

Analisis Pengaruh Penggunaan AAU pada Swap RRU terhadap Kualitas Layanan Telekomunikasi di Wilayah Pusdikom Cibeureum Cimahi

Ni Ketut H.D ^{1*)} Ayurisa Monaretta Konadi ²⁾ dan Fauzia Haz³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro

Universitas Jenderal Achmad Yani

Jalan Terusan Jend. Sudirman PO. BOX 148 Cimahi 40531

^{*)}Korespondensi: niketuthd@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Teknologi telekomunikasi terus mengalami pembaruan. Penunjang terjadinya komunikasi di bidang telekomunikasi yaitu perangkat telekomunikasi yang diinstal pada sebuah *tower* BTS. Perangkat tersebut terus diperbarui demi meningkatkan pelayanan *provider* untuk kebutuhan pelanggan. Salah satu teknologi jaringan yang digunakan saat ini adalah 4G LTE. Untuk meningkatkan pelayanan jaringan tersebut maka salah satunya dilakukan pekerjaan *swap* atau dapat berupa *upgrade* perangkat telekomunikasi pada suatu *tower* BTS. Penelitian ini membahas tentang kualitas jaringan di wilayah Pusdikom Cibeureum, Cimahi Selatan dimana terdapat masalah kurangnya kapasitas jaringan di wilayah Cibeureum, Cimahi Selatan. Hal tersebut ditandai dengan adanya penambahan AAU pada *tower* BTS di Pusdikom, Cibeureum. Pada penelitian ini ditemukan data bahwa Cimahi Selatan merupakan wilayah di Kota Cimahi yang paling padat penduduknya dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Oleh karena itu, penambahan AAU sangat efektif untuk masalah tersebut. Diketahui bahwa AAU ditambahkan untuk menggantikan RRU pada *tower* tersebut. Hal ini dikarenakan kapasitas serta saluran transmisi AAU lebih banyak daripada RRU. Penambahan AAU dengan spesifikasi 32T32R pada *tower* meningkatkan kualitas sinyal dengan nilai parameter RSRP(dBm): -68,-72,-76; RSRQ(dB): -11,-10,-10; dan SNR(dB): 1,1,4. Berdasarkan standar yang ada, nilai RSRP sebesar -68 dBm, -72 dBm dan -76 dBm termasuk dalam *range* -80 dBm sampai 0 dBm, di mana nilai RSRP dalam *range* ini termasuk dalam kategori sangat baik. Untuk nilai RSRQ sebesar -11 dB, -10 dB termasuk dalam *range* -10 dB sampai -15 dB, di mana nilai RSRQ dalam *range* ini termasuk dalam kategori baik. Untuk nilai SNR sebesar 1 dB dan 4 dB termasuk dalam *range* 1 dB sampai 15 dB, di mana nilai SNR dalam *range* ini termasuk dalam kategori normal. Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka penambahan AAU pada *tower* dapat efektif meningkatkan kapasitas jaringan serta saluran transmisi, dengan demikian dapat meningkatkan kualitas jaringan di wilayah tersebut.

Kata kunci: Swap, Tower Telekomunikasi, Antena, AAU.

Abstract

Telecommunications technology continues to undergo advancements. The enabler of communication in the field of telecommunications is the telecommunications equipment installed on a BTS tower. These devices are constantly being updated to improve the service provided by the provider to meet the needs of customers. One of the network technologies currently used is 4G LTE. To enhance the network service, one of the measures taken is performing a swap or upgrade of the telecommunications equipment on a BTS tower. The upgrade of telecommunications equipment is also influenced by the population in the vicinity of the BTS tower. This allows for the replacement of telecommunications devices with ones that have broader coverage and better signal quality. This research, we discuss the issue of network capacity shortage in the Cibeureum area, South Cimahi. This is indicated by the addition of AAUs to the BTS tower in Pusdikom, Cibeureum. This research found data that South Cimahi is the most densely populated area in the city compared to other districts. Therefore, the addition of AAUs is highly effective for this issue. It is known that the AAUs are added to replace the RRUs on the tower. This is because the capacity and transmission channels of AAUs are greater than RRUs. The addition of AAU with 32T32R specifications to the tower improves signal quality with the following parameter values: RSRP(dBm): -68, -72, -76; RSRQ(dB): -11, -10, -10; and SNR(dB): 1, 1, 4. These values are categorized as good, indicating that the addition of AAU to the tower can effectively increase network capacity and transmission channels, thereby improving network quality in the area.

Keywords: Swap, Tower Telecommunication, Antenna, AAU.

I. PENDAHULUAN

Info Makalah:

Dikirim : 17-12-2023;

Revisi 1 : 10-01-2024;

Revisi 2 : dd-mm-yy;

Diterima : 01-12-2024.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62 859-7499-2595

e-mail :

niketuthd@lecture.unjani.ac.id

Telekomunikasi sangat dibutuhkan untuk berkomunikasi sehingga bisa melakukan komunikasi dari jarak jauh di mana dan kapan saja. Untuk dapat berkomunikasi, perangkat telekomunikasi pada *tower* BTS sangat berpengaruh pada komunikasi tersebut, salah satunya kualitas sinyal yang digunakan untuk berkomunikasi antar pengguna. Teknologi 4G LTE sudah banyak digunakan oleh *user* di daerah Cimahi, teknologi 4G LTE mempunyai kualitas yang baik dan dapat menawarkan kecepatan akses paket data yang cepat. Faktor lain yang berpengaruh pada pembaruan perangkat telekomunikasi di *tower* BTS adalah meningkatnya pengguna atau *user* di daerah pemukiman warga[1]. Peningkatan pengguna atau *user* pada suatu daerah dibutuhkan penambahan kapasitas dan infrastruktur jaringan karena berpengaruh pada *traffic* dan dapat menyebabkan penurunan kualitas jaringan pada daerah tersebut. Perkembangan teknologi telekomunikasi dan pertumbuhan populasi penduduk di wilayah perkotaan telah mengakibatkan peningkatan permintaan akan konektivitas yang cepat dan andal.

