

PENGGUNAAN ACTIVE ANTENNA UNIT (AAU) UNTUK SOLUSI MASALAH COVERAGE DAN CAPACITY DI AREA RUMAH MODE

(Using The Active Antenna Unit (AAU) for Solution of Coverage and Capacity Problems In Rumah Mode Area)

1st Muhammad Filzan Azimi

Teknologi Telekomunikasi

Fakultas Ilmu Terapan

Bandung, Indonesia

filzanazimi@student.telkomuni-
versity.ac.id

2nd Radial Anwar, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Teknologi Telekomunikasi

Fakultas Ilmu Terapan

Bandung, Indonesia

radialanwar@tass.telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Afton, A.Md.T.

PT. ZMG Telekomunikasi Servise

Indonesia

Bandung, Indonesia

muhammad.afton@zmg.co.id

Abstrak — Penerapan teknologi LTE (*Long Term Evolution*) sekarang masih belum merata khususnya di kawasan Rumah Mode Bandung, area ini tidak tercakup baik oleh eNodeB *existing*, sehingga user yang berada di area tersebut tidak bisa mengakses jaringan LTE dengan baik. Terjadi beberapa masalah utama yang berkaitan dengan penggunaan seluler, termasuk masalah *coverage* dan *capacity*. *Active Antenna Unit* (AAU) dapat meningkatkan kualitas layanan komunikasi seluler melalui peningkatan *Coverage RSRP* dan *SINR*, serta *capacity throughput user*. AAU, gabungan RRU dan antena, membuat perangkat lebih ringkas, menghemat ruang, dan mempermudah transmisi data. Penelitian ini juga menganalisis batasan dan tantangan dalam penerapan teknologi AAU..

Pemasangan *Active Antenna Unit* (AAU) di area Rumah Mode Bandung bertujuan untuk mengatasi masalah bad *coverage* dan blank spot. Pengujian menunjukkan peningkatan signifikan dalam beberapa parameter jaringan. Nilai rata-rata *RSRP* (*Reference Signal Received Power*) mengalami perbaikan sebesar 4.57 dBm, dari -84.28 dBm menjadi -79.71 dBm. nilai rata-rata *SINR* (*Signal to-Interference-plus-Noise Ratio*) juga meningkat sebesar 2.22 dB, dari 5.28 dB menjadi 7.5 dB. Peningkatan ini juga berdampak pada peningkatan *throughput* rata-rata, yang naik sebesar 5729 Kbps, dari 48792 Kbps menjadi 54522 Kbps. Hasil pemasangan AAU menunjukkan perbaikan kualitas sinyal dan kapasitas jaringan di area tersebut.

Kata kunci — AAU, RSRP, SINR, LTE, Throughput user, Rumah Mode Bandung

I. PENDAHULUAN

LTE (*Long Term Evolution*) merupakan salah satu teknologi jaringan seluler yang saat ini digunakan secara luas untuk meningkatkan kecepatan data dan efisiensi komunikasi. Namun, penerapan teknologi LTE di beberapa lokasi masih mengalami kendala, seperti yang terjadi di kawasan Rumah Mode Bandung. Di area ini, sinyal seluler sering kali lemah, yang menyebabkan kesulitan akses jaringan bagi pengguna. Masalah ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti gangguan elektromagnetik, kepadatan bangunan, serta keberadaan pepohonan yang menghalangi sinyal [1], sehingga menciptakan blank spot di beberapa titik area tersebut [2].

Salah satu solusi yang diusulkan untuk mengatasi

masalah ini adalah penggunaan AAU (*Active Antenna Unit*). AAU merupakan inovasi yang mengintegrasikan fungsi antena dan RRU (*Remote Radio Unit*) menjadi satu perangkat yang lebih efisien dan hemat energi. Implementasi AAU telah terbukti dapat meningkatkan cakupan sinyal dan memperbaiki kualitas jaringan, seperti yang ditunjukkan dalam studi sebelumnya di Bandung. Dengan menerapkan AAU di kawasan Rumah Mode, diharapkan cakupan sinyal RSRP dan SINR dapat meningkat, sekaligus meningkatkan kapasitas *throughput* pengguna untuk layanan jaringan yang lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan AAU dalam meningkatkan jaringan LTE di Rumah Mode Bandung. Melalui pengumpulan data dan simulasi menggunakan perangkat lunak perencanaan jaringan seperti Atoll, penelitian ini akan menganalisis perubahan parameter RF seperti RSRP, SINR, dan *throughput*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan dalam penerapan teknologi AAU di area perkotaan lain yang mengalami tantangan serupa terkait sinyal seluler.

II. KAJIAN TEORI

1. LTE (*Long Term Evolution*)

LTE (*Long Term Evolution*) adalah standar komunikasi nirkabel berbasis jaringan UMTS/HSPA yang mampu menyediakan kecepatan transfer data hingga 100 Mbps untuk *downlink* dan 50 Mbps untuk *uplink*. Teknologi ini mendukung berbagai layanan berbasis paket data, termasuk suara dan video. LTE dikembangkan oleh 3rd Generation Partnership Project (3GPP), dengan pengenalan awal pada Release-7 (2007) dan peningkatan pada Release-8 (2008). Release-9 (2009) membawa fitur-fitur baru yang meningkatkan efisiensi dan mendukung aplikasi lebih kompleks [3].

Secara teknis, LTE mengandalkan dua teknologi utama: OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) dan MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). OFDM membagi data menjadi subcarrier kecil untuk transmisi yang lebih stabil, sementara MIMO menggunakan beberapa antena untuk mengirim dan menerima data secara simultan. Kombinasi kedua teknologi ini memungkinkan LTE untuk

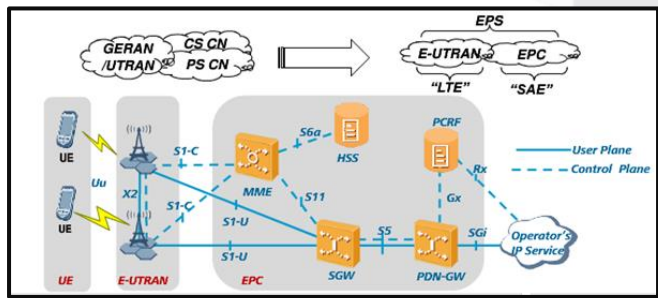
meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan, menjadikannya solusi ideal untuk kebutuhan komunikasi modern yang semakin meningkat [3].

Basic Parameter	Description	
Duplexing	FDD, TDD, Half-duplex FDD	
Mobility	350 km/h	
Channel Bandwidth (Mhz)	• 1.4 • 3 • 5	• 10 • 15 • 20
Transmission Bandwidth (NRB)	• 6 • 15 • 25	• 50 • 75 • 100
Modulation Schemes	UL: QPSK, 16QAM, 64QAM (optional) DL: QPSK, 16QAM, 64QAM	
Multiple Access Schemes	UL: SC-FDMA DL: OFDMA	
Peak data Rate	UL: 50 Mbps (20MHz bandwidth) DL: 100 Mbps (20MHz bandwidth)	
MIMO	UL: 1 x 2, 1 x 4 DL: 2 x 2, 4 x 2, 4 x 4	
Latency	user latency < 10mS	
Coverage	5-100 km	

Tabel 1. LTE basic parameter

1.1. Arsitektur LTE (Long Term Evolution)

LTE (*Long Term Evolution*) terdiri dari dua bagian utama yang saling melengkapi untuk membentuk keseluruhan sistem komunikasi: EUTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) dan SAE (*System Architecture Evolution*). Kedua bagian ini bekerja bersama untuk memastikan jaringan LTE dapat beroperasi secara optimal, dengan efisiensi tinggi dan mendukung berbagai layanan data modern.[4]



Gambar 1. Arsitektur LTE

A. User Equipment (UE)

User Equipment (UE) adalah perangkat seperti smartphone atau modem data yang memungkinkan pengguna mengakses E-UTRAN. UE juga memerlukan USIM (Universal Subscriber Identity Module) untuk mengidentifikasi pengguna dan mengaktifkan perangkat tersebut [4].

