Channel RS CINR (dB)			Serving Cell RSRP (dBm)			Serving Cell RSRQ (dB)		
			Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
15	1	0,4	7,1	7,1	7,1	-80,3	-80,3	-80,3	-11,7	-11,7	-11,7
128	6	2,1	0,8	-4,6	9,7	-85,7	-89,7	-78,3	-12,8	-15,7	-8,4
163	58	20,1	9,5	-2,0	20,5	-77,9	-89,2	-71,3	-11,2	-17,9	-7,0
164	145	50,2	7,3	-4,4	24,4	-80,6	-98,5	-62,8	-13,3	-29,4	-7,2
255	21	7,3	5,5	-6,2	12,7	-77,1	-85,4	-72,0	-11,4	-15,9	-7,7
261	32	11,1	6,6	-4,4	15,9	-79,5	-84,4	-72,8	-11,3	-17,5	-8,1
262	26	9,0	4,5	-3,3	12,4	-77,6	-85,3	-66,5	-11,6	-14,0	-7,9

Per Serving Cell PDSCH Throughput and Modulation Summary

Serving Cell PCI	PDSCH Phy Throughput (kbps)			PDSCH BLER Carrier 1 (%)			PDSCH TB0 Modulation Type			PDSCH TB1 Modulation Type		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	QPSK	16QAM	64QAM	QPSK	16QAM	64QAM
15	2,7	2,7	2,7	0,0	0,0	0,0			100,0	100,0		
128	642,9	0,0	2633,7	7,2	0,0	19,8	100,0			100,0		
163	564,3	0,0	4713,3	1,6	0,0	18,6	45,8	33,3	20,8	13,6	31,8	54,6

164	10 09 ,8	0, 0	103 81,9	3,7	0,0	37, 5	45, 5	29, 9	24,6	20, 9	46 ,5	32 ,6
255	12 26 ,7	0, 1	127 50,9	2,4	0,0	16, 4	70, 0	10, 0	20,0	16, 7	83 ,3	
261	73 0, 8	0, 0	787 8,0	3,2	0,0	19, 2	65, 5	20, 7	13,8	50, 0	50 ,0	
262	23 9, 6	0, 0	137 2,5	2,3	0,0	20, 2	54, 2	33, 3	12,5	50, 0	33 ,3	16 ,7

Per Serving Cell PUSCH Throughput and Modulation Summary

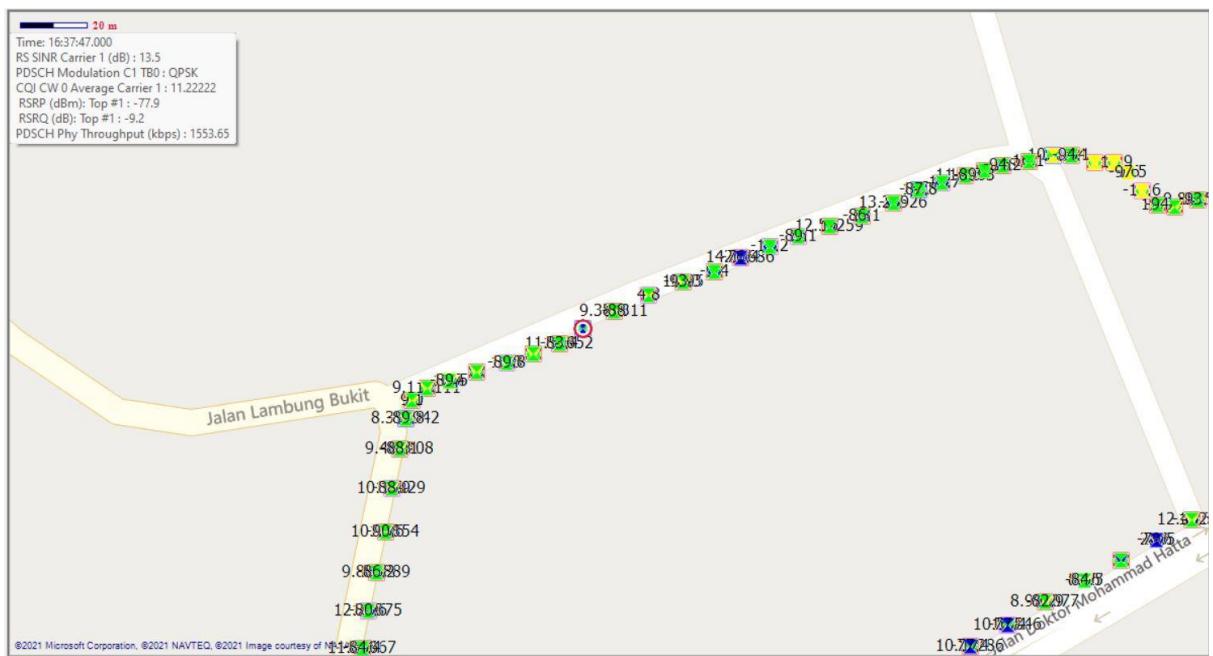
Serving Cell PCI	PUSCH Phy Throughput (kbps)			UE TX Power (dBm)			UE TX Power - PUSCH (dBm)			PUSCH Modulation Type		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	QP SK	16 Q A M	64 Q A M
15	52 ,0	52 ,0	52,0								10 ,0 ,0	
128	12 2, 6	12 ,5	340, 6							20, 0	80 ,0	
163	58 ,8	1, 4	334, 3								10 ,0 ,0	
164	15 4, 8	0, 2	915, 1							13, 6	86 ,4	
255	11 3, 5	4, 0	896, 8							5,3	94 ,7	
261	95 ,8	8, 5	786, 0								10 ,0 ,0	
262	58 ,0	7, 1	223, 4								10 ,0 ,0	

