

PENERAPAN FDD-LTE MENGGUNAKAN FREKUENSI 1800 MHZ PADA PERANCANGAN INDOOR BUILDING COVERAGE DI YOGYA KEPATIHAN BANDUNG

*Implementation of FDD-LTE Using 1800 MHz Frequency
Indoor Building Coverage Design in Yogya Kepatihan Bandung*

Dilla Wandani Putri¹, Hafidudin, S.T., M.T.², Hery Pamuliyantoro, S.T.³

^{1,2,3}Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

¹dillawandaniputri@student.telkomuniversity.ac.id, ²hafidudin@tass.telkomuniveristy.ac.id,
³hpamul@gmail.com

Abstrak

Material sebuah gedung merupakan salah satu penyebab dari terjadinya *fading* sehingga menghambat sinyal masuk ke dalam gedung yang mengakibatkan sinyal didalam gedung tersebut lemah. Pada gedung Yogya Kepatihan memiliki masalah terhadap kualitas jaringan didalamnya sehingga butuh dilakukannya perencanaan *Indoor* untuk mengatasi masalah tersebut. Berdasarkan hasil analisis dilakukannya *walk test* diperoleh nilai rata-rata dari RSRP sebesar -96 dBm dan SINR sebesar 8 dB, sedangkan *drivetest* sekitaran Gedung memperoleh hasil RSRP sebesar -72 dBm dan SINR sebesar 5 dB.

Penerapan *Indoor Building Coverage* (IBC) ini menggunakan sistem *Distributed Antenna System* (DAS) dengan teknik FDD-LTE pita frekuensi 1800 MHz, untuk simulasinya menggunakan *Radiowave Propagation Software* (RPS) dengan model propagasi *Cost-231 Multi-Wall Indoor*. Operator Telkomsel menjadi kasus dalam penerapan ini. *Walktest* di dalam gedung menggunakan *Nemo handy*, sedangkan *drivetest* menggunakan *GnetTrack Pro*. Setelah mendapatkan data lalu dilanjutkan perhitungan *capacity planning* dan *coverage planning* sehingga mendapatkan perhitungan untuk jumlah antena yang akan di simulasikan ke dalam *software* RPS untuk mendapatkan hasil parameter yang sesuai dengan standar *Key Performance Indicator* (KPI) Operator Telkomsel yaitu RSRP > -85 dBm dan SINR > 10 dB.

Dari hasil simulasi ini, diperoleh peningkatan nilai rata-rata RSRP > -76 dBm sebanyak 81,95% dan rata-rata nilai SINR > 26 sebanyak 71,56%.

Kata Kunci: LTE, FDD, IBC, DAS, RPS.

Abstract

Material of a building is one of the causes of fading that prevents signals from entering the building, resulting in weak signals inside the building. In the Yogya Kepatihan building has a problem with the quality of the network inside, so it needs to be done Indoor planning to overcome the problem. Based on the results of the walk test analysis, the average value of RSRP of -96 dBm and SINR of 8 dB was obtained, while the drivetest around the Building obtained RSRP results of -72 dBm and SINR of 5 dB.

The application of Indoor Building Coverage (IBC) uses the Distributed Antenna System (DAS) system with 1800 MHz frequency band FDD-LTE technique, for simulations using Radiowave Propagation Software (RPS) with the Cost-231 Multi-Wall Indoor propagation model. Telkomsel operator is the case in this application. Walktest in the building uses Nemo handy, while drivetest uses GnetTrack Pro. After obtaining the data then the capacity planning and coverage planning calculation is continued so that the calculation for the number of antennas will be simulated in the RPS software to get the parameter results in accordance with Telkomsel Operator Key Performance Indicator (KPI) standards, namely RSRP > -85 dBm and SINR > 10 dB.

From the results of this simulation, an increase in the average value of RSRP > -76 dBm was 81.95% and the average SINR value > 26 was 71.56%.

Keywords: LTE, FDD, IBC, DAS, RPS.

1. Pendahuluan

Di kota besar, jaringan seluler seringkali digunakan dalam aktivitas *indoor* dimana seperti yang kita tau kota besar dipenuhi dengan bangunan tinggi yang setiap tahunnya akan terjadi pembangunan terus-menerus, hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya redaman sinyal yang nantinya pada sebuah gedung akan terjadi pelemahan sinyal yang diakibatkan jaringan LTE *outdoor* tidak maksimal dalam mengantarkan sinyal kedalam ruangan *indoor*. Selain itu, kebutuhan pengguna seluler juga semakin meningkat di area *indoor* terkhusus di kota besar. Namun mengandalkan jaringan LTE *outdoor* saja tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan pengguna jaringan seluler, untuk itu penyedia layanan seluler memberikan solusi dengan mengimplementasikan jaringan LTE *indoor* pada gedung-gedung, gedung yang akan dilakukan implementasi jaringan *indoor* merupakan gedung yang ramai seperti hotel, pusat pembelajaran, mall, dan lainnya. Selain itu juga dapat memberikan *revenue* yang tinggi terhadap penyedia layanan tersebut.

