

ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN LTE *FEMTOCELL* DI GEDUNG TAMANSARI PARAMA OFFICE PARK PT WIKA REALTY

ANALYSIS LTE FEMTOCELL DESIGN IN TAMANSARI PARAMA OFFICE PARK BUILDING PT WIKA REALTY

Ahsanul Gibran¹, Kris Sujatmoko², Uke Kurniawan Usman³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung
¹ahsanulgibran@student.telkomuniversity.ac.id, ²krissujatmoko@telkomuniversity.ac.id,
³ukeusman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Ketersediaan layanan berkualitas di setiap tempat merupakan hal penting bagi pelanggan. Salah satunya di dalam Gedung Tamansari Parama, kebutuhan akses layanan data berkecepatan tinggi dibutuhkan melihat gedung tersebut merupakan gedung perkantoran. *Femtocell* menjadi solusi yang dapat digunakan untuk *coverage area* dan memberikan akses layanan kepada pelanggan di dalam Gedung Tamansari Parama. Perancangan jaringan LTE ini di simulasikan menggunakan *software* RPS untuk simulasi *coverage* dan SIR. Digunakan juga metode *Distributed Antenna System* (DAS) untuk mengetahui detail peletakan dari antenna. Dari hasil perancangan, dibutuhkan yaitu 34 FAP yang perlu dipasang pada Gedung Tamansari. Kemudian dari simulasi untuk lantai Basement sampai lantai 16 memiliki rata-rata hasil RSL pada persentase terendah yaitu 95.09% dan tertinggi yaitu 99.18% sehingga telah sesuai standar KPI yaitu diatas 90% untuk masing-masing lantainya. Begitupun dengan SIR, masing-masing lantai telah memenuhi standar KPI diatas 90%, dimana memiliki rata-rata SIR terendah yaitu dengan 96.76% dan tertinggi yaitu 98.24%.

Abstract

The availability of quality services in every place is important for customers. Such as in Tamansari Parama Building, access to high-speed data services is needed because the building as an office building. Femtocell is a solution that can be used for coverage areas and provides access to services customers in Parama Tamansari Building. The design of this LTE network is simulated using RPS software for coverage simulation and SIR. Also used is the Distributed Antenna System (DAS) method to find out the details of the placement of the antenna. From the results of the design it is needed that is 49 FAP which needs to be installed in the Tamansari Building. Then from the simulation for the Basement floor to the 16th floor, the average RSL results at the lowest percentage is 95.09% and the highest is 99.18% so that it meets the KPI standard which is above 90% for each floor. Likewise with SIR, each floor that has met the KPI standard above 90%, which has an average SIR which is the lowest with 96.76% and the highest is 98.24%.

Keywords: *Femtocell, SIR, RSL, RPS, DAS*

1. Pendahuluan

Tamansari Parama adalah gedung perkantoran 16 lantai, dimana didalam gedung terdapat terdapat banyak perusahaan yang menyewa tiap lantai untuk dijadikan sebuah kantor. Area gedung ini terletak di jalan KH. Wahid Hasyim Kav. 84-88, Jakarta Pusat [1].

Dengan kemegahan dan kemewahan dari gedung Tamansari Parama ini, ternyata terdapat masalah yang perlu diperhatikan oleh pemilik gedung. Masalah yang timbul yaitu sinyal seluler yang lemah atau buruk yang dialami oleh pengguna seluler disaat berada didalam gedung. Masalah ini juga telah dibuktikan dengan melakukan *walktest* di gedung tersebut.

Hipotesa penyebab utama terjadinya masalah tersebut yaitu karena susah nya sinyal tersebut menembus bangunan menuju dalam gedung serta belum adanya antenna, *repeater*, ataupun BTS yang berada di gedung tersebut sehingga daya sinyal di gedung sangat lemah. Dari masalah tersebut, maka akan dilakukan sebuah perencanaan jaringan seluler di gedung tersebut yang biasa disebut *indoor building coverage* dengan menggunakan BTS mini atau *femtocell*.

Femtocell adalah *Base Transceiver Station* (BTS) yang ditempatkan pada wilayah bersinyal rendah sehingga dapat meningkatkan avaiabilitas, konektivitas, mobilitas, serta performansi layanan jaringan dengan kebutuhan daya yang rendah [2]. Kemudian, perencanaan ini juga didukung dengan metode *Distribution Antenna System* (DAS) untuk mengestimasi penempatan antenna dan *loss* yang terjadi sehingga memiliki jumlah *site* yang lebih presisi.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Long Term Evolution (LTE)

LTE merupakan sebuah nama yang diberikan pada sebuah projek dari *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk memperbaiki standart teknologi seluler generasi ketiga (3G) yaitu UMTS WCDMA. Teknologi LTE merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSDPA (3.5), dan LTE disebut sebagai kandidat generasi keempat (4G).

