

## Perbaikan Coverage Layanan Dengan Menggunakan Repeater Di Apartemen Tamansari Panoramic

### *Service Coverage Improvement Using Repeater In Tamansari Panoramic Apartment*

King Satrio Mantirri<sup>1</sup>, Ir. Achmad Ali Muayyadi, M.Sc., Ph.D<sup>2</sup>, Ir. Uke Kurniawan Usman.M.T.<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>kingsatriomantirri@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>alimuayyadi2@telkomuniversity.co.id, <sup>3</sup>ukeusman@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak** - Apartemen Tamansari Panoramic Bandung memiliki kualitas jaringan yang kurang memuaskan sehingga pengguna tidak mendapatkan layanan secara maksimal. Dikarenakan Apartemen ini terdapat banyak *user* yang menggunakan layanan LTE sulit melakukan komunikasi terutama untuk *voice* pada apartemen ini. Hal ini menandakan bahwa gedung ini belum memiliki kualitas layanan LTE yang cukup baik. Dengan latar belakang hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk melakukan penyelesaian masalah tersebut dengan menggunakan perencanaan *indoor repeater* pada jaringan LTE.

Pengukuran jaringan dilakukan menggunakan metode *walk test* dan perangkat lunak yang digunakan adalah *TEMS Pocket* dan *TEMS Investigation* untuk mengetahui nilai dari KPI. Dalam upaya meningkatkan kualitas jaringan seluler pada daerah Apartemen ini maka dilakukan perhitungan *coverage planning* sehingga menemukan jumlah *repeater* yang diperlukan untuk setiap lantai. *Software Radiowave Propagation Simulator* (RPS) digunakan untuk mensimulasikan *repeater* yang telah ditempatkan pada lantai-lantai yang memerlukan peningkatan kualitas jaringan seluler.

Hasil simulasi dengan menggunakan *software* RPS menunjukkan kualitas sinyal pada Lantai 5, Lantai GF, Lantai P1, dan Lantai P2 mengalami peningkatan. Persentase nilai RSL > -90 dBm adalah 100% untuk hasil simulasi dari keempat lantai di atas. Persentase nilai SIR > 0 dB tertinggi adalah 99.4% dan yang terendah adalah 91.7%. Dari data di atas dapat diketahui bahwa perencanaan peningkatan *coverage* pada Apartemen ini telah berhasil dikarenakan setiap lantai memiliki 90% nilai *Received Signal Level* (RSL) dan *Signal to Interference Ratio* (SIR) yang di atas KPI.

**Kata Kunci** : *walk test*, RSL, SIR, *coverage*, *repeater*, RPS

**Abstract** - Tamansari Panoramic Bandung Apartment has unsatisfactory network quality so users in this building do not get maximum service. There are many LTE users who difficult to communicate, especially for voice service. This indicates that this building does not have a good enough LTE service quality yet. With this background, this Final Project aims to resolve the problem using the indoor repeater planning on the LTE network.

Network measurements were performed using the walk test method and the software used was TEMS Pocket and TEMS Investigation to determine the value of the KPI. In an effort to improve the quality of cellular networks in this apartment area, coverage planning calculations are performed to find the number of repeaters needed for each floor. Radiowave Propagation Simulator (RPS) software is used to simulate repeaters that have been placed on floors that require an increase in cellular network quality.

Simulation results using RPS software show signal quality on the 5th Floor, GF Floor, P1 Floor, and P2 Floor has increased. The percentage of RSL values with more than -90 dBm is 100% for the simulation results from the four floors above. The highest percentage of SIR with more than 0 dB is 99.4% and the lowest is 91.7%. From the data above it can be seen that the planned increase in coverage of this Apartment has been successful because each floor has a 90% Received Signal Level (RSL) and Signal to Interference Ratio (SIR) above KPI.

**Keywords:** *walk test*, RSL, SIR, *coverage*, *repeater*, RPS

### 1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia akan teknologi seluler setiap harinya terus berkembang. Hal ini ditandai dengan perkembangan teknologi 1G hingga 4G yang cukup cepat. Untuk saat ini jaringan LTE dinilai dapat menjadi teknologi seluler yang bisa menghadirkan kecepatan akses data untuk memenuhi intensitas dari pemakaian data penggunanya. Namun di daerah tertentu masih terdapat jaringan LTE yang belum tergolong baik khususnya daerah yang padat penduduk, contohnya adalah apartemen yang seringkali tidak mendapat layanan karena tingginya bangunan. Apartemen yang menjadi studi kasus pada penelitian ini adalah Apartemen Tamansari Panoramic yang berada di jalan Soekarno Hatta No.723 Cisaranten Kulon, Kec. Arcamanik, Kota

Bandung. Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu adanya optimasi pada jaringan LTE di area bangunan tersebut [1].

