

Laporan Skripsi

**PENINGKATAN KINERJA JARINGAN LTE DENGAN
METODE *PHYSICAL TUNING* DI LINGKUNGAN KAMPUS
TERPADU UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



Disusun oleh:

Ersa Cucun Alfindo

14524052

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

PENINGKATAN KINERJA JARINGAN LTE DENGAN METODE *PHYSICAL TUNING*
DI LINGKUNGAN KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

**TUGAS AKHIR
ISLAM**

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

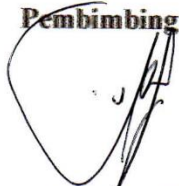
Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Industri
Universitas Indonesia

Disusun oleh:
Ersa Cucun Alfindo
14524052

الجامعة الإسلامية
Yogyakarta, 6 Agustus 2018
البركة الإسلامية

Menyetujui

Pembimbing 1



Ida Nurcahyani, S.T., M.Eng
155240104

Pembimbing 2



Tito Yuwono, S.T., M.Sc
005240102

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENINGKATAN KINERJA JARINGAN LTE DENGAN METODE *PHYSICAL TUNING*
DI LINGKUNGAN KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Ersa Cucun Alfindo

14524052

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 25 September 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : **Ida Nurcahyani, S.T., M.Eng,** _____

Anggota Penguji 1 : **Dr.Eng Hendra Setiawan, S.T., M.T.,** _____

Anggota Penguji 2 : **Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd, M.Eng.,** _____

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 25 September 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Lusmi Aziz Amrulloh, S.T., M.Sc., Ph.D.

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 6 Agustus 2018



Ersa Cucun Alfindo

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Segala puji dan rasa syukur bagi Allah SWT atas nikmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga bisa menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Peningkatan Kinerja Jaringan LTE Dengan Metode *Physical Tuning* di Lingkungan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknoogi Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam pelaksanaan penelitian ini tentunya banyak hambatan yang dilewati akan tetapi hambatan tersebut dapat teratasi atas bantuan banyak pihak, maka dari itu penulis menyampaikan banyak rasa syukur dan terimakasih kepada:

1. Bapak Fahrudin dan Ibu Royula selaku kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan material, emosional dan spiritual selama menuntut ilmu di Universitas Islam Indonesia
2. Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia (UII).
3. Ibu Ida Nurcahyani, S.T, M.Eng. dan Bapak Tito Yuwono, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro atas ilmu yang sudah diberikan kepada penulis hingga saat ini
5. Bapak Mochammad Hardin selaku *Marketing and Promotions Manager* at PT. XL Axiata Tbk - Indonesia
6. Bapak Wahyudi, S.T., M.T. selaku *Project Manager* XL PT. Huawei Tech Invesment - Yogyakarta
7. Bapak Wisang Geni, S.T., M.T. selaku *Senior Radio Network Optimization* PT. Huawei Tech Invesment – Yogyakarta
8. Bapak Joan Marendra Dwi Cahya selaku *Drive Test Engineer* PT. Huawei Tech Invesment - Yogyakarta
9. Rekan rekan Teknik Elektro Universitas islam Indonesia khususnya angkatan 2014 yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.
10. dan pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu

Semoga tulisan ini berguna bagi siapapun yang membacanya, penulis juga menyampaikan mohon maaf yang setulus-tulusnya apabila terdapat kekurangan dalam penulisan laporan ini.

Wassalamu 'alaykum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 6 Agustus 2018

Ersa Cucun Alfindo

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

RSRP : *Reference Signal Received Power*

RSRQ : *Reference signal Received Quality*

SINR : *Signal to Interference Noise Ratio*

BTS : *Base Transceiver Station*

dB : *decibel*

dBm : *dB milliwatt*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
ABSTRAK.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 <i>Long Term Evolution (LTE)</i>	5
2.2.3 <i>Radio Frequency (RF)</i>	5
2.2.4 <i>Drive Test</i>	6
2.2.5 TEMS.....	6
2.2.6 MapInfo Profesional	6
2.2.7 <i>Physical Tuning</i>	8
BAB 3 METODOLOGI.....	10
3.1 Menentukan lokasi.....	10

3.2 Menentukan operator	11
3.3 Menentukan jalur	11
3.4 <i>Drive test</i>	12
3.5 <i>Physical tuning</i>	12
3.6 <i>Drive test</i>	14
3.7 Membandingkan hasil <i>drive test</i>	14
3.8 Analisis data hasil ujicoba	15
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 <i>Serving Cell Identity</i>	17
4.2 <i>Reference Signal Received Power (RSRP)</i>	18
4.3 <i>Reference Signal Received Quality (RSRQ)</i>	21
4.4 <i>Signal Interference to Noise Ratio (SINR)</i>	23
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 OFDMA dan SC-FDMA	5
Gambar 2.2 Contoh peta di Mapinfo Profesional	7
Gambar 2.3 Ilustrasi data tabel di Mapinfo Profesional	7
Gambar 2.4 Ilustrasi menampilkan data $\frac{Ec}{No}$	8
Gambar 2.5 Ilustrasi menampilkan data RSCP	8
Gambar 3.1 Alur penelitian	10
Gambar 3.2 Jalur penelitian.....	11
Gambar 3.3 Perangkat <i>drive test</i>	12
Gambar 3.4 Lokasi <i>physical tuning</i>	13
Gambar 3.5 Lokasi <i>4532404E_LTE_UII_YOGYA</i>	13
Gambar 3.6 Mechanical tilt dan electrical tilt	14
Gambar 3.7 Contoh peta tematik	15
Gambar 4.1 Peta tematik <i>serving Cellidentity</i> awal	17
Gambar 4.2 Peta tematik <i>serving Cellidentity</i> akhir	17
Gambar 4.3 Peta tematik RSRP sebelum <i>physical tuning</i>	19
Gambar 4.4 Peta tematik RSRP sesudah <i>physical tuning</i>	19
Gambar 4.5 Grafik perbandingan RSRP	20
Gambar 4.6 Peta tematik RSRQ sebelum <i>physical tuning</i>	21
Gambar 4.7 Peta tematik RSRQ setelah <i>physical tuning</i>	21
Gambar 4.8 Grafik perbandingan RSRQ	22
Gambar 4.9 Peta tematik SINR sebelum <i>physical tuning</i>	23
Gambar 4.10 Peta tematik SINR sesudah <i>physical tuning</i>	23
Gambar 4.11 Grafik perbandingan SINR	24

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter level indkator RSRP	15
Tabel 3.2 Parameter level indkator RSRQ	16
Tabel 3.3 Parameter level indkator SINR	16
Tabel 3.4 Indikator warna sektor	16
Tabel 4.1 Indikator warna sektor	18
Tabel 4.2 Jumlah data RSRP	20
Tabel 4.3 Jumlah data RSRQ	22
Tabel 4.4 Jumlah data SINR	24

ABSTRAK

Meningkatnya pelanggan pada suatu operator tidak hanya meningkatkan pemasukkan operator seluler melainkan juga menurunkan kualitas layanan pada pelanggan. Salah satu efek yang terjadi adalah penurunan kinerja pada daerah layanan. Untuk meningkatkan kinerja pada sebuah jaringan penulis melakukan *physical tuning* yang berupa *mechanical tilting* dan *electrical tilting*. *Mechanical tilting* sendiri merupakan sebuah proses yang dilakukan dengan mengubah antena secara fisik, sedangkan *electrical tilting* dilakukan perubahan fasa pada antena tanpa merubah fisik antena. Peningkatan tersebut dilakukan di wilayah Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan operator XL. Setelah dilakukan *physical tuning* terjadi peningkatan *Reference signal Received power* (RSRP) level sangat buruk menurun dari 14% menjadi 0%, *Reference Signal Received Quality* (RSRQ) level sangat buruk menurun dari 22% menjadi 7% dan *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR) level worst dari 17% menjadi 10%

Kata Kunci: *drive test, physical tuning, mechanical tilting, electrical tilting*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia telekomunikasi sudah canggih mengingat akan tingginya kebutuhan pengguna di masa sekarang. Telekomunikasi yang menjadi kebutuhan kebanyakan masyarakat perkotaan saat ini adalah telekomunikasi seluler [1]. Teknologi yang saat ini diterapkan pada sistem komunikasi seluler adalah *Long Term Evolution* (LTE) [2]. LTE sendiri merupakan sebuah standar telekomunikasi nirkabel yang berbasis jaringan *Global System For Mobile Communication* (GSM)/*Enhanced Data for Global Evolution* (EDGE) dan *Universal Mobile Telecommunication Service* (UMTS)/*High Speed Data Packet Access* (HSDPA) dalam akses data dengan kecepatan tinggi menggunakan sebuah perangkat seluler [3]. Teknologi ini memiliki dua sistem *duplex* yaitu *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). Pada perkembangannya proses TDD dan FDD digabungkan secara bersamaan untuk menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dengan sebutan LTE advanced [4].

Berkembangnya teknologi LTE ini beriringan dengan peningkatan jumlah pengguna pada setiap tahunnya. Maka dari itu peningkatan jumlah pengguna harus diikuti oleh meningkatnya sebuah infrastruktur jaringan telekomunikasi seluler yang ada. Peningkatan harus dilakukan agar kualitas sebuah jaringan tetap optimal. Permasalahan yang membuat layanan menurun biasanya adalah sinyal pada suatu wilayah yang kurang baik, selain itu juga rendahnya akses yang ada pada suatu wilayah yang tentu akan mengurangi kualitas layanan terhadap pelanggan. Kedua permasalahan tersebut dikarenakan beberapa faktor, seperti *blocking*, *interference*, minimnya jangkauan, maupun faktor teknis lainnya [2].

Kampus terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) merupakan sebuah wilayah dengan pengguna jaringan seluler yang sangat banyak. Pengguna mencapai 20 ribu mahasiswa aktif yang melakukan studi di UII. Dengan wilayah seluas 36 hektar pada kampus terpadu Universitas Islam Indonesia dan mahasiswa aktif berjumlah ribuan wilayah ini masuk pada wilayah yang padat [5]. Kategori wilayah padat di sekitar wilayah kampus UII ini berdasarkan kepadatan penduduk di wilayah Sleman 2.031/Km² menurut Badan Pusat Statistik kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta [6]. Dengan banyaknya orang yang ada di wilayah tersebut dapat membuat kualitas layanan jaringan menjadi menurun.

Turunnya sebuah kinerja jaringan memungkinkan penulis untuk melakukan peningkatan kinerja sebuah jaringan. Peningkatan kinerja jaringan dapat dilakukan dengan *physical tuning*, *new site*, *Soft Frequency Reuse* (SFR), dan pelebaran *bandwidth*. Dari beberapa cara peningkatan kinerja tersebut penulis melakukan *physical tuning*. *Physical tuning* dipilih cara yang efektif untuk peningkatan kuat sinyal maupun *quality improvement* yang disebabkan oleh permasalahan coverage. Metode ini diimplementasikan pada operator XL, operator XL penulis pilih dikarenakan ijin akses yang diberikan kepada penulis.