B. E-UTRAN

E-UTRAN adalah sistem arsitektur LTE yang menghubungkan UE dengan jaringan core melalui eNodeB. eNodeB berfungsi sebagai pengganti Node B dan RNC pada teknologi 3G, menggunakan S1-MME dan S1-U untuk menghubungkan dengan EPC [4].

Evolved Node B (eNodeB) menggantikan NodeB dan RNC dalam RAN, mengurangi biaya operasional, dan menggunakan modulasi OFDMA untuk downlink serta SC-FDMA untuk uplink [4].

C. Evolved Packet Core (EPC)

Evolved Packet Core (EPC) merupakan bagian inti dari jaringan LTE yang memiliki beberapa elemen penyusun, diantaranya:

1) S-GW (Serving Gateway)

Mengontrol jalur dan meneruskan paket data ke tujuan, serta menjadi perantara dalam proses handover dan teknologi 3GPP lainnya.

2) MME (Mobility Management Entity)

Bertanggung jawab atas control plane, bearer management, dan keamanan signaling antara UE dan EPC.

3) PDN-GW (Packet Data Network Gateway)

Menghubungkan EPC ke internet, mengalokasikan IP, dan mengelola QoS.

4) PCRF (Policy Control and Charging Rules Function)

Mengelola QoS dan pengendalian biaya pada PDN-GW .

5) HSS (Home Subscriber Service)

Database yang menyimpan informasi pelanggan dan melakukan otentikasi pengguna.

2. AAU (Active Antenna Unit)

Active Antenna Unit (AAU) adalah perangkat yang menggabungkan antenna dan komponen RRU (Remote Radio Unit) untuk mengurangi kehilangan sinyal akibat kabel. Sebagai kemajuan dari antenna pasif tradisional, AAU meningkatkan efisiensi, kualitas sinyal, dan kapasitas jaringan. Biasanya dipasang di lokasi dengan sinyal lemah atau daerah padat seperti kota besar, AAU menggunakan hanya dua kabel—satu untuk daya dan satu Cat6—untuk terhubung dengan eNodeB. Perangkat ini menerima dan meneruskan sinyal dari eNodeB untuk memperbaiki cakupan dan kapasitas jaringan di area tersebut [4][5].



Gambar 2. AAU

2.1. Spesifikasi AAU

Pada Tabel 2 spesifikasi singkat AAU biasanya berisi informasi teknis yang menjelaskan kemampuan dan karakteristik perangkat tersebut. Tabel ini mencakup beberapa parameter yang dimiliki oleh AAU.

RU		1800+2100 MHz A 2T2R 2x2x30 W (AC)	
Band		1.8 GHz	2.1 GHz
RAT		GO, LO, GL	UO, LO, UL
Output Power		2x30 W+2x30 W or 2x40 W+2x15 W (Note 1)	
EIRP		2x40 W: 2 x (40 W + 14 dB) = 2 x 60 dBm	2x40 W: 2 x (40 W + 14.5 dB) = 2 x 60.5 dBm
Power Consumption		Typical: 310 W; maximum: 410 W (Note 2)	
Carrier Configuration	GSM: 2C 1T2R		
	UMTS: 6C 1T2R or 4C 2T2R		
	LTE: 2x20 MHz 2T2R		
	SAU: GSM 2C 1T2R+UMTS 6C 1T2R or GSM 2C 1T2R+UMTS 4C 2T2R		
	SAL: GSM 4C 1T2R+LTE 2x20 MHz 2T2R		
	UBL: LTE 2x20 MHz 2T2R+UMTS 4C 1T2R or LTE 2x20 MHz 2T2R+UMTS 2C 2T2R		
IBW	Tx	40 MHz	40 MHz
	Rx	1805-1880 MHz	2110-2170 MHz
Sensitivity	GSM	≤ -113.7 dBm	
	UMTS	≤ -126.7 dBm	
	LTE	≤ -108.1 dBm	
AU			
Frequency Band (MHz)		1710-1830	1920-2170
Polarization (°)		±45	±45
Gains (dBi)	Intermediate tilt	14	14.5
	Tilt	14.0±0.5	14.5±0.5
Horizontal 3 dB Beam Width (°)		13±1.2	12±1.2
Front-to-Rear Ratio (dB)		≥ 25	≥ 25
Vertical 3 dB Beam Width (°)		70±5	70±5
Electrical Downtilt (°)		0 (Note 3)	
Pitch Angle (°)		-30 to +30 (Note 4)	

Tabel 2. Spesifikasi AAU

2.2. Implementasi AAU di Beberapa Site Selain BDG002

1) Implementasi AAU di Beberapa Site Selain BDG002

Site EPI022-EMSESPIMPOLRI-TBG ini berlokasi di Kecamatan Lembang, Kabupaten Lembang dengan koordinat -6.81928, 107.63814 [7].



Gambar 3. Koordinat Site EPI022-EMSESPIMPOLRI-TBG

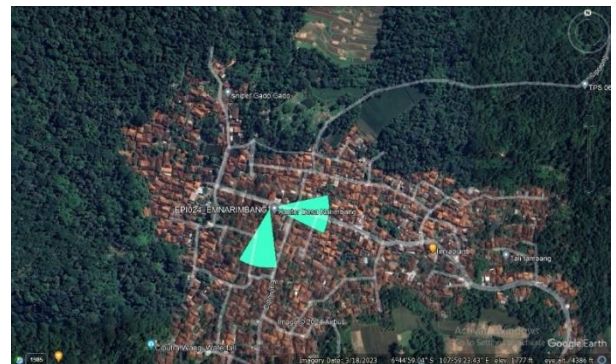


Gambar 4. Site EPI022-EMSESPIMPOLRI-TBG

2) Site EPI024-EMNARIMBANG

Site EPI024-EMNARIMBANG ini berlokasi di

Jl. Desa Narimbang, Desa Narimbang, Kecamatan Conggeang, Kabupaten Sumedang dengan koordinat -6.74998, 107.98919 [8].



Gambar 5. Site EPI024-EMNARIMBANG



Gambar 6. Site EPI024-EMNARIMBANG

2.3. Skenario Penggunaan AAU

AAU dapat digunakan dalam beberapa kondisi, diantaranya:

1) Area rural

AAU dapat digunakan untuk mengatasi kondisi jaringan dengan memperluas cakupan jaringan yang digunakan untuk kawasan yang jaraknya jauh dengan eNodeB dan memiliki kepadatan user yang rendah tetapi memerlukan akses jaringan, seperti di area pedesaan atau pegunungan.

2) Emergency or temporary coverage

AAU yang digunakan bisa untuk sementara waktu untuk memperbaiki cakupan area ataupun meningkatkan throughput. Pada kondisi ini biasa di implementasikan untuk kawasan yang terjadi bencana alam atau sedang dalam kegiatan yang besar, seperti tahun baru.