Apartemen Tamansari Panoramic sendiri belum memiliki instalasi antena *indoor* ataupun *repeater* yang menyebabkan sinyal seluler di dalam gedung sangat lemah. Masalah ini juga telah dibuktikan setelah dilakukan *walk test* pada bangunan tersebut yang menunjukkan nilai *RF Parameter* seperti RSRP dan SINR tidak sesuai dengan KPI. Pihak perusahaan juga mengeluhkan buruknya kualitas suara pada saat melakukan panggilan dan lambatnya koneksi internet pada saat melakukan *browsing*. Hal ini semakin didukung dengan hipotesa bahwa lokasi bangunan tersebut yang sebagian lantainya berada di samping jalan layang menyebabkan sinyal seluler tidak dapat sepenuhnya masuk ke dalam bangunan dikarenakan tertutupi oleh jalan layang tersebut.

Diperlukan sebuah solusi untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya dengan melakukan perencanaan menggunakan *repeater* yang bertujuan untuk meningkatkan nilai RSRP dan SINR. *Repeater* sendiri merupakan suatu perangkat yang bertujuan untuk menangani tantangan karakteristik perambatan radio dan parameter performansi pada bagian sel yang lemah [2]. *Repeater* tersebut di tempatkan pada daerah-daerah yang memiliki kuat sinyal yang lemah yang bertujuan untuk meningkatkan nilai RSL dan SIR pada daerah penempatan *repeater* tersebut.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 LTE

*Long Term Evolution (LTE)* merupakan suatu teknologi yang merupakan hasil pengembangan dari sebuah proyek *Third Generation Partnership Project (3GPP)* dan bertujuan untuk menutupi kekurangan yang terdapat di teknologi 3G UMTS WCDMA. LTE merupakan pengembangan dan teknologi sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSPA (3.5G). Pada UMTS kecepatan *transfer data* maksimum adalah 2 Mbps, pada HSPA kecepatan transfer data mencapai 14 Mbps pada sisi *downlink* dan 5,6 Mbps pada sisi *uplink*, sedangkan LTE memiliki kemampuan dalam memberikan kecepatan *transfer data* dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink* [3]. Pada teknologi LTE semua layanan yang diberikan adalah berbasis IP. Keunggulan dari jaringan LTE ini yaitu kecepatan akses internet yang lebih cepat, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth*, penyederhanaan arsitektur dari generasi-generasi sebelumnya, dan dapat berhubungan dengan jaringan yang berada di teknologi sebelumnya.

### 2.2 Small Cell

*Small cell* merupakan suatu *site* tambahan yang terkadang diperlukan untuk meningkatkan cakupan dan kapasitas sehingga akan mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh *macro cell* di daerah yang tidak terjangkau ataupun dengan lalu *traffic* yang tinggi [5]. Pembangunan *macro site* di lapangan tergolong sulit, mahal dan membutuhkan banyak waktu untuk mendapatkan izin dalam membangun bangunan tersebut. Produk *small cell* yang ringkas dan dapat ditempatkan dekat dengan area yang memiliki tingkat sinyal yang lebih rendah [5]. Salah satu produk untuk membangun *small cell* adalah *repeater*, prinsip kerja *repeater* sendiri adalah dengan menguatkan sinyal di dalam gedung tetapi tidak menangani ataupun mempengaruhi kepadatan *traffic* [6].

### 2.3 Coverage Planning

*Coverage planning* terdiri dari evaluasi *downlink* dan *uplink* dari *radio link budget*. *Radio Link Budget (RLB)* digunakan dalam *coverage planning* [8]. Parameter penting pada RLB adalah tinggi antena, *gain* antena, *pathloss*, *power* transmisi, dan sensitivitas *receiver* [7]. RLB dibutuhkan dalam menentukan *Maximum Allowable Path Loss (MAPL)* atau pelemahan sinyal maksimum yang diperbolehkan antara UE dan *Base Station (BS)*. Perhitungan MAPL terendah akan dijadikan penentuan jumlah antena yang digunakan dalam perencanaan nantinya [8]. Perhitungan MAPL akan dilakukan sebanyak dua kali yaitu di sisi *uplink* dan *downlink*.

Berikut adalah persamaan MAPL *Uplink*:

$$MAPL_{UL} = UETxP + UEag + OG - FM - IM - BL - PL1 - PL2 + Eag - CL - RSNB \quad (2.1)$$

Dengan  $UETxP$  adalah *transmit power* dari perangkat pengguna,  $UEag$  adalah *gain* dari antena,  $OG$  merupakan *gain* yang diperoleh dari perangkat lain,  $FM$  merupakan *fading margin*,  $IM$  adalah *interference margin*,  $BL$  adalah *body loss*,  $PL1$  adalah *penetration loss*,  $PL2$  adalah *path loss*,  $Eag$  adalah *gain* antena dari eNB,  $CL$  adalah *loss* yang disebabkan oleh kabel, dan  $RSnb$  adalah *receiver sensitivity* dari eNB.

