

ANALISIS IMPLEMENTASI PERENCANAAN COVERAGE AREA LTE DENGAN MENGGUNAKAN COMBAT BTS DI ALUN-ALUN KOTA BANDUNG

ANALYSIS COVERAGE PLANNING AREA LTE WITH USING COMBAT BTS IN ALUN-ALUN BANDUNG CITY

F. Hardiyanti Taqwa¹, Nachwan Mufti Adriansyah², Uke Kurniawan Usman³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung
fdantyaqwa@student.telkomuniversity.ac.id¹, nachwanma@telkomuniversity.ac.id²,
ukeusman@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Pada suatu jaringan komunikasi biasanya akan mengalami kepadatan *traffic* atau *drop call*. Pada umumnya kepadatan *traffic* atau *drop call* terjadi pada saat keterbatasan kapasitas jaringan pada suatu tempat yang ramai, terutama di pusat kota seperti di Alun-alun Kota Bandung. Dalam menangani permasalahan yang terjadi di area Alun-alun kota Bandung akan dilakukan perencanaan *coverage area* jaringan LTE dengan *Compact Mobile* BTS atau *Combat*. *Combat* merupakan *Base Transceiver* bergerak yang dapat digunakan dengan tujuan memperluas atau memperkuat jaringan agar *user* mendapatkan sinyal walaupun di keadaan yang ramai atau padat.

Dari hasil perencanaan *coverage area*, dari hasil *drive test*, didapatkan nilai untuk parameter RSRP yaitu sebanyak 377 titik atau sebesar 33,8% dengan kategori "normal". Untuk parameter SINR didapatkan 180 titik atau sebesar 16,2% dengan kategori normal. Dan untuk nilai parameter *throughput*, didapatkan sebanyak 635 titik atau sebesar 83,9% yang dimana termasuk kategori "buruk". Untuk hasil simulasi, kondisi dilapangan ditemukan bahwa sekitar Alun-alun Bandung memiliki sebanyak 4 *site existing* dan dari hasil perhitungan perencanaan *capacity* dan *coverage planning* untuk *site additional* dibutuhkan sebanyak 3 *site*. Hasil dari simulasi Atoll didapatkan setelah penambahan *site* bahwa untuk parameter RSRP mengalami peningkatan pengoptimalisasian sebesar 30,2%, SINR sebesar 12,2% dan untuk *throughput* dengan peningkatan sebesar 30,2%.

Kata Kunci: *Coverage Area, LTE, Combat BTS, RSRP, throughput, SINR*

Abstract

On a communication network usually will experience traffic density or drop calls. In general, traffic density or drop calls occur when network capacity is limited in a crowded place, especially in the city center such as in Alun-alun Bandung City. In handling problems that occur in the area of Alun-alun Bandung City, LTE network coverage area planning will be carried out with Compact Mobile BTS or Combat. Combat is a mobile base transceiver that can be used with the aim of expanding and strengthening the network so that users get a signal.

From the results of the coverage area planning, For the value of the drive test, RSRP parameters get 377 points or 33,8% with the "normal" category. For SINR parameters it's obtained 180 points or 16,22% by "normal" category. And for throughput parameters, obtained by 635 points or by 83,9% which is in the "bad" category The results of the Atoll simulations were obtained after the increased site that for RSRP parameters was increased by 30.2%, SINR by 12,2% and for the throughput with an increase of 30.2%.

Keywords: *Coverage Area, LTE, Combat BTS, RSRP, throughput, SINR*

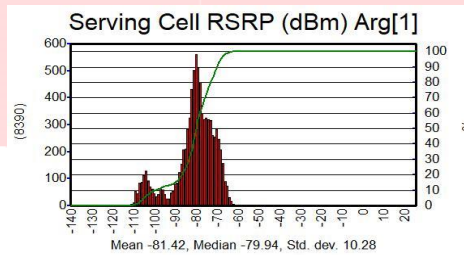
1. Pendahuluan

Alun-alun Bandung merupakan ikon pusat kota yang menjadi tempat wisata oleh banyak pengunjung, baik dari kalangan masyarakat sekitar dan dari luar Bandung. Dengan memiliki luas taman 1.200 meter persegi dan berbagai macam fasilitas yang dapat dinikmati pengunjung seperti pusat

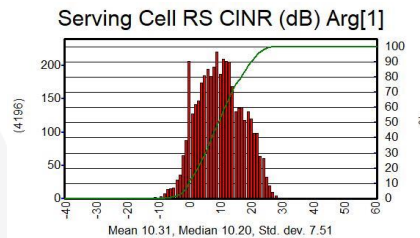
belanja dan oleh-oleh, arena bermain anak, perpustakaan dan *spot* foto yang menarik, hingga menjadi daya tarik Alun-alun Bandung ramai dikunjungi.

Dengan jumlah kepadatan pengunjung yang tak menentu maka mempengaruhi kualitas jaringan di sekitar wilayah tersebut. Dalam penelitian ini, Alun-alun Bandung menjadi objek pengoptimasian jaringan LTE yang mengakibatkan kepadatan *traffic* dengan menggunakan implementasian *Combat* BTS. *Combat* BTS merupakan jenis BTS bergerak yang digunakan untuk memperluas dan atau memperkuat jaringan agar *user* mendapatkan sinyal.

Hasil pengukuran awal di Alun-alun Bandung menunjukkan nilai rata-rata RSRP adalah -81,42 dBm yang dimana termasuk kategori “normal”. Dan untuk nilai SINR adalah 10,31 dB dengan kategori “normal”. Hasil dari pengukuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Grafik nilai RSRP saat *drive test*.

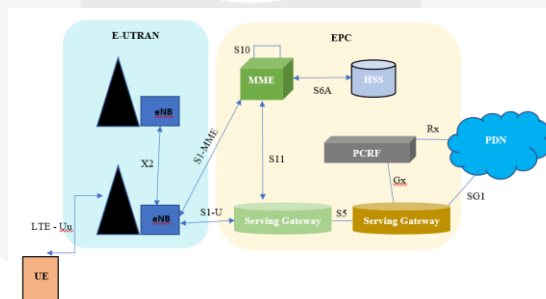


Gambar 2 Grafik nilai SINR saat *drive test*

2. Tinjauan Pustaka

2.1 LTE (Long Term Evolution)

Long Term Evolution atau LTE merupakan teknologi jaringan seluler generasi keempat (4G) yang distandarisasi oleh 3GPP (*Third Generation Partnership Project*). Peningkatan akan permintaan kebutuhan layanan yang semakin hari semakin tinggi untuk mengakses informasi dan memberikan layanan akses data yang lebih cepat daripada teknologi sebelumnya yakni teknologi generasi ketiga (3G) atau generasi kedua (2G), maka hadirlah sebuah evolusi teknologi terbaru yang dapat menjadi solusi yaitu teknologi LTE atau *Long Term Evolution* [2].



