

**ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN *LONG TERM EVOLUTION*  
(*LTE*) *INDOOR* PELAYANAN KOMUNIKASI DATA PADA  
UNIVERSITAS FAJAR MAKASSAR**

**TUGAS AKHIR**



*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro*

**OLEH :**

**REGIL JATA**

**1820221007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS FAJAR**

**MAKASSAR**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

### Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Indoor Pelayanan Komunikasi Data Pada Universitas Fajar Makassar

Disusun Oleh :

**REGIL JATA**  
**1820221007**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 21 Juni 2023

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



**Asma Amaliah, S.T., M.T**  
**NIDN. 0924099002**

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik**



**UNIFA**  
**UNIVERSITAS FAJAR**  
**DEKAN FAKULTAS**  
**Prof. Dr. Ir. Erniati, S.T., M.T**  
**NIDN : 0906107701**

**Ketua Program Studi**



**Safaruddin, S.Si., M.T**  
**NIDN. 0909106901**  
**PRODI TEKNIK ELEKTRO**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Regil Jata  
Nim : 1820221007  
Program Studi : Teknik Elektro

“Analisis Perencanaan jaringan Long Tern (LTE) Indoor pelayanan Komunikasi Data Pada Universitas Fajar Makassar” Adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar 21 Juni 2023

Menyatakan,



REGIL JATA

## ABSTRAK

**Analisis Perencanaan Jaringan *Long Term Evolution (LTE) Indoor* Pelayanan Komunikasi Data Pada Universitas Fajar Makassar, Regil Jata.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas sinyal jaringan 4G di Gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar dan melakukan perancangan jaringan *LTE* yang dapat melayani para pengguna di Universitas Fajar Makassar. Lokasi penelitian dipilih karena diperkirakan memiliki jumlah pengunjung harian yang cukup banyak serta dikelilingi oleh beberapa dinding yang dapat mempengaruhi sinyal. Metode penelitian yang digunakan adalah walktest dan simulasi menggunakan Radio Wave Propagation Simulator (RPS). Hasil walktest menunjukkan kondisi jaringan cukup buruk dengan nilai *RSRP* sebesar -103 dBm, *RSRQ* sebesar -13 dB dan *SINR* sebesar 9.0 dB. Perencanaan pertama dengan antenna yang diletakkan pada sisi kiri dan tengah gedung, diperoleh rata-rata nilai *RSRP* adalah -44,07 dengan kategori sangat baik, namun untuk nilai *SINR* diperoleh nilai 24,40 dengan kategori good, dari simulasi perencanaan kedua *RSRP* menunjukkan rata-rata nilai -46,17 dBm dengan kategori normal dan *SINR* 23,90 dengan kategori good, terakhir untuk perencanaan ketiga diperoleh *RSRP* sebesar -48,67 dBm dengan kategori normal dan simulasi *SINR* menunjukkan rata-rata nilai 23.42 dB dan nilai *SINR* terbesar 79,62. Perencanaan ketiga memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perencanaan pertama dan kedua, berdasarkan persentase nilai *RSRP* dan *SINR* dari keseluruhan daerah perencanaan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan letak antenna yang dilakukan pada perencanaan ketiga mampu meningkatkan kekuatan sinyal 4G pada area gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar.

Kata Kunci: Perencanaan jaringan *LTE*, *RSRP*, *SINR*, RPS

## ABSTRACT

*Analysis of Long Term Evolution (LTE) Network Planning for Indoor Data Communication Services at Fajar Makassar University, Regil Jata. This study aims to analyze the quality of 4G network signals in the Ballroom building of Fajar Makassar University and design an LTE network that can serve users at Fajar Makassar University. The research location was chosen because it is estimated to have a significant number of daily visitors and is surrounded by several walls that can affect signals. The research method used was a walk test and simulation using the Radio Wave Propagation Simulator (RPS). The walk test results showed that the network conditions were quite poor with an RSRP value of -103 dBm, an RSRQ value of -13 dB, and an SINR value of 9.0 dB. The first planning with antennas placed on the left and center of the building resulted in an average RSRP value of -44.07 with a very good category, but for SINR, the value obtained was 24.40 with a good category. The simulation results for the second planning showed that the average RSRP value was -46.17 dBm with a normal category and the SINR value was 23.90 with a good category. Lastly, for the third planning, an RSRP value of -48.67 dBm was obtained with a normal category and the SINR simulation showed an average value of 23.42 dB and the highest SINR value of 79.62. The third planning provided better results compared to the first and second planning, based on the percentage of RSRP and SINR values from the overall planning area. This shows that the antenna placement changes made in the third planning were able to improve the strength of the 4G signal in the Ballroom building area of Fajar Makassar University.*

*Keywords: LTE Network Planning, RSRP, SINR, RPS*

## KATA PENGANTAR

Dengan Memanjatkan puji syukur kepada Tuhan YME., atas berkat dan anugrah-Nya penulis bersyukur dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul “*Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Indoor Pelayanan Komunikasi Data Pada Universitas Fajar Makassar*”

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

Penulis menyadari, bahwa proposal ini masih memiliki banyak kekurangan, penulis berharap dapat menerima kritik maupun saran membangun dan bersifat terbuka yang bertujuan untuk menyempurnakan kekurangan dalam proposal penelitian ini, melalui kesempatan ini juga penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Erniati, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar.
2. Bapak Safaruddin, S.Si., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Fajar.
3. Ibu Kurniyawan Harun Rasyid, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing I.
4. Ibu Asma Amaliah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II.
5. Ibu Kurniyawan Harun Rasyid, S.T., M.T. selaku Penasehat Akademik.
6. Orang tua yang telah memberikan dukungan, doa, motivasi dan pengorbanan materi dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.

7. Dosen-dosen Prodi Teknik Elektro Universitas Fajar.
8. Teman-teman yang telah membantu dan mendukung penelitian ini

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	8
I.3 Tujuan Penelitian .....	8
I.4 Batasan Masalah.....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>10</b>
II.1 Kajian Teori .....	10
II.1.1. <i>Long Term Evolution(LTE)</i> .....	10
II.1.2. Teknik Akses pada <i>LTE</i> .....	21
II.1.3. <i>Fontocell Access Point(FA)</i> .....	22
II.1.4. <i>Indoor Networking Planning</i> ( Perencanaan Jaringan Indoor) .....	23
II.1.5. <i>Planning by Capacity</i> .....	23
II.1.6. <i>Coverage Planning</i> .....	24
II.1.7. Model Propagasi .....	26
II.1.8. <i>Walketest</i> .....	27
II.1.9. <i>Flowchart</i> .....	27
II.2 <i>State of The Art</i> .....	31
II.3 Kerangka Pikir .....	38
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>39</b>
III.1. Rancangan Penelitian .....	39
III.2. Proses Perencanaan Jaringan Indoor .....	41



III.3.1. <i>Walk Test</i> Sebelum Perencanaan .....	41
III.3.2. Analisa dan Laporan Hasil <i>Walk Test</i> .....	42
III.3.3. Model Propagasi yang Digunakan.....	42
III.3. Perancangan Simulasi Jaringan <i>Indoor</i> .....	43
III.4.2. Perancangan Denah Gedung Menggunakan <i>Software Microsoft Visio</i> 2019.....	43
III.4.3. Perancangan Denah Gedung Menggunakan <i>Software RPS 5.4</i> .....	48
III.4. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	50
III.5. Alat dan Bahan .....	50
III.6. Metode Pengumpulan Data .....	51
III.7. Metode Analisis Data .....	52
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>54</b>
IV.1. Hasil Simulas Perencanaan Jaringan.....	54
IV.2. Pembahasan.....	70
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>76</b>
A. Kesimpulan.....	76
B. Saran .....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Data Rata-Rata User Disekitar Gedung Ballroom .....	5
Tabel II. 1 Fungsi-fungsi Network Element pada LTE.....	12
<i>Tabel II. 2 Jumlah Reseource Block LTE.....</i>	19
Tabel II. 3 Rentang nilai RSRP .....	20
Tabel II. 4 Rentang nilai SINR .....	21
Tabel II. 5 Flow Direction Symbols.....	28
Tabel II. 6 Processing Symbols.....	29
Tabel II. 7 Input / Output Symbols .....	31
Tabel IV. 1 Standar KPI RSRP .....	55
Tabel IV. Analisis Persentase Nilai RSRP Perencanaan Pertama.....	56
Tabel IV. Standar Nilai SINR .....	58
Tabel IV. Nilai SINR Hasil Perencanaan Pertama.....	58
Tabel IV. Analisis RSRP Hasil Simulasi Perencanaan Kedua.....	61
Tabel IV. Hasil Analisis SINR Perencanaan Kedua .....	63
Tabel IV. Analisis RSRP Hasil Simulasi Perencanaan Ketiga .....	66
Tabel IV. Analisis SINR Hasil Simulasi Perencanaan Ketiga .....	69
Tabel IV. Persentase RSRP Hasil Simulasi Ketiga Perencanaan.....	72
Tabel IV. Persentasi SINR Hasil Simulasi Ketiga Perencanaan .....	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Hasil Walktest .....	5
Gambar II. 1 Perbandingan HSDPA, HSDPA+ dan LTE.....	11
Gambar II. 2 Arsitektur Jaringan LTE .....	16
Gambar II. 3 Arah transmisi Downlink dan Uplink.....	22
Gambar II. 4 Kerangka Pikir .....	38
Gambar III. 1 Diagram Alur Perencanaan Indoor Building Coverage.....	39
Gambar IV. 1 Hasil RSRP Perencanaan Pertama dengan RPS.....	54
Gambar IV. 2 Grafik RSRP Perencanaan Pertama .....	55
Gambar IV. 3 Hasil SINR Perencanaan Pertama.....	57
Gambar IV. 4 Grafik SINR Perencanaan Pertama .....	57
Gambar IV. 5 Hasil Simulasi SINR Perencanaan Kedua.....	60
Gambar IV. 6 Grafik Hasil RSRP Perencanaan Kedua .....	60
Gambar IV. 7 Hasil Simulasi SINR Perencanaan Kedua.....	62
Gambar IV. 8 Grafik Hasil SINR Perencanaan Kedua .....	62
Gambar IV. 9 Hasil Simulasi RSRP Perencanaan Ketiga.....	65
Gambar IV. 10 Grafik Hasil RSRP Perencanaan Ketiga .....	65
Gambar IV. 11 Hasil Simulasi SINR Perencanaan Ketiga .....	67
Gambar IV. 12 Grafik Hasil SINR Perencanaan Ketiga.....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil RSRP Simulasi Perencanaan Pertama .....	81
Lampiran 2. Data Hasil SINR Perencanaan Pertama .....	84
Lampiran 3. Data Hasil RSRP Perencanaan Kedua .....	87
Lampiran 4. Data Hasil SINR Perencanaan Kedua.....	90
Lampiran 5. Data Hasil RSRP Perencanaan Ketiga.....	93
Lampiran 6. Data Hasil SINR Perencanaan Ketiga .....	96

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi di sesuaikan dengan kebutuhan manusia untuk dapat mengirimkan dan menerima data dengan kecepatan yang tinggi dan juga efisien dalam kondisi di manapun dan kapanpun. Sehubungan dengan kondisi tersebut, penyedia layanan komunikasi harus melakukan peningkatan terhadap kemampuan jaringan nirkabelnya. Jaringan seluler 3G (third generation) adalah teknologi jaringan seluler generasi ketiga yang di perkenalkan pada akhir 1990-an dan mulai diterapkan secara komersial pada awal 2000-an. Jaringan 3G memiliki kecepatan internet yang relatif cepat dan memungkinkan pengguna untuk mengakses layanan data, suara, dan video secara nirkabel.

Namun, dengan semakin pesatnya pertumbuhan teknologi nirkabel, 3G mulai dirasakan keterbatasannya. Hal ini menyebabkan di kembangkannya teknologi jaringan seluler generasi keempat, yaitu *Long Term Evolution (LTE)*. *Long Term Evolution (LTE)* adalah teknologi jaringan seluler nirkabel yang di kembangkan untuk meningkatkan kecepatan dan kinerja jaringan seluler.

*Long Term Evolution (LTE)* menyediakan kecepatan internet yang lebih cepat dan kapasitas yang lebih besar dari pada 3G. Teknologi ini mampu menyediakan layanan *broadband mobile* dengan kecepatan

hingga 100 Mbps atau bahkan lebih tinggi. Selain itu, *Long Term Evolution(LTE)* juga memungkinkan lebih banyak pengguna untuk terhubung ke jaringan secara bersamaan, tanpa mengurangi kinerja jaringan.

Penggunaan teknologi *Long Term Evolution(LTE)* saat ini, selalu di butuhkan di manapun, baik di dalam maupun di luar ruangan. Kebutuhan jaringan *indoor* dan *outdoor* sangat berbeda karena lingkungan tempat jaringan nirkabel di terapkan memiliki karakteristik yang berbeda. Pada jaringan *indoor*, cakupan dan kualitas sinyal dapat terpengaruh oleh faktor-faktor seperti struktur bangunan, interferensi sinyal, dan kepadatan pengguna. Oleh karena itu, perancangan jaringan indoor harus mempertimbangkan faktor-faktor ini untuk memastikan bahwa sinyal nirkabel dapat mencapai seluruh area yang di inginkan dan kualitas sinyal yang memadai untuk pengguna. Namun pada kenyataannya, tidak semua area dapat tercakup oleh jaringan *Long Term Evolution(LTE)* dengan kualitas sinyal yang baik. Aktivitas komunikasi paling banyak di lakukan saat berada dilingkup *indoor* sehingga dapat mengakibatkan terjadinya pelemahan sinyal. Hal tersebut membuat penyedia jaringan telekomunikasi untuk berinovasi dan berusaha meningkatkan kemampuan pada jaringannya. Kebutuhan terhadap layanan komunikasi tidak hanya berlaku pada area *outdoor* saja tetapi juga pada area *indoor*, seperti gedung, apartment perkantoran, sekolah, rumah sakit, tempat parkir di basement, serta pusat perbelanjaan. Hal ini mengakibatkan banyak terjadi

redaman terhadap sinyal komunikasi yang mengalami gangguan, maka untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas sinyal di dalam gedung tersebut perlu di bangun jaringan seluler *indoor* atau dapat di sebut *inbuilding coverage system* agar kebutuhan kualitas sinyal, cakupan (*coverage*), atau pun kapasitas trafiknya dapat terlayani dengan maksimal.(Yuliana dkk., 2018)

Komunikasi jaringan *indoor* merupakan suatu sistem yang di terapkan dalam gedung untuk mendukung sistem di luar gedung (makro sel dan mikro sel *outdoor*) dalam memenuhi layanan seluler. Perencanaan sel dalam gedung (*Indoor coverage*) meliputi perencanaan area cakupan sesuai dengan komitmen area, kapasitas trafik sesuai kebutuhan, kualitas sinyal yang memuaskan *user*, dan dengan interferensi yang kecil. Prosedur dari perencanaan sel antara lain adalah cakupan dan analisa interferensi, perhitungan trafik, perencanaan frekuensi, dan parameter sel. (Manurung & Triyani, 2021)

Era sekarang internet bukanlah hal yang sulit. Kehadiran internet di lingkungan kampus, sangat dibutuhkan mengingat bahwa teknologi informasi ini telah memberikan kemudahan dalam mendukung proses komunikasi dan sarana prasarana yang akan di lakukan. Dengan adanya kualitas internet yang bagus maka dapat membantu dan menunjang sarana prasarana dalam mengolah data dan bertukar informasi. Internet sangat berguna dalam menunjang berlangsungnya proses kegiatan akademik, yang membutuhkan keterlibatan mahasiswa, dosen, dan tenaga

kependidikan sebagai *user*.

Universitas Fajar Makassar memiliki banyak ruangan dan merupakan bangunan yang bertingkat. Mayoritas penghuninya adalah mahasiswa dengan intensifitas untuk terhubung dengan layanan komunikasi cukup tinggi. Agar kebutuhan layanan terpenuhi, di butuhkan sebuah rancangan jaringan *indoor* yang baik sehingga dapat memenuhi kebutuhan semua pengguna di setiap ruangan yang ada di Universitas Fajar. Namun berdasarkan observasi awal yang penulis lakukan dengan teknik *walktest* menunjukkan bahwa tidak semua ruangan memiliki kualitas jaringan yang baik. Salah satu diantaranya pada ballroom. Proses *walktest* di lakukan untuk mengukur daya *existing* di dalam gedung, sebagai latar belakang yang kuat bahwa di perlukannya perencanaan *indoor*. Berdasarkan pengukuran data di peroleh nilai *Reference Signal Received Power (RSRP)* paling buruk adalah -103 dBm dengan *RSRQ* -13 dB yang dapat dikategorikan buruk, sesuai standar *Key Performance Indicator (KPI)* hasil *walktest* yang rendah di karenakan masalah karakteristik bangunan yang tertutup dan di kelilingi bangunan dan pohon di sekitarnya. Hasil *walktest* jaringan *Long Term Evolution(LTE)* menggunakan aplikasi *G-Net Track Lite* di tunjukkan pada gambar 1.1 dan tabel 1.1 berikut.





Gambar I. 1 Hasil Walktest

Tabel I. 1 Data Rata-Rata User Disekitar Gedung Ballroom

Waktu	Jumlah User	RSRP	SINR
07.00-08.00	15 Orang	-99	7
08.00-08.30	20 Orang	-103	11
08.30-09.00	10 Orang	-96	9
09.30-10.00	5 Orang	-105	9
10.00-10.30	15 Orang	-111	0
10.30-11.00	30 Orang	-100	0
13.00-13.30	25 Orang	-108	5
13.30-14.00	30 Orang	-103	0
14.00-14.30	25 Orang	-102	1
14.30-15.00	15 Orang	-101	4
15.00-16.00	10 orang	-96	9
16.00-17.-00	10 orang	-98	3

Berdasarkan data yang di berikan, rentang nilai *RSRP* pada kedua waktu berada pada kategori buruk hingga normal, dengan rata-rata -102,3 dBm pada waktu 07.00-11.00 dan -101,3 dBm pada waktu 13.00-17.00 dengan kategori buruk. Sedangkan untuk rentang nilai *SINR* pada waktu 07.00-11.00 berada pada kategori buruk hingga normal, dengan rata-rata sebesar 6 dengan kategori normal dan pada waktu 13.00-17.00 rentang nilai *SINR* dengan rata-rata sebesar 3,7 yang hampir berada dalam kategori buruk.

Kondisi kualitas jaringan yang ditunjukkan pada hasil walktest

tersebut, menjadi dasar bagi penulis untuk melakukan simulasi perencanaan *Indoor Building Coverage (IBC)* pada jaringan *Long Term Evolution(LTE)*, dengan melakukan perencanaan *capacity* dan *coverage* untuk mengetahui banyaknya *site/antena* baru yang di perlukan dan melakukan simulasi dengan menggunakan *software Radio Program Simulator (RPS)* karena *RPS* dapat mensimulasikan perambatan gelombang elektromagnetik yang terjadi di dalam gedung secara akurat dan realistis. *RPS* juga dapat memodelkan berbagai macam faktor yang mempengaruhi perambatan gelombang seperti material bangunan, kepadatan dinding, jendela, dan pintu, serta gangguan yang berasal dari sumber luar seperti pohon, gedung, atau bangunan di sekitarnya.