3) Urban hot spot

AAU dapat digunakan untuk meningkatkan throughput dan memperbaiki cakupan area, khususnya untuk kawasan dengan trafik yang tinggi seperti di pemberhentian jalan raya di tengah kota, AAU juga berfungsi memperbaiki kualitas sinyal yang mengalami pelemahan akibat dari shadowing Gedung.

4) Dead spot/Blank spot

AAU berfungsi untuk memberikan cakupan pada kondisi dead zone, akibat dari fading yang terlalu besar dan kawasan yang belum terjamah sama sekali, seperti di tengah hutan.

5) Indoor hot spot

Selain indoor building coverage, AAU dapat membantu memperbaiki cakupan wilayah outdoor,

serta dapat meningkatkan throughput dari kondisi jaringan sebelumnya.

2.4. Keuntungan dan Kerugian AAU

Setiap teknik pada jaringan pasti memiliki keuntungan dan kerugian bagi penggunaannya, berikut merupakan keuntungan utama dari AAU :

- 1) Integrasi Komponen Aktif
- 2) Desain yang simpel
- 3) Remote Management
- 4) Pengurangan space dalam penggunaan antena AAU
- 5) Bisa menggunakan frekuensi double

Sedangkan kerugian dari AAU ini adalah:

- 1) Implementasi AAU memerlukan biaya yang besar untuk pengadaan perangkat keras dan integrasi sistem. Ini bisa menjadi beban bagi operator jaringan.
- 2) Beresiko apabila jaraknya terlalu jauh dengan eNodeB donor nya
- 3) AAU memerlukan perlindungan tambahan terhadap vandalisme, kerusakan fisik, dan kondisi lingkungan yang keras, yang bisa meningkatkan biaya dan kompleksitas instalasi.

3. Coverage Planning

Coverage planning merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan jumlah site yang akan diimplementasikan yang dapat mencakup keseluruhan area yang telah direncanakan, berdasarkan perhitungan link budget dan model propagasi yang digunakan untuk perencanaan jaringan LTE berdasarkan cakupan wilayah[10].

3.1. Model Propagasi Cost231 Hata

Model propagasi digunakan untuk menghitung jari-jari sektor dan dapat diketahui dengan memasukkan nilai MAPL ke dalam persamaan model propagasi yang diinginkan, pemilihan model propagasi sangat berpengaruh dengan kondisi di sekitar site yang akan dirancang.

$$\text{MAPL} = 46,3 + 33,9 (\text{Log } f) - 13,82 \text{ Log } h_b - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \text{ Log } h_b) \text{ Log } d - C_m$$

$$a(h_m) = (1,1 \text{ Log } f - 0,7) h_m - (1,56 \text{ Log } f - 0,8) \quad [11]$$

Keterangan :

Tinggi antenna ms (hm)
 Nilai dari model propagasi (Cm)
 Tinggi antenna eNodeB (hb)
 Radius (d)
 Frekuensi (f)

Berikut merupakan parameter input yang digunakan dalam pemilihan model propagasi untuk jenis Cost231 Hata:

No.	Parameter	Nilai
1.	Frekuensi	1500-2000 Mhz
2.	Tinggi antenna ms (hm)	1-10 m
3.	Tinggi antenna eNodeB	30-200m

Tabel 3. Parameter input Cost231 Hata

4. Drive Test

Drive test adalah proses pengukuran kualitas sinyal di suatu area untuk menentukan optimasi jaringan. Initial drive test dilakukan sebelum optimasi untuk menganalisis kondisi jaringan yang ada, sementara final drive test dilakukan setelah optimasi untuk memastikan pencapaian target RF parameter [12].

5. Radio Frequency Parameter

5.1. RSRP (Reference Signal Receive Power)

Reference Signal Receive Power (RSRP) ukuran kekuatan sinyal yang diterima oleh penerima pada jaringan seluler. RSRP mengukur kekuatan sinyal dari stasiun basis (base station) yang melayani user. Semakin tinggi nilai RSRP, semakin kuat kekuatan sinyal yang diterima oleh user [13].

5.2. SINR (Signal to Interference Noise Ratio)

SINR (Signal to Interference Noise Ratio) adalah perbandingan antara kuat sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dan noise yang timbul. Jika SINR yang diukur bernilai baik maka throughput yang didapat akan baik juga [13].

SINR		
SINR Level (dB)	Quality Indicator	Color
20 to 50	Sangat Baik	Blue
0 to 20	Baik	Green
-5 to 0	Cukup Baik	Yellow
-20 to -5	Sangat Buruk	Red

Tabel 4. Parameter SINR Telkomsel

5.3. Throughput

Throughput merupakan besaran kecepatan akses data yang didapat oleh user. Dimana parameter ini menyatakan kecepatan transfer data dengan satuan waktu (Kbps). Parameter throughput merupakan parameter yang dirasakan langsung oleh pengguna atau user sehingga akan berpengaruh pada kepuasan pada user dalam menggunakan jaringan LTE tersebut[14].

RSRP		
RSRP Level (dBm)	Quality Indicator	Color
-60 to -30	Sangat Baik	Blue
-90 to -60	Baik	Green
-120 to -90	Cukup Baik	Yellow
-145 to -120	Sangat Buruk	Red

Tabel 5. Parameter RSRP Telkomsel

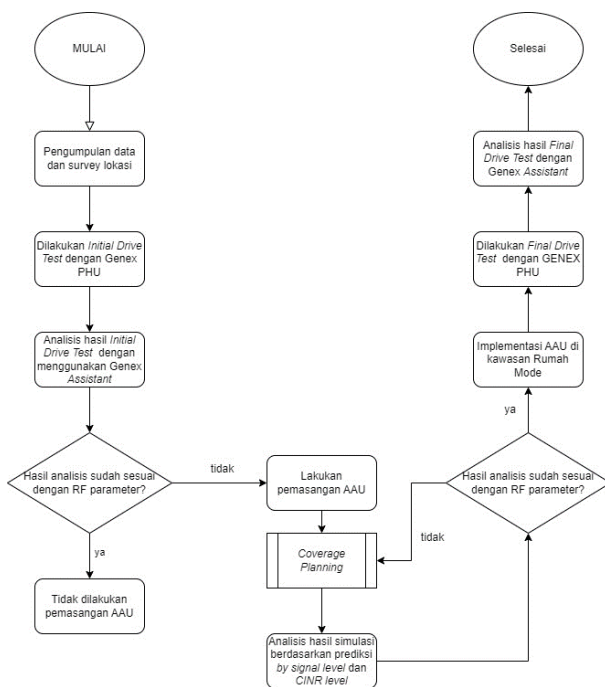
THROUGHPUT		
Throughput (Kbps)	Quality Indicator	Color
10.000>	Sangat Baik	Blue
3.000 to 10.000	Baik	Green
1.500 to 3.000	Cukup Baik	Yellow
<1.500	Sangat Buruk	Red

Tabel 6. Parameter Throughput Telkomsel

III. METODE

1. Perancangan Sistem

Pada Proyek Akhir ini akan dilakukan perancangan Unit Antena Aktif (AAU) untuk solusi masalah coverage dan capacity di area Rumah Mode. Berikut adalah flow chart pengerjaan proyek akhir sampai selesai:

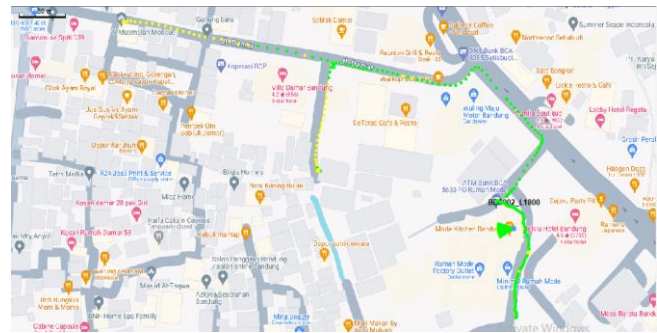


Gambar 7. Flowchart Cara Kerja Sistem

Pada Gambar 7, tahapan pengerjaan dimulai dengan mengumpulkan data berupa referensi-referensi yang berkaitan dengan dasar-dasar LTE dan optimasi jaringan menggunakan AAU. Selain itu, data-data yang mendukung optimasi jaringan dengan AAU berdasarkan coverage planning dan juga perlu dicari.