LTE mempunyai *radio access* dan *core network* yang dapat mengurangi *network latency* dan meningkatkan performansi sistem dan menyediakan *interoperability* dengan teknologi 3GPP yang sudah ada dan non-3GPP. Jaringan LTE sendiri dapat berintegrasi dengan teknologi lainnya, baik yang berasal dari teknologi 3GPP (GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+, dan LTE), kemudian yang berasal dari non-3GPP seperti teknologi dari 3GPP2 (CDMA IS-95A dan B, CDMA 2000 1x dan 3x, CDMA EVDO, dll), dan dari IEEE (WiMAX, dll). Sehingga berbagai layanan dari beberapa teknologi dapat saling berhubungan dan terintegrasi dengan *gateway* sebagai media penghubung atau jembatan [4] [8].

2.2 Femtocell

Femtocell merupakan pengembangan dari konsep arsitektur BTS di jaringan seluler dengan menggunakan level daya rendah dan memiliki cakupan yang lebih kecil dibandingkan dengan *microcell*. *Femtocell* adalah solusi yang tepat untuk meningkatkan cakupan dan kapasitas pada jaringan terutama di dalam ruangan seperti perumahan atau perkantoran yang sering kali tidak terjangkau oleh BTS konvensional, sekaligus juga sebagai respon teknologi telepon seluler terhadap pertumbuhan VoIP. *Femtocell* menggunakan jaringan IP sebagai arsitektur backhaulnya [6] [3].

Tabel 1 Kategori Femtocell dan Spesifikasi BS [9]

FAP Categories	TX Power	User	Target
Femtocell Class 1	20 dBm	4-8	Home, Small Office
Femtocell Class 2	23-26 dBm	10-15	Office/Public
Femtocell Class 3	>= 30 dBm	16-64	Shopping Mall

2.3 Capacity Planning

2.3.1 Forecasting Jumlah Pelanggan

Dalam perancangan jaringan seluler dibutuhkan parameter seperti data jumlah *user* yang berguna untuk *forecasting* jumlah pelanggan atau user. Hal ini dimaksudkan agar dapat diperoleh jumlah site berdasarkan perhitungan kapasitas. Karena dalam kondisi *indoor*, maka *forecasting* dapat dilakukan dengan menghitung jumlah pelanggan maksimal per lantainya sesuai dengan kapasitas ruangan.

2.3.2 Trafik dan Model Layanan

Rumus dari Throughput/Session (Kbit):

$$\text{PPP Session Time (s)} \times \text{PPP Session Duty Ratio} \times \text{Bearer Rate (Kbps)} \times \frac{1}{1 - \text{BLER}} \quad (1)$$

Keterangan:

Throughput = Banyaknya data yang diterima (kbit)

Session Time = Durasi setiap layanan (s)

BLER = Toleransi *block error rate*

Bearer rate = *application layer bit rate*

Rumus Single User Throughput:

$$\sum \frac{\left(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration ratio} \times (1 + \text{Peak to Average Ratio})}{3600} \quad (2)$$

Keterangan:

BHSA = *Service attempt in busy hour*

Penetration ratio = Penetrasi jaringan tiap daerah

Peak to Average Ratio = Penetrasi rata-rata tiap daerah

3600 = 1 hour (3600)

Selanjutnya adalah mencari jumlah *throughput* jaringan. Jumlah *throughput* jaringan atau total network *throughput* merupakan total *throughput* yang harus disediakan oleh jaringan untuk dapat melayani banyaknya pelanggan yang akan dilayani dengan menggunakan persamaan (3).

$$\text{Total Network Throughput (Kbps)} = \text{Total User} \times \text{Single User Throughput (Kbps)} \quad (3)$$

Nilai *total network throughput* yang didapatkan merupakan *throughput* pada layer IP yang harus dikonversi terlebih dahulu agar didapat *throughput* pada layer MAC karena *throughput* yang akan diperoleh user adalah *throughput* pada layer MAC dengan menggunakan persamaan (4).

$$\text{Network Throughput (MAC layer)} = \frac{\text{Network Throughput (IP)}}{0,98} \quad (4)$$

2.3.3 Downlink dan Uplink Cell Capacity

Persamaan kapasitas sel dengan arah *downlink*:

$$\text{DL Cell Capacity} + \text{CRC} = (168 - 36 - 12) \times (\text{Code bits}) \times (\text{Code rate}) \times \text{Nrb} \times C \times 1000 \quad (5)$$

