

SIMULASI DAN KAJIAN PERBANDINGAN METODE OPTIMASI JARINGAN LTE (*LONG TERM EVOLUTION*) DENGAN PEMASANGAN *REPEATER*, PERENCANAAN *IN BUILDING COVERAGE* DAN *UPGRADE CARRIER MODULE* DI APARTEMEN SAINT MORITZ

Fiki Maulana¹, Peby Wahyu Purnawan²

1. Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia

fikimaulana17@gmail.com

2. Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia

pebywahyupurnawan@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Tingginya kebutuhan layanan komunikasi di perkotaan yang pada saat ini sangat membutuhkan layanan dengan jaringan komunikasi yang cepat dan handal. Masyarakat kota pada saat ini mulai tinggal di apartemen yang memiliki masalah dengan kualitas jaringan. Salah satunya di Apartemen Saint Moritz Jalan Puri Indah Raya, Puri Indah CBD Blok U1, Kembangan Selatan, Jakarta Barat. Tingginya gedung apartemen menjadi masalah dalam pelayanan kualitas teknologi seluler yang sudah tersedia, sehingga perlu dilakukan optimasi jaringan agar mendapatkan kualitas layanan yang lebih baik. Berdasarkan hasil pengukuran di salah satu lantai yaitu lantai 19, diperoleh nilai RSRP -103.7 dBm dengan nilai SINR 3 dB dengan hasil pengukuran throughput uplink 0.92 Kbps dan downlink 2.04 Kbps pada jaringan LTE. Berdasarkan kendala maka dilakukan optimasi untuk memperbaiki kondisi tersebut. Dalam hal ini menggunakan 3 skenario yang dilakukan yaitu pemasangan repeater, perencanaan IBC dan upgrade carrier module. Untuk pemasangan repeater dan perencanaan IBC perlu dilakukan dimensioning secara kapasitas dan cakupan untuk menentukan jumlah antenna, dan disimulasikan dengan software RPS 5.4, kemudian diperoleh parameter RF berupa RSRP dan SINR. Sedangkan untuk upgrade carrier module disimulasikan dengan software Atoll 3.3.0.7383 dengan mengubah carrier pada engineer parameter menjadi lebih besar, sehingga diperoleh adanya peningkatan parameter RF. Berdasarkan hasil analisis dan simulasi, maka diperoleh hasil pada skenario pemasangan repeater pada lantai 3 diperoleh kebutuhan 3 antena dengan nilai mean RSRP -52.04 dBm dan SINR 10.33 dB, sedangkan lantai 19 dan 56 diperoleh kebutuhan 3 antena dengan nilai mean RSRP -66.32 dBm. Pada skenario perencanaan IBC di lantai 3 diperoleh kebutuhan 2 antena dengan nilai mean RSRP -56.51 dan SINR 18.36 dB, sedangkan lantai 19 dan 56 diperoleh kebutuhan 5 antena dengan nilai mean RSRP -58.31 dBm dan SINR 11.34 dB. Pada skenario upgrade carrier module diubah menjadi 15 MHz dengan throughput 36.568 Mbps dan mean RSRP -86.6 dBm. Kemudian berdasarkan analisis perbandingan maka diputuskan skenario yang paling efektif adalah perencanaan IBC.

Kata Kunci: LTE, RSRP, SINR, Throughput, IBC, Repeater, Carrier Module

ABSTRACT

The high need for communication services in urban areas, which currently requires services with a fast and reliable communication network. Urban communities are now starting to live in apartments that have problems with network quality. One of them is Saint Moritz Apartment Jalan Puri Indah Raya, Puri Indah CBD Blok U1, Kembangan Selatan, West Jakarta. The high level of apartment buildings is a problem in the service quality of cellular technology that is already available, so network optimization needs to be done in order to get better service quality. Based on the measurement results on one floor, the 19th floor, RSRP -103.7 dBm was obtained with a 3 dB SINR value with the results of uplink 0.92 Kbps and downlink 2.04 Kbps measurements on the LTE

network. Based on the constraints, optimization is carried out to improve the condition. In this case, we use 3 scenarios that are done, namely the installation of repeaters, IBC planning an upgrade of the carrier module. For repeater installation and IBC planning, dimensioning is needed in capacity and coverage to determine the number of antennas, and simulated with RPS 5.4 software, then RF parameters are obtained in the form of RSRP and SINR. As for upgrading the carrier module, it is simulated with Atoll 3.3.0.7383 software by changing the carrier to the parameter engineer to be greater, so that there is an increase in RF parameters. Based on the results of the analysis and simulation, the results obtained on the repeater installation scenario on the 3rd floor obtained 3 antennas with mean RSRP -52.04 dBm and SINR 10.33 dB, while the 19th and 56th floors obtained 3 antennas with a mean of -66.32 dBm RSRP. In the IBC planning scenario on the 3rd floor, 2 antennas were needed with a mean value of RSRP -56.51 and SINR 18.36 dB, while the 19th and 56th floors were needed for 5 antennas with a mean RSRP -58.31 dBm and SINR 11.34 dB. In the upgrade scenario, the carrier module is changed to 15 MHz with a throughput of 36,568 Mbps and mean RSRP -86.6 dBm. Then based on comparative analysis, it is decided that the most effective scenario is IBC planning.

Keywords— LTE, RSRP, SINR, Throughput, IBC, Repeater, Carrier Module

I. PENDAHULUAN

Semakin tingginya kebutuhan manusia akan layanan informasi yang saat ini kecepatan merupakan hal yang sangat penting dalam aspek layanan jaringan seluler. Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) saat ini dinilai bisa menjadi teknologi seluler yang menghadirkan kecepatan yang semakin cepat demi kebutuhan akan intensitas pemakaian data. Para pengguna LTE yang mayoritasnya tinggal di daerah padat penduduk terutama di Apartemen, seringkali tidak mendapat layanan karena tingginya gedung yang menyebabkan tidak adanya jaringan seluler. Salah satunya di Apartemen St. Moritz yang berada di daerah Puri Kembangan. Untuk mewujudkan layanan akses data yang cepat, perlu adanya optimasi pada jaringan LTE di area gedung tersebut.

Dari hasil penelitian sebelumnya, pada [1] melakukan optimasi jaringan 3G menggunakan *repeater* di PT SICPA PERURI SEKURINK, hasil yang didapatkan parameter RSCP, RSSI, dan Ec/No menjadi lebih baik dibandingkan sebelum adanya pemasangan *repeater*. Pada [2] mengoptimasi jaringan LTE dengan melakukan perencanaan jaringan *indoor* LTE di stasiun gambir dengan cara melakukan perhitungan secara kapasitas dan cakupan. Disimulasikan dengan *software* RPS 5.4 yang hasilnya RSRP mendapatkan nilai -42.80 dBm, nilai SINR didapatkan 12.12 dB, dan nilai *throughput* 1008 Kbps. Pada [3] optimasi jaringan dengan cara melakukan perencanaan *In Building Coverage* pada gedung UNISBA dengan hasil pada parameter RSRP berkisar -55.9 dBm hingga -12.08 dBm dan SINR berkisar dari 22.66 dB hingga 40.99 dB dengan hasil itu sudah memenuhi standard KPI operator yang diteliti. Pada [4] optimasi jaringan LTE dengan menggunakan struktur TDD *subframe* yang berbeda, *physical tuning*, dan implementasi *higher-order* MIMO hasil yang didapatkan nilai RSRP meningkat dari $100\% \leq -80$ dBm menjadi $94,48\% \geq -80$ dBm dengan target KPI $80\% \geq -80$ dBm. Pada [5] optimasi jaringan LTE menggunakan metode *drive test* dengan *software* *Nemo Handy*. Hasil yang didapatkan mengalami kenaikan 44,4%