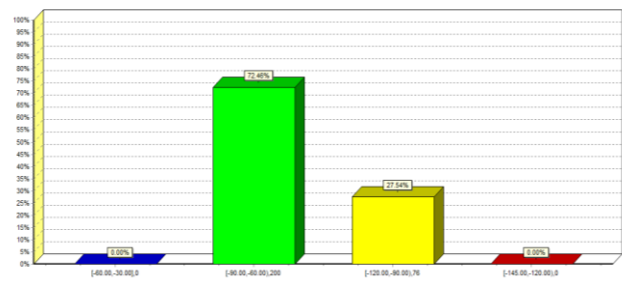
2. Initial Drive Test

Initial Drive Test dilakukan di area Rumah Mode Jl. Dr Setiabudi dengan menggunakan software Genex PHU. Initial Drive Test ini memperhatikan beberapa parameter, yaitu RSRP, SINR, dan Throughput. Untuk RSRP mengindikasikan daya terima di sisi user, Throughput yang tinggi penting untuk memastikan pengalaman pengguna yang baik dan efisiensi jaringan, sedangkan SINR menunjukkan kualitas jaringan yang dirasakan oleh user.

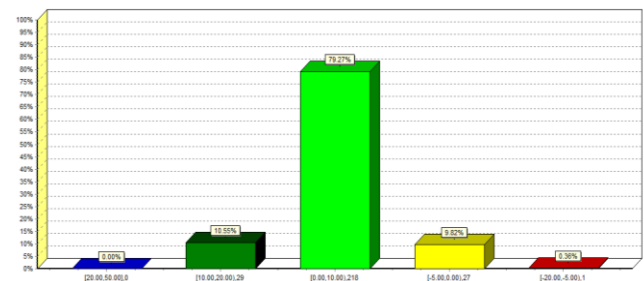


Gambar 8. Hasil Initial Drive Test Kawasan Rumah Mode

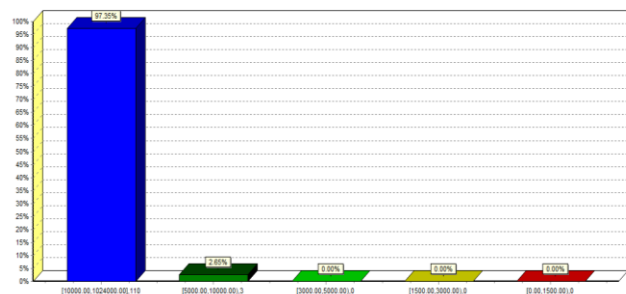
Gambar 8 menunjukkan hasil Initial Drive Test dengan software Genex Assistant, mengidentifikasi area Blank Spot (kotak merah) di mana sinyal jaringan tidak mencukupi. Ini menunjukkan perlunya optimasi jaringan di area tersebut.



Gambar 9. Median RSRP Initial Drive test



Gambar 10. Median SINR initial drive test



Gambar 11. Median Throughput initial drive test

Ketiga gambar diatas menunjukkan median atau rata-rata nilai RSRP, SINR, dan Throughput yang diambil sebelum dilakukannya optimasi. Nanti nilai-nilai ini akan dibandingkan dengan final drive test atau setelah optimasi.

3. Coverage Planning dan Perhitungan

Input	UL	DL
Data Type Channel	Physical Uplink Shared Channel	Physical Downlink Shared Channel
Duplex mode	FDD	
Frequency	1800 Mhz	
System Bandwidth (Mhz)	10	
MIMO Scheme	2x2	
User Environment	Indoor	

Tabel 7. Parameter Coverage Planning

3.1. Perhitungan Link Budget

Penentuan link budget diperlukan untuk mendapatkan nilai MAPL (Maximum Allowable Path Loss), MAPL merupakan nilai maksimum loss yang diperbolehkan baik untuk sisi uplink maupun downlink, MAPL dirancang bertujuan agar user masih tetap dapat mengakses jaringan meskipun mengalami loss.

LINK BUDGET			
Tx	Formula	UL	DL
Max Total Tx Power (dBm)	A	25	40
Allocated RB (Resource Block)	B	3	17
RB to distribute	C	3	50
Subcarrier to distribute	D = 12 * C	36	600
Subcarrier power	E = A - 10 * log(D)	9.437	12.218
Tx Antenna Gain (dBi)	G	0	14.5
Tx Cable Loss (dB)	H	0	0
Tx Body Loss (dB)	I	0	0
EIRP per Subcarrier (dBm)	J = E + G - H - I	9.437	26.718
Rx	Formula	UL	DL
SINR (dBm)	K	-4.19	-5.37
Rx Noise Figure (dBm)	L	2.3	7
Rx Sensitivity (dBm)	M = K + L - 174 + 10 log (15000)	-134.13	-130.61
Rx Antenna Gain (dBi)	N	14.5	0
Rx Cable Loss (dB)	O	0.5	0
Rx Body Loss (dB)	P	0	0
Interference Margin (dB)	Q	0.89	2.72
Minimal RSSI (dBm)	R = M - N + O + Q	-147.24	-127.89
Pathloss	Formula	UL	DL
Shadow Fading Margin (dB)	S	8.04	8
Building penetratin loss (dBm)	T	15	15
Maximum Allowable Path loss (dBm)	U = J - R - S - T	133.637	131.608

Tabel 8. Link Budget Uplink dan Downlink

3.2. Perhitungan Radius

Nilai radius diperoleh dari perhitungan menggunakan model propagasi yang sesuai untuk daerah dan frekuensi kerja suatu teknologi. Pada proyek akhir ini, model propagasi yang digunakan adalah COST-231 HATTA. Beberapa parameter input disesuaikan dengan spesifikasi model propagasi tersebut.