Persamaan kapasitas sel dengan arah *uplink*:

$$\text{UL Cell Capacity} + \text{CRC} = (168 - 24) \times (\text{Code bits}) \times (\text{Code rate}) \times \text{Nrb} \times C \times 1000 \quad (6)$$

Keterangan:

CRC	= 24
Code rate	= Channel coding rate
Code bits	= Modulated bits
24 (uplink)	= The number of RS RE in 1 ms
36	= The number of control channel RE in 1 ms
12	= The number reference signal RE in 1 ms
C	= MIMO
Nrb	= Number of RBs
168	= The number of RE in 1 ms

2.3.4 Perhitungan Jumlah Site

$$\text{Number of Site} = \frac{\text{Network Throughput}}{\text{Site Capacity}} \quad (7)$$

2.4 Coverage Planning

2.4.1 Maximum Allowable Path Loss

Persamaan MAPL pada arah downlink dan uplink dapat dilihat pada persamaan (8) dan (9) [7].

$$\text{MAPL}_{\text{DL}} = \text{NB TxPower} - \text{CL} + \text{EAG} + \text{OG} - \text{FM} - \text{IM} - \text{PL1} - \text{PL2} - \text{PL} + \text{UEG} - \text{RSUE} \quad (8)$$

$$\text{MAPL}_{\text{UL}} = \text{UE TxPower} + \text{UEAG} + \text{OG} - \text{FM} - \text{IM} - \text{BL} - \text{PL1} - \text{PL2} + \text{EAG} - \text{CL} - \text{RSNB} \quad (9)$$

Keterangan:

MAPL	= Maksimum Path Loss yang diizinkan selama propagasi sinyal
NB TxPower	= eNodeB Transmit Power [dBm]
BL	= Body Loss [dB]
CL	= Cable Loss [dB]
PL1	= Penetration Loss [dB]
EAG	= eNodeB Antenna Gain [dB]
PL2	= Path Loss [dB]
OG	= Other Gain
UEAG	= UE Antenna Gain
FM	= Fading Margin [dB]
IM	= Interference Margini [dB]
RSUE	= Receiver Sensitivity UE [dBm]
UE TxPower	= UE Transmit Power [dBm]
RSNB	= Receiver Sensitivity eNodeB

2.4.2 Model Propagasi

Perencanaan indoor LTE yang berada pada frekuensi 1800 MHz, menggunakan model propagasi COST-231 Multiwall. Model propagasi COST-231 Multiwall dapat dihitung menggunakan persamaan (10).

$$\mathbf{L} = \mathbf{L}_{\text{FS}} + \mathbf{L}_c + \sum_{i=1}^I \mathbf{kwi} \mathbf{Lwi} + \mathbf{kf}^{((\mathbf{kf} + 2)/(\mathbf{kf} + 1) - \mathbf{b})} \mathbf{LF} \quad (10)$$

$$\mathbf{L}_{\text{FSL}} = 20 \log \mathbf{f}_{\text{MHz}} + 20 \log \mathbf{d} (\text{km}) + 32,5 \quad (11)$$

Keterangan:

b	= empirical parameter (0,46)
Lc	= Constant Loss
kwi	= Number of wall Crossed by the direct path
Lwi	= Wall type loss
Lf	= Loss per floor (18.3dB)
kf	= Number of Floors

Perhitungan luas sel ditentukan dengan menggunakan cakupan *cell* yang didapat dari *Free Space Loss* yang kemudian perhitungan luas sel dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{L}_{\text{Cell}} = 2,6 \times \mathbf{d}^2 \quad (12)$$

Keterangan:

\mathbf{L}_{Cell}	= Luas sel
d	= Radius sel

2.4.3 Perhitungan Jumlah Site

Berdasarkan kapasitas suatu cell, maka dilakukan perhitungan jumlah site yang dibutuhkan. Sebelum menentukan total site, maka diperhitungkan dahulu *throughput* yang dihasilkan oleh jaringan pada *downlink* dan *uplink*. Kemudian didapatkan jumlah pengguna tiap cell dari persamaan (13) [5].

$$\sum \text{LTE}_{\text{Cell}} = \frac{\text{Luas area}}{\text{Luas Cell}} \quad (13)$$

Keterangan:

$\sum \text{LTE}_{\text{Cell}}$ = Jumlah *site*

2.5 Reference Signal Receive Power (RSRP)

Reference Signal Receive Power (RSRP) merupakan daya dari *resource element* yang diterima (Watt) dari elemen sumber daya sinyal. Untuk menghitung besarnya nilai RSRP dapat dihitung menggunakan persamaan (14).

$$\text{RSRP} = \text{RSSI} - 10 \log (12 \times \text{NRb}) \quad (14)[10]$$

Tabel 2 Standar RSL operator

Coverage Plot (dBm)	
Sangat Baik	> -70
Baik	(-80) - (-70)
Cukup	(-90)-(-81)
Buruk	(-120)-(-91)
Sangat Buruk	< (-120)

