

PERBAIKAN PERFORMANSI LAYANAN KOMUNIKASI VoIP DI TOL LAYANG JAKARTA-CIKAMPEK

PERFORMANCE OPTIMIZATION OF VoIP COMMUNICATION SERVICES ON JAKARTA-CIKAMPEK ELEVATED TOLL

Astrid Maydiana¹, Uke Kurniawan Usman², Nur Andini³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹Astridmydnaa@student.telkomuniversity.ac.id, ²ukeusman@telkomuniveristy.ac.id,

³nurandini@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Beberapa titik di sepanjang jalur Tol Layang Jakarta-Cikampek (Japek) mengalami pelemahan sinyal hingga berada di ambang batas *Key Performance Index* (KPI). Saat berkomunikasi menggunakan layanan data khususnya komunikasi *Voice over Internet Protocol* (VoIP), *user* sering mengalami kegagalan dan mengalami *reconnecting* secara otomatis. Perbaikan terhadap coverage dilakukan dengan skenario mengubah arah azimuth antenna, dan *carrier aggregation*. RSRP. Hasil analisis terhadap nilai rata-rata persebaran RSRP meningkat dari -92,31 menjadi -76,66 dBm. Nilai rata-rata persebaran SINR ikut meningkat dari 5,17 dB menjadi 7,79 dB. Serta nilai *throughput* mengalami peningkatan dari 19,985 Mbps menjadi 33,048 Mbps. Hasil analisis mengenai permasalahan *user* yang gagal terkoneksi pada jaringan eksisting sebanyak 3.527 *user* (9,7%) mengalami penurunan menjadi 123 *user* (0,3%). Nilai *delay* sebesar 93,93 ms, nilai *jitter* sebesar 40,4 ms, dan nilai *packet loss* sebesar 1,04%. Ketiga nilai tersebut sudah memenuhi KPI dari *Quality of Service* (QoS).

Kata Kunci: VoIP, Tol Layang Japek, RSRP, SINR, *throughput*, *user connected*, *delay*, *jitter*, *packet loss*.

Abstract

Several points along the Jakarta-Cikampek (Japek) Elevated Toll experienced signal attenuation to the point where they were within the Key Performance Index (KPI) threshold. When communicating using data services, especially Voice over Internet Protocol (VoIP) communication, users often experience failure and reconnecting automatically. Improvements to coverage are carried out by changing the azimuth antenna pattern and carrier aggregation. The results of the analysis on the average value of the RSRP distribution increased from -92.31 to -76.66 dBm. The average value of the SINR distribution also increased from 5.17 dB to 7.79 dB. And the throughput value has increased from 19.985 Mbps to 33.048 Mbps. The results of the analysis regarding the problems of users who failed to connect to the existing network were 3,527 users (9.7%), which decreased to 123 users (0.3%). The delay value is 93.93 ms, the jitter value is 40.4 ms, and the packet loss value is 1.04%. These three values have met the KPI of Quality of Service (QoS).

Keywords: VoIP, Japek Elevated Toll, RSRP, SINR, *throughput*, *user connected*, *delay*, *jitter*, *packet loss*.

1. Pendahuluan

Pelemahan sinyal yang terjadi di beberapa titik sepanjang jalur Tol Layang Jakarta-Cikampek (Japek) membuat kegiatan berkomunikasi seperti komunikasi menggunakan *Voice over Internet Protocol* (VoIP) menjadi terganggu. Tak jarang komunikasi yang sedang berlangsung mengalami pemutusan panggilan dan *reconnecting* secara tiba-tiba. Perancangan jaringan LTE telah dilakukan di Tol Jakarta-Cikampek Elevated[1], hasil yang didapatkan tanpa melalui proses *drive test* terlebih dahulu dengan *capacity planning* didapatkan sebanyak 4 *site* arah *uplink* dan 17 *site* arah *downlink* dan dengan perhitungan *coverage planning* didapatkan sebanyak 8 *site*[1].

Adapun tujuan dari penelitian mengenai kegagalan layanan komunikasi VoIP menggunakan teknologi 4G LTE di sepanjang jalur Tol Layang Japek adalah untuk melakukan perbaikan terhadap titik-titik *blank spot* dan pelemahan sinyal yang ditemukan dari hasil *drive test*. Analisis dan perencanaan jaringan akan membutuhkan parameter-parameter sebagai tolak ukur layanan LTE seperti RSRP, SINR, *throughput*, dan jumlah *user not connected*.

2. Dasar Teori dan Metodologi

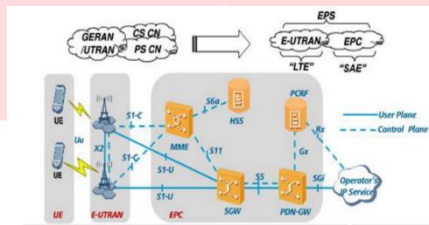
Bab ini berisi tentang definisi dan konsep dasar dari metode-metode yang penulis gunakan untuk merancang tugas akhir ini.

A. Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution atau yang biasa disingkat dengan LTE adalah standar teknologi untuk telekomunikasi yang dikeluarkan oleh Third Generation Partnership Project (3GPP) dan sebuah perkembangan teknologi dari UMTS (3G) dan HSDPA (3.5G). Aplikasi yang didukung oleh LTE adalah layanan *voice*, *data*,

video, termasuk juga IP TV[2]. Adapun penjelasan secara umum mengenai arsitektur LTE sebagai berikut [3]:

1. **User Equipment (UE)**
UE merupakan perangkat yang dimiliki oleh *user* untuk mengakses jaringan seperti ponsel, computer, dan lain-lain.
2. **Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)**
E-UTRAN berperan dalam menangani komunikasi radio antara *user* dengan EPC. E-UTRAN memiliki beberapa fungsi, antarlain *Radio Resource Management, Header Compression, Security, Positioning,* dan *Connectivity to the EPC*[5].
3. **Evolved Packet Core (EPC)**
EPC terdiri dari 5 elemen jaringan yang memiliki fungsi tersendiri. Elemen-elemen tersebut antara lain adalah *Serving Gateway (SGW), Packet Data Network Gateway (PDN GW/P-GW), Mobility Management Entity (MME), Home Subscriber Server (HSS), dan Policy and Charging Rules Function (PCRF)* [5].



Gambar 1 Arsitektur LTE [2]

B. Teknologi VoIP

Teknologi VoIP merupakan teknologi yang menjadikan internet sebagai media dalam melakukan komunikasi jarak jauh secara langsung. Sinyal analog yang biasa didengar dalam bentuk suara saat berkomunikasi di telepon akan dikonversi menjadi data digital dan dikirim melalui jaringan dalam bentuk paket data secara *real time*. [6]. Adapun kualitas VoIP berdasarkan parameter standar QoS ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Parameter QoS VoIP [4]

Quality	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)
Total Call Quality	< 50	< 20	< 1
Good Call Quality	< 100	< 40	< 2
Acceptable Call Quality	< 200	< 80	< 5
Bad Call Quality	< 500	< 120	< 10
Call No More Possible	> 500	> 120	> 10

C. Bad Coverage

Penyebab terjadinya suatu kegagalan dalam melakukan komunikasi VoIP salah satunya adalah *bad coverage*. Adapun beberapa jenis bad coverage yang bisa terjadi pada jaringan eksisting *Weak Coverage, Coverage Hole, Cross Coverage* dan *Lack of Dominant Cell*.

D. Parameter Analisis

a. Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR)

SINR merupakan perbandingan dari daya semua *subcarriers* dengan kekuatan interferensi (I) ditambah noise (N) di atas subcarriers yang sama. Nilai SINR dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai SINR Operator

SINR (dB)	Grade	Warna
20 s/d 50	Sangat Baik	
10 s/d 20	Baik	
5 s/d 10	Cukup Baik	
0 s/d 5	Cukup Buruk	
-20 s/d	Buruk	

Adapun persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai SNR adalah [5]:

$$\text{SINR} = \frac{P}{I+N} \quad (1)$$

b. Throughput

Throughput adalah *bandwidth* aktual yang diukur pada suatu ukuran waktu tertentu. Pada jaringan LTE digunakan *mean throughput* sebagai acuan untuk menyatakan kondisi performansi suatu jaringan[6]. Untuk mendapatkan nilai *throughput*, dapat digunakan persamaan berikut [7] :

$$TS = BR * ST * SD * \left[\frac{1}{1-BLER} \right] \quad (2)$$

Adapun rentang nilai *throughput* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Nilai *Throughput* Operator

Throughput (Kbps)	Grade	Warna
>65.000	Sangat Baik	
40.000 s/d 65.000	Baik	
10.000 s/d 40.000	Cukup Baik	
5.000 s/d 10.000	Cukup Buruk	
2.000 s/d 5.000	Buruk	
<2.000	Sangat Buruk	

c. Reference Signal Received Power (RSRP)

RSRP adalah rata-rata linier dari *resource elements* yang membawa *cell specific reference signal* dalam pengukuran bandwidth frekuensi yang dipertimbangkan. Acuan nilai RSRP dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Nilai RSRP Operator

RSRP (dBm)	Grade	Warna
-80 s/d 0	Sangat Baik	
-95 s/d -80	Baik	
-100 s/d 95	Cukup Baik	
-110 s/d -100	Cukup Buruk	
-150 s/d -110	Buruk	

Nilai RSRP dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut [8] :

$$\text{RSRP (dBm)} = \text{RSSI (dBm)} - 10 \log(12Nprb) \quad (3)$$

d. Delay

Delay merupakan waktu penundaan yang terjadi pada saat mengirimkan paket data, Nilai *delay* yang baik apabila berada dalam rentang 0 – 150 ms[4].

Tabel 5 Kategori Delay [4]

Nilai Delay (ms)	Kualitas
0 - 150	Baik
150 – 400	Cukup Baik
> 400	Buruk

Nilai *delay* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Packet yang Diterima}} \quad (4)$$

e. **Jitter**

Jitter terjadi apabila terdapat perbedaan selang waktu dari setiap paket yang sampai di tujuan. Apabila nilai *jitter* semakin besar, maka data yang terima oleh *user* akan semakin buruk. Untuk kualitas *jitter* dikatakan baik apabila waktunya hanya sekitar 0 – 20 ms[4].