Dengan penelitian ini diharapkan terjadi peningkatan daya frekuensi radio yang ada di sekitar wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia dan sekelilingnya. Selain itu juga membuktikan bahwa metode *physical tuning* dapat meningkatkan kualitas sebuah jaringan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Seberapa besar peningkatan kualitas kinerja jaringan LTE di lingkungan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia setelah dilakukan *physical tuning*?
2. Bagaimana pengaruh *physical tuning* terhadap kinerja jaringan LTE?
3. Apakah terdapat perbedaan jangkauan antara wilayah yang terjangkau sinyal frekuensi radio sebelum dan sesudah dilakukannya *physical tuning*?

1.3 Batasan Masalah

1. Analisis peningkatan dilakukan pada *Reference signal Received power* (RSRP), *Reference Signal Received Quality* (RSRQ) *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR) dan *serving cell identity*.
2. *Tilting* dilakukan pada *site* 4532404E_LTE_UII_YOGYA
3. Penelitian menggunakan *software* TEMS dan MapInfo Profesional
4. *Physical tuning* hanya dilakukan secara *mechanical tilting* dan *electrical tilting*
5. Penelitian hanya dilakukan pada operator XL

1.3 Tujuan Penelitian

1. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan layanan jaringan 4G LTE di wilayah kampus UII agar dapat memberikan jaringan yang lebih stabil.
2. Membuktikan bahwa *physical tuning* dapat meningkatkan kinerja jaringan LTE.
3. Melihat seberapa besar pengaruh *physical tuning* terhadap peningkatan kinerja jaringan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat penelitian ini adalah meningkatnya kualitas pelayanan jaringan 4G LTE XL di wilayah sekitar kampus Terpadu UII menjadi lebih baik.
2. Sebagai pertimbangan perusahaan untuk meningkatkan pelayanan.
3. Sebagai acuan dalam penentuan nilai parameter *physical tuning* perusahaan

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Pada penelitian sebelumnya dilakukan pengukuran KPI dengan TEMS Investigation dan G-NetTrack PRO [7]. Pengukuran tersebut dilakukan untuk mengetahui *software* mana yang lebih baik untuk digunakan dalam pengukuran. Metode yang dilakukan adalah membandingkan level sinyal yang diterima dari pengukuran TEMS Investigation dan G-NetTrack PRO dengan perhitungan. Dari perbandingan tersebut kemudian dilihat apakah memenuhi standar KPI (*Key Performance Indicator*) atau tidak, standar tersebut ditentukan oleh PT. Hutchison Three. Hasil menunjukkan bahwa TEMS Investigation lebih akurat dibandingkan G-NetTrack PRO. Hal ini ditunjukkan dengan hasil penerimaan sinyal yang diterima oleh TEMS Investigation lebih mendekati hasil perhitungan dibandingkan dengan G-NetTrack PRO, selain hal itu hasil pengukuran dengan TEMS Investigation masuk dalam kategori KPI baik dan pada pengukuran G-NetTrack PRO tidak masuk dalam kategori KPI yang ditentukan oleh PT. Hutchison Three.

Penelitian yang lain melakukan analisis terhadap jaringan LTE dengan membandingkan jaringan LTE sebelum dengan sesudah dilakukannya optimasi [2]. Peneliti ini melakukan optimasi dengan menggunakan *software simulasi planning* UNET. Simulasi ini menggunakan data yang sudah ada lalu dilakukan optimasi dengan cara *physical tuning* dengan tujuan untuk meningkatkan jangkauan sinyal. Setelah dilakukannya *physical tuning* selanjutnya dilakukan sebuah perbandingan antara data *existing* dengan data sesudah *physical tuning*. Hasil yang dibandingkan menunjukkan bahwa semakin kecil nilai *tilting* maka semakin luas jangkauan sebuah antena.

Peneliti jaringan LTE berikutnya juga melakukan optimasi frekuensi radio dengan simulasi [8]. Peneliti melakukan optimasi dengan melebarkan *bandwith*, *physical tuning*, dan *Soft Frequency Reuse* (SFR). Optimasi awal dilakukan dengan pelebaran *bandwith*. Hasilnya terjadi peningkatan pada *throughput* tetapi terdapat penurunan di RSRP yang diakibatkan oleh *obstacle* yang ada di wilayah penelitian. Selanjutnya dilakukan *physical tuning* dengan mengatur tinggi antena dan *mechanical tilting*. Setelah dilakukan kombinasi optimasi tersebut RSRP meningkat tetapi membuat RSRQ menurun yang bisa disebabkan oleh adanya interferensi. Setelah optimasi kedua dilakukan lagi SFR dan hasilnya membuat nilai RSRQ meningkat sesuai yang diinginkan [8].

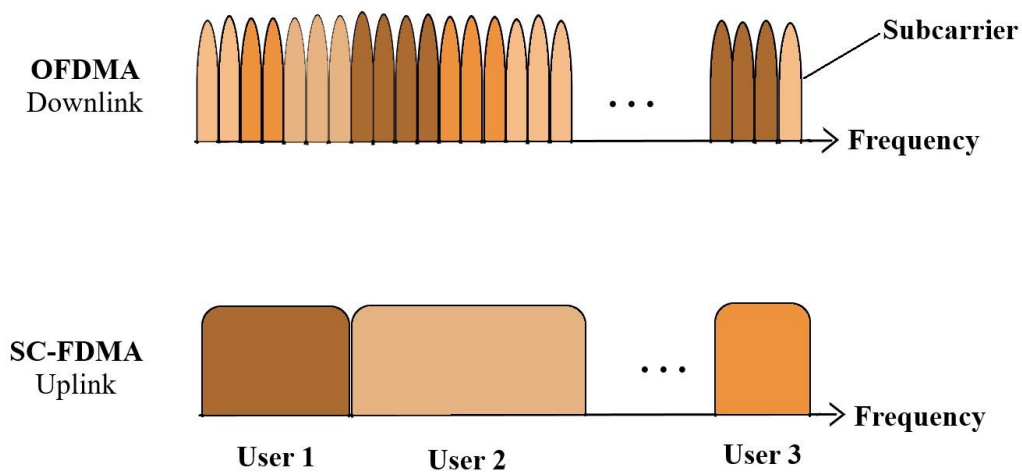
Pada penelitian ini penulis melakukan peningkatan kinerja jaringan dengan melakukan *physical tuning* di antena yang terdapat pada wilayah sekitar kampus terpadu UII. *Physical tuning* yang penulis lakukan adalah mengkombinasikan antara *electrical tilting* dan *mechanical tilting*.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Long Term Evolution (LTE)

LTE merupakan sebuah teknologi seluler generasi ke empat yang sedang digunakan saat ini yang diperkenalkan oleh *Ericsson* di Swedia pada tahun 2009 dengan kecepatan mengakses hingga 42,78 Mbps pada *downlink* dan 5,30 Mbps pada *uplink*. Keterbatasan teknologi 4G ini baru dikenal pada 14 November 2013 yang diperkenalkan oleh sebuah perusahaan yang bernama Internux, dengan sebuah produk baru bernama Bolt yang memiliki kecepatan akses hingga 75 Mbps [9].

LTE ini menggunakan sistem *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) pada sisi *downlink* sedangkan pada sisi *uplink* menggunakan *Single Carrier Frequency Division Multiple* atau yang disingkat SC-FDMA [10]. Sistem kerja OFDMA dan SC-FDMA dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 OFDMA dan SC-FDMA [11]

2.2.3 Radio Frequency (RF)

Radio Frequency merupakan sebuah sinyal elektromagnetik yang berasal dari pancaran sebuah antena yang berada pada frekuensi tertentu. RF itu sendiri merupakan sebuah arus bolak-balik yang didalamnya terdapat sebuah informasi yang dikirimkan melalui gelombang elektromagnetik.

2.2.4 Drive Test

Drive Test merupakan kegiatan pengumpulan data menggunakan *RF drive test tool* untuk mengukur cakupan jaringan [12]. *Drive test* merupakan kegiatan yang dilakukan dalam optimalisasi jaringan radio. Dalam *drive test* terdapat beberapa parameter seperti RSRP, RSRQ, dan SINR.

RSRP merupakan rata-rata daya pada *Resource Element* yang membawa *Reference Signal (RS)* dalam *subcarrier*. Transmitter yang bagus akan memancarkan nilai RSRP yang lebih besar, apabila nilai RSRP kecil berarti sinyal yang di kirimkan tidak baik [13].

RSRQ yaitu rasio atau perbandingan antara RSRP dengan *wideband power*. Lebih mudahnya RSRQ yaitu kualitas sinyal yang diterima *user equipment*. Pengaruh noise dan interferensi juga diperhitungkan [14].

SINR Adalah perbandingan kuat sinyal dengan interferensi dan noise. Besarnya nilai SINR pada *cell edge* secara tidak langsung akan mempengaruhi *throughput user*, besarnya nilai SINR sebanding dengan *throughput* [15].

2.2.5 TEMS

TEMS memiliki kepanjangan *Test Mobile System*, TEMS adalah sebuah perangkat lunak keluaran dari Ericsson yang sudah diakuisisi oleh Assacom. TEMS merupakan alat *drive test* yang untuk melakukan pengukuran dan memonitor sebuah jaringan. TEMS 16 merupakan TEMS yang dapat melakukan *drive test* pada jaringan GSM, WCDMA, HSPA, CDMA, dan LTE. Data yang dikumpulkan pada aplikasi TEMS sangat berguna untuk optimalisasi, verifikasi, dan untuk perbaikan [16].

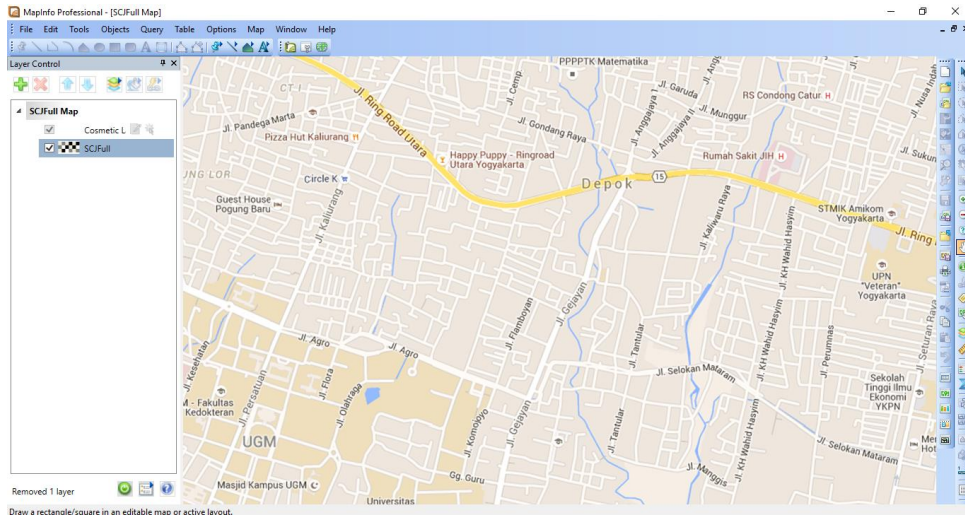
2.2.6 MapInfo Profesional

Mapinfo ini adalah sebuah *software* yang digunakan untuk menampilkan hasil *drive test* dari TEMS agar dapat dibuat sebagai titik-titik plot pemetaan yang lebih mudah dan menarik selain itu penggunaan Mapinfo ini juga lebih fleksibel terhadap *software* yang lainnya. Mapinfo ini memiliki kelebihan dengan bisa membaca data bentuk tabel lalu memasukkanya ke dalam peta maupun sebaliknya, yaitu merubah dari data titik ke data yang bisa dibaca dalam bentuk tabel.