2.2 Drive Test

Drive test adalah kegiatan yang dilakukan di lokasi untuk mengumpulkan beberapa data hasil kinerja kinerja jaringan seluler. *Drive test* bertujuan untuk mengumpulkan informasi jaringan secara *real time*. Informasi yang dikumpulkan adalah status sebenarnya dari frekuensi radio (RF) di eNodeB.

Peralatan yang diperlukan untuk *drive test* termasuk laptop, perangkat lunak untuk uji *drive test* yang diinstal pada laptop (*Nemo Analyze, Teme, Probe* atau *G-Net Track*, dll.).

Fungsi dari kegiatan *drive test* sendiri yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi Radio suatu BTS.
2. Informasi *level* daya terima, kualitas sinyal, mengetahui jarak antara BTS dan MS, serta melihat proses dan kualitas *handover*.
3. Mengetahui apakah status parameter jaringan lapangan memenuhi status parameter selama tahap perencanaan.



(a)



(b)

Gambar 4. Kegiatan langsung saat *drive test* dan *Teme Pocket*.

2.3 Combat BTS

Combat BTS merupakan *Base Transceiver Station* bergerak yang didesain khusus agar dapat di mobilisasi dengan mudah. *Combat* digunakan untuk memperluas jangkauan, menambah kapasitas jaringan trafik di suatu wilayah. Dengan implementasi menggunakan *Combat* BTS yang mudah digunakan khususnya pada wilayah sampai ke pelosok yang membutuhkan ketersediaan jaringan dan membutuhkan kualitas jaringan yang baik.



Gambar 5. *Combat* atau Mini BTS

Combat BTS sering digunakan pada suatu daerah yang mengalami bencana alam hingga terjadi kerusakan sehingga dibutuhkan *Combat* BTS untuk mendapatkan kualitas jaringan yang baik. Berikut untuk spesifikasi dari *Combat* BTS dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi *Combat* BTS

Spesification	Information
Gain	12-18 dBm
Frequency	1800 MHz
VSWR	2.0
Pole Height	15 Meters
Pole Material	Aluminium Alloy Hylomast
Pole Type	Round Type
Pole Operational	Guy Wire
BTS Weight	600 Kg
Dimension BTS	700 x 800 x 500
Wheel	Ring 14 Dunlop
Genset	Capacity 6.5 KVA 1 Phase

2.4 Coverage Planning

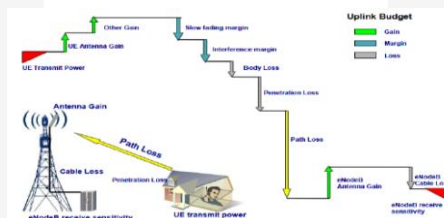
Coverage planning adalah langkah dari perencanaan jaringan dari spesifikasi peralatan dan parameter *input* jaringan secara teknik yaitu dengan mempertimbangkan daya pancar, daya terima, *path loss*, sensitifitas alat, dan lain-lain [3]. Proses ini juga memperhitungkan redaman sinyal yang terjadi sepanjang jalur propagasi sinyal arah *uplink* dan *downlink*. Dengan menggunakan model propagasi yang sesuai, maka akurasi hasil perhitungan akan lebih akurat.

2.4.1 Perhitungan MAPL

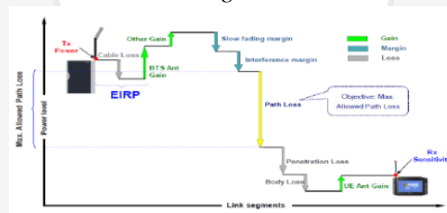
Untuk melakukan *Coverage planning*, langkah pertama yang dapat dilakukan adalah menghitung MAPL atau *Maximum Allowable Path Loss* pada arah *downlink* dan *uplink* untuk menentukan perhitungan redaman propagasi yang dapat ditolerir. Berikut adalah rumus persamaan MAPL untuk arah *downlink* dan *uplink* dapat dilihat sebagai berikut:

$$MAPL_{UL} = UETxP + G_{UE} - BL + GeNB - FL + TMAIL - RS_{UE} - PL - FM - IM \quad (2.1)$$

$$MAPL_{DL} = eNBTxP + G_{UE} + BL + GeNB - FL - BL + TMAIL - RS_{UE} - PL - FM - IM \quad (1)$$



Gambar 6. Ilustrasi *Link Budget* untuk Arah *Downlink* [6].



Gambar 7. Ilustrasi *Link Budget* untuk Arah *Uplink* [6].

2.4.2 Model Propagasi Cost-231

Model propagasi Cost-231 merupakan pengembangan model dari Okumura-Hatta yang diperluas dan disempurnakan. Rentang frekuensi yang dimiliki f_c antara 150Mhz-2000 Mhz [7]. Untuk mendapatkan jumlah *site* yang dibutuhkan, maka dapat dilihat persamaan yang digunakan berikut ini.

$$PL = 46,33 + (33,9 \log f) - (13,82 \log h b) - a(h m) + [44,9 - (6,55 \log h b)] \log d + C_m \quad (2)$$

Untuk area urban :

$$(h m) = 3,2x[\log(11,75xh m)]^2 - 4,97 \quad (3)$$

$$Cm = 3 \text{ dB}$$

Untuk area suburban dan rural :

$$(h \text{ m}) = [1,1 \log(f) - 0,7]h \text{ m} - [1,56 \log(f) - 0,8] \quad (4)$$

$$Cm = 0 \text{ dB}$$

2.4.3 Perhitungan Jumlah Cell

Untuk jumlah sel yang dibutuhkan dengan membagi luas daerah perancangan dengan luas *coverage* sel dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sum Cell = \frac{Luas_{dp}}{Luas_{cs}} \quad (5)$$

Keterangan :

$\sum Cell$: Jumlah sel LTE
 $Luas_{dp}$: Luas daerah perancangan
 $Luas_{cs}$: Luas *coverage* sel

2.5 Capacity Planning

Capacity planning bertujuan untuk memperkirakan jumlah pelanggan yang dapat dijangkau dalam satu sel. Perencanaan ini juga menentukan jumlah *eNodeB* kualitas layanan yang harus diperhatikan untuk diberikan kepada *user*, misalnya *throughput*. Sistem LTE yang menerapkan konsep *multicarrier*, tentunya mempunyai kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan teknologi sebelumnya [8]. Untuk perencanaan *capacity planning*, beberapa perhitungan yang harus dilakukan dengan persamaan diantara lain adalah:

2.5.1 Perhitungan Estimasi user

Perhitungan estimasi *user* bertujuan untuk memperkirakan jumlah *user* yang dapat ditampung pada suatu area. Untuk penelitian ini dilakukan di Alun-alun Bandung yang terletak di wilayah kota besar dengan kondisi area diluar ruangan (*outdoor*) dengan pengunjung yang ramai dan pengguna jalan yang padat, dengan kondisi seperti ini maka dilakukan perencanaan kapasitas jaringan guna memenuhi kebutuhan trafik. Berikut persamaan untuk menghitung jumlah estimasi *user*.

