

PERENCANAAN JARINGAN INDOOR LONG TERM EVOLUTION (LTE) MENGGUNAKAN PHYSICAL CELL IDENTITY (PCI) DI LIPPO PLAZA MAMPANG

Eko Bastianto¹, Eka Purwa Laksana²

¹Fakultas Teknik

Universitas Budi Luhur, Jakarta, 12260

Telp : (021) 5853753 ext 253

E-mail : 1152510341@student.budiluhur.ac.id

²Fakultas Teknik

Universitas Budi Luhur, Jakarta, 12260

Telp : (021) 5853753 ext 253

E-mail : eka.purwalaksana@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi telekomunikasi nirkabel generasi ke-4 yang berbasis *Internet Protocol (IP)*. Dengan menggunakan teknologi LTE dapat memudahkan user dalam mengakses data dengan kecepatan tinggi. Lippo Plaza Mampang merupakan salah satu pusat perbelanjaan yang baru selesai di awal tahun 2018. Mall tersebut belum memiliki jaringan *indoor LTE* dan membutuhkan jaringan *indoor LTE* guna tercapainya *user experience* dan memberikan akses data yang cepat kepada para pengunjung. Pada penelitian tugas akhir ini telah dilakukan perhitungan *Coverage Planning* dan *Capacity Planning*, serta penomoran antena menggunakan *Physical Cell Identity (PCI)*. PCI merupakan salah satu cara untuk melakukan penomoran antena dengan nilai antara 0-503 pada setiap *transmitter* agar tidak terjadi interferensi. Alokasi PCI pada penomoran PCI ini menggunakan 360 s/d 371 *Secondary Synchronization Signal*. Dari hasil perhitungan *Capacity Planning* dan *Coverage Planning* yang dilakukan, Lippo Plaza Mampang membutuhkan 5 antena *Femtocell Access Point (FAP)* untuk lantai *lower ground*, 3 antena FAP untuk lantai *ground*, dan 3 antena FAP untuk lantai *upper ground*. Hasil simulasi pengukuran kuat sinyal pada lantai *lower ground* didapatkan nilai *RSRP* -64,48 dBm dengan nilai *SINR* 11,20 dB, pada lantai *ground* didapatkan nilai *RSRP* -63,90 dBm dengan nilai *SINR* 16,24 dB, dan pada lantai *upper ground* didapatkan nilai *RSRP* -66,34 dBm dengan nilai *SINR* 12,72 dB.

Kata kunci : LTE, *Coverage Planning*, *Capacity Planning*, *RSRP*, *SINR*

ABSTRACT

Long Term Evolution (LTE) is the 4th generation wireless telecommunications technology based on *Internet Protocol (IP)*. Using *LTE* technology can make it easier for users to access data at high speed. Lippo Plaza Mampang is one of the new shopping centers that were completed in early 2018. The mall does not have an *indoor LTE* network and requires an *indoor LTE* network to achieve *user experience* and provide fast data access to visitors. In this final assignment research, the calculation of *Coverage Planning* and *Capacity Planning* has been carried out, and antenna numbering uses *Physical Cell Identity (PCI)*. PCI is one way to number antennas with a value between 0-503 on each transmitter to avoid interference. PCI allocation in PCI numbering uses 360 to 371 *Secondary Synchronization Signal*. From the calculation of the *Capacity Planning* and *Coverage Planning* carried out, Lippo Plaza Mampang requires 5 *Femtocell Access Point (FAP)* antennas for the lower ground floor, 3 FAP antennas for the ground floor, and 3 FAP antennas for the upper ground floor. The simulation results of measuring the signal strength on the lower ground floor have *RSRP* values of -64.48 dBm with a *SINR* value of 11.20 dB, on the ground floor the *RSRP* value of -63.90 dBm as an *SINR* value of 16.24 dB and on the upper ground floor the value of *RSRP* -66.34 dBm with an *SINR* value of 12.72 dB.

