ANALISIS PERANCANGAN IBC (*INDOOR BUILDING COVERAGE*) MENGGUNAKAN MEDIA TRANSMISI ROF (*RADIO OVER FIBER*) PADA JARINGAN LTE UNTUK LAYANAN DATA

ANALYSIS PLANNING IBC (INDOOR BUILDING COVERAGE) USING MEDIA TRANSMISSION ROF (RADIO OVER FIBER) ON LTE NETWORKS FOR DATA SERVICE

Wani Wahdania[1], **Uke Kuwniawan Usman**[2], **Akhmad Hambali**[3]
[1,2,3]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung
[1]**waniwahdania@student.telkomuniversity.ac.id,** [2]**ukeusman@telkomuniversity.ac.id,**
[3]**akhmadhambali@telkomuniversity.ac.id**

Abstrak

Seiring dengan berkembangnya teknologi sistem komunikasi seluler dan bertambahnya gedung-gedung bertingkat di kota kota besar seperti gedung perkantoran, rumah sakit, dan pusat perbelanjaan atau *mall* yang tiap harinya memiliki jumlah pengunjung yang banyak sehingga *provider* harus memastikan bahwa kualitas jaringan yang disediakan itu sudah baik. Berdasarkan hasil *drivetest* dan *walktest* yang didapatkan sebelumnya, kualitas jaringan LTE yang diterima *user* didalam gedung pusat perbelanjaan Pasar Baru tidak dapat diterima dengan baik karena *power* dari eNodeB mengalami redaman yang cukup besar dari dinding-dinding bangunan yang dilewati.Pada tugas akhir ini, dilakukan perencanaan IBC (*Indoor Building Coverage*) agar memperbaiki kualitas jaringan LTE yang berada di Gedung Pasar Baru Bandung. Dalam Perencanaan ini, hal yang dilakukan adalah melakukan *walktest* untuk mengetahui kondisi jaringan yang ada di Gedung Pasar Baru, melakukan perbandingan antara perhitungan berdasarkan *capacity planning* dan *coverage planning* yang tujuannya untuk mendapatkan jumlah *BTS* yang akan digunakan, dan melakukan simulasi perencanaan menggunakan *software optisystem* dan RPS (*Radio Propagation Simulator*) serta menggunakan teknologi *ROF (Radio Over Fiber).*Dari hasil perencanaan ini setelah melakukan perbandingan antara *capacity planning* dan *coverage planning* dibutuhkan 23 PAP perlu dipasang di gedung Pasar Baru Bandung. Kemudian dari hasil simulasi untuk lantai basement sampai lantai 7 telah menghasilkan RSL yang sesuai dengan standar KPI operator XL yaitu diatas 90% dimana presentase terendah yaitu 94,18% dan presentase tertinggi yaitu 100%. Begitupun dengan nilai SIR dimana prensentase terendah yaitu 90,96% dan presentase tertinggi yaitu 99,2%. Dan untuk hasil simulasi dari *optisystem* dengan nilai BER yang mendekati 0, dan hasil PLB senilai -17,5 dBm.

Kata Kunci : *walktest,* LTE*, optisystem, Capacity Planning, CoveragePlanning.*

Abstract

Along with the development of cellular communication system technology and the increase of multi-storey buildings in big cities such as office buildings, hospitals, and shopping centers or malls which every day have a large number of visitors so the provider must ensure that the quality of the network provided is good. Based on the results of the drivetest and walktest obtained previously, the quality of the LTE network received by users in the Pasar Baru shopping center cannot be well received because the power from the eNodeB has considerable attenuation from the walls of the building being passed.

In this final project, IBC (*Indoor Building Coverage*) is planned to improve the quality of the LTE networks in Pasar Baru building Bandung. In this plan, what is done is to conduct a walktest to find out the network conditions in Pasar Baru building, to make comparisons between capacity planning and coverage planning calculations that aim to obtain the number of PAP to be used, and carry out simulation planning using optic and RPS (*Radio Propagation Simulator*) and using ROF (*Radio Over Fiber*) technology.