2.6 Signal to Interference Noise Ratio (SINR)

Signal to Interference Noise Ratio (SINR) merupakan perbandingan nilai daya yang diterima UE dengan interferensi yang ditambahkan dengan noise. Untuk mendapatkan nilai SINR dapat dihitung menggunakan persamaan (15).

$$\text{SINR} = \frac{S}{I+N} \quad (15)$$

Tabel 3 Standar SIR operator

kategori	Nilai dBm
sangat baik	(21) - (40)
baik	(7) - (20)
cukup	(1) - (6)
buruk	(-6) - (0)
sangat buruk	(-20) - (-7)

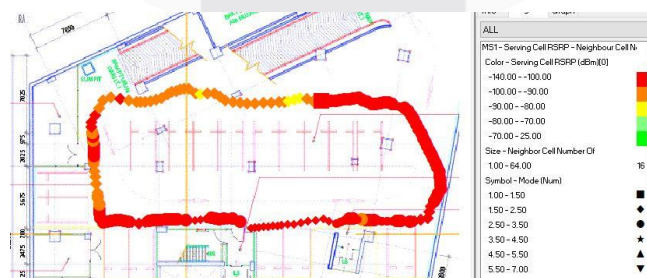
2.7 Distributed Antenne System (DAS)

Fungsi DAS adalah untuk membagi daya yang ditransmisikan antara elemen antena yang terpisah. misalnya, terdapat sebuah antena dapat ditempatkan di lantai yang berbeda dari sebuah bangunan untuk memberikan cakupan yang homogen. DAS akan banyak meningkatkan efisiensi jaringan dan area cakupan antena yang disesuaikan dengan bentuk bangunan. Hal inilah yang merupakan tugas *Indoor Planning Engineer* untuk mencoba membuat cakupan area sehomogen mungkin [12].

3. Analisis dan Perancangan Jaringan LTE Di Gedung Tamansari Parama Office

3.1 Pengukuran Di Lapangan

Pengukuran di lapangan disebut *walktest* dimana berfungsi untuk menentukan perlu dilakukan perencanaan jaringan LTE indoor atau tidak. *Walktest* ini dilakukan dengan menggunakan *software* TEMS *Pocket* dengan menggunakan operator Telkomsel dengan frekuensi 1800 MHz. Berikut hasil pengukuran di lantai basement gedung tersebut.



Gambar 2 Hasil Walktest

3.2 Spesifikasi Perangkat

Tabel 3 Radio Network Planning Spesification

Parameter	Uplink	Downlink
User Environment	Indoor	
Bandwidth	10 MHz	
Resource Block	50	
Frequency	1800 MHz	
Model Propagation	Cost-231 Multi Wall	
MIMO	2 × 2	

3.3 Capacity Planning

3.3.1 Estimasi Jumlah Pelanggan

Pada estimasi pelanggan, diketahui market share operator yaitu 80% dan memiliki penetrasi LTE 85%. Jadi pelanggan untuk lantai basement, mezzanine, 2, 3, 5 memiliki masing-masing estimasi 34 pelanggan, lantai 1 memiliki 68 pelanggan, dan lantai 6 sampai 16 memiliki masing-masing 136 pelanggan.

3.3.2 Network Throughput

Setelah diperoleh *Single User Throughput*, langkah selanjutnya yaitu menentukan kebutuhan *Throughput* keseluruhan (*Network Throughput*) pada gedung Tamansari Parama. Berikut tabel 4 menggunakan persamaan (3) dan (4).

Tabel 4 Network Throughput

Lantai	SUT		Total Network Throughput (IP)(Kbps)		Total Network Throughput (MAC) (Mbps)	
	UL	DL	UL	DL	UL	DL
Basement	36,7389015	278,405606	1249,12265	9465,79061	1,27461495	9,65897001
Lantai 1	36,7389015	278,405606	2498,2453	18931,5812	2,5492299	19,31794
Mezzanine	36,7389015	278,405606	1249,12265	9465,79061	1,27461495	9,65897001
Lantai 2	36,7389015	278,405606	1249,12265	9465,79061	1,27461495	9,65897001
Lantai 3	36,7389015	278,405606	1249,12265	9465,79061	1,27461495	9,65897001
Lantai 5	36,7389015	278,405606	1249,12265	9465,79061	1,27461495	9,65897001
Lantai 6	36,7389015	278,405606	4996,49061	37863,1624	5,0984598	38,63588
Lantai 7	36,7389015	278,405606	4996,49061	37863,1624	5,0984598	38,63588
Lantai 8	36,7389015	278,405606	4996,49061	37863,1624	5,0984598	38,63588
Lantai 9	36,7389015	278,405606	4996,49061	37863,1624	5,0984598	38,63588
Lantai 10	36,7389015	278,405606	4996,49061	37863,1624	5,0984598	38,63588
Lantai 11	36,7389015	278,405606	4996,49061	37863,1624	5,0984598	38,63588
Lantai 12	36,7389015	278,405606	4996,49061	37863,1624	5,0984598	38,63588
Lantai 15	36,7389015	278,405606	4996,49061	37863,1624	5,0984598	38,63588
Lantai 16	36,7389015	278,405606	4996,49061	37863,1624	5,0984598	38,63588