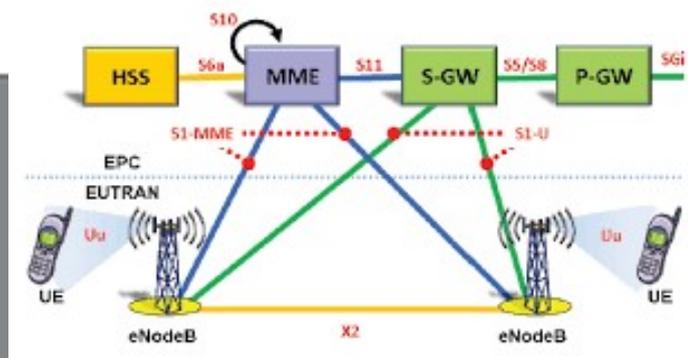
Yogya Kepatihan merupakan sebuah tempat perbelanjaan yang ada dikota bandung tepatnya berada di jl.Kepatihan, yogya kepatihan juga terletak dekat dengan Alun-Alun Kota Bandung juga dikelilingi dengan bangunan-bangunan yang tinggi seperti King mall, Plaza Parahyangan, dan masih banyak lagi. Maka dari itu, bangunan ini begitu ramai dikunjungi, dengan bangunan yang luas serta bertingkat menyebabkan terganggunya penetrasi jaringan LTE pada gedung tersebut. Hal ini disebabkan oleh tidak maksimalnya jaringan yang ditransmisikan eNodeB hingga ke dalam gedung akibat material gedung atau *obstacles* atau bisa juga disebabkan oleh jauhnya jarak site yang aktif dari gedung. Berdasarkan hasil walktest didapatkan nilai rata-rata RSRP sebesar -96 dBm dan SINR sebesar 8 dB.

Yogya Kepatihan terdiri dari 5 lantai yang merupakan *shopping center* khususnya pakaian sehingga menjadi tempat yang dapat dikunjungi oleh semua kalangan. Untuk itu agar kebutuhan LTE didalam gedung dapat terpenuhi, solusi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan perencanaan LTE untuk perancangan *indoor building coverage* di gedung tersebut, agar semua sisi ruangan mendapatkan akses data yang baik. Pada proyek akhir ini dilakukan Perencanaan *indoor building coverage* pada operator Telkomsel dengan menghitung *coverage* dan *capacity planning* untuk menentukan jumlah site yang akan dibutuhkan didalam gedung dan melakukan simulasi dengan menggunakan *Software RPS* untuk mengetahui nilai RSRP dan SINR sesuai dengan standar operator Telkomsel yaitu RSRP > -85 dBm dan SINR > 10 dB.

2. Dasar Teori

2.1 Arsitektur Long Term Evolution (LTE)

Teknologi *Long Term Evolution* (LTE) merupakan teknologi pengembangan dari 3GPP yang menggunakan teknik *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) untuk pentranmisian datanya. Teknologi LTE secara teoritis menawarkan kecepatan downlink hingga 300Mbps dan uplink 75Mbps. LTE menggunakan arsitektur jaringan all-IP yang menyederhanakan rancangan dan implementasi dari antarmuka LTE, jaringan radio dan jaringan inti, hingga memungkinkan industri *wireless* untuk beroperasi layaknya *fixed-line network*. [5]



Gambar 2.1 Arsitektur Teknologi LTE

2.2 Indoor Building Coverage

Indoor Building Coverage merupakan suatu sistem yang diterapkan dalam gedung untuk mendukung sistem luar gedung (*makrosel* dan *mikrosel outdoor*) dalam memenuhi layanan seluler dan *wireless* [2]. Perencanaan sel dalam gedung (*indoor coverage*) meliputi perencanaan *area* cakupan sesuai dengan kondisi *area*, kapasitas trafik sesuai kebutuhan di daerah tersebut dan kualitas sinyal yang memuaskan pelanggan yang memiliki interferensi yang minim. Tujuan IBC untuk memperbaiki kualitas sinyal dan trafik di dalam gedung yang memiliki kualitas sinyal kurang baik atau memiliki trafik yang sangat padat. Cakupan metode ini termasuk kedalam *picocell*.

IBC dilakukan jika suatu gedung memiliki kualitas sinyal yang buruk (tidak standar default) dan trafik yang padat. Gedung pusat perbelanjaan merupakan gedung yang memiliki trafik yang sangat tinggi hal itu sangat mempengaruhi kualitas sinyal. Selain itu, material gedung seperti beton, kaca, kayu, bata ringan, dan sebagainya dapat menyebabkan redaman dan mengakibatkan penurunan daya.