From the results of this plan, after making a comparisons between capacity planning and coverage planning, 23 PAP needed to installed in Pasar Baru building. Then the simulation result for the basement floor until 7th floor it has produced RSL which is in accordance with XL operator KPI standards which is above 90% where the lowest percentage is 94,18% and the highest percentage is 100%. Likewise with the value of SIR where the lowest percentage is 90,96% and the highest percentage is 99,2%. And for the results of the simulation of the optics get BER results almost zero, and the PLB results worth -17,5 dBm.

Keywords: walktest, LTE, optisystem, Capacity Planning, Reach Planning.

1. Pendahuluan

Pasar Baru Bandung merupakan salah satu pusat perbelanjaan yang lokasinya berada di tengah kota Bandung. Setiap harinya pasar ini memiliki jumlah pengunjung yang banyak. Oleh karena itu perlu disediakan kualiatas jaringan yang baik didalam gedung Pasar Baru. Akan tetapi dalam kenyataannya masih ditemukan kesulitan kualitas jaringan LTE yang berada didalam gedung. Biasanya kualitas jaringan LTE yang diterima user didalam gedung tidak dapat diterima dengan baik karena power dari eNodeB mengalami redaman yang cukup besar dari dinding-dinding bangunan yang dilewati. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah perencanaan *Indoor Building Coverage* untuk Teknologi LTE di Pasar Baru.

Sebelumnya, perlu diketahui bahwa teknologi LTE (*Long Term Evolution)* dikenal sebagai teknologi radio yang dilakukan oleh 3gpp. Dimana teknologi LTE ini memiliki fleksibel *bandwidth* yaitu (1.4Mhz, 3Mhz, 5Mhz, 10Mhz, 15Mhz, dan 20Mhz), serta memiliki *Peak Data Rate* (20Mhz) 100Mbps untuk *Downlink* dan 50Mbps untuk *Uplink* [1].

Dalam Perencanaan ini, ada beberapa hal yang harus dilakukan seperti melakukan *walktest* untuk mengetahui kondisi jaringan yang ada di Gedung Pasar Baru, dan melakukan perbandingan antara perhitungan berdasarkan *capacity planning* dan *coverage planning* yang tujuannya untuk mendapatkan jumlah *BTS* yang digunakan. Pada penelitian ini perancangan menggunakan teknologi *ROF* (*Radio Over Fiber*) dan melakukan simulasi yaitu *software* perancangan *wiring diagram* dan RPS (*Radiowave Propagation Simulator*). Dari hasil simulasi tersebut diperoleh rata-rata nilai RSRP dan SINR . Dimana hasil tersebut sudah sesuai dengan standar KPI operator XL [2].

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Long Term Evolution (LTE)

Pada pengembangan ini arsitektur LTE, 3GPP membuat 2 kelompok kerja yaitu *Long Term Evolution* (LTE) yang di kenal sebagai evolusi teknologi akses radio yang memiliki fleksibel *bandwidth* (1.4 Mhz, 3Mhz, 5Mhz, 10Mhz, 15Mhz, 20Mhz) dan *Peak Data Rate* (20Mhz) 100Mbps untuk *Downlink* dan 50 Mbps untuk *Uplink*. LTE berfungsi untuk mengembangkan arsitektur dari sisi *Radio acces network* nya dan *System Architecture Evolution* (SAE) yang berfungsi untuk mengembangkan arsitektur dari sisi *core network* nya. Hasil kerja dari LTE menghasilkan *Evolved – Universal Terresterial Radio Access* (E-UTRAN) sedangkan untuk hasil kerja SAE menghasilkan *Evolved Packet Core* (EPC) dan keseluruhan system yang telah dikembangkan disebut dengan *Evolved Packet System* (EPS). Didalam *Evolved Packet System* (EPS) terdapat tiga komponen penting yaitu UE (*User Equipment*), E-UTRAN (*Evolved UMTS Terressterial Radio Access Network*), dan EPC (*Evolved Packet Core*) [1] [3]. LTE mempunyai *Radio Access Network* dan *Core Network* yang berfungsi untuk mengurangi *Network Latency* dan meningkatkan performansi system serta menyediakan *interoperability* dengan Teknik 3GPP yang sudah ada dan Teknik non 3GPP [4].