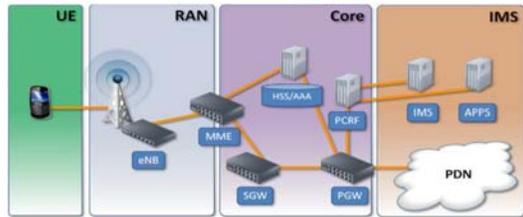
pada parameter RSRP dan 25,1% pada parameter SINR.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dalam tugas akhir ini akan dilakukan 3 skenario yaitu pemasangan *repeater*, perencanaan *In Building Coverage* (IBC) dan *upgrade carrier module* untuk mengoptimalkan jaringan LTE pada Apartemen St. Moritz. Untuk skenario perencanaan IBC dan pemasangan *repeater* perlu dilakukan *dimensioning* secara cakupan dan kapasitas untuk menentukan jumlah antenna *indoor*, dan disimulasikan menggunakan *software* RPS 5.4, dan pada skenario *upgrade carrier module* dilakukan menggunakan *software* Atoll 3.3.0.7383 dengan menambah *carrier* menjadi menjadi lebih besar. Parameter yang digunakan yaitu RSRP dan SINR. Dengan adanya skenario tersebut, maka dipilih solusi yang terbaik dalam menanggulangi masalah yang terjadi pada Apartemen St. Moritz.

II. LONG TERM EVOLUTION

LTE (*Long Term Evolution*) adalah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari *Third Generation Partnership* (3GPP) untuk memperbaiki standard *mobile phone* generasi ke 3 (3G) yaitu UMTS WCDMA. LTE ini merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSPA (3,5G) yang mana LTE disebut sebagai generasi ke-4 (4G). Pada UMTS kecepatan transfer data maksimum adalah 2Mbps, pada HSPA kecepatan transfer data mencapai 14 Mbps pada sisi *downlink* dan 5,6 Mbps pada sisi *uplink*. Pada LTE ini kemampuan dalam memberikan kecepatan hal transfer data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Selain itu LTE ini mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik *voice*, data, video, maupun IP TV. LTE diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya. Kemampuan dan keunggulan dari LTE terhadap teknologi sebelumnya selain dari kecepatannya dalam transfer data tetapi juga karena LTE dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dan layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan *multiple antenna*, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth*

operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada. 3GPP mempunyai suatu latar belakang selama 10 tahun untuk pengembangan WCDMA karena 3GPP berawal dan tahun 1998. 3GPP *release* dimulai dan WCDMA *release*, *release99* dan diikuti *release* berikutnya.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan LTE

Pada arsitektur jaringan LTE, terdapat empat level utama yaitu : *User Equipment* (UE), *Evolved UTRAN* (E-UTRAN), *Evolved Packet Core* (EPC), dan IMS (cloud). [6]

2.1 In Building Coverage

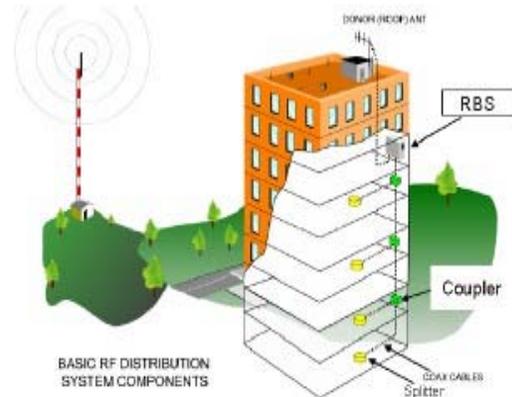
In-building coverage solution merupakan suatu sistem yang diterapkan dalam gedung untuk mendukung sistem luar gedung (makrosel dan mikrosel outdoor) dalam memenuhi layanan seluler dan *wireless*. Perencanaan sel dalam gedung (*Indoor coverage*) meliputi perencanaan area cakupan sesuai dengan komitmen area, kapasitas trafik sesuai kebutuhan dan kualitas sinyal yang memuaskan pelanggan, serta dengan interferensi yang kecil. Pemenuhan akan kebutuhan sinyal dalam gedung sudah merupakan sebuah kebutuhan mendasar. Aplikasi sistem ini sangat populer di kota megapolitan dimana banyak bangunan superblock terintegrasi, gedung tinggi, tunnel dimana kondisi di dalam gedung tersebut sangat sulit menerima sinyal dari tower telekomunikasi bahkan tidak dapat menerima sinyal sama sekali. Prinsip kerja sistem ini secara sederhana adalah memanfaatkan sistem distribusi antenna *indoor* untuk mendistribusikan sinyal dari eNodeB/Repeater, sehingga semua sisi bangunan dapat terjangkau sinyal dengan baik. Secara sederhana, sebuah sistem *Indoor coverage* terdiri atas dua bagian yaitu: yang pertama adalah sumber sinyal: *Macrocell* BTS, *Picocell* BTS, *Repeater*. Dan yang kedua adalah *Distributed Antenna System: Passive Distribution Mode, Active Distribution Mode, Optical Fiber Distribution Mode, Leaky Cable Distribution Mode*.

2.1.1 Sumber Sinyal

Perangkat yang dijadikan sumber sinyal diantaranya adalah BTS (*Base Transceiver Station*), *Repeater* dan BBU (*Baseband Unit*).

2.1.2 DAS (*Distributed Antenna System*)

DAS memiliki fungsi sama dengan antenna BTS *outdoor* yang dipasang pada menara, yaitu mendistribusikan sinyal ke masing-masing lantai atau bagian di suatu gedung.



Gambar 2. Implementasi sistem DAS berupa *Passive Distributed Mode*

DAS atau penyaluran sistem antenna mempunyai komponen-komponen utama, yaitu Komponen Pasif terdiri dari power splitter, coupler/tapper, feeder, multiband combiner, antenna omnidirectional dan antenna directional. Sedangkan pada Komponen Aktif yaitu terdiri dari RRU (*Radio Remote Unit*) dan MU (*Master Unit*).

2.1.3 Kondisi Lingkungan

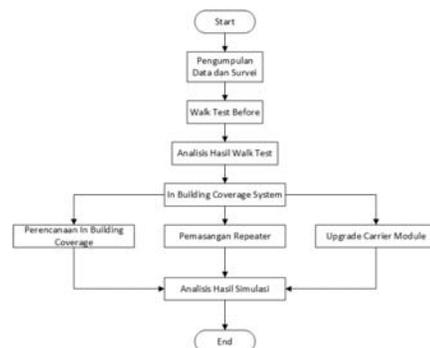
Faktor pembeda utama antara jaringan *indoor* dan jaringan *outdoor* adalah pada kondisi propagasi. Secara umum berikut adalah kondisi yang terjadi pada perancangan *indoor*:

1. Jarak yang di-cover cukup sempit,
2. Perubahan posisi karena mobilisasi user,
3. Penyebab loss diantaranya dinding, furniture dan manusia.

2.1.4 Tipikal Lokasi

Gedung perkantoran, apartemen, *Mall*, rumah sakit, dan Bank adalah beberapa contoh lokasi penerapan *picocell*.