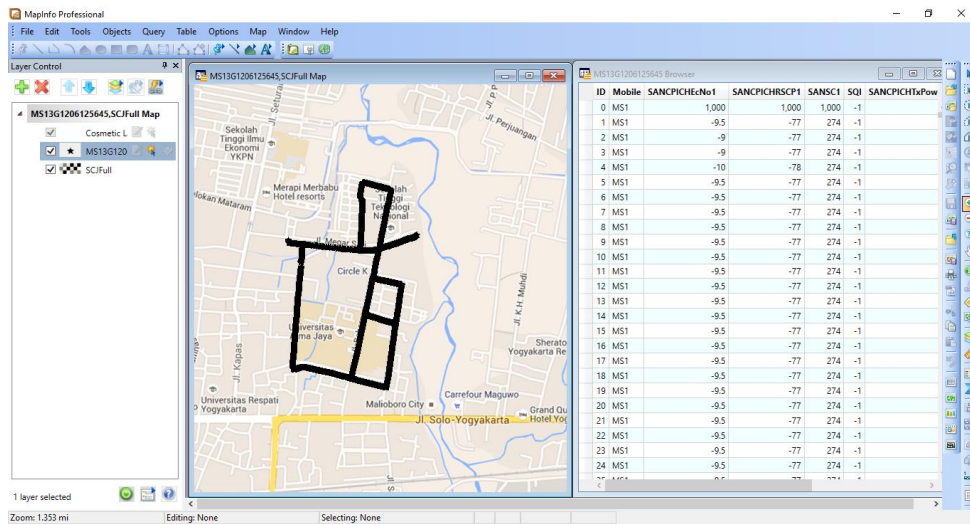
Komponen penting yang harus ada dalam pengolahan data spasial ini adalah diperlukanya peta. Peta membuat sebuah hasil data yang di olah dengan menggunakan Mapinfo Profesional menjadi lebih mudah dipahami untuk contoh peta dapat dilihat di Gambar 2.2. Untuk file yang akan diolah dan dimasukkan ke Mapinfo Profesional, bisa dilihat pada Gambar 2.3.

Pada Gambar 2.3 masih menampilkan data berupa nomor urut. Data yang ditampilkan dapat diubah sesuai dengan kebutuhan sesuai yang ada dalam data bentuk tabel. Data yang ditampilkan tersebut terbatas pada setiap kolom saja. Akan tetapi setiap kolom dapat ditampilkan secara

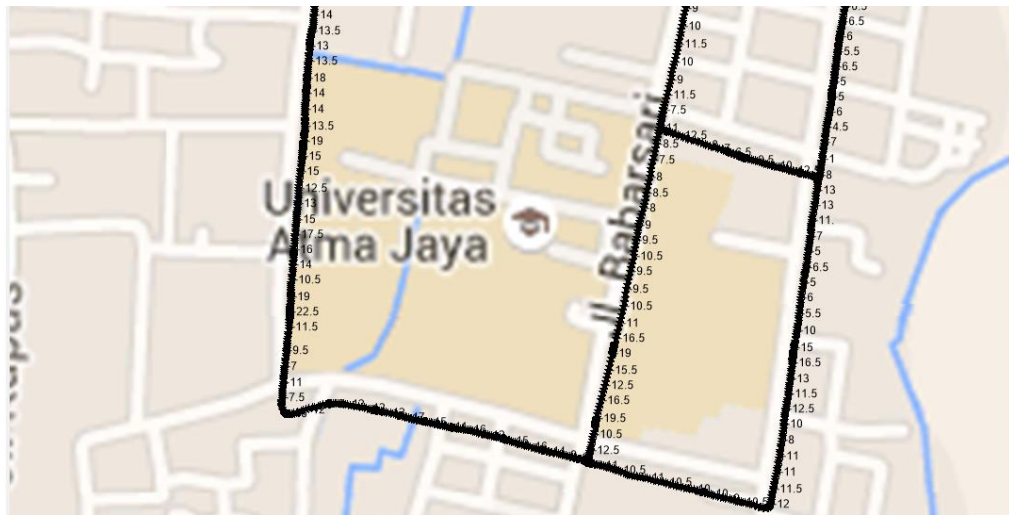
bergantian untuk ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5. Pada Gambar 2.4 menampilkan *Energy Chips/Noise* ($\frac{Ec}{No}$) sedangkan Gambar 2.5 menampilkan *Receive Signal Code Power* (RSCP). Ec/No merupakan rasio antara kekuatan sinyal *noise* atau *Signal Noise Ratio* (SNR) yang dipakai untuk menunjukkan kualitas jalur koneksi [17]. Sedangkan RSCP merupakan kuat sinyal yang diterima oleh perangkat penerima sinyal dalam sebuah jaringan 3G [18].



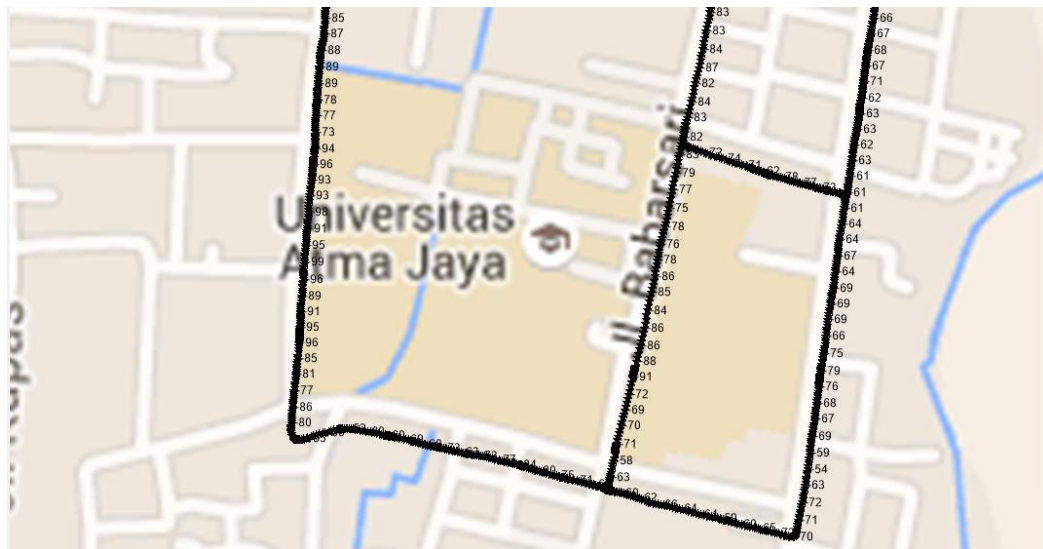
Gambar 2.2 Contoh peta di Mapinfo Profesional



Gambar 2.3 Ilustrasi data tabel di Mapinfo Profesional



Gambar 2.4 Ilustrasi menampilkan data $\frac{Ec}{No}$



Gambar 2.5 Ilustrasi menampilkan data RSCP

2.2.7 Physical Tuning

Physical tuning adalah sebuah metode untuk optimasi. Metode optimasi ini dilakukan pada antena yang terdapat pada menara *Base Transceiver Station* (BTS) dengan mengatur perangkat fisik antena. Ada beberapa *physical tuning* yang dapat dilakukan yaitu berupa *adjustment height* atau mengatur kembali tinggi antena, *tilting* atau pengarahannya sudut antena, dan *adjustment azimuth* antena.

Tilting sendiri ada dua yaitu *mechanical tilting* dan *electrical tilting*. *Mechanical tilting* dilakukan dengan cara mengubah arah kemiringan antena secara fisik. Dampak yang dihasilkan oleh *tilting* ini adalah berubahnya luas jangkauan secara keseluruhan. Pada *mechanical tilting* perubahan arah antena dilakukan dengan mengubah *tilt angle* yang terletak di *bracket* belakang

antena. Pengukuran derajat kemiringan dapat dilakukan dengan menggunakan *tilt* meter. Pengertian secara sederhananya yaitu *mechanical tilting* merupakan pengaturan arah antenna secara vertikal ke atas maupun ke bawah. Semakin besar derajat *mechanical tilt*, maka arah antenna akan semakin menunduk yang menyebabkan jangkauan pada *main lobe* semakin berkurang, sedangkan pada *side lobe* akan semakin melebar.