2.2 *picocell*

Picocell merupakan pengembangan dari konsep arsitektur BTS di jaringan seluler yang memiliki wilayah cakupan yang kurang dari 500m atau lebih kecil dibandingkan dengan *microcell*. *Picocell* biasanya digunakan pada gedung seperti sebuah bangunan perkantoran, pusat perbelanjaan, stasiun kereta, dan lain sebagainya. *Picocell* adalah solusi yang tepat untuk meningkatkan cakupan dan kapasitas pada jaringan terutama di dalam gedung yang sering kali tidak terjangkau oleh BTS konvensional, sekaligus juga sebagai respon teknologi telepon seluler atau VoIP. Femtocell menggunkan jaringan IP sebagai arsitektur backhaulnya [2]

2.3 Radio Over Fiber

ROF (*Radio Over Fiber*) merupakan suatu proses pengiriman sinyal radio melalui kabel serat optik sebagai medium perantara, yang akan memperoleh kecepatan transmisi secara langsung. Dengan menggunakan kabel serat optik kualitas sinyal yang di transmisikan cukup baik atau dapat dikatakan gangguan yang akan timbul merupakan gangguan kecil yang mudah untuk diatasi, sehingga sinyal akan tetap baik. Selain itu dengan menggunakan kabel serat optik dapat mengehemat biaya serta menambah performansi untuk *high speed fiber* berdasarkan akses nirkabelnya.

Tujuan ROF agar pengguna dapat menikmati performansi yang lebih bagus dibandingkan dengan nirkabel tetapi tidak semahal pada instalasi serat optic. Dalam cakupan area nirkabel dapat dipasang *link* ROF antar RAP (*Radio Access Point*) untuk memancarkan sinyal sebesar sel mikro. Dimana hal tersebut dapat mengcakup seluruh area *coverage* yang seharusnya dapat ditinjau oleh nirkabel, dengan adanya *link* ROF maka kualitas sinyal dan performansi yang diterima oleh pelanggan akan lebih baik [7].

2.3.1 ROF berdasarkan WLAN

Pada WLAN *over fiber* berfungsi sebagai *central base station analogi headend*, sedangkan *radio access point* disebut sebagai RAU (*remote access unit*) yg berfungsi sebagai pemrosesan sinyal RF seperti *up-convertion*, *modulation*, dan *multiplexing* kemudian disalurkan ke antena. Dalam system komunikasi *narrow band* dan WLAN berfungsi untuk melakukan pemusatan pemrosesan sinyal RF pada satu lokasiyang di *shared (head end)* [7].

2.4 *Capacity Planning*

Capacity planning merupakan suatu perencanaan dalam membangun jaringan di suatu wilayah tertentu yang objeknya berupa jumlah atau *user* yang di *cover* di daerah tertentu. *Capacity planning* bertujuan untul menentukan *site* atau antenna yang di butuhkan atau sesuai dengan jumlah *user* dengan jumlah *traffic* yang ada di gedung tersebut.

2.3.2 Trafik dan Model Layanan

Rumus dari *Throughput/Session* (Kbit):

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

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:*

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

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).

***Total Network Throughput (Kbps)* = Total User × Single User Throughput (Kbps)** (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).

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

2.3.3 Downlink dan Uplink Cell Capacity

Persamaan kapasitas sel dengan arah *downlink:*

DL Cell Capacity + CRC = (168 – 36-12) × (Code bits) × (Code rate) × Nrb × C × 1000 (5)

Persamaan kapasitas sel dengan arah *uplink:*

UL Cell Capacity + CRC = (168 – 24) × (Code bits) × (Code rate) x Nrb × C × 1000 (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

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

2.4 *Coverage Planning*

2.4.1 *Maximum Path Loss*

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

$$\textbf{MAPL}_{DL} = \textbf{NBTxPower – CL +EAG + OG – FM – IM – PL1 – PL2 – PL + UEG – RSUE} \quad (8)$$

$$\textbf{MAPL}_{UL} = \textbf{UETxPower + UEAG + OG – FM – IM – BL – PL1 – PL2 + EAG – CL – RSNB} \quad (9)$$

Keterangan:

MAPL = Maksimum Path Loss yang diizinkan selama propagasi sinyal
NBTxPower = 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]
UETxPower = 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).