Berikut adalah persamaan MAPL *Downlink* [8]:

$$MAPL_{DL} = NBTxP - CL + Eag + OG - FM - IM - BL - PL1 - PL2 + UEag - RSue \quad (2.2)$$

Dengan NBTxP adalah *transmit power* dari eNB, CL adalah *loss* kabel, E<sub>g</sub> merupakan *gain* antena dari eNB, OG adalah *gain* yang diperoleh dari perangkat lain, FM adalah *fading margin*, IM merupakan *interference margin*, BL adalah *body loss*, PL1 merupakan *penetration loss*, PL2 adalah *path loss*, UE<sub>g</sub> adalah *gain* antena pada perangkat *user*, dan R<sub>sue</sub> adalah *receiver sensitivity* perangkat *user*.

### 2.3.1 Model Propagasi COST 231-Multiwall

Pada penelitian ini frekuensi LTE yang digunakan yaitu 1800 MHz dan karena akan dilakukan perencanaan penggunaan *repeater* di dalam ruangan maka model propagasi yang digunakan adalah *COST-231 Multiwall*. Model Propagasi *COST-231 Multiwall* merupakan gabungan antara *Free Space Loss* (FSL) dengan *loss* yang disebabkan oleh material-material yang berada di dalam bangunan.

Berikut merupakan persamaan *COST-231 Multiwall* [9]:

$$L_T = L_{FSL} + L_C + \sum_{i=1}^i k_{wi} L_{wi} + k_f \left[ \frac{k_f+2}{k_f-1} \right]^b L_f \quad (2.3)$$

$$L_{FSL} = 20 \log f_{MHz} + 20 \log d \text{ (km)} + 32.5 \quad (2.4)$$

Dengan  $L_{FSL}$  merupakan *free space loss*,  $L_C$  merupakan *constant loss*,  $k_{wi}$  merupakan jumlah tipe dinding yang dilewati propagasi dan ditandai dengan  $i$ ,  $L_{wi}$  adalah nilai *loss* yang disebabkan oleh tipe dinding, untuk dinding tipis bernilai 3,4 dB dan dinding batu bata atau dinding yang memiliki tebal 10 cm bernilai 6,9 dB,  $b$  merupakan parameter empiris yang memiliki nilai 0,46, dan  $L_f$  adalah *loss* antar lantai.  $f_{MHz}$  merupakan frekuensi kerja yang digunakan, dan  $d$  adalah radius sel.

### 2.3.2 Perhitungan Luas Sel

Perhitungan luas *coverage* antena pada perencanaan menggunakan model sel heksagonal. Pada bagian perencanaan pada penelitian ini menggunakan antena omnidireksional maka perhitungan luas *coverage* antena pada perencanaan menggunakan model sel heksagonal [8].

$$L_{Cell} = 2,6 \times d^2 \quad (2.5)$$

Dengan  $L_{Cell}$  adalah luas sel dan  $d$  adalah radius sel.

### 2.3.3 Perhitungan Jumlah Repeater

Jumlah *access point* yang digunakan tergantung dari rasio perbandingan antara luas bangunan dengan luas sel. Untuk menghitung jumlah *access point* yang akan digunakan dapat dihitung dengan persamaan 2.6

Berikut merupakan rumus dari perhitungan luas sel [8]:

$$\text{Jumlah repeater} = \frac{\text{Luas area}}{\text{Luas sel}} \quad (2.6)$$

Dengan luas area adalah luas dari lantai yang menjadi studi kasus dari *coverage planning*, sedangkan Luas sel merupakan luas *repeater* berdasarkan *coverage planning*.

## 2.4 Reference Signal Received Power (RSRP)

RSRP merupakan parameter spesifik pada *drive test* 4G LTE dan digunakan oleh perangkat untuk menentukan titik *handover*. Pada teknologi 2G parameter ini bisa dianalogikan seperti *Rx Level* sedangkan pada 3G dianalogikan sebagai *Received Signal Code Power* (RSCP) [10]. Semakin jauh jarak antara *site* dan *user*, maka semakin kecil pula RSRP yang diterima oleh *user*. *User* yang berada di luar jangkauan maka tidak akan mendapatkan layanan LTE. Dalam simulasi RSRP lebih dikenal dengan *Received Signal Level* (RSL).

Tabel 2.1 Standard RSRP Operator.