III. PERANCANGAN SISTEM



Gambar 3. Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

3.1 Pengumpulan Data dan Survei

Pada proses ini dilakukan pengumpulan data dan survei lokasi untuk kelayakan perencanaan. Proses tersebut meliputi pengecekan data gedung berupa jumlah lantai apartemen, tinggi gedung, material gedung, dll. Data tersebut akan sangat membantu pada saat proses *capacity dimensioning* dalam penentuan jumlah antenna yang digunakan dalam perencanaan.



Gambar 4. Apartemen Saint Moritz

Pada gambar 4 merupakan gedung Apartemen St. Moritz salah satu apartemen di Jakarta Barat yang berlokasi di Jalan Puri Indah Raya, Puri Indah CBD Blok U1, Kembangan Selatan, Jakarta Barat. Luas area Apartemen St. Moritz untuk lantai 3, 19, dan 56 yaitu 1121 m².

Tabel 1. Spesifikasi data untuk jaringan LTE di Apartemen St. Moritz

Parameter Specification	Nilai
User Environment	Indoor
Frequency	1800 MHz
Model Propagation	COST 231 Multi Wall
Bandwidth Frequency	10 MHz
Number Resource Block	50
Antenna MIMO	2 x 2

Spesifikasi data untuk jaringan LTE di Apartemen St. Moritz menggunakan frekuensi 1800 MHz, untuk model propagasi menggunakan COST 231 *Multi Wall* karena model propagasi ini yang paling cocok untuk digunakan pada jaringan *indoor*. *Bandwidth* frekuensi yang digunakan ialah 10 MHz yang mempunyai *Number Resource Block* 50 dan menggunakan antenna MIMO 2 x 2.

Tabel 2. Estimasi Jumlah User

Lantai	Luas Area	Total Kapasitas
3	1121 m ²	117
19	1121 m ²	117
56	1121 m ²	117

Pada Tabel 2 merupakan estimasi jumlah *user* di Apartemen St. Moritz pada lantai 3, 19, dan 56. Total kapasitas dihitung berdasarkan teori dari

Neufert [7] tentang luas ruang gerak manusia yang ideal yaitu 9,6 m², sehingga diperoleh estimasi jumlah *user* 117 orang.

3.2 Walk Test Before

Proses *walktest before* dilakukan untuk mengukur level daya sinyal dan kualitas sinyal LTE yang diterima di dalam gedung. Pada tugas akhir ini, *walktest* dilakukan pada 3 lantai gedung, yaitu lantai 3, lantai 19 dan lantai 56. Hal tersebut dilakukan karena belum adanya jaringan LTE yang tersedia sehingga dipilih lantai yang dapat mewakili keseluruhan lantai dengan mengambil lantai 3, 19 dan 56.

3.3 Skenario Perancangan Sistem

Pada penelitian tugas akhir ini, dilakukan dengan 3 skenario dalam optimasi jaringan LTE di Apartemen St. Moritz. Ketiga skenario tersebut diantaranya: Pemasangan *Repeater*, Perencanaan IBC, dan *Upgrade Carrier Module*.

3.3.1 Pemasangan Repeater

Dengan skenario ini, dilakukan pemasangan perangkat *repeater* untuk memperkuat daya yang didistribusikan ke dalam Apartemen St. Moritz. 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 skenario pemasangan *repeater*, maka perlu dilakukan *capacity dimensioning* dan *coverage dimensioning* untuk mengetahui jumlah antenna yang dibutuhkan.

3.3.1.1 Capacity Dimensioning

Dalam *capacity dimensioning* dianalisis jumlah *user* yang dapat ditampung oleh antenna *repeater*, dalam hal ini tidak ada penambahan perangkat sehingga tidak ada peningkatan jumlah *user*, karena skenario pemasangan *repeater* hanya menggunakan *site donor*. Sehingga dari sisi kapasitas masih menggunakan kapasitas eNode B donor. Kemampuan maksimum dari satu antenna dalam menampung jumlah *user* adalah 50 *user* [8], sehingga dengan jumlah *user* pada lantai yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah sel berdasarkan kapasitas antenna

Lantai	Jumlah User	Jumlah Sel
	(orang)	(buah)
3	117	3
19	117	3
56	117	3

3.3.1.2 Coverage Dimensioning

Tahap ini 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*. Proses ini juga dilakukan pada skenario perencanaan IBC.

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

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

Perhitungan luas *cell* pada perencanaan jaringan *indoor* LTE menggunakan *cell* model hexagonal. Dalam menghitung luas *cell*, skema yang digunakan adalah *omnidirectional antenna*. Persamaan luas *cell hexagonal* model dirumuskan sebagai berikut.

$$L_{cell} = 2,6 \times d^2 \quad (3)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah *site* yang dibutuhkan.

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

3.3.2 Perencanaan IBC

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

3.3.2.1 Capacity Dimensioning

Tujuan dari *capacity dimensioning* adalah untuk mengetahui jumlah *site* yang dibutuhkan sesuai dengan trafik/kapasitas yang diperlukan. Pada umumnya proses perhitungan *capacity dimensioning* terbagi menjadi 2 bagian, *Single Site Dimensioning* dan *Total Network Throughput*. *Capacity dimensioning* bagian *single site dimensioning* adalah proses melakukan *dimensioning* berdasarkan parameter seperti *duplex mode* dan *system bandwidth* dan lain-lain. 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*.

Tabel 4. Parameter Model Layanan LTE [9]

Traffic Parameters	Uplink				Downlink				UL		DL	
	Bearer rate	PPP Session Time	PPP Session Duty Ratio	BLER	Bearer rate	PPP Session Time	PPP Session Duty Ratio	BLER	Throughput (Kbit)	Throughput Session (Kbit)	Throughput (Kbit)	Throughput Session (Kbit)
VoIP	26,9	10	0,4	1%	26,9	10	0,4	1%	869,495	869,495	869,495	869,495
Video Conference	62,53	1800	1	1%	62,53	1800	1	1%	113,690,94	9	113,690,94	9
Realtime Gaming	31,26	1800	0,2	1%	125,06	1800	0,4	1%	11,367,273	90,912,727	11,367,273	90,912,727
Streaming Media	31,26	3600	0,05	1%	250,11	3600	0,95	1%	5,683,636	864,616,363	5,683,636	864,616,363
IMS Signalling	15,63	7	0,2	1%	15,63	7	0,2	1%	22,103	22,103	22,103	22,103
Web Browsing	62,53	1800	0,05	1%	250,11	1800	0,05	1%	5,684,543	22,737,273	5,684,543	22,737,273
FTP	140,69	600	1	1%	750,34	600	1	1%	83,246,667	434,711,313	83,246,667	434,711,313
Video Phone	62,53	78	1	1%	62,53	78	1	1%	4,421,313	4,421,313	4,421,313	4,421,313
Email	140,69	10	1	1%	750,34	11	1	1%	7195,5156	1164,78788	7195,5156	1164,78788
P2P File Sharing	220,11	1200	1	1%	750,4	1200	1	1%	303163,636	609753,7578	303163,636	609753,7578

Tabel 5. Parameter Model Trafik LTE [9]

User Behaviour	Dense Urban		Urban		Suburban		Rural	
	Penetration Ratio	BHSA						
VoIP	100%	1,4	100%	1,3	50%	1	50%	0,9
Video Conference	20%	0,2	15%	0,15	10%	0,1	5%	0,05
Realtime Gaming	30%	0,2	20%	0,2	10%	0,1	5%	0,1
Streaming media	15%	0,2	15%	0,15	15%	0,1	15%	0,1
IMS Signalling	40%	5	40%	4	40%	3	40%	3
Web Browsing	100%	0,6	100%	0,4	100%	0,3	100%	0,2
FTP	20%	0,3	20%	0,2	20%	0,2	20%	0,2
Video Phone	20%	0,2	20%	0,16	20%	0,1	20%	0,05
Email	10%	0,4	10%	0,3	10%	0,2	10%	0,1
P2P File Sharing	20%	0,2	20%	0,3	20%	0,2	20%	0,1

Penentuan parameter model layanan trafik digunakan untuk menentukan *single user throughput* yang merupakan kecepatan minimal yang diterima oleh pengguna dalam jam sibuk. Dengan berdasarkan pengguna yang menempati tipe daerah tertentu. Dan berikut adalah persamaan dari *Throughput/Session* (Kbit).