E. Titik Pengujian LTE TDD dan LTE FDD Telkomsel

Titik Pengujian RSRP LTE TDD Operator Telkomsel



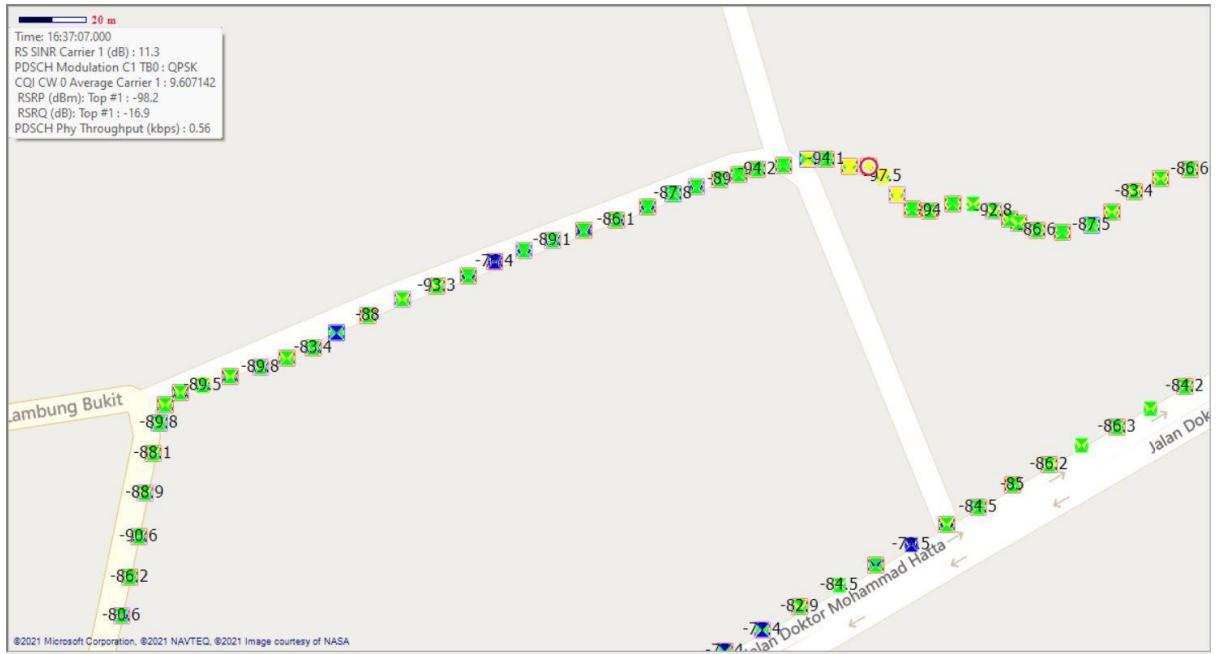
Lokasi A



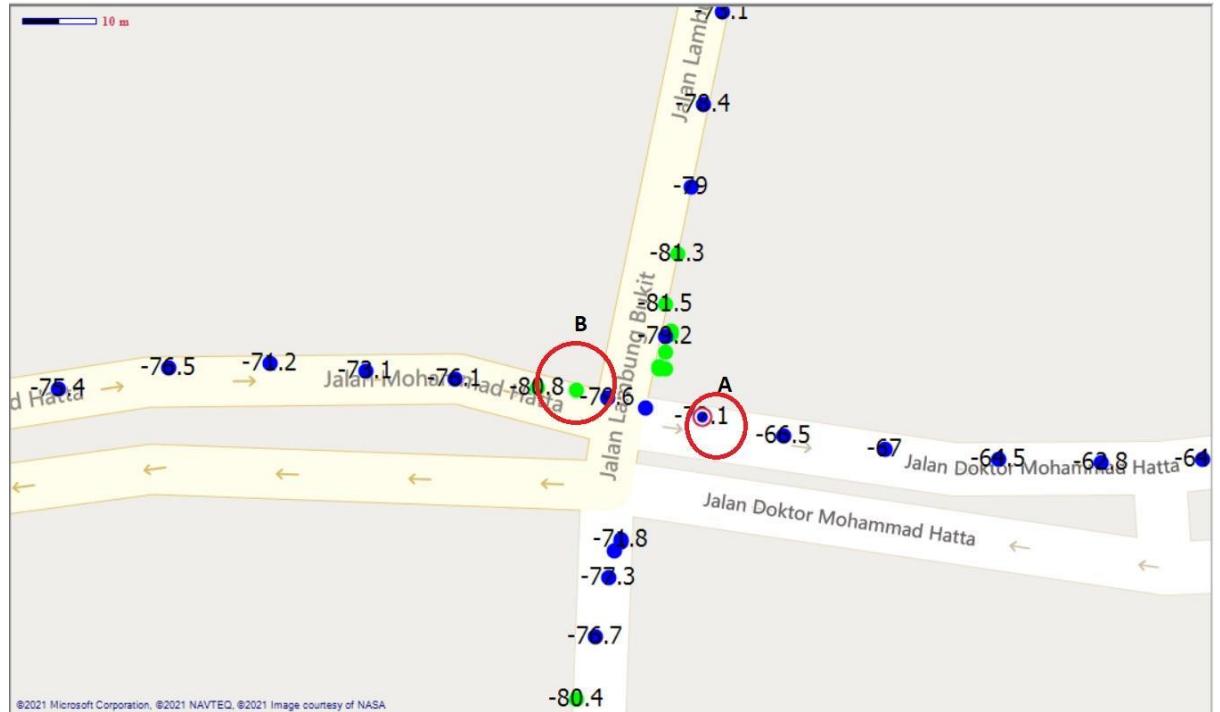
Lokasi B



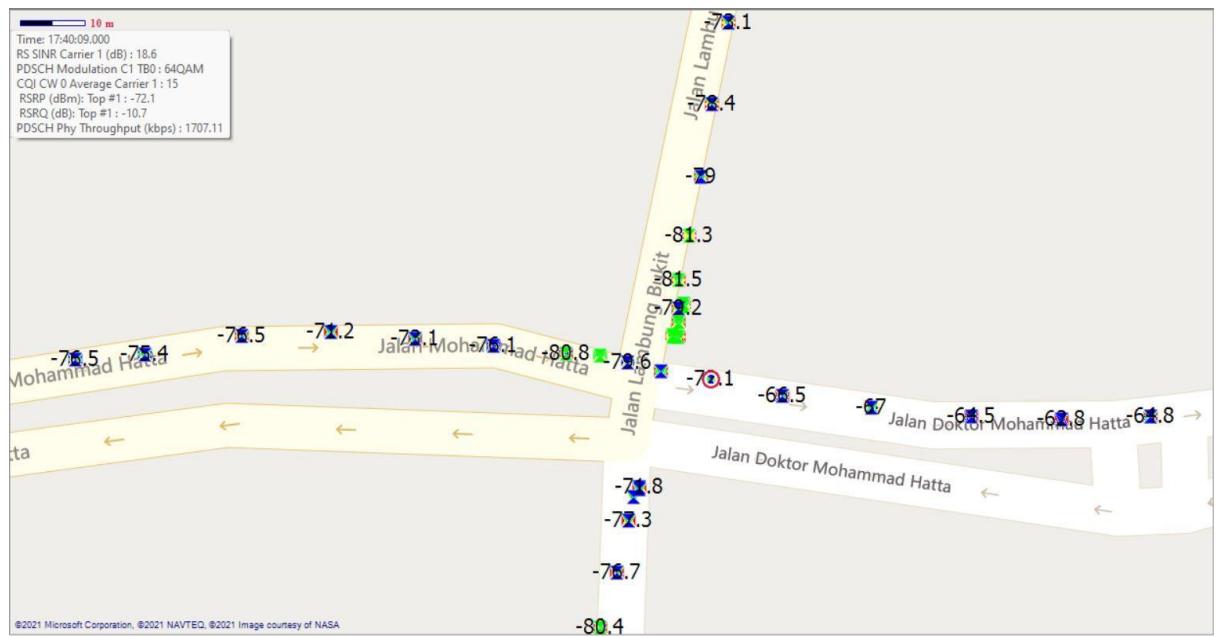
Lokasi C



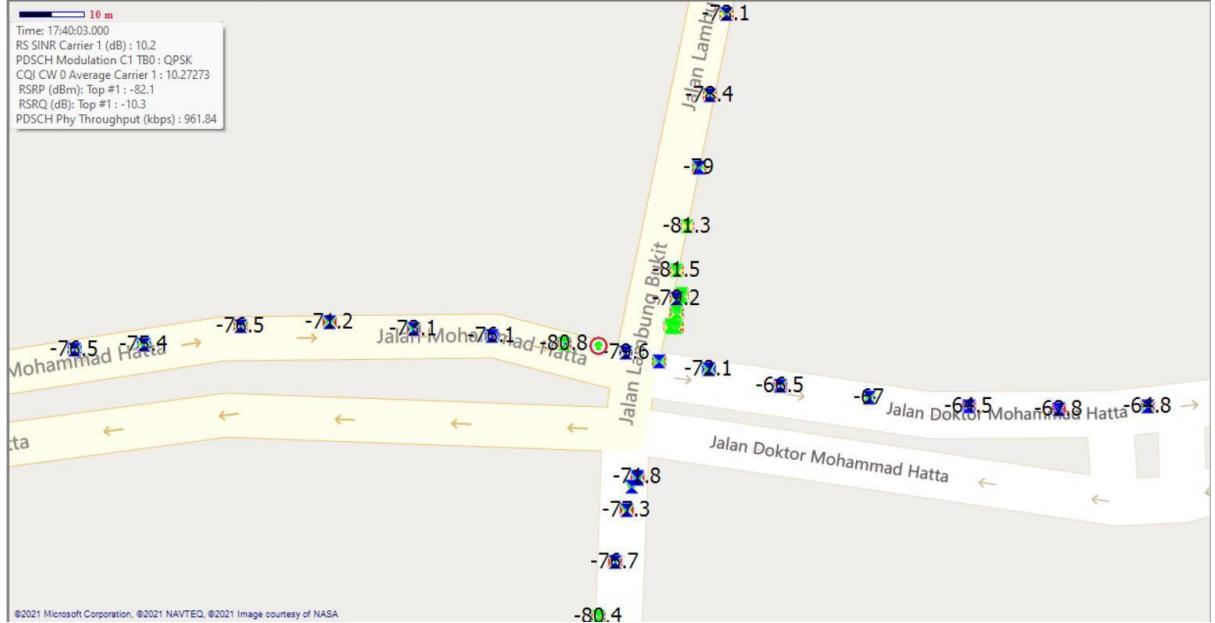
Titik Pengujian RSRP LTE FDD Operator Telkomsel



Lokasi A



Lokasi B



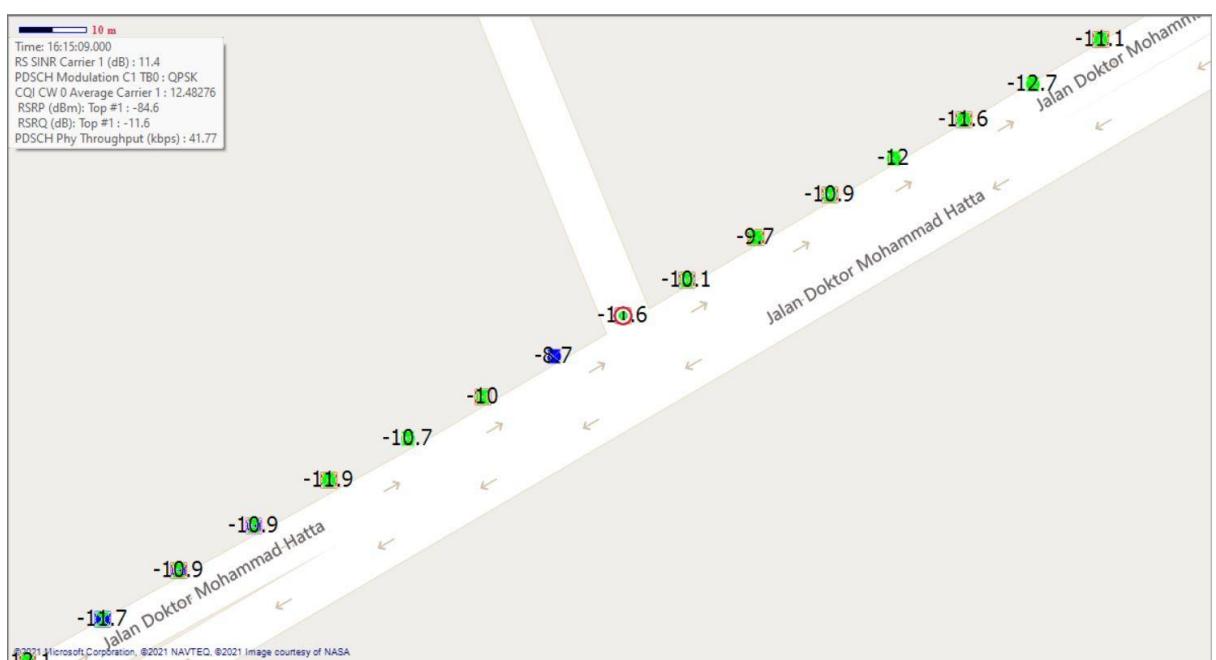
Titik Pengujian RSRQ LTE TDD Operator Telkomsel



Lokasi A



Lokasi B



Lokasi C



Titik Pengujian RSRQ LTE FDD Operator Telkomsel



Lokasi A



Lokasi B



Lokasi C



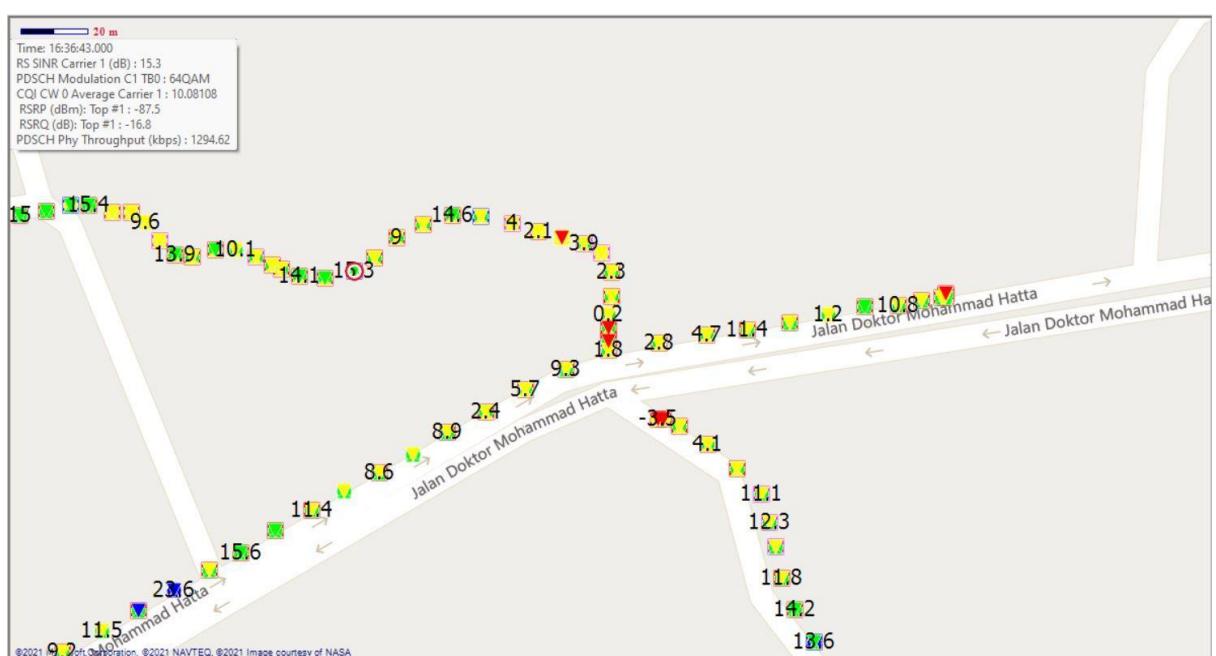
Titik Pengujian SINR LTE TDD Operator Telkomsel



