

ANALISIS DAN PERENCANAAN *INDOOR BUILDING SOLUTION* (IBS) PADA JARINGAN LTE DI GEDUNG MARBELLA SUITES HOTEL

ANALYSIS AND PLANNING FOR *INDOOR BUILDING SOLUTION* (IBS) ON LTE NETWORK IN MARBELLA SUITES HOTEL

Ray Putra Tarigan¹, Arfianto Fahmi², Hasanah Putri³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹rayputra13@gmail.com, ²arfiantof@telkomuniversity.ac.id, ³hasanahputri@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Berdasarkan hasil pengukuran di salah satu lantai yaitu lantai 9, diperoleh RSRP di hotel tersebut kondisi paling buruk bernilai -93.44 dBm dengan parameter RSRQ bernilai -30 dB dengan hasil pengukuran *throughput uplink* 32 Kbps dan *downlink* 56 Kbps pada jaringan LTE.

Berdasarkan kendala diatas maka dilakukan *treatment* untuk memperbaiki kondisi tersebut maka perlu dilakukan *indoor building solution*. Dalam hal ini ditawarkan 3 solusi yang dapat dilakukan yaitu *upgrade carrier module*, penambahan *repeater*, dan perencanaan IBC. Untuk metode *upgrade carrier module* dilakukan dengan mengubah *carrier* pada *engpar* menjadi lebih besar, sehingga diperoleh adanya peningkatan parameter RF. Sedangkan untuk penambahan *repeater* dan perencanaan IBC perlu dilakukan *dimensioning* secara kapasitas dan cakupan untuk menentukan jumlah FAP, disimulasikan berdasarkan jumlah antenna, kemudian diperoleh parameter RF berupa RSL dan SIR berdasarkan metode penambahan *repeater* dan perencanaan IBC.

Kemudian diperoleh hasil pada metode *upgrade carrier module* menjadi 15 MHz dengan *throughput* 36.568 Mbps dan *mean RSL* -85.5 dBm. Untuk metode penambahan *repeater* pada lantai 1 diperoleh kebutuhan antenna 7 FAP dengan nilai *mean RSL* -30.875 dBm dan *mean SIR* 8.91 dB. Sedangkan untuk metode perencanaan IBC pada lantai 1 diperoleh kebutuhan antenna 5 FAP dengan nilai *mean RSL* -33.16 dBm dan *mean SIR* 10.33 dB.

Kata Kunci : *carrier, repeater, IBC, coverage, capacity*

Abstract

Based on measurements on one floor of the 9th floor, the RSRP obtained at the hotel is the worst condition worth -93.44 dBm with RSRQ parameters worth -30 dB with measurement throughput uplink 32 Kbps and downlink 56 Kbps on LTE network.

Based on the above obstacles then performed treatment to improve the condition it is necessary to do indoor building solution. In this case offered 3 solutions that can be done that is the upgrade carrier module, repeater addition, and IBC planning. For the method of upgrading the carrier module is done by changing the carrier in engpar becomes larger, so that there is an increase of RF parameters. As for the addition of repeater and IBC planning it is necessary to do dimensioning in capacity and scope to determine the amount of FAP, simulated based on the number of antenna, then obtained the RF parameters of RSL and SIR based on the method of repeater addition and IBC planning.

Then the results obtained on the method of upgrading carrier module to 15 MHz with 36.568 Mbps throughput and mean RSL -85.5 dBm. For the method of adding repeaters on the 1st floor we obtained 7 FAP antennas with mean RSL -33.85 dBm and mean SIR 8.97 dB. While for IBC planning method on 1st floor we get 5 FAP antenna requirement with mean value RSL -36.85 dBm and mean SIR 8.97 dB.

Keywords : *carrier, repeater, IBC, coverage, capacity*

1. Pendahuluan

Teknologi komunikasi bergerak sudah sangat berkembang dengan pesat, hal ini didasari oleh kebutuhan mobilitas manusia akan teknologi komunikasi. Jaringan 4G LTE yang saat ini dinilai bisa menjadi teknologi seluler yang menghadirkan kecepatan yang semakin cepat demi memenuhi kebutuhan akan tingginya intensitas pemakaian data. Pembangunan jaringan 4G LTE kian gencar dijalankan oleh operator telekomunikasi sehingga kedepannya orang akan dapat menikmati layanan dengan kualitas kecepatan yang tinggi.

Berdasarkan hasil pengukuran nilai dari RSRP adalah -93.44 dBm dan nilai dari RSRQ adalah -30 dB yang menandakan berdasarkan cakupan dan kualitas jaringan LTE di tempat tersebut kurang baik. Untuk itu perlu dilakukan *treatment indoor building solution* dan analisis yang mendalam untuk memilih solusi yang terbaik

dalam menanggulangi masalah tersebut. *Indoor Building Solution* merupakan pilihan yang tepat untuk menyelesaikan masalah infrastruktur jaringan didalam gedung yang tinggi.

Tujuan dari Tugas Akhir ini antara lain adalah memaparkan beberapa solusi yang dapat menangani masalah jaringan seluler yang terjadi di hotel Marbella Suites, mengetahui nilai parameter RF sebelum dilakukan *treatment* digedung Marbella Suites Hotel, menentukan jumlah antenna beserta peletakannya sesuai analisis dan perancangan, memaparkan kebutuhan *coverage* dan *capacity* untuk analisis *Indoor Building Solution*, mensimulasikan peletakan antena menggunakan *software* RPS dan membandingkan hasil simulasi berdasarkan standar, memberikan rekomendasi solusi yang paling efisien dalam menangani masalah yang terjadi di hotel Marbella Suites.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Long Term Evolution

Long Term Evolution (LTE) merupakan sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari Third Generation Partnership Project (3GPP) untuk memperbaiki standart teknologi seluler generasi ketiga (3G) yaitu UMTS WCDMA. Teknologi ini mampu memberikan kecepatan akses data hingga mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Selain itu, LTE mampu mendukung aplikasi yang secara umum terdiri dari layanan *voice, data, video*, termasuk juga IP TV. Layanan-layanan yang ditawarkan *full IP based*.

Penggunaan *carrier* pada LTE fleksible dari 1,4 sampai 20 MHz, dan lebih maksimal bekerja pada kisaran *bandwidth* bervariasi antara 10 – 20 MHz. Dengan *bandwidth* yang fleksibel, sehingga diharapkan dapat menempati slot kanal kosong pada alokasi frekuensi teknologi lain.^[1]

2.2 Perencanaan Jaringan Indoor

Perencanaan jaringan *indoor* adalah suatu perencanaan sistem dengan perangkat pemancar dan penerima (*transceiver*) yang dipasang di dalam gedung yang bertujuan untuk melayani kebutuhan akan telekomunikasi dalam gedung tersebut baik kualitas sinyal, cakupan (*coverage*) maupun kapasitas trafiknya.^[1]

2.2.1 Kondisi Lingkungan

Faktor pembeda utama antara jaringan *indoor* dan jaringan *outdoor* adalah pada kondisi propagasi. Secara umum berikut adalah kondisi yang terjadi pada perancangan *indoor*:

1. jarak yang di-*cover* cukup sempit,
2. perubahan posisi karena *mobilisasi user*,
3. penyebab *loss* diantaranya dinding, furniture, dan manusia.