No.	Input parameter	Spesifikasi COST-231 HATTA	Penggunaan
1.	Frekuensi	1500-2000 Mhz	1800 MHz
2.	Tinggi antenna ms (hm)	1-10 m	1.5 m
3.	Tinggi antenna eNodeB (hb)	30-200m	10 m*
4.	MAPL yang digunakan	134.608 dBm	

Tabel 9. Spesifikasi dan penggunaan untuk perhitungan model propagasi

Setelah ditentukan nilai input parameter untuk dimasukkan ke perhitungan, selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 a(hm) &= (1,1 \log f - 0,7) hm - (1,56 \log f - 0,8) \\
 &= (1,1 \log 1800 - 0,7) 1.5 - (1,56 \log 1800 - 0,8) \\
 &= 4,321 - 4,278 \\
 &= 0,043
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MAPL &= 46,3 + 33,9 (\log f) - 13,82 \log hb - a(hm) + (44,9 - 6,55 \log hb) \log d - C_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 131,608 &= 46,3 + 33,9 (\log 1800) - 13,82 \log (10) - 0,043 + (44,9 - 6,55 \log (10)) \log d - 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 131,608 &= 46,3 + 33,9 (3,255) - 13,82(1) - 0,043 + (44,9 - 6,55(1)) \log d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 131,608 &= 142,782 + 38,35 \log d \\
 -11,174 &= 38,35 \log d \\
 (-11,174) / (38,35) &= \log d \\
 -0,2913 &= \log d \\
 10^{-0,2913} &= d \\
 0,5112 &= d \text{ (km)}
 \end{aligned}$$

Radius ini yang akan digunakan untuk dijadikan parameter input untuk simulasi optimasi menggunakan software atoll 321. Selanjutnya perlu di tentukan luas cakupan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 L_{AAU} &= 2,6 \times d^2 \\
 L_{AAU} &= 2,6 \times (0,511)^2 \\
 L_{AAU} &= 2,6 \times 0,261121 \\
 L_{AAU} &= 0,678 \text{ km}^2
 \end{aligned}$$

Jenis AAU yang digunakan adalah antenna 1 sectoral, maka dari itu rumus luas yang digunakan adalah rumus tersebut. Perhitungan luas cakupan ini diperlukan untuk mendapatkan jumlah AAU yang akan di implementasikan, maka dari itu untuk mengetahui berapa jumlah AAU yang akan diimplementasikan, digunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 \Sigma L_{TEAAU} &= (0,3) / 0,678 \\
 \Sigma L_{TEAAU} &= 0,442 \sim 1
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan jumlah AAU, didapatkan 1 AAU yang digunakan untuk mengcover area blank spot di area Rumah Mode Bandung, yang luasnya diperkirakan pada saat melakukan initial drive test sebesar 0,3 km².

4. Simulasi AAU

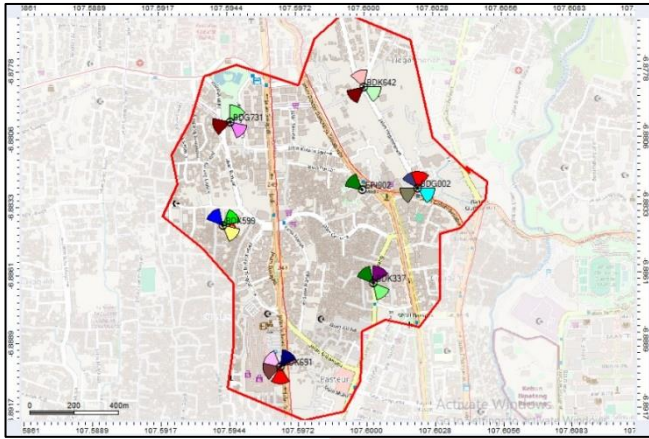
Simulasi AAU memprediksi lokasi peletakan untuk memudahkan instalasi dan mengurangi mobilitas lapangan, dengan mempertimbangkan kondisi eNodeB sekitar. Hasil simulasi, termasuk prediksi RSRP dan SINR, digunakan untuk memastikan peletakan AAU memenuhi target parameter RF Telkomsel. Jika tidak, lokasi harus disesuaikan.

5. Data EnodeB Existing

Sebelum melakukan optimasi, data terkini tentang eNodeB, termasuk lokasi site, transmitter, dan cell, diperlukan untuk memastikan peletakan AAU sesuai kondisi lapangan. Data ini diperoleh dari operator jaringan dan penting untuk meningkatkan performa jaringan sesuai kebutuhan pengguna.

Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Comments	Support Height (m)	Support Type	Max S1 interface throughput (DL) (kbps)	Max S1 int
BDG002	107.6021	-6.88265	[790]		50	<Undefined>	950000	950000
BDG642	107.6	-6.87848	[817]		15	<Undefined>	950000	950000
BDG731	107.5946	-6.87988	[813]		31	<Undefined>	950000	950000
BDK599	107.5942	-6.88411	[796]		25	<Undefined>	950000	950000
BDK337	107.6003	-6.8865	[776]		25	<Undefined>	950000	950000
BDK691	107.5965	-6.88992	[773]		25	<Undefined>	950000	950000
EP1002	107.5999	-6.88268	[802]		36	<Undefined>	950000	950000

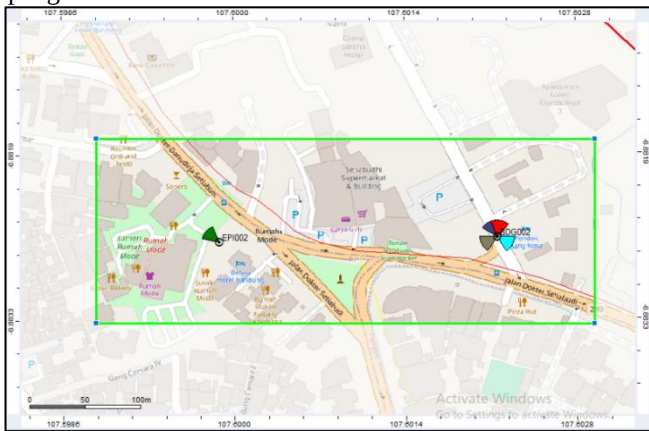
Tabel 10. Data Site eNodeB di sekitar area AAU Rumah Mode



Gambar 12. Posisi eNodeB existing di software Atoll

6. Posisi Peletakan AAU

Pada proses simulasi, peletakan AAU direncanakan agar efisien dan sesuai kondisi lapangan. Jika peletakan tidak memenuhi target, posisi AAU dapat disesuaikan menggunakan software Atoll tanpa perlu memindahkannya secara manual di lapangan.

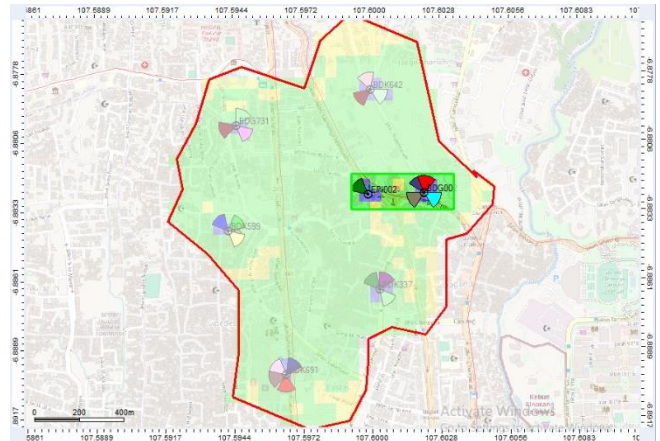


Gambar 13. Posisi peletakan AAU pada software AAU

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

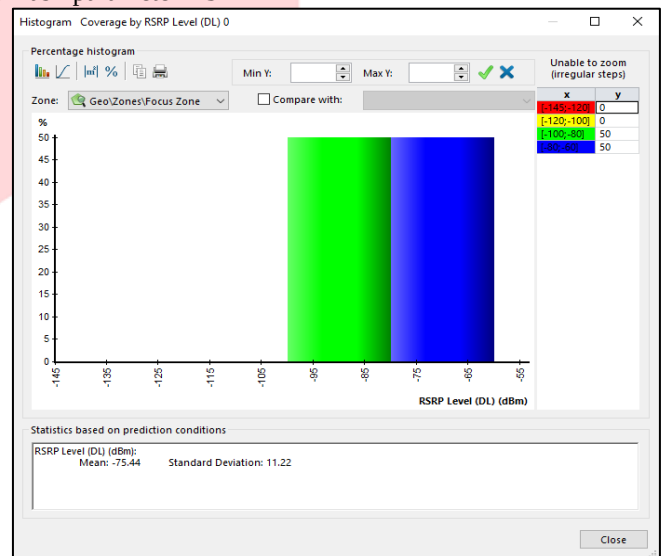
1. Analisa Hasil Simulasi

Setelah simulasi peletakan eNodeB dan AAU selesai, dilakukan prediksi area dengan parameter RSRP (daya terima eNodeB), SINR (kualitas layanan LTE), dan throughput (kepuasan pengguna). Tujuannya adalah memastikan peletakan AAU meningkatkan parameter-parameter ini sesuai standar Telkomsel.