Hasil simulasi yang di berikan oleh *RPS* juga dapat digunakan dalam melakukan analisis dan evaluasi terhadap perancangan jaringan *Long Term Evolution(LTE) indoor*, untuk membantu dalam mengambil keputusan yang tepat dalam perancangan jaringan, seperti mengetahui nilai dari Parameter seperti *RSRP* dan *SINR* setelah dilakukan perencanaan *IBC*. Pada penelitian ini, perencanaan hanya akan di analisis dari sisi perencanaan secara kapasitas. Untuk membuat rancangan jaringan *indoor* digunakan perangkat Lunak *Radiowave Propagation Simulator (RPS)*. *RPS* adalah program aplikasi desktop yang berfungsi untuk menganalisis propagasi gelombang radio atau

prediksi *coverage Base Transceiver Station (BTS)*

telekomunikasi.(Yuliana dkk., 2018)

Sebelumnya telah ada beberapa penelitian mengenai simulasi perencanaan jaringan *indoor* yaitu Ra'is, dkk(2019) mengenai "Pencanaan Indoor Building Coverage Pada Jaringan *LTE* 2.3 Ghz Di Metro Indah Mall Bandung" dalam penelitian ini dilakukan proses perancangan jaringan *indoor Long Term Evolution(LTE)*dengan *hybrid distributed antenna system (Hybrid DAS)* di Metro Indah Mall Bandung dengan menerapkan teknik TDD yang berada di frekuensi kerja 2.3 GHz (Ra'is dkk., 2019), dan Firmasyah, dkk(2019) "Perencanaan Dan Analisis Jaringan *LTE Indoor Distributed Radio System (Drs)* Menggunakan Teknologi Lampsite Di Gedung Anggrek Rumah Sakit Hasan Sadikin Kota Bandung" pada penelitian di lakukan perencanaan jaringan *LTE Indoor* dengan teknologi *FDD (Frekuensi Division Duplexing)*.(Firmansyah dkk., 2019)

Perbedaan penelitian tersebut dengan penelitian yang di lakukan adalah perencanaan jaringan *indoor* dilakukan, yaitu Ra'is, dkk(1019) menggunakan frekuensi 2.3 Ghz dan *hybrid distributed antenna system*, Firmansyah, dkk(2019) menggunakan *DRS* dan *FDD* pada proses perencanaan jaringan indoor yang di lakukan, sementara penelitian ini di lakukan dengan metode *walktest*, guna memberikan informasi tentang kualitas panggilan suara, kecepatan transfer data, dan kekuatan sinyal pada setiap titik di dalam gedung atau area tertentu. Informasi ini dapat membantu dalam merencanakan penempatan antena dan mengoptimalkan

pengaturan jaringan untuk memastikan bahwa jaringan dapat memberikan performa yang optimal di seluruh area yang di inginkan, sehingga dapat melakukan perencanaan *capacity* dan *coverage* untuk mengetahui banyaknya site/antena baru yang di perlukan dan melakukan simulasi dengan menggunakan *software RPS* untuk mengetahui nilai dari *Long Term Evolution(LTE)* parameter seperti *RSRP* dan *SINR* setelah di lakukan perencanaan *Indoor Building Coverage(IBS)* dan perencanaan hanya akan di analisis dari sisi perencanaan secara kapasitas.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang di kemukakan, maka permasalahan yang akan di angkat dalam penenilitan ini adalah:

- a. Bagaimana melakukan perencanaan jaringan 4G *LTE indoor* pelayanan komunikasi data di Universitas Fajar Makassar?
- b. Bagaimana mensimulasikan hasil perencanaan jaringan 4G *LTE indoor* di Universitas Fajar Makassar?
- c. Bagaimana menganalisis hasil simulasi perencanaan jaringan 4G *LTE indoor* di Universitas Fajar Makassar?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

- a. Untuk melakukan perencanaan jaringan 4G *LTE indoor* pelayanan komunikasi data di Universitas Fajar Makassar
- b. Untuk mensimulasikan hasil perencanaan jaringan 4G *LTE indoor* di

Universitas Fajar Makassar

- c. Untuk menganalisis hasil simulasi perencanaan jaringan 4G *LTE indoor* di Universitas Fajar Makassar

#### **I.4 Batasan Masalah**

Dalam Penyusunan Skripsi ini, di buat batasan-batasan agar pembahasan tidak keluar dari inti permasalahan.

- a. Perencanaan di lakukan di Gedung Universitas Fajar Makassar.
- b. Model propagasi yang digunakan adalah Cost 231 (Indoor).
- c. Frekuensi kerja jaringan yang digunakan adalah 1800 MHz.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

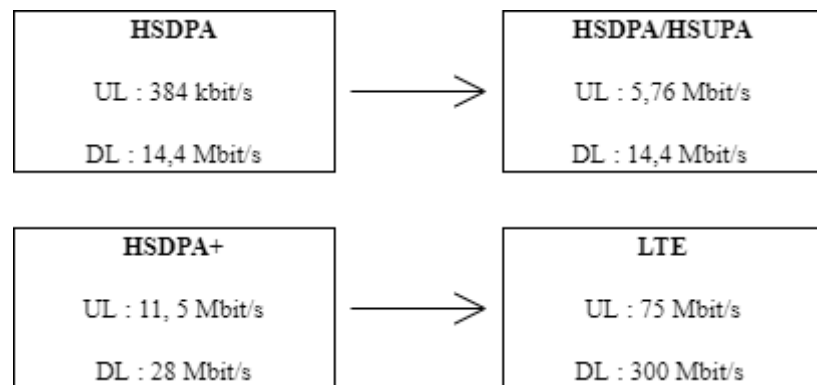
#### II.1 Kajian Teori

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

*Long Term Evolution (LTE)* adalah jaringan akses radio evolusi jangka panjang keluaran dari 3rd Generation Partnership Project (3GPP). *LTE* merupakan kelanjutan dari teknologi generasi ketiga (3G) WCDMA-UMTS. Teknologi ini telah sukses diujicoba secara komersial sejak 2009 silam dan diharapkan menjadi standar evolusi komunikasi data pita lebar bergerak untuk dasawarsa mendatang. *LTE* diperkenalkan dalam satu rangkaian dengan System Architecture Evolution (SAE) sebagai inti jaringan generasi keempat menurut standar 3GPP. *LTE* dikenal juga sebagai *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)* sementara SAE yang merupakan jantung dari sistem *LTE* juga memiliki nama lain *Evolved Packet Core (EPC)*. Teknologi *LTE* dirancang untuk kecepatan akses data, *LTE* dapat memberikan *coverage* dan *capacity* dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya operasional, mendukung penggunaan *multiple-antenna*, fleksibel dalam penggunaan *band width*, dan dapat saling *internetworking* dengan jaringan *existing* yang sudah ada.(Hikmaturokhman & Wardana, 2014)

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

mengoptimalkan radio akses berbasis paket. *Long Term Evolution (LTE)* menawarkan konvergensi teknologi yang bisa mencapai kecepatan 300 Mbps untuk setiap *user mobile*. Perbandingan kecepatan dari teknologi HSDPA sampai *LTE* dijelaskan pada gambar dibawah.(UMTS, 2010)



Gambar II. 1 Perbandingan HSDPA, HSDPA+ dan LTE

(Sumber: Usman, 2012)

*Long Term Evolution (LTE)* dapat bekerja pada frekuensi standar 3GPP yakni antara 850 MHz, 900 MHz, 1,8 GHz, 2,3 GHz, dan 2,5 GHz bahkan *LTE* dapat bekerja di frekuensi 700 MHz. Dengan kemampuan *LTE* bekerja pada frekuensi 700 MHz, *LTE* mempresentasikan kemajuan utama dalam teknologi selular yang akan membawa banyak keuntungan teknis bagi jaringan selular (Usman, 2012).

Tabel II. 1 Fungsi-fungsi Network Element pada LTE

Komponen	Keterangan
UE	Berfungsi sebagai <i>end device</i> yang digunakan <i>user</i> untuk mengirim dan menerima data, dapat berupa handphone/smartphone, tablet, laptop, dsb.
eNB	Berfungsi menangani transmisi data dari dan kepada UE. eNB juga berfungsi mengelola radio resource atau <i>bandwidth</i> yang digunakan dalam proses transmisi data ke UE
MME	Berfungsi mengatur pensinyalan radio, ketika UE berpindah posisi atau melakukan perpindahan eNB, mengidentifikasi status aktivitas UE, melacak keberadaan UE, melakukan proses pendaftaran UE, dlsb.
HSS	Berfungsi menyimpan informasi yang berkaitan dengan UE sebagai pelanggan operator seluler, seperti nomor pelanggan dan langganan data, melakukan otorisasi dan autentikasi terhadap UE yang akan mengakses jaringan <i>LTE</i> , dlsb.
S-GW	Berfungsi sebagai router yang meneruskan paket data ke UE, sebagai jembatan antara eNB & P-GW.



P-GW	Berfungsi mengatur keluar masuknya paket data dari dan ke jaringan yang berada di luar <i>LTE</i> (IMS), menetapkan peraturan/izin paket data, melakukan penyaringan paket data, pemotongan aliran paket data, dsb
------	--

(Sumber : Dheni dkk., 2019)

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

Organisasi 3GPP merumuskan kriteria teknologi *LTE* sebagai berikut:(Hikmaturokhman & Wardana, 2014)

1. Pesat data puncak *downlink* mencapai 100 Mbps saat pengguna bergerak cepat dan 1 Gps saat bergerak pelan atau diam. Sementara itu, untuk *uplink* pesat data puncak adalah 50 Mbps.
2. Tunda sistem berkurang hingga 10 ms.
3. Efisiensi spektrum meningkat 2 hingga 4 kali lipat dari teknologi 3,5 G High Speed Packet Access (HSPA) Realase-6.
4. Migrasi sistem yang hemat biaya dari HSPA Release-6 ke *LTE*.
5. Meningkatkan layanan broadcast.
5. Menggunakan penyambungan *Packet Swich (PS)* sehingga memungkinkan sistem mengadopsi IP secara menyeluruh.
6. *Bandwidth* yang fleksibel, mulai dari 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz hingga 20 MHz.
7. Dapat bekerja diberbagai spektrum frekuensi baik berpasangan (*paired*) maupun tidak berpasangan (*unpaired*).

8. Dapat bekerja sama (*inter-working*) dengan sistem 3GPP maupun sistem non-3GPP yang sudah ada.

**b. Reference Signal Received Power(RSRP)**

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

**c. Signal to Noise Ratio (SNR)**

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

**d. Throughput**

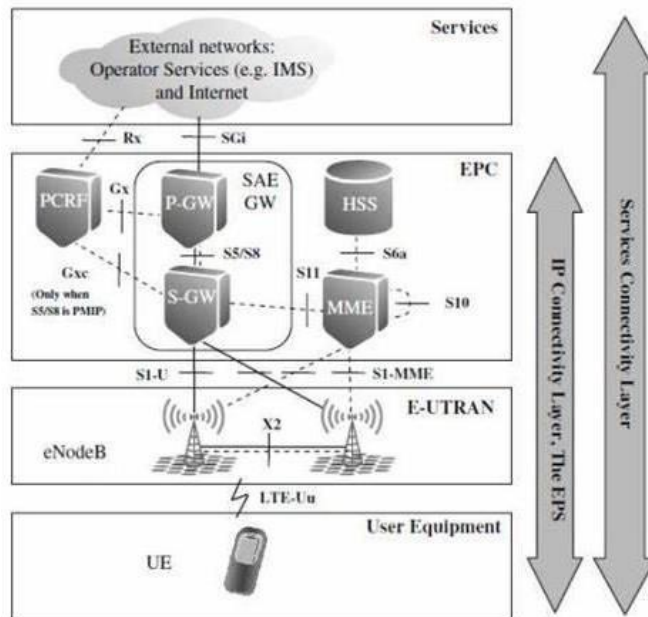
Throughput adalah parameter *untuk* menentukan sejumlah bit untuk setiap satuan waktu yang diterima oleh terminal penerima dan pemancar pada jaringan. Satuan *throughput* adalah *bit per second* (bps) (Merdekawati dkk., 2021).

**e. Arsitektur Jaringan LTE**

*Long Term Evolution (LTE)* diperkenalkan dalam satu rangkaian

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

Arsitektur *LTE* terdiri atas dua bagian utama yaitu *LTE* itu sendiri yang dikenal dengan *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (EUTRAN)* dan SAE yang merupakan jantung dari sistem yang dikenal dengan *Evolved Packet Core (EPC)*. Untuk arsitektur *LTE* pada gambar II.2 pembagian arsitektur sistem *LTE* kedalam 4 tingkatan yaitu *User Equipment (UE)*, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)*, *Evolved Packet Core Network (EPC)* dan domain layanan. Arsitektur *LTE* ditunjukkan pada gambar dibawah ini (Indah & Manuaba, 2019).



(Sumber: Hikmaturokhman & Wardana, 2014)

*Gambar II. 2 Arsitektur Jaringan LTE*

User Equipment (UE), Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN), Evolved Packet Core Network (EPC) dihubungkan dengan menggunakan Internet Protocol (IP). Bagian ini sering juga disebut Evolved Packet System (EPS). Fungsi utama dari layer ini untuk menyediakan konektivitas IP, dan pengoptimalan layanan yang tinggi. Semua layanan akan di layani dalam format IP, node dan interface circuit switch yang terdapat pada arsitektur 3GPP sebelumnya, tidak lagi terdapat pada E-UTRAN dan EPC. Transport didominasi teknologi IP, dimana semua layanan di desain untuk dapat beroperasi pada transport IP.

Pengembangan E-UTRAN berkonsentrasi pada sebuah node, Evolved NodeB (eNodeB). Semua fungsi dijadikan satu di eNodeB, dengan kata lain eNodeB adalah titik terminasi dari semua protokol radio yang saling

berhubungan. Sebagai sebuah jaringan, EUTRAN merupakan jaringan dengan konfigurasi mesh sederhana yang menghubungkan antar eNodeB yang berdekatan melalui interface X2 dan berhubungan dengan EPC dengan interface S1.

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

a. Bagian Akses Radio (*LTE*)

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

Perangkat ini dapat berupa smartphone atau telepon seluler, tablet, komputer, maupun segala perangkat yang dapat terhubung dengan internet. UE berisi *Universal Subscriber Identity Module (USIM)* yang merupakan modul terpisah dari keseluruhan UE dan kadang disebut juga *Terminal Equipment (TE)*. USIM merupakan aplikasi pada sebuah smart card yang dinamakan *Universal Integrated Circuit Card (UICC)*. USIM digunakan untuk identifikasi, autentikasi dan memberikan keamanan kepada pengguna untuk melindungi proses transmisi radio. UE secara fungsional adalah sebuah media dasar untuk aplikasi

komunikasi, dimana sinyal antar jaringan terbentuk, mengatur dan memindahkan data komunikasi ketika dibutuhkan oleh pengguna. Termasuk di dalamnya adalah fungsi *mobility* seperti *handover* dan pelaporan lokasi terminal. Proses tersebut dilakukan oleh UE sesuai yang diinstruksikan oleh jaringan, dan yang paling penting UE memberikan interface bagi pengguna sehingga aplikasi-aplikasi pada jaringan seperti VoIP, Video Conference atau Video Streaming dapat dipakai.

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

b. Bagian Sentral(SAE)

1. *Serving Gateway (S-GW)* bertugas mengatur jalan dan meneruskan data yang berupa paket dari setiap UE. S-GW bersama dengan SGSN juga berfungsi sebagai penghubung antara *LTE* dengan teknologi 3GPP lainnya seperti *GSM/EDGE Radio Access Network (GERAN)* dan *UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)*

2. *Packet Data Network Gateway (P-Gateway)* bertugas mengatur hubungan jaringan data antara UE dengan jaringan paket data lain diluar 3GPP seperti WLAN, Wimax, CDMA 2001x dan EVDO.

3. *Mobility Management Entity (MME)* merupakan pengatur utama setiap bagian dari *LTE/SAE*. Pada saat UE tidak aktif, MME bertugas untuk senantiasa melacak keberadaan pelanggan dengan melakukan tracking dan paging. Saat UE aktif, MME bertugas memulihkan S-GW yang *tepat* selama berlangsungnya komunikasi.
4. Policy and Charging Rules Function (PCRF) berfungsi menentukan Quality of Service (QoS) dan charging untuk masing-masing UE.
5. Home Subscriber Server (HSS) berupa sistem database yang bertugas untuk membantu MME dalam melakukan manajemen pelanggan dan pengamanan. Penerimaan atau penolakan UE pada saat autentikasi bergantung pada database HSS(Hikmaturokhman & Wardana, 2014)

Pada komunikasi paket data dikenal adanya *frame* untuk mengelompokkan dan memetakan aliran data pada kanal fisik. *Frame* pada *LTE* memiliki durasi sepanjang 10 ms. *Frame* tersebut dipecah menjadi sepuluh *Sub Frame (SF)* yang memiliki panjang 1 ms. Setiap *sub frame* terdiri atas dua slot yang disebut juga sebagai *Resource Block*. Jumlah *resource block* yang tersedia bergantung pada jumlah *bandwidth* dapat dilihat pada tabel berikut.

*Tabel II. 2 Jumlah Resource Block LTE*

<i>Bandwidth Tersedia</i>	Jumlah Resource Block(Nrb)	Jumlah SubCarrier	<i>Bandwidth</i> Okupasi	<i>Bandwidth</i> Efisien

1,4 MHz	6	72	1,08 MHz	77,1%
3 MHz	15	180	2,7 MHz	90%
5 MHz	25	300	4,5 MHz	90%
10 MHz	50	600	9 MHz	90%
15 MHz	75	900	13,5 MHz	90%
20 MHz	100	12000	18 MHz	90%

(Sumber: Hikmaturokhman & Wardana, 2014)

Kuat sinyal yang diterima *User Equipment (UE)* pada teknologi *LTE* disebut dengan *Reference Signal Received Power (RSRP)*. Nilai *Reference Signal Received Power (RSRP)* yang merupakan *power sinyal reference* yang digunakan untuk menunjukkan bagus tidaknya *coverage* jaringan pada suatu daerah. Berikut rentang nilai *RSRP* yang digunakan oleh suatu operator. Nilai dari *RSRP* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel II. 3 Rentang nilai *RSRP*

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

(Sumber: Hikmaturokhman & Wardana, 2014)

*Signal to Interference Ratio* merupakan perbandingan kuat sinyal dibanding dengan sinyal interferensi dari sel-sel yang lain. Parameter ini menunjukkan level daya minimum dimana *user* masih bisa melakukan suatu panggilan. Dimana pada teknologi 2G dianalogikan seperti *RxQual*, dan pada teknologi 3G dianalogikan sebagai *EcNo*, sedangkan pada teknologi 4G



dikenal dengan *SINR*. Berikut contoh *range SINR* yang digunakan oleh suatu operator. Untuk rentang nilai *SINR* terdapat pada tabel berikut.

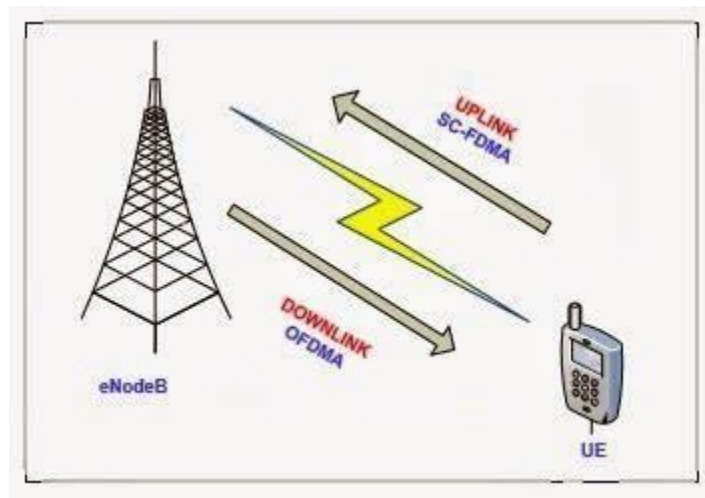
*Tabel II. 4 Rentang nilai SINR*

Nilai	Keterangan
16 dB s/d 30 dB	<i>Good</i>
1 dB s/d 15 dB	Normal
-10 dB s/d 0 dBm	<i>Bad</i>

(Sumber: Hikmaturokhman & Wardana, 2014)

### **II.1.2. Teknik Akses pada LTE**

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



(Sumber: Triaoktora, 2015)

*Gambar II. 3 Arah transmisi Downlink dan Uplink*

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

### **II.1.3. Femtocell Access Point (FA)**

Suatu jaringan seluler memiliki sel untuk mencakup atau mencakup

daerah layanan *user*. Pada jaringan *indoor* seluler memiliki daerah cakupan yang lebih kecil dibandingkan dengan dengan jaringan seluler *outdoor*. Jaringan *indoor* memiliki luas daerah cakupan sekitar 10 – 300 m karena letaknya didalam gedung. *Femtocell* atau juga dikenal sebagai '*home base station*' adalah *access point* jaringan seluler yang menghubungkan perangkat mobile ke jaringan operator seluler menggunakan distribusi residential DSL, koneksi kabel *broadband*, serat optik atau *wireless lastmile*.