2.3 Sistem Antena Indoor

Jaringan antena seluler dalam gedung-gedung ini biasa disebut sebagai *Distributed Antenna System* (DAS). Ada tiga jenis DAS yaitu *Passive DAS* yang masih menggunakan kabel coaxial untuk saluran antenanya, *Active DAS* yang menggunakan fiber optic dan *Hybrid DAS* yang mengkombinasikan keduanya [8]. *Distributed Antenna System* (DAS) merupakan suatu sistem yang dilakukan agar setiap antena yang tersebar di dalam gedung memperoleh daya keluaran dari eNodeB. Tujuan dari pendistribusian antena ini adalah untuk menghilangkan *blankspot*.

Adapun parameter yang harus dipertimbangkan dalam *Distributed Antenna System* (DAS) yaitu antena yang digunakan dan perencanaan topologi kabel (*wiring*).

a. Antena

Antena diperlukan dalam mendistribusikan sinyal RF secara menyeluruh ke semua area cakupan. Berikut adalah tipe antena yang digunakan pada jaringan *indoor*, yaitu:

1) Antena *Omnidirectional*

Antena jenis ini memiliki propagasi melingkar 360 derajat dan merupakan jenis antena yang sering digunakan dalam perencanaan *indoor*.

2) Antena *Directional*

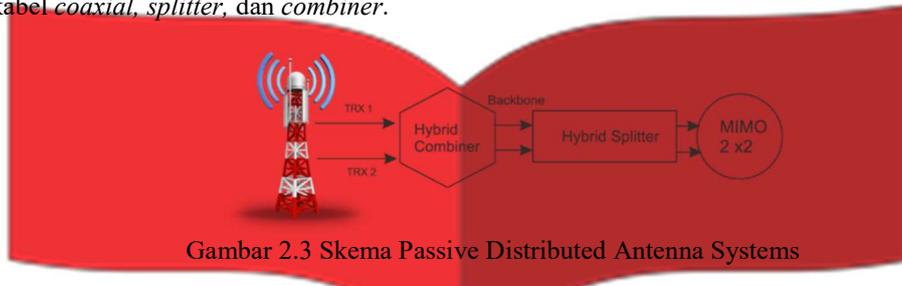
Antena *directional* merupakan tipe antena yang memiliki karakteristik propogasi sektoral. Antena jenis ini memiliki peningkatan *gain* pada satu atau beberapa arah, tetapi mengalami pengurangan *gain* pada arah yang lain. Antena yang digunakan dalam sistem *indoor* ini adalah antena dengan tipe *omnidirectional*.

b. *Wiring*

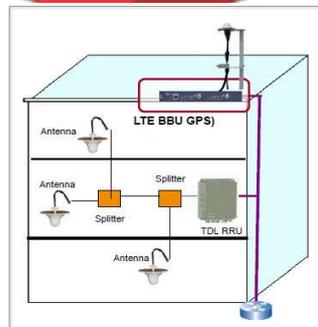
Setelah didapatkan posisi peletakan antena akan dirancang *Cable wiring* untuk menghubungkan eNodeB dengan setiap antena. Sistem *wiring* mengacu pada beberapa metode desain sistem *indoor coverage*, yaitu :

1) *Passive Distributed Antenna Systems*

Passive Distributed Antenna Systems merupakan jenis jaringan antena dalam gedung yang masih menggunakan kabel *coaxial* untuk saluran antenanya. Beberapa komponen pasif yang sering digunakan antara lain kabel *coaxial*, *splitter*, dan *combiner*.



Gambar 2.3 Skema Passive Distributed Antenna Systems



Gambar 2.1 System Antenna DAS

2) *Active Distributed Antenna Systems*

Active Distributed Antenna Systems merupakan sistem DAS dengan menggunakan *fiber optic* sebagai saluran antenanya. Yang membedakan sistem ini dengan sistem *passive DAS* adalah tidak adanya perhitungan *loss* dan *link budget* dalam proses perencanaan. Komponen aktif yang digunakan untuk distribusi seperti *master unit* dan *expansion unit*.

2.4 *Physical Tuning* [13]

Parameter RF LTE yang akan dikaji adalah parameter RSRP dan SINR. Berikut akan dijelaskan nilai standar yang menggunakan standar operator Telkomsel.

2.4.1 *Refrence Signal Received Power (RSRP)*

Reference Signal Received Power (RSRP) merupakan daya rata-rata (Watt) dari *Resource Element (RE)* yang membawa sinyal referensi (RS) dalam *bandwidth* yang digunakan [6]. Pengukuran RSRP biasanya dinyatakan dalam dBm.

Gambar 2.2 System Antenna DAS

RSRP Range	Grade
> -80 dBm	Outstanding
-80 dBm to < -95 dBm	Excellent
-95 dBm to < -100 dBm	Good
-100 dBm to < -110 dBm	Poor
< -110 dBm	Bad

2.5.2 *Signal to Interference Noise Ratio (SINR)*

Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR) merupakan perbandingan antara kuat daya sinyal dengan penjumlahan dari rata-rata kuat daya interferensi dan *noise* [8]. Jika SINR yang di ukur bernilai baik maka *throughput* yang baik akan dapat dicapai.