Tabel 6 Kategori Jitter [4]

Nilai Jitter (ms)	Kualitas
0 - 20	Baik
20 - 50	Cukup Baik
> 50	Buruk

Nilai *jitter* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Packet yang Diterima}} \quad (5)$$

f. **Packet Loss**

Packet Loss adalah banyak paket yang hilang saat proses pengiriman dari pengirim ke penerima. *Packet loss* pada umumnya dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti *collision*, *noise*, dan *congestion*. Untuk kualitas *packet loss* dikatakan baik apabila jumlah tingkatan paket yang hilang berkisar antara 0 s/d 0.5 % dari pengiriman data[4].

Tabel 7 Kategori Packet Loss [4]

Packet Loss	Kualitas
0 – 0.5 %	Sangat Baik
0.5 – 1.5 %	Baik
> 1.5 %	Buruk

Nilai *packet loss* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Packet Loss} = \frac{\Sigma \text{Packet yang Hilang}}{\Sigma \text{Packet yang Dikirim}} \times 100\% \quad (6)$$

E. **Physical Tunning**

Physical tuning adalah pengaturan yang dilakukan untuk mengubah arah pancar antena sektoral secara fisik agar layanan yang diberikan suatu jaringan lebih maksimal. *Physical tuning* terdiri dari *tilting antenna*, *re-azimuth*, dan mengatur tinggi antenna [9].

F. **Carrier Aggregation**

Carrier Aggregation merupakan salah satu fitur teknologi 3GPP LTE Rilis 10 yang memungkinkan operator dapat membangun *bandwith* secara virtual dengan cara menggabungkan spektrum frekuensi yang ada atau disebut *Compounent Carrier* (CC) untuk mencapai *peak data rate* yang lebih tinggi daripada *non-carrier aggregation*. *Carrier Aggregation* memiliki beberapa jenis antaranya CA *Intra-band Contiguos*, CA *Intra-band Non Contiguos*, dan CA *Inter-band Non Contiguos* [10].

G. **Drive Test**

Drive test dilakukan dengan mengumpulkan data yang ada di lapangan. Informasi tersebut dikumpulkan menggunakan mobil sehingga termasuk pengukuran bergerak. Melalui tahapan ini, kualitas sinyal pada suatu wilayah dapat diukur secara *real* [11].

3. **Perancangan dan Perbaikan Coverage Area**

A. **Kondisi Jalur Tol Layang Japek**

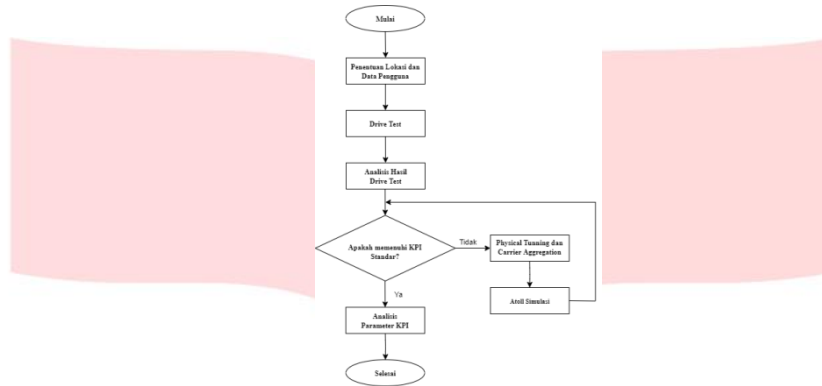
Bahan studi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diambil sepanjang Jalur Tol Layang Japek dari km 9 sampai km 48.

Tabel 8 Detail Jalur Tol Layang Japek

Mulai	Tujuan Akhir	Luas Jalur	Panjang Jalur (km)	Ruas
Simpang Susun Cikunir	Karawang Barat	4 Lajur (2 Lajur setiap arah)	39 km	km 9 - km 48

B. Model Sistem

Pada Tugas Akhir ini dilakukan beberapa tahap pengerjaan sesuai dengan Flowchart pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2 Diagram Alur Penelitian

C. Hasil Drive Test

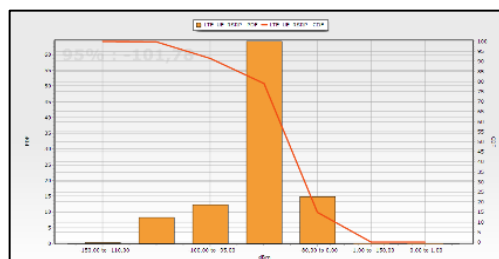
Drive test dilakukan pada saat mobil sedang melaju di sepanjang jalur Tol Layang Japek, dimulai dari KM 9 sampai dengan KM 48 pada jam sibuk yaitu pukul 17.00 WIB – 17.45 WIB. Pada beberapa titik di jalur Tol Layang Japek terdapat blank spot yang akan menjadi fokus dalam perbaikan parameter-parameter hasil drive test seperti RSRP, SINR, throughput.

a. RSRP

Gambar 3 menunjukkan nilai RSRP yang didapatkan dari hasil drive test pada jalur Tol Layang Japek menggunakan TEMS pocket. Analisis drive test kemudian dilakukan menggunakan software Actix Analyzer., Warna biru tua menandakan kondisi RSRP yang sangat baik dengan rentang nilai -80,00 s/d 0,00 dBm sebanyak 263 titik (13,6%), warna hijau menandakan kondisi RSRP yang baik dengan rentang nilai -95,00 s/d -80,00 dBm sebanyak 1263 titik (65,5%), warna kuning menandakan kondisi RSRP yang cukup baik dengan rentang nilai -100,00 s/d -95,00 dBm sebanyak 252 titik (13,1%), warna merah muda menandakan kondisi RSRP yang cukup buruk dengan rentang nilai -110,00 s/d -100,00 dBm sebanyak 147 titik (7,6%), dan warna merah menandakan kondisi RSRP yang buruk dengan rentang nilai -150,00 s/d -110,00dBm sebanyak 3 titik (0,2%).