$$L = L_{FS} + L_c + \sum_{i=1}^{I} kwi\ Lwi + k_f^{[((kf+2)/(kf+1))-b]}\ LF \quad (10)$$

$$L_{FSL} = 20 \log f_{MHz} + 20 \log d\ (km) + 32{,}5 \quad (11)$$

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:

$$L_{Cell} = 2{,}6 \times d^2 \quad (12)$$

Keterangan:
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].

$$\text{Jumlah antenna} = \frac{luas\ wilayah}{cell\ radius} \quad (13)$$

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).

$$RSRP = RSSI - 10 \log (12 \times NRb) \quad (14)$$

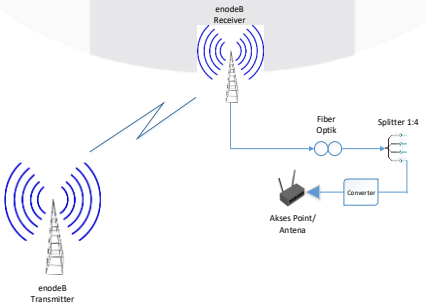
2.6 Signal to Interference Noise Ratio (SINR)

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).

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

2.7 Permodelan Perencanaan ROF di IBC [8] [9]

Pada tahapan ini dilakukan beberapa skenario mulai dari penentuan frekuensi, amplitudo dan perhitungan *bit error rate*, daya, *power link budget* untuk mengetahui performansi dari hasil perhitungan di simulasi optisystem.



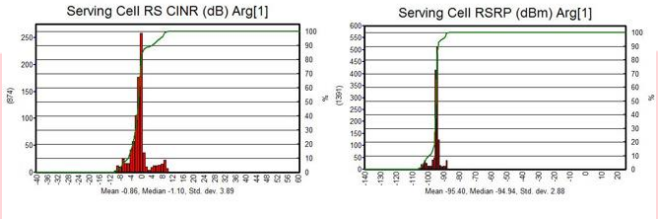
Gambar 1 Skema Perencanaan ROF

Pada gambar diatas dijelaskan proses perencanaan ROF (*radio over fiber*) yang dimulai dari STO Telkom terdekat (*enodeB Transmitter*) yang dipancarkan atau dihubungkan dengan *enodeB receiver* yang kemudian sinyal *fiber optic* dibagi di setiap lantai menggunakan *splitter* yang selanjutnya di *converter*, dimana *converter* ini berfungsi untuk mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal elektrik yang di terima oleh setiap *user*.

3. Analisis dan Perancangan Jaringan LTE Di Gedung Pasar Baru Bandung

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 XL dengan frekuensi 1800 MHz. Berikut hasil pengukuran di gedung tersebut.*



Gambar 2 Hasil *Walktest*

3.2 Spesifikasi Perangkat

Tabel 1 Spesifikasi data perencanaan jaringan indoor LTE di Pasar Baru

Spesifikasi data	Downlink
User Environment	*Indoor*
Frequency	1800 Mhz
Model Propagation	Cost 231 *Multi Wall*
Bandwidth Frequency	20 Mhz
Number Resource Block	100 RB
Antenna	isotropic

3.3 Capacity Planning

3.3.1 Estimasi Jumlah Pelanggan

Pada estimasi pelanggan, diketahui market share operator yaitu 21% dan memiliki penetrasi LTE 85%. Jadi pelanggan untuk lantai basement 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 memiliki masing-masing estimasi 100 pelanggan, lantai basement 1 dan lantai 7 memiliki 100 pelanggan, basement 2 sampai lantai 4 memiliki masing-masing 200 pelanggan dan lantai 5 dan 6 memiliki masing-masing 150 pelanggan.

3.3.2 Network Throughput

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

Tabel 2 *Network Throughput*

Jumlah Estimasi User	Pendekatan User	SUT		Total Network Throughput (IP)(Kbps)		Total Network Throughput (MAC) (Mbps)	
		UL	DL	UL	DL	UL	DL
100	18	35,28529	272,7737	635,135292	4909,92768	0,64809723	5,01013028
200	136	35,28529	272,7737	4798,79998	37097,2313	4,89673467	37,8543177
200	136	35,28529	272,7737	4798,79998	37097,2313	4,89673467	37,8543177
200	136	35,28529	272,7737	4798,79998	37097,2313	4,89673467	37,8543177
200	136	35,28529	272,7737	4798,79998	37097,2313	4,89673467	37,8543177
200	136	35,28529	272,7737	4798,79998	37097,2313	4,89673467	37,8543177
150	102	35,28529	272,7737	3599,09998	27822,9235	3,67255100	28,3907382
150	102	35,28529	272,7737	3599,09998	27822,9235	3,67255100	28,3907382
100	68	35,28529	272,7737	2399,39999	18548,6156	2,44836733	18,9271588