Tabel 2.1 SINR standar operator Telkomsel

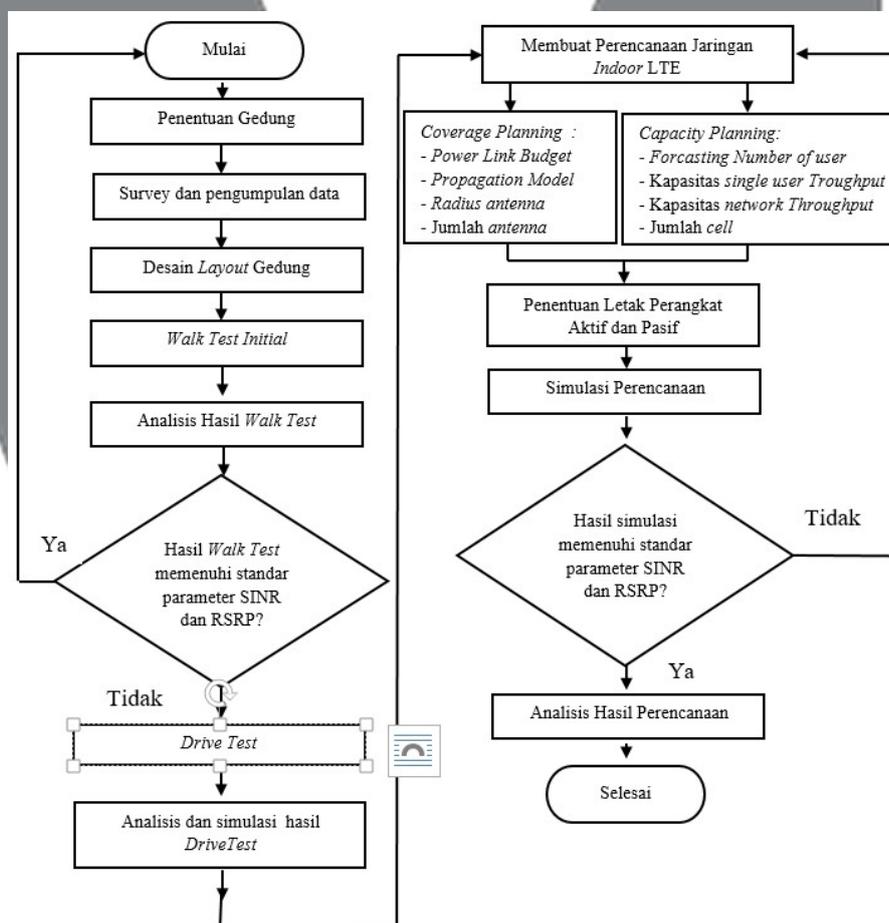
SINR Range	Grade
≥ 20 dB	Outstanding
$10 \text{ dB} \leq \text{SINR} < 20$ dB	Excellent
$0 \text{ dB} \leq \text{SINR} < 10$ dB	Good
$-5 \text{ dB} \leq \text{SINR} < 0$ dB	Poor
< -5 dB	Bad

3. Perencanaan Microcell
3.1 Deskripsi Proyek Akhir

Pada Proyek Akhir ini dilakukan perencanaan FDD-LTE dengan menggunakan frekuensi 1800MHz pada perancangan *Indoor Building Coverage di Yogya Kepatihan Bandung*. *Indoor Building Coverage* merupakan suatu cara untuk memperbaiki jaringan didalam sebuah gedung dengan melakukan pemodelan propagasi agar mendapatkan hasil sesuai dengan standar KPI operator yang digunakan. Pada proyek akhir ini menggunakan metode IBC karena tingkat pelemahan sinyal pada gedung tersebut diakibatkan oleh tinggi suatu bangunan, material gedung/*loss building*, atau faktor lainnya.

Dalam melakukan perancangan ini, tahap pertama yang harus dilakukan terlebih dahulu yaitu penentuan gedung dan lokasi, setelah mengetahui gedung yang akan dilakukan perancangan maka selanjutnya melakukan survey dan pengumpulan data, lalu membuat desain layout gedung, melakukan walktest menggunakan *software* Nemo Handy, menganalisis hasil walktest, jika hasil walktest tidak sesuai standar KPI Operator Telkomsel maka dilanjutkan dengan melakukan Drivetest disekitar gedung hingga analisis hasil Drivetest, lalu akan dilanjutkan pada proses perhitungan Capacity dan Coverage Planning, simulasi menggunakan software RPS dan melakukan analisis hasil simulasi yang sudah memenuhi standar KPI Operator Telkomsel.