#### **II.1.4. Indoor Networking Planning( Perencanaan Jaringan Indoor)**

Perencanaan Jaringan Indoor adalah suatu perencanaan sistem dengan perangkat pemancar dan penerima (*transceiver*) yang dipasang didalam gedung yang bertujuan untuk melayani kebutuhan akan telekomunikasi dalam gedung tersebut baik kualitas sinyal, cakupan (*coverage*) maupun kapasitas *trafficy*nya. Sebenarnya sistem ini memiliki prinsip yang sama BTS dengan sel standar, dengan perangkat pemancar dan penerima (*transceiver*), Basis kapasitas trafik biasanya digunakan untuk *Public Access Area* (*mall*, bandara, stadion hotel, rumah sakit dan lain lain), merupakan tempat-tempat umum yang sering dikunjungi tiap harinya.(Yuliana, 2019)

#### **II.1.5. Planning by Capacity**

*Planning by capacity* merupakan perhitungan kapasitas jaringan yang bertujuan untuk memperoleh jumlah sel yang dibutuhkan untuk dapat melayani kebutuhan trafik *user*. Dalam melakukan planning by

*capacity*, langkah yang dilakukan adalah perhitungan *network throughput* yang bertujuan untuk mengetahui total *throughput* yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan seluruh pelanggan. Perhitungan *network throughput* melalui beberapa langkah yaitu : menghitung *throughput per session*, kemudian menghitung *single user throughput*, dan selanjutnya menghitung *UL* dan *DL throughput*.(Wardhana, 2014)

#### **II.1.6. Coverage Planning**

Perhitungan *coverage* bertujuan untuk mengetahui berapa banyak *cell* yang dibutuhkan dalam sebuah perencanaan jaringan *indoor*. Perhitungan *coverage* meliputi menghitung *link budget* untuk mendapatkan nilai EIRP, menghitung *path loss* untuk mendapatkan besarnya jari-jari satu antena dan setelah besar jari – jarinya akan didapatkan jumlah *cell* yang diperlukan dalam perencanaan (Sopian dkk., 2018). Dalam teknologi telekomunikasi dikenal istilah *Coverage Planning* atau penjelasan tentang cakupan wilayah yang *discover* oleh jaringan telekomunikasi melalui BTS. Parameter utama untuk evaluasi sistem *coverage LTE* yang pertama adalah pengukuran *SINR* (*Signal to Interference Noise Ratio*) yang merupakan rasio antara rata-rata *power* yang diterima dengan rata-rata interferensi dan *noise*. Parameter selanjutnya adalah pengukuran *RSRP*, dimana pengukuran *RSRP* adalah mengukur kuat sinyal pada *cell LTE* yang membantu untuk me-ranking *cell-cell* yang berbeda sebagai *input*, yang dipergunakan untuk algoritma *handover* dan *cell reselection*. *RSRP* (*Reference Signal Received Power*)

didefinisikan sebagai rata-rata pada kontribusi *power resource element* yang membawa referensi signal yang dianggap sebagai pengukuran *bandwidth* frekuensi. Minimum *RSRP* dan *SINR* yang sesuai tergantung pada band frekuensinya(Wardhana, 2014), berikut adalah untuk penjelasan lebih lanjut mengenai perhitungannya:

a. Perhitungan *SINR*

Untuk mendapatkan kualitas sinyal pada penerima maka digunakan perhitungan *SINR*. Untuk kualitas sinyal diukur pada sisi handset dan eNB dengan persamaan:

$$SINR = \frac{S}{I + N} \quad \dots (II.3)$$

(Sumber: Wimadatu et al., 2017)

dimana *SINR* adalah rasio perbandingan daya sinyal dan daya interferensi ditambah *noise*. S merupakan daya sinyal, I adalah daya interferensi, dan N adalah daya *noise*.

b. Perhitungan Parameter *RSRP*

Ada tiga tahapan pada prosedur *handover LTE* secara keseluruhan: tahap persiapan *handover*, tahap pelaksanaan *handover* dan tahap *handover* selesai. Pada tahap persiapan hand-in menjadi sangat penting karena UE harus menseleksi kandidat FAP yang tepat dari banyak target FAP untuk melakukan hand-in. Pada tahap persiapan UE melakukan pengukuran (*measurement*) kuat sinyal yang diterima dari beberapa target FAP. UE akan mendeteksi FAP yang memiliki nilai *Reference*

*Signal Received Power (RSRP)* terbaik. *RSRP* sebanding dengan pengukuran *Received Signal Code Power (RSCP)* di WCDMA. *RSRP* merupakan kuat sinyal yang diterima UE. Pada sistem *LTE RSRP* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$RSRP = P_t - 10 - \log N_{AS} - G_{cell} - PL - L_{fad} \quad \dots (II.2)$$

(Sumber: Wimadatu et al., 2017)

dimana:

*RSRP* = Kuat sinyal yang diterima UE (dBm)

$P_t$  = *Transmit Power* (dBm)

$P_{Ln}$  = *Path Loss* (dB)

$L_{fad}$  = *Shadowing log-normal* standar deviasi (dB) asumsi 3dB  $N_{AS}$   
= Jumlah dari *subcarrier* yang aktif pada *-serving cell*.

### II.1.7. Model Propagasi

*Indoor* menggunakan model propagasi *Cost-231 Multiwall*, sebab menyesuaikan dengan area yang memiliki rapat dinding dan bisa diperhitungkan. Persamaan model propagasi dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$PL = L_{FSL} + L_c + \sum_{i=1}^W n_{wi} \times L_{wi} + L_{wi} + L_f \times n_f^{\left(\frac{nf=2}{nf+1}-b\right)} \quad \dots (II.6)$$

(Sumber: Wimadatu et al., 2017)

Nilai *loss* yang didapatkan pada tipe dinding untuk model propagasi *Multiwall* ini adalah nilai *loss* yang diperoleh berdasarkan hasil

dari pengukuran. *Loss* yang diperoleh bukan hanya akibat fisik dari dinding tetapi juga disebabkan oleh adanya furnitur.(Wimadatu dkk., 2017)

#### **II.1.8. Walketest**

*Walktest* adalah suatu pekerjaan yang bertujuan untuk mengumpulkan data dari hasil pengukuran kualitas suatu sinyal pada jaringan. *Walktest* di lapangan bisa menggunakan beberapa aplikasi software seperti TEMS pocket, TEMS *investigation*, ataupun *G-Net tracking*. Hasil *report* data *walktest* tersebut ini berfungsi untuk mengetahui nilai beberapa parameter, contohnya seperti *Reference Signal Received Power (RSRP)* yang menunjukkan level sinyal yang diterima oleh *user*, kemudian *Signal to Noise Ratio (SNR)* yang menunjukkan kualitas suatu sinyal, dan *throughput* yang menunjukkan jumlah bit yang diterima oleh *user*.(Wimadatu dkk., 2017)

#### **II.1.9. Flowchart**

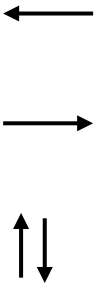


Bagan alir (*Flowchart*) merupakan kumpulan dari notasi diagram simbolik yang menunjukkan aliran data dan urutan operasi dalam sistem. Bagan alir (*Flowchart*) merupakan metode teknik analisis yang dipergunakan untuk mendeskripsikan sejumlah aspek dari sistem informasi secara jelas, ringkas, dan logis.

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


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

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

Tabel II. 5 *Flow Direction Symbols*



No	Symbol	Nama	Keterangan
1		<i>Arus / Flow</i>	Untuk menyatakan jalannya arus suatu proses
2		<i>Comunication link</i>	Untuk menyatakan bahwa adanya transisi suatu data atau informasi dari suatu lokasi ke Lokasi lainnya
3		<i>Connector</i>	Untuk menyatakan sambungan dari satu proses ke proses lainnya dalam halaman / lembaran sama

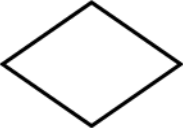





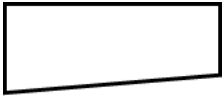
No	Symbol	Nama	Keterangan
4		<i>Offline Connector</i>	Untuk menyatakan sambungan dari satu proses ke proses lainnya dalam Halaman atau lembaran yang Berbeda

2. Processing Symbols (Simbol Proses)

Tabel II. 6 Processing Symbols




No.	Symbol	Nama	Keterangan
1		Proses	Sebuah fungsi pemrosesan yang dilaksanakan oleh komputer biasanya menghasilkan perubahan terhadap data atau Informasi
2		Symbol manual	Untuk menyatakan suatu tindakan (proses) yang tidak dilakukan oleh komputer (manual)

No.	Symbol	Nama	Keterangan
3		<i>Decision / Logika</i>	Untuk menunjukkan suatu kondisi tertentu, dgn dua kemungkinan, YA / TIDAK
4		<i>Predefined Process</i>	Untuk menyatakan penyediaan tempat penyimpanan suatu pengolahan untuk memberi harga awal
5		Terminal	Untuk menyatakan permulaan atau akhir suatu program
6		<i>Offline Storage</i>	Untuk menunjukkan bahwa data dalam symbol ini akan disimpan ke suatu media Tertentu

No.	Symbol	Nama	Keterangan
7		<i>Manual Input</i>	Untuk memasukkan data secara manual dengan menggunakan online keyword

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

Tabel II. 7 *Input / Output Symbols*

No	Symbol	Nama	Keterangan
1		<i>Input / output</i>	Untuk menyatakan proses <i>input</i> dan <i>output</i> tanpa tergantung dengan jenis peralatannya
2		<i>Disk Storage</i>	Untuk menyatakan <i>input</i> berasal dari <i>disk</i> atau <i>output</i> disimpan ke <i>disk</i>
3		<i>Document</i>	Untuk menyetak dokumen

## II.2 *State of The Art*

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
1	Analisa	Wulan Dwi	<i>Reasearch</i>	Semua

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
	Perencanaan Layanan Data Jaringan <i>Long Term Evolution</i> (LTE) Indoor Pada Terminal 3 Keberangkatan Ultimate Bandara Soekarno-Hatta	Anggraini , Arfianto Fahmi, Uke Kurniawan Usman(2018)	<i>and analys</i>	maskapai penerbangan internasional dan beberapa maskapai penerbangan domestik dipindahkan ke terminal 3 <i>Ultimate</i> yang sebelumnya berada di sub terminal 2E dan 2F pada terminal 2. Sehingga banyaknya mobilisasi pengguna seperti penumpang dan petugas bandara pada area tersebut akan menyebabkan peningkatan permintaan layanan data dan membutuhkan kapasitas yang lebih besar. Hasil perencanaan ini, diperoleh nilai <i>RSRP</i> dari hasil simulasi untuk skenario 1 dan 2 masing-masing adalah - 78.00 dBm, dan -67.88 dBm. Untuk nilai SIR pada skenario 1 dan 2 masing-masing adalah 41.2 dB, dan 50.71 dB.

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
				Dari hasil simulasi, perencanaan jaringan <i>LTE indoor</i> telah memenuhi KPI ( <i>Key Performance Indicator</i> ) yang digunakan oleh operator telekomunikasi acuan.
2	Perencanaan Jaringan <i>Indoor LTE</i> Di Gedung Graha Pos Indonesia Bandung	Florenando Ihza Amazona, Yuyun Siti Rohmah, Radial Anwar(2019)	Metode <i>Coverage Planning</i> dan <i>capacity planning</i>	Perencanaan jaringan <i>LTE</i> ini di simulasikan menggunakan <i>software Radiowave Propagation Simulator (RPS)</i> . Hasil perencanaan jaringan indoor <i>LTE</i> di gedung Graha Pos Indonesia Bandung diperoleh hasil simulasi untuk nilai parameter RSSI di lantai basement 1, basement 2, lantai 1 s.d 8 masing-masing adalah -46,65 dBm, -46,50 dBm, -49,55 dBm, -50,49 dBm, -47,03dBm dan -48,44 dBm, -48,76 dBm, -50,89 dBm, -

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
				47,15 -46,7 dBm dan untuk nilai parameter SIR diperoleh dari hasil simulasi di lantai basement 1, basement 2, lantai 1 s.d 8 masing-masing adalah 12,71 dB, 16,25 dB, 25,67 dB, 34,41 dB, 30,41 dB, 27,89 dB, 30,2 dB, 30,60 dB, 31,53 dB, 18,73 dB Hasil yang diperoleh dari perencanaan ini telah mencapai target standar parameter RF yang digunakan oleh operator XL.
3	Perencanaan Jaringan <i>Indoor LTE</i> Di Gedung Pos Indonesia Cilaki Bandung	Dean Nanda Hartadi, Suci Aulia, Dwi Andi Nurmantris(2019)	<i>R&amp;D</i>	Di lihat dari 2 parameter tersebut sudah buruk untuk jaringan <i>LTE</i> . Didalam gedung juga belum terdapat penangkap sinyal. Menyebabkan penerimaan sinyal seluler pada sisi <i>user</i> yang berada didalam gedung tersebut menjadi kurang baik tidak sama dengan kondisi

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
				diluar gedung yang <i>RSRP</i> nya -66dbm dan SNIR 6db yang dinilai sudah baik namun di dalam gedung terjadi pelemahan sinyal.
4	Analisis Perencanaan Jaringan <i>Long Term Evolution (LTE)</i> di Pita Frekuensi 3500 MHz Dengan Mode TDD dan FDD Sebagai Frekuensi ALTErnatif	Edwinanto Dheni, Koncoro Heru, Yanuar Krisdianto	Pemodelan dengan <i>software Atoll</i>	Secara Keseluruhan dengan membandingkan parameter Throughput dan <i>Coverage</i> dalam dan dilihat dari analisis kapasitas untuk setiap range <i>bandwidth</i> dapat ditarik kesimpulan penggunaan mode FDD lebih baik daripada TDD dimana dengan mode FDD memiliki nilai Throughput yang jauh lebih besar dan nilai <i>SINR</i> yang lebih baik. Untuk nilai <i>RSRP</i> memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan antara mode TDD dan FDD walaupun

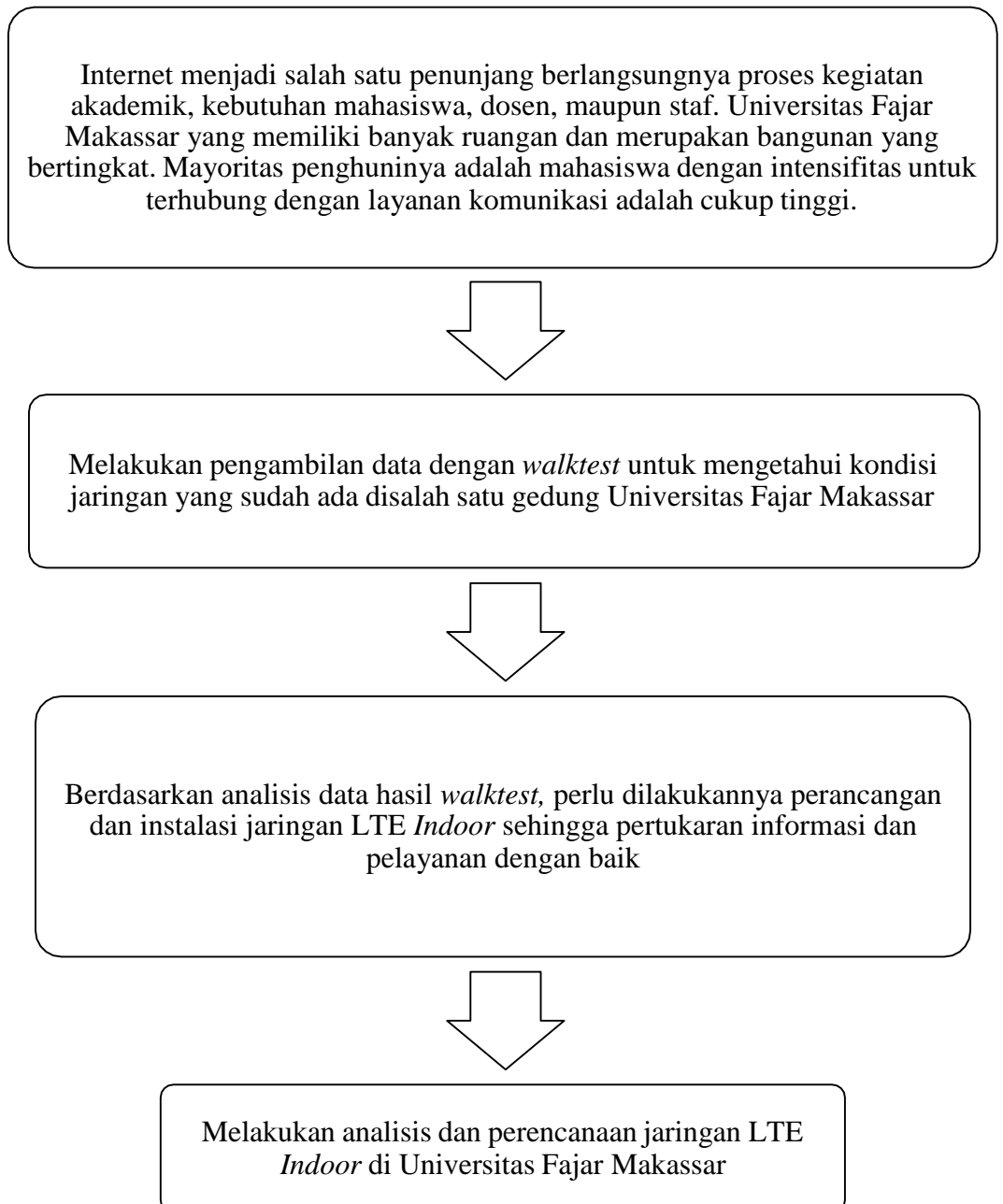
No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
				dengan mode TDD memiliki nilai yang lebih baik.
5	Perancangan Jaringan Femtocell Pada Jaringan <i>LTE</i> Menggunakan Model Propagasi Cost 231 Multiwall	Kevin Sean Farrel Manurung dan Yuli Triyani(2021)	Metode perancangan jaringan <i>femtocell</i>	Perancangan ini menerapkan model propagasi COST 231 Multiwall yang akan di simulasi kan menggunakan Software RPS Sebelum melakukan perancangan jaringan femtocell dilakukan perhitungan berdasarkan Coverage dan Capacity untuk mendapatkan jumlah FAP yang dibutuhkan per lantainya. Hasil simulasi di dapatkan nilai rata-rata <i>RSRP</i> di tiap lantai Gedung Utama ialah -35.05 dBm, -35.86 dBm, -36.78 dBm dan nilai rata-rata <i>RSRP</i> di tiap lantai Gedung Serbaguna - 45.16 dBm, - 51.16 dBm, - 42.61 dBm. Dan Hasil simulasi di dapatkan nilai



No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
				<p>rata-rata <i>SINR</i> di tiap lantai Gedung Utama ialah 11.46 dB, 12.94 dB, 16.54 dB dan nilai rata-rata <i>SINR</i> di tiap lantai Gedung Serbaguna 16.74 dB, 16.74 dB, 0 dB (karena hanya diletakkan 1 FAP). Hasil yang diperoleh dari perancangan telah memenuhi standar parameter yang digunakan oleh operator Tri.</p>

### II.3 Kerangka Pikir

Adapun kerangka pikir dalam penelitian ini disajikan pada diagram sebagai berikut.