Pada penelitian ini penulis menyelidiki kualitas jaringan di wilayah Pusdikom Cibeureum, Cimahi Selatan. Penelitian ini merujuk dari beberapa sumber jurnal terkait sebagai referensi mengenai kualitas jaringan pada suatu *tower* [2]. Jurnal – jurnal terkait yang menjadi referensi yaitu jurnal dengan pembahasan optimasi suatu jaringan 4G, kualitas jaringan pada suatu wilayah, mengukur kualitas jaringan telekomunikasi, serta hasil kualitas jaringan telekomunikasi setelah melakukan *swap* antena[3]. Sumber utama penulis yaitu Optimasi Jaringan 4G LTE pada Area Padat Penduduk Menggunakan Antena Multisektoral dan Analisa Optimasi *Throughput* Jaringan 4G Seluler PT. XL Axiata Area Surabaya ditinjau Dari Kualitas *Resource* [4]. Tinjauan pustaka ini memberikan pemahaman yang mendalam mengenai kualitas jaringan pada suatu wilayah.

Meningkatnya kepadatan penduduk dan permintaan akan konektivitas yang tinggi di Cimahi, masalah-masalah terkait dengan kelebihan beban jaringan dan rendahnya kualitas sinyal dapat muncul. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan *swap* RRU dengan AAU pada *tower* di wilayah perkotaan Cimahi[5]. Dalam penelitian ini, *swap* AAU mengacu pada peningkatan kapasitas dan kualitas sinyal yang disediakan oleh antena *tower* yang ada. Dalam melakukan analisis ini, beberapa faktor akan dipertimbangkan, termasuk pertumbuhan penduduk, kepadatan penduduk, kebutuhan kapasitas jaringan, dan kualitas layanan telekomunikasi yang ada[6]. Solusi agar penurunan kualitas jaringan tidak terjadi, maka dilakukan pembaruan perangkat telekomunikasi pada *tower* BTS, salah satunya melakukan *swap* RRU dengan AAU pada *tower* BTS. Pada penelitian yang dilakukan ini, juga akan melihat tipe pemukiman di daerah *tower* BTS berada[7], bagaimana kondisi pemukiman di daerah sekitar *tower* berada dilihat dari ketinggian antena yang diinstal untuk mengetahui seberapa padat pemukiman warga di daerah tersebut.

Banyak jenis pekerjaan yang bisa dilakukan pada *tower* BTS, seperti menambahkan perangkat telekomunikasi, mengganti perangkat telekomunikasi, membongkar perangkat telekomunikasi, hingga melakukan *troubleshoot* jika ada alarm yang muncul. Tujuan dari beberapa pekerjaan yang dilakukan pada *tower* BTS tersebut tentu saja meningkatkan kualitas sinyal atau jaringan yang lebih baik daripada sebelumnya. Pada penelitian ini membahas pembaruan perangkat telekomunikasi dengan AAU dengan teknologi 4G LTE pada *tower* BTS yang melakukan pekerjaan *swap* sehingga dapat dilakukan analisis dari perbedaan kondisi sebelum dan sesudah perangkat telekomunikasi diganti dengan material atau perangkat yang baru [8]. Dilakukan penelitian terhadap perangkat antena yang ditambahkan berupa perangkat AAU untuk menggantikan RRU5502 pada *tower* BTS *provider* XL pada wilayah Cibeureum, Cimahi. Sebelum dilakukan pekerjaan *swap* pada *tower* BTS tersebut perangkat *provider* XL terdapat 3 antena *existing* berupa antena sektoral tipe AMB4519R5v06. Untuk melakukan pekerjaan *swap* wajib mengikuti standar instalasi yang diterapkan oleh perusahaan terkait agar dapat memudahkan identifikasi perangkat telekomunikasi. Antena yang dianalisis pada penelitian ini milik perusahaan Huawei. Saat

melakukan pekerjaan pembaruan perangkat telekomunikasi di *tower* juga harus memperhatikan K3 karena pekerjaan tersebut sangat beresiko untuk terjadinya kecelakaan mengingat pekerjaan tersebut dilakukan di ketinggian yang curam . Pada penelitian ini penulis menyelidiki kualitas jaringan di wilayah Pusdikom Cibeureum, Cimahi Selatan.

II. METODE

A. Diagram Blok Penelitian

Metode penelitian yang digunakan meliputi survei lapangan untuk mengumpulkan data tentang perangkat yang diperbarui yaitu menggunakan perangkat baru antena AAU pada *tower*. Untuk data penduduk didapatkan dari situs resmi Badan Pusat Statistik mengenai pertumbuhan penduduk Cimahi, untuk penelitian ini digunakan data penduduk Cimahi Selatan berdasarkan lokasi *tower* berada. Selain itu, data mengenai kualitas layanan akan dianalisis, data tersebut diperoleh dari situs resmi yang menampilkan cakupan jaringan *provider* XL pada wilayah Cimahi. Data-data ini digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang mungkin timbul akibat kelebihan beban jaringan telekomunikasi di Cimahi Selatan dan untuk menganalisis kebutuhan *swap* RRU atau *upgrade* pada *tower* yang ada.