Keywords: LTE, *Coverage Planning*, *Capacity Planning*, *RSRP*, *SINR*

I. PENDAHULUAN

LTE (*Long Term Evolution*) merupakan teknologi yang dikembangkan oleh badan standarisasi 3GPP (*Third Generation Partnership Project*), untuk memenuhi *demand* pengguna seluler saat ini terhadap *transfer data rate* dan layanan data.

Penerapan teknologi LTE sudah gencar dilakukan pada beberapa negara termasuk di Indonesia. Namun, perkembangan LTE di Indonesia cenderung lamban dikarenakan beberapa kendala seperti regulasi, kesiapan operator, dan realokasi frekuensi. Untuk tetap memberikan *user experience* terhadap

jaringan LTE, para penyedia layanan di Indonesia gencar melakukan komersial LTE, termasuk mengimplementasikan pada *indoor area*.

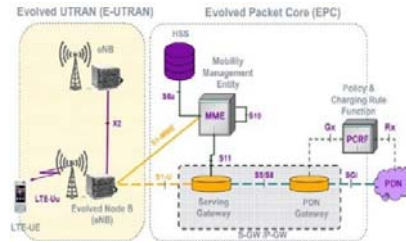
Perencanaan jaringan untuk *indoor area* diutamakan pada tempat yang sering dikunjungi setiap harinya, seperti kantor atau pusat perbelanjaan. Lippo Plaza Mampang merupakan salah satu pusat perbelanjaan yang baru selesai di awal tahun 2018. Mall tersebut belum memiliki jaringan *indoor* LTE dan membutuhkan jaringan *indoor* LTE guna tercapainya *user experience* dan memberikan akses data yang cepat kepada para pengunjung yang singgah di kafe atau pertokoan untuk berselancar di dunia maya, mengakses jaringan sosial, ataupun melakukan kegiatan bisnis. Dari hasil penelitian Burton Sinaga [1], pada perencanaan jaringan *indoor* untuk teknologi LTE di Gedung Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom didapatkan jumlah antenna pada lantai 1 sebanyak 4 antenna, lantai 2 sebanyak 7 antenna, dan pada lantai 3 sebanyak 7 antenna. Dengan nilai RSL di tiap lantainya yaitu -50.29 dBm, -51.47 dBm, dan -46,68 dBm. Dan untuk nilai SIR didapatkan nilai 20.30 dB, 20.73 dB, dan 30.96 dB.

Pada jurnal yang ditulis Fikri Ramadhan [2] mengenai perencanaan perluasan coverage area jaringan LTE menggunakan physical cell identity di Bulubur Town Square, di dapatkan jumlah antenna pada lantai dasar 1 sebanyak 14 antenna, lantai dasar 2 sebanyak 14 antenna, lantai lower ground 14 antenna, lantai upper ground sebanyak 14 antenna dan pada lantai 1 sebanyak 7 antenna. Dengan nilai RSL di tiap lantainya yaitu -50.83 dBm, -56.74 dBm, -52,09 dBm, -51,67 dBm, dan -56,04 dBm. Dan untuk nilai SIR didapatkan nilai 13.12 dB, 21.03 dB, 18.85 dB, 16.84 dB dan 11.79 dB. Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan perhitungan pada *coverage planning* dan *capacity planning*, dan melakukan penomoran antenna menggunakan PCI (*Physical Cell Identity*). PCI merupakan salah satu cara untuk melakukan penomoran pada antenna dengan nilai antara 0-503, tiap *transmitter* mengirimkan informasi ke tiap pengguna *cell* tertentu sehingga pengguna *cell* lain tidak menggunakan informasi pada *cell* tersebut karena kode yang diberikan berbeda. Perencanaan jaringan *indoor* LTE yang dilakukan terdiri dari 3 lantai yaitu pada lantai *lower ground*, lantai *ground*, dan lantai *upper ground* dengan total luas 7475 m² dengan kapasitas *user* menggunakan data trafik operator indosat.