RSRP (dBm)	Legend
$x > -80$	Outstanding
$-80 > x > -95$	Good
$-95 > x > -100$	Intermediate
$-100 > x > -110$	Poor
$-110 > x$	Bad

Pada Tabel 2.1 menunjukkan nilai RSRP yang terbaik berada pada nilai -80 dBm keatas dan juga untuk nilai RSRP yang terburuk adalah kurang dari -110 dB.

## 2.5 Signal to Interference Noise Ratio (SINR)

SINR merupakan perbandingan antara kuat sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dan *noise* yang timbul [10]. Dalam simulasi SINR dikenal dengan *Signal Interference Ratio* (SIR).

**Tabel 2.2** Standard SINR.

SINR (dB)	Legend
$x > 20$	Outstanding
$20 > x > 10$	Good
$10 > x > 0$	Intermediate
$0 > x > -5$	Poor
$-5 > x$	Bad

Pada Tabel 2.2 menunjukkan nilai SINR yang terbaik berada pada nilai 20 dB keatas dan juga untuk nilai SINR yang terburuk adalah kurang dari -5 dB.

### 2.6 Repeater

*Repeater* merupakan perangkat yang berfungsi untuk meningkatkan kuat sinyal pada daerah instalasi. Perangkat-perangkat yang digunakan adalah antenna penerima eksternal, penguat sinyal, dan antenna pemancar internal untuk mentransmisikan sinyal yang didapat. Antena eksternal berfungsi untuk menangkap sinyal yang ditransmisikan oleh BS terdekat. Prinsip kerja dari *repeater* yaitu menguatkan sinyal yang didapat dari antena eksternal dan menguatkannya kembali. *Repeater* sendiri memiliki perangkat penguat sinyal atau *amplifier*. *Amplifier* ini berperan dalam penguatan sinyal yang telah diterima oleh antena eksternal sebelumnya yang setelah dikuatkan akan di transmisikan kembali oleh antena internal [11].

*Repeater* beroperasi dengan dua tipe yaitu [2]:

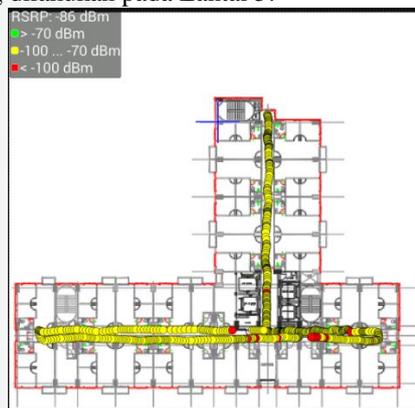
1. Menguatkan sinyal dan meneruskannya
2. Hanya mengirimkan ulang sinyal yang diterima.

Di Dikarenakan *small cell* mengirimkan sinyal ke *repeater* melewati kabel sebagai media transmisinya dan setelah itu *repeater* akan mentransmisikan sinyal melewati media *wireless*. Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan perhitungan *link budget* untuk menghitung *gain* dan *loss* yang terjadi pada saat proses transmisi dari *small cell* ke *repeater*.

## 3. Model Sistem dan Kondisi Eksisting

### 3.1 Walk Test

*Walk Test* berfungsi untuk mengukur kualitas jaringan LTE di daerah perencanaan dalam hal ini adalah Apartemen Tamansari Panoramic Bandung. *Walk test* dilakukan menggunakan aplikasi *TEMS Pocket* yang terdapat pada Perangkat *Samsung Galaxy S5*. *Walk test* dilakukan pada 30 Oktober 2019 pukul 17.30. Berikut adalah hasil *walk test* yang dilakukan pada Lantai 5:



**Gambar 3.1** Hasil *walk test* dengan parameter RSRP pada Lantai 5.

Dari Gambar 3.9 *walk test* dilakukan di koridor lantai 5. Setelah dilakukan *walk test*, dapat diketahui bahwa 90% nilai RSRP yang didapatkan berada pada indeks kuning dengan *range* nilai -100 dBm hingga -90 dBm dan merah dengan nilai -110 dBm atau lebih kecil. Untuk nilai RSRP rata-rata yang didapatkan pada Lantai 5 berada pada nilai -91.72 dBm. Untuk Lantai GF memiliki nilai RSRP dengan rata-rata -91.93 dBm. Untuk Lantai P1 memiliki nilai RSRP dengan rata-rata -91.10 dBm. Untuk Lantai P2 memiliki nilai RSRP dengan rata-rata -95.60 dBm. Untuk hasil *walk test* pada Lantai 5 dengan parameter SINR dapat dilihat di Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Hasil *walk test* dengan parameter SINR pada lantai 5.

