

**ANALISIS PERANCANGAN DAN PERFORMANSI LTE FEMTOCELL DI GEDUNG A DAN B  
TELKOM UNIVERSITY**  
*ANALYSIS LTE FEMTOCELL DESIGN AND PERFORMANCE IN BUILDING A & B TELKOM  
UNIVERSITY*

Diki Sofyan Setiawan<sup>1</sup>, Achmad Ali Muayyadi<sup>2</sup>, Uke Kurniawan Usman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>dikdiki123@gmail.com, <sup>2</sup>alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>ukeusman@telkomuniversity.ac.id

### ABSTRAK

Pengguna layanan telekomunikasi voice maupun data sudah menjadi hal yang utama dalam melakukan komunikasi antar manusia. Gedung perkuliahan merupakan tempat yang paling banyak terjadi mobilitas penggunaan layanan telekomunikasi yang artinya dibutuhkan suatu perancangan jaringan seluler khususnya pada area indoor. Maka dari itu penelitian ini dilakukan pada gedung perkuliahan yaitu di gedung A dan B Universitas Telkom. Untuk dapat mendukung kebutuhan trafik di gedung tersebut yang terdiri dari 3 lantai di tiap gedungnya, dalam suatu kondisi terpadatnya membutuhkan mobile data yang tinggi agar mendukung proses perkuliahan, bahkan penerimaan sinyal pada daerah tersebut dipengaruhi beberapa hal seperti bentuk bangunan serta dinding yang menghalangi yang dapat mengurangi penerimaan kualitas sinyal kepada user. Oleh sebab itu diperlukan suatu perancangan jaringan LTE berbasis femtocell untuk area indoor tersebut.

Pada perencanaan LTE ini dilakukan perhitungan berdasarkan coverage dan perhitungan berdasarkan capacity, untuk mendapatkan jumlah FAP (Femtocell Access Point) yang diperlukan untuk masing-masing gedung. Jumlah FAP yang didapat pada perhitungan coverage adalah 3 FAP untuk masing-masing gedung, sedangkan secara capacity adalah 6 FAP untuk masing-masing gedung.

Dalam tugas akhir ini menghasilkan jumlah sel jaringan LTE di Gedung A dan B Telkom University masing-masing sebanyak 6 buah FAP per gedung yang terbagi menjadi 2 buah FAP pada setiap lantainya dengan nilai RSL -62,53 dBm yang sudah memenuhi standar KPI yaitu diatas -90 dBm, serta nilai SINR untuk lantai 1 50,49 dB, lantai 2 52,14 dB, lantai 3 52 dB, tetapi ketika di implementasikan pada 3 lantai nilai SINR nya menjadi 11,81 dB dimana nilai standar KPI yang baik untuk SINR diatas 5 dB.

**Kata Kunci :** Signal Level, SINR, Throughput, Femtocell, RPS

### ABSTRACT

*User voice and data telecommunications services have become the main thing in communication of humans. Lecture building is where the most common use of the mobility telecommunications services, which means we need a cellular network design, especially in an indoor area. Therefore this study conducted at the lecture building which are in building A and B Telkom University. To be able to support the needs of the traffic in the building which consists of three floors in each building, in a densest condition the require of mobile data is high in order to support the lecture, even the reception signal in the area influenced by several things like the shape of the building and the wall that blocks that can be reduce the reception quality of the signal to the user. Therefore we need a femtocell-based LTE network design for the indoor area.*

*LTE planning is done based on the calculation of the coverage and calculation based on capacity, to get the number of FAP (Femtocell Access Point) is required for each building. FAP amount obtained in the calculation of coverage is 3 FAP for each building, while in capacity is 6 FAP for each building.*

*In this final project result, in the number of LTE network cell in Building A and B Telkom University respectively FAP much as 6 units per building is divided into 2 pieces FAP on each floor with a value of -62.53 dBm RSL presents standard KPI is above -90 dBm, as well as the value of SINR to the 1st floor of 50.49 dB, 52.14 dB 2nd floor, 3rd floor of 52 dB, but when implemented on the 3rd floor of his SINR value becomes 11.81 dB where the value of the standard KPIs that are good for up to 5 dB SINR.*