$$Pn = Po (1 + Gf)^n \quad (6)$$

Keterangan:

n = number of forecasting years

Po = current population

GF = growth factor

2.5.2 Single User Throughput

Single User Throughput atau SUT adalah jumlah *throughput* yang dibutuhkan untuk setiap layanan. Untuk nilai *throughput* berdasarkan dari per *session*, trafik model, dan *peak to average ratio* maka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SUT = \sum \frac{[(\frac{Throughput}{Session})_{BHSA} \times Penetration \text{ rasion} \times (1+Peak \text{ to average ratio})]}{3600} \quad (7)$$

Keterangan :

Throughput/session (Kbit) : Banyaknya data yang diterima

Penetration ratio (h) : *Proportion of service type*

Trafik 3600 (%) : 1 jam (3600 detik)

BHSA (Kb) : *Busy Hour Service Attempt*

Peak to average ratio : Antisipasi lonjakan

2.5.3 Network Throughput

Setelah mendapatkan SUT, *network throughput* dapat dihitung. *Network throughput* merupakan kebutuhan *throughput* yang disediakan oleh layanan jaringan untuk dapat melayani banyaknya target *user*.

$$\text{Network Throughput (kbps)} = \text{Total user target} \times \text{SUT} \quad (8)$$

Pada perhitungan total *Network Throughput* hasil perhitungan yang didapatkan adalah *throughput* pada *layer* MAC. Oleh karena itu, hasil dari *network throughput* tersebut harus dikonversi menjadi *throughput* pada *layer* IP dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Network Throughput (IP)} = \frac{\text{Network Throughput (MAC)}}{98.4\%} \quad (9)$$

2.5.4 Cell Average Throughput

Pada perhitungan *Cell Average Throughput*, persamaan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Cell Average Throughput (MAC)} = \sum \text{SINR Prob} \times \text{DL, UL Avg Throughput} \quad (10)$$

2.5.5 Jumlah Cell

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari *single site capacity*, jumlah *cell* dapat dihitung yang dimana langkah ini dibutuhkan untuk *capacity planning*.

$$\text{Jumlah cell} = \frac{\text{UL or DL Network Throughput}}{\text{UL or DL Cell Average Throughput}} \quad (11)$$

2.6 Parameter Performansi LTE

Untuk melakukan optimasi, terdapat beberapa parameter yang harus dipertimbangkan, berikut parameter tersebut adalah :

2.6.1 RSRP (Reference Signal Received Power)

RSRP didefinisikan sebagai rata-rata linear daya yang didistribusikan pada elemen sumber daya yang membawa informasi sinyal referensi dalam rentang frekuensi bandwidth yang digunakan. RSRP sangat dipengaruhi oleh daya pancar sel, *path loss* dan *fading* [9].

Tabel 2 KPI RSRP operator Telkomsel. [4]

Range Nilai (dBm)	Kategori
≥ -85	Very Good
-85 s/d -92	Good
-92 s/d -102	Normal
-102 s/d -120	Bad

2.6.2 SINR (Signal to Interference Noise Ratio)

SINR merupakan rasio yang antara daya rata-rata isyarat yang diterima dengan interferensi dan derau. Nilai SINR dihitung dari RSRP sel *-serving* dan dari interferensi sel [9]. Pada tabel 2.3 berikut adalah nilai standar dari parameter SINR dari *provider* Telkomsel.

Tabel 3 KPI SINR operator Telkomsel. [4]

Level (dB)	Keterangan
$10 \leq \text{SINR} \leq 30$	Very Good
$3 \leq \text{SINR} \leq 10$	Good
$0 \leq \text{SINR} < 3$	Normal
$-20 \leq \text{SINR} < 3$	Bad

2.6.3 Throughput

Throughput adalah merupakan ukuran sebuah laju bit data transfer aktual selama jangka waktu tertentu. Pada jaringan LTE, throughput adalah ukuran bit rate transmisi data aktual dalam periode waktu tertentu. Parameter ini merupakan parameter yang dapat dirasakan langsung oleh pengguna, sehingga parameter ini akan mempengaruhi kepuasan pengguna. Besarnya throughput ini dipengaruhi oleh packet loss.

$$Throughput = Prx / time \tag{12}$$

Prx : Jumlah paket yang diterima

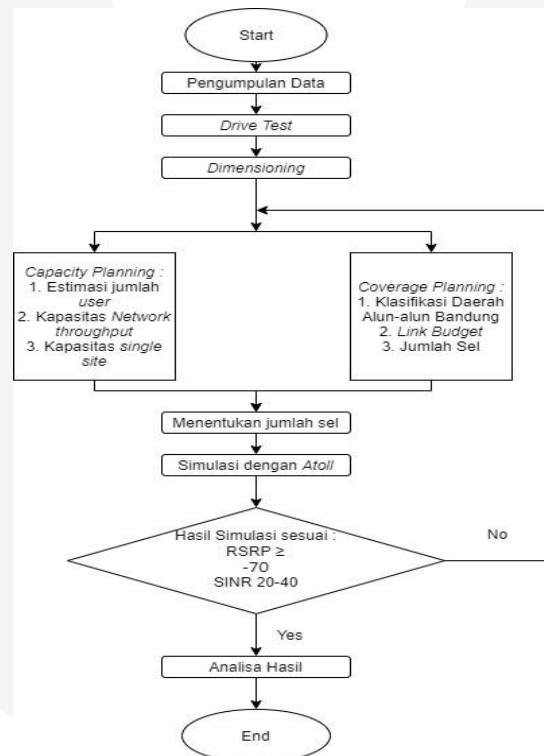
Time : Durasi pengiriman paket

Tabel 4. KPI Throughput.

Level (kbps)	Keterangan
≥ 12.000	Very Good
$7.200 \leq to < 12.000$	Good
$1.500 \leq to < 7.200$	Normal
< 1500	Bad

3. Perancangan Sistem

3.1 Diagram Alir



Gambar 8. Diagram Alir Optimasi Jaringan LTE di Alun-alun Bandung.

3.2 Pengumpulan Data dan Skema Penerapan

Untuk langkah selanjutnya yaitu pengumpulan data dengan melakukan drive test, dengan tujuan mengumpulkan data berupa pengukuran performansi dari suatu jaringan, yang akan dilakukan selanjutnya yaitu membandingkan dengan pengukuran kualitas jaringan sebelum menggunakan Combat BTS dan dengan pengukuran kualitas jaringan setelah menggunakan Combat BTS..