2.2.2 Tipikal Lokasi Indoor

Gedung perkantoran, *Mall*, rumah sakit, dan Bank adalah beberapa contoh lokasi penerapan *picocell*. Berikut ini adalah kondisi yang terjadi terkait dengan luasan yang sempit dan kondisi trafik untuk beberapa lokasi penerapan *picocell*.

2.2.3 Sistem Distribusi Antena

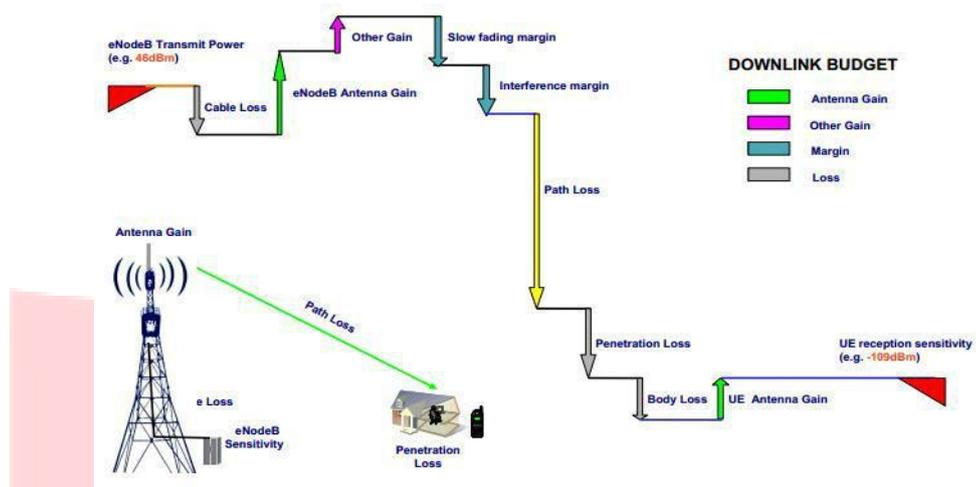
Distribution Antenna System (DAS) dilakukan agar setiap antena yang tersebar di dalam gedung memperoleh daya yang di dapat dari keluaran *eNode B*. Antena yang terdistribusi di setiap lantai tersebut merupakan solusi untuk menghilangkan *blankspot*. Parameter yang dipertimbangkan dalam DAS yaitu antena yang digunakan dan perencanaan topologi kabel (*wiring*).

2.2.4 Perencanaan Secara Kapasitas

Pada umumnya proses perhitungan *capacity planning* terbagi menjadi 2 bagian, *single site dimensioning* dan *total network throughput*. Bagian *single site dimensioning* adalah proses melakukan *dimensioning* berdasarkan parameter seperti *duplex mode* dan *system bandwidth*. Tujuan dari *single site dimensioning* adalah untuk mengetahui kapasitas per *site*-nya. *Total Network Throughput dimensioning* adalah proses melakukan *dimensioning* berdasarkan *traffic model* dan *service model*. Pertama kali dilakukan perhitungan *single user throughput* kemudian *total network throughput*, dapat dicari dengan mengalikan jumlah user target terhadap nilai *single user throughput* yang didapat. Penentuan parameter trafik dan model layanan yang digunakan untuk mencari nilai *single user throughput*.^[4]

2.2.5 Perencanaan Secara Cakupan

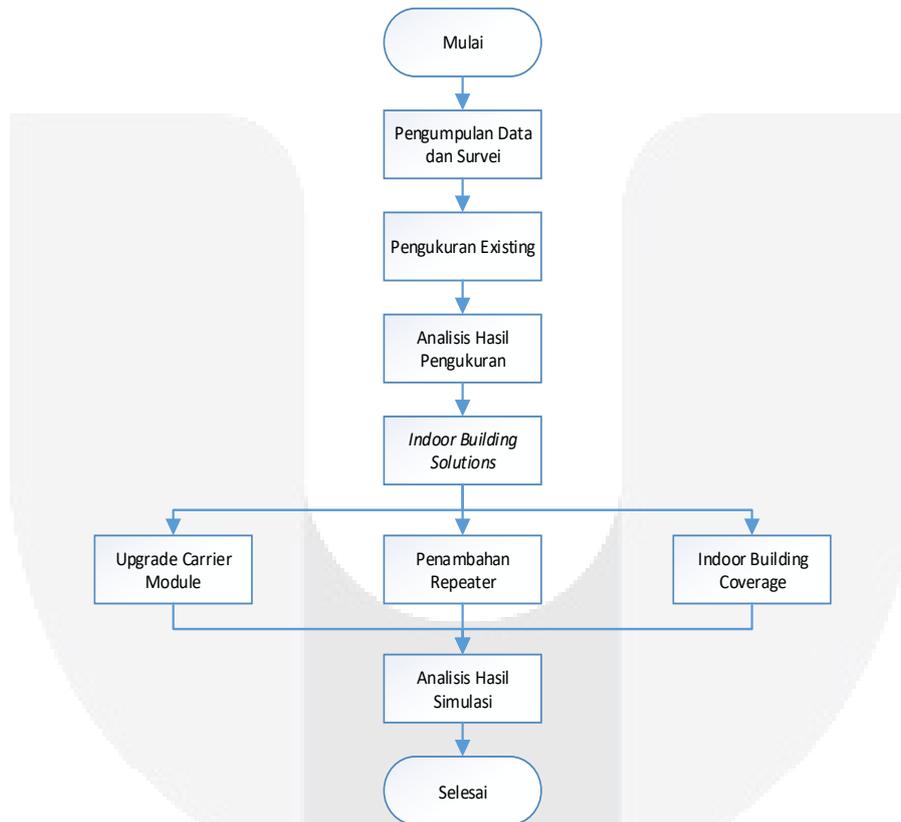
Coverage planning adalah tahap yang sangat penting dilakukan saat melakukan perencanaan jaringan seluler. Proses ini termasuk melakukan pemilihan model propagasi yang digunakan berdasarkan area target *planning*, populasi dan *clutter*. Pada *coverage planning*, proses yang pertama harus dilakukan adalah menghitung nilai *Maximum Allowable Path loss* (MAPL) berdasarkan estimasi *link budget*. Perhitungan MAPL perlu dilakukan untuk menentukan maksimum *loss* yang diperbolehkan dari sisi Tx ke Rx atau sebaliknya.^[4]