II. LONG TERM EVOLUTION (LTE)

LTE merupakan sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UTRAN/HSPA yang diperkenalkan pertama kali oleh 3GPP (*third generation partnership project*) release 8. LTE menyediakan *all-IP* pada arsitektur jaringannya yang mana terdapat perbedaan fungsi pada

perangkat dari generasi sebelumnya. Pada RAN (*Radio Access Network*) berevolusi menjadi E-UTRAN (*Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network*) yang menggabungkan fungsi *NodeB* dan *RNC* (*Radio Network Controller*) menjadi *eNodeB*, dan pada *Core Network* juga berevolusi menjadi *Evolved Packet Core*.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan Long Term Evolution[3]

A. Spektrum Frekuensi LTE di Indonesia

Penggunaan spektrum frekuensi radio 1800 MHz di Indonesia merupakan hasil penataan mengenai Biaya Hak Penggunaan Izin Pita Spektrum Frekuensi Radio (BHP IPSFR) sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan, yang mana alokasi sebagai hasil dari penataannya ditetapkan dengan Keputusan Menteri.



Gambar 2. Penataan spektrum frekuensi 1800MHz[4]

B. KONSEP DASAR FEMTOCELL

Femtocell merupakan sebuah *access point* berdaya pancar rendah dengan berbasis teknologi komunikasi bergerak yang dapat memberikan layanan suara dan data nirkabel kepada pengguna jaringan komunikasi bergerak didalam lingkungan rumah atau lingkungan perkantoran. *Femtocell* menggunakan jaringan *broadband* standar berbasis teknologi TCP/IP yang disediakan oleh penyedia layanan *internet* (seperti ADSL, HFC, atau jaringan optik) untuk menyalurkan data dan suara dari *femtocell* ke jaringan milik penyedia layanan bergerak. Pada gambar 3 menunjukkan diagram umum jaringan berbasis *femtocell*.



Gambar 3. Diagram umum jaringan berbasis femtocell[5]

C. KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI)

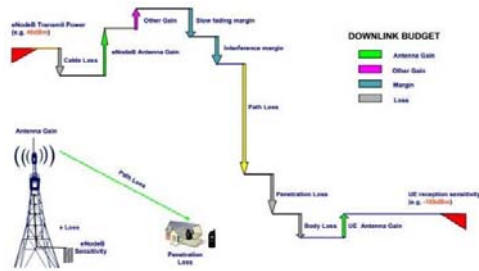
Key Performance Indicator dibutuhkan untuk mengecek kualitas performansi jaringan LTE. Beberapa kategori dalam Key Performance Indicator LTE adalah Accessability, Retainability, Mobility, Integrity.

D. PHYSICAL CELL IDENTITY (PCI)

Alokasi Physical Cell Identity berfungsi untuk memberi identitas pada site agar tidak terjadi interferensi. Salah satu dari metode Self System Interference Solution yang digunakan untuk perencanaan ini adalah dengan metode Physical Cell Identity.

Tabel 1. Alokasi Penomoran Physical Cell Identity.

PCI		SSS ID																																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
PSS ID	0	0	0	0	0	12	13	18	21	24	27	143	148	151	498	501																			
	1	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	146	149	152	499	502																			
	2	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	147	150	153	500	503																			



Gambar 6. Estimasi Link Budget Downlink [7]

Berikut adalah persamaan dari Estimasi Link Budget Uplink :

$$MAPL_{UL} = UE_{Tx Power} + UE_{AG} + OG - FM - IM - BL - PL_1 - PL_2 + EAG - CL - RS_{NB} \dots \dots \dots (1)$$

Berikut adalah persamaan dari Estimasi Link Budget Downlink :

$$MAPL_{DL} = NB_{Tx Power} - CL + EAG + OG - FM - IM - PL_1 - PL_2 - BL + UE_{AG} - RS_{UE} \dots \dots \dots (2)$$

• **Perhitungan Luas Sel**

Untuk menentukan luas dari sel menggunakan omnidirectional sehingga dapat mengoptimalkan jaringan LTE dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$L_{Cell} = 2,6 \times d^2 \dots \dots \dots (3)$$