*Keywords :* Signal Level, SINR, Throughput, Femtocell, RPS

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini terus menerus mengalami peningkatan terutama pemakaian jaringan komunikasi seluler, pengguna jaringan seluler saat ini membutuhkan komunikasi berkecepatan tinggi, untuk dapat menikmati fasilitas yang ditawarkan seperti VoIP, Streaming, web browsing, Email dan lain-lain. Dengan meningkatnya jumlah mahasiswa pada kampus Telkom University yang berdampak menurunnya kualitas layanan yang ditawarkan dan untuk mengantisipasi terjadinya *overload*.. Maka perlu dilakukan perencanaan jaringan untuk meningkatkan kualitas layanan pada area *indoor*. Jumlah kapasitas mahasiswa yang terdapat dalam gedung A dan B Universitas Telkom sebanyak 3240 orang. Untuk memenuhi trafik *user* serta kualitas sinyal yang baik di area tersebut maka dibutuhkan suatu perancangan jaringan dengan

standar yang baik. Salah satu *platform* teknologi 4G yang berkembang saat ini adalah teknologi *Long Term Evolution* (LTE) yaitu perkembangan teknologi seluler dari badan standarisasi 3GPP.

*Femtocell* merupakan salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas jaringan pada area *indoor* dengan daya rendah dan beroperasi menggunakan spektrum berlisensi yang dapat langsung diakses oleh pengguna seluler. Dalam penelitian ini lebih sering menggunakan istilah FAP, yaitu *Femtocell Access Point*.

Dari hasil walktest yang telah dilakukan sebelum penelitian didapatkan hasil RSL untuk lantai 1, 2, dan 3 masing - masing sebesar -83.64 dBm, -100.917 dBm, dan -93.456 dBm, maka dari itu perlu dilakukan penelitian untuk memperbaiki nilai RSL pada gedung tersebut. Untuk memenuhi layanan di gedung A & B agar dapat optimal maka diperlukan perencanaan *coverage area* dan *capacity*. Penelitian ini akan menganalisa jaringan LTE untuk studi kasus operator x yang digunakan pada daerah Gedung A dan B Universitas Telkom yang terdiri dari 3 lantai yang berkapasitas 3240 orang..

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Long Term Evolution (LTE)<sup>[1]</sup>

Kebutuhan masyarakat akan informasi dan komunikasi terus berkembang sangat pesat dari kurun waktu ke waktu. Berbagai macam kebutuhan konsumen menuntut kepada pihak penyedia jasa layanan telekomunikasi seluler untuk terus mengembangkan layanannya terutama dalam akses data dengan kecepatan yang tinggi atau *broadband* kapanpun dan dimanapun. Komunikasi paket data mulai diperkenalkan kepada konsumen pada generasi kedua, yaitu era GSM kemudian dikembangkan menjadi teknologi 3GPP yaitu GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+, LTE, selanjutnya berkembang generasi yang keempat dengan teknologi LTE *Advanced*. Teknologi LTE dirancang untuk kecepatan akses data, LTE dapat memberikan *coverage* dan *capacity* dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya operasional, mendukung penggunaan multiple-antena, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth*, dan dapat saling *internetworking* dengan jaringan *existing* yang sudah ada sebelumnya. Perubahan yang terjadi pada LTE dibandingkan standar sebelumnya ada tiga, yaitu *air interface*, jaringan radio, dan jaringan *core*. Dengan LTE, pengguna dapat mengunduh dan mengunggah video beresolusi tinggi, mengakses e-mail dengan lampiran besar, serta dapat melakukan *video conference* setiap saat. LTE dapat beroperasi pada spektrum IMT-2000 (450, 850, 900, 1800, 1900, 2100 MHz) atau pada spektrum baru seperti 700MHz dan 2.5GHz.