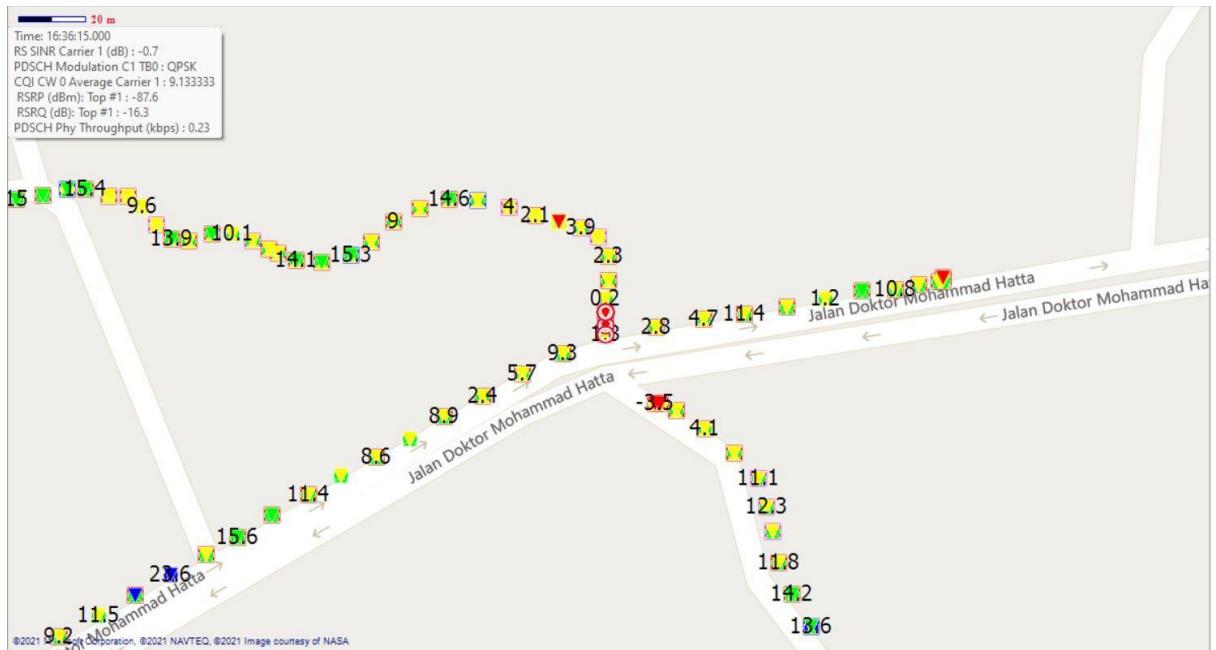
Lokasi A



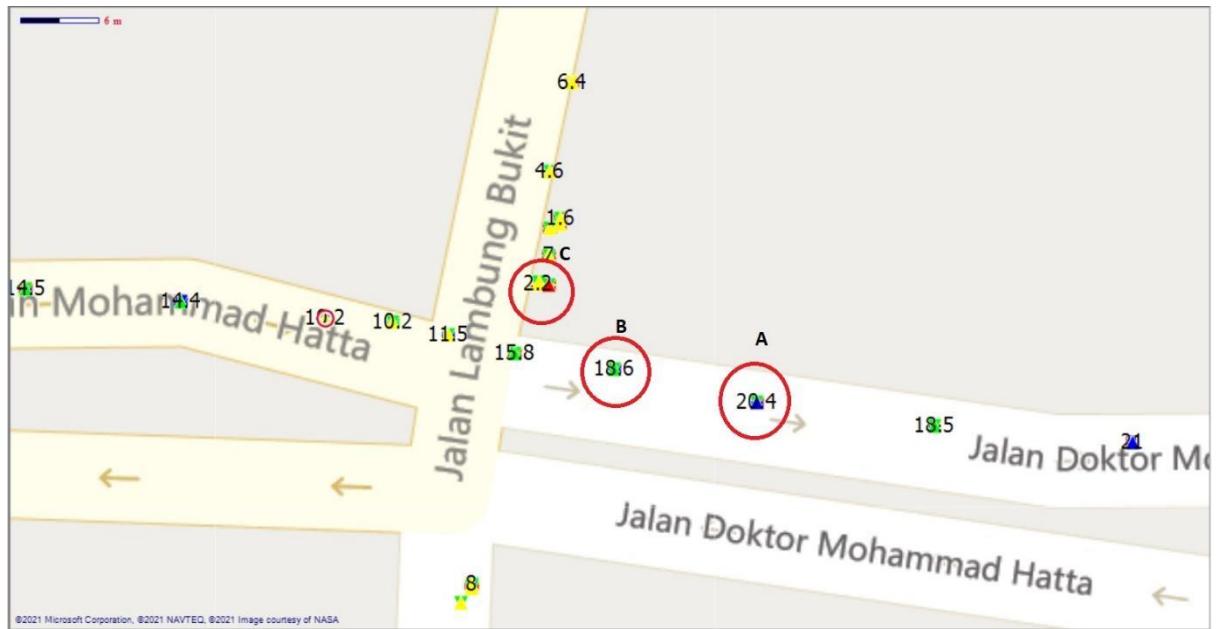
Lokasi B



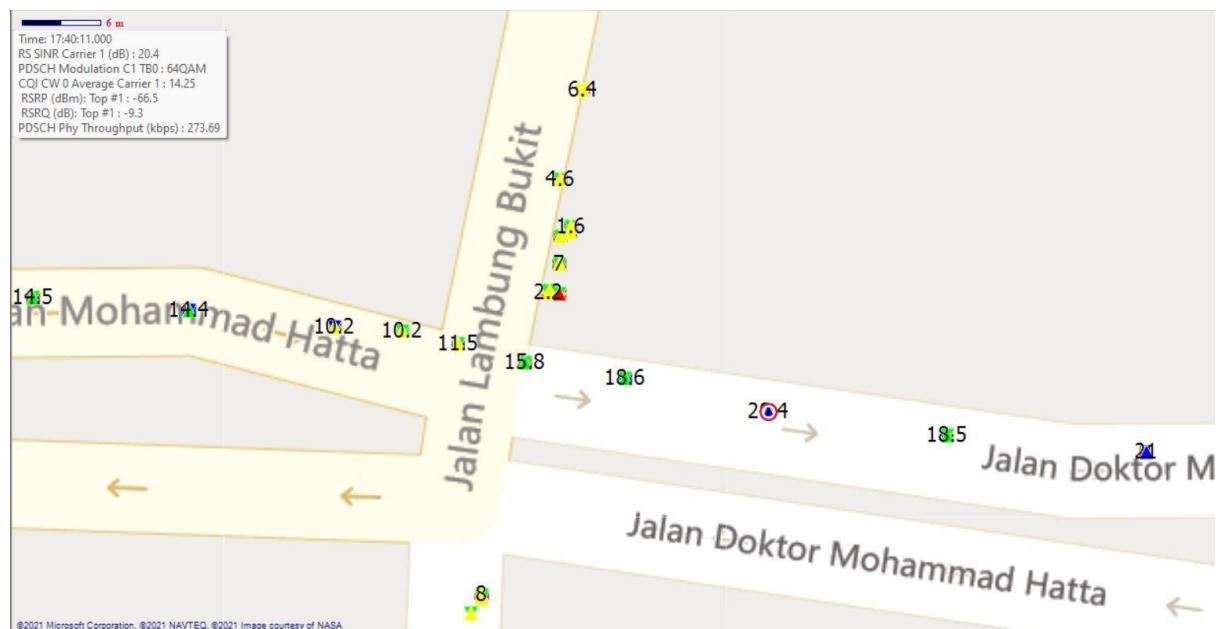
Lokasi C



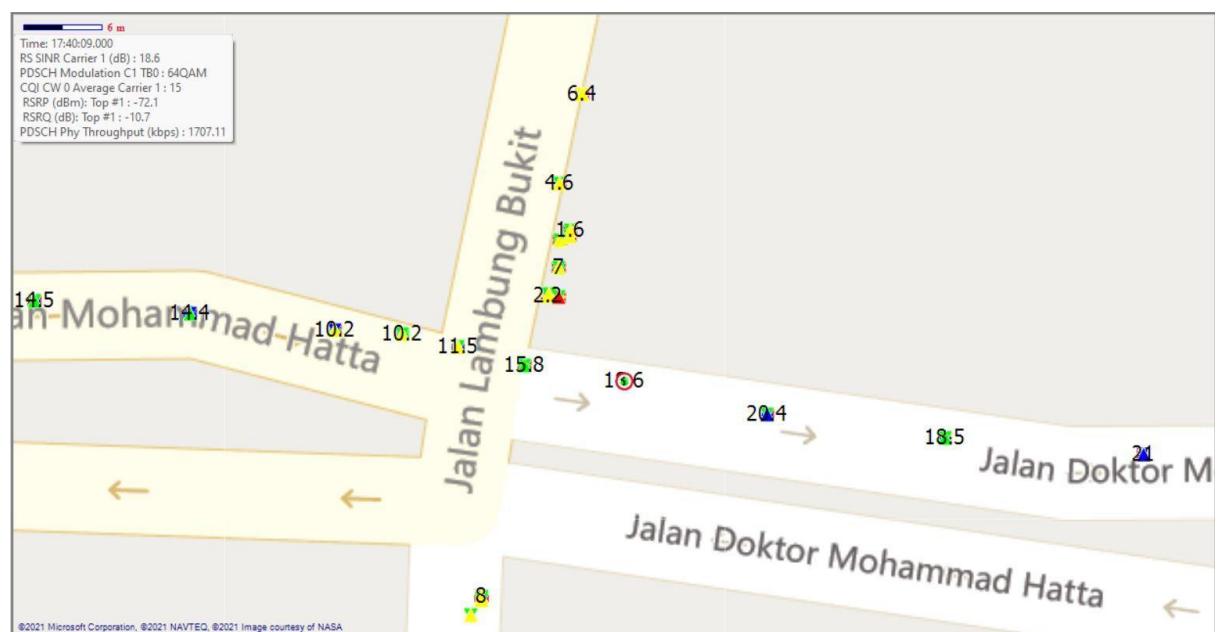
Titik Pengujian SINR LTE FDD Operator Telkomsel



Lokasi A



Lokasi B



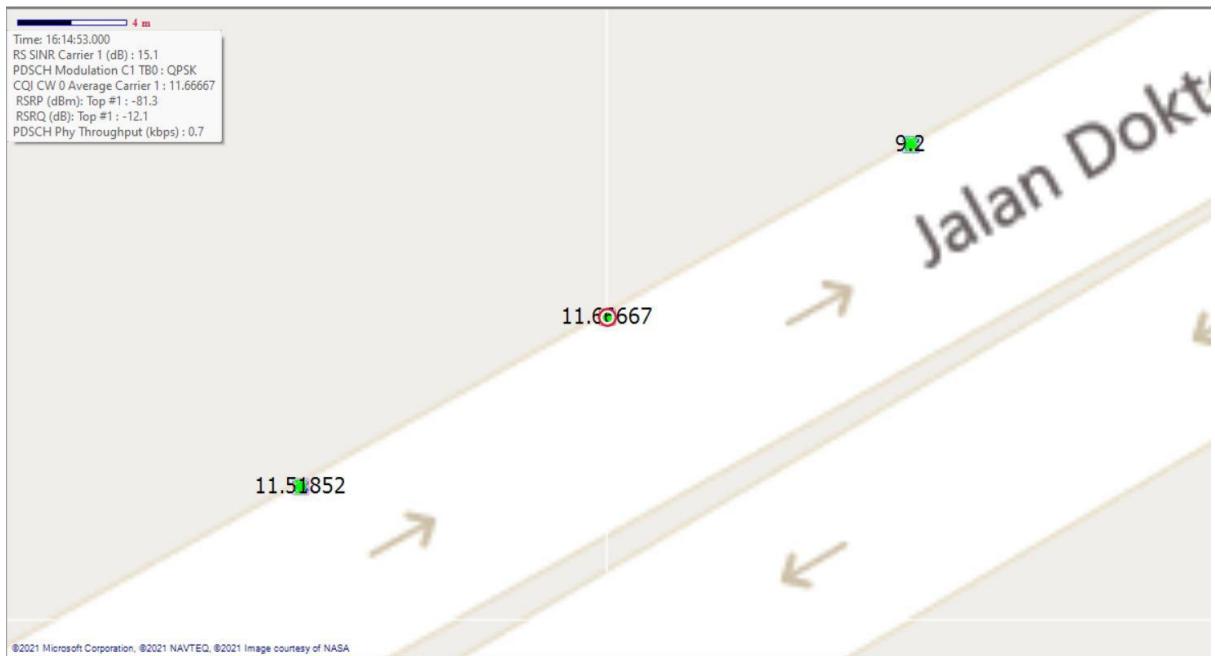
Lokasi C



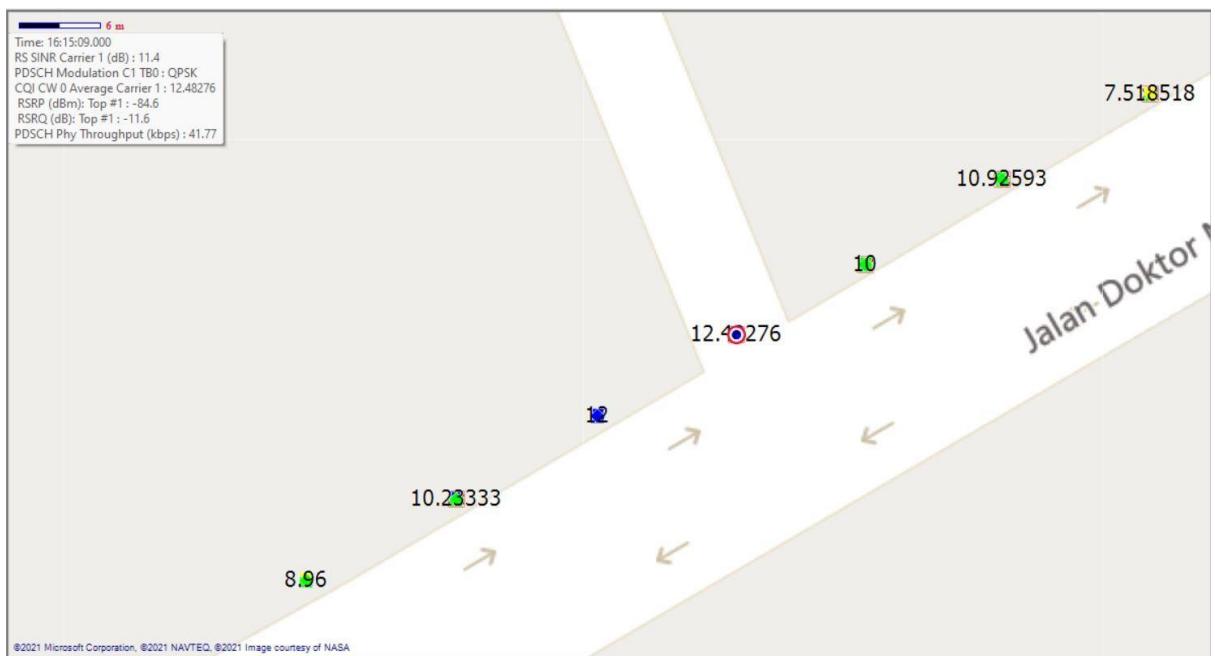
Titik Pengujian CQI LTE TDD Operator Telkomsel