Gambar 1. MAPL downlink [4]

$$MAPL_{DL} = NB_{TxPower} - CL + EAG + OG - FM - IM - PL_1 - PL_2 - BL + UE_{AG} - RS_{UE} \quad (1)$$

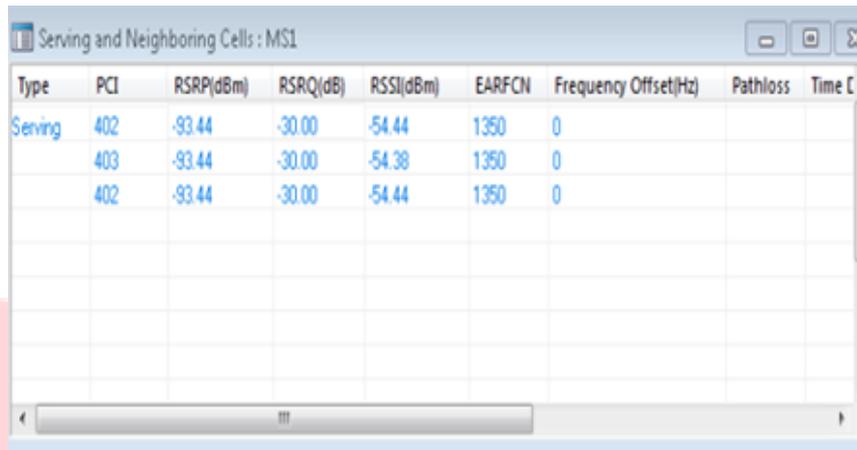
3. Proses Perencanaan IBS



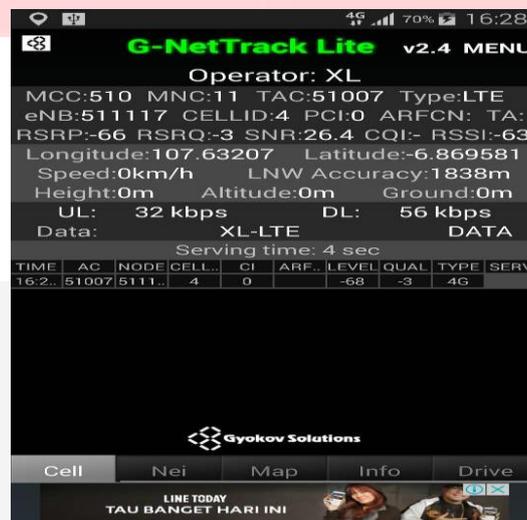
Gambar 2. Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

3.1 Wakttest

Proses *wakttest before* dilakukan untuk mengukur level daya *existing* didalam gedung, sebagai latar belakang yang kuat bahwa diperlukannya perencanaan *indoor building coverage*.



Type	PCI	RSRP(dBm)	RSRQ(dB)	RSSI(dBm)	EARFCN	Frequency Offset(Hz)	Pathloss	Time C
Serving	402	-93.44	-30.00	-54.44	1350	0		
	403	-93.44	-30.00	-54.38	1350	0		
	402	-93.44	-30.00	-54.44	1350	0		

Gambar 3. Parameter *walktest initial*


Operator: XL
MCC:510 MNC:11 TAC:51007 Type:LTE
eNB:511117 CELLID:4 PCI:0 ARFCN: TA:
RSRP:-66 RSRQ:-3 SNR:26.4 CQI:- RSSI:-63
Longitude:107.63207 Latitude:-6.869581
Speed:0km/h LNW Accuracy:1838m
Height:0m Altitude:0m Ground:0m
UL: 32 kbps DL: 56 kbps
Data: XL-LTE DATA
Serving time: 4 sec

TIME	AC	NODE	CELL	CI	ARF	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
16:28	51007	511117	4	0		-68	-3	4G	

Gambar 4. Pengukuran *throughput initial*

Berdasarkan pengukuran data diatas diperoleh nilai RSL paling buruk adalah -93.44 dBm dengan RSRQ -30 dB yang dapat dikategorikan buruk sedangkan *throughput* jaringan LTE untuk *uplink* 32 Kbps dan *downlink* 56 Kbps yang dapat dikatakan sangat rendah karena masalah kapasitas di sisi eNode B.

3.2 Perencanaan IBS

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan 3 metode dalam menangani permasalahan jaringan seluler di hotel Marbella Suites Bandung. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang dibandingkan hasilnya pada pembahasan selanjutnya.

3.2.1 Upgrade Carrier Module

Upgrade modul carrier ditujukan untuk menambah kapasitas jaringan. Dengan dilakukannya hal ini akan mampu memperbaiki performa jaringan dalam menangani jumlah user yang lebih banyak. Metode ini dilakukan disisi eNode B, sehingga kapasitas dari eNode B akan bertambah untuk menampung *user*. Dalam hal ini dilakukan peningkatan *carrier module* dari 10 MHz menjadi 15 MHz.

3.2.2 Penambahan Repeater

Dengan metode ini, dilakukan penambahan perangkat *repeater* untuk memperkuat daya yang didistribusikan ke dalam hotel Marbella Suites Bandung. Dengan penambahan *repeater* maka diperlukan satu *site donor* yang dijadikan referensi dan kapasitas sistem *repeater* masih tergantung pada jumlah kapasitas dari *site donor* tersebut. Untuk metode penambahan *repeater*, maka perlu dilakukan *coverage dimensioning* untuk mengetahui jumlah antena yang dibutuhkan.

3.2.2.1 Covegare Dimensioning

Coverage planning adalah tahap yang sangat penting dilakukan saat melakukan perencanaan jaringan seluler. Proses ini termasuk melakukan pemilihan model propagasi yang digunakan berdasarkan area target

planning, populasi dan clutter. Pemakaian propagasi model merupakan cara sederhana yang dapat dilakukan untuk memprediksi *signal propagation behaviour*.

Tabel 1. MAPL

Transmitter (Repeater)	Value	Calculation
TX Power (dBm)	24	A
Tx antenna gain (dBi)	2	B
Cables and Connectors losses (dB)	2	C
EIRP (dBm)	24	D=A+B-C
Receiver (UE)	Value	Calculation
UE Noise factor (dB)	7	E
Thermal noise density (dBm)	-104.5	F=k*T*BW
Receiver noise floor (dBm)	-97.5	G=E+F
Required SINR (dB)	-4	H
Receiver sensitivity (dBm)	-101.5	I=G+H
Interference Margin (dB)	3	J
UE Antenna Gain (dB)	0	K
Rx Body Loss (dB)	3	L
Log normal fading margin (dB)	5	M
MAPL (dB)	114.5	N=D-I-J+K-L-M

$$MAPL = L_{FS} + L_c + \sum_{i=1}^M nwi Lwi + nf \left[\frac{(nf+2)}{(nf+1)} \right]^{-0.46} xLf \quad (2)$$