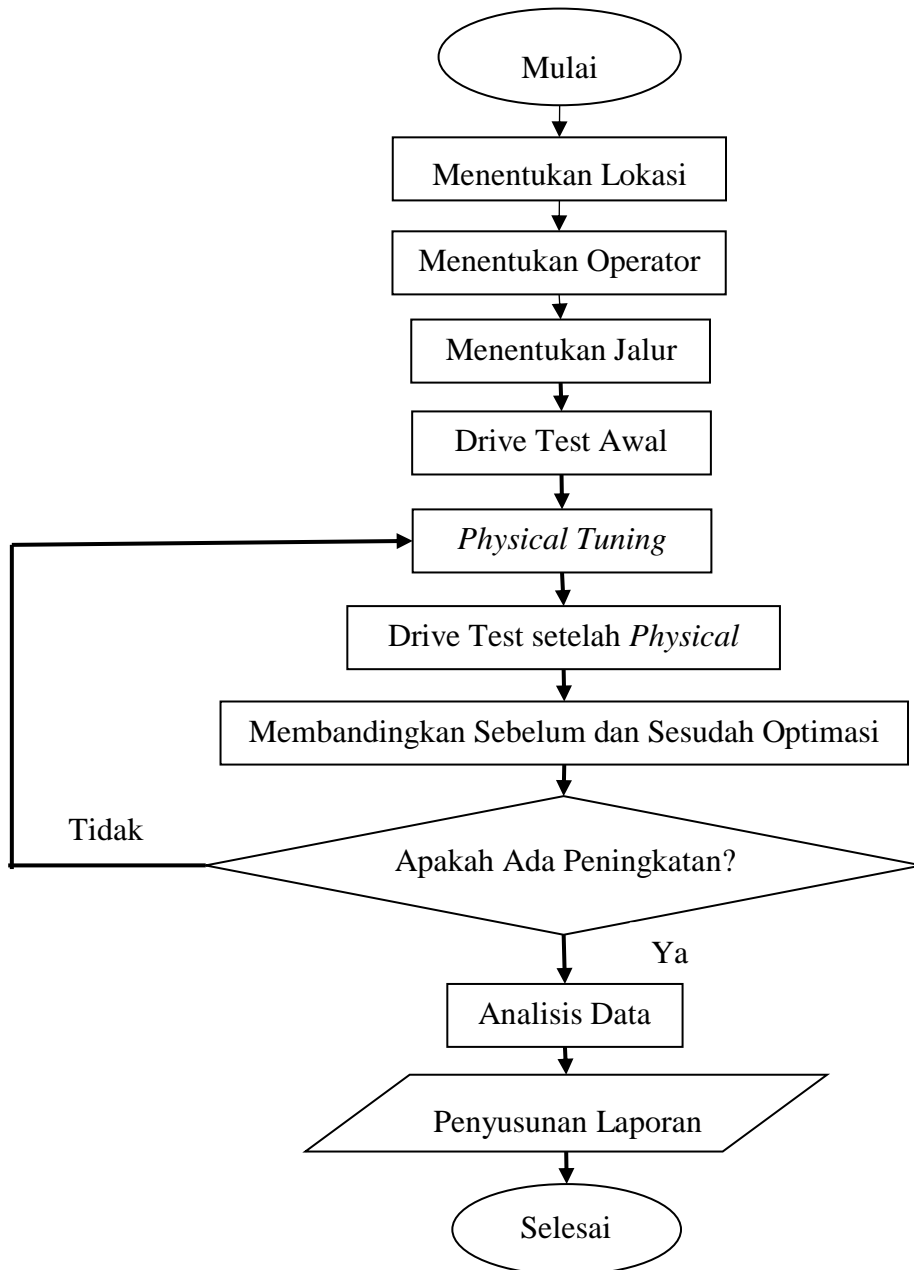
Electrical tilting adalah mengubah jangkauan wilayah jangkauan sinyal dengan merubah fasa antenna yang akan merubah *bandwith* antenna. Merubah fasa antenna dapat dilakukan dengan merubah pengaturan pada *electrical tilt* yang biasanya terdapat pada bagian bawah antenna yang berupa angka 1, 2, 3 dst. *Electrical tilting* merupakan pengaturan perubahan polarisasi antenna yang di atur secara elektronik. Semakin besar nilai *electrical tilting* maka semakin kecil jangkauan sinyal, dan sebaliknya semakin kecil nilai *electrical tilting* maka akan semakin luas jangkauan sinyal yang ada.

Selain itu ada juga *adjustment azimuth* yaitu perubahan sudut antenna secara horizontal. Perubahan secara horizontal ini dilakukan pada bagian penjepit antenna yang terhubung ke kaki tower. Penggeseran antenna secara horizontal ini biasanya berkisar antara 5° - 100° . Arah utara merupakan arah 0° yang digunakan sebagai acuan untuk *adjustment azimuth*. Alat yang digunakan untuk menentukan arahnya adalah kompas. Pengaturan arah horizontal ini bertujuan untuk menyesuaikan dengan *planning site* yang sudah ditentukan [19].

BAB 3

METODOLOGI

Pada bab ini akan menjelaskan alur penelitian dalam bentuk diagram alir. Diagram alir akan ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur penelitian

3.1 Menentukan lokasi

Pada penentuan lokasi ini penulis menentukan lokasi di sekitar wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia dan sekitarnya. Penentuan lokasi ini salah satunya merupakan pertimbangan akses yang lebih mudah bagi penulis dengan pertimbangan lain bahwa wilayah

kampus ini merupakan wilayah yang cukup padat dikarenakan memiliki lebih dari ribuan mahasiswa aktif yang berada di wilayah tersebut dengan luas wilayah kampus terpadu UII hanya 36 hektar.

3.2 Menentukan operator

Setelah menentukan lokasi langkah selanjutnya adalah menentukan operator. Operator yang penulis jadikan studi kasus adalah operator XL. Alasan penulis memilih operator ini terkait oleh ijin yang diberikan terhadap penulis untuk melakukan penelitian.

3.3 Menentukan jalur

Setelah menentukan pilihan operator ini selanjutnya adalah menentukan jalur, yaitu menandai jalur mana saja yang dilewati saat pengambilan data melalui *drive test*. Jalur yang kita lalui bisa kita lihat pada Gambar 3.2. wilayah yang dilakui meliputi wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia di Jalan Kaliurang KM 14,5 dan wilayah di sekitarnya. Pada Gambar 3.2 terdapat nomor sebagai tanda nama jalan yang akan dilewati saat mengambil data.



Gambar 3.2 Jalur penelitian

Keterangan:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. Jalan Kaliurang KM 14,5 | 6. Jalan Islamika |
| 2. Jalan Boulevard UII | 7. Jalan Artista |
| 3. Jalan Humania | 8. Jalan Sultan Agung |
| 4. Jalan Teknika | 9. Jalan Godel |
| 5. Jalan Catur Dharma | 10. Jalan Pamungkas |

3.4 Drive test

Drive test sendiri adalah proses pengambilan data sampel dari sebuah jaringan menggunakan aplikasi TEMS Investigation *dongle*, *personal computer* (PC), *GPS dongle*, dan *handphone* Samsung Galaxy S5 dengan TEMS *Pocket* seperti pada Gambar 3.3. Proses pengambilan dilakukan menggunakan mobil. Penggunaan mobil sendiri bertujuan untuk memudahkan dan alasan keselamatan saat membawa peralatan untuk melakukan *drive test*. *Drive test* awal ini dilakukan pada 26 April 2018 pada hari kerja yaitu hari kamis pada pukul 10.00 WIB.

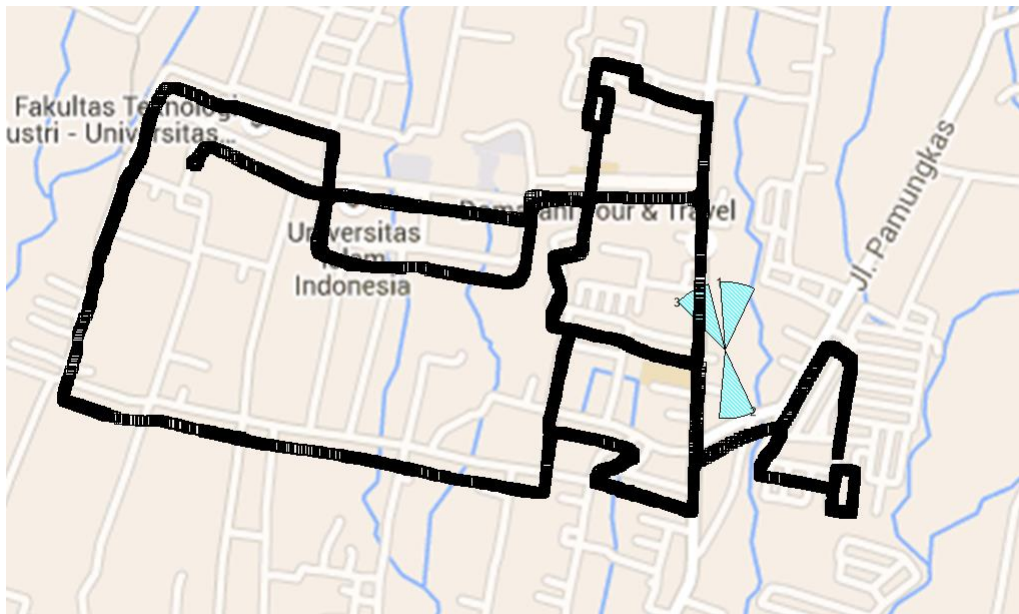


Gambar 3.3 Perangkat *drive test*

3.5 Physical tuning

Physical tuning ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja jaringan LTE yang ada pada wilayah penelitian yang sudah ditentukan. Lokasi *physical tuning* bisa dilihat pada Gambar 3.4. *Physical tuning* yang penulis lakukan dalam penelitian adalah *mechanical tilting* dan *electrical tilting*. *Physical tuning* dilakukan pada *site* 4532404E_LTE_UII_YOGYA seperti pada Gambar 3.5 yang terletak di Tegal Manding, Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta. Hal tersebut dilakukan pada semua sektor antena dengan sektor 1 yang menghadap ke barat daya 10° sektor 2 menghadap ke selatan 170° dan sektor 3 menghadap ke barat laut 330° . *Physical tuning* ini dilakukan padahari Selasa tanggal 14 Mei 2018.

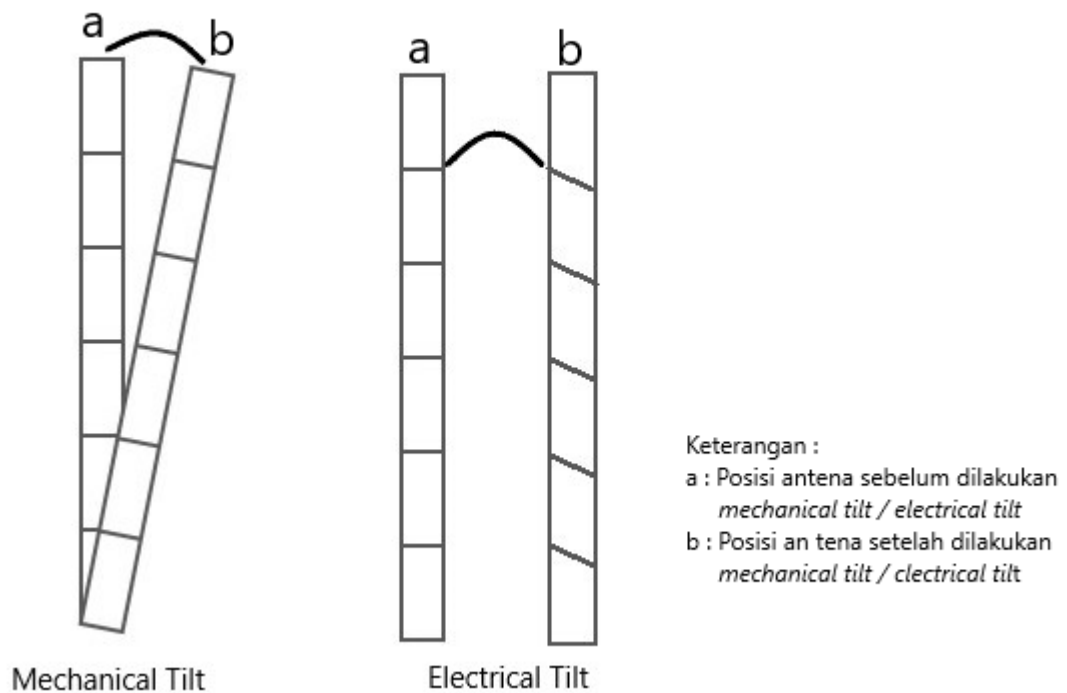
Pada proses *physical tuning* kali ini penulis melakukan *mechanical tilting* dan *electrical tilting*. *Mechanical tilting* adalah melakukan perubahan antena secara fisik yaitu merubah arah kemiringannya untuk ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 3.4. Sedangkan *electrical tilting* sendiri adalah merubah fasa antena tanpa merubah antena secara fisik, perubahannya hanya dilakukan pada bagian pengaturan yang berada di bawah antenanya saja [20].