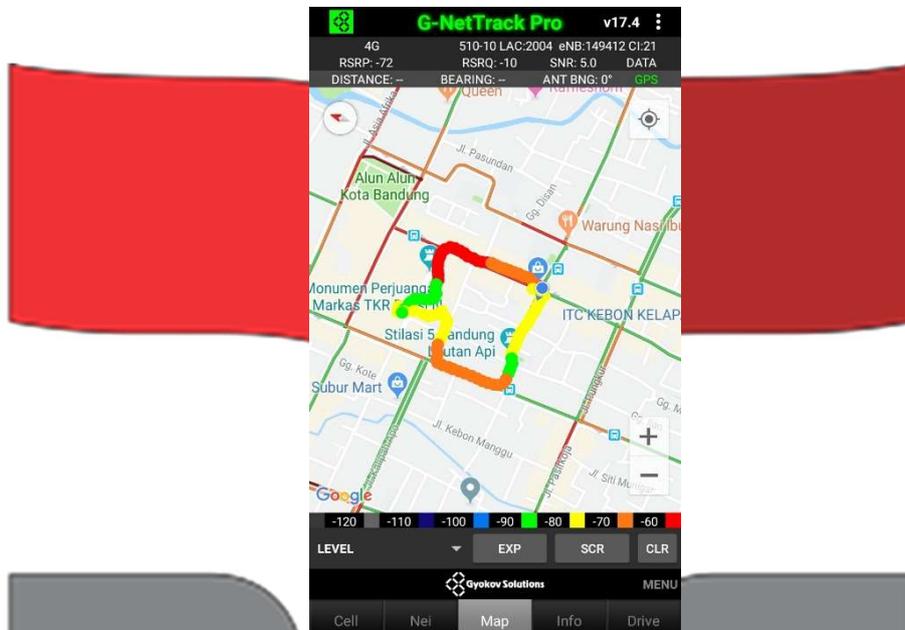
Jika perancangan sudah berhasil sesuai dengan standar KPI Operator Telkomsel yaitu RSRP > -95 dBm dan SINR > 10 dB maka perancangan ini dapat menjadi acuan/referensi jika Operator Telkomsel ingin melakukan implementasi pada gedung Yogya Kepatihan Bandung.



Gambar 3.1 Flowchart Perencanaan

3.2 Identifikasi *Initial Drive Test*

Drive test pada sekitaran gedung Yogya Kepatihan Bandung dilakukan dengan menggunakan software GnetTrack Pro. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui apakah daerah sekitaran gedung tersebut sudah terlayani oleh jaringan eNodeB luar/makro atau belum. Dari hasil tersebut kita dapat mengetahui apakah gedung Yogya Kepatihan memerlukan adanya perancangan Indoor Building Coverage atau tidak.



Gambar 3.2 Hasil Identifikasi *Initial Drive Test*

Dari hasil *drive test* diatas menunjukkan rata-rata nilai RSRP dan SINR yang dilakukan disekitaran Gedung Yogya Kepatihan adalah -72 dBm untuk nilai RSRP, dan 5 dB untuk nilai SINR. Maka dari itu, dapat dianalisa bahwa hasil *drive test* disekitaran gedung Yogya Kepatihan sudah memenuhi standar Operator Telkomsel.

3.3 Analisis dan Reporting Hasil *Walk Test*

Analisa hasil walktest dilakukan agar mengetahui kelayakan gedung untuk dilakukan perencanaan *indoor building coverage*. Maka dari itu perlu adanya perbandingan analisis hasil walktest dengan standar operator Telkomsel. Gambar 3.12 menunjukkan hasil dari walktest lantai 4 di gedung Yogya Kepatihan Bandung menggunakan software RPS, setelah dilakukan walktest dilanjutkan dengan reporting hasil walktest dengan menggunakan nemo *Analyze* agar hasil walktest tersebut dapat dilakukan analisis hingga perbandingan hasil analisis walktest dengan standar operator Telkomsel yang nantinya menjadi acuan layak atau tidaknya gedung Yogya Kepatihan Bandung dilakukan perencanaan *indoor building coverage*.



Gambar 3.2 Hasil *Walk Test*

3.4 Capacity Planning

Capacity Planning diperlukan untuk mengestimasi jumlah sel yang akan melayani *user* Operator Telkomsel. Perhitungan ini berdasarkan kapasitas yang tinjauannya bertujuan agar dapat melayani banyaknya *user* disuatu daerah sesuai dengan *service* yang ditawarkan. Maka dapat dilakukan perhitungan jumlah antenna yang diperlukan pada setiap lantai gedung Lama Bandung Elektronik Center berdasarkan nilai yang didapat dari Luas *Cell* pada tabel 3.1. Berikut adalah hasil perhitungan jumlah antenna.