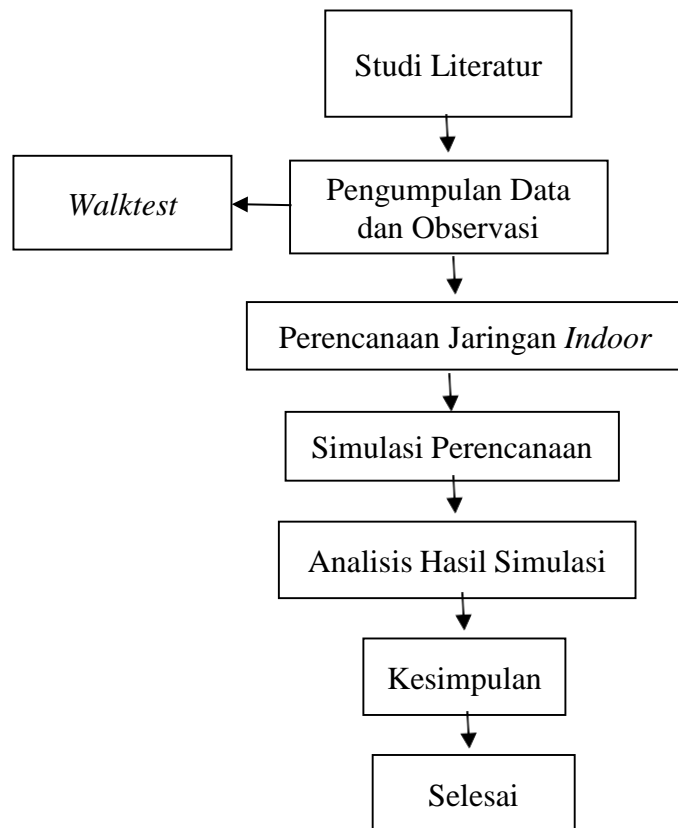
Gambar II. 4 Kerangka Pikir

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### III.1. Rancangan Penelitian

Perancangan jaringan *LTE indoor* menggunakan metode propagasi COST 231 Multiwall pada gedung Lantai 1 Ballroom Universitas Fajar Makassar, pembahasan meliputi perancangan denah gedung, dan pengumpulan data berupa *walktest* jaringan *LTE* dan jumlah pengguna *handphone* di dalam gedung, serta simulasi perancangan jaringan *LTE indoor* dengan menggunakan software *Radiowave Propagation Simulator 5.4*



Gambar III. 1 Diagram Alur Perencanaan Indoor Building Coverage

Keterangan pada diagram blok sistem perancangan jaringan *LTE indoor*

*femtocell* sebagai berikut:

1. Studi literatur : Melakukan studi pustaka untuk mencari referensi yang relevan agar dapat membantu memudahkan melaksanakan penelitian
2. Pengumpulan data dan obeservasi: Melakukan pemilihan Gedung untuk dilakukan perancangan jaringan *LTE indoor*. Serta melakukan pengumpulan data berupa *walktest* jaringan *LTE* dan banyaknya pengguna handphone di dalam ruangan tersebut. Proses *walktest* dilakukan untuk mengukur daya existing di dalam gedung, sebagai latar belakang yang kuat bahwa di perlukannya perencanaan indoor.(Saputra & Broto, 2018)
3. Perencanaan IBS: Melakukan perencanaan IBS (*Indoor Building Solution*) dengan menggunakan dua metode yaitu penambahan FAP (*Femtocell Access Point*) dan *Capacity Dimensioning*. Femtocell Access Point adalah perangkat jaringan seluler kecil yang digunakan untuk memperluas jangkauan jaringan seluler di dalam ruangan atau area tertentu yang memiliki masalah sinyal. Femtocell Access Point menggunakan teknologi seluler yang sama dengan stasiun basis seluler yang lebih besar, tetapi menawarkan jangkauan yang lebih kecil dan dapat menangani jumlah pengguna yang lebih sedikit. Femtocell Access Point biasanya dirancang untuk digunakan di rumah atau kantor kecil, dan dapat meningkatkan kecepatan dan kualitas layanan seluler di dalam ruangan Dalam *capacity planning* dianalisis jumlah user yang dapat di tampung oleh *Femtocell Access Point*, dalam hal ini tidak ada penambahan perangkat sehingga meningkatkan jumlah *user* yang menggunakan site donor repeater pada sisi kapasitas masih menggunakan kapasitas dari *eNode B* donor. Pada

penelitian ini akan digunakan 2 buah antena. Antena yang digunakan adalah *Antena Horn 20 dB*, *Antenna Horn 20 dB* digunakan untuk memperkuat sinyal yang di pancarkan oleh antena dan mengarahkannya ke suatu arah tertentu. Antena ini memiliki gain atau penguatan sinyal yang lebih tinggi dibandingkan dengan antena *omnidirectional*, sehingga dapat membantu memperbaiki kualitas sinyal dan jangkauannya. Antena horn 20 dB cocok digunakan dalam situasi di mana diperlukan sinyal yang kuat dan fokus pada area tertentu, seperti pada komunikasi satelit, penelitian radar, dan aplikasi lainnya di mana diperlukan penguatan sinyal yang besar dan presisi arah yang tinggi. Setelah itu melakukan perancangan denah gedung *Ballroom* Univeritas Fajar Makassar dengan menggunakan software Microsoft Visio 2019

4. Simulasi perancangan: Melakukan simulasi perencanaan jaringan 4G *indoor* menggunakan *software Radiowave Propagation Simulator*.
5. Analisis hasil simulasi: Menganalisis hasil simulasi dari *software Radiowave Propagation Simulator* berdasarkan teori terkait penelitian.
6. Kesimpulan: Setelah melakukan analisis hasil simulasi selanjutnya melakukan penarikan kesimpulan apakah hasil simulasi lebih baik dari kondisi jaringan sebelumnya

## **III.2. Proses Perencanaan Jaringan Indoor**

### **III.3.1. Walk Test Sebelum Perencanaan**

*Walk test* merupakan salah satu tahapan yang dilakukan untuk mengumpulkan data terkait keadaan jaringan sinyal secara nyata di lapangan. Untuk mengetahui keadaan nyata tersebut dapat dilihat melalui

radio parameter operator. Hasil *Walk Test* yaitu seperti *RSRP* dan *SINR* menggunakan *software G-Net Track*. *Walktest* adalah penentu rute yang akan dilewati proses *walktest* berlangsung. *Rute* ini menggunakan denah *layout* gedung yang telah di dapatkan. Setelah dilakukan *walktest* maka parameter tersebut dianalisis dan disesuaikan standar parameter operator.(Yuliana dkk., 2018)

### **III.3.2. Analisa dan Laporan Hasil Walk Test**

Analisa hasil walk test awal dilakukan untuk mengetahui kelayakan gedung untuk dilakukan perencanaan *indoor building coverage*. untuk mengetahui kelayakan tersebut maka diperlukan perbandingan dari hasil walk test awal dengan radio parameter operator. Jumlah rata-rata *user* di sekitar Gedung *ballroom* Universitas Fajar Makassar setiap hari berbeda, tergantung kondisi dari jam perkuliahan. Biasanya *traffic* padat antara jam 09.00-11.00 dan 13.00-17.00 biasanya waktu tersebut digunakan untuk beristirahat atau menunggu jam perkuliahan. Data rata-rata pengguna setiap hari dapat dilihat pada table berikut.

### **III.3.3. Model Propagasi yang Digunakan**

Menentukan jumlah Femtocell Access Point (FAP) berdasarkan coverage terlebih dahulu menghitung radius sel dengan menggunakan persamaan COST 231 Multi Wall.

#### **a. Model Propagasi Jaringan Indoor**

Model propagasi *indoor* yang digunakan pada penelitian ini adalah COST 231 multiwall karena seluruh dinding pada bidang vertikal antara

*transmitter* dengan *receiver* akan di pertimbangkan. Sedangkan untuk masing-masing dinding dengan propertis materialnya di perhitungkan juga, bertambahnya dinding yang akan di lewati sinyal akan membuat atenuasi dinding menjadi berkurang. (Hikmaturokhman dkk., 2016)

Propagasi COST 231 Multiwall Indoor digunakan karena merupakan model yang di kembangkan khusus untuk memodelkan karakteristik propagasi gelombang elektromagnetik di dalam gedung dengan dinding yang terbuat dari bahan-bahan yang berbeda. Model ini mempertimbangkan parameter seperti frekuensi sinyal, jarak antara pengirim dan penerima, jenis material dinding, dan faktor lainnya yang dapat mempengaruhi karakteristik propagasi.

Dalam keadaan di dalam gedung, sinyal dapat dipantulkan, merambat melalui dinding dan benda, serta diterima oleh antenna penerima dengan kekuatan yang berbeda-beda tergantung pada posisi antenna. Model COST 231 Multiwall Indoor dirancang untuk memperkirakan kekuatan sinyal yang diterima oleh antenna penerima dalam situasi tersebut dengan akurasi yang memadai. Oleh karena itu, model ini sering digunakan dalam perencanaan jaringan

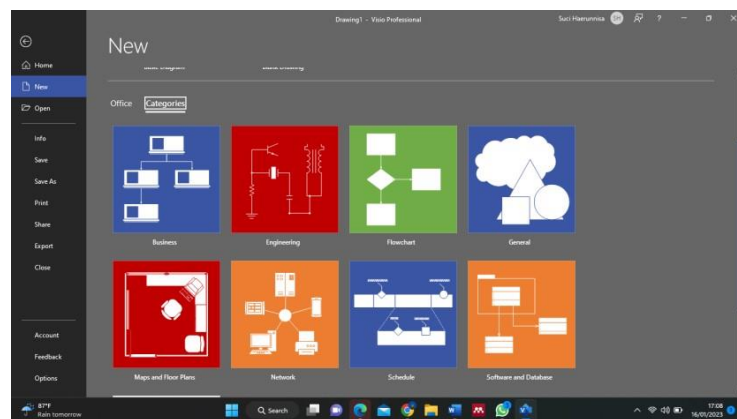
### **III.3. Perancangan Simulasi Jaringan Indoor**

#### **III.4.2. Perancangan Denah Gedung Menggunakan *Software Microsoft Visio 2019***

Hal pertama yang dilakukan dalam perancangan adalah membuat denah lokasi yang ditentukan dengan menggunakan *Software Microsoft*

*Visio 2019. Software* ini digunakan untuk memudahkan dalam penentuan sumbu koordinat, karena metode yang digunakan untuk menggambar denah Gedung pada *software* radiowave simulator adalah dengan koordinat sumbu x,y,z.

Langkah pertama yang dilakukan untuk membuat project baru pada Microsoft Visio adalah membuka program Microsoft Visio 2019. Ada beberapa pilihan project yang dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan, seperti: Blank diagram, Blank drawing, Home Plan, business, engineering, flowchart, general, maps and floor plan, dan lainnya masing-masing dari kategori tersebut memiliki fungsi yang berbeda contoh pilihan kategori project di Microsoft Visio 2013 dapat dilihat pada gambar yang tampilannya seperti pada gambar berikut.

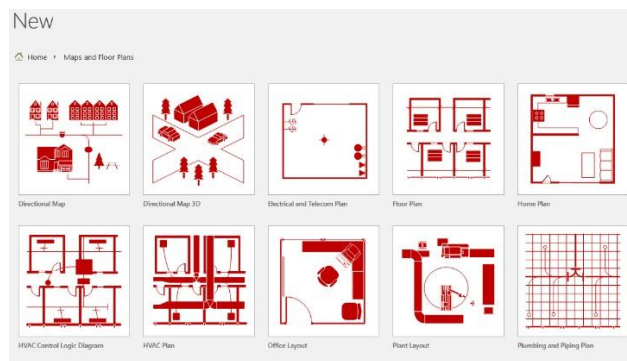


Gambar III. 2 Microsoft Visio 2019 dan Kategori Project dalam Microsoft Visio

Pada penelitian ini digunakan kategori maps and floor plan karena kategori ini sering digunakan untuk membuat denah dalam ruangan (indoor). Selain untuk membuat denah dalam ruangan (indoor) ada beberapa jenis denah yang dapat dibuat di kategori ini seperti: Directional Map,

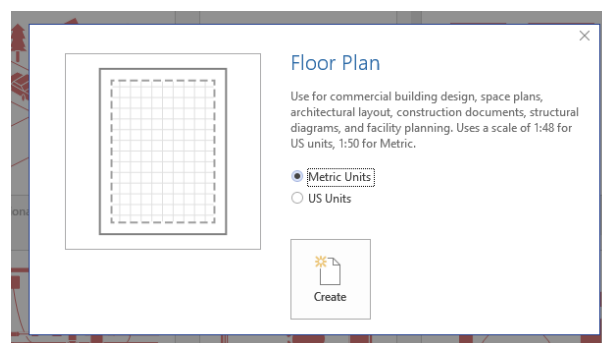


Directional Map 3D, Electrical and Telecom Plan, Floor Plan, Home Plan, HVAC control logic diagram, HVAC plan, office layout, plant layout, dan plumbing and piping plan. Dapat dilihat pada gambar berikut.



*Gambar III. 3 Jenis Denah dalam Kategori Maps dan Floor Plan*

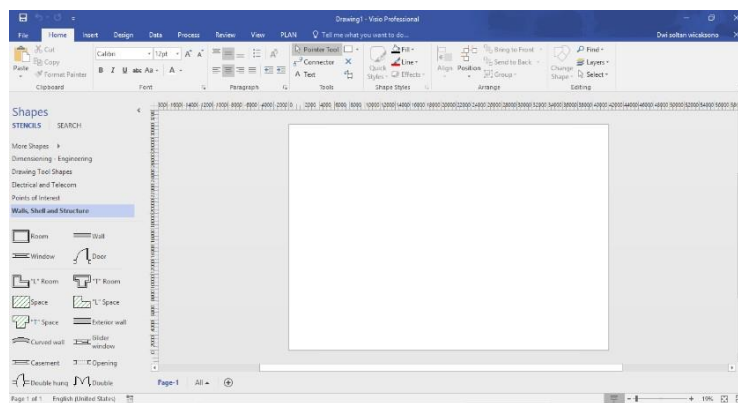
Dari beberapa jenis denah tersebut yang cocok untuk tugas akhir ini adalah jenis floor plan dikarenakan objek yang akan dibuat denahnya adalah sejenis gedung, yang karakteristik ruangnya hampir sama. Berbeda dengan home plan yang digunakan untuk membuat denah dalam ruangan untuk hunian yang setiap ruangnya memiliki karakteristik berbeda. Setelah memilih jenis denah floor plan maka akan diminta untuk memilih jenis satuan ukuran Panjang dalam kanvas project. Ditunjukkan pada gambar berikut.



*Gambar III. 4 Pilihan Perbandingan Skala dalam Pembuatan Denah*

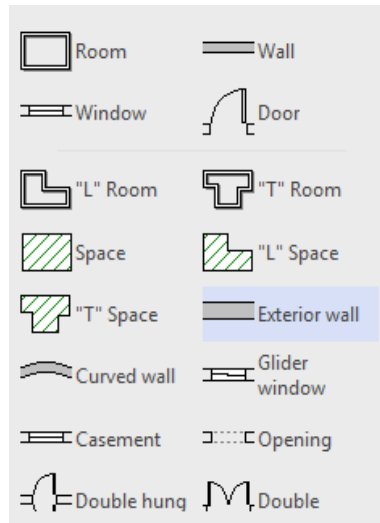
Pada gambar III.3 ada 2 pilihan satuan ukuran Panjang yang akan digunakan dalam project, metric units dan US unit. *Metric unit* menggunakan satuan Panjang SI (Standard Internasional) seperti: cm, mm. sedangkan US unit menggunakan satuan Panjang yang digunakan di negara amerika serikat (*United States*) seperti: inci, feet. Karena Indonesia menggunakan satuan SI (Standar Internasional) maka memilih metric units sebagai skalanya.

Setelah memilih satuan skala maka akan muncul tampilan awal project seperti pada gambar dibawah, terdapat kanvas putih landscape digunakan untuk menggambar denah, dan beberapa item yang dapat digunakan untuk menggambar denah seperti: tembok (wall), pintu (door), jendela (window) dan lainnya, yang terdapat pada sisi kiri layer.



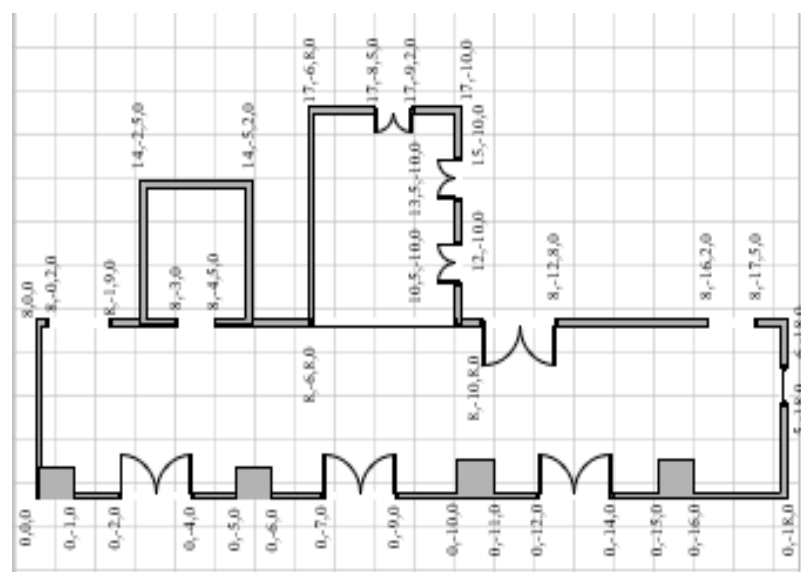
Gambar III. 5 Tampilan Awal Floor Plan Project pada Visio 2019

Pada sisi kiri bawah layar terdapat beberapa item pendukung yang digunakan untuk mendesain denah, pada project ini item yang dibutuhkan adalah wall (tembok), door (pintu), double door (pintu ganda) dan window (jendela) karena karakteristik gedung student centre yang seperti itu. Tampilan item ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar III. 6 Item untuk Mendesain Pada Visio 2019

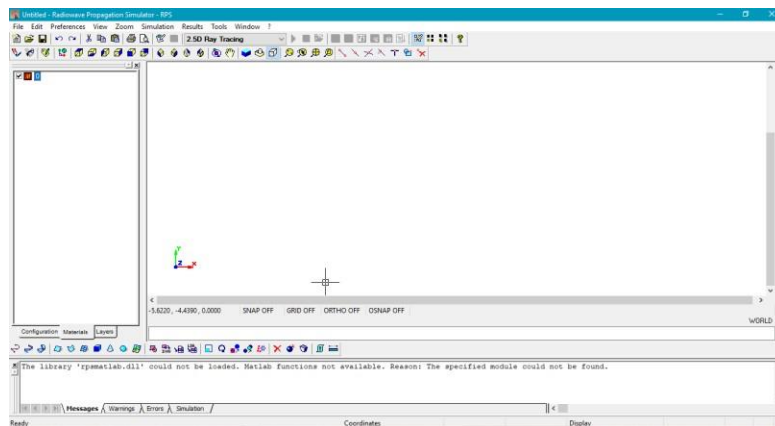
Selanjutnya mengatur ukuran dan posisi masing-masing item sesuai bentuk Gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar, sekaligus menentukan koordinat X.Y.Z pada desain tersebut. Untuk memudahkan dalam menggambar di software Radiowave Propagation Simulator, seperti pada gambar berikut.