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

$$Single User Throughput = (\sum(Throughput per Session \times BHSA \times Penetration Ratio)) \times (1 + Peak Average Ratio) / 3600 \quad (6)$$

Tabel 6. Nilai umum untuk Peak to Average Ratio

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

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

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.

$$MAC Layer Throughput = \frac{IP Layer Throughput}{98,04\%} \quad (8)$$

Tabel 7. Average SINR 1800 MHz Distribution

Modulation	Code Bit	Code Rate	SINR (min)	SINR (dB)	SINR Probability (Pa)	DL Cell Throughput (bps)	DL Cell Throughput (Mbps (Rn))	DL Cell Average Throughput (Mbps)	UL Cell Throughput (bps)	UL Cell Throughput (Mbps (Rn))	UL Cell Average Throughput (Mbps)
QPSK 1/2	2	0,3	-1,5 - 0,3	0,28	14399976	14,399976	4,02198328	8639976	8,639976	2,41919328	2,41919328
QPSK 1/2	2	0,5	0,3 - 2	0,25	23999976	23,999976	5,999994	14,999976	14,999976	3,999994	3,999994
QPSK 2/3	2	0,67	2 - 4,5	0,17	31159976	31,159976	5,4671692	19,255976	19,255976	3,2821192	3,2821192
16QAM 1/2	4	0,5	4,5 - 6	0,13	47999976	47,999976	6,2399968	28,799976	28,799976	3,7439968	3,7439968
16QAM 2/3	4	0,67	6 - 8,5	0,1	64219976	64,219976	6,4219976	38,51976	38,51976	3,851976	3,851976
16QAM 4/5	4	0,8	8,5 - 10,8	0,05	76799976	76,799976	3,8399968	46,079976	46,079976	2,3839968	2,3839968
64QAM 1/2	6	0,5	10,8 - 12,5	0,01	71999976	71,999976	0,71999976	43,099976	43,099976	0,43099976	0,43099976
64QAM 2/3	6	0,67	12,5 - 13,5	0,01	96479976	96,479976	0,96479976	57,887976	57,887976	0,57887976	0,57887976
Cell Average Throughput (MAC) = $TP_u \times R_n$								33,695976			20,217976

Perhitungan kapasitas *cell* pada sisi Downlink (*DL Cell Throughput*) dan Uplink (*UL Cell Throughput*) menggunakan persamaan berikut:

$$DL Cell Capacity + CRC = (168 - 36 - 12) \times (Code Bits) \times (Code Rate) \times Nrb \times C \times 1000 \quad (9)$$

$$UL Cell Capacity + CRC = (168 - 24) \times (Code Bits) \times (Code Rate) \times Nrb \times C \times 1000 \quad (10)$$

Setelah mendapatkan hasil *Total Network Throughput* dan *Single Site Capacity*, selanjutnya

adalah menghitung jumlah site yang dibutuhkan dari sisi *capacity dimensioning*.

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

Perencanaan jaringan *indoor* LTE di frekuensi 1800 Mhz, digunakan model propagasi *indoor* COST 231 *Multi-Wall* yang dapat memodelkan propagasi sinyal untuk frekuensi 1800 Mhz di dalam gedung. COST 231 *Multi-Wall* model merumuskan *path loss* yang terjadi dengan pemodelan *Free Space Loss* dengan menambahkan nilai *loss* yang disebabkan oleh dinding dan lantai. Pemodelan propagasi COST 231 *Multi-Wall* dirumuskan pada persamaan berikut.

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

3.3.3 Upgrade Carrier Module

Upgrade module 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.

IV. SIMULASI DAN ANALISA

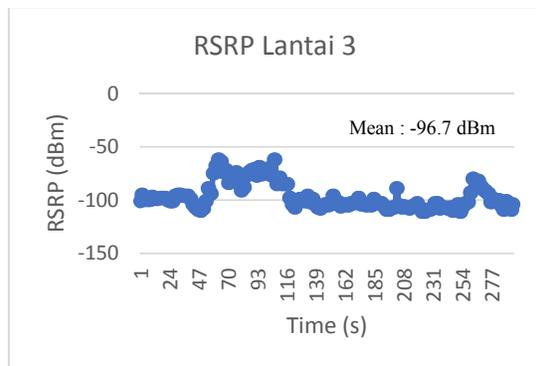
4.1 Data Existing

Data *existing* bertujuan untuk mengetahui kondisi jaringan yang sudah ada. Berikut adalah data *existing* sebelum dilakukan optimasi jaringan LTE.

4.1.1 Walk Test

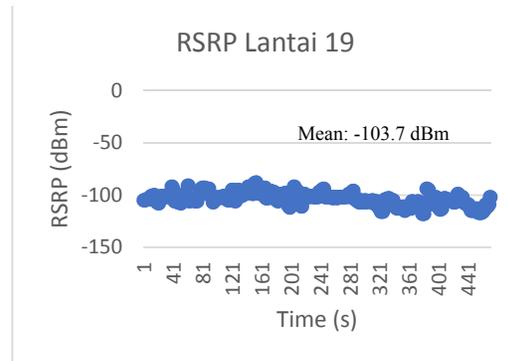
Berikut merupakan hasil *walktest* sebelum dilakukan optimasi jaringan LTE menggunakan aplikasi *G-NetTrack Pro* yang telah dilakukan di Apartemen St. Moritz pada Lantai 3, Lantai 19, Lantai 56, dan *Outdoor Area*.

1. Lantai 3



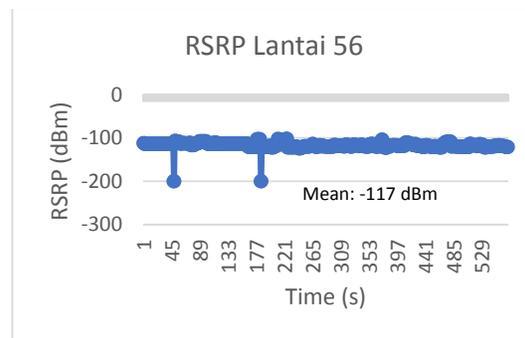
Gambar 5. Grafik RSRP Lantai 3

2. Lantai 19



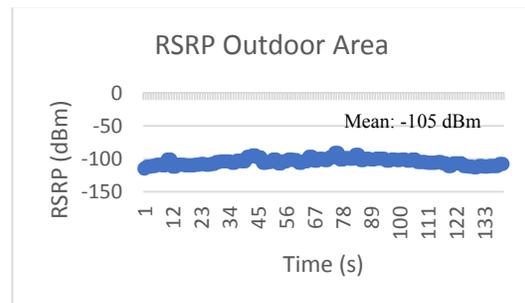
Gambar 6. Grafik RSRP Lantai 19

3. Lantai 56



Gambar 7. Grafik RSRP Lantai 56

4. Outdoor Area



Gambar 8. Grafik RSRP Outdoor Area

4.2 Menentukan Peletakkan Antenna yang Ideal

Dalam menentukan peletakkan antenna, itu sangat berpengaruh terhadap hasil *coverage* dan biasanya yang sering dilakukan pada implementasi, apabila pada gedung seperti hotel dan apartemen, diletakkan pada area kooridor saja, karena memudahkan ketika implementasi atau saat maintenance.