3.3.3 Total Site Calculation

Number of site merupakan jumlah *site* atau antenna uyang diperlukan untuk mencakup atau memenuhi kebutuhan *user* yang dihitung berdasarkan parameter yang di dapatkan sebelumnya. Berikut tabel hasil perhitungan perencanaan jaringan berdasarkan *capacity planning*. Berdasarkan hasil dari persamaan 2.7 maka dihasilkan.

Tabel 3 *Total Site Calculation*

Lantai	User	Jumlah Site		Pendekatan Jumlah Site	
		UL	DL	UL	DL
Basement 1	18	0,021370745	0,198248459	1	1
Basement 2	136	0,161467848	1,497877242	1	2
Lantai 1	136	0,161467848	1,497877242	1	2
Lantai 2	136	0,161467848	1,497877242	1	2
Lantai 3	136	0,161467848	1,497877242	1	2
Lantai 4	136	0,161467848	1,497877242	1	2
Lantai 5	102	0,121100886	1,123407932	1	2
Lantai 6	102	0,121100886	1,123407932	1	2
Lantai 7	68	0,080733924	0,748938621	1	1

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 PAP berdasarkan kapasitas dan cakupan.

Tabel 4 *Link Budget*

Transmitter	Formula	Nilai
Tx Power (dBm)	a	43
Antenna Gain (dBi)	b	5.5
Total Loss (dB)	c	18.790
EIRP (dBm)	d = a + b – c	29.71
Receiver	**Formula**	**Nilai**
SINR (dB)	e	-4
Noise Figure (dB)	f	7
Thermal Noise (dBm)	g	-103.98
Receiver Sensitivity (dBm)	h = e + f + g	-101
Antenna Gain (dB)	i	0
Body Losses (dB)	j	3
Interference Margin (dB)	k	5.23
MSRS (dBm)	l = h – i + j +k	-92.77
Path Loss	**Formula**	**Nilai**
Penetration Loss (dB)	m	15
Shadow Fading Margin (dB)	n	4
MAPL (dB)	o = d – l – m – n	147,16

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

$$LT = LFSL + \sum_{i=1}^{M} nwi\ Lwi\ nf\ [0.42\ (nf+2)/(nf+1)]Lf \quad (16)$$

LFSL = 20 log F (MHz) + 20 log d (km) + 32.5
LFSL = 20 Log (1800) + 20 Log dKm + 32.5
LFSL = 65.10 + 20 Log dKm
LFSL = 97.6 + 20 Log dKm

$$LT = LFSL + \sum_{i=1}^{M} nwi\ Lwi\ nf\ [0.42\ (nf+2)/(nf+1)]Lf \quad (17)$$

LT = 97.6 + 20 Log dKm + 39.3

147.16 = 136.3 + 20 Log dKm

10.86 = 20 Log dKm

0.543 = dKm

D = $10^{0.543}$ km

D = 3,491403155 km

D = 34.914 m

cell radius = 2.6 x 34.914^2 (18)

= 2.6 x 1220.873481

= 3174.271051 m^2

$$Jumlah\ Akses\ Poin = \frac{Luas\ Area}{Luas\ Cell} \quad (19)$$

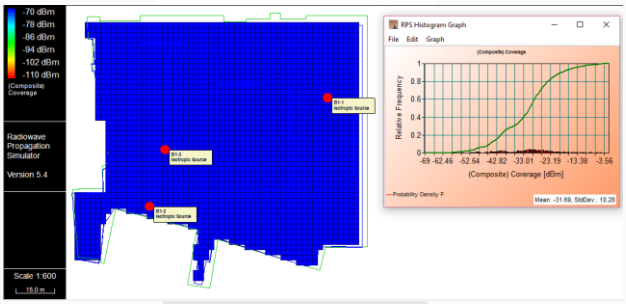
Tabel 5 Jumlah PAP berdasarkan *Coverage*