$$114.5 = 32.45 + 20 \log d_{(km)} + 20 \log f_{(GHz)} + (2 \times 5.49) + (4 \times 10.98)$$

$$114.5 = 152.39 + 20 \log d_{(km)}$$

$$d_{(km)} = 0.0127 \text{ km}$$

$$d_{(m)} = 12.7 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas sel} &= 2.6 \times d^2 \\ &= 2.6 \times 12.7^2 \\ &= 2.6 \times 161.29 \\ &= 419.354 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Jumlah sel lantai 1

$$L_{\text{sel}} = \frac{\text{Luas area}}{\text{Luas sel}} \quad (4)$$

$$L_{\text{sel}} = \frac{850 \text{ m}}{419.354}$$

$$L_{\text{sel}} = 2.011 \approx 3 \text{ sel}$$

Jumlah sel lantai 2 sampai 17

$$\sum_{\text{sel}} = \frac{\text{Luas area}}{\text{Luas sel}}$$

$$\sum_{\text{sel}} = \frac{640 \text{ m}}{419.354}$$

$$\sum_{\text{sel}} = 1.088 \approx 2 \text{ sel}$$

3.2.2.2 Capacity Dimensioning

Dalam *capacity dimensioning* dianalisis jumlah *user* yang dapat ditampung oleh antenna *repeater*, dalam hal ini tidak ada penambahan perangkat sehingga meningkatkan jumlah *user* yang karena metode penambahan *repeater* yang menggunakan *site donor* sehingga pada sisi kapasitas masih menggunakan kapasitas dari *eNode B donor*. Kemampuan dari satu antenna dalam menampung jumlah *user* adalah 50 *user*, sehingga dengan jumlah *user* setiap lantai di hotel Marbella Suites dapat dilihat pada Tabel 2.^[9]

Tabel 2 Jumlah sel berdasarkan kapasitas antenna

Lantai	Jumlah User (orang)	Jumlah Sel (buah)
1	350	7
2	56	2
.....	56	2
16	56	2
17	56	2

Berdasarkan hasil *coverag dimensioning* dan *capacity dimensioning*, maka jumlah FAP yang dibutuhkan diambil dari masing-masing perhitungan yang paling banyak, tujuannya untuk menutupi kekurangan dari masing-masing metode.

Tabel 3. Jumlah FAP

Lantai	∑ sel Coverage (buah)	∑ sel Capacity (buah)	Jumlah FAP (buah)
1	3	7	7
2	2	2	2
.....	2	2	2
17	2	2	2

3.2.3 Perencanaan IBC

Pada metode perencanaan IBC, hampir sama dengan metode penambahan *repeater*, perbedaan yang paling mendasar adalah pada metode IBC, terdapat penambahan kapasitas rill, karena dilakukan seperti pembangunan *site* baru dan tanpa menggunakan *site donor*. Untuk menentukan jumlah FAP yang dibutuhkan, maka dilakukan *dimensioning* secara kapasitas dan cakupan.

3.2.3.1 Capacity Dimensioning

$$Throughput/Session \text{ (Kbit)} = \frac{(Bearer \text{ Rate} \times PPP \text{ Session Time} \times PPP \text{ Session Duty Ratio})}{(1-BLER)} \tag{5}$$

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

Nilai *Peak to Average Ratio* merupakan perkiraan/margin jika terjadi lonjakan trafik. Pemilihan nilai *Peak to Average Ratio* bergantung pada *morphology* daerah. *Peak to Average Ratio* pada *indoor* memiliki nilai sebesar 35%.^[4]

Tabel 4. Traffic Parameter LTE ^[4]

Traffic Parameters	UL				DL			
	Bearer Rate (Kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER	Bearer Rate (Kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER
VoIP	26.90	80	0.4	1%	26.90	80	0.4	1%
Video Phone	62.53	70	1	1%	62.53	70	1	1%

<i>Video Conference</i>	62.53	1800	1	1%	62.53	1800	1	1%
<i>Real Time Gaming</i>	31.26	1800	0.2	1%	125.06	1800	0.4	1%
<i>Streaming Media</i>	31.26	3600	0.05	1%	250.11	3600	0.95	1%
<i>IMS Signalling</i>	15.63	7	0.2	1%	15.63	7	0.2	1%
<i>Web Browsing</i>	62.53	1800	0.05	1%	250.11	1800	0.05	1%
<i>File Transfer</i>	140.69	600	1	1%	750.34	600	1	1%
<i>Email</i>	140.69	50	1	1%	750.34	15	1	1%
<i>P2P File Sharing</i>	250.11	1200	1	1%	750.34	1200	1	1%

Tabel 5. Traffic Penetration Ratio dan BHSA ^[4]

UE Behaviours	Indoor	
	Traffic Penetration Ratio	BHSA
<i>VoIP</i>	100.00%	2.1
<i>Video Phone</i>	20.00%	0.5
<i>Video Conference</i>	20.00%	0.4
<i>Real Time Gaming</i>	30.00%	1.4
<i>Streaming Media</i>	15.00%	3.2
<i>IMS Signalling</i>	40.00%	5
<i>Web Browsing</i>	100.00%	3.8
<i>File Transfer</i>	20.00%	0.5
<i>Email</i>	10.00%	0.6
<i>P2P File Sharing</i>	20.00%	0.8

Perhitungan selanjutnya adalah mencari nilai *Total Network throughput*. *Total Network Throughput* adalah merupakan total *throughput* yang harus disediakan oleh jaringan untuk dapat melayani banyaknya *user target*.

Tabel 6. *Single User Throughput*

Tabel Single User Throughput		
Single User Throughput		
Traffic Parameters	Single Service Throuhput	
	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)
VoIP	2465,018182	2465,018182
Video Phone	596,8772727	596,8772727
Video Conference	12278,61818	12278,61818
Real Time Gaming	6445,243636	51570,19636
Streaming Media	3682,996364	559882,6036
IMS Signalling	59,67818182	59,67818182
Web Browsing	29161,71818	116642,2091
File Transfer	11511	61391,45455
Email	575,55	3069,572727

P2P File Sharing	65483,34545	196452,6545
Total	132260,0455	1004408,883
Single User Throughput (Kbps)	36,73890152	279,0024674

$$Total\ Network\ Throughput\ (Kbps) = Single\ User\ Throughput\ (Kbps) \times Total\ User\ Target \tag{7}$$

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.

$$MAC\ layer\ throughput = IP\ layer\ throughput / 98,04\ \% \tag{8}$$

Tabel 7. Total Network Throughput

Indoor					
Total Target User		Network Throughput (IP)		Network Throughput (MAC)	
Lantai	Jumlah User	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)
Lantai 1	350	14695,56	111600,987	14989,3519	113832,0961
Lantai 2	56	2057,38	15624,13818	2098,5093	15936,4934
.....	56	2057,38	15624,13818	2098,5093	15936,4934
Lantai 16	56	2057,38	15624,13818	2098,5093	15936,4934
Lantai 17	10	367,39	2790,024674	374,7338	2845,8024