Berikut adalah simulasi menentukan peletakkan antenna sebagai contoh pada skenario perencanaan IBC.



Gambar 9. Peletakan Percobaan 1 Lantai 3



Gambar 10. Peletakan Percobaan 2 Lantai 3



Gambar 11. Peletakan Percobaan 3 Lantai 3

Berdasarkan pada gambar 9, 11, dan 11. Maka dapat disimpulkan peletakan antenna yang ideal dan terbaik itu berada pada percobaan 1, karena memiliki RSRP paling baik dibandingkan dengan percobaan 2 dan 3.

4.3 Pemasangan Repeater

Hal pertama yang dilakukan dalam pemasangan *repeater* ialah melakukan *walktest*

untuk mengetahui jaringan *existing* kualitas *receive signal level*. Berdasarkan hasil *walktest*, terdeteksi sinyal dapat dari *cell site* L_PURI_MAL dan antenna yang mengarah ke Apartemen St. Moritz yaitu sector 2.



Gambar 12. Site 01JKB021_L_PURIMAL sector 2

4.3.1 Capacity Dimensioning

Dalam *capacity dimensioning* seperti pada tabel 3 diperoleh untuk lantai 3, 19, dan 56, masing-masing menggunakan 3 antenna.

4.3.2 Coverage Dimensioning

Pada *coverage dimensioning*, proses pertama yang harus dilakukan adalah menghitung nilai *Maximum Allowable Pathloss Link* (MAPL) berdasarkan estimasi *link budget*. Perhitungan MAPL perlu dilakukan untuk menentukan maksimum loss yang diperbolehkan dari sisi Tx ke Rx atau sebaliknya. MAPL *uplink* dan *downlink* dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 dan 2.

Tabel 8. MAPL Downlink

Downlink	Parameter	Value	Unit	Calculation
General	Bandwidth	10	MHz	BW
	Resource Block	50	Blocks	nBb
eNB	Tx Power	23	dBm	A
	Feeder Loss	1	dB	B
	Antenna Gain	2	dB	C
	EIRP	24	dBm	D=A+C-B
UE	Antenna Gain	0	dB	E
	Body Loss	3	dB	F
	UE Noise Figure	7	dB	G
	Thermal Noise	-104	dBm	H=k*T*BW
	Receiver Noise Floor	-97	dBm	I=G+H
	SINR	-4	dB	J
	Receiver Sensitivity	-101	dBm	K=I+J
	Interference Margin	3	dB	L
Log Normal Fading Margin	5	dB	M	
MAPL	114	dB	N=D+E-F-K-L-M	

Berdasarkan pada Tabel 8 pada sisi perhitungan downlink budget total nilai MAPL-nya adalah 114 dB, sehingga dapat digunakan nilai tersebut untuk mencari diameter sel.

Tabel 9. MAPL Uplink

Uplink	Parameter	Value	Unit	Calculation
General	Bandwidth	10	MHz	BW
	Resource Block	50	Blocks	
UE	Tx Power	23	dBm	A
	Body Loss	3	dB	B
	Antenna Gain	0	dB	C
	EIRP	20	dBm	D=A-B+C
eNb	Antenna Gain	0	dB	E
	Feeder Loss	3	dB	F
	eNb Noise Figure	2	dB	G
	Thermal Noise	-104	dBm	H=k*T*BW
	Receiver Noise Floor	-102	dBm	I=G+H
	SINR	-4	dB	J
	Receiver Sensitivity	-106	dBm	K=I+J
	Interference Margin	5	dB	L
	TMA gain	2	dB	M
	MAPL	116	dB	N=D-K-L-F+E-M

COST 231 *Multiwall* model merumuskan path loss yang terjadi dengan pemodelan Free Space Loss dengan menambahkan nilai loss yang disebabkan oleh dinding dan lantai. Kemudian untuk menghitung diameter sel digunakan MAPL downlink dan uplink sesuai dengan Tabel 8 dan 9

Dengan menggunakan Persamaan 12, maka dapat dihitung diameter sel yang dibutuhkan, kemudian untuk memperoleh luas sel dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3 dan untuk memperoleh jumlah sel yang dibutuhkan menggunakan Persamaan 4 dengan hasil sebagai berikut.

$$L = L_{FS} + L_c + \sum_{i=1}^l K w_i L w_i + K_f^{[(k_f+2)/(k_f+1)-b]} L_f$$

$$L_{FS} = 20 \log (1800) + 20 \log d_{km} + 32,5$$

$$L_{FS} = 65,1054 + 32,5 + 20 \log d_{km}$$

$$L_{FS} = 65,1054 + 32,5 + 20 \log d_{km}$$

$$L_{FS} = 97,6054 + 20 \log d_{km}$$

4.3.2.1 Perhitungan Radius Antena

1. Lantai 3

Tabel 10. Material Loss Penghalang Lantai 3

Material	Loss (dB)	Value	Total (dB)
Tembok	3,5	4	14
Lantai Beton	10	1	10
Glass Window	2,85	8	22,8
Wood	2,8	1	2,8
Total (dB)			49,6

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

$$114 = 20 \log F_{Mhz} + 20 \log d_{km} + 49,6$$

$$114 = 97,6054 + 20 \log d_{km} + 49,6$$

$$114 = 147,2054 + 20 \log d_{km}$$

$$-33,2054 = 20 \log d_{km}$$

$$-1,66027 = \log d_{km}$$

$$d_{km} = 10^{-1,66027}$$

$$d_{km} = 0,02174$$

$$d_m = 21,74 \text{ m}$$

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

$$= 2,6 \times (21,74)^2$$

$$= 1228 \text{ m}^2$$

Jumlah Cell/lantai 3;

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

$$= \frac{1121}{1228}$$

$$= 0,912$$

$$\approx 1 \text{ cell}$$

2. Lantai 19 dan 56

Tabel 11. Material Loss Penghalang Lantai 19 dan 56

Material	Loss (dB)	Value	Total (dB)
Tembok	3,5	4	14
Lantai Beton	10	1	10
Glass Window	2,85	6	17,1
Wood	2,8	5	14
Total (dB)			55,1

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

$$114 = 20 \log F_{Mhz} + 20 \log d_{km} + 55,1$$

$$114 = 97,6054 + 20 \log d_{km} + 55,1$$

$$114 = 152,7054 + 20 \log d_{km}$$

$$-35,9054 = 20 \log d_{km}$$

$$-1,79527 = \log d_{km}$$

$$d_{km} = 10^{-1,79527}$$

$$d_{km} = 0,01602$$

$$d_m = 16,02 \text{ m}$$

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

$$= 2,6 \times (16,02)^2$$

$$= 667,26 \text{ m}^2$$

Jumlah cell/lantai 19

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

$$= \frac{1121}{667,26}$$

$$= 1,68$$

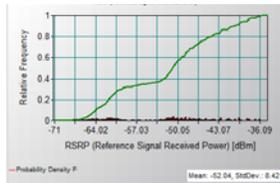
$$\approx 2 \text{ cell}$$

4.3.2.2 Penentuan Jumlah Antena

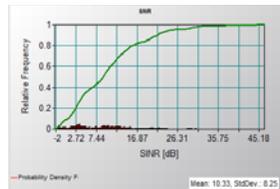
Tabel 12. Jumlah Antena

Lantai	Σ sel capacity	Σ sel coverage	Jumlah Antenna
3	3	1	3
19	3	2	3
56	3	2	3

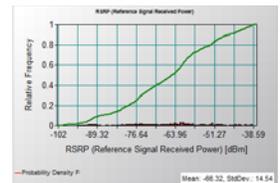
4.3.3 Hasil Simulasi



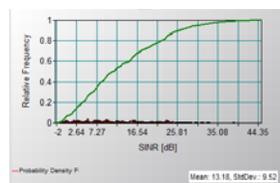
Gambar 13. Grafik RSRP Pemasangan Repeater Lantai 3