Gambar III. 7 Desain dan Koordinat Gedung Ballroom Unifa Makassar

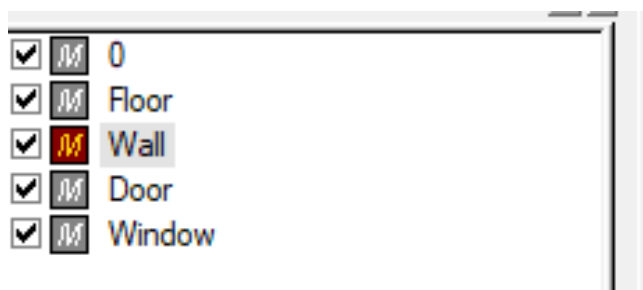
### III.4.3. Perancangan Denah Gedung Menggunakan *Software RPS 5.4*

Software Radiowave Propagation Simulator adalah Software yang digunakan untuk analisis propagasi gelombang radio atau prediksi coverage BTS Telekomunikasi. Tampilan awal Software Radiowave Propagation Simulator ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar III. 8 Tampilan RPS

Setelah masuk ke software langkah pertama yang dilakukan adalah membuat layer, layer digunakan untuk menambahkan jenis material yang akan digunakan pada rancangan bangunan. Seperti: tembok, jendela, pintu, lantai dan lain sebagainya, tampilan layer ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar III. 9 Bagian Gedung

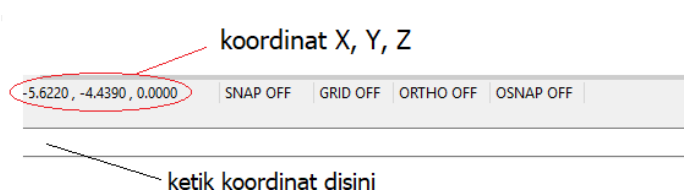
Langkah selanjutnya setelah menambahkan layer material bangunan

adalah, memberikan deskripsi tentang material yang digunakan. Seperti: warna, digunakan untuk membedakan antara material. ketebalan, ketebalan dari masing-masing material yang digunakan pada bangunan. Untuk menambahkan deskripsi layer caranya dengan klik kanan layer > layer overview, layer overview ditunjukkan pada gambar berikut.

Materials Database			
	Name	Description	Color
▶	0		
	Floor	Concrete, floor a	
	Wall	Brick, inner wall -	
	Door	Wood - 5 cm (1	
	Window	Glass window, 3	

*Gambar III. 10 Material Gedung*

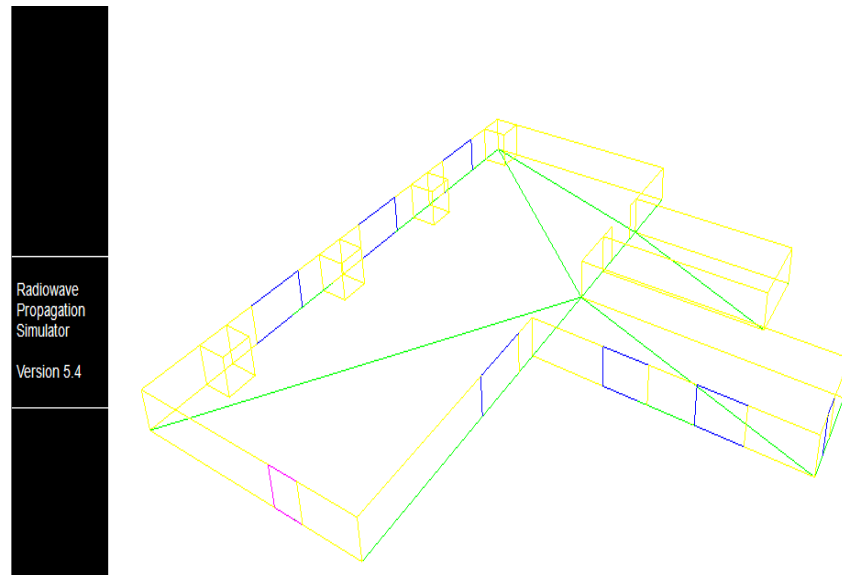
Selanjutnya melakukan perancangan denah Gedung pada kanvas project, dengan cara mengetikan koordinat denah gedung sesuai yang telah dibuat pada Visio. Urutan perancangan pada RPS adalah, pertama pilih layer yang akan Digambar, kedua pilih tools untuk menggambar layer tersebut. Jika menggunakan tools 'wall' maka harus mengetikan tinggi materialnya terlebih dahulu, ketiga mengetikan koordinat pada bar koordinat. Ditunjukkan pada gambar berikut.



*Gambar III. 11 Bar Koordinat RPS*

Setelah menggambar rancangan gedung selesai maka dapat dilihat

hasilnya dalam bentuk, gambaran Gedung ditunjukkan pada gambar berikut.



*Gambar III. 12 Rancangan Gedung di RPS*

#### **III.4. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan mulai Oktober 2022 di Gedung Lantai 1 *Ballroom* Universitas Fajar Makassar, Jalan Prof. Dr. H. Abdurrahman Basalamah Ex. Jl Racing Center No.101, Panakkukang - Makassar .

#### **III.5. Alat dan Bahan**

a. *Hardware*/perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini adalah laptop untuk menjalankan *software* dengan spesifikasi berikut:

1. Processor Intel Core i5-8250U @ 1,6 GHz
2. RAM 4 GB
3. Windows 10

b. *Software* yang digunakan pada penelitian ini adalah G-Net Track Lite dan

*software Radio Program Simulator (RPS)* untuk menganalisis kualitas jaringan indoor.

### **III.6. Metode Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder.

#### **III.6.1. Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari pengamatan dan pengukuran di lapangan. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh melalui walktest yang dilakukan di gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar. Walktest adalah metode pengukuran kualitas sinyal jaringan dengan mengukur parameter seperti *RSRP*, *RSRQ*, dan *SINR* secara langsung di lapangan. Hasil walktest digunakan untuk menentukan kondisi jaringan sebelum dilakukan perancangan jaringan *LTE* yang baru, dan Hasil dari perancangan jaringan *LTE* baru, termasuk perencanaan antenna dan lokasi pemasangan yang disesuaikan dengan karakteristik bangunan dan kondisi lingkungan sekitar, dan data hasil simulasi menggunakan *Radio Wave Propagation Simulator (RPS)*, yang memberikan gambaran tentang kinerja jaringan *LTE* baru, termasuk parameter seperti *RSRP* dan *SINR*.

#### **III.6.3. Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber lain, seperti jurnal, buku, dokumen, dan informasi online. Dalam penelitian ini, data sekunder digunakan untuk mendukung analisis dan perancangan jaringan *LTE* baru.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi informasi tentang teknologi *LTE*, karakteristik sinyal radio, standar dan regulasi yang berlaku, dan data tentang jaringan 4G di lokasi penelitian..

### **III.7. Metode Analisis Data**

Analisis data pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil dari perancangan yang telah dibuat apakah sesuai dengan perencanaan. Pada analisis data dilakukan dengan menggunakan *software Radiowave Propagation Simulator* (RPS) untuk menganalisa hasil rancangan. Analisis data dilakukan dengan membandingkan nilai *RSRP* dan *SINR* hasil simulasi dengan KPI. *KPI* (*Key Performance Indicators*) *RSRP* dan *SINR* adalah dua parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas sinyal pada jaringan seluler. *RSRP* (*Reference Signal Received Power*) adalah parameter yang mengukur kekuatan sinyal dari stasiun dasar (base station) yang diterima oleh ponsel atau perangkat pengguna lainnya. *RSRP* diukur dalam satuan desibel-miliwatt (dBm) dan semakin tinggi nilainya, semakin baik kualitas sinyal yang diterima. Nilai *RSRP* yang direkomendasikan oleh standar industri adalah antara -20 dBm hingga -120 dBm, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan kualitas sinyal yang lebih baik. *SINR* (*Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio*) adalah parameter yang mengukur perbandingan antara kekuatan sinyal yang diterima dan interferensi serta noise yang ada di lingkungan sekitar. *SINR* diukur dalam satuan desibel (dB) dan semakin tinggi nilainya, semakin baik kualitas sinyal yang diterima. Nilai *SINR* yang direkomendasikan oleh standar industri adalah antara 0 dB hingga 30 dB, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan kualitas sinyal yang



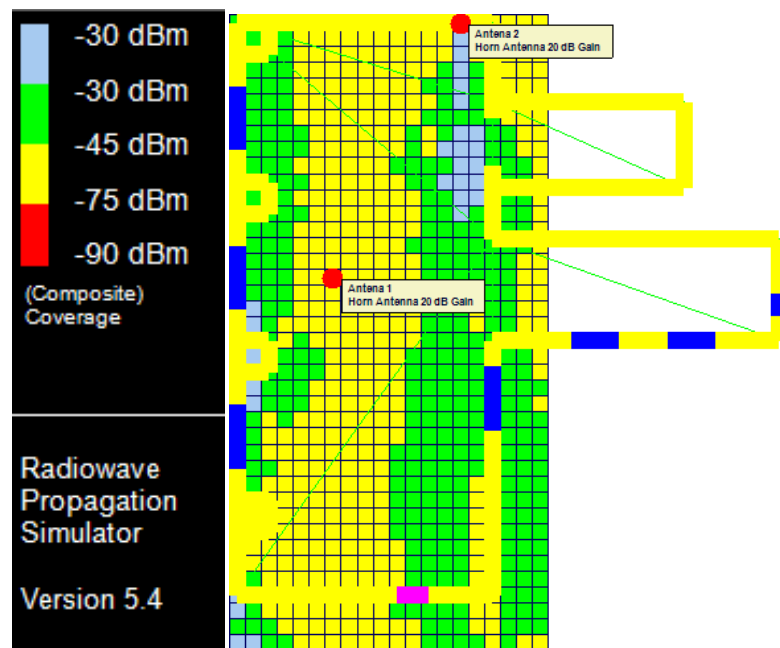
lebih baik.

## BAB IV

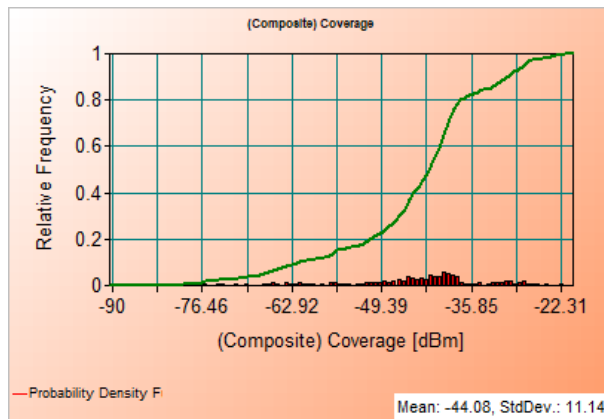
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV.1. Hasil Simulas Perencanaan Jaringan

Pada pengujian rancangan penempatan antenna sebanyak 2 buah untuk mengetahui cakupan sel dan interferensi yang didapat jika diletakkan pada ruang tersebut. Perencanaan pertama dilakukan dengan menempatkan antenna pada tengah Gedung dan sisi kiri Gedung. Hasil simulasi yang didapat adalah berupa *range* nilai *RSRP* dan *SINR* beserta chart histogramnya, hasil simulasi rancangan ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar IV. 1 Hasil RSRP Perencanaan Pertama dengan RPS



Gambar IV. 2 Grafik RSRP Perencanaan Pertama

Berdasarkan dari hasil *coverage* yang diperoleh, dapat dilihat interpretasi warna dari hasil simulasi yang menyatakan rentang nilai hasil *coverage*, dimulai dari warna merah yang menyatakan nilai *RSRP* disekitar -90 dBm, kuning -75, hijau -45, dan biru muda -30, setiap warna mewakili daerah dengan *RSRP* sesuai dengan nilai *KPI* yang telah ditentukan sebelumnya, hasil *coverage* diperoleh dengan nilai rata-rata -44,08 dan standar deviasi 11.14, kondisi ini dapat dikategorikan sebagai sangat baik menurut *KPI RSRP*, dimana nilai *KPI RSRP* adalah sebagai berikut.

Tabel IV. 1 Standar *KPI RSRP*

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

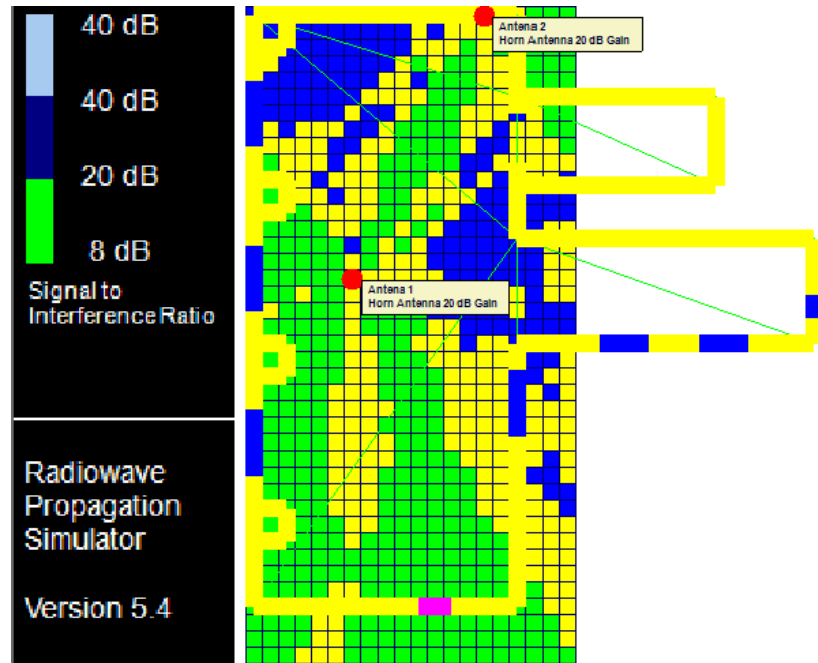
Ini menunjukkan bahwa perencanaan jaringan indoor yang dilakukan dengan software RPS memiliki hasil yang baik dan memenuhi standar *KPI RSRP*. Adapun keseluruhan data *RSRP* hasil Simulasi adalah sebagai berikut.

Berdasarkan data relative frequency dan CDF yang tersebut (**lampiran 1**), data relative frequency adalah data yang menunjukkan proporsi atau persentase frekuensi kemunculan suatu nilai atau rentang nilai dalam suatu data set. Dalam konteks yang lebih spesifik, data relative frequency biasanya digunakan untuk memperlihatkan seberapa sering suatu nilai tertentu muncul dalam distribusi data, dan CDF digunakan untuk menunjukkan persentase dari total data yang memiliki nilai kurang dari atau sama dengan suatu nilai tertentu. Dengan kata lain, CDF adalah akumulasi dari relative frequency dalam bentuk kurva.. Dari data relative frequency dan CDF yang diatas, dapat dilihat bahwa sebagian besar nilai *RSRP* berada dalam kisaran -20 dBm hingga -65 dBm, yang menunjukkan bahwa kondisi sinyal normal. Namun, dan tidak terdapat nilai *RSRP* yang berada dalam kisaran -91 dBm hingga -121 dBm. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa hasil coverage dari simulasi dengan penempatan antenna disisi kiri ini belum cukup baik dengan sebagian besar nilai *RSRP* yang berada dalam kategori normal dan sebagian kecil dalam kategori kurang baik, disimpulkan untuk nilai *RSRP* perencanaan adalah sebagai berikut:

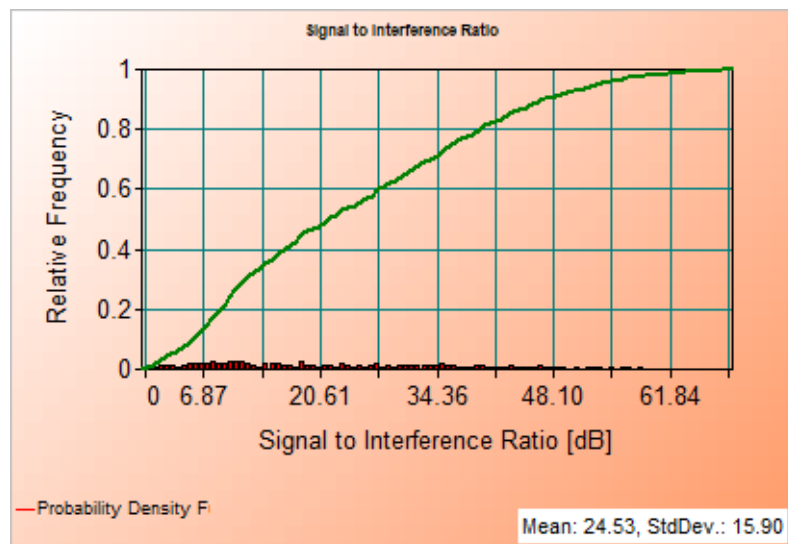
*Tabel IV. 2 Analisis Persentase Nilai RSRP Perencanaan Pertama*

Nilai (dBm)	Kategori	Persentase (%)
(-20) s/d (-45)	sangat baik	66,8%
(-46) s/d (-65)	normal	7,1%
(-66) s/d (-85)	kurang baik	5,5%
(<-90)	buruk	0,1%

Kemudian, untuk nilai *SINR* pada perencanaan pertama diperoleh sebagai berikut.



Gambar IV. 3 Hasil *SINR* Perencanaan Pertama



Gambar IV. 4 Grafik *SINR* Perencanaan Pertama

Berdasarkan data yang disajikan dapat dilihat interpretasi dari warna daerah perencanaan yang mewakili nilai parameter *SINR* yang telah ditentukan sebelumnya, setiap warna mewakili nilai yang berbeda-beda,

seperti hijau mewakili nilai 8 dB, biru tua 20 dB, dan biru muda 40 dB. Adapun hasil simulasi untuk *SINR* diperoleh rata-rata nilai *SINR* dari simulasi adalah 24.53 dB dengan standar deviasi 15.90 dB. Menurut parameter yang diberikan, kategori *SINR* ini termasuk dalam kategori "*Good*". Berikut adalah standar nilai untuk *SINR*.

Tabel IV. 3 Standar Nilai *SINR*

Nilai	Keterangan
>30	Very Good
16 dB s/d 30 dB	<i>Good</i>
1 dB s/d 15 dB	Normal
-10 dB s/d 0 dBm	<i>Bad</i>

Dari grafik yang disajikan, dapat dilihat bahwa sebagian besar nilai *SINR* berada dalam kisaran yang positif, yang menunjukkan kualitas sinyal yang baik.

Berdasarkan keseluruhan data *SINR* disemua titik (**lampiran 2**), dilihat bahwa nilai *SINR* terbesar adalah 69,69 dan nilai terkecil adalah 0. Dimana keseluruhan nilai *SINR* berada dalam rentang ketegori *very good* hingga *bad*. Persentase nilai *SINR* disajikan dalam tabel berikut.