Gambar 3.4 Lokasi *physical tuning*



Gambar 3.5 Lokasi 4532404E_LTE_UII_YOGYA



Gambar 3.6 *Mechanical tilt* dan *electrical tilt*

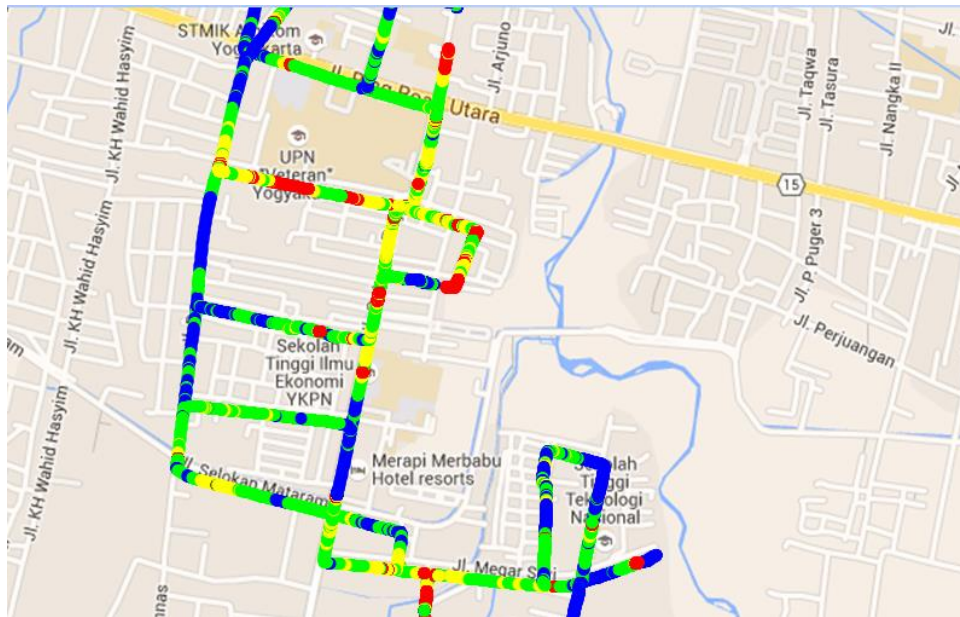
3.6 Drive test

Drive test kedua ini sama seperti dengan proses sebelumnya pada point 3.4 yaitu menggunakan mobil untuk pelaksanaannya. Proses *drive test* kedua ini dilakukan pada hari Selasa tanggal 15 Mei 2018. Dengan alasan keselamatan dan memudahkan dalam melakukan *drive test* mengingat alat yang digunakan untuk melakukan *drive test* ada beberapa macam seperti pada Gambar 3.3. Proses *drive test* ini dilakukan setelah *physical tuning* untuk mengetahui peningkatan kinerja pada jaringan.

3.7 Membandingkan hasil *drive test*

Proses perbandingan ini adalah perbandingan antara hasil *drive test* sebelum dilakukannya *physical tuning* dan sesudah *physical tuning*. Data yang akan di bandingkan penulis harus membuatnya dalam bentuk peta tematik. Untuk contoh ilustrasi peta tematik bisa dilihat pada Gambar 3.6. Bentuk ini akan sangat mudah untuk dipahami karena bentuknya berupa titik-titik warna dari data yang telah diambil dan sesuai dengan lokasi pengambilan data saat *drive test*. Peta tematik ini dibuat menggunakan software Mapinfo Professional. Selanjutnya penulis memastikan bahwa terdapat peningkatan terhadap hasil *drive test* sebelum dan sesudah dilakukannya *physical*

tuning, maka selanjutnya dilakukan analisa secara menyeluruh. Akan tetapi jika tidak ada peningkatan maka harus melakukan *physical tuning* kembali.




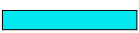
Gambar 3.7 Contoh peta tematik




3.8 Analisis data hasil ujicoba

Analisis yang akan penulis lakukan adalah berdasarkan data keseluruhan yang diambil saat *drive test*. Data yang diambil akan kita bandingkan adalah RSRP, RSRQ, SINR dan *Serving Cell Identity*. Selain membandingkan kita dapat melihat kemungkinan adanya permasalahan lain yang muncul baik *interference*, *blocking*, *crossfeeder*, maupun yang lainnya. Analisis ini penulis menggunakan aplikasi Mapinfo untuk membuat *thematic map* pada setiap parameter RSRP, RSRQ, SINR maupun *Serving Cellidentity*.





Pada analisis ini ada beberapa kategori kualitas parameter untuk RSRP yang kualitas tersebut digambarkan oleh beberapa warna dan *range* tertentu yang dapat dilihat pada Tabel 3.1. Untuk parameter pada RSRQ ditunjukkan oleh tabel 3.2, sedangkan parameter untuk SINR yang bisa dilihat pada Tabel 3.3, dan pada *Serving Cell Identity* penulis menggunakan 3 warna berbeda untuk membedakan wilayah yang di layani oleh ketiga sektor pada *site* 4532404E_LTE_UII_YOGYA, warna tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4

Tabel 3.1 Parameter level indkator RSRP







Indikator Warna	Range	Keterangan
	≥ -85 dBm	Sangat Bagus
	$-95 \leq x < -85$ dBm	Bagus

	$-105 \leq x < -95$ dBm	Sedang
	$-115 \leq x < -105$ dBm	Buruk
	< -115 dBm	Sangat Buruk




Tabel 3.2 Parameter level indkator RSRQ

Indikator Warna	Range	Keterangan
	≥ -10 dB	Sangat Bagus
	$-14 \leq x < -10$ dB	Bagus
	$-18 \leq x < -14$ dB	Sedang
	$-30 \leq x < -18$ dB	Buruk

Tabel 3.3 Parameter level indikator SINR

Indikator Warna	Range	Keterangan
	≥ 20 dB	Sempurna
	$10 \leq x < 20$ dB	Sangat Bagus
	$5 \leq -10$ dB	Bagus
	$0 \leq -5$ dB	Sedang
	$-5 \leq x 0$ dB	Buruk
	< -5 dB	Sangat Buruk

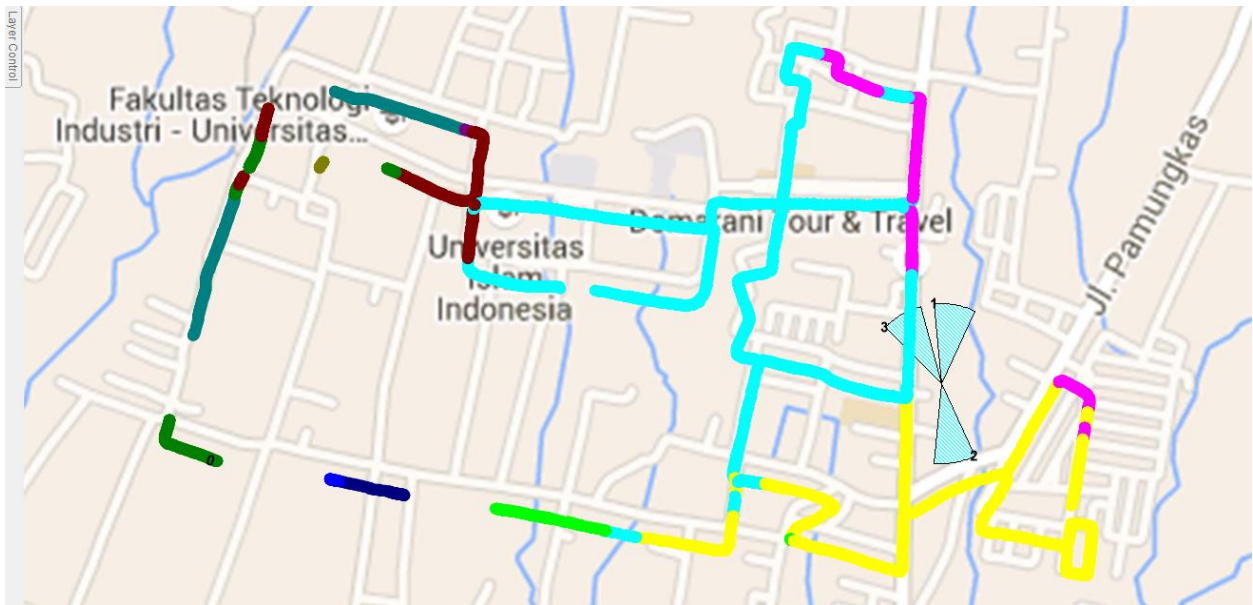
Tabel 3.4 Indikator warna sektor

Indikator Warna	Sektor
	1
	2
	3

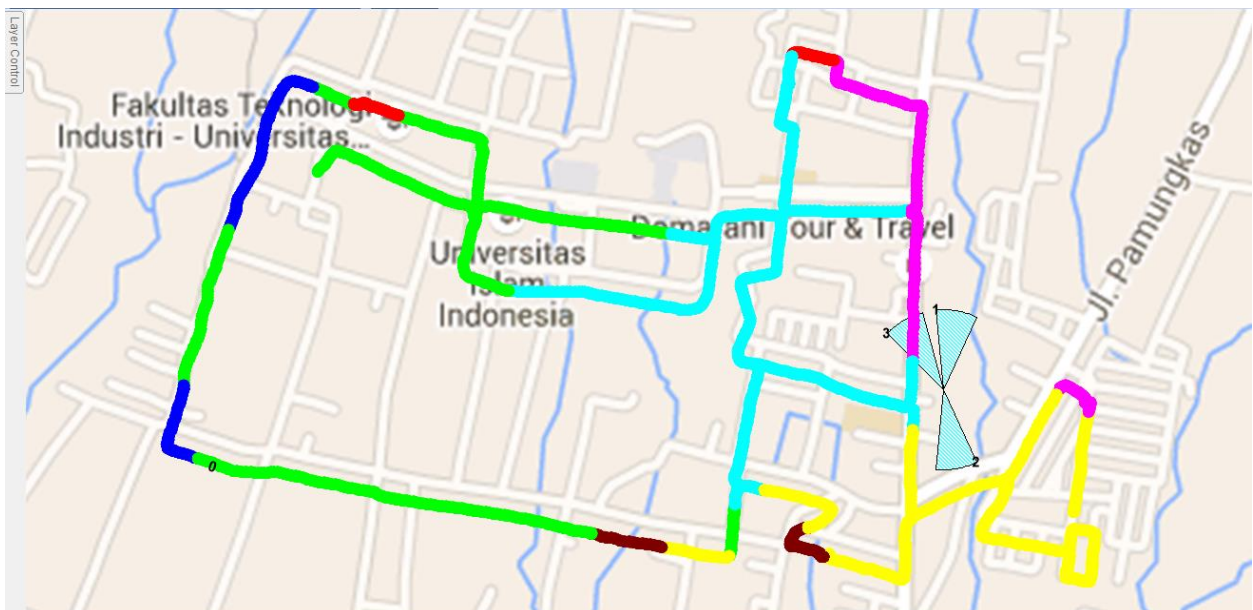
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Serving Cell Identity*

Pada *serving cell identity* ini menampilkan sebuah peta tematik sebelum dilakukannya dan sesudah dilakukannya *physical tuning*. Terdapat perbedaan daerah jangkauan setelah dilakukannya *physical tuning*. Perbedaan daerah yang dijangkau dapat dilihat Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.