LANTAI	Basement 1	Basement 2	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7
ANTENA	3	3	3	3	3	3	3	3	3

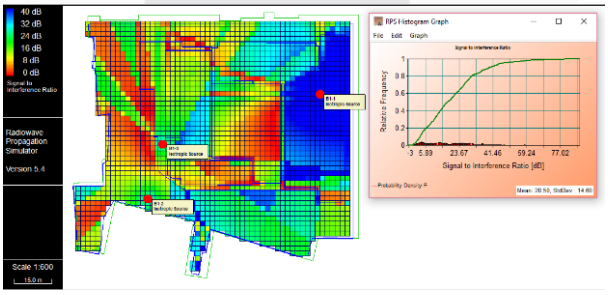
4. Hasil Simulasi

4.1 Simulasi RPS

Dari hasil simulasi dan perencanaan, setiap lantai telah menghasilkan RSL yang sesuai standar KPI operator XL yaitu diatas 90%, dimana RSL terendah pada lantai 1 dengan 94,18% dan RSL tertinggi pada lantai *basement* 1 dan 2 dan lantai 2 sampai lantai 7 dengan 100%. Untuk SIR, setiap lantai juga telah memenuhi persyaratan KPI yaitu dengan persentase diatas 90%. Dimana SIR persentase terendah pada lantai 7 dengan 90,96% dan SIR persentase tertinggi pada lantai *basement* 2 dengan 99,2%.



Gambar 3 Analisis RSL Lantai 1



Gambar 4 Analisis SIR Lantai 1

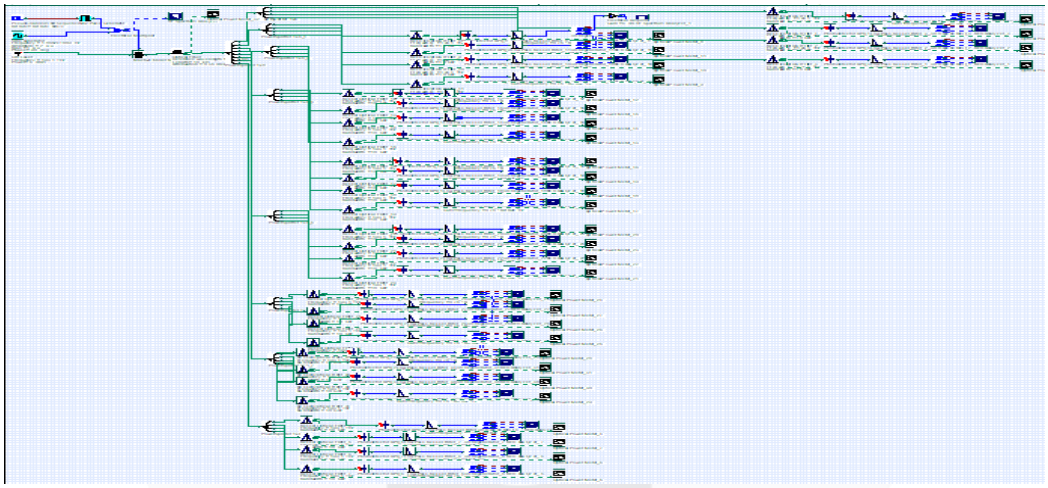
Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dalam perencanaan jaringan disetiap lantai dengan menggunakan simulasi RPS 5.4 di semua lantai telah memenuhi standar KPI yang telah di tetapkan operator, sebagaimana RSL dan SIR yang diharapkan yaitu untuk rentang kategori cukup sampai dengan sangat baik berada di atas 90%. Berikut tabel 4.7 merupakan hasil analisis keseluruhan dari tiap-tiap lantai yang ada di pasar baru.