Gambar 1 Diagram Blok Penelitian

1. Studi Literatur

Melakukan pencarian literatur terkait dengan penggunaan Antena AAU, teknologi telekomunikasi, kualitas layanan telekomunikasi, dan faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan pekerjaan *swap*. Studi literatur akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang konsep, teori, dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.

RRU atau *Remote Radio Unit* merupakan komponen yang sangat penting dalam infrastruktur jaringan telekomunikasi nirkabel, terutama dalam jaringan seluler seperti 4G LTE dan 5G. Perangkat ini bertugas untuk mengirimkan dan menerima sinyal radio antara stasiun dasar atau *base station* dengan perangkat pengguna seperti ponsel atau modem. RRU umumnya dipasang di menara atau tiang yang berlokasi dekat dengan perangkat pengguna. Fungsinya adalah mengonversi sinyal radio menjadi bentuk yang sesuai untuk ditransmisikan melalui kabel serat optik atau kabel koaksial ke *base station*. Selain itu, RRU juga menggunakan teknik seperti *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan data, sehingga dapat mengoptimalkan kinerja jaringan .

SNR (*Signal-to-Noise Ratio*): SNR adalah parameter yang menggambarkan rasio antara kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat dengan jumlah gangguan dan kebisingan. Dalam pengertian ini, SNR mencerminkan kemampuan jaringan dalam mengirim data dengan kecepatan yang tinggi, berdasarkan kualitas sinyal yang diinginkan dibandingkan dengan gangguan dan kebisingan di lingkungan.

RSRP (*Reference Signal Received Power*): RSRP adalah indikator yang mengukur kekuatan sinyal referensi yang diterima oleh perangkat dari stasiun basis dalam jaringan seluler. Dalam hal ini, RSRP memberikan gambaran tentang kekuatan sinyal yang langsung diterima oleh perangkat dari stasiun basis terdekat.

Tabel 1 Indikator SNR [10]

Nilai	Kategori
16 ke 30 dB	Baik
1 ke 15 dB	Normal
0 ke -5 dB	Buruk

Tabel 2 Indikator RSRP [10]

Nilai	Kategori
-80 ke 0 dBm	Sangat baik
-95 ke -80 dBm	Baik
-100 ke -95 dBm	Normal
-105 ke -100 dBm	Buruk
-140 ke -105 dBm	Sangat buruk

RSRQ (*Reference Signal Received Quality*): RSRQ adalah parameter yang mengukur kualitas sinyal referensi yang diterima oleh perangkat dari stasiun basis dalam jaringan seluler. RSRQ memberikan informasi tentang rasio antara kekuatan sinyal referensi dan tingkat interferensi serta kebisingan. Dengan demikian, RSRQ memberikan gambaran tentang kualitas sinyal relatif dan potensi interferensi dalam jaringan.

Tabel 3 Indikator RSRQ [10]

Nilai	Kategori
>-10 dB	Sangat Baik
-10 ke -15 dB	Baik
-15 ke -20 dB	Normal
<= -20 dB	Buruk

2. Pengumpulan Data

Penelitian ini memerlukan pengumpulan data yang relevan untuk analisis. Data yang dapat dikumpulkan meliputi data pertumbuhan penduduk, kepadatan penduduk, perencanaan infrastruktur telekomunikasi, dan data kualitas layanan telekomunikasi. Data penduduk diperoleh dari sumber *website* resmi Badan Pusat Statistik (BPS), dinas penduduk setempat, operator telekomunikasi, atau melalui survei dan pengukuran lapangan. Data penduduk tersebut digunakan sebagai dasar penelitian terhadap penggantian RRU dengan AAU.

Tabel 4 Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk 2021-2022 Kota Cimahi

Kecamatan	Penduduk (ribu)	Laju Pertumbuhan Penduduk per tahun 2021-2022
Cimahi Selatan	243,48	0,54
Cimahi Tengah	162,04	0,12
Cimahi Utara	169,72	1,25

Tabel 5 Persentase dan Kepadatan Penduduk Kota Cimahi

Kecamatan	Persentase Penduduk	Kepadatan Penduduk per km ²
Cimahi Selatan	42,33%	16.385
Cimahi Tengah	28,17%	12.021
Cimahi Utara	29,50%	12.003

Data kualitas internet di wilayah Kota Cimahi dapat diakses pada *website* resmi dari *speedtest*, pada *website* tersebut ditampilkan data nilai *download* (Mbps), *upload* (Mbps), dan *latency* (ms) yang diambil berdasarkan rata – rata kecepatan internet di wilayah Kota Cimahi.

Analisis Pengaruh Penggunaan AAU pada Swap RRU terhadap Kualitas Layanan Telekomunikasi di Wilayah Pusdikom Cibeureum Cimahi
(Ni Ketut H.D, Ayurisa Monaretta Konadi, Fauzi Haz: Halaman 104 – 117)

Proses *download* dan *upload* merupakan istilah yang umum digunakan dalam transfer data melalui jaringan internet. *Download* merujuk pada tindakan mengunduh atau menerima data dari *server* atau sumber lainnya ke perangkat pengguna, sedangkan *upload* adalah proses mengunggah atau mengirimkan data dari perangkat pengguna ke *server* atau tujuan lainnya. *Download* dan *upload* menjadi fokus utama dalam menganalisis kualitas jaringan internet. Kecepatan *download* dan *upload* menjadi parameter penting yang akan dievaluasi untuk memahami performa jaringan yang dialami oleh pengguna. Selain itu, perbedaan kecepatan antara *download* dan *upload* juga akan diperhatikan dalam penelitian ini. Mbps merupakan satuan untuk mengukur kecepatan transfer data dalam jaringan. Kecepatan internet yang diukur dalam Mbps mengacu pada berapa banyak data yang dapat diunduh atau diunggah dalam satu detik.