Gambar 3.2 menunjukkan hasil *walk test* dilakukan di koridor lantai 5. Setelah dilakukan *walk test*, dapat diketahui bahwa hampir seluruh nilai SINR yang didapatkan berada pada indeks merah dengan nilai 5 dB atau lebih kecil. Untuk nilai SINR rata-rata yang didapatkan pada Lantai 5 berada pada nilai -5.38 dB. Untuk Lantai GF memiliki nilai SINR dengan rata-rata 0.70 dB. Untuk Lantai P1 memiliki nilai RSRP dengan rata-rata 5.16 dB. Untuk Lantai P2 memiliki nilai RSRP dengan rata-rata 1.38 dB.

**3.2 Penentuan Perangkat**

Tabel 3.1 merupakan spesifikasi perangkat yang digunakan pada perancangan jaringan dan untuk frekuensi yang digunakan yaitu 1800 MHz.

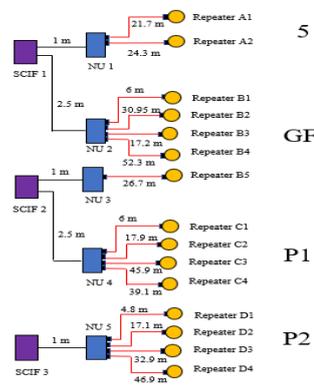
**Tabel 3.1** Spesifikasi Perangkat

Perangkat	Loss
Konektor	0.05 dB
Kabel koaksial	10.05 dB/100 m
Kabel Cat5e	22 dB/ 100 m

Pada Tabel 3.1 menunjukkan perangkat-perangkat yang digunakan dalam perancangan penggunaan *repeater* yaitu konektor, kabel koaksial, dan kabel cat5e untuk menghubungkan NU dengan CU.

**3.3 Wiring**

*Wiring* berfungsi untuk mengetahui *loss* terbesar pada saluran yang menghubungkan SCIF dengan CU yang nantinya akan digunakan pada *coverage planning*. *Wiring* sendiri menentukan peletakan kabel koaksial dan kabel cat5e yang menghubungkan SCIF dan NU ataupun NU dan CU. Untuk *wiring* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Diagram *wiring*.

Pada Gambar 3.3 memperlihatkan skema dari pembagian perangkat yang digunakan untuk setiap lantai dan skema *wiring* ini juga menunjukkan jarak kabel yang digunakan dari SCIF hingga ke CU. Untuk perangkat *repeater* yang digunakan berjumlah 15 buah, NU sebanyak 5 buah, dan SCIF berjumlah 3 buah.

Untuk *wiring* perangkat ini dilakukan di 4 lantai saja yaitu Lantai 5, Lantai GF, Lantai P1, dan Lantai P2. Untuk lantai 5 sampai dengan 29 sendiri memiliki *layout* bangunan yang sama jadi peletakan perangkat juga

**Tabel 3.2** Loss saluran Lantai 5.

Perangkat	Loss (dB)	Jumlah	Jumlah Loss (dB)
Konektor	0.05	2	0.1
Kabel koaksial (dB/100 m)	10.05	1 m	0.1005
Kabel cat5e	22	24.3 m	5.346
Loss saluran pada repeater A2			5.5465

Untuk Tabel 3.2 di atas merupakan perhitungan dari *loss* untuk *repeater* A2 karena *repeater* ini memiliki *loss* terbesar pada Lantai 5 yang diketahui dari panjang kabel cat5e yang lebih panjang dibandingkan kabel cat5e dari *repeater* A1. Untuk Tabel 3.3 merupakan total *loss* keseluruhan dari Lantai 5, GF, P1, dan P2 dengan mengambil *loss* terbesar pada lantai tersebut setelah dilakukan proses *wiring*.

**Tabel 3.3** Total *loss* saluran setiap lantai.

Lantai	Loss Saluran (dB)
5	5.5465
GF	11.85725
P1	10.44925
P2	10.5185

Untuk *loss* saluran yang terbesar pada Lantai 5 adalah 5.5465 dB, Lantai GF adalah 11.85725 dB, Lantai P1 adalah 10.44925 dB, dan Lantai P2 adalah 10.5185 dB.

### 3.4 Coverage Planning

*Coverage planning* merupakan perhitungan yang bertujuan untuk mengetahui banyaknya *repeater* yang nantinya akan digunakan. Perencanaan ini memerlukan data seperti denah bangunan, jumlah ruangan, menentukan model propagasi yang digunakan, dan pada perhitungan MAPL diperlukan juga jumlah dinding yang bisa menghalangi proses transmisi sinyal dari *repeater* ke *user*. Setelah mengetahui perhitungan nilai MAPL *Downlink* dan *Uplink* maka dapat dilakukan perhitungan radius sel yang berujung pada jumlah *repeater* yang akan digunakan.