Gambar 4.1 Peta tematik *serving Cellidentity* awal



Gambar 4.2 Peta tematik *serving Cellidentity* akhir

Tabel 4.1 Indikator warna sektor

Indikator Warna	Sektor
	1
	2
	3

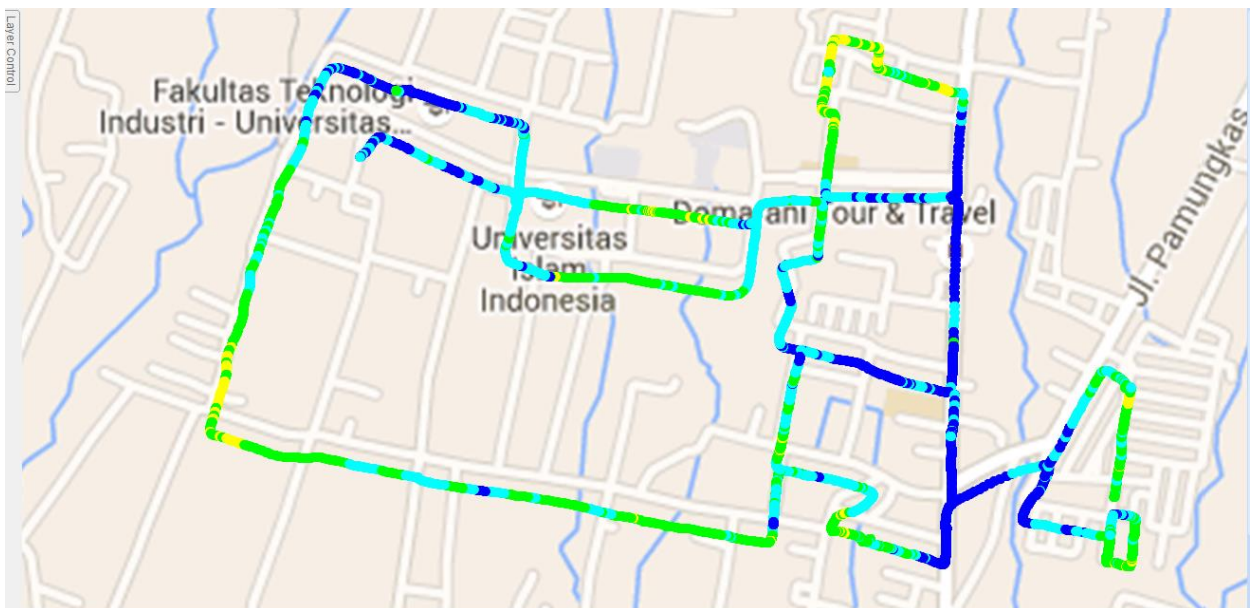
Pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat kita lihat ada berbagai macam warna yang mewakili setiap *site* yang berbeda. Untuk indikator warna pada *site* 4532404E_LTE_UII_YOGYA bisa dilihat pada Tabel 4.1. Pada penelitian ini penulis melakukan *physical tuning* pada *site* 4532404E_LTE_UII_YOGYA berupa *mechanical tilting* dan *electrical tilting*. *Site* tersebut memiliki 3 sektor, pada sektor 1 dengan arah 10° lalu ada sektor 2 dengan arah 170° dan sektor 3 dengan arah 330°. *Site* tersebut masih dalam kondisi *default* sesuai dengan *site plan* awal PT. Huawei Tech Investment dengan nilai *electrical tilt* dan *mechanical tilt* berada pada posisi 0. Arah setiap antena yang ada pada *site* ini sangat mempengaruhi kualitas kinerja jaringan LTE di wilayah Kampus UII terpadu dan sekitarnya. Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terjadi terjadi interferensi pada antar sektor dalam *site* yang sama yaitu *site* 4532404E_LTE_UII_YOGYA. Interferensi terjadi di daerah perbatasan antar sektor antara sektor 1 dengan 3, sektor 3 dengan 2, dan sektor 1 dengan 2. Interferensi antar sektor ini dijadikan dasar besarnya nilai *tilting* pada setiap antena yang ada. Selain interferensi antar sektor ada juga pertimbangan lain yaitu kuat sinyal yang rendah yang terjadi pada arah sektor 3 yang berada pada Jalan Teknika, daerah *blankspot* pada Jalan Catur Dhrma. *Physical tuning* pada sektor 3 dilakukan *mechanical downtilt* sebanyak 4 dan *electrical downtilt* 2 dengan tujuan mengurangi interferensi yang terjadi dan menguatkan kuat sinyal di sekitar Jalan Teknika Dan Jalan Catur Dharma. Perubahan nilai *physical tuning* pada sektor 1 dilakukan *mechanical downtilt* 2 dan *electrical downtilt* 4, untuk mengurangi interferensi yang terjadi antara antena sektor 1 dengan antena sektor 2 dan sektor 3. Pada antena sektor 2 dilakukan *tilting* pada sisi *mechanical downtilt* sebanyak 4 dan *electrical downtilt* sebanyak 3 dengan pertimbangan untuk menguatkan sinyal pada *cell edge* sektor 2. Pada *downtilt* ini memiliki kekurangan yaitu pada sisi jangkauannya berkurang. Untuk melihat perubahan pelayanan setelah dilakukannya *physical tuning* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

4.2 Reference Signal Received Power (RSRP)

Hasil data *drive test* dari RSRP sebelum dilakukannya *physical tuning* bisa dilihat di Gambar 4.3 dan RSRP sesudah *physical tuning* pada Gambar 4.4.

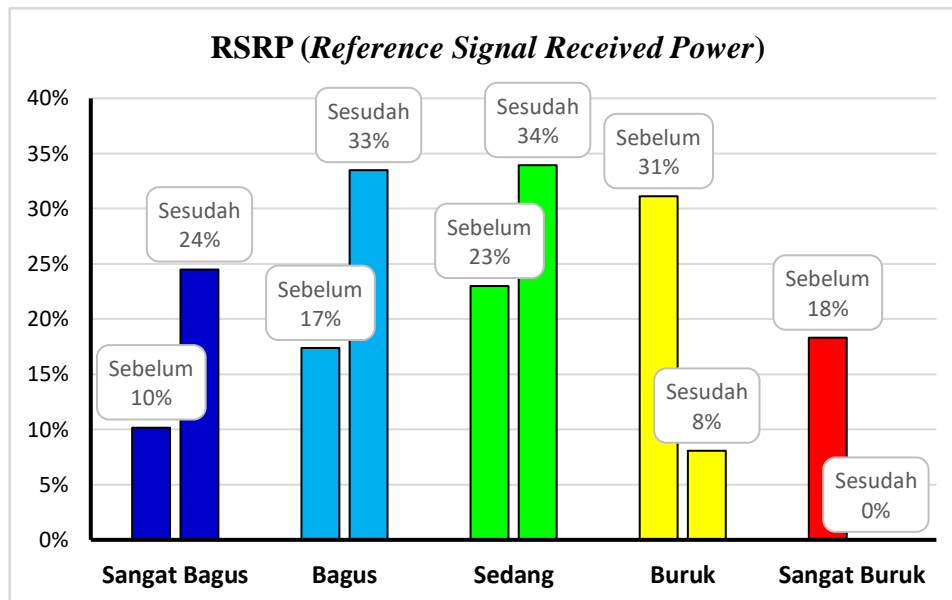


Gambar 4.3 Peta tematik RSRP sebelum *physical tuning*








Gambar 4.4 Peta tematik RSRP sesudah *physical tuning*

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa titik-titik masih banyak yang memiliki warna merah dan orange yang menandakan bahwa masih banyak daerah yang berada di bawah level buruk. Setelah dilakukannya *physical tuning* terdapat peningkatan yang cukup signifikan pada beberapa jalan tertentu. Untuk perbandingan antara RSRP sebelum dilakukannya *physical tuning* dapat dilihat pada Gambar 4.4 untuk jumlah banyaknya data yang digunakan bisa dilihat pada Tabel 4.2



Gambar 4.5 Grafik perbandingan RSRP

Tabel 4.2 Jumlah data RSRP

Indikator warna	Jumlah sebelum	Jumlah sesudah
	2292	5674
	3915	7760
	5179	7865
	7011	1870
	4125	0

Berdasarkan data pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 kita bisa melihat bahwa RSRP yang rendah dikarenakan oleh arah antena yang tidak sesuai, selain itu bisa juga dikarenakan oleh terhalang gedung-gedung yang ada. Pada permasalahan *low* RSRP dapat meningkat dengan *physical tuning*