Gambar 2 Kecepatan Internet di Wilayah Cimahi

Latency ("ping") diartikan sebagai waktu tunda atau jeda yang terjadi antara pengiriman dan penerimaan data saat berkomunikasi antara perangkat pengguna dan *server* tujuan melalui jaringan internet. Pengukuran *latency* dalam milidetik (ms) digunakan sebagai indikator kualitas jaringan yang relevan untuk penelitian ini.



Gambar 3 Cakupan Jaringan *Provider* XL di Cimahi Selatan

Pada *website* resmi nperf terlihat cakupan jaringan yang digunakan pada wilayah Cimahi Selatan, pada *website* tersebut diperlihatkan area 4G dan 4G+.

3. Penentuan Lokasi

Lokasi *tower* yang dilakukan pekerjaan *swap* RRU berada di wilayah Cibeureum, Kota Cimahi dengan *Long Lat*: -6.909889, 107.561539. Pada Gambar 4 terlihat di wilayah lokasi *tower* berada merupakan wilayah padat penduduk. Pekerjaan *swap* pada *tower* dapat dipengaruhi oleh tingginya *user* pada daerah tersebut.



Gambar 4 Lokasi *Tower* Menggunakan Satelit *Google Earth*

4. Analisis Data

Perfoma: dari antenna *existing* dengan antenna baru yang diinstal, antenna *existing* yang sudah terinstal sebelumnya pada *tower* terdapat 3 buah antenna AMB4519R5v06. Antena baru yang diinstal berupa antenna AAU dengan jumlah 3 buah. Pekerjaan yang dilakukan merupakan *swap* yaitu penambahan antenna AAU untuk menggantikan RRU. Analisis kualitas jaringan dengan menggunakan data RSRP, RSRQ, dan SINR. Dengan membandingkan dengan teori, kualitas jaringan yang didapatkan pada antenna AMB, nilai RSRP masuk ke dalam kategori Baik, nilai RSRQ masuk ke dalam kategori Normal, dan SINR masuk ke dalam Normal.

Tabel 6 RSRP, RSRQ, dan SNR antenna AMB

RSRP(dBm)	RSRQ(dB)	SINR(dB)
-91	-18	4
-85	-20	6
-77	-17	7.6

Desain dan pemodelan:

RRU sebelum digantikan oleh AAU:



Gambar 5 RRU5502

Desain antenna sebelum dilakukan pekerjaan *swap*:

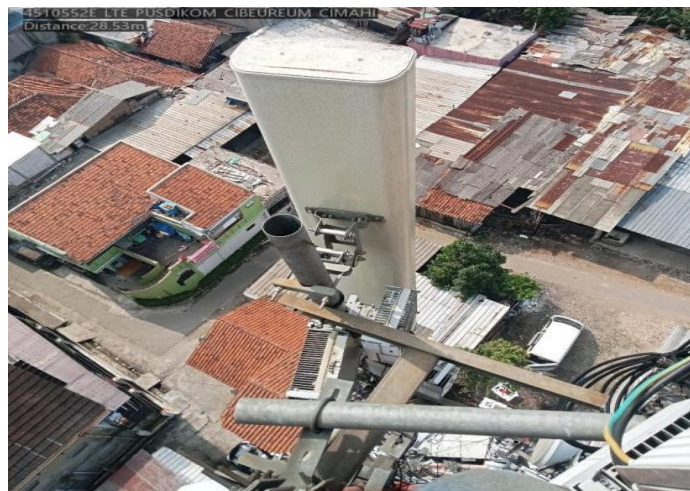
Tabel 7 Paramater Antena Existing

Sektor	Azimuth	MT	ET	Height
1	50	2	4	34
2	165	2	2	34
3	285	2	4	34



Gambar 6 Label Antena *Existing* AMB4519R5v06 (Huawei)

Gambar 7 adalah kondisi antena *existing* yang digunakan sebelum dilakukan *swap* pada *tower*, pada sektor tersebut hanya ada 1 antena yang terpasang. *Provider* XL pada *tower* yang teliti, sebelum penambahan antena mempunyai 3 antena yang dipasang pada 3 sektor yang berbeda.



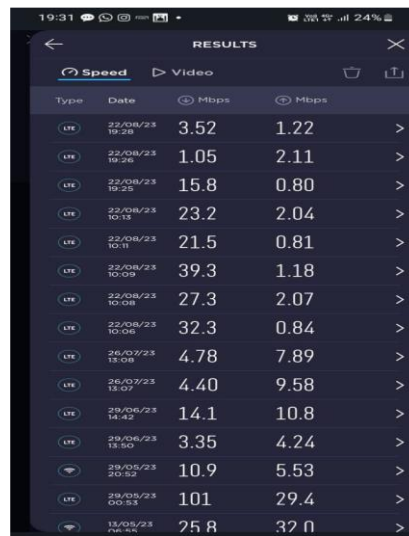
Gambar 7 Antena *Existing* pada *Tower* (Huawei)

Manajemen Koordinasi Antena: Pada penelitian ini hasil VSWR digunakan sebagai salah satu parameter untuk jaringan yang telah dilakukan *swap*, nilai VSWR yang baik memberikan kualitas jaringan yang layak untuk digunakan di wilayah sinyal dipancarkan. Nilai VSWR yang baik tidak melebihi 1.30. Nilai VSWR didapatkan dari simulasi. Selain VSWR indikator alarm juga harus diperhatikan, *capture* alarm juga didapatkan dari simulasi alarm, apabila terdapat alarm yang hidup pada simulasi tersebut, maka terdapat masalah yang terjadi dan perlu dilakukan perbaikan. Alarm akan hidup apabila terjadi kesalahan dan dapat berdampak pada kualitas sinyal yang dihasilkan.