Gambar 14. Prediction Area pada software Atoll

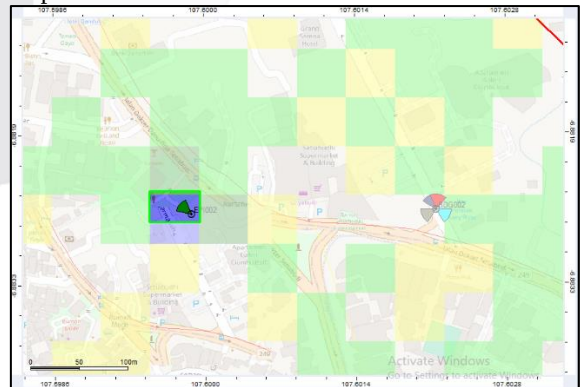
1.1. Hasil parameter RSRP



Gambar 15. Histogram RSRP di software atoll

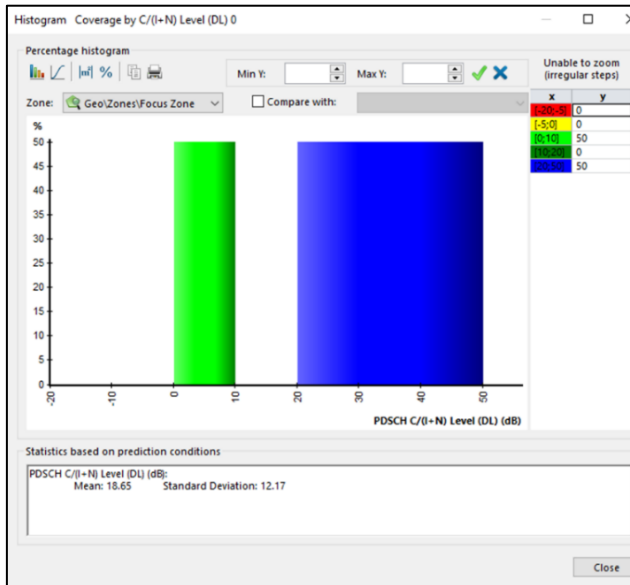
Nilai RSRP meningkat dari -84,28 dBm dalam initial drive test menjadi -75,44 dBm menurut prediksi area di software Atoll, menunjukkan peningkatan kekuatan sinyal sebesar 8,84 dBm setelah simulasi AAU.

1.2. Hasil parameter SINR

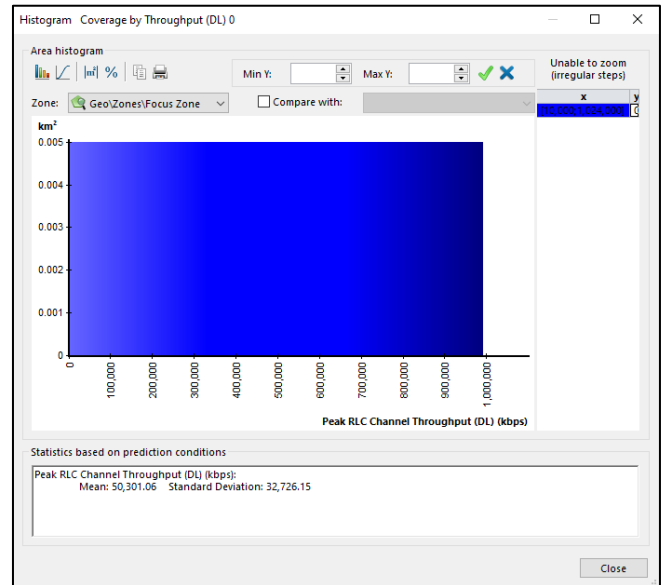


Gambar 16. SINR/CINR Prediction area

Selain RSRP, dilakukan prediksi area berdasarkan coverage by CINR level, mirip dengan SINR. Hasil simulasi dan histogram menunjukkan representasi hasil prediksi melalui coverage by CINR level.



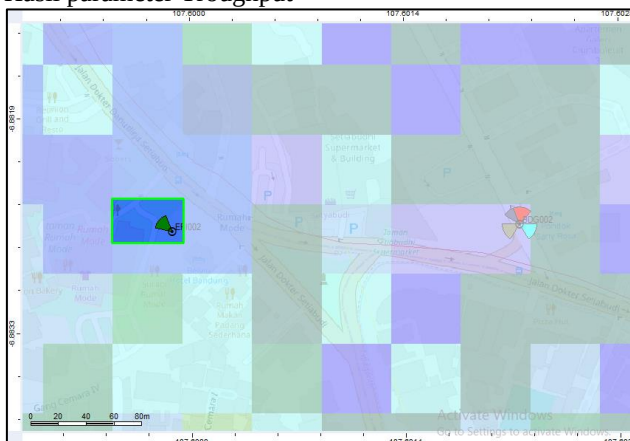
Gambar 17. Histogram SINR di software atoll



Gambar 19. Histogram throughput di software atoll

Pemasangan AAU di area Rumah Mode menunjukkan bahwa nilai rata-rata coverage by CINR level meningkat dari 5,28 dB (initial drive test) menjadi 18,65 dB, dengan selisih sebesar 13,37 dB.

1.3. Hasil parameter Troughput



Gambar 18. Prediction area berdasarkan Throughput di software atoll

Setelah dilakukan *prediction area* berdasarkan *Throughput*, maka juga dapat disimpulkan melalui histogram yang merupakan representasi hasil dari simulasi, berikut merupakan hasil prediksinya:

Gambar 23 menunjukkan nilai rata-rata throughput simulasi sebesar 50.301 Kbps, meningkat dari 48.792 Kbps pada initial drive test, dengan selisih 1.509 Kbps. Berdasarkan analisis parameter seperti SINR, RSRP, dan throughput, penempatan koordinat AAU dianggap akurat, sehingga pemasangan AAU di titik prediksi ini diharapkan memberikan kinerja jaringan optimal.

2. Implementasi AAU

Dalam proses implementasi AAU, unit akan dipasang di titik koordinat -6.882682, 107.599878, sekitar 25 meter dari eNodeB donor. Tim instalasi akan melaksanakan pemasangan, sementara tim planning dan optimasi hanya memberikan arahan. Tabel 11 menunjukkan parameter implementasi AAU di area Rumah Mode.