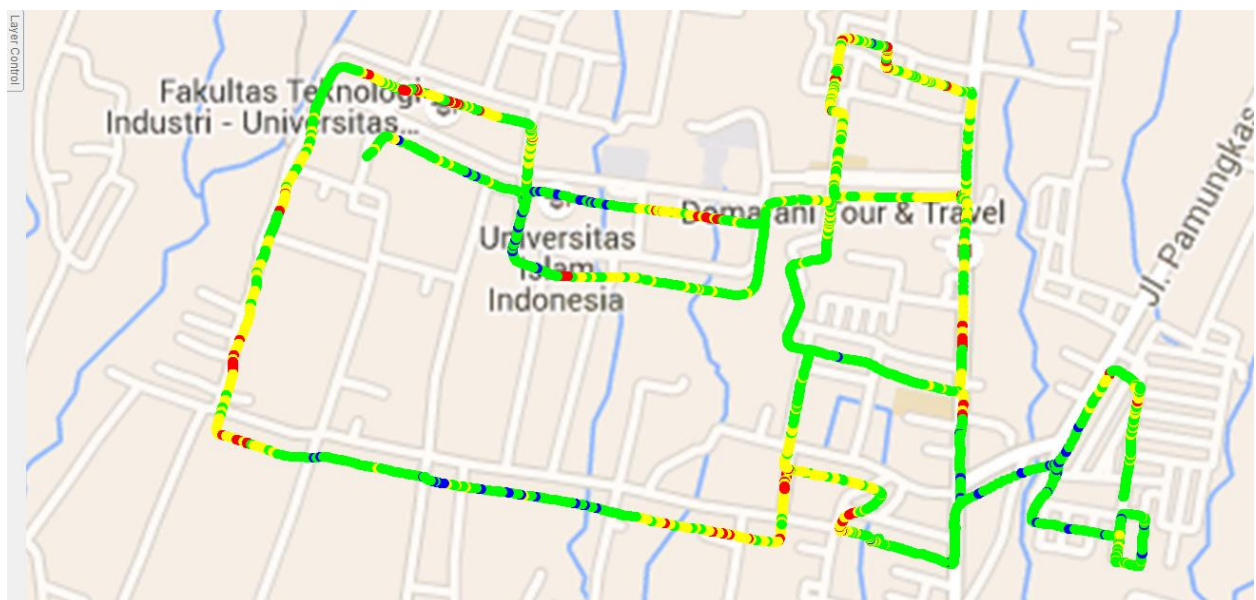
Grafik perbandingan pada Gambar 4.5 ini merupakan hasil perbandingan antara keseluruhan data sebelum dan sesudah dilakukan *physical tuning* dari seluruh jalur yang sudah ditentukan. Terjadi peningkatan terus menerus hingga ke level baik dan penurunan jumlah pada level yang buruk dan sangat buruk. Peningkatan pada RSRP ini menyebabkan menurunnya parameter yang lainnya, dikarenakan peningkatan nilai RSRP ini dapat menyebabkan interferensi pada *cell edge*. Perbaikan kinerja ini terjadi pada RSRP yang disebabkan oleh *physical tuning* yang dilakukan berupa *electrical tilting* dan *mechanical tilting* dengan jangkauan yang dipersempit maka RSRP mengalami peningkatan dikarenakan persebaran pancaran antena lebih terarah.

4.3 Reference Signal Received Quality (RSRQ)

Hasil pengukuran pada *drive test* yang sudah dijadikan peta tematik bisa dilihat pada Gambar 4.6 untuk nilai RSRQ sebelum *physical* dan Gambar 4.7 untuk peta tematik setelah *physical tuning*

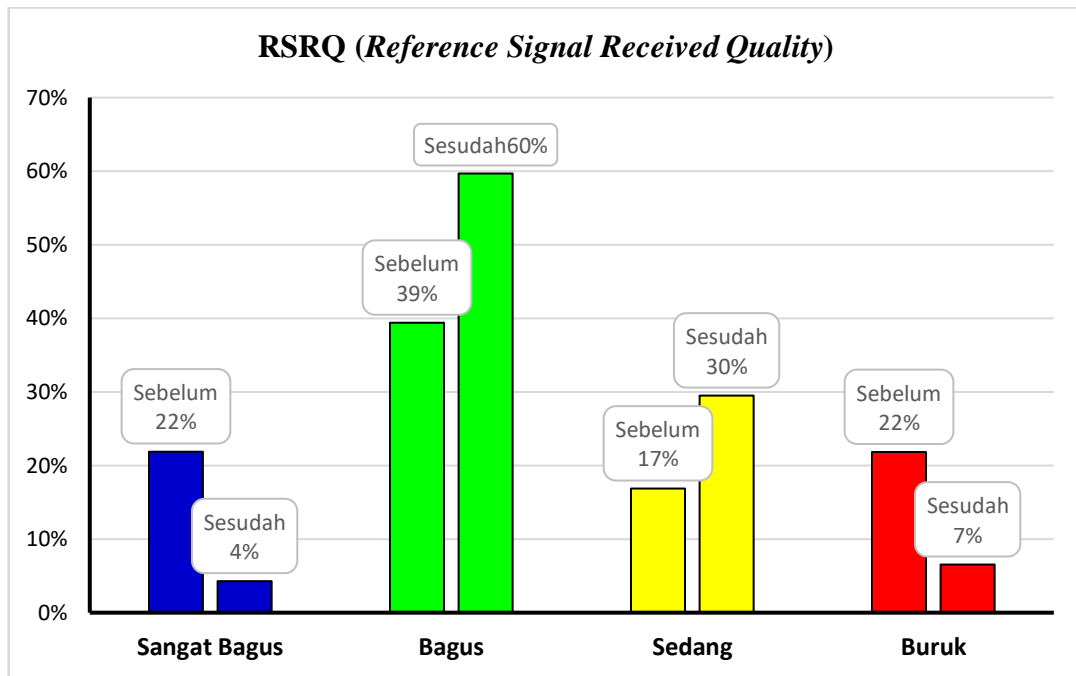


Gambar 4.6 Peta tematik RSRQ sebelum *physical tuning*







Gambar 4.7 Peta tematik RSRQ setelah *physical tuning*

Pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 kita lihat bahwa terdapat pengurangan jumlah warna merah yang menandakan level RSRQ yang buruk antara sebelum dan sesudah dilakukannya *physical tuning*. Hal ini menunjukkan *physical tuning* dapat mengurangi level buruk pada RSRQ untuk perbandingan berupa grafik dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan pada Tabel 4.3 untuk jumlahnya.



Gambar 4.8 Grafik perbandingan RSRQ

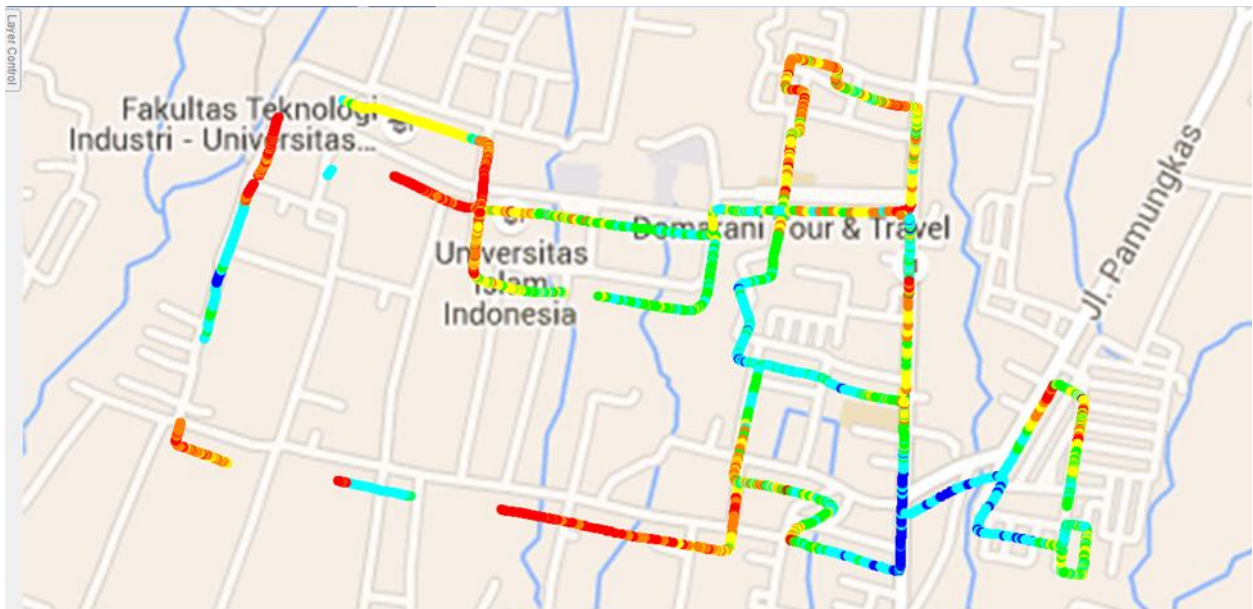
Tabel 4.3 Jumlah data RSRQ

Indikator warna	Jumlah sebelum	Jumlah sesudah
	4933	992
	8873	13827
	3799	6835
	4917	1515

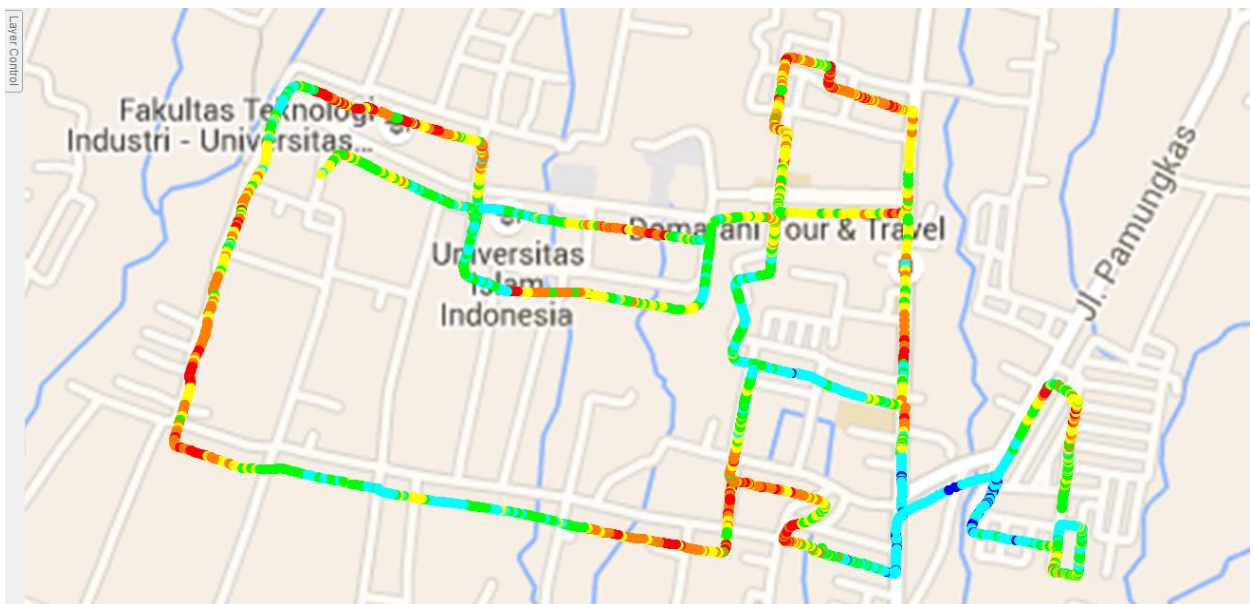
Pada grafik Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa penurunan pada level buruk RSRQ sekitar 15% hal ini menunjukkan bahwa *physical tuning* berhasil menurunkan level buruk, akan tetapi terjadi penurunan juga pada kualitas terbaiknya dengan indikator warna biru, hal ini tidak menjadi masalah dikarenakan masih diatas level sedang. *Physical tuning* yang dilakukan adalah *mechanical tilting* dan *electrical tilting*. Penurunan nilai RSRQ ini dikarenakan oleh interferensi sinyal RSRP yang meningkat pada setiap sektornya.