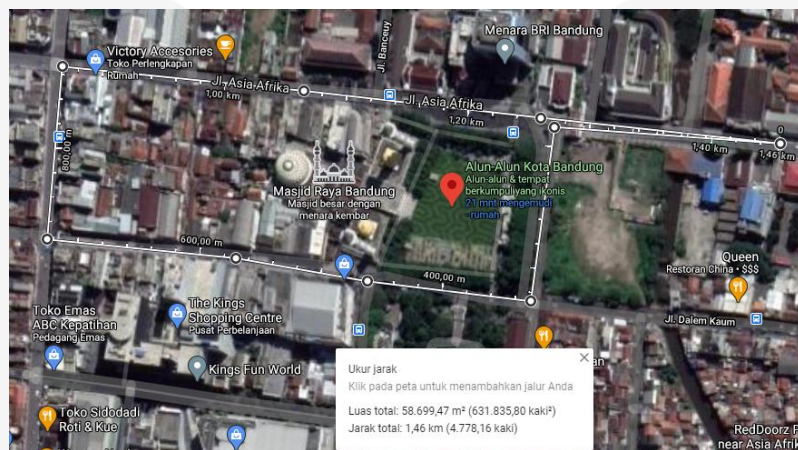
Hasil dari kegiatan *drive test* dianalisis kembali untuk mengetahui kualitas daya sinyal yang ada di lapangan perencanaan dengan melakukan pengecekan dengan standar nilai KPI. Bila sinyal memenuhi target yaitu nilai RSRP lebih besar atau sama dengan -91 dBm, SINR lebih besar sama atau sama dengan 16 dB, dan untuk nilai *throughput* lebih besar atau sama dengan 2 Mbps, maka dalam kondisi tersebut sinyal termasuk kategori baik dan tidak perlu melakukan perencanaan. Dan sebaliknya bila sinyal tidak memenuhi nilai standar KPI maka jaringan seluler di lapangan dalam keadaan buruk dan memerlukan optimasi.

Untuk langkah pengoptimasian pada perencanaan ini, dilakukan penerapan implementasi yaitu dengan menggunakan *Combat BTS* di Alun-alun Bandung. Setelah dilakukan optimasi dengan penerapan *Combat BTS*, hasil yang didapatkan kemudian dicocokkan dengan standar nilai KPI. Apabila hasil yang dihasilkan sesuai dengan standar nilai KPI, kemudian masuk ke tahap selanjutnya yaitu melakukan analisis apakah penerapan pengimplementasian yang dipilih layak atau tidak. Jika nilai tidak sesuai dengan standar nilai KPI, maka perlu melakukan simulasi ulang.

3.3 Denah / Jalur Alun-alun Bandung

Tahapan yang dilakukan dalam perencanaan jaringan LTE yaitu *survey* lokasi untuk kegiatan *drive test*. *Survey* yang dilakukan adalah mengetahui informasi-informasi seperti luas wilayah, tingkat kepadatan penduduk/*user*, serta mengetahui kualitas jaringan LTE di wilayah tersebut.

Pada perencanaan ini yang menjadi objek penelitian yaitu Alun-alun Bandung. Alun-alun Bandung adalah salah satu ikon objek wisata yang ramai dikunjungi oleh penduduk Jawa Barat, lebih tepatnya di kota Bandung. Untuk kasus yang dilakukan pada penelitian ini adalah apakah di lokasi tersebut memiliki jaringan yang optimal walaupun pada saat kondisi sedang ramai. Jika terdapat suatu titik daerah maka dilakukan simulasi pengoptimasian di titik lokasi tersebut.

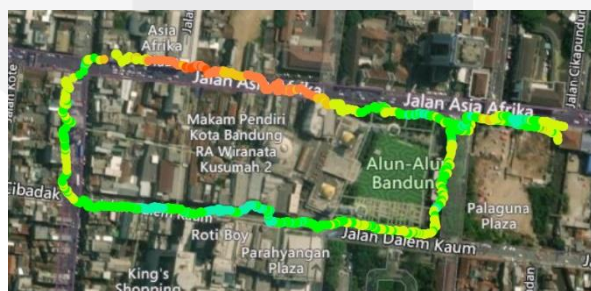


Gambar 9. Denah / Jalur perencanaan *drive test* di Alun-alun Bandung.

3.3.1 Nilai Parameter LTE saat *drive test*

3.3.2 RSRP saat *drive test*

Untuk hasil yang didapatkan dari *drive test* ditemukan bahwa kondisi sinyal yang didapatkan berada di kondisi sinyal yang stabil berdasarkan parameter RSRP. Gambar 10 menampilkan hasil *drive test* untuk parameter RSRP.



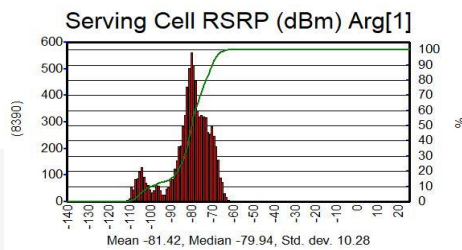
Gambar 10. Hasil *drive test* parameter RSRP Alun-alun Bandung.

Pada gambar 10, berbagai warna dibedakan berdasarkan jumlah daya sinyal yang diterima. Informasi warna-warna tersebut dapat dilihat pada tabel 5 yang telah dikategorikan menurut standar nilai KPI.

Tabel 5. Nilai KPI untuk RSRP pada saat *drive test*.

Range Nilai (dBm)	Kategori	Warna
≥ -85	Good	Green
-85 s/d -92	Normal	Yellow
-92 s/d -102	Bad	Orange
-102 s/d -120	Very bad	Red

Pada saat kegiatan *drive test* dilakukan di Alun-alun Bandung terdapat bahwa dari 1.114 poin atau titik yang dilakukan pada tes pengujian kinerja sinyal, ditemukan bahwa kondisi yang paling banyak adalah normal yaitu 377 titik atau sekitar 33,8%. Selain itu, terdapat sebanyak 103 titik yang nilainya lebih kecil dari -100 dBm dan termasuk kategori *Bad*. Nilai rata-rata (*mean*) RSRP untuk hasil *drive test* dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik nilai RSRP pada saat *drive test*.

Pada gambar 11 grafik untuk parameter RSRP menunjukkan nilai dari RSRP yang sedang berlangsung dan menunjukkan nilai RSRP berada di titik buruk, sedangkan parameter sebelah kanan menunjukkan keseluruhan dari *drive test*. Dari gambar 3.4 diketahui bahwa hasil nilai rata-rata (*mean*) RSRP yang didapatkan dari *drive test* adalah -81,42 dBm yang dimana termasuk kategori normal pada standar KPI. Selain itu, untuk nilai tengah (*median*) adalah -79,94 dBm.

3.3.3 SINR saat *drive test*

Untuk parameter SINR, dapat dilihat pada gambar persebaran nilai berikut



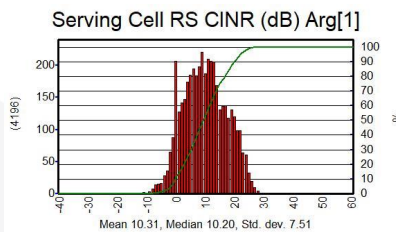
Gambar 12. Hasil *drive test* parameter SINR Alun-alun Bandung.

Pada gambar 12 terdapat titik-titik dengan berbagai macam warna dengan nilai yang bervariasi tergantung dari nilai kuat sinyal yang berbanding jumlah *noise* dan interferensi. Untuk keterangan pada tiap warna persebaran tersebut dapat dilihat pada tabel 6 berdasarkan standar nilai KPI.

Tabel 6. Nilai KPI untuk SINR pada saat *drive test*.