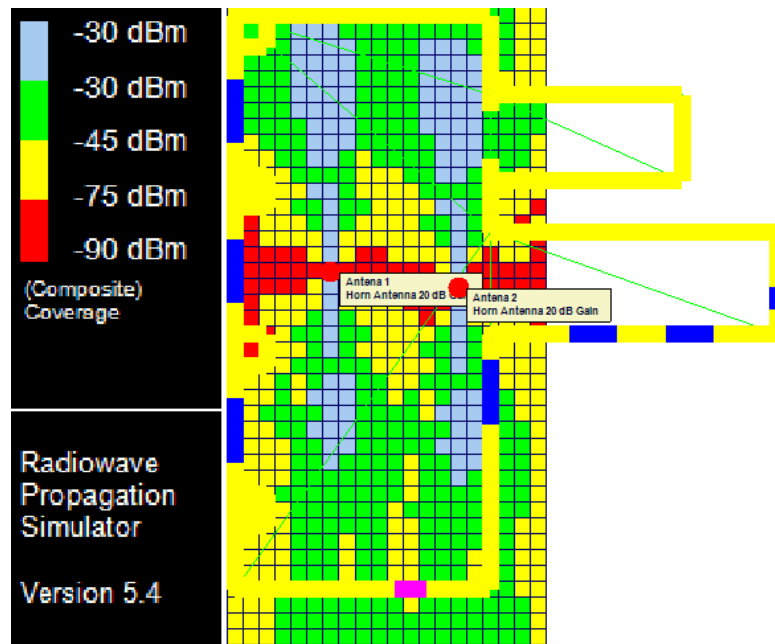
Tabel IV. 4 Nilai *SINR* Hasil Perencanaan Pertama

Nilai	Keterangan	Persentase
>30	Very Good	36%
16 dB s/d 30 dB	<i>Good</i>	27%
1 dB s/d 15 dB	Normal	37%
-10 dB s/d 0 dBm	<i>Bad</i>	1%

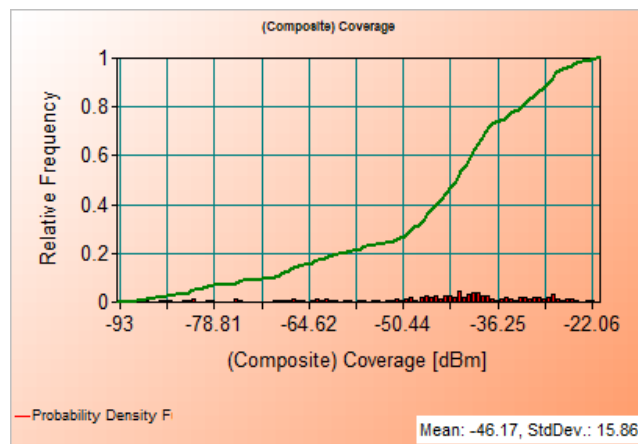
Berdasarkan nilai kedua parameter kondisi jaringan, yaitu nilai *RSRP* dan *SINR*, hasil Simulasi perencanaan pertama dengan menempatkan satu

antenna pada sisi kiri dan tengah Gedung menghasilkan nilai *RSRP* yang sangat baik, sedangkan pada nilai *SINR* masih berada pada nilai normal yang berubah-ubah. Sehingga, perencanaan pertama belum dapat dikatakan baik, maka diperlukan Simulasi perencanaan kedua dengan mengubah posisi antenna.

Perencanaan kedua dilakukan dengan menempatkan kedua antenna ditengah Gedung, Dalam perancangan jaringan LTE baru di gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar, kedua antenna dapat ditempatkan di tengah gedung karena beberapa alasan, yaitu, kedua antenna dapat memberikan cakupan sinyal yang lebih baik ke seluruh area gedung, karena ditempatkan di pusat gedung dan tidak terhalang oleh dinding atau penghalang lainnya, posisi kedua antenna di tengah gedung juga dapat meminimalkan interferensi sinyal yang berasal dari luar gedung, seperti sinyal 4G yang berasal dari base station yang terletak di luar Gedung, dan dalam hal ini, perencanaan perancangan jaringan LTE baru dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik bangunan dan kondisi lingkungan sekitar, sehingga ditemukan bahwa penempatan antenna di tengah gedung merupakan lokasi yang paling optimal untuk memberikan kualitas sinyal yang baik dan menghindari interferensi dari sinyal yang berasal dari luar gedung. Adapun hasil *coverage RSRP* yang diperoleh untuk simulasi perencanaan kedua adalah sebagai berikut.



Gambar IV. 5 Hasil Simulasi SINR Perencanaan Kedua



Gambar IV. 6 Grafik Hasil RSRP Perencanaan Kedua

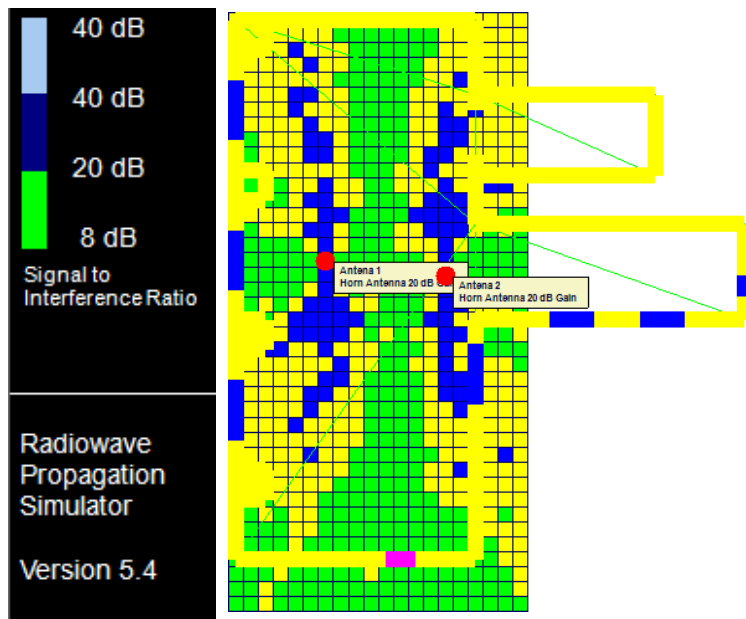
Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai rata-rata RSRP adalah -46.17 dBm dan standar deviasi 15.66, berdasarkan *KPI RSRP* nilai tersebut berada dalam ketegori normal, untuk mengetahui seberapa baik hasil dari perencanaan kedua ini dilakukan anaksis nilai *RSRP* dari keseluruhan daerah perencanaan yang diperoleh(Lampiran 3). Nilai *RSRP* hasil simulasi perencanaan kedua dapat disajikan dalam persentase menurut *KPI* berikut.



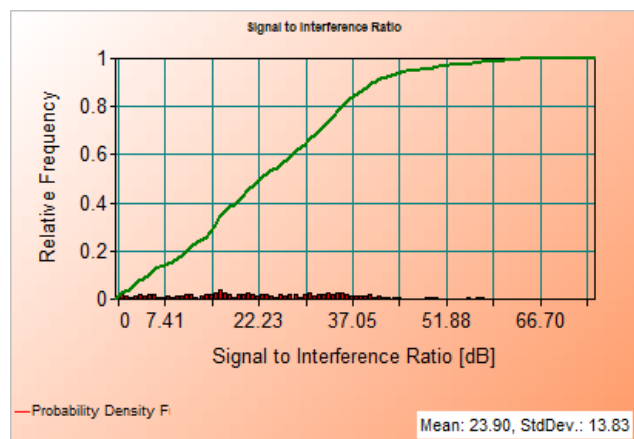
Tabel IV. 5 Analisis RSRP Hasil Simulasi Perencanaan Kedua

Nilai (dBm)	Kategori	Persentase (%)
(-20) s/d (-45)	sangat baik	59,4%
(-46) s/d (-65)	normal	23,0%
(-66) s/d (-85)	kurang baik	11,6%
(<-90)	buruk	2,0%

Dari hasil analisis RSRP tersebut, nilai RSRP dibagi menjadi empat kategori, yaitu sangat baik, normal, kurang baik, dan buruk. Data tersebut menunjukkan bahwa pada simulasi perencanaan kedua, sebesar 59,4% area gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar memiliki kekuatan sinyal 4G yang sangat baik, dengan nilai RSRP antara (-20) hingga (-45) dBm. Sebesar 23,0% area memiliki kekuatan sinyal yang normal, dengan nilai RSRP antara (-46) hingga (-65) dBm. Sementara itu, sebesar 11,6% area memiliki kekuatan sinyal yang kurang baik, dengan nilai RSRP antara (-66) hingga (-85) dBm. Hanya sebesar 2,0% area yang memiliki kekuatan sinyal 4G yang buruk, dengan nilai RSRP di bawah (-90) dBm. Setelah dilakukan analisis hasil RSRP dilakukan pula analisis hasil SINR untuk mengukur apakah perencanaan kedua ini. Adapun hasil SINR dari perencanaan kedua adalah sebagai berikut.



Gambar IV. 7 Hasil Simulasi SINR Perencanaan Kedua



Gambar IV. 8 Grafik Hasil SINR Perencanaan Kedua

Dari grafik dapat dilihat rata-rata nilai *SINR* adalah 29.30 dengan standar deviasi 13.63, dimana berdasarkan *KPI SINR* nilai tersebut berada dalam kategori *good*, tapi untuk mengetahui seberapa baik perencanaan kedua dilakukan lagi analisis keseluruhan daerah hasil perencanaan, adapun nilai *SINR* dari keseluruhan daerah hasil perencanaan yang diperoleh (**lampiran 4**), dianalisis untuk mengetahui persentase *SINR* untuk keseluruhan daerah

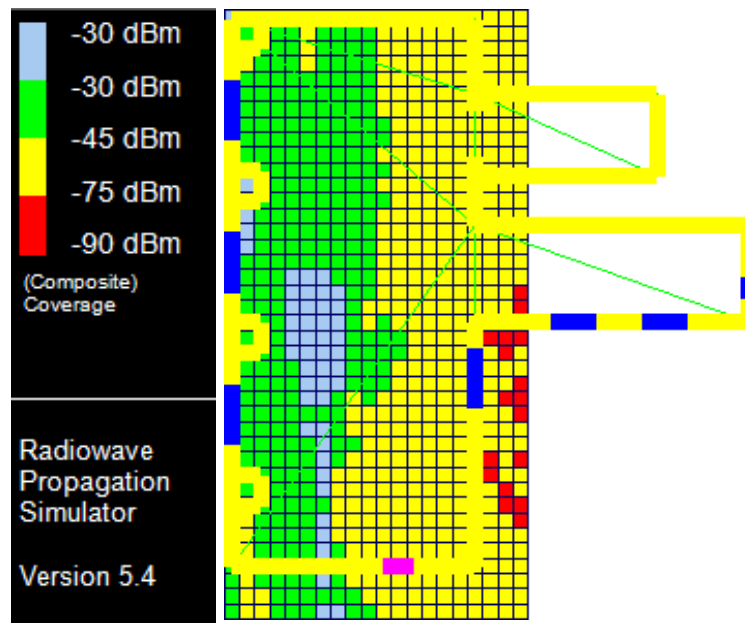
perencanaan berdasarkan standar *SINR*, adapun hasil analisis *SINR* adalah sebagai berikut.

Tabel IV. 6 Hasil Analisis *SINR* Perencanaan Kedua

Nilai	Keterangan	Persentase
>30	Very Good	34%
16 dB s/d 30 dB	<i>Good</i>	30%
1 dB s/d 15 dB	Normal	28%
-10 dB s/d 0 dBm	<i>Bad</i>	2%

Tabel diatas memperlihatkan hasil dari analisis *SINR* perencanaan kedua. Tabel tersebut menunjukkan persentase area dengan tingkat *SINR* yang berbeda-beda. Area dengan *SINR* di atas 30 dB dianggap sangat baik, yang mencakup 34% dari total area. Area dengan *SINR* antara 16 dB hingga 30 dB dianggap baik, yang mencakup 30% dari area tersebut. Area dengan *SINR* antara 1 dB hingga 15 dB dianggap normal, yang mencakup 28% dari area tersebut. Terakhir, area dengan *SINR* antara -10 dB hingga 0 dB dianggap buruk, yang hanya mencakup 2% dari area tersebut. Dari hasil perencanaan kedua yang menempatkan kedua antenna ditengah gedung, diperoleh nilai *RSRP* yang cukup baik. Namun, nilai *SINR* yang diperoleh kurang baik meskipun rata-ratanya masih berada dalam kategori *Good*. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi interferensi atau gangguan sinyal dari antenna yang satu ke antenna yang lain sehingga menyebabkan kualitas sinyal kurang baik. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan ketiga dengan mengubah letak antenna agar interferensi dapat dihindari dan kualitas sinyal dapat lebih baik.

Perencanaan ketiga dilakukan dengan menempatkan antenna pada sisi kiri dan kanan Gedung. Penempatan antenna dilakukan pada sisi kiri dan kanan gedung karena beberapa alasan yang dapat dipertimbangkan. Pertama, peletakan antenna pada sisi gedung dapat menghindari penghalang dan gangguan yang mungkin terjadi pada sisi lain gedung, seperti pada sisi depan atau belakang gedung yang terkadang memiliki banyak gangguan seperti gedung atau bangunan lain yang dapat menghalangi sinyal. Kedua, penempatan antenna pada sisi kiri dan kanan gedung dapat memberikan cakupan yang lebih baik dan lebih luas dibandingkan dengan hanya meletakkannya pada satu sisi saja. Hal ini disebabkan karena penempatan antenna pada sisi gedung dapat memanfaatkan dinding gedung sebagai pembiasan dan pemantulan sinyal yang dapat memperkuat sinyal yang diterima dan memperluas area cakupan. Terakhir, penempatan antenna pada sisi kiri dan kanan gedung juga dapat mempermudah proses instalasi dan pemeliharaan antenna. Penempatan antenna pada sisi gedung yang mudah diakses dapat memudahkan teknisi untuk melakukan instalasi, perawatan, dan pemeliharaan antenna. Hasil simulasi yang didapat adalah berupa *range* nilai *RSRP* dan *SINR* beserta chart histogramnya, hasil simulasi rancangan ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar IV. 9 Hasil Simulasi *RSRP* Perencanaan Ketiga



Gambar IV. 10 Grafik Hasil *RSRP* Perencanaan Ketiga

Berdasarkan dari hasil coverage yang diperoleh, dapat dilihat interpretasi warna dari hasil simulasi yang menyatakan rentang nilai hasil coverage, dimulai dari warna merah yang menyatakan nilai *RSRP* disekitar -90 dBm, kuning -75, hijau -45, dan biru muda -30, setiap warna mewakili daerah dengan *RSRP* sesuai dengan nilai *KPI* yang telah ditentukan sebelumnya, hasil coverage diperoleh dengan nilai rata-rata -48,46 dan

standar deviasi 13,32, kondisi ini dapat dikategorikan sebagai Good menurut KPI *RSRP*. Nilai *RSRP* yang normal berkisar antara -46 dBm hingga -65 dBm, sehingga dengan nilai coverage -48,46 masih berada dalam kisaran tersebut. Ini menunjukkan bahwa perencanaan jaringan indoor yang dilakukan dengan software RPS memiliki hasil yang baik dan memenuhi standar KPI *RSRP*. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa perencanaan jaringan indoor menggunakan software RPS pada Universitas Fajar Makassar sukses dilakukan dan memenuhi standar KPI *RSRP*.

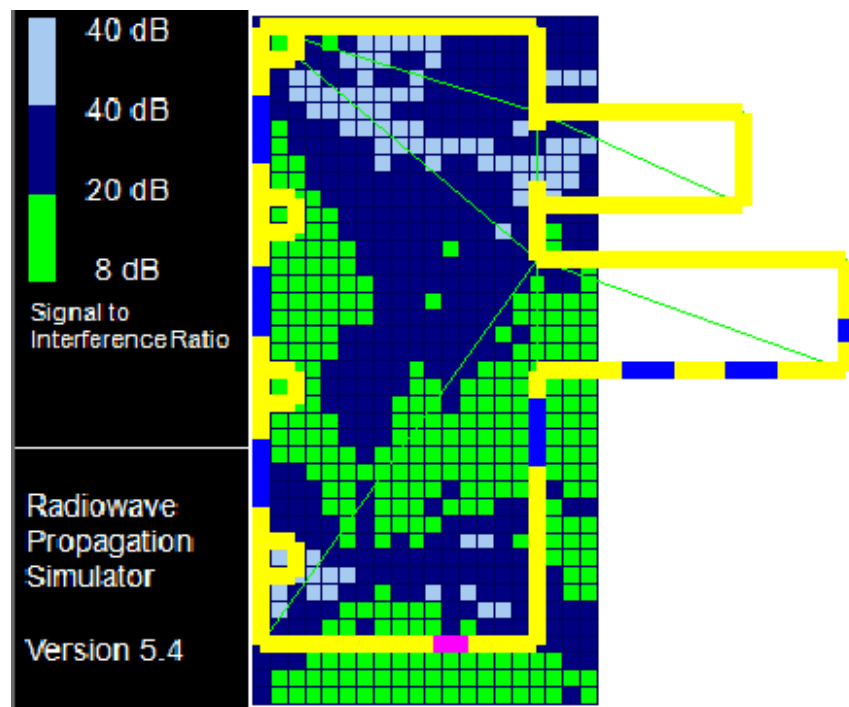
Berdasarkan keseluruhan data *RSRP* perencanaan ketiga yang diperoleh (**lampiran 5**) dianalisis kemudian diperoleh dari data relative frequency dan CDF, dapat dilihat bahwa sebagian besar nilai *RSRP* berada dalam kisaran -70 dBm hingga -90 dBm, yang menunjukkan bahwa kondisi sinyal cukup baik. Namun, terdapat juga sebagian kecil nilai *RSRP* yang berada dalam kisaran -91 dBm hingga -110 dBm, yang menunjukkan bahwa kondisi sinyal normal. Namun, tidak ada nilai *RSRP* yang berada dalam kisaran -110 dBm hingga -130 dBm, yang menunjukkan kondisi sinyal buruk. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa hasil coverage dari simulasi ini cukup baik dengan sebagian besar nilai *RSRP* yang berada dalam kategori good dan sebagian kecil dalam kategori normal. Berdasarkan data relative frequency dan *CDF* yang tersebut, disimpulkan untuk nilai *RSRP* perencanaan adalah sebagai berikut:

Tabel IV. 7 Analisis *RSRP* Hasil Simulasi Perencanaan Ketiga

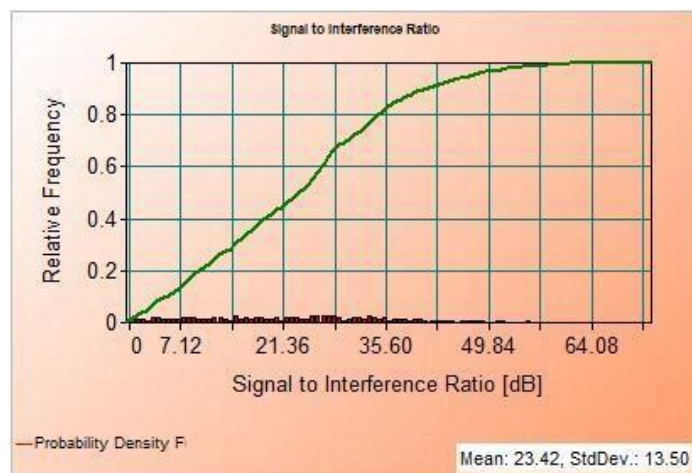
Nilai (dBm)	Kategori	Persentase (%)
-------------	----------	----------------

(-20) s/d (-45)	sangat baik	46,4%
(-46) s/d (-65)	normal	40,8%
(-66) s/d (-85)	kurang baik	11,4%
(<-90)	buruk	0%

Kemudian hasil pegujian *SINR* pada sesuai dengan *legend Signal to Interference Ratio* menunjukkan hasil sebagai berikut



Gambar IV. 11 Hasil Simulasi *SINR* Perencanaan Ketiga



Gambar IV. 12 Grafik Hasil *SINR* Perencanaan Ketiga

Berdasarkan data yang disajikan dapat dilihat interpretasi dari warna daerah perencanaan yang mewakili nilai parameter *SINR* yang telah ditentukan *sebelumnya*, setiap warna mewakili nilai yang berbeda-beda, seperti hijau mewakili nilai 8 dB, biru tua 20 dB, dan biru muda 40 dB. Adapun hasil simulasi untuk *SINR* diperoleh rata-rata nilai *SINR* dari simulasi adalah 23.42 dB dengan standar deviasi 13.50 dB. Menurut parameter yang diberikan, kategori *SINR* ini termasuk dalam kategori "Good". Hal ini dapat dilihat dari posisi rata-rata *SINR* yang berada di atas batas nilai "Good" yaitu 16 dB. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas sinyal yang dihasilkan cukup baik dan efektif dalam mengatasi interferensi dari lingkungan sekitar. Selain itu, standar deviasi yang cukup rendah juga menunjukkan bahwa hasil dari simulasi ini cukup stabil dan konsisten.