4.4 Signal Interference to Noise Ratio (SINR)

Pada bagian ini SINR juga akan digambarkan oleh peta tematik yang akan memiliki warna berbeda-beda. Warna tersebut sesuai dengan tingkat dimana nilai SINR semakin baik atau buruk seperti pada Gambar 4.9 dan 4.10.



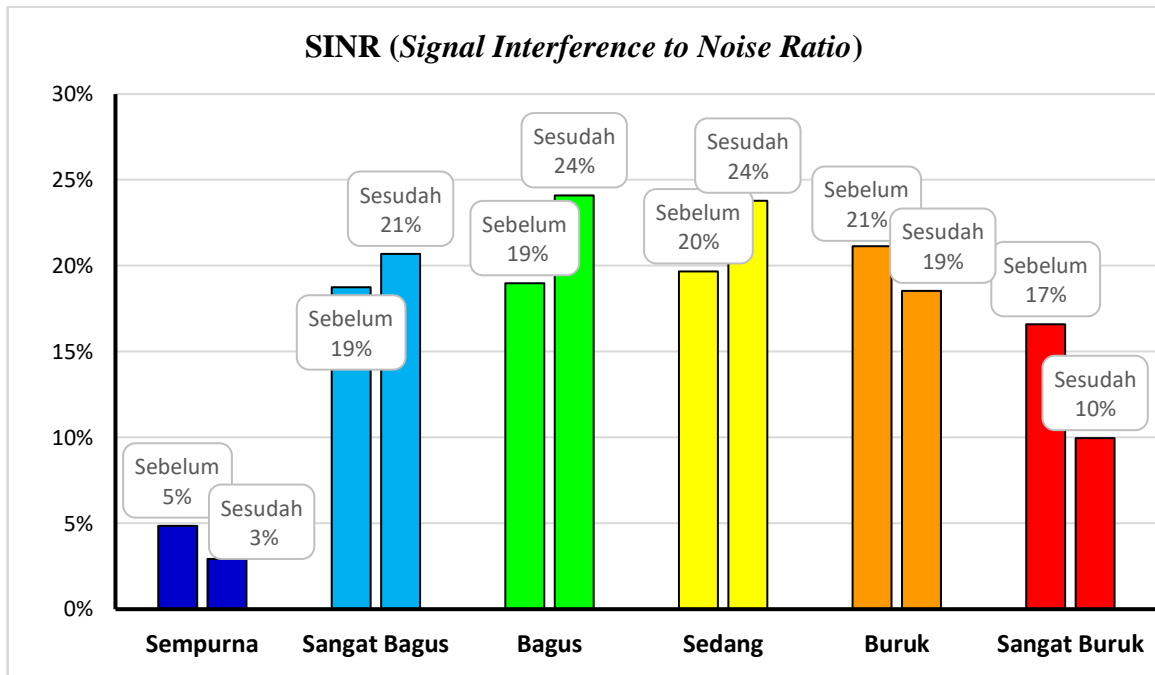
Gambar 4.9 Peta tematik SINR sebelum *physical tuning*



Gambar 4.10 Peta tematik SINR sesudah *physical tuning*







Pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa di daerah sekitar *blankspot* memiliki SINR yang lemah menunjukkan bahwa adanya sinyal yang terkena *noise* maupun interferensi di lokasi

tersebut. Pada Gambar 4.10 adalah gambaran setelah dilakukannya *physical tuning*, *low SINR* yang ada pada daerah disekitar blankspot sudah berkurang dibandingkan dari sebelumnya.



Gambar 4.11 Grafik perbandingan SINR

Tabel 4.4 Jumlah data SINR

Indikator Warna	Jumlah sebelum	Jumlah sesudah
	1096	678
	4223	4794
	4275	5583
	4430	5511
	4761	4295
	3737	2308

Pada Gambar 4.11 menunjukkan grafik dimana level buruk dan sangat buruk menurun masing masing 2% dan 7%. Salah satu parameter peningkatan SINR adalah menurunnya jumlah pada kategori buruk. Penurunan ini menunjukkan bahwa *physical tuning* dapat menurunkan jumlah SINR yang buruk. *Physical tuning* yang dilakukan adalah *electrical tilting* dan *mechanical tilting*. Akan tetapi juga terjadi penurunan pada level sangat baik sebanyak 2% dikarenakan adanya

interferensi dari peningkatan RSRP. Terdapat penurunan sinyal yang terbaik dikarenakan proses *electrical tilting* dimana terjadi peningkatan *beamwidth* yang menyebabkan interferensi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat penulis simpulkan bahwa:

1. *Physical tuning* sangat efektif untuk meningkatkan kinerja pada sebuah jaringan. Terjadi penurunan pada RSRP level buruk dari 14% menjadi 0%, RSRQ level sangat buruk dari 22% menjadi 7% dan SINR level sangat buruk dari 17% menjadi 10%.
2. *Physical tuning* yang dilakukan pada penelitian ini meliputi *mechanical tilting* dan *electrical tilting*. Sektor 1 *mechanical downtilt* 2 sedangkan *electrical downtilt* 4, sektor 2 *mechanical downtilt* 4 sedangkan *electrical downtilt* 3, pada sektor 3 *mechanical downtilt* 4 dan *electrical downtilt* 2.
3. Terjadi perubahan daerah yang terjangkau sinyal wilayahnya semakin sempit dikarenakan posisi antenna diarahkan lebih kebawah (*downtilt*).

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini penulis menyarankan agar kinerja di penelitian selanjutnya

1. Perhatikan arah dari antenna, sebisa mungkin arah antenna berjauhan antara satu dengan yang lain agar mendapat hasil yang maksimal, hal ini tidak penulis lakukan dikarenakan penelitian terbatas oleh ijin dari perusahaan terkait.
2. Penelitian selanjutnya agar lebih terfokus kepada peningkatan SINR.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, “Penetrasi & Perilaku Pengguna Internet Indonesia 2017,” *Penetrasi dan Perilaku Pengguna Internet Indones.*, pp. 1–39, 2017.
- [2] N. Widiastuti, A. Hikmaturokhman, and A. R. Danisya, “Perbandingan Perencanaan dengan Hasil Optimasi Cakupan 4G LTE 1800 Mhz Pada Cluster XXX di Kota Jakarta Menggunakan Software Planning,” *Semin. Nas. IPTEK Terap.*, no. May, pp. 15–17, 2017.
- [3] I. M. P. Budi, E. S. Nugraha, and A. Agung, “Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip MIMO Circular Pada Frekuensi 2 , 35 Ghz Untuk Aplikasi LTE,” *J. Infotel*, vol. 9, no. 1, pp. 136–146, 2017.
- [4] M. Ulfah, “Analisa Coverage Area Jaringan 4G LTE,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 5, no. 1, pp. 63–69, 2017.
- [5] Universitas Islam Indonesia, “Buku Panduan Penerimaan Mahasiswa Baru PMB UII Tahun Akademik 2018/2019,” 2018.
- [6] Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman, “Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk menurut Kabupaten/Kota di D.I Yogyakarta 2016,” 2016.
- [7] R. Yanuari, P. . Sudiarta, and N. Gunantara, “Analisa Kualitas Sinyal Jaringan Gsm Pada Menara Rooftop Dengan Membandingkan Aplikasi Metode Drive Test Antara Tems Investigation 8.0.3 Dengan G-Nettrack Pro,” *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 2, no. 4, pp. 39–45, 2015.
- [8] F. Hidayat and L. Meylani, “Analisis Optimasi Akses Radio Frekuensi Pada Jaringan Long Term Evolution (LTE) Di Daerah Bandung,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 6–13, 2016.
- [9] I. Gemiharto, “Teknologi 4G-LTE dan Tantangan Konvergensi Media di Indonesia,” *J. Kaji. Komun.*, vol. 3, no. 2, pp. 212–220, 2015.
- [10] F. Afroz, R. Subramanian, R. Heidary, K. Sandrasegaran, and S. Ahmed, “SINR, RSRP, RSSI and RSRQ Measurements in Long Term Evolution Networks,” *Int. J. Wirel. Mob. Networks*, vol. 7, no. 4, pp. 113–123, 2015.
- [11] V. Mehta and E. Timsi, “A Comparative Study of OFDMA and SC-FDMA in Long Term Evolution (LTE),” *Int. J. Recent Trends Eng. Res.*, pp. 381–387, 2016.
- [12] K. H. Bilal and A. Mustafa, “Handover Drive Test,” *Int. J. Eng. Appl. Manag. Sci. Paradig.*,

no. May 2017, 2015.

- [13] R. Syaputra and L. O. Sari, “Perencanaan Jaringan LTE TDD (Time Division Duplex) 2300 MHz di Kota Pekanbaru,” *JOM FTEKNIK*, pp. 1–8, 2016.
- [14] R. Efriyendro and Y. Rahayu, “Analisa Perbandingan Kuat Sinyal 4G LTE Antara Operator Telkomsel dan XL AXIATA Berdasarkan Paramater Drive Test Menggunakan Software G-NetTrack Pro Di Area Jalan Protokol Panam,” *JOM FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2017.
- [15] R. Suhermawan, A. Aryanti, and C. Sadan, “Analisa Performansi Internet Broadband Long Term Evolution Inner City Dan Rural Di Kota Palembang (Study Kasus : Pt. Telkomsel),” *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 4, no. 1, p. 447, 2017.
- [16] E. D. Kumar and E. M. Kaushal, “Improve GSM Network Call Drop by RF Optimization,” *IOSR J. Electron. Commun. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 51–60, 2016.
- [17] H. W. Wardani, Hafidudin, and A. Novianti, “Optimasi Jaringan 3G Berdasarkan Analisis Bad Spot di Area Jakarta Pusat,” vol. 2, no. 3, pp. 1384–1389, 2016.
- [18] K. Khotimah, F. Imansyah, and F. T. P. W., “Analisis Key Performance Indicator (KPI) Jaringan Telekomunikasi GSM Pada PT. Hutchison 3 Indonesia (H3I) Pontianak,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, 2017.
- [19] M. F. Maolana and Nurhikmah, “Analisa dan Optimalisasi Cakupan Area Jaringan 4G LTE Menggunakan Physical Tuning,” *J. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 71–77, 2017.
- [20] I. Larasati, Hafidudin, and F. Rizkiatna, “Optimasi Jaringan LTE di Area Cigadung Bandung,” *e-Proceeding Aplied Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 2036–2043, 2017.