3.3.3 Total Site Calculation

Dari data yang telah di hitung sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa dalam perencanaan jaringan berdasarkan kapasitas pengguna di gedung Tamansari Parama didapatkan jumlah FAP yang dibutuhkan pada lantai *basement* sampai dengan lantai 5 yaitu sebanyak masing-masing 1 FAP kecuali lantai 1 dengan jumlah 2 FAP. Sedangkan untuk lantai 6 sampai 16, dibutuhkan sebanyak 3 FAP untuk masing masing lantainya. Jadi total keseluruhan *site* yang dibutuhkan yaitu 38 FAP. Untuk mencari jumlah site pada *capacity planning*, digunakan persamaan (7).

Tabel 5 Total Site Calculation

Lantai	User	Jumlah Site		Pendekatan Jumlah Site	
		UL	DL	UL	DL
Basement	34	0,06304489	0,57330151	1	1
Lantai 1	68	0,12608979	1,14660301	1	2
Mezzanine	34	0,06304489	0,57330151	1	1
Lantai 2	34	0,06304489	0,57330151	1	1
Lantai 3	34	0,06304489	0,57330151	1	1
Lantai 5	34	0,06304489	0,57330151	1	1
Lantai 6	136	0,25217958	2,29320602	1	3
Lantai 7	136	0,25217958	2,29320602	1	3
Lantai 8	136	0,25217958	2,29320602	1	3
Lantai 9	136	0,25217958	2,29320602	1	3
Lantai 10	136	0,25217958	2,29320602	1	3
Lantai 11	136	0,25217958	2,29320602	1	3
Lantai 12	136	0,25217958	2,29320602	1	3
Lantai 15	136	0,25217958	2,29320602	1	3
Lantai 16	136	0,25217958	2,29320602	1	3

3.4 Penentuan loss saluran

Pada perancangan perlu diperhatikan pada sisi *wiring*. *Wiring* merupakan hal yang sangat penting karena pada *wiring* diperhatikan daya pancar, redaman pada material perangkat, dan penempatan antenna. Maka dari itu digambarkan sebuah *schematic wiring* untuk mempermudah penggambaran pada bentuk denah. Berikut diagram pengkabelan beserta spesifikasinya. Pada *wiring* ini berfungsi untuk mengetahui *loss* terbesar saluran pada setiap lantai sehingga digunakan pada *coverage planning* nanti.

Pada tabel 6 merupakan total *loss* dari keseluruhan setiap lantai dengan mengambil *loss* terbesar di masing-masing lantai yang telah di *wiring*.

Tabel 6 Total loss saluran setiap lantai

Lantai	Loss Saluran (dB)
Lantai Basement	19.73
Lantai 1	23.84
Lantai Mezzanine	20.48
Lantai 2	20.89
Lantai 3	20.65
Lantai 5	20.41
Lantai 6	26.53
Lantai 7	25.80
Lantai 8	25.56
Lantai 9	25.32
Lantai 10	25.56
Lantai 11	25.08
Lantai 12	24.84
Lantai 15	24.59
Lantai 16	24.85

3.5 Coverage Planning

Setelah mendapatkan hasil pada *Capacity Planning*, kemudian dilakukan lagi pengukuran berdasarkan cakupan area, hal ini dilakukan sebagai perbandingan antara jumlah kebutuhan FAP berdasarkan kapasitas dan cakupan.

MAPL digunakan untuk mendapatkan nilai radius dalam sebuah *site*. Adapun hasil dari perhitungan link budget untuk menentukan MAPL arah *downlink* dan arah *uplink* dapat dilihat pada tabel 7 dan 8 berikut. Perhitungan MAPL ini berdasarkan persamaan (8) dan (9).