• **Perhitungan Jumlah Site berdasarkan Coverage Planning**

Untuk menentukan jumlah site berdasarkan Coverage Planning, dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\sum LTE Cell = \frac{Luas Area}{Luas Cell} \dots \dots \dots (4)$$

IV. CAPACITY PLANNING

Tujuan dari capacity planning adalah untuk mengetahui jumlah site yang dibutuhkan sesuai dengan trafik/kapasitas yang diperlukan. Pada umumnya proses perhitungan capacity planning terbagi menjadi 2 bagian, Single Site Dimensioning dan Total Network Throughput. Penentuan parameter model layanan trafik digunakan untuk menentukan single user throughput yang merupakan kecepatan minimal yang diterima oleh pengguna dalam jam sibuk. Dengan berdasarkan pengguna yang menempati tipe daerah tertentu. Dan berikut adalah persamaan dari Throughput/Session (Kbit):

$$\frac{Throughput}{Session(Kbit)} = \frac{(Bearer rate \times PPP Session Time \times PPP Duty Ratio)}{(1 - BLER)} \dots \dots \dots (5)$$

Proses selanjutnya adalah mencari nilai Single User Throughput.

$$Single User Throughput = \frac{(\sum(Throughput per Session \times BHSA \times Penetration Ratio)) \times (1 + Peak Average Ratio)}{3600(Kbps)} \dots (6)$$

Nilai Peak to Average Ratio merupakan perkiraan/margin jika terjadi lonjakan trafik. Pemilihan nilai Peak to Average Ratio bergantung pada morphology daerah.

Tabel 3. Nilai umum untuk Peak to Average Ratio [8]

Morphology	Dense Urban	Urban	Sub urban	Rural Area
Peak to Average Ratio	40%	20%	10%	0%

Perhitungan selanjutnya adalah mencari nilai Total Network Throughput.

$$Total Network Throughput (Kbps) = Single User Throughput (Kbps) \times Total User Target \dots \dots \dots (7)$$

Nilai total network throughput yang didapat dari hasil perhitungan adalah merupakan throughput pada layer IP. Throughput tersebut harus dikonversi menjadi throughput pada layer MAC karena throughput single site capacity adalah throughput pada layer MAC dan throughput yang akan diperoleh user adalah throughput pada layer MAC/Phy.

$$MAC Layer Throughput = IP Layer Throughput / 98,04 \% \dots \dots \dots (8)$$

Perhitungan kapasitas cell pada sisi Downlink (DL Cell Throughput) menggunakan persamaan berikut.

$$DL Cell Capacity + CRC = (168 - 36 - 12) \times (Code bits) \times (Coderate) \times Nrb \times C \times 1000 \dots \dots \dots (9)$$

Perhitungan kapasitas cell pada sisi Uplink (UL Cell Throughput) menggunakan persamaan berikut.

$$UL Cell Capacity + CRC = (168 - 24) \times (Code bits) \times (Coderate) \times Nrb \times C \times 1000 \dots \dots \dots (10)$$

• **Perhitungan Jumlah Site berdasarkan Capacity Planning**

Untuk menentukan jumlah site berdasarkan Coverage Planning, dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{\text{Number of Site (UL/DL)} = \frac{\text{UL/DL Total Network Throughput}}{\text{UL/DL Single Site Capacity}} \dots\dots\dots(11)$$

- **Model Propagasi COST 231 MultiWall**
Perencanaan dengan frekuensi 1800 MHz untuk LTE digunakan model propagasi Cost 231 Multiwall yang bekerja pada daerah indoor area. Berikut persamaan dari Cost 231 Multi Wall.

$$L = L_{FS} + L_c + \sum_{i=1}^I Kwi Lwi + K_f^{[(kf+2)/(kf+1)-b]} L_f \dots\dots\dots(12)$$