B. Aplikasi Pendukung

Aplikasi yang digunakan yaitu sebagai pendukung supaya didapatkan hasil dari penambahan antena AAU pada *tower*.

1. Speedtest

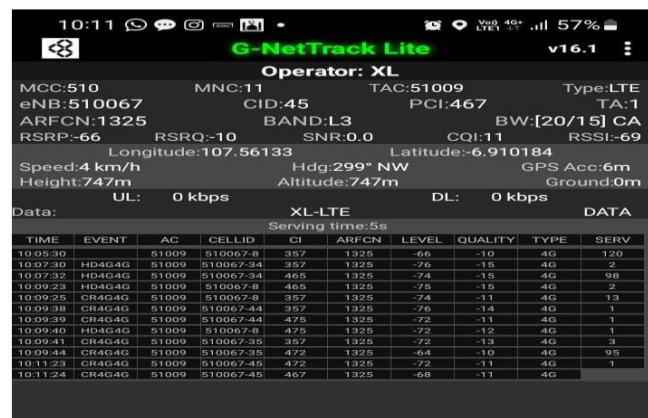


Type	Date	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
LTE	22/08/23 19:28	3.52	1.22
LTE	22/08/23 19:28	1.05	2.11
LTE	22/08/23 19:25	15.8	0.80
LTE	22/08/23 10:13	23.2	2.04
LTE	22/08/23 10:11	21.5	0.81
LTE	22/08/23 10:09	39.3	1.18
LTE	22/08/23 10:08	27.3	2.07
LTE	22/08/23 10:06	32.3	0.84
LTE	26/07/23 13:08	4.78	7.89
LTE	26/07/23 13:07	4.40	9.58
LTE	28/06/23 14:52	14.1	10.8
LTE	28/06/23 13:50	3.35	4.24
LTE	28/05/23 20:52	10.9	5.53
LTE	28/05/23 00:53	101	29.4
LTE	13/05/23 00:54	25.8	37.0

Gambar 8 Hasil yang Didapatkan Menggunakan *Speedtest*

Speedtest.net adalah platform online populer untuk menguji kecepatan internet. Ini menyediakan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan bagi pengguna untuk mengukur kecepatan koneksi internet mereka, termasuk kecepatan unduh, kecepatan unggah, dan ping (latensi) ke berbagai lokasi server di seluruh dunia.

2. G-NetTrack



G-NetTrack Lite v16.1

Operator: XL

MCC:510 MNC:11 TAC:51009 Type:LTE
eNB:510067 CID:45 PCI:467 TA:1
ARFCN:1325 BAND:L3 BW:[20/15] CA
RSRP:-66 RSRQ:-10 SNR:0.0 CQI:11 RSSI:-69

Longitude:107.56133 Latitude:-6.910184
Speed:4 km/h Hdq:299° NW GPS Acc:6m
Height:747m Altitude:747m Ground:0m

UL: 0 kbps DL: 0 kbps

Data: XL-LTE Serving time:5s

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUALITY	TYPE	SERV
10:05:30		51009	510067-8	357	1325	-66	-10	4G	120
10:07:30	HD4G4G	51009	510067-34	357	1325	-76	-15	4G	2
10:07:32	HD4G4G	51009	510067-34	465	1325	-74	-15	4G	98
10:09:23	HD4G4G	51009	510067-8	465	1325	-75	-15	4G	2
10:09:25	CR4G4G	51009	510067-8	357	1325	-74	-11	4G	13
10:09:38	CR4G4G	51009	510067-44	357	1325	-76	-14	4G	1
10:09:39	CR4G4G	51009	510067-44	475	1325	-72	-11	4G	1
10:09:40	HD4G4G	51009	510067-8	475	1325	-72	-12	4G	1
10:09:41	CR4G4G	51009	510067-35	357	1325	-72	-13	4G	3
10:09:44	CR4G4G	51009	510067-35	472	1325	-64	-10	4G	95
10:11:23	CR4G4G	51009	510067-45	472	1325	-72	-11	4G	1
10:11:24	CR4G4G	51009	510067-45	467	1325	-68	-11	4G	

Gambar 9 Hasil yang Didapatkan Menggunakan *G-NetTrack*

G-NetTrack merupakan sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran dan pemantauan jaringan seluler pada perangkat seluler. Aplikasi ini menyediakan informasi rinci mengenai kekuatan sinyal, kualitas sinyal, kecepatan unduh dan unggah, serta parameter teknis lainnya yang terkait dengan jaringan seluler yang sedang digunakan. Dalam penelitian ini, *G-NetTrack* digunakan sebagai alat untuk mengumpulkan data empiris mengenai performa jaringan seluler di berbagai lokasi. Aplikasi ini memungkinkan peneliti untuk melakukan pengukuran kecepatan internet, pemetaan jaringan, serta analisis parameter jaringan seperti *delay*, *jitter*, dan kekuatan sinyal.

Data yang diperoleh melalui *G-NetTrack* digunakan untuk menganalisis kualitas layanan jaringan seluler, mengidentifikasi area dengan cakupan sinyal yang lemah, mengevaluasi performa operator jaringan, dan membandingkan performa jaringan seluler di berbagai lokasi. Hasil penelitian menggunakan *G-NetTrack* memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi jaringan

seluler, serta memberikan rekomendasi atau solusi yang relevan untuk meningkatkan kualitas layanan dan pengalaman pengguna dalam menggunakan jaringan seluler.