Range Nilai (dB)	Kategori	Warna
$10 \leq \text{SINR} \leq 30$	<i>Very Good</i>	Green
$3 \leq \text{SINR} \leq 10$	<i>Good</i>	Light Green
$0 \leq \text{SINR} < 3$	<i>Normal</i>	Yellow
$-20 \leq \text{SINR} < 0$	<i>Bad</i>	Red

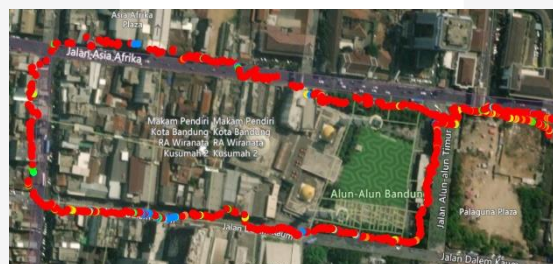
Untuk hasil *drive test* pada parameter SINR menunjukkan bahwa sebanyak 1.110 titik yang dimana kondisi paling umum ditemukan adalah kategori *Good*. Untuk kategori *normal* terdapat sebanyak 180 titik atau 16,2%, dan untuk kategori *bad* tidak ditemukan pada saat kegiatan *drive test*. Pada parameter SINR dapat dilihat bahwa kondisi di Alun-alun Bandung sudah mencapai standar nilai KPI yang artinya telah ter *coverage* dengan baik. Nilai rata-rata (*mean*) dan nilai tengah (*median*) dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik nilai SINR pada saat *drive test*.

3.3.4 *Throughput* saat *drive test*

Berikut peta persebaran nilai untuk parameter *throughput* pada gambar 13.



Gambar 13. Hasil *drive test* parameter *throughput* Alun-alun Bandung.

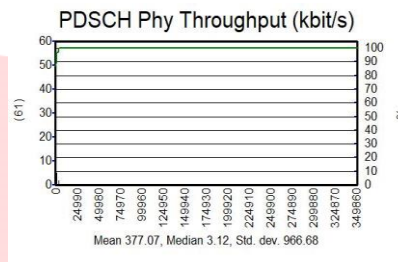
Hasil *drive test* untuk parameter *throughput* terlihat pada gambar 13 bahwa pada jalur yang dilewati memiliki banyak titik yang berwarna merah, yang dimana nilai *throughput* yang dimiliki bernilai sangat buruk. Keterangan tiap warna dan *range* nilai dapat dilihat pada table 7.

Tabel 7. Nilai KPI untuk *throughput* pada saat *drive test*.

Range nilai (kbps)	Kategori	Warna
≥ 12.000	<i>Excellent</i>	Dark Blue
$7.200 \leq \text{to} < 12.000$	<i>Good</i>	Green
$1.500 \leq \text{to} < 7.200$	<i>Normal</i>	Yellow
< 1500	<i>Bad</i>	Red

Hasil *drive test* untuk parameter *throughput* menunjukkan kondisi paling banyak ditemui adalah kategori *bad* atau buruk yang dimana terdapat 635 titik atau sebesar 83,9% yang berarti standar nilai KPI

tidak mencapai kurang dari 0,5 Mbps. Untuk grafik hasil *drive test* parameter *throughput* dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Grafik nilai *throughput* pada saat *drive test*.

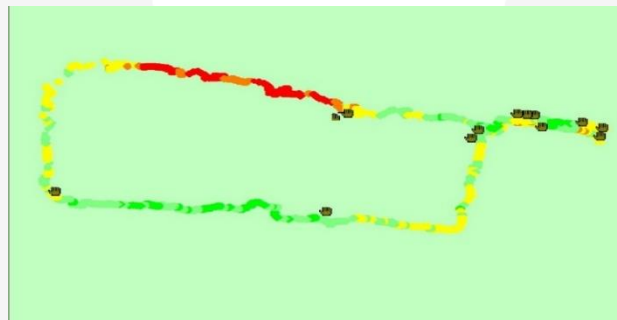
Dari grafik terlihat bahwa nilai rata-rata (*mean*) sebesar 377,07 kbps yang berarti dimana nilainya sangat jauh dari target standar nilai KPI.

3.4 LTE Radio Network Failure

3.4.1 Handover

Handover adalah kegagalan yang terjadi karena kanal yang sedang melayani (*-serving*) mengalami penurunan kualitas [20]. Akibat proses perpindahan *user* dari suatu kanal pelayanan ke kanal yang lain tanpa adanya pemutusan hubungan.

Dari hasil kegiatan *drive test* terdapat beberapa *handover* yang terjadi dari 1.114 titik sebanyak 13 kali (sekitar 1.1%). *Handover* dapat dilihat dengan symbol pada Gambar 15 persebaran peta berikut.



Gambar 15 Peta persebaran *handover* yang terjadi.

Dari gambar 15 dapat dilihat bahwa terjadinya *handover* di titik awal *drive test* di parkir pertama tepat depan Museum Konferensi Asia Afrika sebanyak dua kali. Antara pintu masuk parkir dan Jl. Asia Afrika terjadi sebanyak satu kali. Pada saat melewati trotoar di Jl. Asia Afrika, terjadi lagi sebanyak empat kali dan saat menyebrangi dari Jl. Asia Afrika ke Jl. Alun-alun Timur terjadi sebanyak dua kali. Pada Jl. Dalem Kaum terjadi *handover* sebanyak satu kali. Diantara Jl. Dalem Kaum menuju Jl. Otto Iskandar terjadi lagi sebanyak satu kali. Dan pada saat kembali menuju titik pertama *drive test* di Jl. Asia Afrika *handover* terjadi lagi sebanyak dua kali.

Pada tabel 7, dapat dilihat *site* yang sedang melayani dan terjadinya *handover* berikut dibawah ini.

Tabel 7 Site *Serving* terjadi nya *handover*.

No.	Site <i>Serving</i>	RSRP	Keterangan
1	BDG319ML_PLAZAPARAHYANGAN	-97,9 dBm	Buruk
2	BDG655ML_BALONGGEDE	-99,4 dBm	Buruk

3.5 Capacity Planning

3.5.1 Perhitungan Banyak User

Untuk kapasitas *user* pada Alun-alun Bandung dihitung berdasarkan perkiraan pengunjung yang datang pada tiap parkir mobil dan motor yang tersedia di sekitar Alun-alun Bandung. Dengan perhitungan estimasi *user* diasumsikan bahwa *user* di wilayah tersebut menggunakan operator Telkomsel. Berikut ini tabel 8 menunjukkan data hasil *survey* wilayah Alun-alun Bandung.

Tabel 8 Data wilayah *survey* lokasi.