Tabel 6 Analisis keseluruhan

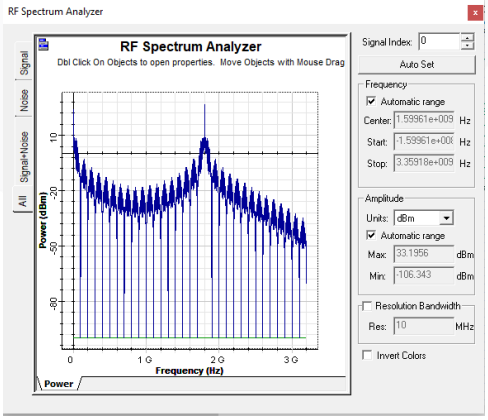
Lantai	RSL (%)	SINR (%)	Keterangan
Basement 1	100	96,78	Sesuai Standar KPI
Basement 2	100	99,2	Sesuai Standar KPI
Lantai 1	94,18	97,59	Sesuai Standar KPI
Lantai 2	100	94,18	Sesuai Standar KPI
Lantai 3	100	94,18	Sesuai Standar KPI
Lantai 4	100	94,18	Sesuai Standar KPI
Lantai 5	100	94,18	Sesuai Standar KPI
Lantai 6	100	94,18	Sesuai Standar KPI
Lantai 7	100	90,96	Sesuai Standar KPI

4.2 Hasil Simulasi Opsystem

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dalam perencanaan jaringan untuk mengetahui *wiring diagram* dengan menggunakan simulasi optisystem dimana hasil yang didapatkan yaitu nilai *bit error rate*, *power link budget*, dan daya

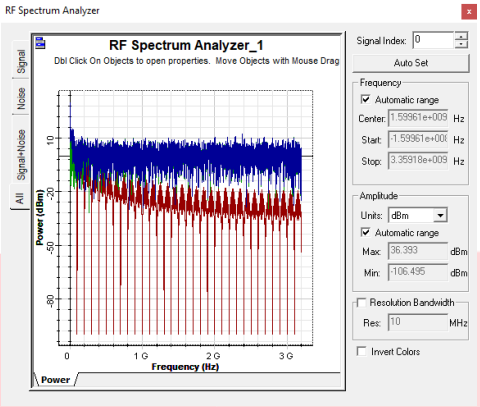


Gambar 5 simulasi Optisystem



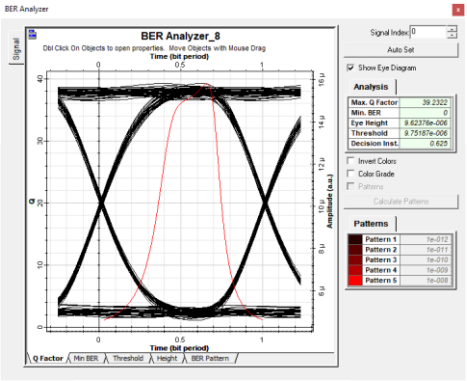
Gambar 6 *Hasil RF* Analyzer *sebelum di modulasi*

Pada gambar 6 merupakan RF spectrum *analyzer* yang diterima berupa radio frekuensi yang kemudian menjadi input unutk pemodulasian optic dengan *frequency* tengan 1,59 Hz dan *amplitude* max 33,19 dBm dan min -106,3 dBm.



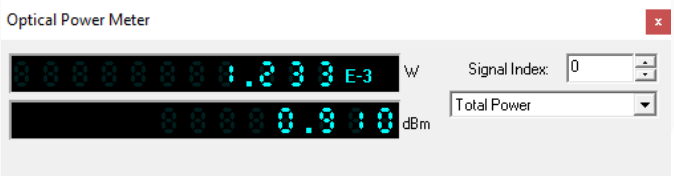
Gambar 7 *Hasil RF* Analyzer *receiver*

Pada gambar 7 merupakan RF spectrum *analyzer* setelah melewati tahapan ROF dan diterima oleh setiap *user* berupa sinyal elektrik dengan *frequency* tengah 1,59 Hz dan *amplitude* max 36,39 dBm dan min -106,4 Dbm.



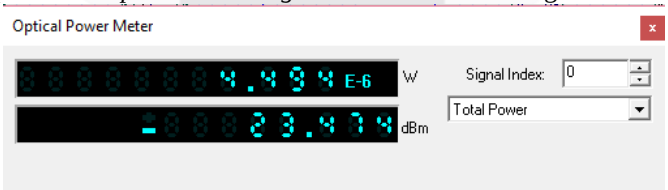
Gambar 8 Hasil *Bit Error Rate*

Pada gambar merupakan hasil dari BER yang mendekati 0, karena tidak ada bit-bit yang error didalam gedung.