No.	Parameter	Nilai
1	Arah antena (Azimuth)/Tilting Antena	260° / 2°
2	Tinggi tower	10 m
3	Koordinat	-6.882682 107.599878
4	Tipe Antena	AAU5940
5	eNodeB Donor	Site BDG002_STOHGRMANAH
6	Sistem komunikasi dengan eNodeB donor	Fiber optic

Tabel 11. Parameter Implementasi AAU

2.1. Hasil Implementasi

Untuk proses pemasangan dan instalasi, tidak ada dokumentasi berupa gambar dan bukti-bukti karena itu bukan bagian dari tugas tim kami. Tim kami hanya bertugas merencanakan, memberikan arahan, serta memeriksa hasil pemasangan AAU tersebut. Berikut adalah gambar AAU di area Rumah Mode Bandung:

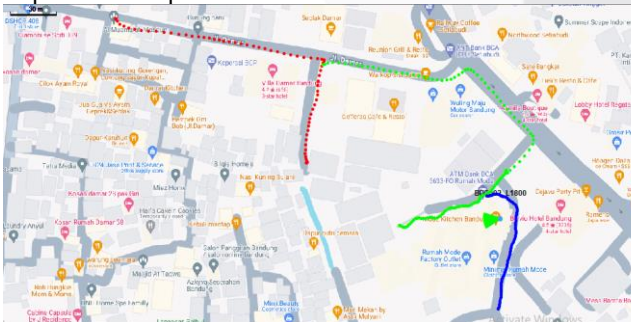


Gambar 20,21. AAU di area Rumah Mode

2.2. Final Drive Test

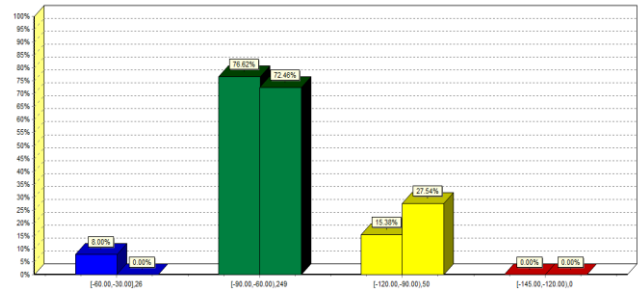
Final drive test dilakukan setelah tim instalasi menyelesaikan pemasangan AAU. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengevaluasi kualitas jaringan pasca optimasi, serta menguji kinerja setelah penambahan AAU. Drive test ini juga berfungsi untuk memverifikasi apakah penempatan AAU di titik yang ditentukan mampu mencakup area dengan kualitas jaringan buruk, khususnya di area blank spot seperti di sekitar Rumah Mode.

Pada tahap pelaksanaan final drive test, rute yang dilalui sengaja dirancang untuk mengikuti jalur yang sama seperti saat pelaksanaan initial drive test sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa perbandingan hasil pengujian dapat dilakukan dengan lebih akurat, sehingga perubahan dan peningkatan performa jaringan dapat terukur dengan jelas. Pada final drive test ini, digunakan software Genex Assistant untuk memantau dan mengumpulkan data jaringan di sepanjang rute yang telah ditetapkan, guna menganalisis efektivitas optimasi yang telah dilakukan serta mengevaluasi kualitas sinyal, cakupan, dan performa jaringan secara keseluruhan setelah implementasi optimasi.



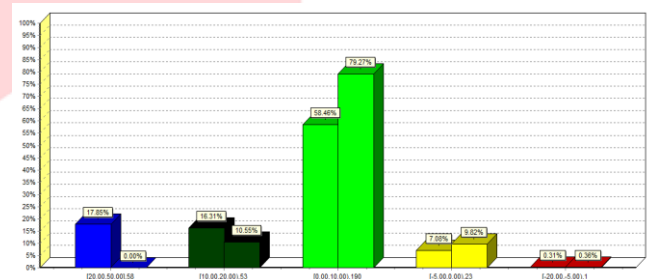
Gambar 22. Hasil Final Drive Test

Dari hasil tersebut, dapat dilakukan analisis bahwa terjadi perubahan pada area yang sebelumnya dianggap sebagai blank spot. Setelah menyelesaikan final drive test, langkah selanjutnya adalah serving untuk mengetahui rata-rata nilai RSRP (Reference Signal Receive Power), SINR (Signal to Interference Noise Ratio), dan Throughput, yang akan disajikan dalam bentuk histogram.



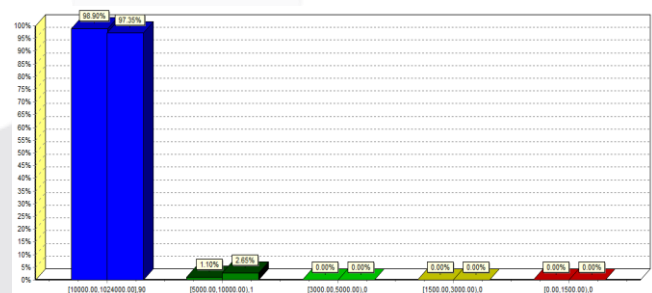
Gambar 23. Median RSRP final drive test

Gambar 23 menunjukkan histogram dengan grafik hasil final drive test di kiri dan initial drive test di kanan. Rata-rata RSRP final drive test adalah -79,71 dBm, meningkat dari -84,28 dBm pada initial drive test. Peningkatan ini, yang hampir sama dengan hasil simulasi Atoll, menunjukkan bahwa cakupan di area Rumah Mode telah teratasi dan optimasi berhasil, memenuhi standar RF parameter dan menjadikannya sebagai good spot.



Gambar 24. Median SINR final drive test

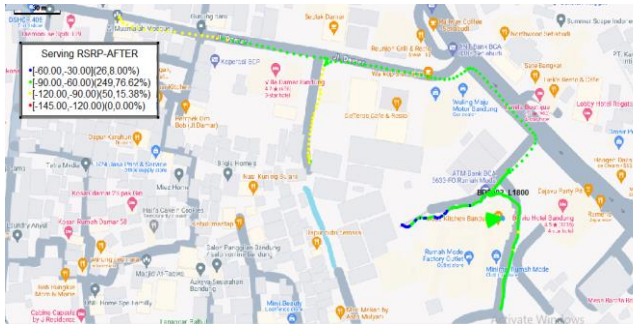
Pada Gambar 24 histogram menunjukkan bahwa rata-rata nilai SINR dari final drive test berada pada median 7.5 dBm. Dengan peningkatan nilai SINR dibandingkan hasil initial drive test yaitu 5.28 dBm, cakupan di area Rumah Mode telah teratasi.



Gambar 25. Median Throughput final drive test

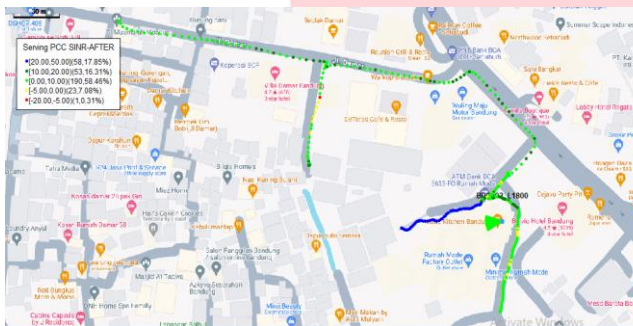
Pada Gambar 25, histogram menunjukkan bahwa rata-rata throughput dari final drive test berada pada median 54.522,67 Kbps. Peningkatan nilai throughput dari 48.792 Kbps pada initial drive test juga meningkatkan tingkat kepuasan pengguna.

Hasil final drive test diperlukan untuk operator agar mendapatkan laporan mengenai optimasi yang telah mencapai standar RF parameter Telkomsel. Berikut adalah hasil final drive test untuk kualitas jaringan di area Rumah Mode Bandung setelah penambahan AAU sebagai metode optimasi.