Tabel 7 MAPL Uplink Lantai Basement[9]

Transmitter (UE)	Value	Calculation
Max. Tx Power (dBm)	26	A
Tx. Antenna gain (dBi)	0	B
Body Loss (dB)	3	C
EIRP (dB)	23	D = A+B-C
Receiver (FAP)	Value	Calculation
Noise Figure (dB)	7	E
Thermal Noise (dBm)	-103.97	F = k*T*BW
SINR	-10	G
Receiver Sensitivity (dBm)	-113.97	H = F+G
Load Factor	0.7	I = 70%
Interference Margin (dB)	2	J
Rx Antenna Gain (dBi)	5.5	K
Cable Loss (dB)	19.73	L
MHA gain (dB)	2	M
Log normal Fading Margin (dB)	4	N
Maximum Allowed Path Loss (dB)	118.04	O = D-H-I-J+K-L+M-N

Tabel 8 MAPL Downlink Lantai Basement [9]

Transmitter (FAP)	Value	Calculation
Max. Tx Power (dBm)	35	A
Tx. Antenna gain (dBi)	5.5	B
Cable Loss (dB)	19.73	C
EIRP (dB)	20.77	D = A+B-C
Receiver (UE)	Value	Calculation
Noise Figure (dB)	7	E
Thermal Noise (dBm)	-103.97	F = k*T*BW
Receiver Noise Floor (dBm)	-96.97	G = E+F
SINR	-10	H
Receiver Sensitivity (dBm)	-106.97	I = G+H
Load Factor	0.7	J = 70%
Interference Margin (dB)	3	K
Rx Antenna Gain (dBi)	0	L
Body loss (dB)	3	M
Log normal Fading Margin (dB)	4	N
Maximum Allowed Path Loss (dB)	117.04	O = D-I-J-K+L-M-N

Tabel 9 MAPL semua lantai

Lantai	Loss Saluran	EIRP	MAPL
Basement	19.73	20.77	117.04
1	23.84	16.66	112.93
Mezzanine	20.48	20.02	116.29
2	20.89	19.61	115.88
3	20.65	19.85	116.12
5	20.41	20.09	116.36
6	26.53	13.97	110.24
7	25.80	14.7	110.97
8	25.56	14.94	111.21
9	25.32	15.18	111.45
10	25.56	14.94	111.21
11	25.08	15.42	111.69
12	24.84	15.66	111.93
15	24.59	15.91	112.18
16	24.85	15.65	111.92

Untuk menghitung jari-jari *cell* dapat digunakan persamaan (10) dan persamaan (11) untuk mencari jumlah *cell*. Berikut perhitungan pada lantai basement.

$$L_{FSL} = 20 \log 1800 \text{ Mhz} + 20 \log d + 32,5$$

$$= 97,6054501 + 20 \log d$$

$$L_T = L_{FSL} + L_C + \sum_{i=0}^m n_{wi} L_{wi} + n_f \left[\frac{n_{f+2}}{n_{f+1}} - b \right] L_f$$

$$L_T = MAPL_{Downlink}$$

$$117,04 = 97,6054501 + 20 \log d + 0 + (6,9 \times 1) + (3,4 \times 3) + 2 \left(\frac{2+2}{2+1} - 0,46 \right) \times 18,3$$

$$117,04 = 146,6694501 + 20 \log d$$

$$- 29,6294501 = 20 \log d$$

$$- 1,481472505 = \log d$$

$$d(Km) = 0,033 \text{ Km} = 33 \text{ m}$$

$$L_{cell} = 2,6 \times d^2$$

$$= 2,6 \times 33^2$$

$$= 2831,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah Akses Poin} = \frac{\text{Luas Area}}{\text{Luas Cell}}$$

$$= \frac{675}{2831,4} = 0,238 \approx 1 \text{ Femtocell Access Point}$$

Tabel 10 Jumlah FAP berdasarkan *Coverage*

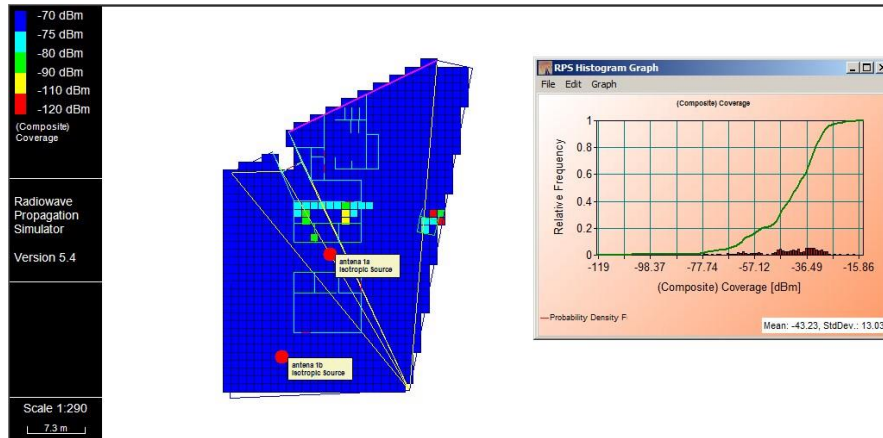
Lantai	Redaman Lw 1	Redaman Lw 2	Jumlah FAP
Basement	1	3	1
Lantai 1	1	3	1
Mezzanine	1	3	1
Lantai 2	1	3	1
Lantai 3	1	3	1
Lantai 5	1	3	1
Lantai 6	2	3	6
Lantai 7	2	3	5
Lantai 8	2	3	5
Lantai 9	2	3	5
Lantai 10	2	3	5
Lantai 11	2	3	4
Lantai 12	2	3	4
Lantai 15	2	3	4
Lantai 16	2	3	4