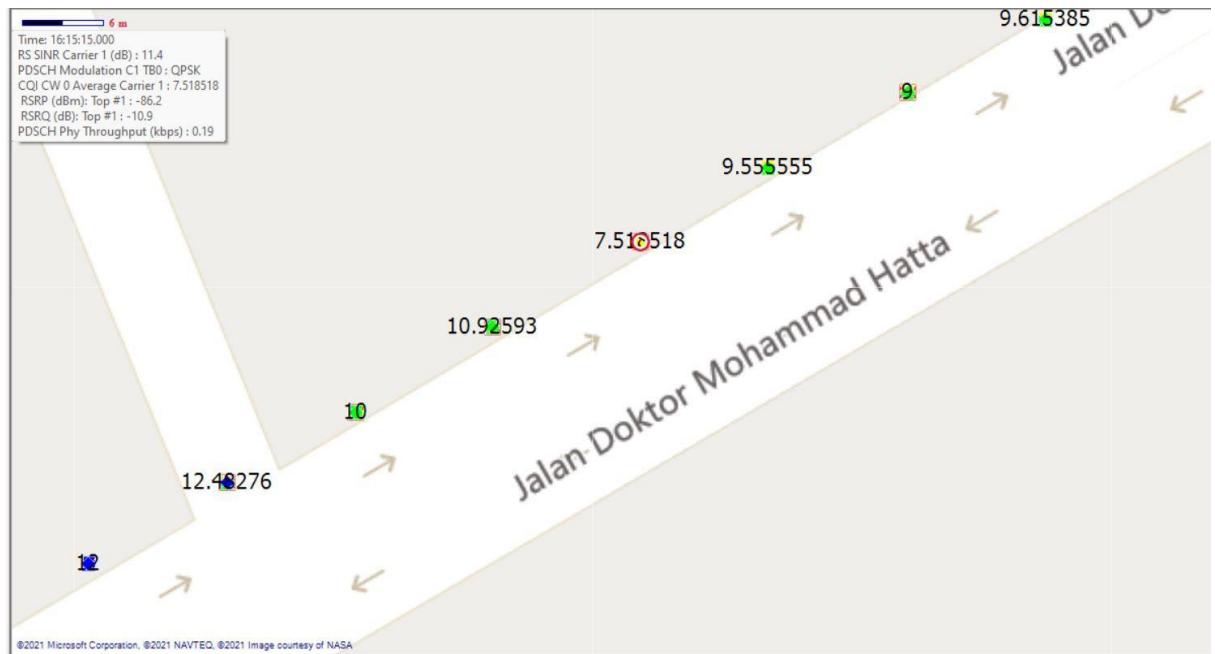
Lokasi A



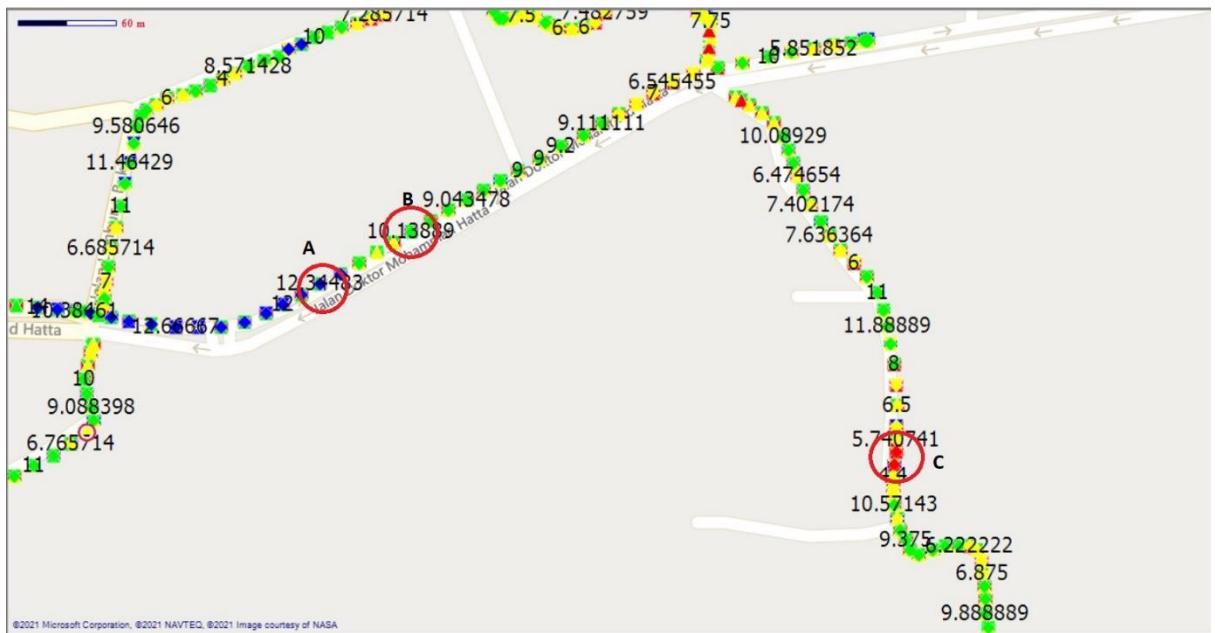
Lokasi B



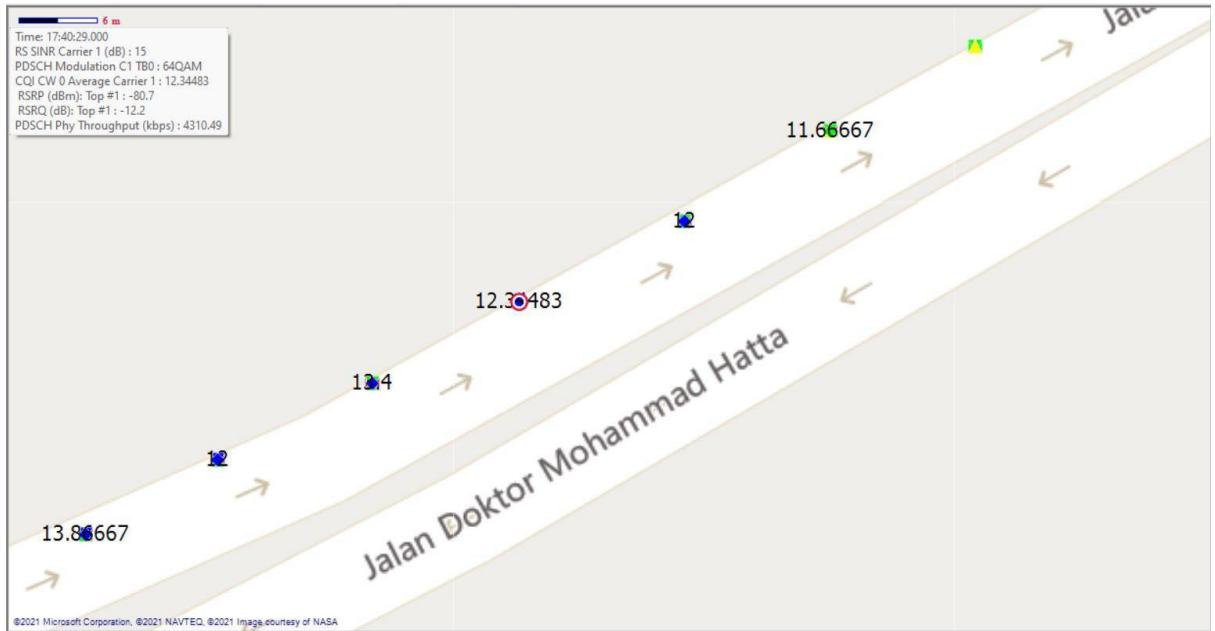
Lokasi C



Titik Pengujian CQI LTE FDD Operator Telkomsel



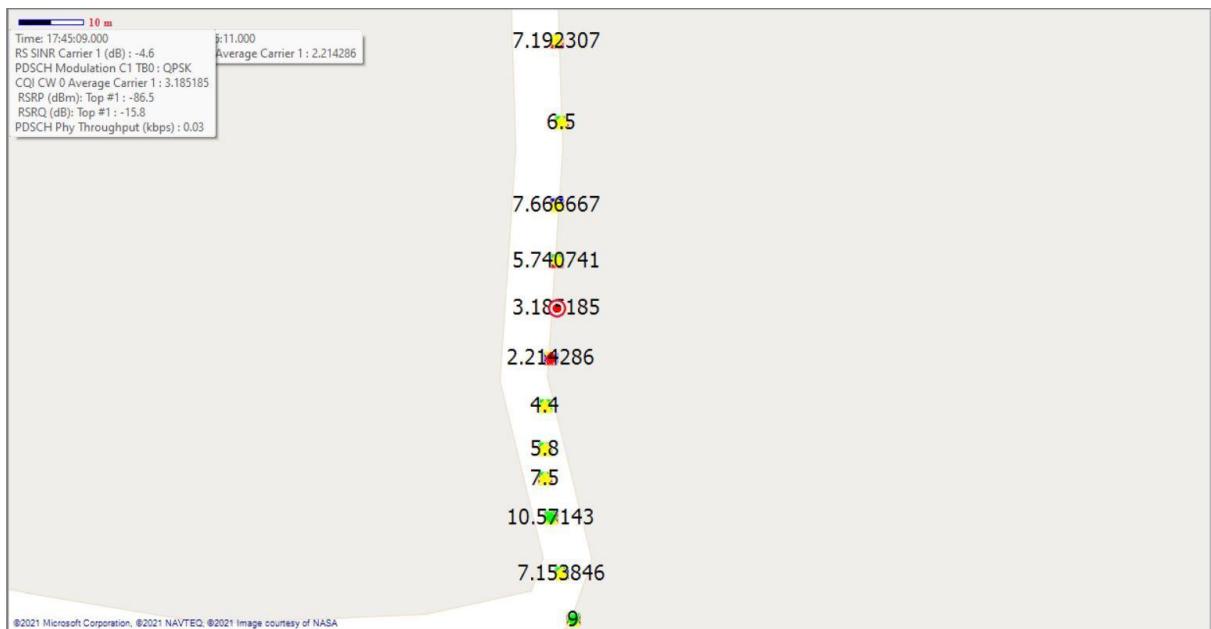
Lokasi A



Lokasi B

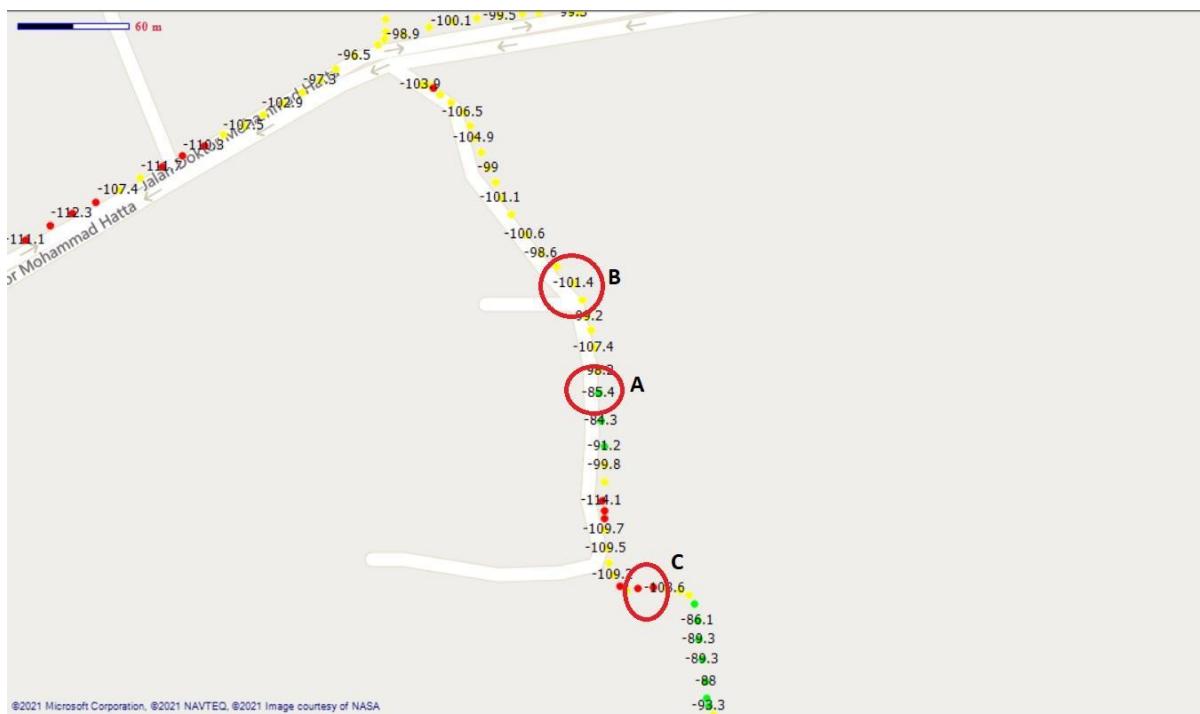


Lokasi C



F. Titik Pengujian LTE TDD dan LTE FDD Smartfren

Titik Pengujian RSRP LTE TDD Operator Smartfren



Lokasi A



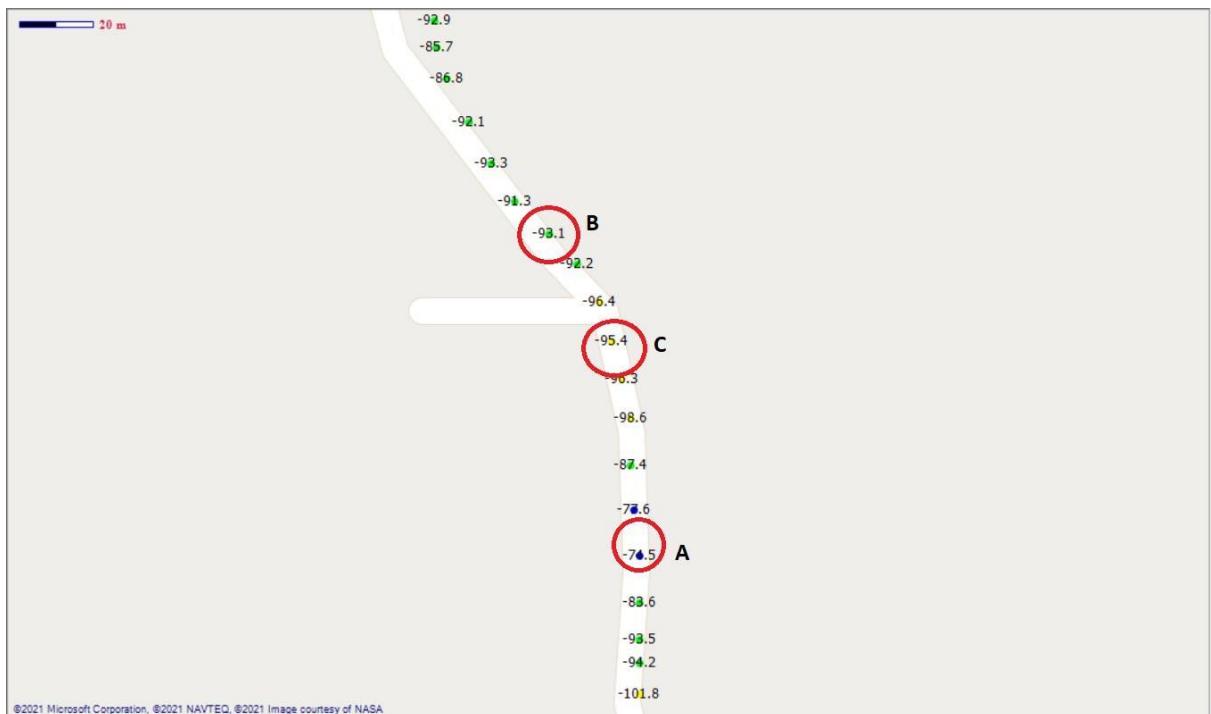