Gambar 14. Grafik SINR Pemasangan Repeater Lantai 3



Gambar 15. Grafik RSRP Pemasangan Repeater Lantai 19 dan 56



Gambar 16. Grafik SINR Pemasangan Repeater Lantai 19 dan 56

Berdasarkan pada gambar 13, 14, 15, 16 dapat dilihat hasil simulasi pada lantai 3 pada pemasangan *repeater* diperoleh nilai rata-rata RSRP -52.04 dBm dengan Standar Deviasi 8.42, dan nilai SINR rata-rata sebesar 10.33 dB dengan Standar Deviasi 8.25. untuk hasil simulasi lantai 19 dan 56 diperoleh nilai rata-rata RSRP -66.32 dBm dengan Standar Deviasi 14.54 dan nilai SINR rata-rata sebesar 13.18 dB dengan Standar Deviasi 9.52.

4.4 Perencanaan IBC

Pada perencanaan IBC, juga dilakukan perhitungan secara *capacity dimensioning* dan *capacity dimensioning* sehingga menghasilkan

jumlah antena yang kemudian disimulasikan pada *software* RPS.

4.4.1 Capacity Dimensioning

Berdasarkan tabel 4 dan 5, dengan menggunakan persamaan 6 maka diperoleh single user throughput pada tabel 13.

Tabel 13. Single User Throughput

User Behavior	Indoor			
	Penetration Ratio	BHSA	UL(kbps)	DL(kbps)
VoIP	100%	2.1	1825.939	1825.939
Video Phone	20%	0.5	442.1313	442.1313
Video Conference	20%	0.4	9095.273	9095.273
Gaming	30%	1.4	4774.255	38200.15
Streaming Media	15%	3.2	2728.145	414727.9
Signaling	40%	5	44.20606	44.20606
Browsing	100%	3.8	21601.27	86401.64
FTP	20%	0.5	8526.667	45475.15
Email	10%	0.6	426.3333	682.1273
P2P file sharing	20%	0.8	48506.18	145520.5
Total			97970.4	742414.9
Single User Throughput			27.214	206.2264

Selanjutnya dihitung dengan persamaan 7, maka diperoleh data seperti tabel 14 kolom 3 dan 4. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan 8, diperoleh data di kolom 5 dan 6 pada tabel 14.

Tabel 14. Total Network Throughput

Indoor					
Total Target User		Network Throughput (IP)		Network Throughput (MAC)	
Lantai	Jumlah User	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)
3	117	3184	24128	3248	24611
19	117	3184	24128	3248	24611
56	117	3184	24128	3248	24611

Selanjutnya setelah menghitung *total network throughput* maka mencari nilai *single site throughput* untuk *uplink* dan *downlink* seperti pada Tabel 15 dan 16 dengan menggunakan Persamaan 9 dan 10.

Tabel 15. Single Site Throughput (Downlink Cell)

Downlink Cell Capacity			
Parameter	Nilai	Keterangan	Calculation
Jumlah RE per 1 ms	168	-	A
Jumlah Kanal Kontrol RE per 1 ms	36	-	B
Jumlah Reference Signal RE per 1ms	12	-	C
CRC	24	-	D
Code Bit	6	64 QAM	E
Code Rate	0.50	3/4	F
Jumlah Resource Block	50	10 MHz	G
C (MIMO TRx)	2	-	H
Kapasitas Sel (DL)	35999976	bits	$I = ((A - B - C) * E * F * G * H * 1000) - D$

Tabel 16. Single Site Throughput (Uplink Cell)

Uplink Cell Capacity			
Parameter	Nilai	Keterangan	Calculation
Jumlah RE per 1 ms	168	-	A
Jumlah kanal kontrol RE per 1 ms	36	-	B
Jumlah reference signal RE per 1ms	12	-	C
CRC	24	-	D
Code bit	4	16 QAM	E
Code rate	0.6	3/5	F
Jumlah Resource Block	50	10 MHz	G
C (MIMO TRx)	2	-	H
Kapasitas Sel (UL)	28799976	bits	I=((A-D)*E*F*G*H*1000)/D

Setelah mendapatkan nilai *single site throughput downlink* dan *uplink* maka dapat diperoleh jumlah antenna yang dibutuhkan. Dengan menggunakan Persamaan 11 maka didapatkan jumlah antenna yang dapat dilihat pada Tabel 17 berikut.

Tabel 17. Jumlah Antena

Lantai	Z User	Network Throughput (MAC)		Single Site Throughput (MAC)		Jumlah Antena		Jumlah Antena
		Uplink(Kbps)	Downlink (Kbps)	Uplink(Kbps)	Downlink (Kbps)	Uplink	Downlink	
3	117	324E	2461I	35999.976	28799.976	0.090213752	0.854544117	0.841758
19	117	324E	2461I	35999.976	28799.976	0.090213752	0.854544117	0.841758
56	117	324E	2461I	35999.976	28799.976	0.090213752	0.854544117	0.841758

4.4.2 Coverage Dimensioning

Dengan menggunakan Persamaan 1 dan 2 seperti skenario pemasangan *repeater* maka diperoleh MAPL pada Tabel 18 dan 19. Selanjutnya dapat dihitung diameter sel dengan menggunakan nilai dari MAPL sebagai nilai maksimal *loss* dan Persamaan 12

Tabel 18. MAPL Downlink

Downlink	Parameter	Value	Unit	Calculation
General	Bandwidth	10	MHz	BW
	Resource Block	50	Blocks	nRb
eNb	Tx Power	21	dBm	A
	Feeder Loss	1	dB	B
	Antenna Gain	2	dB	C
	EIRP	22	dBm	D=A+C-B
UE	Antenna Gain	0	dB	E
	Body Loss	3	dB	F
	UE Noise Figure	7	dB	G
	Thermal Noise	-104	dBm	H=k*T*BW
	Receiver Noise Floor	-97	dBm	I=G+H
	SINR	-4	dB	J
	Receiver Sensitivity	-101	dBm	K=I+J
	Interference Margin	3	dB	L
Log Normal Fading Margin	5	dB	M	
MAPL	112	dB	N=D+E-F-K-L-M	

Berdasarkan pada Tabel 18 pada sisi perhitungan *downlink budget* total nilai *Maximum Allowed Pathloss Link* adalah 112 dB, sehingga dapat digunakan nilai tersebut untuk mencari diameter sel.