3. NetMonster



Gambar 10 Hasil yang Didapatkan Menggunakan NetMonster

NetMonster merupakan sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk memantau dan menganalisis jaringan seluler pada perangkat seluler. Aplikasi ini memberikan informasi terperinci mengenai kekuatan sinyal, jenis jaringan, kecepatan unduh dan unggah, serta parameter teknis lainnya yang terkait dengan jaringan seluler yang sedang digunakan. Dalam penelitian ini, *NetMonster* digunakan sebagai alat untuk mengumpulkan data empiris tentang performa jaringan seluler di berbagai lokasi. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk melakukan pemantauan *real-time* terhadap kekuatan sinyal dan kualitas jaringan seluler yang sedang digunakan.

Data yang diperoleh melalui *NetMonster* digunakan untuk menganalisis kualitas layanan jaringan seluler, mengidentifikasi area dengan cakupan sinyal yang lemah, mengevaluasi performa operator jaringan, serta membandingkan performa jaringan seluler di berbagai lokasi. Hasil penelitian yang menggunakan *NetMonster* memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi jaringan seluler, serta memberikan rekomendasi atau solusi yang relevan untuk meningkatkan kualitas layanan dan pengalaman pengguna dalam menggunakan jaringan seluler.

III. HASIL DAN DISKUSI

Setelah antenna AAU diinstall, *provider* XL pada *tower* tersebut mempunyai 6 antenna yang aktif digunakan, antenna *existing* AMB digunakan untuk frekuensi 900MHz yang digunakan untuk GSM atau konfigurasinya menjadi G900. Sedangkan AAU digunakan frekuensi LTE 900MHz, 1.800MHz, dan 2.100MHz, maka setelah instalasi penambahan antenna konfigurasi akhirnya adalah G900+L900+L1.800+L2.100. Dengan adanya frekuensi LTE 900 MHz, 1.800 MHz, dan 2.100 MHz, antenna AAU dapat mendukung implementasi jaringan LTE (*Long-Term Evolution*) yang lebih canggih dan meningkatkan kapasitas jaringan secara keseluruhan.

Hasil Performa Antena setelah penambahan AAU:

Pengambilan nilai RSRP, RSRQ, dan SNR dilakukan pada waktu yang sama, pengambilan nilai tersebut dilakukan pada pagi hari jam 10 WIB, masing-masing dilakukan pengambilan data sebanyak tiga kali, untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat. Merujuk pada teori penunjang, nilai RSRP sangat baik, RSRQ baik, dan SNR normal.

Tabel 8 RSRP, RSRQ, dan SNR Setelah Penambahan AAU

RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SNR (dB)
-68	-11	1
-72	-10	1
-76	-10	4

LTE	22/08/23 10:13	23.2	2.04	>
LTE	22/08/23 10:11	21.5	0.81	>
LTE	22/08/23 10:09	39.3	1.18	>
LTE	22/08/23 10:08	27.3	2.07	>
LTE	22/08/23 10:06	32.3	0.84	>

Gambar 11 Kecepatan Unggah dan Unduh Setelah Penambahan AAU

Untuk nilai kecepatan unduh paling tinggi yang didapatkan yaitu 39.3 Mbps, sedangkan nilai terkecil didapatkan 21.5 Mbps. Untuk nilai terbesar kecepatan unggah didapatkan 2.07 Mbps, sedangkan nilai terkecil didapatkan 0.81 Mbps. Pada hasil yang didapatkan tersebut dapat dilihat bahwa nilai kecepatan unduh dan unggah memiliki perbedaan yang cukup jauh, berdasarkan kecepatan rata-rata kecepatan unduh di wilayah Kota Cimahi, nilai unduh yang didapatkan pada *provider* XL yang sedang diteliti memiliki nilai di atas rata – rata. Sebaliknya nilai unggah jauh di bawah rata – rata kecepatan di Kota Cimahi. Selisih nilai kecepatan unduh dan unggah yang drastis dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satu penyebabnya adalah terjadi kesalahan dalam proses install.

Desain dan Pemodelan Sistem Antena:



Gambar 12 Label AAU

Tabel 9 Parameter Antena AAU

Sektor	Azimuth	MT	ET	Height
1	40	0	5	34
2	160	0	5	34
3	290	0	5	34



Gambar 13 Kondisi Antena AAU Setelah Diinstal

Perbedaan antara RRU dan AAU yaitu terlihat pada label masing – masing perangkat. Pada RRU tertulis 4T4R:

- "4T" (*Four Transmit*) merujuk pada jumlah saluran transmisi yang digunakan dalam sistem. Dalam hal ini, ada empat saluran transmisi yang tersedia.
- "4R" (*Four Receive*) merujuk pada jumlah saluran penerimaan yang digunakan dalam sistem. Dalam hal ini, ada empat saluran penerimaan yang tersedia.

Dengan demikian, "4T4R" mengindikasikan bahwa RRU memiliki empat saluran transmisi dan empat saluran penerimaan yang dapat digunakan secara bersamaan.

Pada AAU tertulis 32T3R:

- "32T" (*Thirty-Two Transmit*) merujuk pada jumlah saluran transmisi yang digunakan dalam sistem. Dalam hal ini, terdapat tiga puluh dua saluran transmisi yang tersedia.
- "32R" (*Thirty-Two Receive*) merujuk pada jumlah saluran penerimaan yang digunakan dalam sistem. Dalam hal ini, terdapat tiga puluh dua saluran penerimaan yang tersedia.