Tabel 3. 1 Perhitungan Jumlah Cell

Total Target User	Indoor		Cell Average Throughput (Mbps)		Jumlah Antena		Estimasi Cell
	Network Throughput (MAC)		UL	DL	UL	DL	
Gedung Yogya Kepatihan	UL(Mbps)	DL (Mbps)	UL	DL	UL	DL	
752	8210.62	31407.52	40435.2	31449.6	0.2	1.0	1

3.5 Perhitungan Coverage Planning

Perhitungan *coverage* merupakan perhitungan untuk dapat mengetahui jumlah antenna yang dibutuhkan dalam sebuah perencanaan jaringan *indoor*. Perhitungan *coverage* meliputi persiapan data *existing* gedung seperti *layout* dan luas gedung, penentuan model propagasi yang digunakan, menghitung *link budget*, *path loss* dan *radius antenna* dengan menghitung MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) sehingga mendapatkan jumlah antenna yang dibutuhkan dalam perencanaan. Tujuan utama dalam *coverage planning* ini adalah seluruh sisi pada suatu wilayah tersebut harus ter-cover oleh *antenna*.

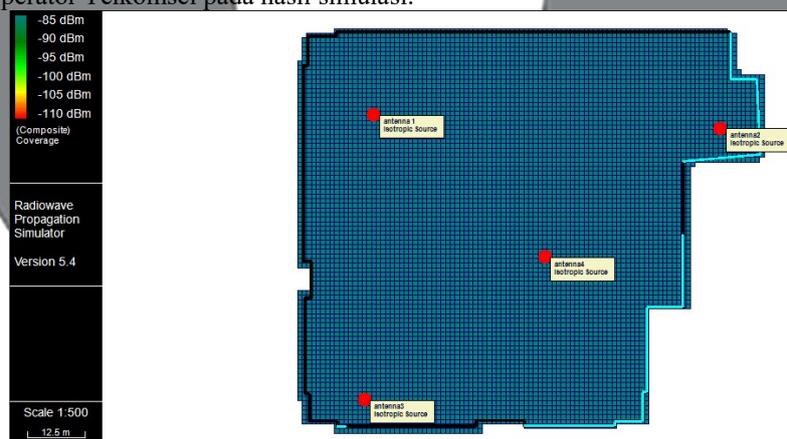
Tabel 3.1 Jumlah Antena

Lantai	Jumlah Antena	Estimasi Jumlah Antena
Lantai 1	4,406	4
Lantai 2	2,970	3
Lantai 3	3,174	3
Lantai 4	3,847	4
Lantai 5	3,405	3

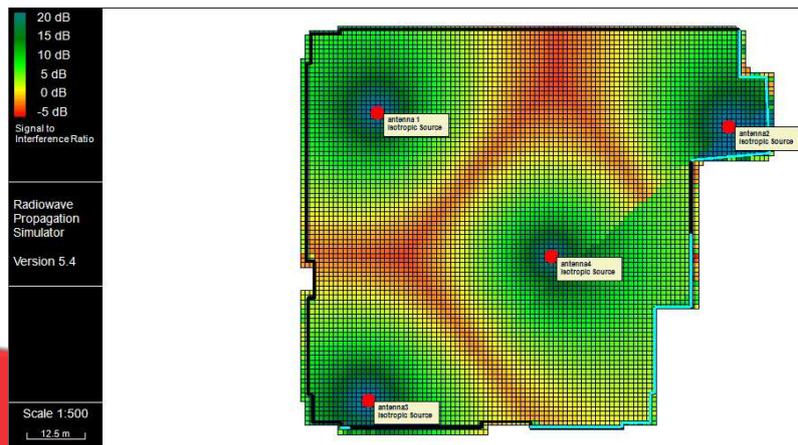
4. Keluaran dan Analisis

4.1 Hasil Simulasi Perencanaan

Simulasi ini dapat digunakan untuk membantu proses perencanaan jika Operator Telkomsel melakukan implementasi pada gedung Yogya Kepatihan, walaupun hasil perencanaan ini akan tidak terlalu sesuai dengan hasil di lapangan. Keberhasilan perencanaan ini dilihat dari tercapainya nilai rata-rata RSRP dan SINR yang sesuai dengan standar parameter operator Telkomsel pada hasil simulasi.