- **Alokasi Physical Cell Identity**
PCI (Physical Cell Identity) merupakan teknik penomoran identitas tiap sel pada jaringan LTE yang jumlahnya terbatas sebanyak 504, sehingga perlu adanya manajemen penggunaan yang lebih efisien untuk mengurangi resiko konflik jaringan yang tinggi. Tujuan digunakan PCI adalah untuk mempermudah pencaharian user, pagging user, dan proses handover. Sinkronisasi tersebut adalah PSS (Primary Synchronization Signal) yang diberikan simbol $3 * N_{ID}^{(1)}$ terdiri dari 0-2 urutan yang berbeda sedangkan SSS (Secondary Synchronization Signal) dengan simbol $3 * N_{ID}^{(2)}$ terdiri dari 0-167 nomor urut, sebagai berikut.

$$N_{ID}^{Cell} = (3 \times PSS ID) + SSS ID$$

$$Total PCI = 3 \times 168 = 504 PCI \dots\dots\dots(13)$$

V. PENGUJIAN DAN ANALISA

PERENCANAAN JARINGAN INDOOR LTE MENGGUNAKAN PHYSICAL CELL IDENTITY DI LIPPO PLAZA MAMPANG

• WalkTest

Berikut merupakan Tabel Hasil WalkTest sebelum perencanaan indoor LTE menggunakan G-NetTrack Lite Pro yang telah dilakukan di Lippo Plaza Mampang pada Lantai Lower Ground, Lantai Ground, dan Lantai Upper Ground.

Tabel 4. Tabel Mean RSRP

Lantai	RSRP (dBm)
Lower Ground	-96,98
Ground	-92,82
Upper Ground	-91,9

• Coverage Dimensioning

Tahap pertama dalam melakukan Coverage Planning adalah perhitungan Maximum Allowable Pathloss link pada arah uplink (reverse). Hal tersebut diperlukan untuk menentukan nilai redaman propagasi maksimum yang diizinkan saat downlink dan uplink.

Tabel 5. Downlink Link Budget LTE

Downlink	Parameter	Value	Unit	Calculation
General	Bandwidth	10	MHz	BW
	Resource Block	50	Blocks	
	Tx Power	23	dBm	A
eNb	Feeder Loss	3	dB	B
	Antenna Gain	4,5	dB	C
	EIRP	24,5	dBm	D=A+C-B
UE	Antenna Gain	0	dB	E
	Body Loss	3	dB	F
	UE Noise Figure	7	dB	G
	Thermal Noise	-104	dBm	H=k*T*BW
	Receiver Noise Floor	-97	dBm	I=G+H
	SINR	-4	dB	J
	Receiver Sensitivity	-101	dBm	K=I+J
	Interference Margin	3	dB	L
	Log Normal Fading Margin	5	dB	M
	MAPL	114	dB	N=D+E-F-K-L-M

Daya transmitter dari sisi downlink atau dari antenna/eNodeB menuju UE (User Equipment) yang didapatkan 23 dBm dengan Feeder Loss yaitu 3 dB dan Antena Gain 4,5 dB. Didapatkan nilai EIRP yaitu 24,5 dBm. Pada sisi perhitungan downlink total nilai Maximum Allowable Pathloss Link arah downlink yaitu 114 dB.

• Perhitungan Radius Antena

Pada perhitungan yang dilakukan untuk mencari radius antena terdapat beberapa material yaitu : Tabel 6 (a) loss penghalang lantai lower ground, (b) loss penghalang lantai ground, dan (c) loss penghalang lantai upper ground.