#### 3.4.1 Perhitungan Link Budget

Untuk langkah awal dalam *coverage planning* adalah dengan melakukan perhitungan *link budget* dengan menggunakan Tabel MAPL *Uplink* dan MAPL *Downlink*. Berikut adalah tabel MAPL untuk Lantai 5 yang akan ditunjukkan pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5. Serta untuk Tabel MAPL secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.6. Pada Tabel 3.5 dapat dilihat nilai MAPL *Downlink* pada Lantai 5. Untuk tabel MAPL *Downlink* memiliki nilai 120.7235 dB sedangkan MAPL *Uplink* memiliki nilai 126.7235 dB, sehingga nilai ini akan diambil untuk perhitungan *free space loss*.

**Tabel 3.4** MAPL *Downlink* Lantai 5.

Transmitter (CU)	Value	Transmitter
Max Tx Power	30	A
Tx Antena Gain (dB)	0	B
Cable Loss (dB)	5.5465	C
EIRP (dBm)	24.4535	D=A+B-C
Receiver	Value	Calculation
UE Noise Figure (dB)	7	E
Thermal Noise (dBm)	-103.97	F=k*T*B
Receiver Noise Floor (dBm)	-96.97	G=E+F
SINR (dB)	-10	H
Receiver Sensitivity (dBm)	-106.97	I=G+H
Load Factor	0.7	J

Interference Margin (dB)	3	K
Rx Antenna Gain (dB)	0	L
Body Loss (dB)	3	M
Fading Margin (dB)	4	N
Maximum Allowed Path Loss (dB)	120.7235	O=D-I-J-K+L-M-N

**Tabel 3.5** MAPL Uplink Lantai 5.

Transmitter (UE)	Value	Transmitter
Max Tx Power	26	A
Tx Antena Gain (dB)	0	B
Body Loss (dB)	3	C
EIRP (dBm)	23	D=A+B-C
Receiver	Value	Calculation
Coverage Unit Noise Figure (dB)	2	E
Thermal Noise (dBm)	-103.97	F=k*T*B
SINR (dB)	-10	G
Receiver Sensitivity (dBm)	-113.97	H=F+G
Load Factor	0.7	I
Interference Margin (dB)	2	J
Rx Antenna Gain (dB)	5	K
Cable Loss (dB)	5.5465	L
MHA Gain (dB)	2	M
Fading Margin (dB)	4	N
Maximum Allowed Path Loss (dB)	126.7235	O=D-H-I-J+K-L+M-N

**Tabel 3.6** MAPL Downlink Lantai 5, GF, P1 dan P2.

Lantai	Loss Saluran (dB)	EIRP (dBm)	MAPL (dB)
5	5.5465	24.4535	120.7235
GF	11.85725	18.14275	114.41275
P1	10.44925	19.55075	115.82075
P2	10.5185	19.4815	115.7515

**3.4.1 Perhitungan Radius Sel, Luas Sel, dan Jumlah Repeater**

Setelah menghitung *link budget* maka langkah selanjutnya adalah menghitung radius sel. Radius sel dapat diketahui dengan menggunakan model propagasi COST 231 *Multiwall*. Persamaan 2.4 dapat digunakan untuk menghitung radius sel dan setelah menemukan radius sel maka jumlah *repeater* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.6.

Perhitungan radius sel dan jumlah *repeater* pada Lantai 5 dapat dicari dengan menggunakan perhitungan dibawah.

$$L_{FSL} = 20 \log 1800 + 20 \log d + 32.5$$

$$= 97.6054501 + 20 \log d$$

$$L_T = L_{FSL} + L_C + \sum_{i=1}^i k_{wi} L_{wi} + k_f \left[ \frac{k_f + 2}{k_f - 1} - b \right] L_f$$

dimana untuk  $L_T$  adalah  $MAPL_{Downlink}$   
 Setelah mendapatkan nilai  $d$  atau jari-jari sel maka akan dilakukan perhitungan untuk menentukan luas sel dan jumlah *repeater* yang akan digunakan.

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

$$L_{cell} = 2,6 \times 19.05^2$$

$$= 943.5465 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah repeater} = \frac{\text{Luas area}}{\text{Luas sel}}$$

$$= \frac{1074.51 \text{ m}^2}{943.5465 \text{ m}^2}$$

$$= 1.1387 \approx 2 \text{ repeater}$$

$$115.8495 = 97.6054501 + 20 \log d + 0 + (6.9 \times 2) + (3.4 \times 3) + 2 \left[ \frac{2+2}{2-1} \right]^{0.46} \times 18.3$$

$$120.7235 = 155.1290477 + 20 \log d$$

$$d \text{ (km)} = 0.01905 \text{ km} = 19.05 \text{ m}$$

Dengan menggunakan perhitungan jumlah *repeater* pada Lantai 5 maka untuk Lantai GF, P1, dan P2 digunakan langkah-langkah perhitungan yang sama untuk menentukan jumlah *repeater* yang digunakan pada ketiga lantai tersebut. Untuk data banyak *repeater* yang digunakan di Lantai GF, P1, dan P2 dapat dilihat pada Tabel 3.7.