### 2.2 LTE Femtocell <sup>[1]</sup>

*Femtocell* merupakan pengembangan dari konsep arsitektur BTS di jaringan seluler dengan menggunakan level daya rendah dan memiliki cakupan yang lebih kecil dibandingkan dengan makro. *Femtocell* adalah solusi yang tepat untuk meningkatkan cakupan dan kapasitas pada jaringan terutama di dalam ruangan seperti perumahan-perumahan atau perkantoran yang sering kali tidak terjangkau oleh BTS konvensional, sekaligus juga sebagai respon teknologi telepon seluler atas pertumbuhan *VoIP* dan *WiFi* di seluruh dunia. *Femtocell* menggunakan jaringan IP sebagai arsitektur backhaulnya. *Femtocell* terbagi atas 4 kategori yaitu *home femto*, *enterprise femto*, *metro indoor*, dan *metro outdoor*.

## 2.3. Capacity Planning

### 2.3.1 Forecasting Jumlah Pelanggan

Dalam perancangan jaringan seluler dibutuhkan parameter seperti data jumlah penduduk 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 dengan memperhatikan faktor-faktor seperti penetrasi LTE sebesar 20% sebagai berikut :

$$Un = (Ax C) + (BxD) \quad (1)$$

Dimana:

- Un= Jumlah user
- A= Total ruangan kelas besar
- B= Total Ruangan kelas kecil
- C= Kapasitas ruangan kelas besar
- D= kapasitas ruangan kelas kecil

Selanjutnya perhitungan *target user* didapat dari :

$$G = Un \times P \quad (2)$$

Dimana:

- G= Total Target User
- Un= Jumlah user
- P= Penetrasi LTE 20%

Dengan perhitungan diatas maka akan didapat jumlah total *target user* dalam perancangan ini.

### 2.3.2 Trafik Model Layanan

Penentuan parameter dalam trafik dan model layanan yang digunakan dalam LTE untuk dapat memaksimalkan *throughput* yang ingin dicapai.

$$\text{Throughput/Session (Kbit)} = \text{PPP Session Time (s)} \times \text{PPP Session Duty Ratio} \times \text{Bearer Rate(kbps)} \times [1/(1-\text{BLER})]^{[8]} \quad (3)$$

Dimana :

Throughput = Banyaknya data yang diterima (kbit)  
 Session Time = durasi setiap layanan (s)  
 BLER = toleransi *block error rate*  
 Bearer rate = *application layer bit rate*

Parameter SUT dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Single User Throughput} = (\sum (\text{Throughput/Session}) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{Peak to Average Ratio}) ) / 3600^{[8]} \quad (4)$$

Dimana :

BHSA = service attempt in busy hour  
 Penetration rate = penetrasi jaringan tiap daerah  
 Peak to Average Ratio = Penetrasi rata-rata tiap daerah  
 3600 = 1jam (3600 detik)

Untuk mendapatkan cell average throughput pada DL dan UL, maka disesuaikan dengan jenis modulasi untuk code bit, code rate, SINR, dan SINR probability.

## 2.4 Coverage Planning

### 2.4.1 Perhitungan Link Budget

Perhitungan MAPLuplink;

$$\text{MAPLuplink} = \text{UETxP} + \text{Gue} - \text{BL} + \text{GeNB} - \text{FL} + \text{TMAil} - \text{RSue} - \text{PL} - \text{FM} - \text{IM}^{[9]} \quad (5)$$

Dimana :

*UETxP* : transmit power [dBm]  
*GUE* : gain UE Rx [dBi]  
*GeNodeB* : gain eNodeB Tx [dBi]  
*FL* : Feeder Loss [dB]  
*TMAIL* : TMA Insertion Loss [dB]  
*RSUE* : receiver sensitivity [dBm]  
*PL* : Penetration Loss [dB]  
*FM* : Fading Margin [dB]  
*IM* : Interference Margin [dB]