Tabel 19. MAPL Uplink

Uplink	Parameter	Value	Unit	Calculation
General	Bandwidth	10	MHz	BW
	Resource Block	50	Blocks	
UE	Tx Power	20	dBm	A
	Body Loss	3	dB	B
	Antenna Gain	0	dB	C
	EIRP	17	dBm	D=A-B+C
eNb	Antenna Gain	0	dB	E
	Feeder Loss	3	dB	F
	eNb Noise Figure	2	dB	G
	Thermal Noise	-104	dBm	H=k*T*BW
	Receiver Noise Floor	-102	dBm	I=G+H
	SINR	-4	dB	J
	Receiver Sensitivity	-106	dBm	K=I+J
	Interference Margin	5	dB	L
TMA gain	2	dB	M	
MAPL	113	dB	N=D-K-L-F+E-M	

4.4.2.1 Perhitungan Radius Antena

1. Lantai 3

$$\begin{aligned}
 L &= L_{FS} + L_C + \text{Loss Penghalang} \\
 112 &= 20 \log F_{MHz} + 20 \log d_{km} + 49,6 \\
 112 &= 97,6054 + 20 \log d_{km} + 49,6 \\
 112 &= 147,2054 + 20 \log d_{km} \\
 -35,2054 &= 20 \log d_{km} \\
 -1,76027 &= \log d_{km} \\
 d_{km} &= 10^{-1,76027} \\
 d_{km} &= 0,0174 \\
 d_m &= 17,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Cell} &= 2,6 \times d^2 \\
 &= 2,6 \times (17,4)^2 \\
 &= 787,176 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Cell lantai 3;

$$\begin{aligned}
 \sum \text{LTE Cell} &= \frac{\text{Luas Area}}{\text{Luas Cell}} \\
 &= \frac{1121}{787,176} \\
 &= 1,42 \approx 2 \text{ cell}
 \end{aligned}$$

2. Lantai 19 dan 56

$$\begin{aligned}
 L &= L_{FS} + L_C + \text{Loss Penghalang} \\
 112 &= 20 \log F_{MHz} + 20 \log d_{km} + 55,1 \\
 112 &= 97,6054 + 20 \log d_{km} + 55,1 \\
 112 &= 152,7054 + 20 \log d_{km} \\
 -40,7054 &= 20 \log d_{km} \\
 -2,03527 &= \log d_{km} \\
 d_{km} &= 10^{-2,03527} \\
 d_{km} &= 0,0092 \\
 d_m &= 9.2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Cell} &= 2,6 \times d^2 \\
 &= 2,6 \times (9,2)^2 \\
 &= 220,064 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Cell lantai 19;

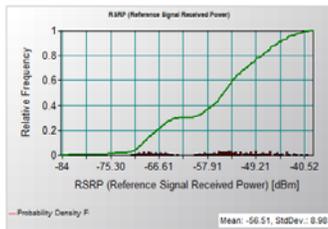
$$\begin{aligned}
 \sum \text{LTE Cell} &= \frac{\text{Luas Area}}{\text{Luas Cell}} \\
 &= \frac{1121}{220,064} \\
 &= 5,09 \approx 5 \text{ cell}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh jumlah antenna yang dibutuhkan pada tiap lantai seperti pada tabel 20.

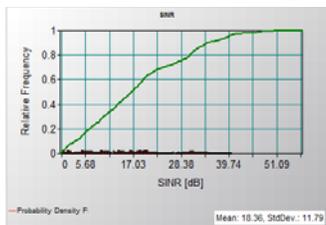
Tabel 20. Jumlah Antena

Lantai	Σ sel capacity	Σ sel coverage	Jumlah Antenna
3	1	2	2
19	1	5	5
56	1	5	5

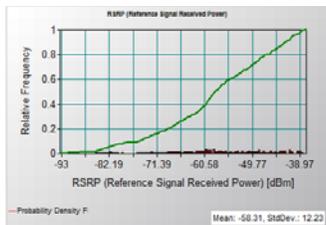
4.4.3 Hasil Simulasi



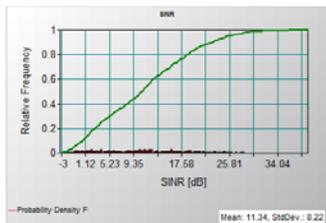
Gambar 17. Grafik RSRP Perencanaan IBC Lantai 3



Gambar 18. Grafik SINR Perencanaan IBC Lantai 3



Gambar 19. Grafik RSRP Perencanaan IBC Lantai 19 dan 56



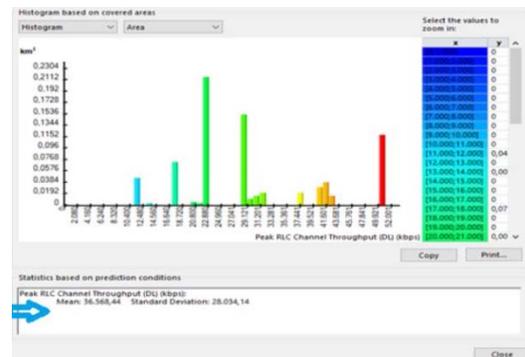
Gambar 20. Grafik SINR Perencanaan IBC Lantai 19 dan 56

Berdasarkan pada gambar 17, 18, 19 dan 20 dapat dilihat hasil simulasi pada lantai 3 pada perencanaan IBC diperoleh nilai rata-rata RSRP -56.51 dBm dengan Standar Deviasi 8.98, dan nilai

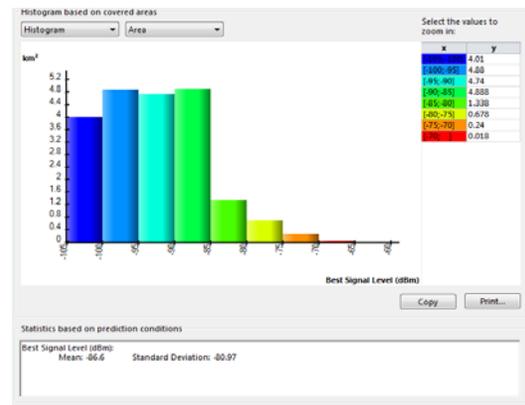
SINR rata-rata sebesar 18.36 dB dengan Standar Deviasi 11.79. untuk hasil simulasi lantai 19 dan 56 diperoleh nilai rata-rata RSRP -58.31 dBm dengan Standar Deviasi 12.23 dan nilai SINR rata-rata sebesar 11.34 dB dengan Standar Deviasi 8.22.

4.5 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 RSRP -86.6 dBm berubah menjadi carrier 15 MHz dengan nilai mean throughput 36.568 Mbps dengan mean RSRP -86.6 dBm.



Gambar 21. Throughput Carrier Final



Gambar 22. RSRP Final

4.6 Analisa 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.

4.6.1 RSRP (Reference Signal Received Power)

Untuk skenario pemasangan *repeater* pada lantai 3 diperoleh nilai RSRP sebesar -52 dBm, lantai 19 dan 56 dengan nilai -66.32 dBm, sedangkan pada skenario perencanaan IBC lantai 3 diperoleh nilai -56.51 dBm, lantai 19 dan 56 diperoleh nilai -58.31 dBm, dan pada skenario *upgrade carrier module* setelah module ditingkatkan menjadi 15 MHz nilai RSRP tetap menjadi -86.6 dBm dalam kondisi *outdoor* sehingga dapat diasumsikan bahwa level daya sinyal di *indoor* lebih buruk dari -86.6 dBm. Berdasarkan hal tersebut, maka bisa ditentukan RSRP yang paling baik adalah skenario perencanaan IBC tetapi tidak terlalu jauh dari skenario pemasangan *repeater*.