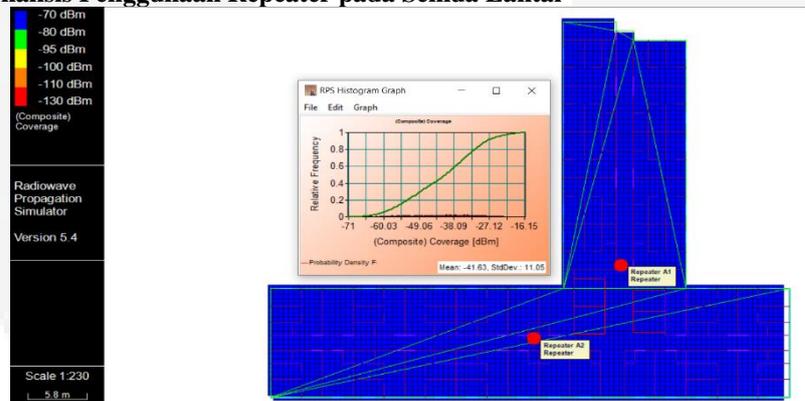
**Tabel 3.7** Jumlah *Repeater* di Lantai 5, GF, P1, dan P2.

Lantai	Redaman $L_{w1}$	Redaman $L_{w2}$	Jumlah Repeater
5	2	3	2
GF	2	2	5
P1	2	2	4
P2	2	2	4

Tabel 3.7 menunjukkan jumlah *repeater* yang digunakan untuk keempat lantai. Setiap lantai memiliki *link budget* yang berbeda-beda sehingga jumlah *repeater* yang digunakan per lantai juga berbeda. Untuk Lantai 5 sampai dengan 29 merupakan Lantai *Typical* sehingga memiliki *layout* lantai yang sama sehingga jumlah *repeater* yang digunakan juga sama yaitu 2 *repeater*.

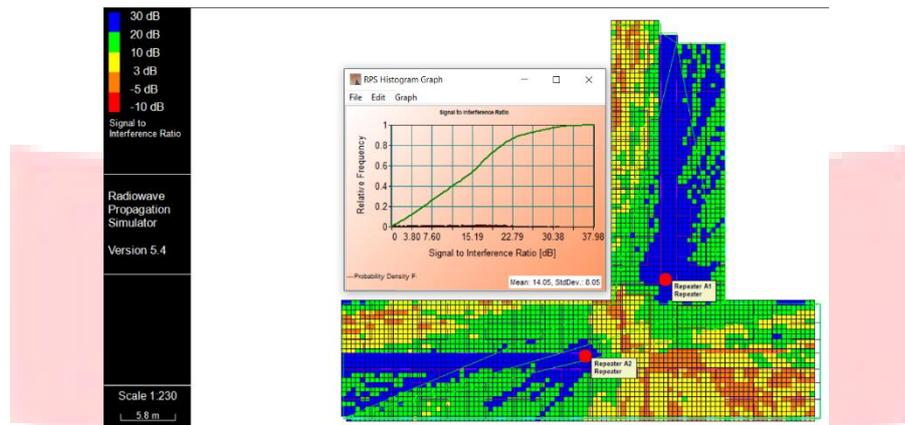
**4. Simulasi dan Analisis**

**4.1 Simulasi dan Analisis Penggunaan Repeater pada Semua Lantai**



**Gambar 4.1** Analisis *Coverage* Lantai 5.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa seluruh daerah pada Lantai 5 telah tercover oleh cakupan dari kedua *repeater*. Untuk setiap kamar sudah tercover oleh kedua *repeater* ini begitu juga dengan ruangan yang lain. Untuk rata-rata nilai RSL yang didapatkan pada lantai ini berada pada nilai -41.63 dengan persentase RSL > -90 dBm sebesar 100%. Gambar 4.2 menunjukkan nilai rata-rata SIR pada Lantai 5 yaitu 14.05 dB dengan persentase SIR > 0 dB sebesar 99.4%.



Gambar 4.2 Analisis SIR Lantai 5.

Untuk hasil simulasi secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.8

Tabel 4.1 Hasil simulasi RSL dan SIR secara keseluruhan.