Perhitungan MAPLdownlink;

$$\text{MAPLdownlink} = \text{eNBTxP} + \text{PGeNB} - \text{FL} - \text{BL} + \text{TMAIL} - \text{RSUE} - \text{PL} - \text{FM} - \text{IM} + \text{Gue}^{[9]} \quad (6)$$

Dimana :

*eNBTxP* : transmit power [dBm]  
*GUE* : gain UE Rx [dBi]  
*GeNodeB* : gain eNodeB Tx [dBi]  
*FL* : Feeder Loss [dB]  
*TMAIL* : TMA Insertion Loss [dB]  
*RSUE* : receiver sensitivity [dBm]  
*PL* : Penetration Loss [dB]  
*FM* : Fading Margin [dB]  
*IM* : InterferenceMargin [dB].

### 2.4.2 Model Propagasi CoOST 231 Multiwall

Adapun rumus dari *Cost 231 Multiwall* adalah sebagai berikut :

$$L_t = L_{fsl} + LC + \sum_{i=1}^M L_{wi} + n_f \left( \frac{f}{f_0} \right)^{-\alpha} \quad (7)$$

Dimana :

- L<sub>fsl</sub> = loss free space

- $LFSL = 20 \log F(\text{Mhz}) + 20 \log d\text{Km} + 32,5$

- LC = constant loss (37dB)
- LW<sub>i</sub> = Wall type loss I = 1,2, .....
- n<sub>wi</sub> = number of wall crossed by the direct path
- L<sub>f</sub> = Loss Per Floor = 15 dB
- b = empirical parameter (0,46)
- M = number of wall type
- n<sub>f</sub> = number of floors crossed by the path

Model propagasi Cost 231 ini lebih tepat diaplikasikan untuk perencanaan jaringan LTE pada frekuensi 1800 MHz.

**2.4.3 Perhitungan Jumlah Sel**

a) Perhitungan luas sel

$$\text{Luas Sel} = 2,6 \times d^2 \tag{8}$$

b) Perhitungan Jumlah Sel

$$\sum \text{Luas Sel} = \text{Luas Area} \tag{9}$$

**3. Hasil Perhitungan**

**3.1 Hasil Perhitungan Capacity**

Peningkatan jumlah mahasiswa tiap tahun akan berkaitan langsung dengan kepadatan trafik. Maka dari itu, harus dilakukan perencanaan kapasitas jaringan untuk prediksi jumlah pelanggan agar trafik dalam beberapa tahun kedepan dapat terpenuhi. Hasil dari perhitungan *forecasting* dapat dilihat seperti dibawah ini dengan menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2) ,sedangkan penetrasi LTE didapatkan berdasarkan hasil survey kuisioner pelanggan yang berada di daerah tersebut :

**Tabel 1** Total target user Lantai 1 di Gedung A

Lantai 1	jumlah
Kelas Besar	6
Kelas Kecil	6
Kapasitas Kelas Besar	60
Kapasitas Kelas Kecil	30
Total User	540
Penetrasi LTE 20%	108

Penetrasi LTE sebesar 20% diambil dari sampel kuisioner yang telah dilakukan sebelumnya kepada pelanggan atau *user* yang berada pada daerah tinjauan yang ditunjukkan oleh grafik 3.1.



**Grafik 1** Penetrasi LTE dari hasil kuisioner

Berikut adalah hasil perhitungan *site capacity*, *number of site*, *cell coverage*, dan *cell radius* yang didapat dari persamaan (2.7 – 2.10)<sup>[8]</sup>

Tabel 2 Perhitungan Total Site

Item	Lantai 1	
	UL	DL
Network Throughput (MAC) (Mbps)	3.89	29.54
Site Capacity (Mbps)	20.21	16.84
Number of site	1	2
Total site (FAP)	2	

3.2 Hasil Perhitungan Coverage

Perhitungan *Link Budget* digunakan untuk mengatur dan memperhitungkan seberapa besar penyebaran daya yang dibutuhkan untuk memancarkan sinyal dalam perancangan. apabila sinyal dapat didistribusikan dengan maksimal, maka *coverage* yang didapatpun akan optimal. Selain itu pemilihan perangkat juga merupakan bagian yang penting dan harus di perhitungkan dengan baik. Adapun perhitungan *Link Budget* tersebut adalah :