4. Hasil Simulasi

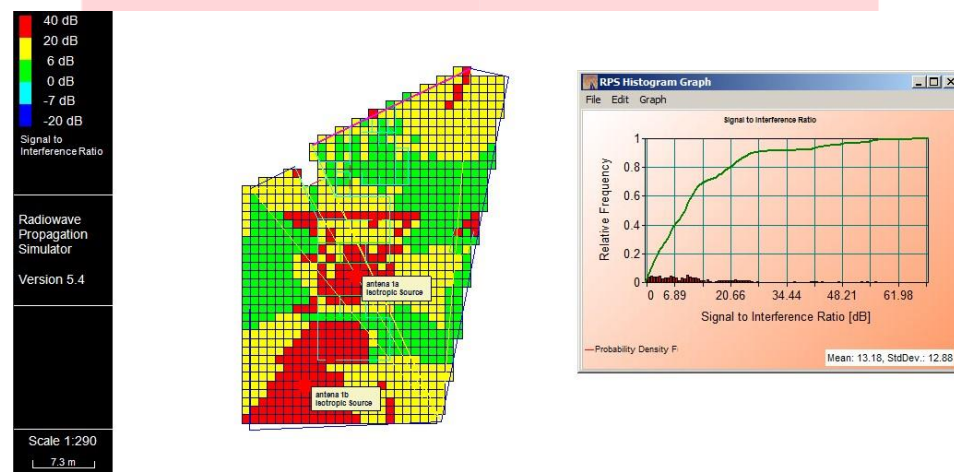
Dari hasil data *capacity* dan *coverage*, jumlah FAP yang digunakan yaitu 34 FAP berdasarkan jumlah FAP *capacity planning* dengan pertimbangan berdasarkan simulasi RPS 5.4, seluruh area gedung Tamansari Parama telah tercakup sinyal dan memenuhi kebutuhan throughput pada *user*.

Pada gambar 3 dapat dilihat penyebaran *coverage* area lantai 1 dengan posisi antenna berada di area yang ramai *user*. Seluruh *user* yang berada di lantai 1 dapat ter-cover dengan baik dengan mendapatkan sinyal rata-rata -43.23 dBm dimana *coverage* area yang dihasilkan sekitar 99.90%.

Kemudian Pada gambar 4 perbandingan sinyal yang terinterferensi dapat dilihat. Gambar tersebut menunjukkan persebaran warna tingkat interferensi dan juga memperlihatkan histogram SIR dengan *mean* (rata-rata) yaitu 13.18 dB. SIR yang didapatkan untuk rentang cukup sampai ke sangat baik yaitu dengan persentase 98.24%, dimana telah sesuai standar KPI yaitu lebih besar dari 90%.



Gambar 3 Analisis Coverage Plot Lantai 1



Gambar 4 Analisis SIR Lantai 1

Berdasarkan Tabel 11, bahwa setelah dilakukan perencanaan jaringan disetiap lantai dan dengan menggunakan simulasi RPS 5.4, semua lantai telah memenuhi standar KPI yang telah ditetapkan operator, sebagaimana RSL dan SIR yang diharapkan yaitu untuk rentang kategori cukup sampai sangat baik berada diatas 90%. Adapun untuk lantai Basement, lantai Mezzanine, lantai 2, lantai 3, dan lantai 5 tidak ada nilai SIR karena hanya membutuhkan 1 antenna sehingga tidak akan terjadi interferensi.