Data Wilayah Survey Lokasi		
Po (Penduduk Total)	1000	<i>user</i>
Luas Wilayah	58.6	Km ²
<i>Growth Factor</i>	-4.75%	Persen
<i>Bandwidth</i>	22.5	MHz
<i>Market Share</i>	59.2%	Berdasarkan <i>provider</i> Telkomsel
LTE <i>Penetration</i>	30%	Berdasarkan <i>provider</i> Telkomsel

Berdasarkan data yang didapatkan dari tabel 8, langkah selanjutnya adalah melakukan proses perhitungan prediksi jumlah penduduk beberapa tahun kedepan dengan rata-rata usia produktif. Untuk perhitungan ini, estimasi Penduduk total (Po) di asumsikan sebanyak 1000 *user* pada perencanaan di Alun-alun Bandung. Berikut hasil perhitungan yaitu :

$$\begin{aligned} P_n &= 1000 (1 + (-4.75\%))^1 \\ &= 953 \text{ jiwa (tahun 2019)} \end{aligned}$$

Forecasting 5 tahun ke depan (2019 s.d. 2024) :

$$\begin{aligned} P_n &= 953 (1 + (-4.75\%))^5 \\ &= 747 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Usia Produktif (15 s.d. 64 tahun) = 9163 jiwa.

Forecasting usia produktif (2016 s.d. 2024) :

$$\begin{aligned} P_n &= 6.617 (1 + (-4.75\%))^8 \\ &= 4.483 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Market Share} &= 4.483 \times 59\% \\ &= 2.654 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LTE Penetration} &= 2.653 \times 30\% \\ &= 796 \end{aligned}$$

Dari analisis perhitungan diatas, dapat diprediksi bahwa jumlah penduduk sekitar Alun-alun Bandung tahun 2019 sebanyak 953 jiwa, hingga tahun 2024 mencapai sekitar 747 jiwa. Dan untuk usia produktif penduduk sekitar 4.483 jiwa. Selain itu, hasil dari *market share* di wilayah tersebut diperoleh sebesar 2.654 dan LTE *Penetration* 796.

3.6 Coverage Planning

3.6.1 Perhitungan MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*)

Maximum Allowable Path Loss merupakan nilai untuk mengetahui maksimal pelemahan sinyal yang masih diperbolehkan antara *eNodeB* dan UE. Nilai MAPL dapat dicari dengan terlebih dahulu mengumpulkan data parameter *link budget* yang diinginkan pada tabel 9 berikut.

Tabel 9 MAPL *uplink*.

Transmitter	Value	Calculation
eNb TX power (dBm)	36	A
eNb Gain (dBi)	18	B
Feeder loss (dB)	3	C
EIRP (dBm)	51	D = A+B-C
Receiver	Value	Calculation
UE Noise Figure (dB)	7	E
Thermal Noise (dBm)	-100.97	F=k*T*B
SINR (dB)	-5	G
Receiver Sensitivity (dBm)	-98.97	H=E+F+G
Interference Margin (dB)	6	I
Fading Margin (dB)	5	J
Penetration Loss (dB)	12	K
Body Loss (dB)	0	L
UE Gain (dBi)	0	M
MAPL	126.97	N=D-H-I-J-K-L+M

Tabel 10 MAPL *uplink*.

Transmitter	Value	Calculation
UE TX power (dBm)	24	A
UE Gain (dBi)	0	B
Body Loss (dB)	0	C
EIRP (dBm)	24	D=A+B-C
Receiver	Value	Calculation
eNb Noise Figure (dB)	2.2	E
Thermal Noise (dBm)	-100.97	F=k*T*B
SINR (dB)	-9	G
Receiver Sensitivity (dBm)	-107.77	H=E+F+G
Interference Margin (dB)	3	I
Fading Margin (dB)	3	J
Penetration Loss (dB)	12	K
Feeder Loss (dB)	1	L
eNb Gain (dBi)	18	M
MAPL	130.77	O=D-H-I-J-K-L+M

Berdasarkan hasil perhitungan dari tabel 3.10 dan 3.11, diperoleh nilai MAPL *downlink* adalah 126,97 dan *uplink* 130,77.

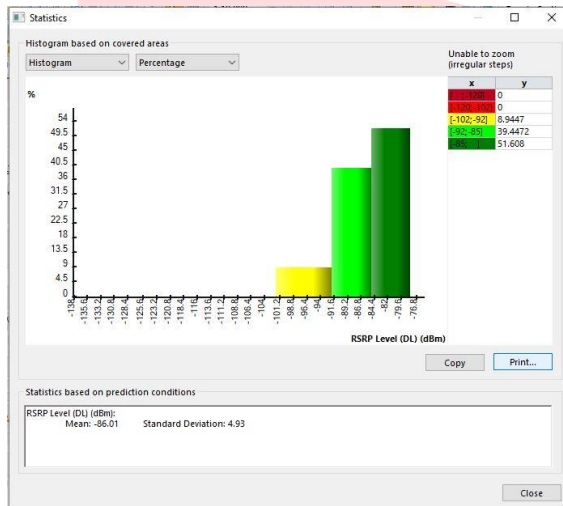
4. Hasil Simulasi

4.1 Parameter RSRP

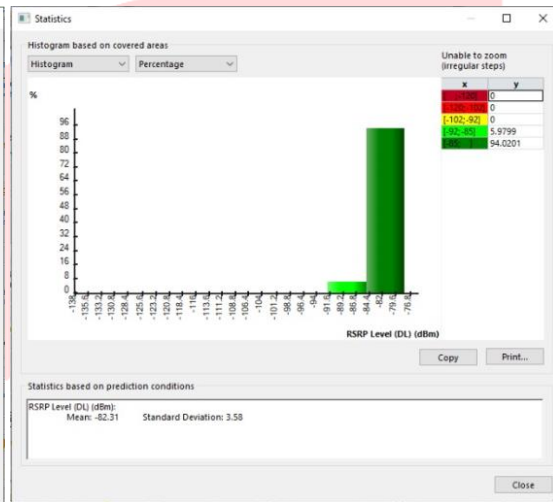


Gambar 16 *Before* dan *after* untuk parameter RSRP pada Atoll.

Pada gambar 16, dilihat pada gambar simulasi Atoll dalam kondisi sebelum terdapat *site existing* sebanyak 4 *site* di wilayah sekitar Alun-alun Bandung sebelum ditambahkan *site combat* dan pada gambar kondisi *after* merupakan kondisi setelah penambahan *site combat* sebanyak 3 *site*.



Gambar 17 Grafik histogram RSRP *before*.



Gambar 18 Grafik histogram RSRP *after*.

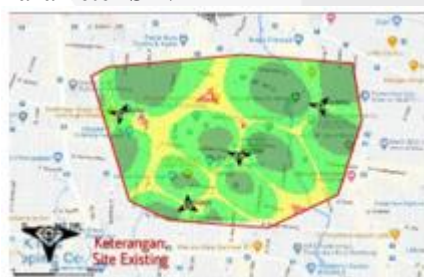
Pada gambar 17, dapat dilihat bahwa nilai dalam bentuk grafik di wilayah Alun-alun Bandung sebelum optimasi dengan *mean* -86,01 dBm dengan kategori “normal”. Untuk gambar 18 dapat dilihat bahwa nilai dalam bentuk grafik di wilayah Alun-alun Bandung sebelum dan sesudah dilakukan optimasi. Terlihat bahwa saat melakukan *site additional* dengan pengimplementasian *site* sebagai *Combat* BTS di Atoll terjadi peningkatan yaitu dengan nilai rata-rata (*mean*) sebesar -82.3 dBm. Untuk perubahan nilai optimasi berdasarkan standar nilai KPI parameter RSRP dapat dilihat pada tabel 11 berikut.