Lokasi B



Lokasi C



Titik Pengujian RSRP LTE FDD Operator Smartfren



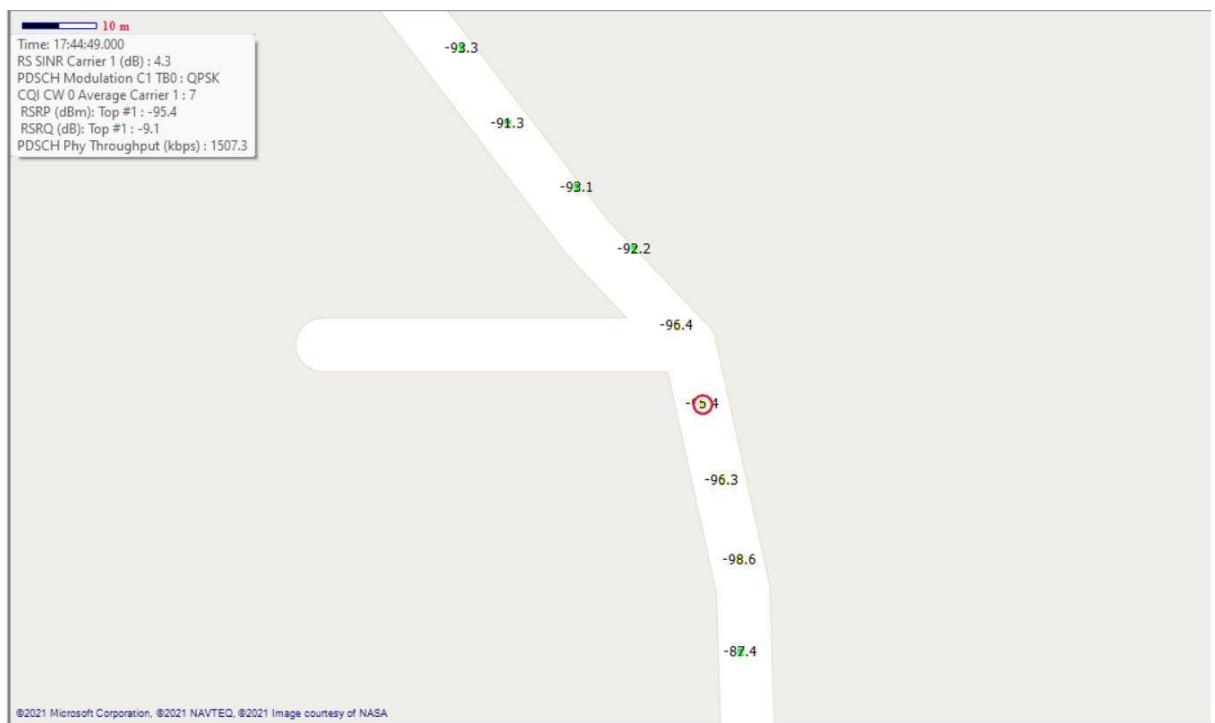
Lokasi A



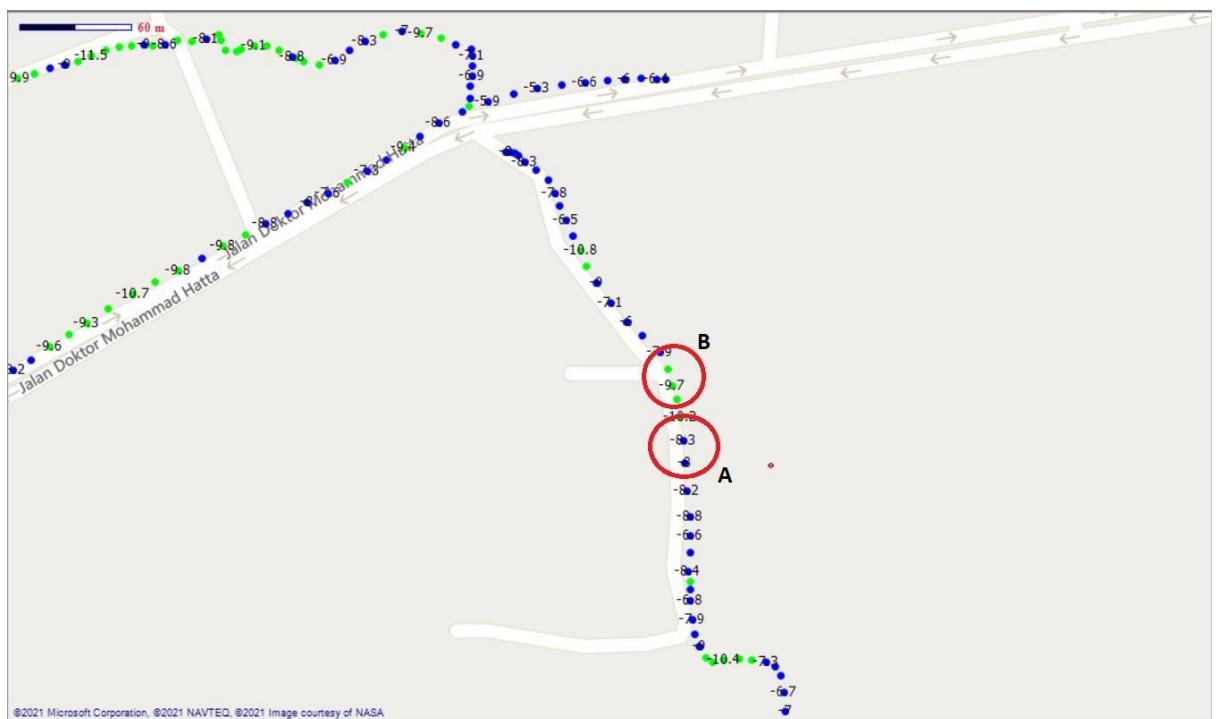
Lokasi B



Lokasi C



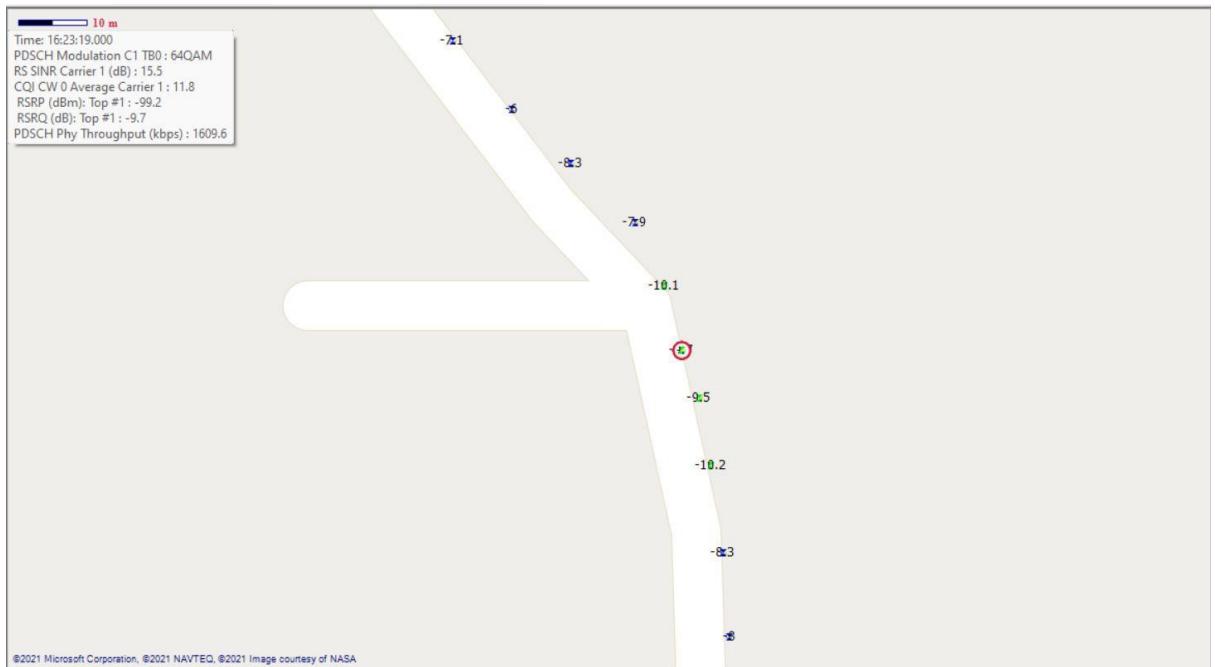
Titik Pengujian RSRQ LTE TDD Operator Smartfren



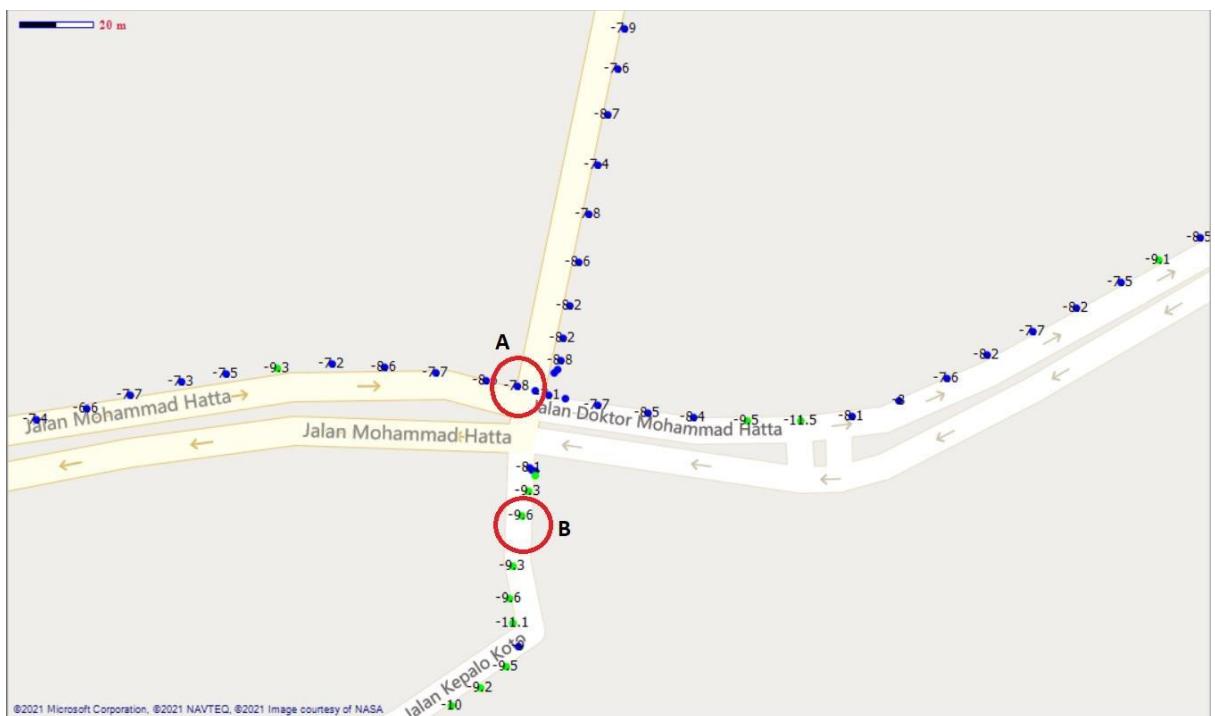
Lokasi A



Lokasi B



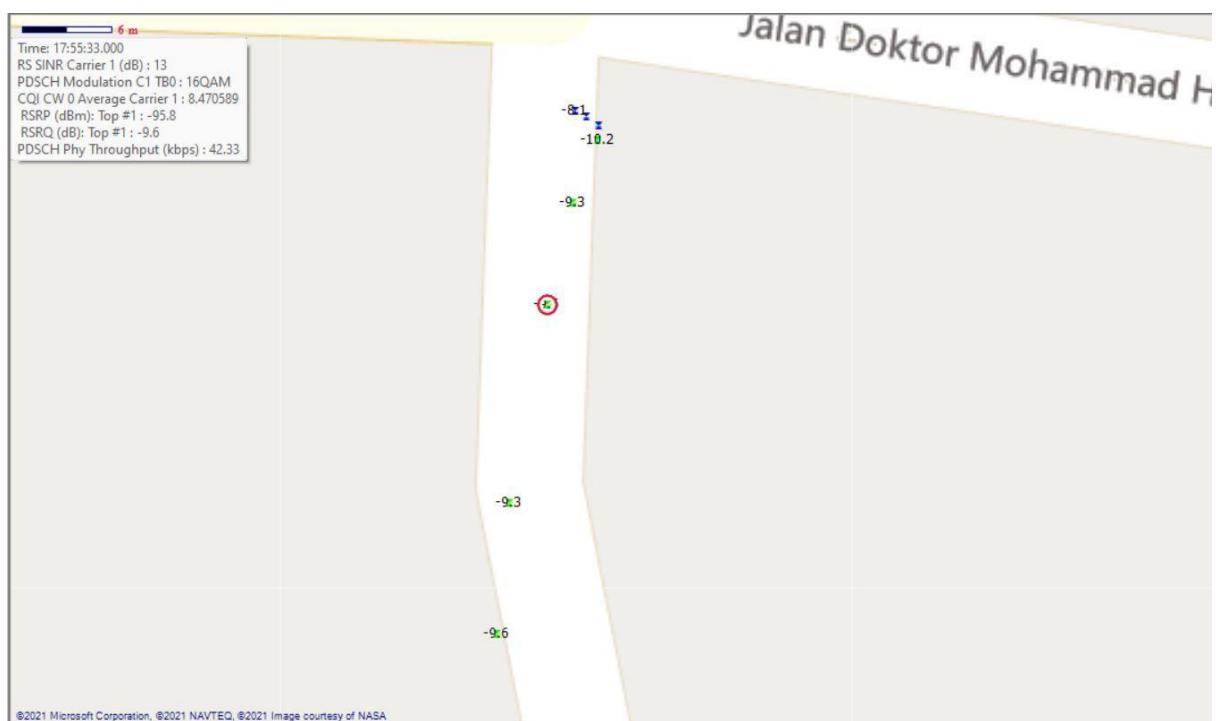
Titik Pengujian RSRQ LTE FDD Operator Smartfren