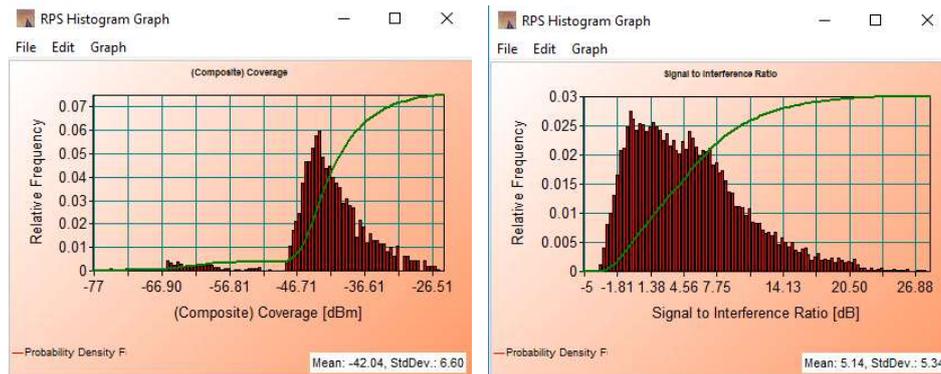


Gambar 4.1 Hasil Simulasi 1



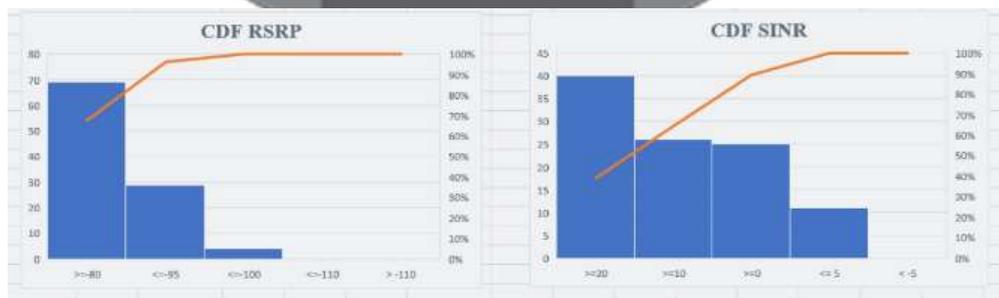
Gambar 4.2 Hasil Simulasi 2

Warna yang ada pada hasil simulasi menunjukkan nilai yang dihasilkan pada titik tersebut sesuai dengan standar Operator Telkomsel, seperti yang sudah dijelaskan pada tabel standar KPI operator Telkomsel pada bab 2. Dari hasil simulasi ini dapat dilihat bahwa nilai parameter RSRP hampir keseluruhan area pada lantai 4 mendapatkan level sinyal parameter RSRP > -85 dBm, hal tersebut dibuktikan dengan gambar area lantai 4 dominan warna biru tosca atau mendapatkan hasil yang outstanding. Namun berbeda dengan hasil simulasi parameter SINR pada lantai 4 yang memiliki hasil dengan variasi warna dan tentu dengan nilai yang bervariasi juga, pada hasil nilai parameter SINR mendapatkan hasil sebesar 15 dB, dimana hal tersebut dapat dilihat pada warna yang dominan hijau atau disebut dengan excellent.



Gambar 4.3 grafik histogram RSRP dan SINR

Gambar 4.3 merupakan grafik histogram nilai coverage pada simulasi. Histogram pada bagian horizontal menunjukkan nilai dari parameter coverage, sedangkan pada bagian vertical menunjukkan *relative frequency*. Namun grafik histogram coverage pada software RPS merupakan nilai daripada RSSI maka dari itu perlu dilakukan perhitungan kembali agar mendapatkan hasil nilai parameter RSRP yang benar dilakukan pada Microsoft Excel agar mendapatkan hasil yang lebih presisi, sedangkan gambar 4.4 merupakan grafik histogram nilai parameter SINR, dimana bagian horizontal menunjukkan nilai dari parameter SINR dan bagian vertical menunjukkan *relative frequency*. Garis hijau pada masing-masing histogram merupakan nilai dalam bentuk grafik CDF (*comulative distribution function*). Sedangkan bar yang berwarna merah tua merupakan histogram presentase dari banyaknya nilai dari masing-masing parameter. Akan tetapi grafik pada software RPS tidak dapat dilakukan analisa hasil dikarenakan tidak dapat dilihatnya nilai dengan rinci serta presentase yang pasti pada simulasi tersebut. Untuk itu diperlukan pengolahan data kembali pada Microsoft Excel dalam bentuk CDF (*comulative distribution function*).



Gambar 4.4 Hasil Histogram CDF

Tabel 4. 1 Hasil Persentase Keberhasilan Simulasi Lantai

Hasil Presentase Keberhasilan Simulasi Setiap Lantai		
Lantai	RSRP	SINR
Lantai 1	74,51%	50,00%
Lantai 2	70,58%	87,25%
Lantai 3	83,33%	78,43%
Lantai 4	96,07%	64,70%
Lantai 5	85,29%	77,45%

Pada tabel 4.5 merupakan tabel hasil presentase keberhasilan simulasi pada gedung Yoga Kepatihan, dimana nilai parameter RSRP > -85 dBm dengan presentase 70,58% - 96,07% dan nilai parameter SINR > 10 dB dengan presentase 50,00% - 87,25%. Hal ini menjelaskan bahwa perencanaan sudah memenuhi standar operator Telkomsel yaitu 50% keberhasilan pada perencanaan atau *planning*.

Perbandingan ini dilakukan untuk dapat membandingkan antara nilai parameter RSRP dan SINR hasil walktest sebelum dilakukan simulasi dengan hasil dari simulasi yang dilakukan. Pada tabel 4.6 merupakan tabel perbandingan dari hasil simulasi dan walktest tersebut.