Gambar 3 Diagram Alur Penelitian

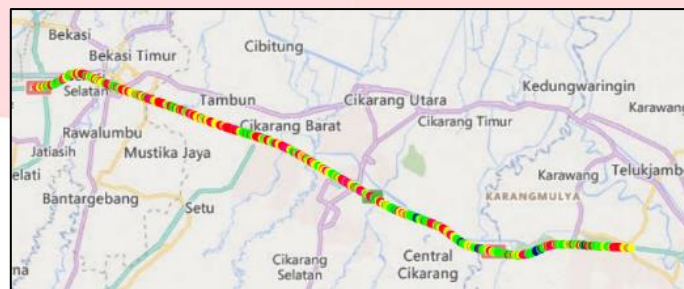


Gambar 4 Grafik CDF PDF RSRP

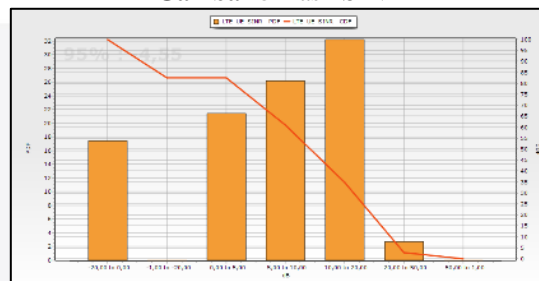
Berdasarkan grafik PDF dan CDF pada Gambar 4, perbaikan jaringan perlu dilakukan pada poin 4 (-110,00 s/d -100,00 dBm) dan poin 5 (-150,00 s/d -110,00dBm) karena memiliki nilai RSRP yang rendah. Maka solusi yang ditawarkan adalah *physical tuning* dan *cell splitting*.

b. SINR

Gambar 5 menunjukkan nilai SINR yang didapatkan dari hasil *drive test* pada jalur Tol Layang Japek menggunakan TEMS pocket. Analisis *drive test* kemudian dilakukan menggunakan *software* Actix Analyzer. Warna biru tua menandakan kondisi SINR yang sangat baik dengan rentang nilai 20,00 s/d 50,00 dB sebanyak 41 titik (2,1%), warna hijau menandakan kondisi SINR yang baik dengan rentang nilai 10,00 s/d 20,00 dB sebanyak 619 titik (32,1%), warna kuning menandakan kondisi SINR yang cukup baik dengan rentang nilai 5,00 s/d 10,00 dB sebanyak 547 titik (28,4%), warna merah muda menandakan kondisi SINR yang cukup buruk dengan rentang nilai 0,00 s/d 5,00 dB sebanyak 395 titik (20,5%), dan warna merah menandakan kondisi SINR yang buruk dengan rentang nilai -20,00 s/d 0,00 dB sebanyak 327 titik (17,0%).



Gambar 5 Hasil SINR



Gambar 6 Grafik CDF PDF SINR

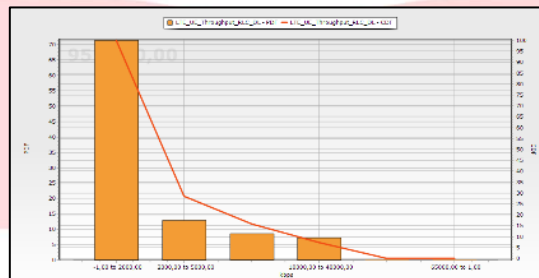
Berdasarkan grafik PDF dan CDF pada Gambar 6, perbaikan jaringan perlu dilakukan pada poin 4 (0,00 s/d 5,00 dB) dan poin 5 (-20,00 s/d 0,00 dB) karena memiliki nilai SINR yang rendah. Maka solusi yang ditawarkan adalah *physical tuning* dan *cell splitting*.

c. Throughput

Gambar 7 menunjukkan nilai *throughput* yang didapatkan dari hasil *drive test* pada jalur Tol Layang Japek menggunakan TEMS pocket. Analisis *drive test* kemudian dilakukan menggunakan *software* Actix Analyzer. Warna biru tua menandakan kondisi *throughput* yang sangat baik dengan rentang nilai > 65.000 Kbps sebanyak 0 titik (0,0%), warna biru muda menandakan kondisi *throughput* yang baik dengan rentang nilai 40.000 s/d 65.000 Kbps sebanyak 0 titik (0,0%), warna hijau menandakan kondisi *throughput* yang cukup baik dengan rentang nilai 10.000 s/d 40.000 Kbps sebanyak 110 titik (7,3%), warna kuning menandakan kondisi *throughput* yang cukup buruk dengan rentang nilai 5.000 s/d 10.000 Kbps sebanyak 133 titik (8,8%), warna merah muda menandakan kondisi *throughput* yang buruk dengan rentang nilai 2.000 s/d 5.000 Kbps sebanyak 198 titik (13,1%), dan warna merah menandakan kondisi *throughput* yang buruk dengan rentang nilai < 2.000 Kbps sebanyak 1066 titik (70,7%).