Tabel 11 Analisis keseluruhan lantai

Lantai	RSL (%)	SIR (%)	Keterangan
Basement	99.18	-	Sesuai Standar KPI
Lantai 1	98.75	98.24	Sesuai Standar KPI
Mezzanine	96.17	-	Sesuai Standar KPI
Lantai 2	96.37	-	Sesuai Standar KPI
Lantai 3	96.68	-	Sesuai Standar KPI
Lantai 5	95.67	-	Sesuai Standar KPI
Lantai 6	95,09	97,05	Sesuai Standar KPI
Lantai 7	95,25	96,99	Sesuai Standar KPI
Lantai 8	96,70	97,05	Sesuai Standar KPI
Lantai 9	95,55	96,99	Sesuai Standar KPI
Lantai 10	95,70	97,05	Sesuai Standar KPI
Lantai 11	95,93	96,99	Sesuai Standar KPI
Lantai 12	96,29	97,05	Sesuai Standar KPI
Lantai 15	95,70	96,76	Sesuai Standar KPI
Lantai 16	95,70	97,05	Sesuai Standar KPI

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa perencanaan jaringan LTE *femtocell* di Gedung Tamansari Parama Office Park, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada *capacity planning*, jumlah *site* yang dibutuhkan yaitu sebanyak 34 FAP. Untuk lantai basement, mezzanine, 2, 3, dan 5 masing-masing 1 FAP, lantai 1 membutuhkan 2 FAP, dan untuk lantai 6 sampai 16 masing-masing 3 FAP.
2. Berdasarkan *coverage planning*, total jumlah antenna yang dibutuhkan pada Gedung Parama adalah 48 FAP. Dimana lantai Basement, 1, Mezzanine, 2, 3, 5 yaitu masing-masing 1 FAP. Lantai 6 membutuhkan 6 FAP. Kemudian lantai 7, 8, 9, 10 yaitu masing-masing 5 FAP. Sedangkan untuk lantai 11, 12, 15, 16 yaitu masing-masing 4 FAP.
3. Total jumlah FAP yang digunakan pada DAS dan simulasi yaitu jumlah FAP berdasarkan *capacity planning* sebanyak 34 FAP dengan pertimbangan bahwa dengan jumlah 34 FAP telah memenuhi kebutuhan *throughput user* dan seluruh area gedung Tamansari Parama telah tercakup oleh sinyal.
4. Dari hasil simulasi dan perencanaan, setiap lantai telah menghasilkan RSL yang sesuai standar KPI operator Telkomsel yaitu diatas 90%, dimana RSL terendah pada lantai 6 dengan 95.09% dan RSL tertinggi pada lantai Basement dengan 99.18%.
5. Untuk SIR, setiap lantai juga telah memenuhi persyaratan KPI yaitu dengan persentase diatas 90%. Dimana SIR persentase terendah pada lantai 15 dengan 96.76% dan SIR persentase tertinggi pada lantai 1 dengan 98.24%

6. Daftar Pustaka

- [1] Nagalangit, Tamansari Parama, Boutique Office Terbaru Karya Wika Realty, Oktober 04, 2018. Available: Rumahku.com. [Diakses 04 Oktober 2018, 21:51 WIB].
- [2] Ridwan, Agung. Isu Keamanan Femtocell: Institut Teknologi Bandung, 2017.
- [3] Fujitsu Network Communication Inc. High Capacity Indoor Wireless Solution. Texas: Picocell or Femtocell: Richardson, 2013.
- [4] Putra, Panji, dan Abdul. 4G LTE Advanced for Beginner and Consultant. Depok: Prandia Self Publishing, 2017.
- [5] Luthfi, Heroe W, dan Uke K. Analisis Perencanaan Integrasi Jaringan LTE Advanced dengan Wifi 802.11 In Existing pada sisi Coverage. Malang: Institute Teknologi Nasional Malang, 2016.
- [6] Adityawarman, F, Analisis Perencanaan Jaringan LTE Picocell Stadion Utama Gelora Bung Karno: Universitas Telkom, Bandung, 2018.
- [7] Sinaga, B, Perencanaan Jaringan Indoor Untuk Teknologi LTE Di Gedung Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom: Universitas Telkom, Bandung, 2016.
- [8] Stefania, Issam, and Matthew. LTE The UMTS Long Term Evolution. Second Edition. United Kingdom: Wiley, 2011.
- [9] Aragon-Zavala, A. Indoor Wireless Communication: From theory to implementation. United Kingdom: Wiley, 2017
- [10] Salo, J, Mobility Parameter Planning for 3GPP LTE: Basic Concepts and Intra-Layer Mobility. 2013.
- [11] Tolstrup, Morten. Indoor Radio Planning A Practical Guide for 2G, 3G and 4G, 3rd Edition. Chicester, West Sussex Wiley. 2015.
- [12] Zhang, Jie. Femtocells Technologies and Deployment. Chicester, West Sussex Wiley. 2010.
- [13] Microwaves&RF, "DASs Bring Capacity Indoors, Outdoors, and Where Ever You Need It", April 02, 2014. Available: www.mwrf.com. [Diakses 16 Juni 2019, 19:02 WIB].