Dari grafik yang *disajikan*, dapat dilihat bahwa sebagian besar nilai *SINR* berada dalam kisaran yang positif, yang menunjukkan kualitas sinyal yang baik. Namun, ada beberapa nilai yang berada di bawah batas nilai "Normal" yaitu 1 dB. Hal ini menunjukkan bahwa masih ada beberapa lokasi yang mengalami masalah dengan kualitas sinyal. Namun, jumlah lokasi tersebut tidak terlalu banyak sehingga tidak mempengaruhi hasil rata-rata *SINR* secara signifikan.

Berdasarkan keseluruhan data *SINR* yang diperoleh dari semua titik perencanaan (**lampiran 6**) dianalisis kemudian didapatkan dari *data* relative frequency dan CDF yang diberikan, dapat dilihat bahwa sebagian besar nilai



*SINR* berada pada rentang 25 dB s/d 35 dB dengan relative frequency sekitar 0.02 sampai 0.03 dan CDF sekitar 0.65 sampai 0.80. Namun, ada juga beberapa nilai *SINR* yang berada pada rentang yang lebih rendah atau lebih tinggi dengan relative frequency yang lebih kecil dan CDF yang lebih kecil. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar area memiliki nilai *SINR* yang baik, namun masih ada beberapa area yang mungkin memiliki nilai *SINR* yang lebih rendah.

Tabel IV. 8 Analisis *SINR* Hasil Simulasi Perencanaan Ketiga

Nilai	Keterangan	Persentase
>30	Very Good	33%
16 dB s/d 30 dB	Good	36%
1 dB s/d 15 dB	Normal	30%
-10 dB s/d 0 dB	Bad	1%

Berdasarkan data yang diberikan, dapat dianalisis bahwa sebagian besar hasil *SINR* dalam simulasi berada dalam kategori "*Good*" dengan nilai 16 dB s/d 30 dB. Persentase dari hasil *SINR* yang berada dalam kategori "*Very Good*" adalah sekitar 33%. Sementara itu, sekitar 30% dari hasil *SINR* berada dalam kategori "*Normal*" dengan nilai 1 dB s/d 15 dB, dan hanya sekitar 1% dari hasil *SINR* yang berada dalam kategori "*Bad*" dengan nilai -10 dB s/d 0 dB.

Itu berarti dari hasil simulasi yang di dapat menunjukkan bahwa jaringan yang di uji memiliki hasil yang baik dalam hal *SINR*. Namun, sesuai dengan standar industri, selalu ada ruang untuk peningkatan dan perbaikan, sehingga penting untuk terus memantau dan mengevaluasi

kinerja jaringan untuk memastikan kualitas yang optimal bagi pengguna.

#### **IV.2. Pembahasan**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas sinyal dari jaringan 4G di Gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar dan melakukan perancangan jaringan *LTE* yang dapat melayani para pengguna di Universitas Fajar Makassar dengan hasil dari parameter yang diukur, seperti *SINR* dan *RSRP* untuk memastikan kualitas sinyal yang diterima oleh penerima. *KPI (Key Performance Indicators) SINR (Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio) dan KPI RSRP (Reference Signal Received Power)* adalah parameter kinerja jaringan nirkabel yang digunakan untuk mengukur kualitas sinyal dan performa jaringan. *SINR* adalah rasio antara sinyal yang diterima oleh penerima dan gangguan serta kebisingan di lingkungan. Nilai *SINR* yang lebih tinggi menunjukkan kualitas sinyal yang lebih baik dan lebih sedikit gangguan dalam komunikasi nirkabel. *RSRP* adalah ukuran kekuatan sinyal yang diterima oleh penerima dari stasiun basis pada frekuensi tertentu. Nilai *RSRP* yang lebih tinggi menunjukkan kekuatan sinyal yang lebih kuat dan kualitas sinyal yang lebih baik pada perangkat penerima. Kedua parameter ini sangat penting untuk memastikan kualitas dan kinerja jaringan nirkabel yang optimal dalam hal kecepatan dan ketersediaan sinyal. Oleh karena itu, operator jaringan seluler sering menggunakan *KPI SINR* dan *KPI RSRP* untuk memantau kinerja jaringan mereka dan mengoptimalkan jaringan nirkabel untuk pengguna

Penelitian ini dimulai dengan pemilihan lokasi penelitian yaitu Lantai 1

Ballroom Universitas Fajar Makassar. Lokasi ini dipilih karena diperkirakan memiliki jumlah pengunjung harian yang cukup banyak serta dikelilingi oleh beberapa dinding yang dapat mempengaruhi sinyal. Setelah lokasi ditentukan, dilakukan walktest dengan menggunakan software G-Net Track untuk mengetahui kondisi jaringan sebelum perencanaan dilakukan. Hasil walktest menunjukkan nilai RSRP sebesar -103 dBm, RSRQ sebesar -13 dB dan SINR sebesar 9.0 dB. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa kondisi jaringan pada lokasi ini dapat dikatakan buruk, hal ini dapat dibandingkan dengan parameter RSRP dan SINR yang telah ditentukan sebelumnya yaitu RSRP yang baik adalah -20 dBm s/d -45 dBm dan SINR yang baik adalah 16 dB s/d 30 dB atau >30 dB

Sebelum melakukan simulasi di RPS terlebih mendesain Gedung lokasi penelitian menggunakan Microsoft Visio dan memasukkan koordinat titik dari Gedung untuk memudahkan proses desain di RPS, setelah itu memasukkan koordinat Gedung ke dalam RPS untuk memulai proses desain berdasarkan material penyusun Gedung yang selanjutnya dilakukan konfigurasi berdasarkan material Gedung untuk menghasilkan kondisi Gedung yang sebenarnya, seperti redaman dari tiap material Gedung, setelah itu dilakukan simulasi.

Setelah hasil simulasi diperoleh, dilakukan analisis terhadap hasil coverage RSRP dan SINR. Dari analisis data yang diperoleh, untuk perencanaan pertama dengan antenna yang diletakkan pada sisi kiri dan tengah gedung, diperoleh rata-rata nilai RSRP adalah -44,07 dengan kategori sangat

baik, namun untuk nilai SINR diperoleh nilai 24,40 dengan kategori good, untuk perencanaan pertama nilai RSRP yang diperoleh sangatlah baik, namun pada SINR diperoleh nilai SINR terbesar hanya 69,69 dimana semakin besar nilai SINR semakin bagus perencanaan yang dilakukan, kemudian perencanaan kedua dilakukan dengan menempatkan kedua antenna ditengah Gedung, dari perencanaan tersebut diperoleh rata-rata hasil RSRP adalah -46.17 dengan kategori normal dan SINR adalah 23.90 yang berada dalam kategori good, perencanaan pertama dan kedua sama-sama memiliki nilai RSRP yang sangat baik, namun pada SINR kedua memiliki persentase yang kurang baik. Selanjutnya dilakuakn penempatan antenna pada sisi kanan dan kiri gedung, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata coverage RSRP sebesar -48,46 dBm dengan standar deviasi sebesar 13,32. Nilai ini masuk dalam kategori "normal" menurut parameter yang ditentukan sebelumnya, yaitu -46 dBm sampai -65 dBm. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas sinyal yang diterima oleh penerima cukup baik, tetapi masih memiliki ruang untuk peningkatan. Sedangkan nilai rata-rata SINR yang diperoleh sebesar 23.42 dB dengan standar deviasi 13.50 dB. Nilai ini masuk dalam kategori "Good" menurut parameter yang ditentukan sebelumnya, yaitu 16 dB sampai 30 dB. Berikut data hasil ketiga perencanaan.

*Tabel IV. 9 Persentase RSRP Hasil Simulasi Ketiga Perencanaan*

Nilai	Ket.	Persentase		
		Perencanaan I	Perencanaan II	Perencanaan III
(-20) s/d (-45)	Sangat Baik	66,8%	59,4%	46,4%

(-46) s/d (-65)	Normal	7,1%	23,0%	40,8%
(-66) s/d (-85)	Kurang Baik	5,5%	11,6%	11,4%
(<-90)	Buruk	0,1%	2,0%	0,0%

*Tabel IV. 10 Persentasi SINR Hasil Simulasi Ketiga Perencanaan*

Nilai	Keterangan	Persentase		
		Perencanaan I	Perencanaan II	Perencanaan III
>30	<i>very good</i>	36%	34%	33%
16 dB s/d 30 dB	Good	27%	30%	36%
1 dB s/d 15 dB	Normal	37%	28%	30%
10 s/d 0 dB	Bad	1%	2%	1%

Data yang disajikan dalam tabel IV.13 adalah hasil analisis RSRP dari tiga simulasi perencanaan. RSRP merupakan indikator kekuatan sinyal penerimaan 4G pada perangkat telepon genggam. Nilai RSRP dibagi menjadi empat kategori, yaitu sangat baik, normal, kurang baik, dan buruk. Berdasarkan tabel, dapat dilihat bahwa pada perencanaan ketiga, sebesar 46,4% area gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar memiliki kekuatan sinyal 4G yang sangat baik, dengan nilai RSRP antara (-20) hingga (-45) dBm. Sebesar 40,8% area memiliki kekuatan sinyal yang normal, dengan nilai RSRP antara (-46) hingga (-65) dBm. Sementara itu, sebesar 11,4% area memiliki kekuatan sinyal yang kurang baik, dengan nilai RSRP antara (-66) hingga (-85) dBm. Hanya sebesar 0,0% area yang memiliki kekuatan sinyal 4G yang buruk, dengan nilai RSRP

di bawah (-90) dBm. Perencanaan ketiga memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perencanaan pertama dan kedua, terutama pada kategori sangat baik yang mengalami peningkatan dari 66,8% pada perencanaan pertama menjadi 46,4% pada perencanaan ketiga. Data pada Tabel IV.14 merupakan hasil analisis SINR dari ketiga simulasi perencanaan. SINR (Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio) adalah rasio antara kekuatan sinyal utama dengan kekuatan interferensi dan noise pada suatu jaringan. Dari tabel tersebut, nilai SINR dibagi menjadi empat kategori, yaitu very good, good, normal, dan bad. Pada perencanaan ketiga, terdapat peningkatan persentase area dengan kategori very good sebesar 33%, dibandingkan dengan perencanaan kedua sebesar 34% dan perencanaan pertama sebesar 36%. Persentase area dengan kategori good pada perencanaan ketiga mengalami peningkatan sebesar 6% dibandingkan dengan perencanaan kedua, namun menurun 1% dibandingkan dengan perencanaan pertama. Sedangkan persentase area dengan kategori normal pada perencanaan ketiga mengalami peningkatan sebesar 2% dibandingkan dengan perencanaan kedua, namun menurun 7% dibandingkan dengan perencanaan pertama. Persentase area dengan kategori bad pada perencanaan ketiga hampir sama dengan perencanaan kedua dan pertama, yaitu hanya sebesar 1%. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan letak antenna yang dilakukan pada perencanaan ketiga mampu meningkatkan kekuatan sinyal 4G pada area gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar.

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Yuliana, dkk(2022), berdasarkan

hasil simulasi pada Radiowave Propagation Simulator (RPS) diperoleh persentase nilai rata-rata nilai RSRP  $>-90$  dBm sebesar 90,25% dan persentase rata-rata nilai SINR  $>3$  dB sebesar 89,06%. Berdasarkan hasil simulasi tersebut didapatkan bahwa hasil perencanaan yang dibuat telah memenuhi standar operator dan dapat diterapkan untuk memperbaiki coverage dan meningkatkan level sinyal di Gedung Fakultas Psikologi Unjani.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat dikatakan bahwa kualitas jaringan yang ada di Lantai 1 Ballroom Universitas Fajar Makassar cukup baik dari kondisi sebelumnya yang dapat dilihat dari hasil walktest. Namun, masih ada beberapa titik yang perlu dikembangkan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

1. Perencanaan jaringan *indoor* dilakukan menggunakan *software RPS* dapat digunakan untuk memprediksi kinerja jaringan berdasarkan simulasi yang dilakukan. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan 2 antena, dimana posisi antenna diubah-ubah untuk menentukan perencanaan yang paling baik.
2. Hasil simulasi perencanaan jaringan indoor 4G LTE di Gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar menunjukkan perbedaan dalam kualitas jaringan antara tiga perencanaan yang diamati. Perencanaan I memiliki persentase RSRP yang sangat baik sebesar 66,8%, sedangkan Perencanaan II dan III memiliki persentase yang lebih rendah dalam kategori tersebut. Namun, dalam hal SINR, Perencanaan II dan III menunjukkan persentase yang lebih tinggi dalam kategori *very good* dan *good*, sedangkan Perencanaan I memiliki persentase yang lebih rendah. Perencanaan ketiga memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perencanaan pertama dan kedua. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan letak antena yang dilakukan pada perencanaan ketiga mampu meningkatkan kekuatan sinyal 4G pada area gedung Ballroom Universitas Fajar Makassar.
3. Analisis hasil Simulasi dilakukan dengan membandingkan rata-rata nilai *RSRP* dan *SINR*, serta menghitung persentase hasil *RSRP* dan *SINR* dari keseluruhan daerah hasil Simulasi dari ketiga perencanaan dengan standar



KPI untuk menentukan apakah kondisi jaringan hasil Simulasi sudah bisa dikatakan baik

## **B. Saran**

1. Melakukan penelitian serupa pada gedung-gedung lain di Universitas Fajar Makassar atau di tempat lain dengan ukuran dan struktur yang berbeda untuk mengetahui kebutuhan jaringan yang lebih spesifik dan akurat.
2. Menerapkan metode perancangan jaringan seluler lainnya selain metode propagasi COST 231 Multiwall yang digunakan dalam penelitian ini untuk membandingkan efektivitas dan efisiensi dari masing-masing metode.
3. Melakukan pengujian dan simulasi untuk jaringan 5G pada gedung-gedung indoor untuk mengantisipasi perkembangan teknologi dan kebutuhan jaringan di masa depan.
4. Menambahkan variabel lain seperti jumlah pengguna, kecepatan unduh, kecepatan unggah, dan lainnya untuk menghasilkan simulasi yang lebih terperinci dan akurat

## DAFTAR PUSTAKA

- Dheni, E., Heru, K., & Krisdianto, Y. (2019). Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (*LTE*) di Pita Frekuensi 3500 MHz Dengan Mode TDD dan FDD Sebagai Frekuensi *ALTE*rnatif. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 8(1), 56–80.
- Firmansyah, Numatris, D. A., & Reza Damayanto. (2019). *Perencanaan Dan Analisis Jaringan LTE Indoor Distributed Radio System menggunakan Teknologi Lampsite Di Gedung Anggrek Rumah Sakit Hasan Sadikin Kota Bandung*.
- Hikmaturokhman, A., Khoirun, N., & Nugraha, E. (2016). *PERANCANGAN JARINGAN INDOOR 4G LTE TDD 2300 MHZ MENGGUNAKAN RADIOWAVE PROPAGATION SIMULATOR*.
- Hikmaturokhman, A., & Wardana, L. (2014). 4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia. In *Jilid 1*. Penerbit Nulis Buku.
- Indah, K. A. T., & Manuaba, I. B. P. (2019). Arsitektur Jaringan *LTE* (Long Term Evolution) Untuk Mengatasi Backhaul Connection Wifi Pada Rural Area Dengan Teknologi Fourth Generation (4G). *Just TI (Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi)*, 10(2), 24. <https://doi.org/10.46964/justti.v10i2.107>
- Ludyo, A., Usman, U. K., & Andini, N. (2021). *Perbaikan performa terhadap daerah cakupan jaringan LTE di sepanjang jalur kereta railink dari stasiun batuceper ke stasiun bni city*. 39–47.
- Manurung, K. S. F., & Triyani, Y. (2021). *PERANCANGAN JARINGAN FEMTOCELL PADA JARINGAN LTE MENGGUNAKAN MODEL PROPAGASI COST 231 MULTIWALL*. 10–19.
- Merdekawati, I., Usman, U. K., Andini, N., & Telkom, U. (2021). *Analisis Perencanaan Jaringan Indoor Long Term Evolution Di Metode Walktest Analysis of Long Term Evolution Network Indoor Planning At Sultan Hasanuddin Makassar International Airport With Walktest*. 8(5), 4729–4737.
- Ra'is, A., Damayanti, T. N., & Dharmiko, A. (2019). Perencanaan Indoor Building Coverage Pada Jaringan *LTE* 2.3 Ghz Di Metro Indah Mall Bandung. *eProceedings of Applied Science*, 5(2), 1704–1713.
- Saputra, I., & Broto, S. (2018). Perancangan Jaringan Indoor 4G *LTE*

Menggunakan Radiowave Propagation Simulator Studi Kasus Student Centre Universitas Budi Luhur. *Maestro*, 1(2), 335–343.

Sopian, A. A., Usman, U. K., & Putri, H. (2018). Analisa Perencanaan Coverage Area 4G *LTE* Untuk Layanan Data Di Gedung Elizabeth Rumah Sakit Borromeus Analysis Coverage Planning Area 4G *LTE* for Data Services in the Elizabeth Building Borromeus Hospital. *e-Proceeding of Engineering : Vol.5, No.2 Agustus 2018*, 5(2), 1913–1922.

Triaoktora, M. H. (2015). Analisa Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Indoor Di Stasiun Gambir. *e-Proceeding of Engineering*, 2(1), 1–8.

UMTS. (2010). *A White Paper from the UMTS Forum Recognising the Broadband*.

Usman, U. K. (2012). *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Rekayasa Sains.

Wardhana, L. (2014). *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia Jilid 1 dan Jilid 2*.

Wimadatu, P., Usman, U. K., & Meylani, and L. (2017). “Simulasi dan analisis manaje- men interferensi pada *LTE* femtocell berbasis soft frequency reuse. *Prosiding SENIATI*, B49-1.

Yuliana, H. (2019). Peningkatan Kualitas Sinyal Indoor Dengan Perencanaan Kapasitas Pada Simulasi Indoor Building Coverage (IBC). *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 4(3), 416–422.

Yuliana, H., Charisma, A., & Sunubroto, S. (2018). Perencanaan dan Simulasi Indoor Building Coverage (IBC) Pada Jaringan Long Term Evolution (*LTE*) menggunakan Radiowave Propagation Simulation (RPS). *Prosiding Semnastek*, 1–10.