Gambar 7 Hasil Throughput



Gambar 8 Grafik CDF PDF SINR

Berdasarkan grafik PDF dan CDF pada Gambar 8, perbaikan jaringan perlu dilakukan pada nilai-nilai throughput yang masih rendah dengan skenario carrier aggregation.

d. Perhitungan Parameter QoS

Perhitungan parameter QoS dilakukan menggunakan parameter *delay*, *jitter*, dan *packet loss* berdasarkan total waktu selama melakukan *drive test* yaitu 45 menit dan total *packet* yang diterima oleh *user*.

e. Delay

Berdasarkan persamaan (2.4), maka perhitungan untuk nilai *delay* adalah sebagai berikut:

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Packet yang Diterima}} = \frac{2.700.000}{28742} = 93,93 \text{ ms}$$

f. Jitter

Berdasarkan persamaan (2.5), maka perhitungan untuk nilai *jitter* adalah sebagai berikut:

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Packet yang Diterima}} = \frac{1.161.464}{28742} = 40,4 \text{ ms}$$

g. Packet Loss

Berdasarkan persamaan (2.6), maka perhitungan untuk nilai *packet loss* adalah sebagai berikut:

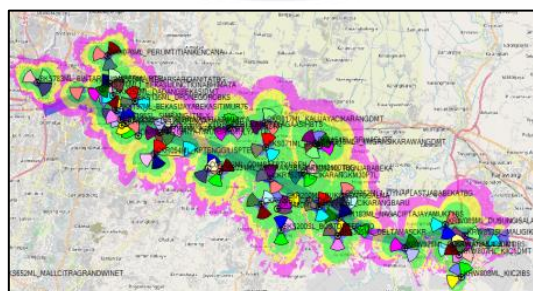
$$\text{Packet Loss} = \frac{\Sigma \text{Packet yang Hilang}}{\Sigma \text{Packet yang Dikirim}} \times 100\% = \frac{300}{28742} \times 100\% = 1,04\%$$

4. Analisis Perbaikan Coverage Berdasarkan Simulasi

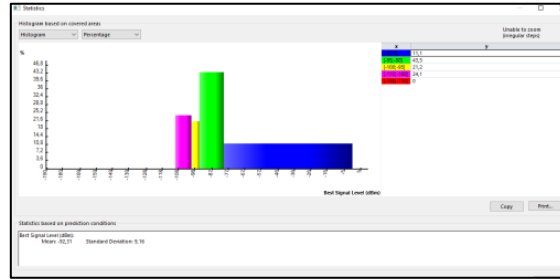
A. Analisis Kondisi Site Eksisting

a. Analisis RSRP

Nilai persebaran RSRP pada jalur Tol Layang Japek berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 9. Variasi warna yang ditunjukkan oleh gambar tersebut mewakili setiap rentang dalam standar KPI, nilai persebaran RSRP tersebut berada di ambang batas baik untuk standar KPI Operator X.



Gambar 9 Kondisi RSRP Sebelum Perbaikan

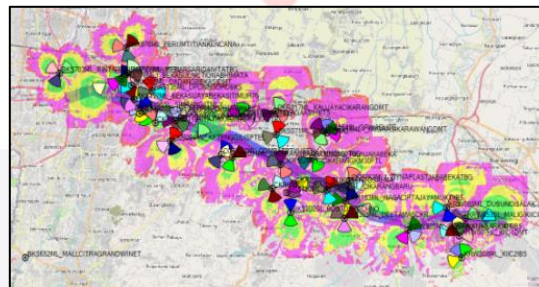


Gambar 10 Nilai RSRP Sebelum Perbaikan

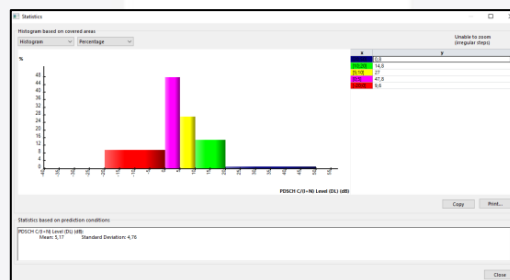
Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, nilai RSRP rata-rata yang berada pada jalur Tol Layang Japek sebesar -92,31 dBm. Nilai tersebut ditunjukkan oleh grafik histogram yang ada pada Gambar 10. Untuk nilai *threshold* dimana RSRP >-100 dBm yaitu 75,8 %.

b. Analisis SINR

Nilai perebaran SINR pada jalur Tol Layang Japek berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 11. Variasi warna yang ditunjukkan oleh gambar tersebut mewakili setiap rentang dalam standar KPI, nilai persebaran SINR tersebut berada di ambang batas baik untuk standar KPI Operator X.