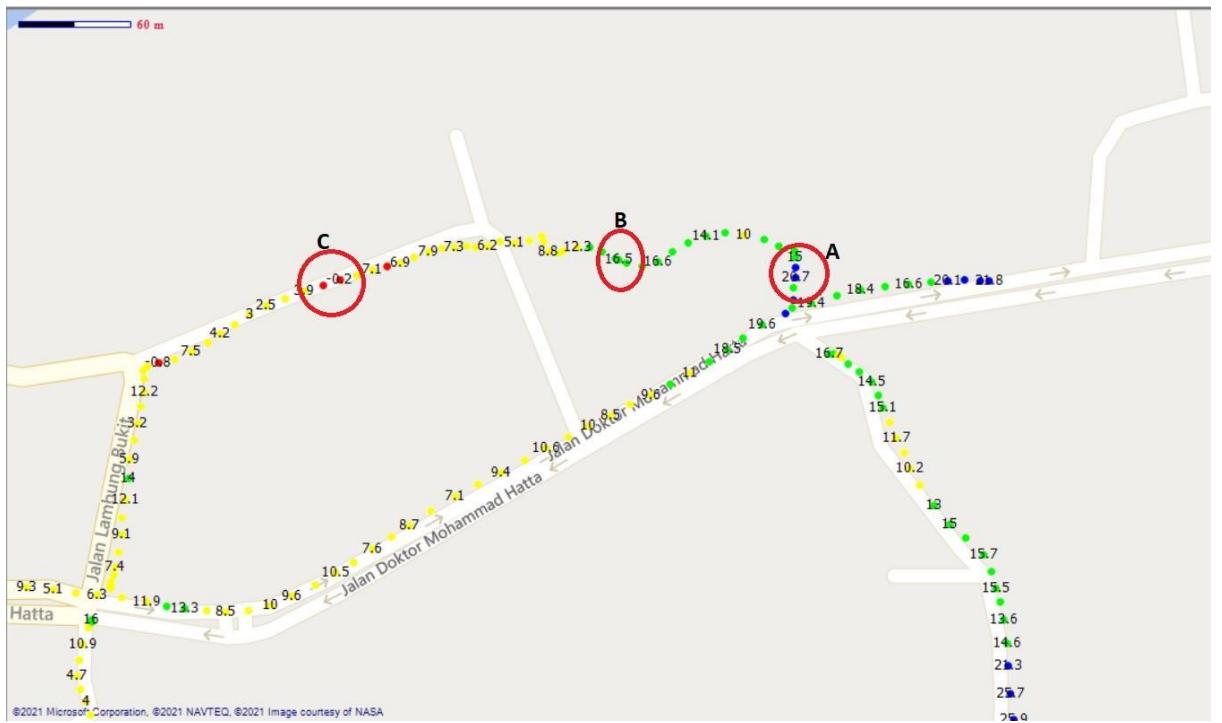
Lokasi A



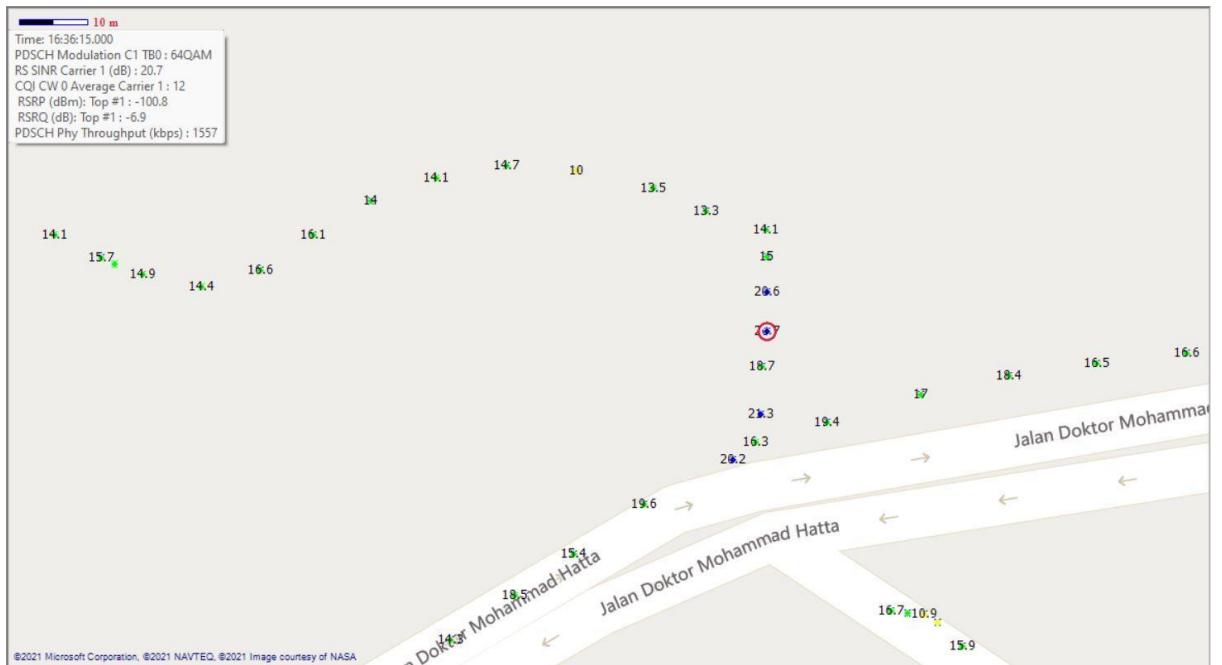
Lokasi B



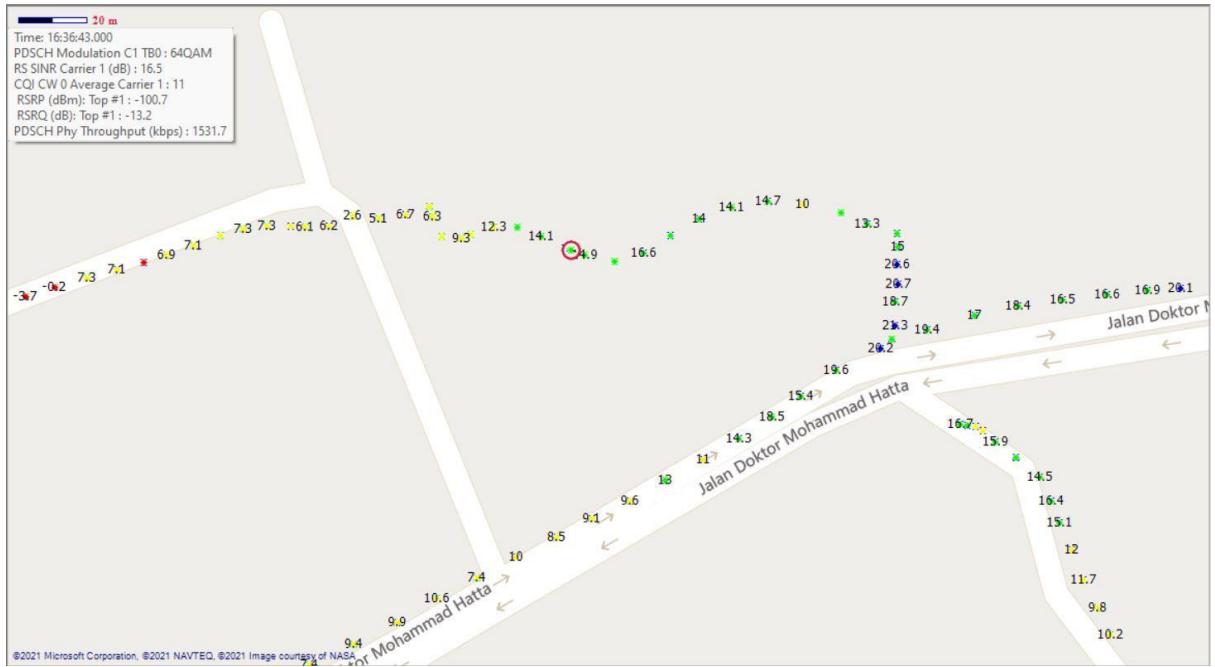
Titik Pengujian SINR LTE TDD Operator Smartfren