Setelah memperoleh total Network Throughput pada layer MAC, selanjutnya adalah mencari Single Site Capacity atau Cell Average Throughput yaitu kapasitas dari satu site. Tujuan dari menghitung kapasitas site adalah untuk mencari jumlah site yang dibutuhkan agar dapat melayani user berdasarkan total network throughput yang diperoleh. Untuk mencari kapasitas site atau cell average throughput, maka dibutuhkan informasi tentang cell radius, dan SINR distribution. Perhitungan kapasitas cell pada sisi Downlink (DL Cell Throughput) dan Perhitungan kapasitas cell pada sisi Uplink (UL Cell Throughput) menggunakan persamaan 5 dan 6 berikut.

$$DL\ cell\ Capacity + CRC = (168 - 36 - 12) \times (Code\ bits) \times (Coderate) \times Nrb \times C \times 1000 \tag{9}$$

$$UL\ cell\ Capacity + CRC = (168 - 24) \times (Code\ bits) \times (Coderate) \times Nrb \times C \times 1000 \tag{10}$$

Tabel 8. Single site throughput

Lantai	Jumlah User	Network Throughput (MAC)		Single Site Throughput (MAC)	
		Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)
Lantai 1	350	14989,3519	113832,0961	20216,576	33695,976
Lantai 2	56	2098,509266	15936,49345	20216,576	33695,976
.....	56	2098,509266	15936,49345	20216,576	33695,976
Lantai 16	56	2098,509266	15936,49345	20216,576	33695,976
Lantai 17	56	2098,509266	15936,49345	20216,576	33695,976

Setelah mendapatkan hasil Total Network Throughput dan Single Site Capacity, selanjutnya adalah menghitung jumlah site yang dibutuhkan dari sisi capacity planning. Persamaan 2.7 yang digunakan untuk mencari jumlah site yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.^[4]

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

Tabel 9. Jumlah FAP

Lantai	Network Throughput (MAC)		Single Site Throughput (MAC)		Jumlah FAP (buah)		Estimasi Jumlah FAP (buah)
	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)	Uplink	Downlink	
Lantai 1	14989,3519	113832,0961	20216,576	33695,976	0,741438704	3,37821038	4
Lantai 2	2098,509266	15936,49345	20216,576	33695,976	0,103801419	0,47294945	1
.....	2098,509266	15936,49345	20216,576	33695,976	0,103801419	0,47294945	1
Lantai 16	2098,509266	15936,49345	20216,576	33695,976	0,103801419	0,47294945	1
Lantai 17	2098,509266	15936,49345	20216,576	33695,976	0,103801419	0,47294945	1

3.2.3.2 Coverage Dimensioning

Tabel 10. MAPL downlink

Transmitter (Repeater)	Value	Calculation
TX Power (dBm)	20	A
Tx antenna gain (dBi)	2	B
Cables and Connectors losses (dB)	0	C
EIRP (dBm)	22	D=A+B-C
Receiver (UE)	Value	Calculation
UE Noise factor (dB)	7	E
Thermal noise density (dBm)	-107.5	F=k*T*BW
Receiver noise floor (dBm)	-100.5	G=E+F
Required SINR (dB)	-8	H
Receiver sensitivity (dBm)	-108.5	I=G+H
Load factor	0.7	J (70%)
Interference Margin (dB)	15.22	K = -10 log (1-j/10)
UE Antenna Gain (dB)	0	L
Rx Body Loss (dB)	3	M
Log normal fading margin (dB)	5	N
MAPL (dB)	109.72	O=D-I-K+L-M-N

$$MAPL = L_{FS} + L_c + \sum_{i=1}^I n w_i L_{w_i} + n f \left[\frac{(n f + 2)}{(n f + 1)} \right]^{-0.46} x L_f$$

$$109.72 = 32.45 + 20 \log d_{(km)} + 20 \log f_{(GHz)} + (2 \times 5.49) + (4 \times 10.98)$$

$$109.72 = 152.39 + 20 \log d_{(km)}$$

$$-42.67 = 20 \log d_{(km)}$$

$$d_{(km)} = 7.3535 \times 10^{-3} \text{ km}$$

$$d_{(m)} = 7.3535 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas sel} = 2.6 \times d^2$$

$$= 2.6 \times 7.3535^2$$

$$= 2.6 \times 54.0739$$

$$= 140.59 \text{ m}^2$$

Jumlah sel lantai 1

$$\sum_{sel} = \frac{\text{Luas area}}{\text{Luas sel}}$$

$$\sum_{sel} = \frac{850 \text{ m}}{140.59 \text{ m}}$$

$$\sum_{sel} = 6.0459 \approx 7 \text{ sel}$$

Jumlah sel lantai 2 sampai 17

$$\sum_{sel} = \frac{\text{Luas area}}{\text{Luas sel}}$$

$$\sum_{sel} = \frac{640 m}{140.59 m}$$

$$\sum_{sel} = 4.5522 \approx 5 \text{ sel}$$

Berdasarkan hasil *coverag dimensioning* dan *capacity dimensioning*, maka jumlah FAP yang dibutuhkan diambil dari masing-masing perhitungan yang paling banyak, tujuannya untuk menutupi kekurangan dari masing-masing metode.

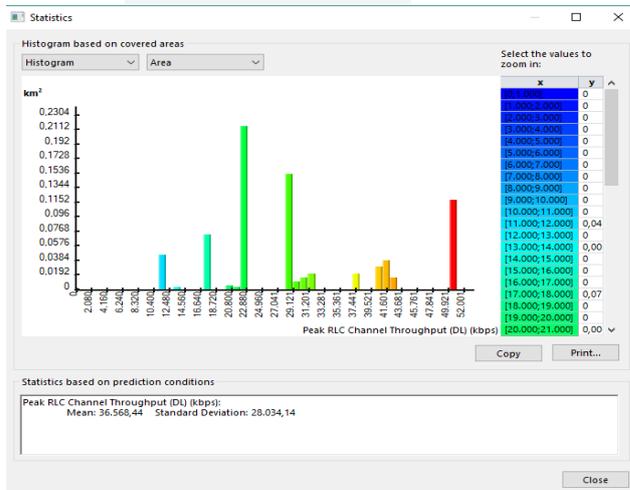
Tabel 11. Jumlah FAP

Lantai	Jumlah Sel (buah)		Jumlah FAP (buah)
	Coverage	Capacity	
1	7	4	7
2	5	1	5
.....	5	1	5
17	5	1	5