(a)

Material	Loss (dB)	Value	Total (dB)
Tembok	3,5	7	24,5
Lantai Beton	10	1	10
Kaca	2,85	6	17,1
Total			51,6

$$L = L_{FS} + L_c + \text{Loss Penghalang}$$

$$114 = 20 \log F_{Mhz} + 20 \log d_{km} + 51,6$$

$$114 = 97,6054 + 20 \log d_{km} + 51,6$$

$$114 = 149,2054 + 20 \log d_{km}$$

$$-35,2054 = 20 \log d_{km}$$

$$-1,76027 = \log d_{km}$$

$$d_{km} = 10^{-1,76027}$$

$$d_{km} = 0,017367$$

$$d_m = 17,3672 \text{ m}$$

$$\text{Luas Cell} = 2,6 \times d^2$$

$$= 2,6 \times (17,3672)^2$$

$$= 784,211053 \text{ m}^2$$

$$\sum \text{LTE Cell} = \frac{\text{Luas Area}}{\text{Luas Cell}}$$

$$= \frac{3392}{784,2110}$$

$$= 4,3253$$

(b)

Material	Loss (dB)	Value	Total (dB)
Tembok	3,5	6	21
Lantai Beton	10	1	10
Kaca	2,85	7	19,95
Total			50,95

$$L = L_{FS} + L_c + \text{Loss Penghalang}$$

$$114 = 20 \log F_{Mhz} + 20 \log d_{km} + 50,95$$

$$114 = 97,6054 + 20 \log d_{km} + 50,95$$

$$114 = 148,5554 + 20 \log d_{km}$$

$$-34,5554 = 20 \log d_{km}$$

$$-1,72777 = \log d_{km}$$

$$d_{km} = 10^{-1,72777}$$

$$d_{km} = 0,018716$$

$$\begin{aligned}
d_m &= 18,71673 \text{ m} \\
Luas \text{ Cell} &= 2,6 \times d^2 \\
&= 2,6 \times (18,71673)^2 \\
&= 910,8215 \text{ m}^2 \\
\sum LTE \text{ Cell} &= \frac{Luas \text{ Area}}{Luas \text{ Cell}} \\
&= \frac{2235}{910,8215} \\
&= 2,4538
\end{aligned}$$

(c)

Material	Loss (dB)	Value	Total (dB)
Tembok	3,5	7	24,5
Lantai Beton	10	1	10
Kaca	2,85	6	17,1
Total			51,6

$$\begin{aligned}
L &= L_{FS} + L_C + Loss \text{ Penghalang} \\
114 &= 20 \log F_{Mhz} + 20 \log d_{km} + 51,6 \\
114 &= 97,6054 + 20 \log d_{km} + 51,6 \\
114 &= 149,2054 + 20 \log d_{km} \\
-35,2054 &= 20 \log d_{km} \\
-1,72777 &= \log d_{km} \\
d_{km} &= 10^{-1,72777} \\
d_{km} &= 0,017367 \\
d_m &= 17,3672 \text{ m} \\
Luas \text{ Cell} &= 2,6 \times d^2 \\
&= 2,6 \times (18,71673)^2 \\
&= 748,2110 \text{ m}^2 \\
\sum LTE \text{ Cell} &= \frac{Luas \text{ Area}}{Luas \text{ Cell}} \\
&= \frac{2235}{748,2110} \\
&= 2,9723
\end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan diatas, didapatkan estimasi jumlah FAP yang dibutuhkan pada tiap lantai seperti pada tabel berikut.

Tabel 7. Jumlah FAP Coverage Planning

Lantai	Luas Area (m²)	Luas Cell (m²)	Total (dB)	Estimasi Jumlah FAP
Lower Ground	3392	784,211	4,3253	5
Ground	2235	910,821	2,4538	3
Upper Ground	1848	784,211	2,3565	3

• Capacity Planning

Perhitungan kapasitas perlu dilakukan untuk menentukan jumlah user yang dapat dicakup dalam satu cell. *Capacity planning* adalah *planning* yang memberikan estimasi dari *resource* yang diperlukan untuk mendukung trafik yang ditawarkan dengan *level QoS* tertentu misalnya *throughput*. Jumlah Antena yang diperoleh dari perhitungan *Capacity Planning* dihitung dengan menggunakan persamaan 11 yaitu hasil dari pembagian *Total Network Throughput* terhadap nilai *Single Site Throughput*. Pada tabel 8 menampilkan hasil perhitungan jumlah antena *Capacity Planning*.