Tabel 11 Perubahan persentase nilai optimasi RSRP Alun-alun Bandung.

Kondisi (dBm)	≥ -85	-85 s/d -92	-92 s/d -102	-102s/d-120
<i>Before</i>	27,0%	42,7%	30,2%	0%
<i>After</i>	94,0%	5,97%	0%	0%

Dari tabel 11, persentasi simulasi dari dua kondisi berdasarkan standar nilai KPI untuk parameter RSRP dengan *provider* Telkomsel. Terlihat pada tabel kondisi untuk *before* memiliki persentase sebesar 69,7%. Sedangkan untuk kondisi *after* memiliki persentase sebesar 99,9%. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa parameter RSRP setelah optimasi mengalami peningkatan sebesar 30,2%.

4.2 Parameter SINR



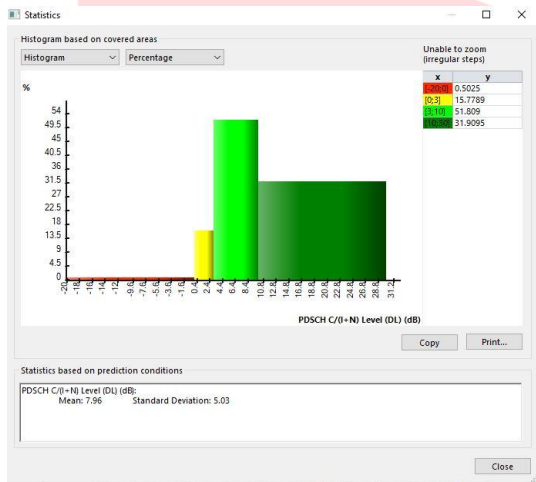
(a) *Before*



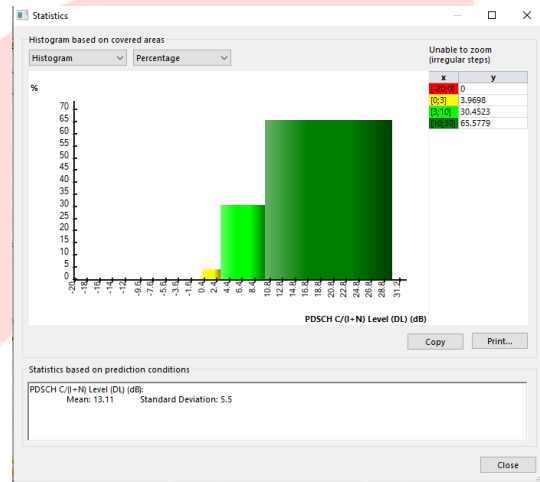
(b) *After*

Gambar 19 Before dan after SINR pada Atoll.

Pada gambar 19, dilihat pada gambar simulasi Atoll dalam kondisi sebelum terdapat *site existing* sebanyak 4 *site* di wilayah sekitar Alun-alun Bandung sebelum ditambahkan *site combat* dan pada gambar kondisi *after* merupakan kondisi setelah penambahan *site combat* sebanyak 3 *site*.



Gambar 20 Grafik histogram SINR *before*.



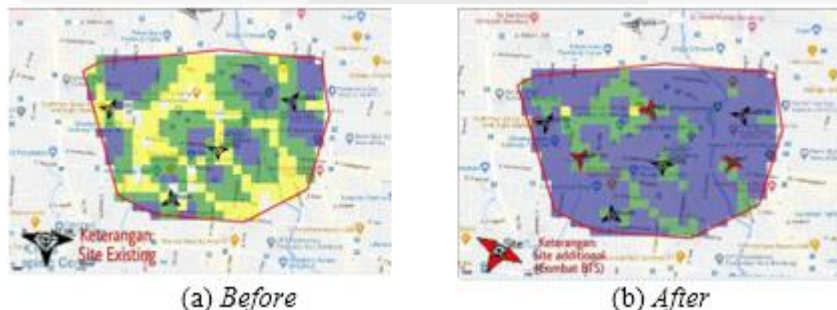
Gambar 21 Grafik histogram SINR *after*.

Pada gambar 20 menunjukkan nilai dalam bentuk grafik di wilayah Alun-alun Bandung sebelum optimasi dengan *mean* 7,96 dB dengan kategori “*good*”. Untuk gambar 21 menunjukkan bahwa nilai dalam bentuk grafik di wilayah Alun-alun Bandung ssesudah dilakukan optimasi. Terlihat bahwa saat melakukan *site additional* dengan pengimplementasian *site* sebagai *Combat* BTS di Atoll terjadi peningkatan yaitu dengan nilai rata-rata (*mean*) sebesar 13.11 dB. Untuk perubahan nilai optimasi berdasarkan standar nilai KPI parameter SINR dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 12 Perubahan persentase nilai optimasi SINR Alun-alun Bandung.

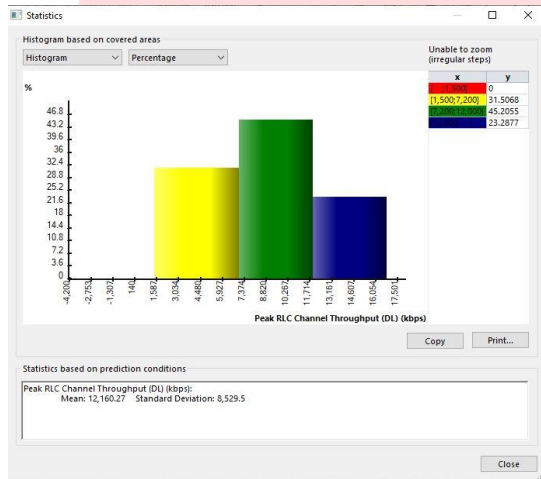
Kondisi (dB)	$10 \leq \text{SINR} \leq 30$	$3 \leq \text{SINR} \leq 10$	$0 \leq \text{SINR} < 3$	$-20 \leq \text{SINR} < 3$
<i>Before</i>	31,9%	51,8%	15,7%	0,5%
<i>After</i>	65,5%	30,4%	3,9%	0%

4.3 Parameter *throughput*

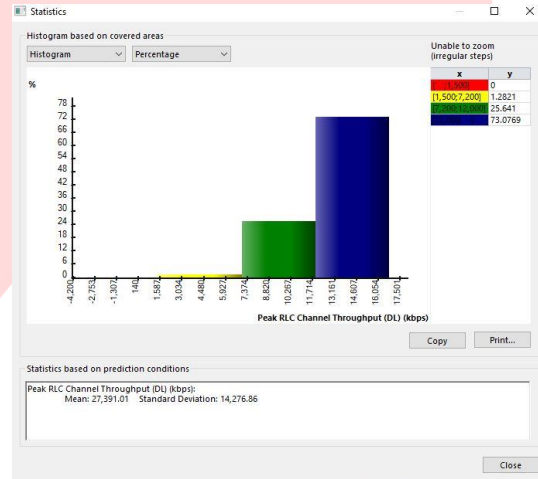


Gambar 22 Before dan after *throughput* pada Atoll.