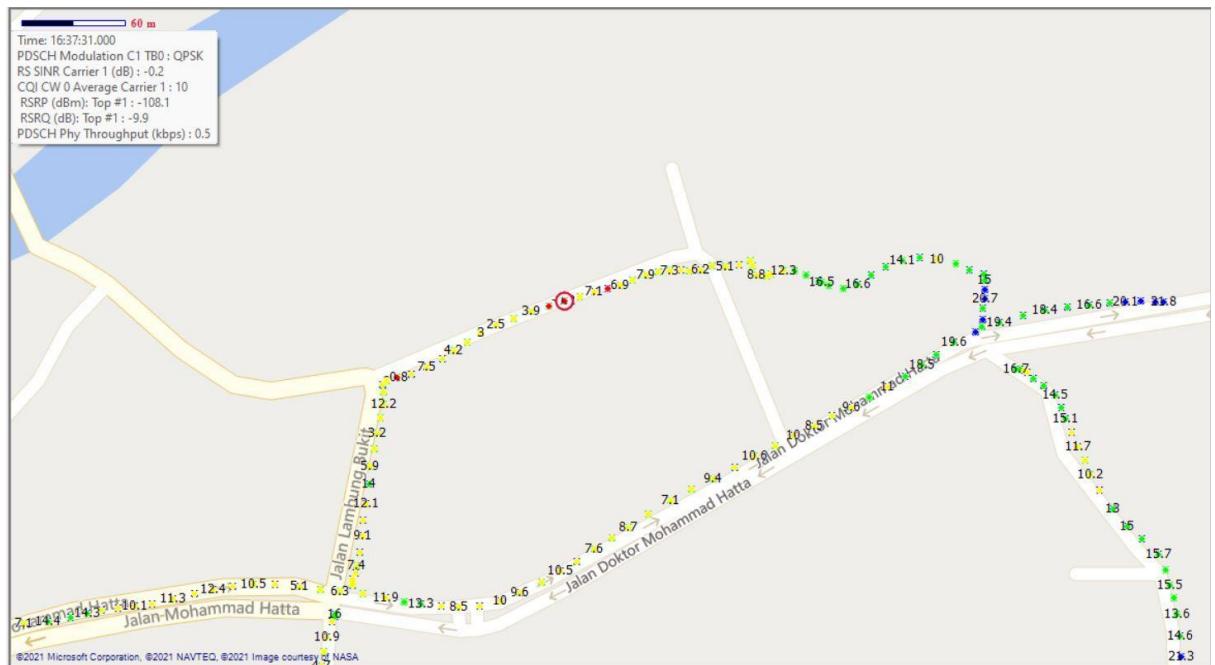
Lokasi A



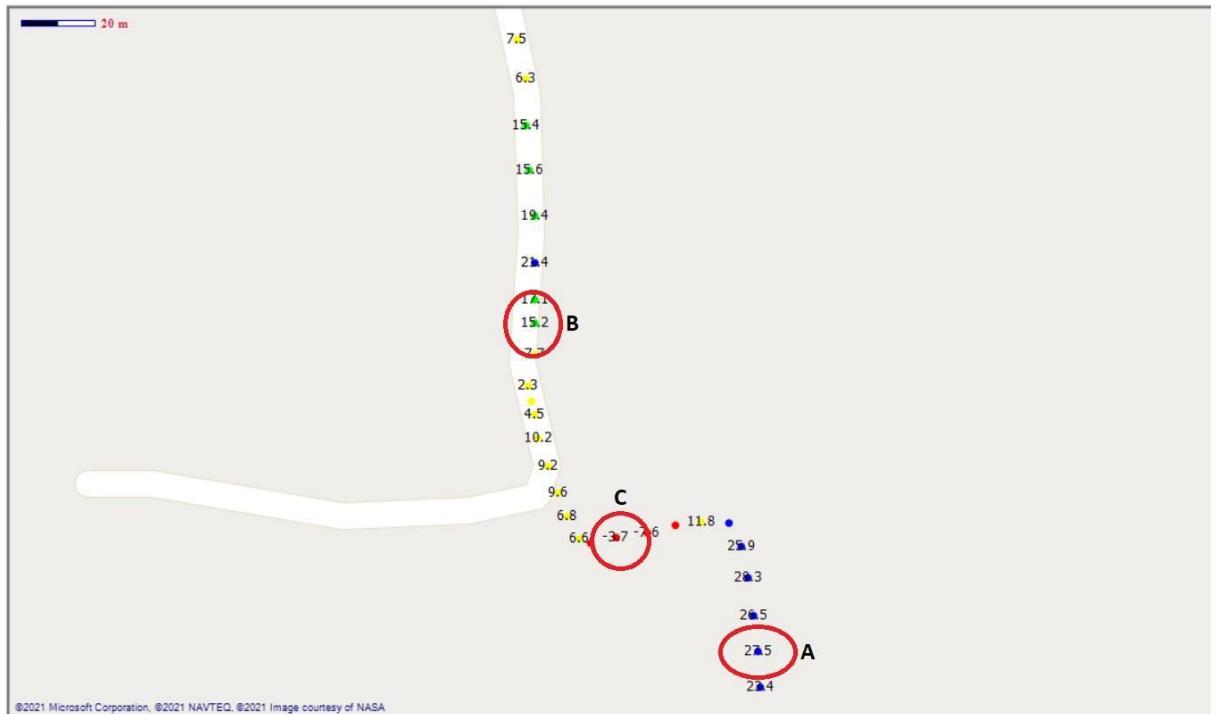
Lokasi B



Lokasi C



Titik Pengujian SINR LTE FDD Operator Smartfren



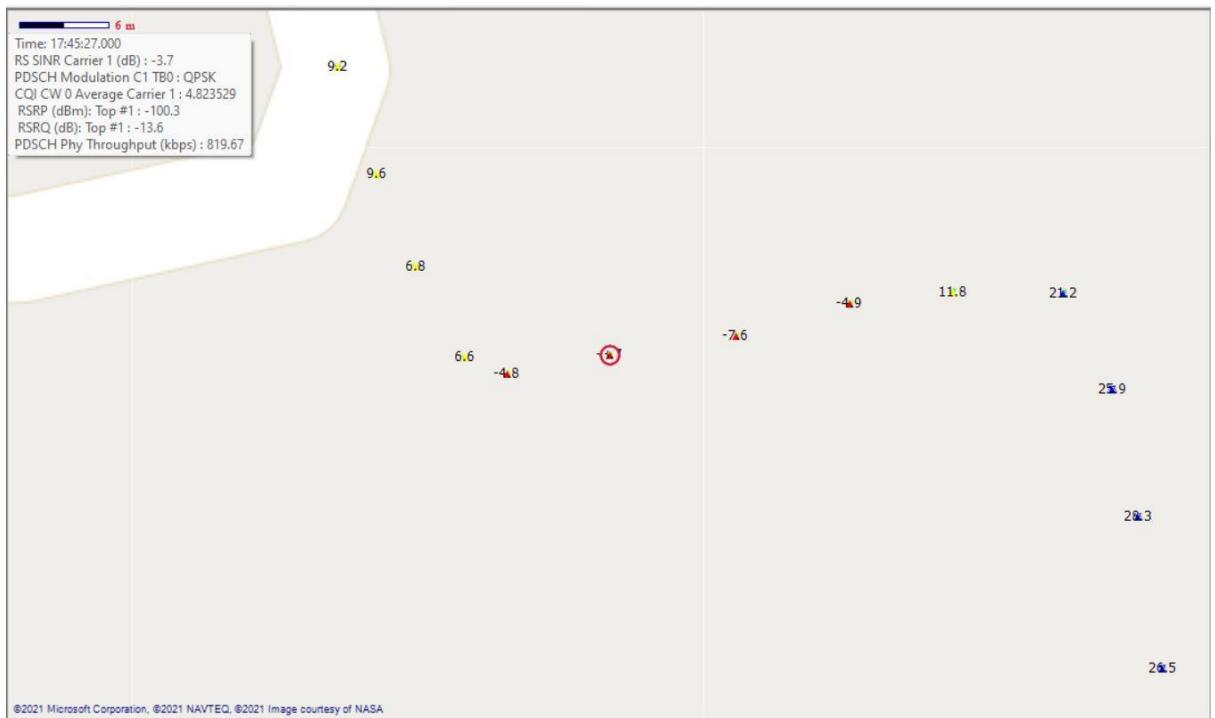
Lokasi A



Lokasi B

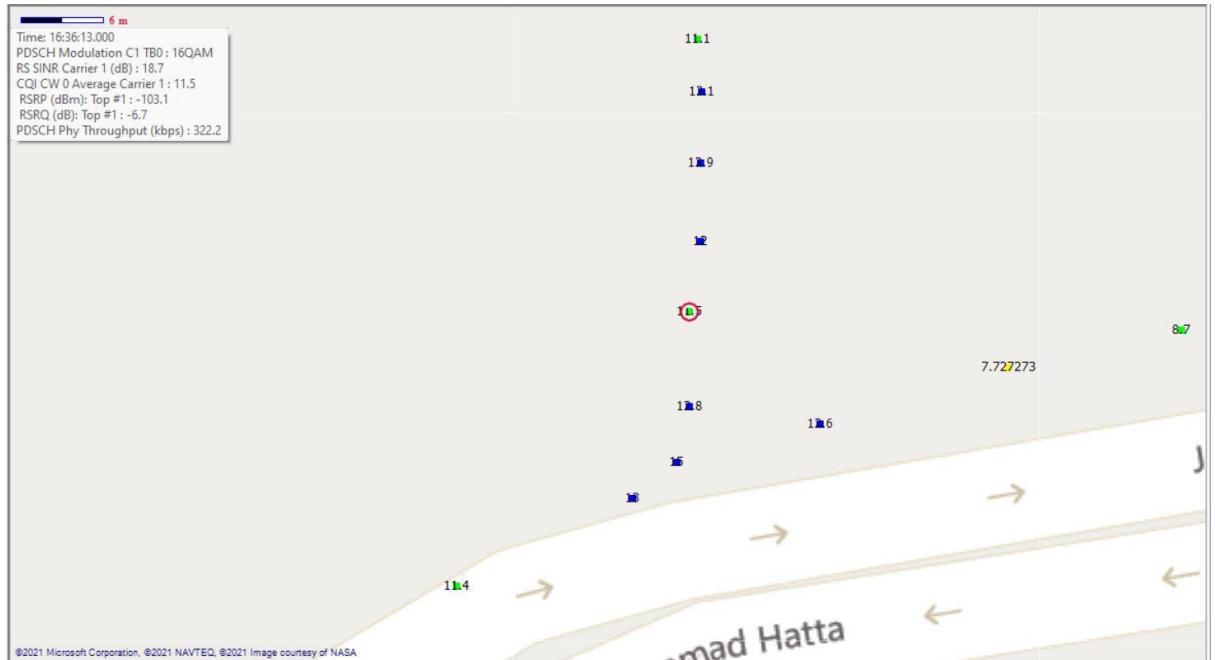