Untuk mendapatkan MAPL jika diketahui PT adalah 30 dBm, GT adalah 0 dB, GR adalah 2 dB, dan LS adalah 6 dB. Maka menggunakan persamaan (2.13-2.14) didapat MAPL sebagai tabel berikut :

Tabel 3

Receiver	Value	Calculation
Noise figure (dB)	2	e
Thermal noise (dBm)	-107.44	f=k*T*B
Receiver noise floor (dBm)	-105.44	g=e+f
SINR (dB)	-9	h
Receiver sensitivity (dBm)	-114.44	i=g+h
Load factor	0.7	j (70%)
Interference Margin (dB)	15.2288	k=-10 log(1-1/10)
RX antenna gain (dB)	3	l
cable loss (dB)	6	m
MHA gain (dB)	2	n
Maximum path loss	127.21	o=d-i-k-l+m-n
Log normal fading margin	7.3	p
Allowed propagation loss for cell range	119.9	q=o-p

Sebelum menentukan jumlah *femtocell* terlebih dahulu harus menghitung jari jari sel dengan menggunakan persamaan *free space loss* :

$$L_{FSL} = 20^{10} \text{Log} f_{\text{Mhz}} + 20^{10} \text{Log} d_{\text{Km}} + 32,5$$

$$L_{FSL} = 97,6054 + 20^{10} \text{Log} d_{\text{km}}$$

Diketahui bahwa Lt = 119.9 dBm, f= 1800 Mhz, , nf = 3, lf= 15 dB, Maka dengan memperhatikan table material serta menggunakan persamaan (2.15) akan didapat perhitungan sebagai berikut ;

$$L_t = L_{fs1} + LC + \sum_{i=1}^n L_{wi} + nf \frac{n_i - 2}{n_i - 1} - lf$$

$$119,9 = 97,6054 + 20^{10} \text{Log} d_{\text{km}} + 37 + 17,7$$

$$119,9 = 152,3054 + 20^{10} \text{Log} d_{\text{km}}$$

$$20^{10} \text{Log} d_{\text{km}} = 119,9 - 152,3054$$

$$20^{10} \text{Log} d_{\text{km}} = -32,3954$$

$$^{10} \text{Log} d_{\text{km}} = -1,61977$$

$$d = 0,024000898 \text{ km}$$

$$d = 24,1 \text{ m}$$

Luas sel ditentukan menggunakan persamaan (2.16) sebagai berikut;

$$L = 2,6 d^2$$

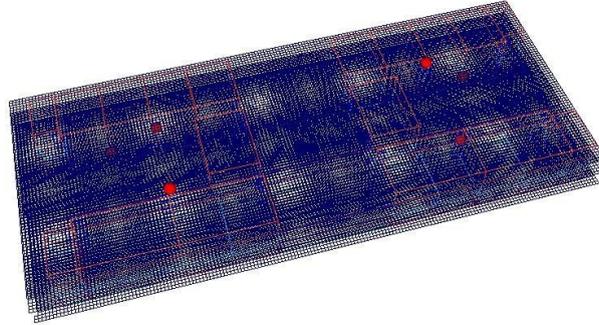
$$L = 2,6 (24,1)^2$$

$$L = 2,6 (580,81)$$

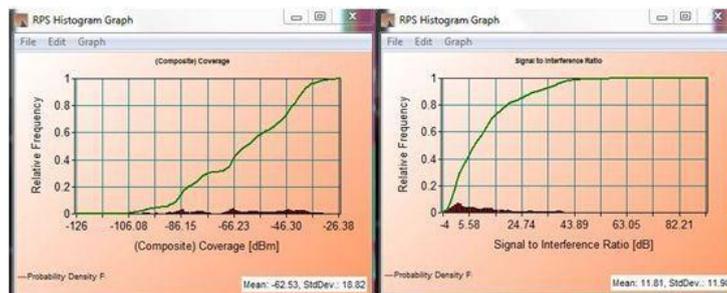
$$L = 1510,106 \text{ m}^2$$

#### 4. Simulasi Dan Analisis

Gambar 4.5 mempresentasikan penempatan FAP yang telah digabungkan antara lantai 1, 2 dan 3 .warna biru menunjukkan rx yang berada pada area tersebut..