**L**

**A**

**M**

**P**

**I**

**R**

**A**

**N**

Lampiran 1. Data Hasil RSRP Simulasi Perencanaan Pertama

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-86	0	0
-85.35	0.00125	0.00125
-84.7	0	0.00125
-84.05	0	0.00125
-83.4	0	0.00125
-82.75	0	0.00125
-82.1	0	0.00125
-81.45	0	0.00125
-80.8	0	0.00125
-80.15	0	0.00125
-79.5	0	0.00125
-78.85	0.00375	0.005
-78.2	0	0.005
-77.55	0	0.005
-76.9	0.0025	0.0075
-76.25	0.005	0.0125
-75.6	0.00375	0.01625
-74.95	0.00125	0.0175
-74.3	0.00125	0.01875
-73.65	0.00375	0.0225
-73	0.00375	0.02625
-72.35	0	0.02625
-71.7	0	0.02625
-71.05	0.00375	0.03
-70.4	0	0.03
-69.75	0.005	0.035
-69.1	0.0025	0.0375
-68.45	0.00375	0.04125
-67.8	0.00125	0.0425
-67.15	0.0075	0.05
-66.5	0.00625	0.05625
-65.85	0.0075	0.06375
-65.2	0.005	0.06875
-64.55	0.00375	0.0725
-63.9	0.0075	0.08
-63.25	0.00625	0.08625
-62.6	0.00375	0.09

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-61.95	0.00875	0.09875
-61.3	0.00625	0.105
-60.65	0.00375	0.10875
-60	0.00375	0.1125
-59.35	0.0025	0.115
-58.7	0.00125	0.11625
-58.05	0.00625	0.1225
-57.4	0.00375	0.12625
-56.75	0.01375	0.14
-56.1	0.01125	0.15125
-55.45	0.00375	0.155
-54.8	0.0025	0.1575
-54.15	0.01125	0.16875
-53.5	0	0.16875
-52.85	0.00625	0.175
-52.2	0.005	0.18
-51.55	0.01125	0.19125
-50.9	0.01375	0.205
-50.25	0.005	0.21
-49.6	0.01375	0.22375
-48.95	0.02125	0.245
-48.3	0.00625	0.25125
-47.65	0.025	0.27625
-47	0.02375	0.3
-46.35	0.02125	0.32125
-45.7	0.0225	0.34375
-45.05	0.035	0.37875
-44.4	0.02875	0.4075
-43.75	0.02875	0.43625
-43.1	0.025	0.46125
-42.45	0.02875	0.49
-41.8	0.04125	0.53125
-41.15	0.035	0.56625
-40.5	0.04875	0.615
-39.85	0.05125	0.66625
-39.2	0.0525	0.71875
-38.55	0.0425	0.76125
-37.9	0.0375	0.79875

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-37.25	0.00875	0.8075
-36.6	0.00875	0.81625
-35.95	0.01125	0.8275
-35.3	0.00375	0.83125
-34.65	0.01	0.84125
-34	0.00375	0.845
-33.35	0.00625	0.85125
-32.7	0.0125	0.86375
-32.05	0.01125	0.875
-31.4	0.0075	0.8825
-30.75	0.0175	0.9
-30.1	0.01125	0.91125
-29.45	0.0175	0.92875
-28.8	0.00625	0.935
-28.15	0.0125	0.9475
-27.5	0.02	0.9675
-26.85	0.005	0.9725
-26.2	0.00375	0.97625
-25.55	0.005	0.98125
-24.9	0.005	0.98625
-24.25	0.005	0.99125
-23.6	0	0.99125
-22.95	0.00125	0.9925
-22.3	0.00625	0.99875
-21.65	0.00125	1
-21	0	1
-20.35	0	1

**Lampiran 2. Data Hasil SINR Perencanaan Pertama**

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
0	0,0075	0,0075
0,69	0,005	0,0125
1,38	0,0075	0,02
2,07	0,0125	0,0325
2,76	0,01375	0,04625
3,45	0,01125	0,0575
4,14	0,005	0,0625
4,83	0,015	0,0775
5,52	0,02	0,0975
6,21	0,02	0,1175
6,9	0,0175	0,135
7,59	0,0225	0,1575
8,28	0,0225	0,18
8,97	0,0175	0,1975
9,66	0,0225	0,22
10,35	0,0275	0,2475
11,04	0,02875	0,27625
11,73	0,01875	0,295
12,42	0,02125	0,31625
13,11	0,0125	0,32875
13,8	0,01	0,33875
14,49	0,01875	0,3575
15,18	0,01625	0,37375
15,87	0,0175	0,39125
16,56	0,01125	0,4025
17,25	0,015	0,4175
17,94	0,01	0,4275
18,63	0,025	0,4525
19,32	0,0125	0,465
20,01	0,01125	0,47625
20,7	0,01	0,48625
21,39	0,00875	0,495
22,08	0,0125	0,5075
22,77	0,0125	0,52
23,46	0,01375	0,53375
24,15	0,0125	0,54625



Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
24,84	0,01	0,55625
25,53	0,0075	0,56375
26,22	0,01	0,57375
26,91	0,01	0,58375
27,6	0,01875	0,6025
28,29	0,015	0,6175
28,98	0,00625	0,62375
29,67	0,01	0,63375
30,36	0,0075	0,64125
31,05	0,01625	0,6575
31,74	0,01125	0,66875
32,43	0,01375	0,6825
33,12	0,01	0,6925
33,81	0,01625	0,70875
34,5	0,00875	0,7175
35,19	0,01875	0,73625
35,88	0,0125	0,74875
36,57	0,01625	0,765
37,26	0,005	0,77
37,95	0,01	0,78
38,64	0,00625	0,78625
39,33	0,015	0,80125
40,02	0,01375	0,815
40,71	0,00875	0,82375
41,4	0,00625	0,83
42,09	0,0075	0,8375
42,78	0,01375	0,85125
43,47	0,00875	0,86
44,16	0,00875	0,86875
44,85	0,01125	0,88
45,54	0,01	0,89
46,23	0,00375	0,89375
46,92	0,01125	0,905
47,61	0,00375	0,90875
48,3	0,005	0,91375
48,99	0,0075	0,92125
49,68	0,00625	0,9275
50,37	0,00125	0,92875

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
51,06	0,00375	0,9325
51,75	0,0025	0,935
52,44	0,01	0,945
53,13	0,005	0,95
53,82	0,0075	0,9575
54,51	0,0025	0,96
55,2	0,00375	0,96375
55,89	0,0075	0,97125
56,58	0,0025	0,97375
57,27	0,00375	0,9775
57,96	0,00125	0,97875
58,65	0,0025	0,98125
59,34	0	0,98125
60,03	0,00125	0,9825
60,72	0,00125	0,98375
61,41	0,00375	0,9875
62,1	0,0025	0,99
62,79	0	0,99
63,48	0,00125	0,99125
64,17	0,00125	0,9925
64,86	0,0025	0,995
65,55	0	0,995
66,24	0	0,995
66,93	0,00125	0,99625
67,62	0,0025	0,99875
68,31	0	0,99875
69	0,00125	1
69,69	0	1

**Lampiran 3.** Data Hasil RSRP Perencanaan Kedua

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-93	0,00125	0,00125
-92,28	0,0025	0,00375
-91,56	0	0,00375
-90,84	0	0,00375
-90,12	0,00375	0,0075
-89,4	0,0025	0,01
-88,68	0,00375	0,01375
-87,96	0,00125	0,015
-87,24	0,0025	0,0175
-86,52	0,00375	0,02125
-85,8	0,00375	0,025
-85,08	0,005	0,03
-84,36	0,00125	0,03125
-83,64	0	0,03125
-82,92	0,00375	0,035
-82,2	0,01	0,045
-81,48	0,0075	0,0525
-80,76	0,00125	0,05375
-80,04	0,00375	0,0575
-79,32	0,00625	0,06375
-78,6	0,005	0,06875
-77,88	0	0,06875
-77,16	0	0,06875
-76,44	0	0,06875
-75,72	0,005	0,07375
-75	0,01	0,08375
-74,28	0,005	0,08875
-73,56	0,0025	0,09125
-72,84	0,00125	0,0925
-72,12	0,0025	0,095
-71,4	0,0025	0,0975
-70,68	0	0,0975
-69,96	0,00625	0,10375
-69,24	0,00625	0,11
-68,52	0,0075	0,1175
-67,8	0,00375	0,12125
-67,08	0,01	0,13125

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-66,36	0,01	0,14125
-65,64	0,01125	0,1525
-64,92	0,00125	0,15375
-64,2	0	0,15375
-63,48	0,01875	0,1725
-62,76	0,00375	0,17625
-62,04	0,01	0,18625
-61,32	0,005	0,19125
-60,6	0,00375	0,195
-59,88	0,005	0,2
-59,16	0,0075	0,2075
-58,44	0,0025	0,21
-57,72	0,00375	0,21375
-57	0,00375	0,2175
-56,28	0,01125	0,22875
-55,56	0,0025	0,23125
-54,84	0,0025	0,23375
-54,12	0,0075	0,24125
-53,4	0,00125	0,2425
-52,68	0,00375	0,24625
-51,96	0,00625	0,2525
-51,24	0,01125	0,26375
-50,52	0,00875	0,2725
-49,8	0,01375	0,28625
-49,08	0,015	0,30125
-48,36	0,0125	0,31375
-47,64	0,02125	0,335
-46,92	0,02875	0,36375
-46,2	0,01875	0,3825
-45,48	0,02375	0,40625
-44,76	0,015	0,42125
-44,04	0,03	0,45125
-43,32	0,02125	0,4725
-42,6	0,02125	0,49375
-41,88	0,045	0,53875
-41,16	0,0175	0,55625
-40,44	0,03875	0,595
-39,72	0,03625	0,63125

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-39	0,0375	0,66875
-38,28	0,0325	0,70125
-37,56	0,02375	0,725
-36,84	0,0125	0,7375
-36,12	0,01	0,7475
-35,4	0,01	0,7575
-34,68	0,01625	0,77375
-33,96	0,0075	0,78125
-33,24	0,01	0,79125
-32,52	0,01875	0,81
-31,8	0,015	0,825
-31,08	0,015	0,84
-30,36	0,0225	0,8625
-29,64	0,02	0,8825
-28,92	0,0125	0,895
-28,2	0,0225	0,9175
-27,48	0,0275	0,945
-26,76	0,01	0,955
-26,04	0,0075	0,9625
-25,32	0,0125	0,975
-24,6	0,0075	0,9825
-23,88	0,005	0,9875
-23,16	0	0,9875
-22,44	0,01	0,9975
-21,72	0,0025	1
-21	0	1
-20,28	0	1

**Lampiran 4.** Data Hasil SINR Perencanaan Kedua

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
0	0,00625	0,00625
0,75	0,0225	0,02875
1,5	0,01125	0,04
2,25	0,0075	0,0475
3	0,0175	0,065
3,75	0,01625	0,08125
4,5	0,00875	0,09
5,25	0,02125	0,11125
6	0,0175	0,12875
6,75	0,01	0,13875
7,5	0,00375	0,1425
8,25	0,0125	0,155
9	0,00625	0,16125
9,75	0,0125	0,17375
10,5	0,01625	0,19
11,25	0,015	0,205
12	0,02	0,225
12,75	0,0075	0,2325
13,5	0,01625	0,24875
14,25	0,0175	0,26625
15	0,01875	0,285
15,75	0,03625	0,32125
16,5	0,035	0,35625
17,25	0,02125	0,3775
18	0,015	0,3925
18,75	0,00875	0,40125
19,5	0,01875	0,42
20,25	0,025	0,445
21	0,02	0,465
21,75	0,01	0,475
22,5	0,01875	0,49375
23,25	0,02125	0,515
24	0,01625	0,53125
24,75	0,01375	0,545
25,5	0,00875	0,55375
26,25	0,01875	0,5725
27	0,02375	0,59625

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
27,75	0,00625	0,6025
28,5	0,02125	0,62375
29,25	0,00625	0,63
30	0,0275	0,6575
30,75	0,01875	0,67625
31,5	0,01125	0,6875
32,25	0,02375	0,71125
33	0,025	0,73625
33,75	0,01375	0,75
34,5	0,02875	0,77875
35,25	0,02125	0,8
36	0,02	0,82
36,75	0,01	0,83
37,5	0,02125	0,85125
38,25	0,01	0,86125
39	0,0125	0,87375
39,75	0,015	0,88875
40,5	0,0125	0,90125
41,25	0,015	0,91625
42	0,00625	0,9225
42,75	0,00375	0,92625
43,5	0,0075	0,93375
44,25	0,00875	0,9425
45	0,00375	0,94625
45,75	0,00125	0,9475
46,5	0,0025	0,95
47,25	0,00375	0,95375
48	0	0,95375
48,75	0,00375	0,9575
49,5	0,00375	0,96125
50,25	0,005	0,96625
51	0,00375	0,97
51,75	0,00125	0,97125
52,5	0,00125	0,9725
53,25	0,00125	0,97375
54	0	0,97375
54,75	0,00125	0,975
55,5	0,005	0,98

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
56,25	0,00125	0,98125
57	0,00375	0,985
57,75	0,0025	0,9875
58,5	0,0025	0,99
59,25	0	0,99
60	0	0,99
60,75	0,00125	0,99125
61,5	0,0025	0,99375
62,25	0,00125	0,995
63	0,0025	0,9975
63,75	0	0,9975
64,5	0	0,9975
65,25	0	0,9975
66	0	0,9975
66,75	0	0,9975
67,5	0	0,9975
68,25	0	0,9975
69	0	0,9975
69,75	0	0,9975
70,5	0	0,9975
71,25	0	0,9975
72	0	0,9975
72,75	0	0,9975
73,5	0,00125	0,99875
74,25	0,00125	1
75	0	1
75,75	0	1



**Lampiran 5. Data Hasil RSRP Perencanaan Ketiga**

<i>Composite Coverage</i>	PDF	CDF
-83	0	0
-82.40	0.00125	0.00125
-81.79	0	0.00125
-81.19	0.00125	0.0025
-80.59	0.0025	0.005
-79.98	0.0025	0.0075
-79.38	0.0025	0.01
-78.78	0.00125	0.01125
-78.17	0.0025	0.01375
-77.57	0.005	0.01875
-76.96	0.00125	0.02
-76.36	0.00125	0.02125
-75.76	0.00125	0.0225
-75.15	0.005	0.0275
-74.55	0.00625	0.03375
-73.95	0.01375	0.0475
-73.34	0.00375	0.05125
-72.74	0.0075	0.05875
-72.14	0.0075	0.06625
-71.53	0.005	0.07125
-70.93	0.005	0.07625
-70.33	0.0075	0.08375
-69.72	0.00125	0.085
-69.12	0.005	0.09
-68.52	0.00375	0.09375
-67.91	0.005	0.09875
-67.31	0.005	0.10375
-66.71	0.01	0.11375
-66.10	0.0025	0.11625
-65.50	0.00125	0.1175
-64.89	0.005	0.1225
-64.29	0	0.1225
-63.69	0.0025	0.125
-63.08	0.0025	0.1275
-62.48	0.00875	0.13625
-61.88	0.015	0.15125
-61.27	0.01	0.16125
-60.67	0.01125	0.1725

<i>Composite Coverage</i>	PDF	CDF
-60.07	0.00625	0.17875
-59.46	0.02625	0.205
-58.86	0.02	0.225
-58.26	0.0175	0.2425
-57.65	0.02	0.2625
-57.05	0.0275	0.29
-56.45	0.01625	0.30625
-55.84	0.01375	0.32
-55.24	0.01625	0.33625
-54.63	0.01625	0.3525
-54.03	0.0175	0.37
-53.43	0.01875	0.38875
-52.82	0.01125	0.4
-52.22	0.00875	0.40875
-51.62	0.0225	0.43125
-51.01	0.015	0.44625
-50.41	0.00875	0.455
-49.81	0.02125	0.47625
-49.20	0.0075	0.48375
-48.60	0.00875	0.4925
-48.00	0.00375	0.49625
-47.39	0.01	0.50625
-46.79	0.00875	0.515
-46.19	0.00875	0.52375
-45.58	0.0125	0.53625
-44.98	0.0075	0.54375
-44.38	0.01	0.55375
-43.77	0.02	0.57375
-43.17	0.01625	0.59
-42.56	0.02375	0.61375
-41.96	0.015	0.62875
-41.36	0.01625	0.645
-40.75	0.01625	0.66125
-40.15	0.02875	0.69
-39.55	0.03	0.72
-38.94	0.0325	0.7525
-38.34	0.02875	0.78125
-37.74	0.02125	0.8025
-37.13	0.00625	0.80875
-36.53	0.0125	0.82125

<i>Composite Coverage</i>	PDF	CDF
-35.93	0.01125	0.8325
-35.32	0.01125	0.84375
-34.72	0.0175	0.86125
-34.12	0.0125	0.87375
-33.51	0.0075	0.88125
-32.91	0.00875	0.89
-32.30	0.0075	0.8975
-31.70	0.00625	0.90375
-31.10	0.00375	0.9075
-30.49	0.01125	0.91875
-29.89	0.005	0.92375
-29.29	0.00625	0.93
-28.68	0.00625	0.93625
-28.08	0.0125	0.94875
-27.48	0.01375	0.9625
-26.87	0.00625	0.96875
-26.27	0.00375	0.9725
-25.67	0.005	0.9775
-25.06	0.0025	0.98
-24.46	0.005	0.985
-23.86	0.0025	0.9875
-23.25	0	0.9875
-22.65	0.0075	0.995
-22.05	0.005	1
-21.44	0	1
-20.84	0	1

**Lampiran 6.** Data Hasil SINR Perencanaan Ketiga

<i>Signal to Interference Radio[dB]</i>	<i>Relative Frequency</i>	<i>CDF</i>
0	0,00875	0,00875
0,71	0,01125	0,02
1,42	0,0125	0,0325
2,14	0,01125	0,04375
2,85	0,00875	0,0525
3,56	0,0175	0,07
4,27	0,02	0,09
4,98	0,01125	0,10125
5,7	0,01	0,11125
6,41	0,01375	0,125
7,12	0,0125	0,1375
7,83	0,01875	0,15625
8,54	0,0175	0,17375
9,26	0,02125	0,195
9,97	0,01125	0,20625
10,68	0,0125	0,21875
11,39	0,0125	0,23125
12,1	0,01875	0,25
12,82	0,0175	0,2675
13,53	0,015	0,2825
14,24	0,00875	0,29125
14,95	0,02375	0,315
15,66	0,01375	0,32875
16,38	0,01625	0,345
17,09	0,0125	0,3575
17,8	0,0175	0,375
18,51	0,01875	0,39375
19,22	0,0125	0,40625
19,94	0,0125	0,41875
20,65	0,02	0,43875
21,36	0,00875	0,4475
22,07	0,02	0,4675
22,79	0,0175	0,485
23,5	0,02	0,505
24,21	0,015	0,52
24,92	0,015	0,535

<i>Signal to Interference Ratio[dB]</i>	<i>Relative Frequency</i>	<i>CDF</i>
25,63	0,0275	0,5625
26,35	0,02375	0,58625
27,06	0,02875	0,615
27,77	0,0275	0,6425
28,48	0,025	0,6675
29,19	0,01875	0,68625
29,91	0,0075	0,69375
30,62	0,01375	0,7075
31,33	0,01625	0,72375
32,04	0,0175	0,74125
32,75	0,015	0,75625
33,47	0,0225	0,77875
34,18	0,0175	0,79625
34,89	0,01375	0,81
35,6	0,02125	0,83125
36,31	0,00875	0,84
37,03	0,01125	0,85125
37,74	0,01125	0,8625
38,45	0,01	0,8725
39,16	0,005	0,8775
39,87	0,0125	0,89
40,59	0,01125	0,90125
41,3	0,005	0,90625
42,01	0,0075	0,91375
42,72	0,005	0,91875
43,43	0,005	0,92375
44,15	0,0075	0,93125
44,86	0,00625	0,9375
45,57	0,0025	0,94
46,28	0,005	0,945
46,99	0,005	0,95
47,71	0,0075	0,9575
48,42	0,005	0,9625
49,13	0,00375	0,96625
49,84	0,00125	0,9675
50,55	0,0025	0,97
51,27	0,005	0,975
51,98	0,00375	0,97875

<i>Signal to Interference Ratio[dB]</i>	<i>Relative Frequency</i>	<i>CDF</i>
52,69	0,0025	0,98125
53,4	0,0025	0,98375
54,11	0,00125	0,985
54,83	0	0,985
55,54	0,00375	0,98875
56,25	0	0,98875
56,96	0,00125	0,99
57,67	0,0025	0,9925
58,39	0,00125	0,99375
59,1	0,00125	0,995
59,81	0,00125	0,99625
60,52	0,00125	0,9975
61,24	0	0,9975
61,95	0,00125	0,99875
62,66	0	0,99875
63,37	0	0,99875
64,08	0	0,99875
64,8	0	0,99875
65,51	0	0,99875
66,22	0	0,99875
66,93	0	0,99875
67,64	0	0,99875
68,36	0	0,99875
69,07	0	0,99875
69,78	0	0,99875
70,49	0	0,99875
71,2	0,00125	1
71,92	0	1