Dengan demikian, "32T32R" mengindikasikan bahwa AAU (*Active Antenna Unit*) memiliki tiga puluh dua saluran transmisi dan tiga puluh dua saluran penerimaan yang dapat digunakan secara bersamaan.

Perbedaan dari 4T4R dengan 32T32R:

1. Jumlah Saluran Transmisi dan Penerimaan:

- 4T4R: Pada konfigurasi 4T4R, terdapat empat saluran transmisi dan empat saluran penerimaan yang digunakan secara bersamaan. Ini berarti sistem dapat mentransmisikan dan menerima empat aliran data terpisah secara simultan.
- 32T32R: Pada konfigurasi 32T32R, terdapat tiga puluh dua saluran transmisi dan tiga puluh dua saluran penerimaan yang digunakan secara bersamaan. Ini berarti sistem dapat mentransmisikan dan menerima tiga puluh dua aliran data terpisah secara simultan.

2. Kapasitas Jaringan:

- 4T4R: Dengan empat saluran transmisi dan empat saluran penerimaan, konfigurasi 4T4R dapat meningkatkan kapasitas jaringan dengan mendukung empat aliran data terpisah secara simultan. Hal ini dapat meningkatkan kecepatan transfer data dan kualitas sinyal bagi pengguna yang terhubung ke jaringan tersebut.
- 32T32R: Dengan tiga puluh dua saluran transmisi dan tiga puluh dua saluran penerimaan, konfigurasi 32T32R dapat memberikan kapasitas jaringan yang jauh lebih besar. Ini memungkinkan sistem untuk mentransmisikan dan menerima tiga puluh dua aliran data terpisah secara simultan, yang dapat mendukung lalu lintas yang lebih tinggi dan pengguna yang lebih banyak.

Peningkatan kapasitas: Antena AMB dan AAU memungkinkan implementasi teknologi MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*), yang memanfaatkan *multiple* antena untuk mentransmisikan dan menerima sinyal secara paralel. Dengan menambah antena AAU, jumlah antena yang tersedia di *tower* akan bertambah, sehingga kapasitas jaringan dapat ditingkatkan. Lebih banyak antena yang aktif berarti lebih banyak saluran yang tersedia untuk mentransfer data secara simultan, meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan.

Penghematan ruang dan efisiensi energi: Antena AMB dan AAU memungkinkan penggabungan fungsi-fungsi yang sebelumnya terdapat pada beberapa antena menjadi satu unit. Dengan menggabungkan fungsi-fungsi ini dalam satu antena, penggunaan ruang pada *tower* dapat dioptimalkan. Selain itu, antena AAU juga dapat dikendalikan secara dinamis untuk mengarahkan sinyal hanya ke arah yang dibutuhkan, mengurangi interferensi dan penggunaan energi yang tidak perlu.

Penyediaan layanan yang lebih baik: Dengan menggunakan antena AMB dan AAU, operator telekomunikasi dapat mengoptimalkan penyebaran sinyal dan meningkatkan kualitas layanan. Antena AMB memungkinkan pembentukan berbagai balok sinyal yang dapat diarahkan ke arah yang berbeda secara independen, sehingga memungkinkan peningkatan cakupan dan kualitas sinyal di berbagai area. Antena AAU dapat digunakan untuk mengatur pengaturan *beamforming* dan memfokuskan sinyal ke arah pengguna yang membutuhkan, meningkatkan efisiensi dan keandalan komunikasi.

Kemudahan pengelolaan jaringan: Dengan menggunakan antena AMB dan AAU, operator telekomunikasi dapat mengelola jaringan secara lebih efisien. Antena AMB dan AAU dapat dikonfigurasi dan dikendalikan secara terpusat melalui perangkat lunak pengelolaan jaringan. Ini memungkinkan operator untuk melakukan pemetaan dan pemantauan yang lebih baik terhadap jaringan, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan mengatasi masalah jaringan dengan cepat.

Manajemen Koordinasi Antena:

Pada simulasi alarm dan tes VSWR, didapatkan hasil seperti pada tabel 10, hasil VSWR dinyatakan baik dan hasilnya sukses, hasil VSWR pada simulasi tersebut tidak lebih dari 1.30, nilai tersebut merupakan standar yang ditetapkan untuk maksimal nilai VSWR yang dihasilkan.

VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) yang optimal memiliki dampak signifikan terhadap kinerja dan efisiensi antena. VSWR merupakan indikator sejauh mana antena cocok dengan impedansi sistem transmisi yang terhubung dengannya. Ketika VSWR memiliki nilai rendah, menunjukkan kesesuaian yang baik antara antena dan sistem transmisi, sedangkan nilai VSWR yang tinggi menandakan adanya ketidakcocokan atau pantulan sinyal.