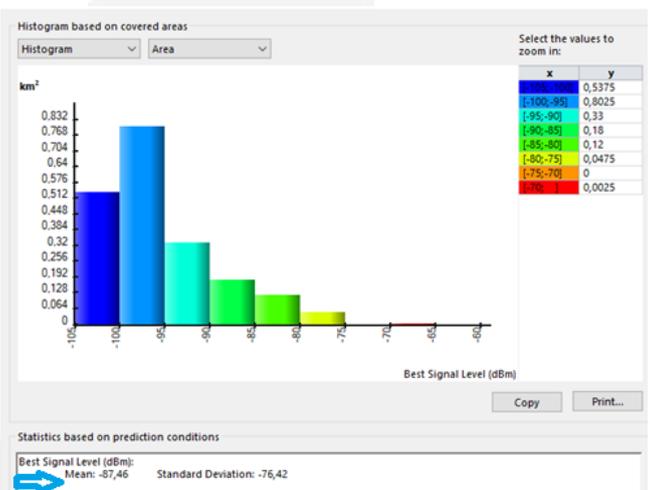
4. Hasil Dan Analisa

4.1 Upgrade Carrier Module

Upgrade carrier module ditujukan untuk menambah kapasitas jaringan. Dengan dilakukannya hal ini akan mampu memperbaiki performa jaringan dalam menangani jumlah *user* yang lebih banyak. Dengan menggunakan metode ini diperoleh untuk *carrier* 10 MHz dengan nilai *mean throughput initial* adalah 10.809 Mbps dengan *mean receive signal level* -87.46 dBm berubah menjadi *carrier* 15 MHz dengan nilai *mean throughput* 36.568 Mbps dengan *mean receive signal level* -87.46 dBm.



(a)

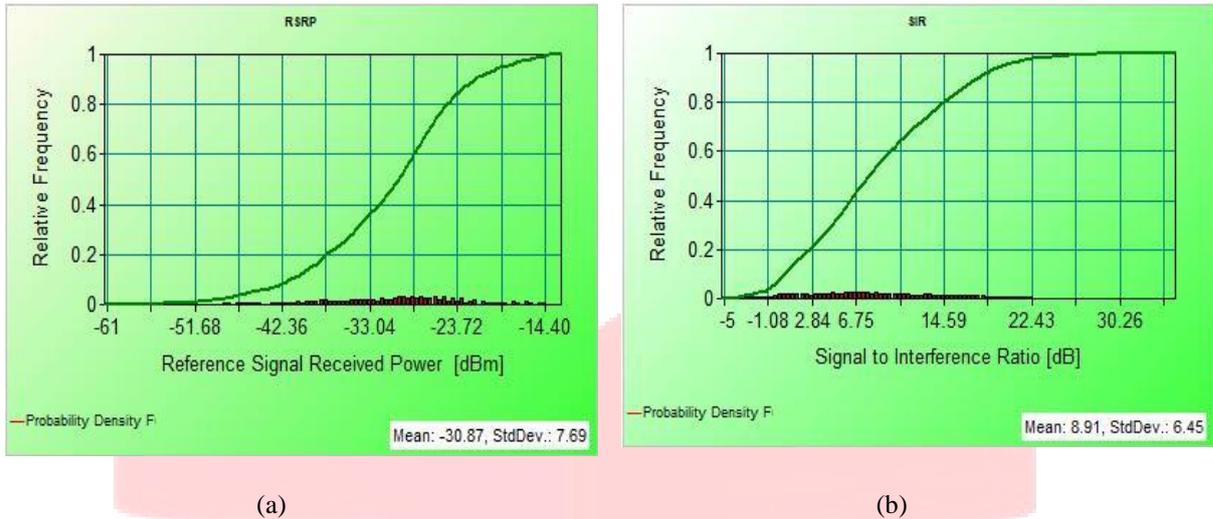
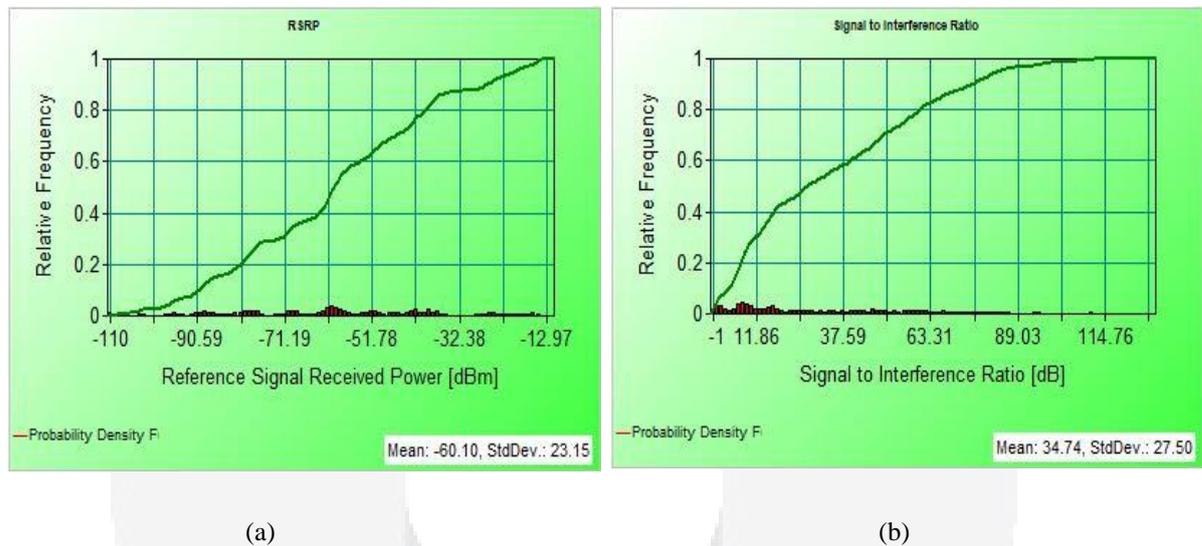


(b)

Gambar 5.(a) *Throughput carrier final site JLLIGARMELATI sektor 3* (b) *Receive signal level carrier final*