Gambar 11 Kondisi SINR Sebelum Perbaikan

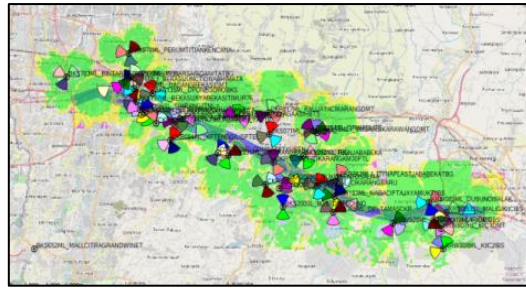


Gambar 12 Nilai SINR Sebelum Perbaikan

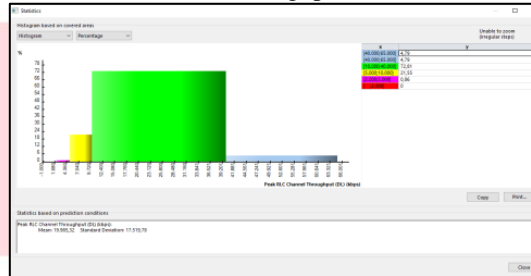
Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, nilai SINR rata-rata yang berada pada jalur Tol Layang Japek sebesar 5,17 dB. Nilai tersebut ditunjukkan oleh grafik histogram yang ada pada Gambar 12. Untuk nilai *threshold* SINR >5 dB yaitu 42,6 %.

c. Analisis Throughput

Nilai perebaran *throughput* pada jalur Tol Layang Japek berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 12. Variasi warna yang ditunjukkan oleh gambar tersebut mewakili setiap rentang dalam standar KPI, nilai persebaran *throughput* tersebut berada di ambang batas baik untuk standar KPI Operator X.



Gambar 13 Kondisi Throughput Sebelum Perbaikan

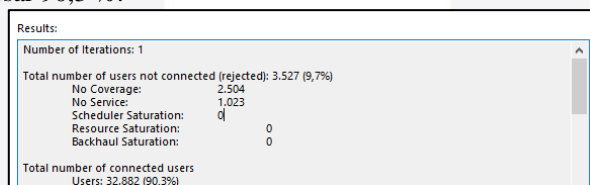


Gambar 14 Nilai *Throughput* Sebelum Perbaikan

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, nilai SINR rata-rata yang berada pada jalur Tol Layang Japek sebesar 19.985 Kbps yang setara dengan 19,985 Mbps. Nilai tersebut ditunjukkan oleh grafik histogram yang ada pada Gambar 14.

d. Analisis User Connected

Jumlah *user* yang gagal terkoneksi dengan jaringan yang ditunjukkan pada Gambar 15 adalah 3.527 *user* dengan nilai persentase sebesar 9,7%, sedangkan banyak *user* yang berhasil terkoneksi sebanyak 32.882 *user* dengan nilai persentase sebesar 90,3 %.



Gambar 15 Kondisi User Connected Sebelum Perbaikan

e. Analisis Parameter Delay

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa nilai *delay* adalah 93,93 ms. Apabila dibandingkan dengan tabel parameter Qos, maka nilai tersebut termasuk ke dalam range 0 ms – 150 ms. Oleh sebab itu, kualitas layanan VoIP apabila ditinjau dari nilai *delay* tersebut termasuk baik dan *Good Call Quality*.

f. Analisis Parameter Jitter

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa nilai *jitter* adalah 40,4 ms. Apabila dibandingkan dengan tabel parameter Qos, maka nilai tersebut termasuk ke dalam range 20 ms – 50 ms. Oleh sebab itu, kualitas layanan VoIP apabila ditinjau dari nilai *jitter* tersebut termasuk cukup baik dan *Good Call Quality*.

g. Analisis Parameter Packet Loss

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa nilai *packet loss* adalah 1,04%. Apabila dibandingkan dengan tabel parameter Qos, maka nilai tersebut termasuk ke dalam range 0,5% - 1,5%. Oleh sebab itu, kualitas layanan VoIP apabila ditinjau dari nilai *packet loss* tersebut termasuk baik dan *Good Call Quality*.

B. Analisis Perbaikan Kondisi Site Eksisting

Analisis perbaikan jaringan eksisting dilakukan dengan memperhatikan parameter tolak ukur seperti RSRP, *throughput*, SINR, dan *user connected*. Perbaikan jaringan eksisting dilakukan dengan dengan skenario *physical tuning* dan *carrier aggregation*. Skenario *physical tuning* dilakukan dengan mengubah arah *azimuth* yang dimiliki oleh *transmitter* pada antenna. Terdapat dari 4 *site* dan 4 *transmitter* yang dilakukan perbaikan yaitu BKS783ML_BINTARAALAMPERMAIPTEL PCI_21, CKR130ML_TELAGAASIH BTS PCI_245, KRW938_DESAWANASARIDMT PCI_116, dan KRW853SL_MALIGIKIICIBS PCI_48.

Tabel 7 Perubahan Nilai Arah Azimuth

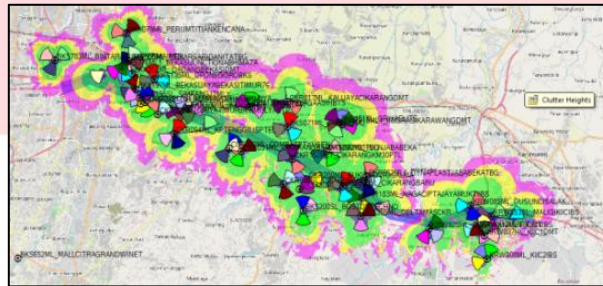
T	PCI_21	PCI_245	PCI_116	PCI_48
PA(1)°	205	300	210	60
PA (2)°	126	242	287	77