<input type="checkbox"/>	Severity	MO Name	Name
<input type="checkbox"/>	Major	4510552E_LTE_PUSDIKOM_CIBEUREUM_CI...	BTS Door Open
<input type="checkbox"/>	Warning	4510552E_LTE_PUSDIKOM_CIBEUREUM_CI...	Cell PCI Conflict
<input type="checkbox"/>	Major	4510552E_LTE_PUSDIKOM_CIBEUREUM_CI...	Rectifier Door Open
<input type="checkbox"/>	Warning	eNodeB Function Name=4510552E_LTE_PU...	X2 Interface Fault

<input type="checkbox"/>	Severity	User Label	Alarm Source	Name
<input type="checkbox"/>	Warning	JAW-JB-CMH...	4510552E_LTE_P...	X2 Interface Fault
<input type="checkbox"/>	Major	JAW-JB-CMH...	4510552E_LTE_P...	Data Configuration Exceeding ...
<input type="checkbox"/>	Warning	JAW-JB-CMH...	4510552E_LTE_P...	Cell PCI Conflict
<input type="checkbox"/>	Major	JAW-JB-CMH...	4510552E_LTE_P...	Rectifier Door Open
<input type="checkbox"/>	Major	JAW-JB-CMH...	4510552E_LTE_P...	BTS Door Open

Gambar 16 Hasil Simulasi Alarm

Tabel 10 Hasil Simulasi VSWR

Site Name	VSWR	Keterangan
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.06	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.07	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.19	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.20	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.22	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.18	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.08	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.02	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.09	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.14	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.23	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.08	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.11	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.24	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.10	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.07	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.11	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.14	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.13	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.17	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.03	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.16	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.15	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.07	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.05	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.16	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.13	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.09	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.07	Sukses
4510552E_Pusdikom_Cibeureum_Cimahi	1.20	Sukses

IV. KESIMPULAN

Perbedaan fungsi antena *existing* setelah penambahan AAU yaitu antena AMB hanya digunakan untuk meliputi jaringan GSM, sedangkan AAU meliputi jaringan 4G. Perbedaan AAU dan RRU terletak pada spesifikasi 4T4R dengan 32T32R. Perbedaan yang pertama dari 4T4R dengan 32T32R adalah jumlah saluran transmisi dan penerimaan. Pada konfigurasi 4T4R, terdapat empat saluran transmisi dan empat saluran penerimaan yang digunakan secara bersamaan. Ini berarti sistem dapat mentransmisikan dan menerima empat aliran data terpisah secara simultan. Pada konfigurasi 32T32R, terdapat tiga puluh dua saluran transmisi dan tiga puluh dua saluran penerimaan yang digunakan secara bersamaan. Ini berarti sistem dapat mentransmisikan dan menerima tiga puluh dua aliran data terpisah secara simultan. Perbedaan yang kedua adalah kapasitas jaringan. Pada konfigurasi 4T4R: dengan empat saluran transmisi dan empat saluran penerimaan, konfigurasi 4T4R dapat meningkatkan kapasitas jaringan dengan mendukung empat aliran data terpisah secara simultan. Hal ini dapat meningkatkan kecepatan transfer data dan kualitas sinyal bagi pengguna yang terhubung ke jaringan tersebut. Pada konfigurasi 32T32R: dengan tiga puluh dua saluran transmisi dan tiga puluh dua saluran penerimaan, konfigurasi 32T32R dapat memberikan kapasitas jaringan yang jauh lebih besar. Ini memungkinkan sistem untuk mentransmisikan dan menerima tiga puluh dua aliran data terpisah secara simultan, yang dapat mendukung lalu lintas yang lebih tinggi dan pengguna yang lebih banyak. Nilai parameter kualitas jaringan pada provider XL yaitu –SNR(dB): 1,1,4; RSRQ(dB): -11,-10,-10; RSRP(dBm):-68,-72,-76 nilai tersebut membaik dibandingkan nilai sebelum menggunakan AAU. Untuk kecepatan internet, nilai unduh 39 Mbps dengan nilai unggah 2,07 Mbps. Untuk nilai VSWR tidak lebih dari 1.30. Sehingga nilai parameter yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa kekuatan dan kualitas jaringan dapat dikategorikan baik, nilai unggah berada di atas rata – rata kecepatan internet Kota Cimahi dan VSWR yang dihasilkan baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan dosen dan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani atas doa dan dukungannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Yuliana, N. Made, D. Putri, and S. Basuki, "Optimasi Jaringan 4G LTE Pada Area Padat Penduduk Menggunakan Antena Multisektoral," *Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 5, no. 1, 2020, doi: 10.31544/jtera.v5.i1.2020.81-92.
- [2] R. Supriyatin, A. E. Pravitasari, and D. O. Pribadi, "Pemetaan Karakteristik Wilayah Urban dan Rural Di Wilayah Bandung Raya Dengan Metode Spatial Clustering," *Jurnal Geografi*, vol. 12, no. 02, p. 125, Aug. 2020, doi: 10.24114/jg.v12i02.17647.
- [3] I. Saputra *et al.*, "Penerapan Cyber City: Tingkat Ketercapaian Dan Penilaian Masyarakat Di Kota Cimahi."
- [4] Anonim, "Profil Kota Cimahi 2017",
- [5] P. Mulyawati. dkk, "Makalah Teknologi Jaringan Akses Long Term Evolution (LTE)," Makasar, Universitas Hasanudin, 2013.
- [6] M.Hasan Junaidi, "Pembangunan Bts Dan Perencanaan Zona Persebaran BTS Bersama Kabupaten Sampang", *EXTRAPOLASI Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya*, vol. 8, no. 2, pp. 217–234, Desember 2015.
- [7] K. Sigit, *Telekomunikasi: Konsep Fundamental Telekomunikasi*. 2013.
- [8] ETSI, "ETSI TR 103 526," 2018.
- [9] H. Muchtar and T. Firmansyah, "Perancangan Dan Simulasi Antena Helix Pada Frekuensi 2,4 GHz," *Jurnal Elektum*, vol. 15, no. 2.
- [10] U. A. Rosid, "Penerapan Aplikasi Web Upload Download Menggunakan Php Pada Laboratorium Komputer Lp3i Tasikmalaya", [Online]. Available: <https://ojs.unigal.ac.id/index.php/jsig/index>