Gambar 10 *Hasil* Power Link Budget Transmitter

Pada gambar 10 merupakan hasil *power link budget* setelah modulasi dengan nilai -2.362 dBm.



Gambar 11 *Hasil* Power Link Budget Receiver

Pada gambar 11 merupakan hasil *power link budget* setelah melewati modulasi tahapan pada ROF dengan nilai -17.515 dBm.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa perencanaan jaringan LTE di Pasar Baru Bandung, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada *capacity planning*, jumlah *site* yang dibutuhkan yaitu sebanyak 16 PAP. 1 PAP untuk lantai *basement* 1 dan lantai 7, masing-masing 2 PAP untuk lantai *basement* 2, lantai 1, lantai 2, lantai 3, lantai 4, lantai 5, dan lantai 6. Dan pada *coverage planning*, total jumlah antenna yang dibutuhkan pada Gedung Pasar Baru sebanyak 23 PAP masing-masing 3 PAP untuk lantai *basement* 1, *basement* 2, lantai 1, lantai 2, lantai 3, lantai 4, lantai 5, lantai 6, dan lantai 7.
2. Teknologi ROF yang dilakukan pada simulasi optisystem menghasilkan BER yang mendekati 0 dimana dalam system komunikasi optic BER yang ideal yaitu 10^{-9}.
3. Hasil PLB transmitter senilai -2,362 dBm dan PLB receiver senilai -17,515 dBm.
4. Dari hasil simulasi dan perencanaan, setiap lantai telah menghasilkan RSL yang sesuai standar KPI operator XL yaitu diatas 90%, dimana RSL terendah pada lantai 1 dengan 94,18% dan RSL tertinggi pada lantai *basement* 1 dan 2 dan lantai 2 sampai lantai 7 dengan 100%.
5. Untuk SIR, setiap lantai juga telah memenuhi persyaratan KPI yaitu dengan persentase diatas 90%. Dimana SIR persentase terendah pada lantai 7 dengan 90,96% dan SIR persentase tertinggi pada lantai *basement* 2 dengan 99,2%.

6. Daftar Pustaka

[1] S. Aryanti, «Studi Perencanaan Jariangan LTE Area Jabodetabek Studi kasus PT. Telkomsel,» *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, 2014.

[2] S. B, Perencanaan Jaringan Indoor Untuk Teknologi LTE di Gedung Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom, Bandung, 2016.

[3] P. d. A. Putra, 4G LTE Advanced for Beginner and Consultant, Depok: Prandia Self Publishing, 2017.

[4] S. J, «Mobility Parameter Planning for 3GPPcLTE: Basic Conceots and Intra-Layer Mobility,» 2013.

[5] C. c. laboratory, indoor building coverage, Bandung: Telkom University, 2018.

[6] L. K. Seluler, Indoor Building Coverage, Bandung: Diploma of Telecommunication Engineering, 2018.

[7] R. P. P. d. l. azhar, «penggunaan fiber optik pada radio over fiber,» 2012. [En línia]. Available: http://www.academia.edu/14999428/Penggunaan_Fiber_Optik_dalam_Radio_Over_Fiber_RoF_-_Presentation.

[8] M. Dr. Ir. erna sri sugesti, «Radio Over Fiber Teknologi,» akademi teknik telekomunikasi shandy putra jakarta, 9 may 2015. [En línia]. Available: https://ernasugesti.staff.telkomuniversity.ac.id/files/2012/11/Radio-over-Fiber-Technologies-v2.pdf. [Últim accés: 9 may 2012].

[9] a. hambali, «Radio over fiber,» Telkom University, 11 januari 2010. [En línia]. Available: https://ahambali.staff.telkomuniversity.ac.id/wp-content/uploads/sites/85/2014/05/radio-over-fiber-for-an-optimal-60-ghz-home-area-network.pdf.

[10] G. T. Laksana, «Analisis SIstem Komunikasi ROF Berbasis PDM Dengan OADM Untuk Jarak Jauh,» 2016.

[11] F. Rahman, «perencanaan jaringan LTE berdasarkan Node B 3G Existing di kota Pekanbaru,» *teknik Elektro Universitas RIAU*, 2017.