*T : PCI transmitter, PA : Arah Azimuth

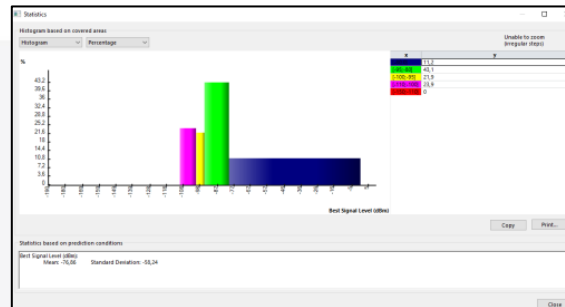
Skenario *Carrier Aggregation* dilakukan dengan memanfaatkan *bandwidth* 20 MHz pada band 3 (1850 MHz) dan *bandwidth* 10 MHz pada band 8 (900 MHz). Skenario tersebut dapat mengefisiensi spektrum frekuensi yang terbatas. Adapun *site-site* yang dilakukan *carrier aggregation* adalah CKR094ML_KPTENGGILISPTEL, BKS776ML1_BEKASIJUNCTIONABHIMATA, KRW853SL_MALIGIKIICIBS, dan CKR183ML_NAGACIPTAJAYAMUKTIIBS..

a. Analisis RSRP Setelah Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan pada kondisi jaringan eksisting di sepanjang jalur Tol Layang, terdapat variasi warna yang menunjukkan nilai RSRP setelah perbaikan pada Gambar 16 berikut.



Gambar 16 Kondisi RSRP Setelah Perbaikan

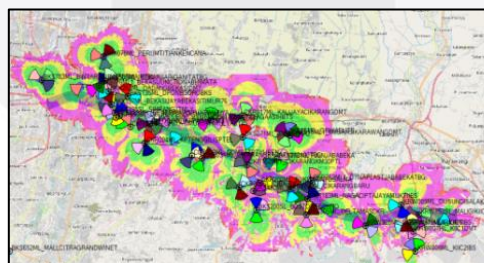


Gambar 17 Nilai RSRP Setelah Perbaikan

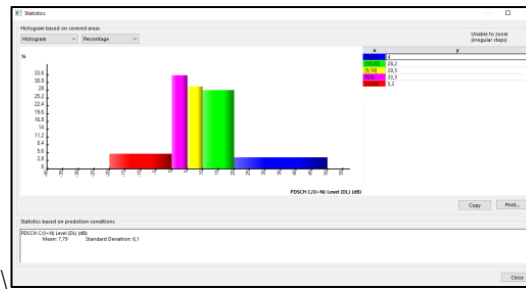
Berdasarkan simulasi perbaikan yang telah dilakukan, nilai rata-rata RSRP yang ditunjukkan oleh Gambar 17 mengalami kenaikan dari -92,31 dBm menjadi -76,66 dBm, dimana nilai tersebut sudah berada di atas standar KPI Operator X.

b. Analisis SINR Setelah Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan pada kondisi jaringan eksisting di sepanjang jalur Tol Layang, terdapat variasi warna yang menunjukkan nilai SINR setelah perbaikan pada Gambar 18 berikut.



Gambar 18 Kondisi SINR Setelah Perbaikan

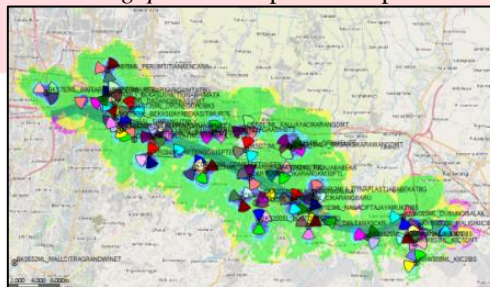


Gambar 19 Nilai SINR Setelah Perbaikan

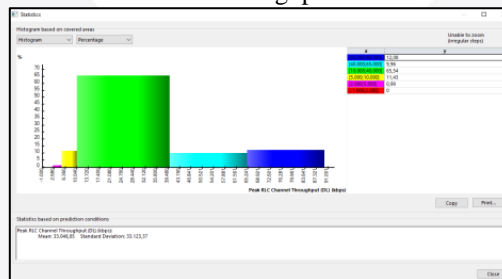
Berdasarkan simulasi perbaikan yang telah dilakukan, nilai rata-rata SINR yang ditunjukkan oleh Gambar 19 mengalami kenaikan dari 5,17 dB menjadi 7,79 dB, dimana nilai tersebut sudah berada di atas standar KPI Operator X.

c. Analisis Throughput Setelah Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan pada kondisi jaringan eksisting di sepanjang jalur Tol Layang, terdapat variasi warna yang menunjukkan nilai *throughput* setelah perbaikan pada Gambar 20 berikut



Gambar 20 Kondisi Throughput Setelah Perbaikan

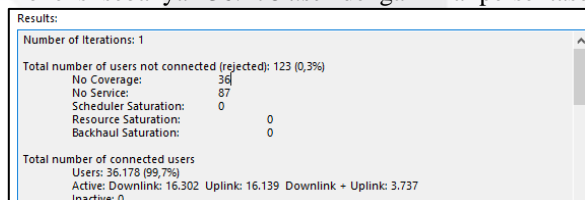


Gambar 21 Nilai Throughput Setelah Perbaikan

Berdasarkan simulasi perbaikan yang telah dilakukan, nilai rata-rata *throughput* yang ditunjukkan oleh Gambar 21 mengalami kenaikan dari 19,985 Mbps menjadi 33,048 Mbps, dimana nilai tersebut sudah berada di atas standar KPI Operator X.

d. Analisis User Connected Setelah Perbaikan

Jumlah *user* yang gagal terkoneksi dengan jaringan yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 menunjukkan banyak *user* yang gagal terkoneksi sebanyak 123 *user* dengan nilai persentase sebesar 0,3%, jumlah tersebut telah menurun jika dibandingkan dengan jumlah *user* yang tidak terkoneksi pada kondisi awal. Sedangkan banyak *user* yang berhasil terkoneksi sebanyak 36.178 *user* dengan nilai persentase sebesar 99,7%.