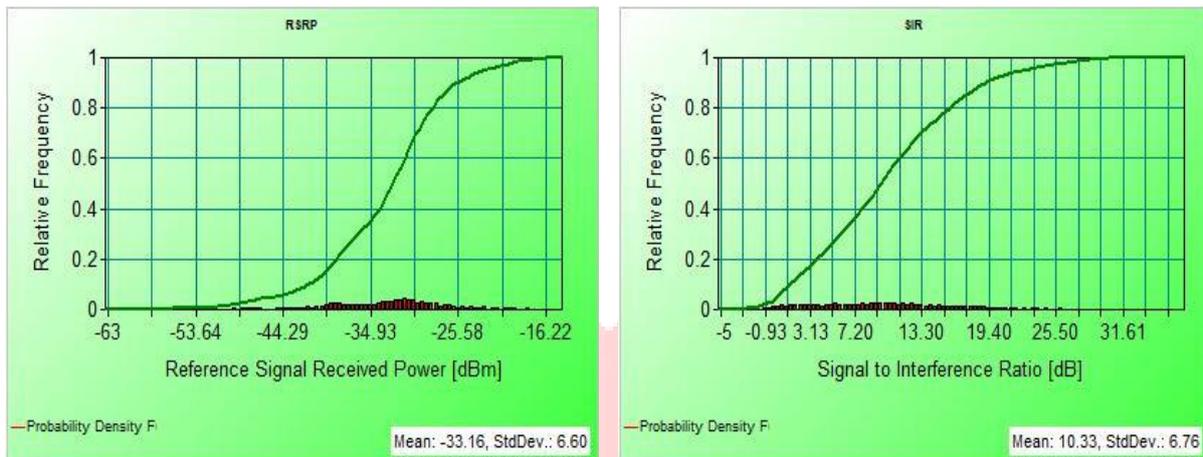
4.2 Penambahan Repeater

Dilakukan optimasi (pengurangan/penambahan) jumlah antenna dengan pendekatan dari sisi jumlah FAP terbanyak dengan kapasitas antenna, apabila jumlah antenna terbanyak menghasilkan hasil yang sangat baik maka dilakukan pendekatan apakah jumlah antenna dapat dikurangi sampai jumlah antenna berdasarkan kapasitas terkecil. Pada lantai 1 dari 7 antenna diubah menjadi 7 antenna karena berdasarkan kapasitas, sedangkan dari lantai 2 sampai 17 dinaikan dari 2 antenna menjadi 3 antenna. Untuk hasil simulasi lantai 1 hasil yang diperoleh pada penambahan *repeater* diperoleh nilai dari *coverage* rata-rata adalah sebesar -30.87 dBm dengan *standart deviasi* 7.69 dan nilai dari SIR rata-rata sebesar 8.91 dB dengan *standart deviasi* 6.48. Untuk hasil simulasi lantai 2 hasil yang diperoleh pada penambahan *repeater* diperoleh nilai dari *coverage* rata-rata adalah sebesar -60.10 dBm dengan *standart deviasi* 23.15 dan nilai dari SIR rata-rata sebesar 34.74 dB dengan *standart deviasi* 27.50.

Gambar 6. (a) Grafik *receive signal level* lantai 1 (b) Grafik SIR lantai 1Gambar 7. (a) Grafik *receive signal level* lantai 2 (b) Grafik SIR lantai 2

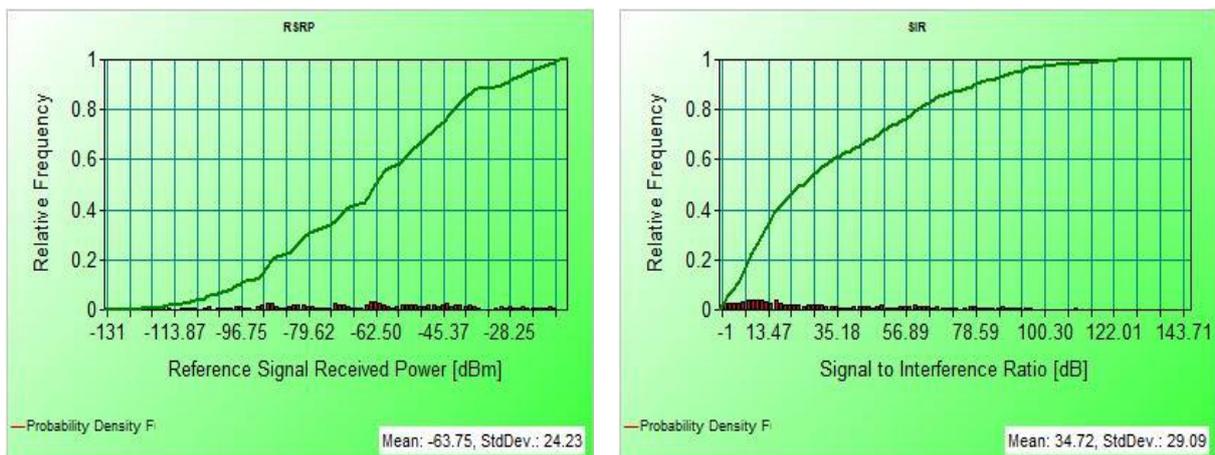
4.3 Perencanaan IBC

Dilakukan optimasi (pengurangan/penambahan) jumlah antenna dengan pendekatan dari sisi jumlah FAP terbanyak dengan kapasitas antenna, apabila jumlah antenna terbanyak menghasilkan hasil yang sangat baik maka dilakukan pendekatan apakah jumlah antenna dapat dikurangi sampai jumlah antenna berdasarkan kapasitas terkecil. Pada lantai 1 dari 7 antenna diubah menjadi 5 antenna, sedangkan dari lantai 2 sampai 17 dinaikan dari 5 antenna menjadi 3 antenna. Untuk hasil simulasi lantai 1 hasil yang diperoleh pada perencanaan IBC diperoleh nilai dari *coverage* rata-rata adalah sebesar -33.16 dBm dengan *standart deviasi* 6.60 dan nilai dari SIR rata-rata sebesar 10.33 dB dengan *standart deviasi* 6.76. Untuk hasil simulasi lantai 2 hasil yang diperoleh pada perencanaan IBC diperoleh nilai dari *coverage* rata-rata adalah sebesar -63.75 dBm dengan *standart deviasi* 24.13 dan nilai dari SIR rata-rata sebesar 34.72 dB dengan *standart deviasi* 29.09.



(a)

(b)

Gambar 8. (a) Grafik *receive signal level* lantai 1 (b) Grafik SIR lantai 1

(a)

(b)

Gambar 8. (a) Grafik *receive signal level* lantai 2 (b) Grafik SIR lantai 2

4.4 Analisis Perbandingan

Berdasarkan pada hasil ketiga metode diatas, maka dilakukan analisa perbandingan sehingga dapat ditentukan metode yang paling efektif dan efisien digunakan untuk diimplementasikan. Perbandingan ketiga solusi diatas ditinjau berdasarkan poin berikut ini.

4.4.1 Receive Signal Level (RSL/RSCP)

Untuk metode *upgrade carrier module* setelah modul ditingkat menjadi 15 MHz nilai dari RSL menurun menjadi -85.5 dBm, sedangkan untuk penambahan *repeater* untuk lantai 1 diperoleh RSL - 33.85 dBm dan untuk perencanaan IBC lantai 1 diperoleh -36.85 dBm. Berdasarkan hal tersebut maka bisa ditentukan RSL yang paling baik adalah metode penambahan *repeater*.