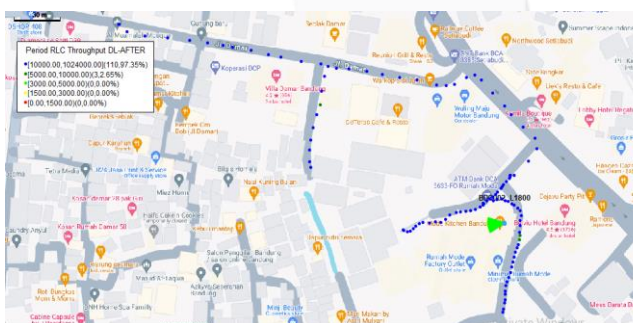
Gambar 26. Hasil serving final drive test RSRP

Berdasarkan hasil serving pada Gambar 4.12, nilai RSRP dari 50 sampel berada dalam rentang di bawah standar Telkomsel, yaitu antara -120 dBm hingga -90 dBm, dengan sekitar 15% dari nilai tersebut berada di bawah standar. Hasil ini menunjukkan bahwa setelah implementasi AAU, cakupan sinyal telah berhasil memenuhi standar yang ditetapkan oleh Telkomsel.



Gambar 27. Hasil serving final drive test SINR

Berdasarkan hasil serving pada Gambar 27 yang mengacu pada standar RF parameter Telkomsel, dapat disimpulkan bahwa nilai SINR dari 23 sampel berada di rentang di bawah standar, yaitu antara -5 dBm hingga 0 dBm. Persentase nilai SINR yang berada di bawah standar tersebut sekitar 7.08%.



Gambar 28. Hasil serving final drive test throughput

Berdasarkan Gambar 28 yang mengacu pada standar RF parameter Telkomsel, dapat disimpulkan bahwa nilai throughput sudah mencapai nilai bagus.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan paparan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa proses optimasi jaringan LTE menggunakan AAU di area Rumah Mode menghasilkan sebagai berikut:

1. Penggunaan AAU terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas jaringan LTE, terutama di area dengan kepadatan pengguna tinggi seperti Rumah Mode Bandung.
2. Area blank spot yang tidak terjangkau oleh site

BDG002-STOHGRMANAH berhasil diatasi dengan pemasangan AAU, mengingat kendala lahan untuk pembangunan site baru di lokasi padat kota.

3. AAU5940 memiliki output daya maksimum transmit sebesar 40 dBm dengan gain 14,5 dBi, yang mempengaruhi perhitungan link budget pada sisi downlink.
4. Berdasarkan perhitungan link budget dan coverage planning, satu unit AAU cukup untuk mengcover area tersebut. Simulasi menunjukkan nilai RSRP sebesar -75,44 dBm, SINR 18,65 dB, dan throughput 50.301 Kbps.
5. AAU dipasang di koordinat -6.882682, 107.599878 dengan tipe AAU5940, sudut pancar antenna 260°, dan tilting antenna 2°. AAU dipasang di atas tiang yang terhubung dengan ODP, dekat dengan eNodeB donor, dengan jarak sekitar 25 meter.
6. Setelah pemasangan AAU, final drive test menunjukkan rata-rata RSRP -79,71 dBm, SINR 7,5 dB, dan throughput 54.522,67 Kbps. Perbedaan hasil prediksi dan implementasi disebabkan oleh kondisi area yang dipenuhi pepohonan dan gedung. Meskipun hasilnya tidak sebaik simulasi, nilai-nilai parameter telah memenuhi standar RF Telkomsel.
7. Pemasangan AAU meningkatkan RSRP dari -84,28 dBm menjadi -79,71 dBm (perbaikan 4,57 dBm), SINR dari 5,28 dB menjadi 7,5 dB (perbaikan 2,22 dB), dan throughput dari 48.792 Kbps menjadi 54.522 Kbps (perbaikan 5.729 Kbps)

REFERENSI

- [1] I. A. Intania, Analisis Dan Optimasi Jaringan Lte Pada Area Bad Spot Dengan Menggunakan Relay Node Inband Dan Outband Di Jalan Bobosan Sampai Iain Purwokerto., Purwokerto: Institut Teknologi Telkom Purwokerto., 2020.
- [2] F. N. FAUZYAH, OPTIMASI JARINGAN LTE MENGGUNAKAN METODE RELAY NODE UNTUK MENGATASI AREA BAD SPOT DI JALAN W.R SUPRATMAN BANDUNG, Bandung: Telkom University, 2018.
- [3] J. T. PENTTINEN, The Telecommunications Handbook, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2015.
- [4] H. N. Anggradinata, Analisis Kualitas Pelayanan (Quality Of Service) Penyedia Jaringan 4g Lte Menggunakan Tems Pocket Di Wilayah Kabupaten Ponorogo. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya., Malang: Repository BKG, 2018.
- [5] A., Y. (2017). Opportunities, Challenges, and Terms Related to LTE-A Cellular Network. In Y. A., LTE-A CELLULAR NETWORKS (pp. 5-35). Switzerland: Springer International Publishing.
- [6] L. Huawei Technologies Co., AAU5940 Training Materials, Shenzen: www.huawei.com, 2017.
- [7] P. T. S. I. R. J. Barat, "Report EPI022_L1800_L2100_M_NDN_WJ," PT.ZMG Telekomunikasi Sersive Indonesia Regional Jawa Barat, Bandung, 2023.
- [8] P. T. S. I. R. J. Barat, "Report EPI024_L1800_L2100_M_NDN_WJ," PT.ZMG Telekomunikasi Sersive Indonesia Regional Jawa Barat, Bandung, 2023.
- [9] Yuan, Y. (2013). LTE-Advanced Relay Technology and Standardization. London: Springer.
- [10] Huawei. (2010). LTE Radio Network Coverage

Dimensioning. Huawei Technologies Co. Ltd.

- [11] A. ElNashar, " DESIGN, DEPLOYMENT AND PERFORMANCE OF 4G-LTE NETWORKS A PRACTICAL APPROACH," in Coverage and Capacity Planning of 4G Networks., United Kingdom, Wiley Telecom, 2014, pp. 349 - 444
- [12] P. J. Rendy, Analisis Kualitas Jaringan 4g LTE (Long Term Evolution) Frekuensi 1800MHZ Menggunakan Metode Drive Test Single Site Verification Pada Site ID BLA699 Di Desa Watulumbung Kecamatan Jiken, Purwokerto: Perpustakaan Institut Teknologi Telkom Purwokerto, 2021.
- [13] e. a. Baiq Safira Vinili Kurnia, "PERANCANGAN JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE) DIKECAMATAN PEMENANG DAN TANJUNG KABUPATEN LOMBOK UTARA PADA FREKUENSI 1800MHZ," 2022.
- [14] E. Y. D. U. Debora Lidya Tamtama, "ANALISIS KINERJA COVERAGE & KUALITAS SINYAL 4G LTE PADA OPERATOR SELULER DI KOTA PURBALINGGA," Media ElektriKA, vol. 10, p. 3, 2017.
- [15] L. Huawei Technologies Co., AAU5940 Training Materials, Shenzen: www.huawei.com, 2017.
- [16] G. D. Agia, ANALISIS PERILAKU BELANJA WISATAWAN DI RUMAH MODE FACTORY OUTLET BANDUNG, Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia , 2020.
- [17] J. Jofi, Modul 7 : ATOLL dan Coverage Planning, www.academia.edu.