Pada gambar 22, dilihat pada gambar simulasi Atoll dalam kondisi sebelum terdapat *site existing* sebanyak 4 *site* di wilayah sekitar Alun-alun Bandung sebelum ditambahkan *site combat* dan pada gambar kondisi *after* merupakan kondisi setelah penambahan *site combat* sebanyak 3 *site*.



Gambar 23 Grafik histogram *before throughput*.



Gambar 24 Grafik histogram *after throughput*.

Pada gambar 23 menunjukkan nilai dalam bentuk grafik di wilayah Alun-alun Bandung sebelum optimasi dengan *mean* 12,160 kbps dengan kategori “*good*”. Untuk gambar 24 menunjukkan bahwa nilai dalam bentuk grafik di wilayah Alun-alun Bandung sesudah dilakukan optimasi. Terlihat bahwa saat melakukan *site additional* dengan pengimplementasian *site* sebagai *Combat* BTS di Atoll terjadi peningkatan yaitu dengan nilai rata-rata (*mean*) sebesar 27,23 kbps yang dimana termasuk kategori “sangat baik” diatas dari nilai KPI. Untuk perubahan persentase sebelum dan sesudah optimasi berdasarkan nilai parameter *throughput* dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 13 Perubahan persentase nilai optimasi *throughput* Alun-alun Bandung.

Kondisi (kbps)	≥ 12.000	$7.200 \leq \text{throughput} < 12.00$	$1.500 \leq \text{throughput} < 7.200$
<i>Before</i>	23,2%	45,2%	31,5%
<i>After</i>	73,0%	25,6%	1,2%

Pada tabel 13, menunjukkan hasil persentase simulasi dari dua kondisi berdasarkan standar KPI parameter *throughput* dengan provider Telkomsel. Terlihat pada tabel kondisi untuk *before* memiliki persentase sebesar 68,4% . Sedangkan untuk kondisi *after* memiliki persentase sebesar 98,6%. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa parameter *Throughput* setelah optimasi mengalami peningkatan sebesar 30,2%.

Selain penambahan 3 site, ada beberapa hal yang bisa dilakukan untuk meningkatkan nilai performansi yaitu melakukan pemantauan performansi dan kualitas selular berbasis GSM dengan kegiatan *Drive Test*. *Drive Test* dapat dilakukan secara rutin untuk mengetahui kualitas suara (*RX Voice Quality*), kualitas tingkat penerimaan daya (*Service Coverage*), tingkat terjadinya *Drop Call*, tingkat keberhasilan *Handover*, dan lain-lain. [10].

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pengimplementasian *Combat* BTS untuk wilayah Alun-alun Bandung, terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengimplementasian *Combat* BTS memungkinkan bahwa perencanaan ini bisa dilakukan saat sebelum melakukan proyek besar yaitu membangun *Tower* BTS pada suatu wilayah, agar dengan menggunakan *Combat* BTS bisa digunakan sebagai uji coba menentukan lokasi yang tepat untuk membangun BTS yang *permanent*.
2. Hasil *drive test* yang dilakukan pada wilayah Alun-alun Bandung, didapatkan nilai parameter RSRP dengan *mean* -81,42 dBm dan *median* sebesar -79,94 dBm.
3. Hasil *drive test* yang dilakukan pada wilayah Alun-alun Bandung, didapatkan nilai parameter SINR dengan *mean* 10,31 dB dan *median* sebesar 10,20 dB.
4. Hasil *drive test* yang dilakukan pada wilayah Alun-alun Bandung, didapatkan nilai parameter *throughput* dengan *mean* 377,07 kbps yang dimana nilai tersebut sangat jauh dari target standar nilai KPI.
5. Untuk *site existing* terdapat sebanyak 4 site dan untuk *site additional* dibutuhkan sebanyak 3 *site* yang dimana sebagai *site Combat* BTS pada simulasi Atoll. Dan hasil dari penambahan *site* terdapat peningkatan pengoptimasian yang dimana untuk nilai RSRP sebesar 30,2%, SINR 12,2% dan *throughput* sebesar 30,2%.

6. Referensi

- [1] Ma'arif, F. A., Usman, U. K., & Vidyaningtyas, H. (2017). ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN Wi-Fi BERBASIS 802.11n DENGAN BALON UDARA DI KOTA BANDUNG. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2017 ITN Malang*, 1–8.
- [2] Pramulia, I., Sudiarta, P., & Sukadarmika, G. (2015). ANALISIS PENGARUH JARAK ANTARA USER EQUIPMENT DENGAN eNodeB TERHADAP NILAI RSRP (REFERENCE SIGNAL RECEIVED POWER) PADA TEKNOLOGI LTE 900 MHz. *Jurnal Ilmiah SPEKTRUM*, 2(3), 24–30.
- [3] Chrismanaria, H., & Kurniawan, K. P. (2017). Analisis Tekno Ekonomi Perancangan Migrasi 2G/3G ke 4G (LTE). *Jurnal Telekomunikasi Dan Komputer*, 7(3), 329.
- [4] Setiaji, W., Muayyadi, A. A., & Wijanto, H. (2018). Analysis Performance and Optimization of Long Term Evolution Network In Tol Padaleunyi. *Maret*, 5(1), 252–258.

- [5] Rahman, F., Mufti A., N., & Ariefianto W., T. (2016). Analisis Algoritma Handover Untuk Meningkatkan Kemampuan Adaptasi Mobilitas Di Lte Pada Kerangka Son (Self Optimizing Network). *TEKTRIKA - Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, Dan Elektronika*, 1(1), 1–8.
- [6] Ariyanti, S. (2015). Studi Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Area Jabodetabek Studi Kasus PT. Telkomsel. *Buletin Pos Dan Telekomunikasi*, 12(4), 255
- [7] Alfaresi, B., Satya, M. V. E., & Ardianto, F. (2020). Analisa Model Propagasi Okumura-Hata Dan Cost-Hata Pada Komunikasi Jaringan Wireless 4G Lte. *Jurnal Ampere*, 5(1), 32.
- [8] G. Prihatmoko, A. A. Muayyadi and H. Wijanto. (2011). *Perancangan Coverage Dan Capacity Jaringan Long Term Evolution (LTE) Frekuensi 700 Mhz Pada Jalur Kereta Api*.
- [9] Lelepadang, P. T., Utami, E. Y. D., & Febrianto, A. A. (2018). Analisis Coverage Planning dan Coverage Prediction di Existing Network eNodeB Jaringan 4G di Daerah Operasional Yogyakarta dan Magelang. *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 17(02), 69–80.
- [10] Faisal, S. M., Imansyah, H. F., Dan, M. T., & Pontia, F. T. (1800). *Analisis Perubahan Pita Frekuensi 1800 Dan 2100 Mhz Terhadap Performansi Jaringan Base Transceiver Station*.