Tabel 8. Jumlah FAP Capacity Planning

Tabel 3.1 Simulasi F12 - Coverage Planning									
Lantai	Σ User	Network Throughput (MAC)		Single Site Throughput (MAC)		Jumlah FAP		Estimasi	
		Uplink(kbps)	Downlink (Kbps)	Uplink(kbps)	Downlink (Kbps)	Uplink	Downlink	Jumlah FAP	
LG	848	23538	178376	57599,98	71999,98	0,409	2,429	2,837	3
G	538	15489	117375	57599,98	71999,98	0,268	1,598	1,867	2
UG	462	12824	97182	57599,98	71999,98	0,223	1,323	1,546	2

• Jumlah Pemilihan FAP

Jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan *Coverage Planning* dan *Capacity Planning* diperoleh jumlah

FAP yang berbeda. Pemilihan jumlah FAP yang digunakan pada perencanaan jaringan *indoor* LTE harus mencakup keseimbangan antara *Coverage* dan *Capacity*. Maksud dari keseimbangan antara *Coverage* dan *Capacity* adalah jumlah FAP yang direncanakan harus dapat mencapai tujuan dari *Coverage Planning* yaitu seluruh bagian *area* tinjauan dapat tercakup oleh sinyal dan juga harus dapat mencapai tujuan dari *capacity planning* yaitu masing-masing *user target* mendapatkan *throughput* yang telah direncanakan sebelumnya. Oleh karena itu, pemilihan jumlah FAP yang digunakan pada setiap lantai adalah jumlah FAP yang terbanyak. Pada tabel 9 menunjukkan hasil perencanaan jumlah FAP yang dibutuhkan dari sisi *Coverage Planning* dan *Capacity Planning*.

Tabel 9. Final Number of FAP

Lantai	Coverage Planning	Capacity Planning		Final Number of FAP
		Uplink	Downlink	
Lower Ground	5	0,408	2,482	5
Ground	3	0,268	1,598	3
Upper Ground	3	0,222	1,323	3

• Simulasi & Analisa Berdasarkan KPI

Perolehan dari simulasi jaringan *indoor* LTE berdasarkan tinjauan parameter RSRP dan SINR masing-masing rata-rata nilai nya dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil Simulasi berdasarkan RSRP & SINR acuan KPI

Lantai	RSRP (dBm)	SINR (dB)	KPI	
			RSRP (dBm)	SINR (dB)
Lower Ground	-64,48	11,20	>-95	>0
Ground	-63,90	16,24	(90%)	(90%)
Upper Ground	-66,34	12,72		

Pada tabel 10 diketahui hasil lengkap masing-masing nilai RSRP dan SINR di tiap lantainya. Perolehan hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan KPI yang biasa digunakan oleh beberapa perusahaan industri telekomunikasi, untuk mengetahui apakah hasil perencanaan yang telah dilakukan sesuai dengan persyaratan untuk dapat dikatakan layak digelar. Persyaratan dari salah satu operator untuk parameter RSRP, hasil perencanaan/simulasi harus lebih besar daripada -95 dBm dengan target 90% dan untuk parameter SINR, standar minimalnya adalah > 0 dB dengan target 90%. Jika berdasarkan tinjauan parameter RSRP dan SINR di seluruh lantai, hasil simulasi yang diperoleh pada perencanaan jaringan *indoor* LTE di Lippo Plaza Mampang memiliki nilai CDF untuk parameter SINR yang dibawah 0 dB sebesar 0,0332 sehingga didapat *area* yang memiliki nilai SINR diatas 0 dB adalah [(1-0,0332)*100%] = 96,68% sedangkan nilai CDF untuk parameter RSRP yang dibawah -90 dBm sebesar 0,0727 sehingga didapat *area* yang memiliki nilai RSRP diatas -90 dBm adalah [(1-0,0727)*100%] = 92,73%.