Lantai	RSL (%)	SIR (%)	Keterangan
5	100%	99.4%	Sesuai Standar KPI
GF	100%	92.9%	
P1	100%	91.7%	
P2	100%	97.3%	

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan penggunaan *repeater* atau CU sebanyak 2 buah pada Lantai 5, 5 buah CU pada Lantai GF, 4 buah CU pada Lantai P1, 4 buah CU pada Lantai P2. Sedangkan untuk lantai 6 hingga lantai 29 memiliki konfigurasi yang sama dengan Lantai 5 yaitu penggunaan 2 buah CU untuk setiap lantainya.
- Dari hasil simulasi pada *software* RPS didapatkan nilai RSL yang telah sesuai standar KPI yaitu berada diatas 90% dimana RSL yang tertinggi didapatkan pada seluruh lantai dengan 100%.
- Sedangkan untuk nilai SIR, didapatkan nilai SIR yang telah sesuai standar KPI yaitu berada diatas 90% untuk semua lantai, dimana SIR yang tertinggi didapatkan pada simulasi pada Lantai 5 dengan persentase 99.4% dan untuk persentase SIR terendah berada pada Lantai P1 dengan persentase 91.7%.
- Berdasarkan hasil simulasi untuk RSL dan SIR di atas dapat diketahui bahwa perencanaan penggunaan *repeater* untuk Lantai 5, Lantai GF, Lantai P1, Lantai P2 telah sesuai dengan KPI dikarenakan nilai RSL > -90 dBm dan SIR > 0 dB lebih dari 90%.
- Berdasarkan hasil simulasi semua lantai memiliki persentase 100% untuk RSL dengan nilai di atas -90 dBm, hal ini disebabkan oleh panjang kabel yang digunakan hanya di sekitar lantai tersebut dan tidak diperlukannya perangkat lain seperti *splitter* sehingga menyebabkan distribusi daya dari *small cell* lebih banyak dibandingkan jika menggunakan perangkat lain.
- Berdasarkan keempat hasil simulasi dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan penggunaan *repeater* yang lebih banyak menyebabkan nilai RSL naik namun berdampak pada penurunan nilai SIR yang disebabkan oleh interferensi antara *repeater* satu dengan *repeater* yang lain.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] F. Maulana and P. W. Purnawan, "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," *Journal Maestro*, vol. 2, p. 12, 2019.
- [2] G. Wibisono, U. K. Usman and G. D. Hantoro, *Konsep Teknologi Seluler*, Bandung : Informatika, 2008.
- [3] Anritsu, "LTE Resource Guide," Anritsu Company, 2009.
- [4] U. K. Usman, *Fundamental Teknologi Seluler LTE (Long Term Evolution)*, Bandung: Rekayasa Sains, 2012.
- [5] B. Olsen and H. Holma , "Learnings from Small Cell," in *LTE Small Cell Optimization: 3GPP Evolution to Release*, John Wiley & Sons, Ltd, 2016.
- [6] F. K. Utami and A. Hikmaturokhman, "PERENCANAAN FEMTOCELL 4G LTE 1800MHz STUDI KASUS GEDUNG BARU ST3 TELKOM PURWOKERTO," Oktober 2016.
- [7] S. K. Jha, R. Rokaya, A. Bhagat, A. R. Khan and. L. Aryal, "LTE NETWORK : COVERAGE AND CAPACITY PLANNING," *IEEE*, p. 5, 2017.
- [8] R. Martadiputra, "ANALISIS PERENCANAAN CAKUPAN LAYANAN INDOOR REPEATER 4G DI HOTEL HARRIS CIUMBULEUIT BANDUNG," 2017.
- [9] A. Gibran, K. Sujatmoko and U. K. Usman, "Analisis Perencanaan Jaringan Lte Femtocell Di Gedung Tamansari Parama Office Park Pt Wika Realty," *eProceedings of Engineering*, vol. 6, no. 2, p. 10, 2019.
- [10] Nurhasanah and B. J. Pradana , "Measurment of SINR (Signal Interference to Noise Ratio) and RSRP (Reference Signal Received Power) on 4G LTE Area Surakarta," *ICT Akademi Telkom Jakarta*, vol. 8 No.15, p. 8, November 2017.
- [11] M. Faisal, M. A. Bakri and A. Firasanti, "OPTIMASI KINERJA JARINGAN SELULER MELALUI PEMASANGAN REPEATER PADA AREA INDOOR DENGAN METODE DRIVE TEST," *Journal of Electrical and Electronics*, vol. 5, no. 1.
- [12] E. Dahlman, J. Skold and S. Parkvall, "4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband," Elsevier, 2011.
- [13] NataProperty, "Tamansari Panoramic," NataProTech, [Online]. Available: <http://www.nataproperty.com/project/tamansari-panoramic/>. [Accessed 01 November 2019].
- [14] U. K. Usman, A. R. Raharjo, A. Hidayat and A. Gibran, "Sertifikasi Nasional Drive Test," KOMINFO, 2019.
- [15] OFCOM, "An Assessment of the Effects of Repeaters on Mobile Networks," Hertfordshire, 2015.
- [16] H. Technologies, "LTE Radio Network Coverage Dimensioning," 2013.