Tabel 4. 2 Perbandingan Hasil Perencanaan dengan Walk Test Initial

Lantai	Hasil walk test initial		Hasil Simulasi	
	RSRP (dBm)	SINR (dB)	RSRP (dBm)	SINR (dB)
Lantai 1	-93.4	9.3	-81.52	10.17
Lantai 2	-100.5	6.7	-80.45	51.54
Lantai 3	-103.17	6.6	-74.74	27.80
Lantai 4	-97.09	7.9	-70.78	15.69
Lantai 5	-81.13	9.9	-73.74	26.29

Tabel 4.6 menunjukkan perbandingan hasil *walk test* dengan hasil simulasi perencanaan Indoor LTE pada gedung Yoga Kepatihan. Dapat dilihat dari tabel diatas nilai RSRP dan SINR sebelum dilakukan perencanaan berada dibawah standar operator Telkomsel yaitu dengan rata-rata RSRP > -85 dBm dan rata-rata SINR > 10 dB yang menyebabkan area tidak dapat melayani user dengan baik dikarenakan daya sinyal yang tidak baik dibuktikan dari hasil walktest pada tabel diatas. Namun setelah dilakukan perencanaan dengan menggunakan *software* RPS, area gedung Yoga Kepatihan mengalami peningkatan nilai RSRP dan SINR disbandingkan dengan sebelum dilakukan perencanaan. Nilai rata-rata RSRP dan SINR hasil perencanaan simulasi sudah memenuhi nilai standar Operator Telkomsel yaitu RSRP > -85 dBm dan SINR > 10 dB.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan yang tertera pada buku Proyek Akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Proyek akhir ini merupakan sebuah perencanaan jaringan LTE indoor pada Gedung Yoga Kepatihan dengan hasil walktest yang memiliki rata-rata nilai RSRP sebesar -96 dBm dan rata-rata nilai SINR sebesar 8 dB. Sedangkan pada perencanaan ini menggunakan standar Operator Telkomsel dimana memiliki nilai standar RSRP > -85 dan SINR > 10dB sehingga perlu dilakukan perencanaan indoor agar dapat memenuhi standar KPI Operator Telkomsel tersebut.
2. Dari perhitungan capacity planning didapatkan hasil 1 sektor/ cell LTE dan dari perhitungan coverage planning didapatkan jumlah antenna indoor keseluruhan sebanyak 17 antenna dengan pembagian perlantai sesuai perhitungan yangtelah dilakukan antara lain lantai 1 dan 4 yaitu sebanyak 4 antenna dan lantai 2, 3, dan 5 yaitu sebanyak 3 antenna.
3. Pada simulasi perencanaan menunjukkan bahwa hasil dari simulasi berdasarkan hasil perhitungan dan data seperti jenis antenna, model propagasi dan spesifikasi lainnya yang telah diatur sesuai dengan sebenarnya pada software RPS. Sehingga pada perencanaan ini mendapatkan rata-rata nilai RSRP > -76 dBm sebanyak 81,95% dan rata-rata nilai SINR > 26 sebanyak 71,56%. Berdasarkan nilai yang didapat dari simulasi berikut menjelaskan bahwa perencanaan sudah memenuhi standar Operator Telkomsel. Planning ini merupakan hasil terbaik setelah dilakukan berdasarkan 3 skenario peletakan antenna sehingga perencanaan LTE indoor mengalami peningkatan pada parameter RSRP dan SINR.

5.2 Saran

1. Menggunakan Software yang mendukung garis lebih dari 7500 agar gedung yang memiliki lantai dalam jumlah banyak dapat dibangun di *software*.
2. Menggunakan software yang dapat meletakkan perangkat pasif seperti *splitter* dan *connector* sehingga hasil simulasi lebih akurat.
3. Menggunakan software yang bisa memberikan nilai hasil simulasi yang rinci sehingga tidak perlu diolah kembali dengan menggunakan MS. Excel.

Daftar Pustaka

- [1] Heriyanto, A. P., 2016. "Theory: Mobile Phone Forensics dan Security Series". Penerbit Andi.
- [2] Hikmaturokhman, Alfin, Lita Berlianti, Wahyu Pamungkas. *Analisa Model Propagasi Cost 231 Multi Wall pada Perancangan Jaringan Indoor Femtocell HSDPA menggunakan Radiowave Propagation Simulator*. Purwokerto: Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom.
- [3] Huawei Technologies Co. 2013. *LTE Radio Network Capacity Dimensioning* : Huawei.
- [4] Huawei Technologies Co. 2013. *LTE Radio Network Coverage Dimensioning* : Huawei.
- [5] Yacoub, M. D., 2001. *Wireless Technology: Protocols, Standards, and Techniques*. CRC Press.
- [6] Stefania Sesia, Issam Toufik. 2011. "LTE-The UMTS Long Term Evolution", West Sussex : WILEY.
- [7] Uke Kurniawan Usman, dkk. 2012. "Fundamental Teknologi Seluler LTE", Bandung: Rekayasa Sains.
- [8] Wardhana, Lingga, Bagus Facsi Aginsa, Anton Dewantoro, Isybel Harto, Gita Mahardika, Alfin Hikmaturokhman. 2014. *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia Jilid*, Jakarta Selatan: Nulis Buku.