4.4.2 Signal to Interference Ratio (SIR)

Signal to noise ratio merupakan perbandingan antara daya dan kerapatan noise sehingga diharapkan dengan semakin baik nilai SIR maka semakin baik pula kemampuan sistem dalam melewati informasi. Untuk metode *upgrade carrier module* setelah modul ditingkat menjadi 15 MHz nilai dari *throughput* meningkat menjadi 36.568 Mbps, sedangkan untuk penambahan *repeater* untuk lantai 1 diperoleh SIR 8.91 dB dan untuk perencanaan IBC lantai 1 diperoleh 10.33 dB, berbeda dengan lantai 2 penambahan *repeater* diperoleh SIR sebesar 34.74 dB dan untuk perencanaan IBC diperoleh 34.72 dB. Dalam hal ini, SIR yang dapat dibandingkan adalah metode penambahan *repeater* dan perencanaan IBC sehingga dapat disimpulkan bahwa SIR yang paling baik adalah metode penambahan *repeater*.

4.4.3 Kapasitas Sistem

Kapasitas yang dimaksud adalah kemampuan sistem dalam menampung *user*. Untuk metode *upgrade carrier module* dengan meningkatkan *carrier module* menjadi 15 MHz maka semakin banyak pula *user* yang dapat dilayani oleh eNode B. Sedangkan untuk metode penambahan *repeater* yang menggunakan *site donor* yaitu JLLIGARME LATI sektor 3, maka kapasitas sistem tidak bertambah atau tergantung oleh kapasitas *site donor* yang masih menggunakan *carrier module* 10 MHz. Berbeda dengan perencanaan IBC yang memberikan solusi pembangunan *site indoor* baru, maka kapasitas sistem akan bertambah lebih besar sesuai dengan pRRU yang digunakan. Sehingga dapat disimpulkan metode yang memberikan kapasitas sistem yang paling besar adalah perencanaan IBC.

4.4.4 Penambahan Perangkat

Untuk ketiga metode diatas, ketiganya melakukan perangkat tambahan, namun yang berbeda adalah banyaknya perangkat yang diperlukan. Untuk metode *upgrade carrier module*, perangkat yang dibutuhkan hanya *carrier module* 15 MHz yang ditambahkan di *site* JLLIGARME LATI. Untuk metode penambahan *repeater* maka dibutuhkan perangkat *repeater*, antena untuk distribusi ke gedung dan penerima dari *site donor*. Sedangkan untuk metode perencanaan IBC yang membutuhkan lebih banyak perangkat karena dilakukan pembangunan *site* baru yaitu perangkat eNode B, antena distribusi di dalam gedung dan untuk berhubungan dengan EPC maka dibutuhkan perangkat untuk *backbone*. sehingga dapat disimpulkan bahwa metode yang paling banyak membutuhkan perangkat adalah perencanaan IBC.

4.4.5 Cost yang dibutuhkan

Besarnya biaya yang dibutuhkan dapat berbanding lurus dengan penambahan perangkat. Berdasarkan perbandingan penambahan perangkat, metode yang paling banyak membutuhkan perangkat tambahan adalah metode IBC, maka bisa disimpulkan yang membutuhkan biaya yang paling besar adalah metode perencanaan IBC.

Tabel 12. Analisis Perbandingan Metode IBS

No.	Perbandingan	<i>Upgrade carrier module</i>	Penambahan <i>repeater</i>	Perencanaan IBC
1.	RSL (dBm)	-87.46	- 30.87	-33.16
2.	Kapasitas	Meningkat	Tergantung <i>site donor</i>	Meningkat
3.	SIR	Baik	Sangat baik	Sangat baik
4.	Penambahan perangkat	Bertambah	Bertambah	Bertambah
5.	<i>Cost</i>	Lebih rendah dibandingkan penambahan <i>repeater</i>	Sedang	Lebih tinggi dibandingkan penambahan <i>repeater</i>

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian Tugas Akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Perencanaan *Indoor Building Solution* yang dilakukan dengan menggunakan skenario *upgrade carrier module*, penambahan *repeater*, dan perencanaan IBC.
2. Berdasarkan skenario *upgrade carrier module* ditingkatkan dari *carrier* 10 MHz menjadi 15 MHz, diperoleh hasil simulasi dengan menggunakan *carrier* 10 MHz dengan nilai *mean throughput initial* adalah 10.809 Mbps dengan *mean receive signal level* -87.46 dBm berubah menjadi *carrier* 15 MHz dengan nilai *mean throughput* 36.568 Mbps dengan *mean receive signal level* -87.46 dBm.
3. Penempatan antena didalam gedung ditempatkan di koridor hotel, untuk memenuhi estetika penempatan antena, sehingga memudahkan ketika implementasi atau *maintenance*.
4. Berdasarkan skenario penambahan *repeater* diperoleh kebutuhan antena pada lantai 1 adalah 7 antena dengan nilai *mean RSRP* -30.87 dBm dan *mean SIR* 8.91 dB, sedangkan untuk lantai 2 dibutuhkan 3 antena dengan nilai *mean RSRP* -60.10 dBm dan *mean SIR* 34.74 dB.
5. Berdasarkan skenario perencanaan IBC pada lantai 1 diperoleh kebutuhan antena 5 FAP dengan nilai *mean RSRP* -33.16 dBm dan *mean SIR* 10.33 dB, sedangkan untuk lantai 2 dibutuhkan 3 FAP dengan nilai *mean RSRP* -63.75 dBm dan *mean SIR* 34.72 dB.
6. Solusi yang paling efektif dalam menangani masalah jaringan seluler di hotel Marbella Suites berdasarkan analisis perbandingan adalah perencanaan IBC.

5.2 Saran

Untuk memperoleh hasil yang lebih baik lagi dalam penelitian selanjutnya, penulis mencantumkan beberapa saran berikut.

1. Analisis *coverage* dan *capacity* dapat menggunakan skenario yang lain untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Untuk skenario *upgrade carrier module* dapat diganti dengan *carrier agregation* yang lebih kompleks.
3. Penggunaan *software* yang lain untuk simulasi seperti IB Wave.

DAFTAR REFERENSI

- [1]. Sesia, Stefania, Issam Toufik, and Matthew Baker, "LTE – The UMTS Long Term Evolution : From Theory to Practice, 2nd Edition". Chichester, West Sussex:WILEY,2011.
- [2]. Ericsson. "LTE-System Overview".Ericsson.2008.
- [3].Usman, Uke Kurniawan. Galuh Prihatmoko. Denny Kusuma Hendraningrat. Sigit Dedi Purwanro.2012.Fundametal Teknologi Seluler LTE.Bandung.Rekayasa Sains.
- [4]. Sinaga, Burton.2016. Perencanaan Jaringan *Indoor* Untuk Teknologi Lte Di Gedung Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom.Bandung.
- [5]. Technologies, Huawei.2016.Lampsite 11.1 Solution and Product Overview
- [6]. Wardana, Lingga.2016.Fresh RNO Study Case in 3G and 4G Network.Jakarta.nulisbuku
- [7]. R. Mishra, Ajay.2007.Advanced Cellular Network Planning and Optimisation.England.Wiley