- **Alokasi Physical Cell Identity**

Alokasi PCI berfungsi untuk memberi identitas pada *site* agar tidak terjadi interferensi. Alokasi PCI sendiri terdapat 503 *Physical Layer* yang terdiri 3 *Primary Synchronization Signal* (PSS) dan 168 *Secondary Synchronization Signal* (SSS).

Tabel 11. Penomoran PCI untuk 11Antena

PCI		SSS			
		120	121	122	123
PSS	0	360	363	366	369
	1	361	364	367	370
	2	362	365	368	371

Pada tabel 11 menggunakan 120 s/d 123 *Secondary Synchronization Signal* agar dapat melakukan penomoran pada 11 Antena yang tersebar pada lantai *lower ground*, *ground*, dan *upper ground*. Dan berikut merupakan penomoran di tiap lantai.

Tabel 12. PCI pada lantai lower ground

	Nomor Antena	Nomor PCI
Lantai Lower Ground	1	360
	2	363
	3	366
	4	369
	5	361

Tabel 13. PCI pada lantai ground

	Nomor Antena	Nomor PCI
Lantai Ground	1	364
	2	367
	3	370

Tabel 14. PCI pada lantai ground

	Nomor Antena	Nomor PCI
Lantai Upper Ground	1	362
	2	365
	3	368

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan teori, perhitungan, dan simulasi dan analisis pada Tugas Akhir ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai MAPL mempengaruhi radius dari suatu *site* dan juga berpengaruh terhadap total *site* yang dibutuhkan.
2. Parameter yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan jaringan *indoor* LTE adalah RSRP (*Reference Signal Received Power*) dan SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*)
3. Pada hasil perencanaan didapatkan jumlah *site* yang dibutuhkan untuk lantai *Lower Ground*,

Ground, dan *Upper Ground* masing-masing sebanyak 5,3, dan 3 FAP. Dengan hasil prediksi disimulasi nilai RSRP dan SINR mencapai target KPI.

4. Dari hasil perencanaan jaringan *indoor* LTE di dapatkan nilai RSRP pada lantai *lower ground*, *ground* dan lantai *upper ground* sebesar -64,48 dBm, -63,90 dBm, dan -66,34 dBm.
5. Dan dari hasil perencanaan jaringan *indoor* LTE di dapatkan nilai SINR pada lantai *lower ground*, *ground* dan lantai *upper ground* sebesar 11,20 dB, 16,24 dB, dan 12,72 dB.
6. Berdasarkan tinjauan parameter RSRP dan SINR diseluruh lantai, nilai CDF untuk parameter KPI RSRP sebesar 92,73% dan nilai CDF untuk parameter KPI SINR sebesar 96,68%. Maka jika ditinjau dari hasil simulasi dengan acuan parameter RSRP dan SINR, perencanaan jaringan *indoor* LTE di Lippo Plaza Mampang telah memenuhi persyaratan KPI acuan (90%) dan layak untuk diimplementasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Sinaga, *Perencanaan Jaringan Indoor Untuk Teknologi LTE Di Gedung Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom*. 2016.
- [2] F. Ramadhan, *Perencanaan Perluasan Coverage Area Jaringan LTE Menggunakan Physical Cell Identity (PCI) Di Balubur Town Square Bandung*. 2018.
- [3] L. Song and J. Shen, *Evolved Celular Network Planning and Optimization for UTMS and LTE*, vol. 91. CRC Press, 2011.
- [4] R. Satriadi, *Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Menggunakan ANtena MIMO dan Physical Cell Identity Planning*. 2016.
- [5] F. Xaverius, "Ulasan Teknologi dan Layanan Femtocell," pp. 171–186, 2012.
- [6] Huawei Technologies Co.Ltd., *LTE Radio Network Coverage Dimensioning*. 2010.
- [7] Huawei Technologies Co.Ltd., *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*. 2010.
- [8] A. Marhadi, *Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Frekuensi 1800MHz di Jembatan Suramadu dengan Physical Cell Identity (PCI)*. 2015.