**Gambar 1** Plotting keseluruhan tx dan rx



**Grafik 2** Coverage & Signal to Interference keseluruhan

Pada Grafik 2 menunjukkan hasil dari *coverage* dan SINR nya dengan nilai rata-rata untuk *coverage* sebesar -62,53 dBm dan untuk SINR sebesar 11,81 dB dan nilai tersebut sudah memenuhi nilai standar dari KPI.

#### 5. Kesimpulan Dan Saran

##### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan simulasi penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan dari sisi *coverage* dan *capacity* dibutuhkan sebanyak 6 buah FAP untuk Gedung A dan 6 buah FAP untuk Gedung B untuk mencakup daerah tinjauan.
2. Hasil simulasi dari percobaan yang telah dilakukan didapat nilai RSL sebesar -62,53 dBm yang berarti sudah memenuhi standar dari KPI dari vendor untuk RSL yaitu diatas -90 dBm dan nilai SINR sebesar 11,81dB ketika penempatan FAP digabungkan ,berbeda jika dilakukan berdasarkan per lantai nya nilai SINR nya 50,49 dB, 52,14 dB, dan 52 dB.
3. Penurunan nilai SINR ini diakibatkan dari jarak penempatan FAP itu sendiri dan jumlah FAP yang didapatkan.
4. Nilai RSL dan SINR yang didapatkan sudah baik karena sudah memenuhi standar KPI yang ditetapkan vendor yaitu diatas -90 dBm untuk RSL dan diatas 5 dB untuk SINR.

##### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik lagi adalah sebagai berikut :

1. Simulasi menggunakan *software* yang lebih baik lagi dibandingkan RPS yang mungkin memiliki fitur yang lebih signifikan untuk mensimulasikan penelitian selanjutnya
2. Perlu dilakukan skema penelitian untuk femtocel terhadap pengaruh dari sel makro yang ada pada jaringan tersebut.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Uke, Galuh dkk. 2013. Fundamental Teknologi Seluler LTE. Rekayasa Sains, Indonesia.
- [2] Toskala, Antti, dan Holma, Harri. 2009. LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA for Radio Access. United Kingdom : John Wiley and Sons Ltd.
- [3] Pranoto, S. 2015. Arsitektur LTE. <http://teknologi-4g-lte.blogspot.co.id/2015/05/arsitektur-lte.html> Diakses 15 Januari 2016.
- [4] Lazhar dan Hakim. 2012. ITU/DBT Arab Regional Workshop 4G Wirelees Systems LTE Technology : Tunisia.
- [5] Budi Utomo. 2013. Simulasi Link Budget Sel Femto Teknologi Telekomunikasi LTE (Long Term Evolution). Semarang, Indonesia
- [6] Sistem Informasi dan Logistik Telkom University. 2015
- [7] Pranoto, S. 2015. Pengukuran Performansi LTE. <http://teknologi-4g-lte.blogspot.co.id/2015/06/pengukuran-performansi-lte.html>. Diakses 15 Januari 2016.
- [8] Huawei Technologies Co. Ltd..2010.LTE Radio Network Capacity Dimensioning.
- [9] Huawei Technologies Co.Ltd..2010.LTE Radio Network Coverage Dimensioning
- [10] Baines, R. Femtocell – Reducing Power Comsumption in Mobile Network. [http://www.low-powerdesign.com/article\\_baines\\_092811.html](http://www.low-powerdesign.com/article_baines_092811.html) Diakses 15 Januari 2016.
- [11] Mammen, Stephen, 2014. “Making Sense of Signal Strength/Signal Quality Readings for Cellular Modems”.