Lokasi C

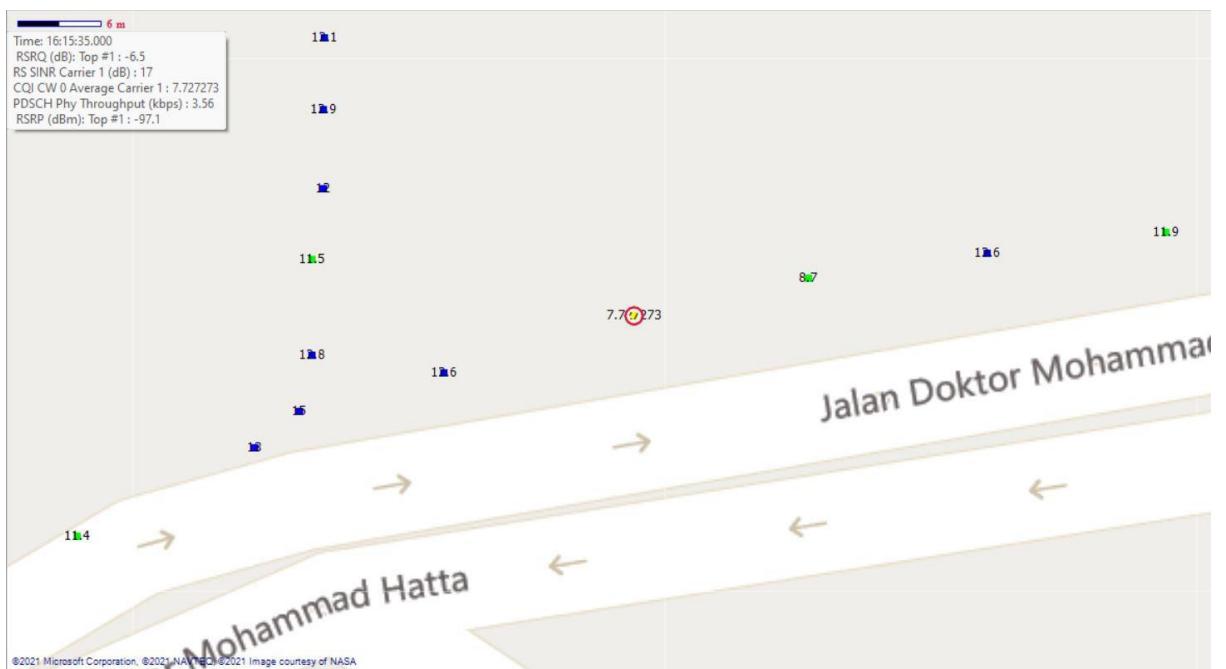


Titik Pengujian CQI LTE TDD Operator Smartfren

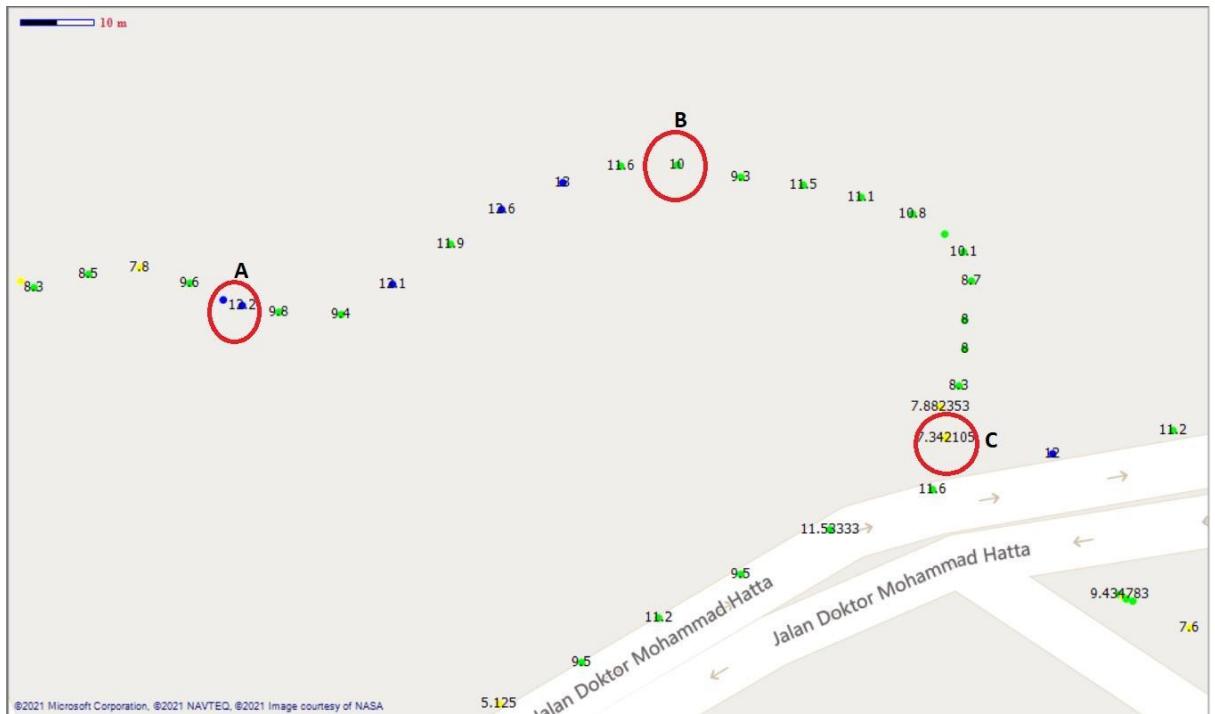




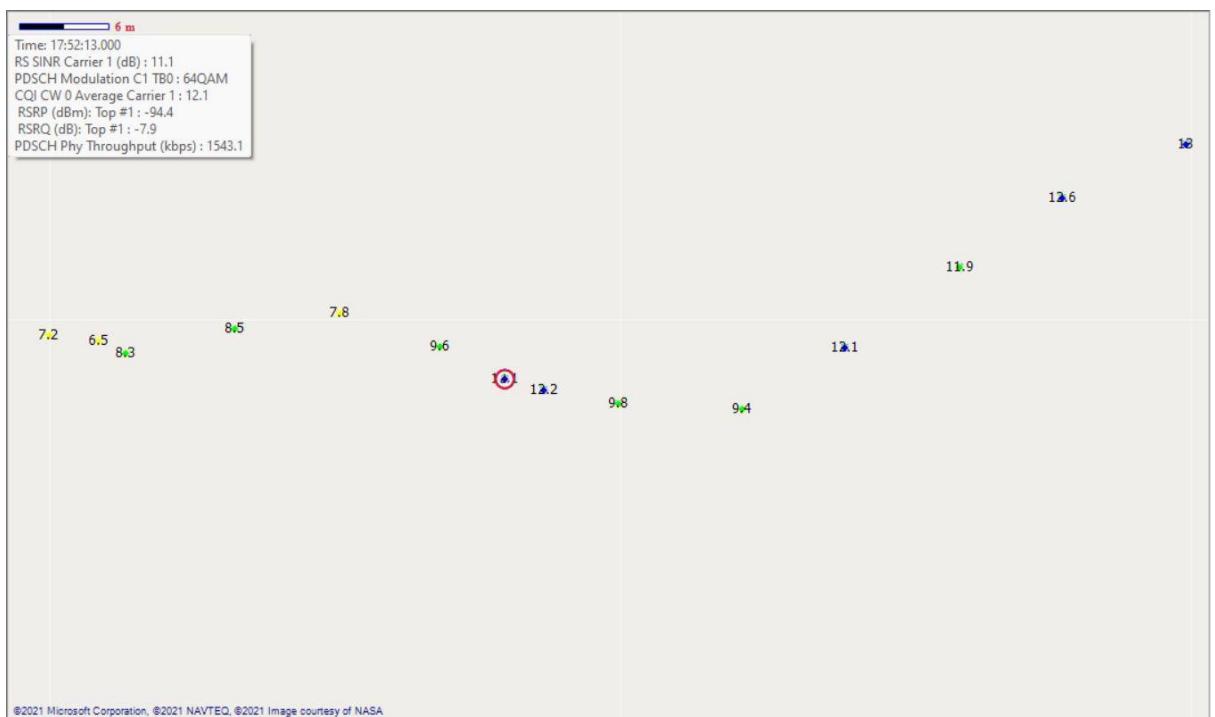
Lokasi C



Titik Pengujian CQI LTE FDD Operator Smartfren



Lokasi A



Lokasi B



Lokasi C