Gambar 21 Kondisi User Connected Sebelum Perbaikan

C. Rekapitulasi Hasil Analisis Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan dengan skenario *Physical Tuning* dan *Carrier Aggregation*, maka didapatkan komunikasi VoIP pada jaringan LTE dengan tinjauan *coverage* dan *Quality of Service* pada jalur Tol Layang Japek mengalami peningkatan performansi jika dibandingkan dengan keadaan performansi eksisting. Semua nilai parameter yang dilakukan analisis seperti nilai RSRP, SINR, *Throughput* yang telah memenuhi

target KPI serta jumlah *user* yang terkoneksi mengalami kenaikan.

Tabel 8 Kondisi Nilai Simulasi Parameter Perbaikan

Unsur Utama	KPI	Value		Keterangan
		Before	After	
Coverage	RSRP	-92,31 dBm	-76,66 dBm	Memenuhi KPI
	SINR	5,17 dB	7,79 dB	Memenuhi KPI
	User Not Connected	9,7%	0,3%	Memenuhi KPI
QoS	Throughput	19,985 Mbps	33,048 Mbps	Memenuhi KPI
	Delay	93,93 ms		Memenuhi KPI
	Jitter	40,4 ms		Memenuhi KPI
	Packet Loss	1,04%		Memenuhi KPI

Nilai parameter RSRP, SINR, *throughput*, dan *user connected* menghasilkan peningkatan performansi yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Maka dari hasil semua parameter yang dijadikan analisis dapat disimpulkan bahwa skenario *Physical Tuning* dan *Carrier Aggregation* tersebut layak untuk dijadikan saran perbaikan performansi komunikasi VoIP pada jaringan LTE di sepanjang jalur Tol Layang Japek sehingga sesuai dengan parameter KPI standar operator X. Nilai parameter *delay*, *jitter*, dan *packet loss* juga sudah memenuhi KPI. Di lain sisi, dampak positif yang diberikan *physical tuning* pada optimasi memiliki dampak negatif seperti dapat menyebabkan *PCI collision* yang menyebabkan interferensi jika terjadi kesalahalahan. Serta *carrier aggregation* juga memiliki kekurangan dari segi kebutuhan *cost* yang akan meningkat mengingat akan menggabungkan *bandwidth*.

5 Kesimpulan

Hasil perbaikan yang telah dilakukan dengan skenario *physical tuning* dan *carrier aggregation* menunjukkan perubahan dari nilai parameter RSRP, SINR, *throughput*, dan *user not connected* yang mengalami peningkatan dan sudah memenuhi standar KPI. Selain itu, parameter QoS yang dihitung berdasarkan persamaan sudah memenuhi standar KPI.

Referensi :

- [1] D. A. Nursafitri, *Perancangan Jaringan Long Term Evolution (Lte) Di Tol Jakarta-Cikampek Perancangan Jaringan Long Term Evolution (Lte) Di Tol Jakarta-Cikampek Elevated (Long Term Evolution (Lte) Network Planning in Jakarta-Cikampek Elevated Toll)*. 2020.
- [2] I. D. K. P. Ifur, P. R. Widhi, and A. G. Fattah, "4G LTE Advance For Beginner & Consultant." .
- [3] R. Nossenson, "Long-term evolution network architecture," *2009 IEEE Int. Conf. Microwaves, Commun. Antennas Electron. Syst. COMCAS 2009*, 2009, doi: 10.1109/COMCAS.2009.5385947.
- [4] ITU-T, "ITU-T Recommendation G.114," pp. 391–426, 2018, doi: 10.1201/b16540-14.
- [5] J. Salo, "Mobility Parameter Planning for 3GPP LTE : Basic Concepts and Intra-Layer Mobility," no. June. 2013.
- [6] Elnashar and Ayman, "Design, Deployment and Performance of 4G LTE Networks." India: IEEE Express, 2014.
- [7] Huawei Tech, "LTE Radio Network Capacity Dimensioning," 2013.
- [8] ZTE CORPORATION, "LTE Coverage Optimization." ZTE Confidential Proprietary, Shenzheng, 2016.
- [9] A. Fajarina, F. Imansyah, and D. Suryadi, "Pengaruh Pengaturan Physical Tunning Antenna Sectoral dalam Memaksimalkan Layanan Jaringan 4G," *Univ. Tanjungpura*, vol. 3, 2012.
- [10] "4G Americas LTE Carrier Aggregation October 2014 1," no. October, 2014.
- [11] M. T. Fauzi Hidayat, Hafidudin, AMd., S.T., M.T., Linda Meylani, S.T., "Analysis of LTE Radio Access Frequency Optimization in Bandung Area," *e-Proceeding of Engineering*. 2016.