Tabel 21. Perbandingan Data Existing dan Data After Optimasi

Lantai	RSRP (dBm)			
	Data Existing	Data After Optimasi		
	Walktest	Pemasangan Repeater	Perencanaan IBC	Upgrade Carrier Module
3	-96.7	-52.04	-56.51	-86.6
19	-103.7	-66.32	-58.31	-86.6
56	-117	-66.32	-58.31	-86.6

4.6.2 SINR (Signal to Interference Noise Ratio)

SINR merupakan perbandingan antara daya sinyal dengan interferensi, sehingga diharapkan dengan semakin baik nilai SINR, maka semakin baik pula kemampuan sistem dalam melewati informasi. Untuk skenario *upgrade carrier module* setelah modul ditingkatkan menjadi 15 MHz, nilai *throughput* meningkat menjadi 36.568 Mbps, sedangkan untuk pemasangan *repeater* pada lantai 3 diperoleh nilai SINR 10.33 dB, pada lantai 19 dan 56 diperoleh nilai 13.18 dB. Dan untuk perencanaan IBC lantai 3 diperoleh nilai 18.36 dB, pada lantai 19 dan 56 diperoleh nilai 11.34 dB. Dalam hal ini, SINR yang dapat dibandingkan adalah skenario pemasangan *repeater* dan perencanaan IBC, sehingga dapat disimpulkan bahwa SINR yang paling baik adalah skenario perencanaan IBC.

4.6.3 Kapasitas Sistem

Kapasitas yang dimaksud adalah kemampuan sistem dalam menampung *user*. Untuk skenario *upgrade carrier module* dengan meningkatkan *carrier module* menjadi 15 MHz, maka semakin banyak pula *user* yang dapat dilayani oleh eNode B. Sedangkan untuk skenario pemasangan *repeater* yang menggunakan *site* donor yaitu L_PURI_MAL sektor 2, 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 *Radio Remote Unit* (RRU) yang digunakan. Sehingga dapat disimpulkan skenario yang memberikan kapasitas sistem yang besar adalah perencanaan IBC.

4.6.4 Penambahan Perangkat

Untuk ketiga skenario, ketiganya melakukan perangkat tambahan, namun yang berbeda adalah banyaknya perangkat yang diperlukan. Untuk skenario *upgrade carrier module*, perangkat yang dibutuhkan hanya *carrier module* 15 MHz yang ditambahkan di site L_PURI_MAL. Untuk skenario pemasangan *repeater* maka dibutuhkan perangkat *repeater*. Sedangkan untuk skenario perencanaan IBC yang membutuhkan lebih banyak perangkat karena dilakukan pembangunan *site* baru yaitu perangkat eNode B, dan untuk berhubungan dari BTS ke Antenna Omni maka dibutuhkan perangkat untuk *backbone*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa skenario yang paling banyak membutuhkan perangkat adalah perencanaan IBC.

4.6.5 Cost yang Dibutuhkan

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

Tabel 21. Analisis Perbandingan Skenario

No.	Perbandingan	Pemasangan Repeater	Perencanaan IBC	Upgrade Carrier Module
1.	RSRP	Meningkat	Meningkat	Tetap
2.	Kapasitas	Tergantung site donor	Meningkat	Meningkat
3.	SINR	Baik	Baik	Baik
4.	Penambahan Perangkat	Bertambah	Bertambah	Bertambah
5.	Cost	Sedang	Lebih tinggi dibandingkan dengan pemasangan <i>repeater</i>	Lebih Rendah dibandingkan pemasangan <i>repeater</i>

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan teori, perhitungan, simulasi dan analisis pada penelitian dalam tugas akhir ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Optimasi Jaringan LTE yang dilakukan dengan menggunakan skenario pemasangan *repeater*, perencanaan IBC dan *upgrade carrier module*.
2. Berdasarkan skenario *upgrade carrier module* ditingkatkan dari *carrier* 10 MHz menjadi 15 MHz, didapatkan hasil simulasi dengan menggunakan *carrier* 10 MHz dengan nilai *mean throughput* adalah 10.809 Mbps dengan *mean RSRP* -86.6 dBm berubah menjadi *carrier* 15 MHz dengan nilai *mean throughput* 36.568 Mbps dengan *mean RSRP* -86.6 dBm.

3. Berdasarkan skenario pemasangan *repeater* didapatkan kebutuhan antenna pada lantai 3 adalah 3 antenna dengan nilai *mean* RSRP -52.04 dBm dan nilai *mean* SINR 10.33 dB, pada lantai 19 adalah 3 antenna dengan nilai *mean* RSRP -66.32 dBm dan nilai *mean* SINR 13.18 dB, sedangkan pada lantai 56 terdapat 3 antenna dengan nilai *mean* RSRP -66.32 dBm dan nilai *mean* SINR 13.18 dB.
4. Berdasarkan skenario perencanaan IBC pada lantai 3 diperoleh kebutuhan antenna 2 buah dengan nilai *mean* RSRP -56.51 dBm dan *mean* SINR 18.36 dB, pada lantai 19 dibutuhkan 5 antenna dengan nilai *mean* RSRP -58.31 dBm dan nilai *mean* SINR 11.34 dB, sedangkan pada lantai 56 dibutuhkan 5 antenna dengan nilai *mean* RSRP -58.31 dBm dan nilai *mean* SINR 11.34 dB.
5. Penempatan antenna di dalam gedung ditempatkan di koridor apartemen, untuk memenuhi estetika penempatan antenna, sehingga memudahkan ketika implementasi atau *maintenance*.
6. Solusi yang paling efektif dalam menangani masalah jaringan seluler di Apartemen St. Moritz berdasarkan analisis perbandingan adalah perencanaan IBC.

5.2 Saran

Adapun saran penulis untuk memperoleh hasil yang lebih baik lagi dalam penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Analisis *coverage dan capacity* dapat menggunakan skenario lain untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Untuk skenario *upgrade carrier module* sebaiknya diganti dengan *carrier aggregation* untuk hasil yang lebih kompleks.

3. Untuk simulasi lebih baik menggunakan *software* yang lebih lengkap dan bagus yaitu iBwave.

REFERENSI

- [1] A. Widiyanto, "Perancangan penguatan sinyal indosat menggunakan repeater micro 3g remotek di pt. sicpa peruri sekurink," *Arsitron*, vol. 4, no. 2, pp. 110–114, 2013.
- [2] M. H. Triaoktora, "Analisa Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Indoor Di Stasiun Gambir Analysis of Long Term Evolution Indoor Network Planning in Gambir," *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2015.
- [3] I. Purnomo, "PERENCANAAN INDOOR BUILDING COVERAGE (IBC) PADA JARINGAN LTE DI GEDUNG KULIAH UMUM UNIVERSITAS ISLAM BANDUNG (UNISBA) INDOOR BUILDING COVERAGE (IBC) PLANNING OF LTE NETWORK IN LECTURE HALL OF UNIVERSITAS ISLAM BANDUNG (UNISBA)," *Karya Ilm.*, pp. 1–7, 2018.
- [4] A. C. U. Putri, "ANALISIS OPTIMASI COVERAGE JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE) TDD PADA FREKUENSI 2300 MHZ," *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind.*, 2017.
- [5] F. Rofiansyah, "OPTIMASI JARINGAN LTE DI JALAN UTAMA AREA BALIKPAPAN UTARA," *Karya Ilm.*, pp. 1–8, 2018.
- [6] S. Zunaierlan, "Perencanaan Jaringan 4G Long Term Evolution Pada Area Universitas Budi Luhur," *Tugas Akhir*, 2015.
- [7] E. Neufert, *Data Arsitek*, Jilid 1. Jakarta: Erlangga, 1996.
- [8] J. Zhang and G. de la Roche, *Femtocells: Technologies and Deployment*. Cichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2010.
- [9] H. Technologies, *Radio Network Capacity Dimensioning*. Huawei Technologies, 2013.