

**PERANCANGAN JARINGAN LTE FDD DI TOL SOREANG-PASIR KOJA MENGGUNAKAN SOFTWARE PLANNING****DESIGN OF LTE FDD NETWORK AT SOREANG-PASIRKOJA HIGHWAY USING SOFTWARE PLANNING**Yuyun Siti Rohmah<sup>1</sup>, Dwi Andi Nurmantris<sup>2</sup><sup>1,2</sup>Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom<sup>1</sup>[yuyunsitirohmah@telkomuniversity.ac.id](mailto:yuyunsitirohmah@telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[dwiandi@telkomuniversity.ac.id](mailto:dwiandi@telkomuniversity.ac.id)**Abstrak**

Teknologi komunikasi seluler Long Term Evolution saat ini berkembang pesat di Indonesia, salah satunya di kota Bandung. Namun masih terdapat beberapa area yang kualitas jaringannya masih di bawah standar *Key Performance Indikator* (KPI), salah satunya adalah area tol Soreang Pasir Koja. Tol sepanjang 10.6 Km tersebut merupakan tol yang baru dioperasikan sekitar akhir 2017 lalu. Maka pada penelitian ini dilakukan pengukuran berupa *drive test* dan analisis serta simulasi perencanaan untuk jaringan LTE FDD di area tol Soreang Pasir koja berdasarkan cakupan area dan kapasitas menggunakan *software planning* pada frekuensi 1800 MHz. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi, untuk meningkatkan parameter kualitas sinyal di tol Soreang Pasirkoja dibutuhkan tambahan sebanyak 10 site dan menghasilkan 99.9% nilai RSRP sudah diatas -102 dBm, SINR 99.97% sudah diatas 3 dB. Sedangkan untuk *throughput* rata-rata sebesar 34.34 Mbps.

**Kata kunci : LTE, Coverage, Capacity****Abstract**

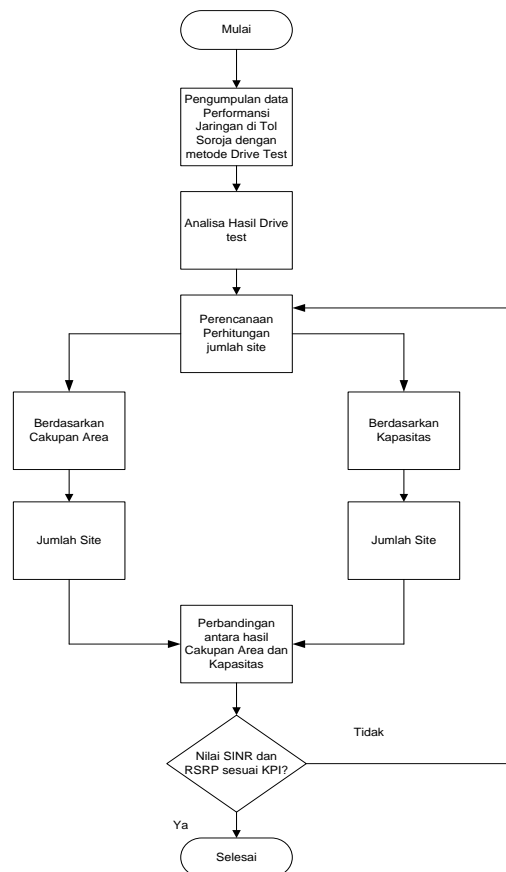
Long Term Evolution (LTE) communication technology Cellular is currently growing rapidly in Indonesia, one of them is in the city of Bandung. However, there are still some areas where the quality of the network is still below the standard Key Performance Indicator (KPI), such as at Soreang Pasir Koja highway. It has about 10.6 km that is operated in last of 2017. Therefore, in this research, the LTE FDD network planning is done from the coverage of area and capacity using software planning at 1800 MHz. Based on the calculation and simulation, to improve the signal quality parameters in Soreang - Pasirkoja toll needed as much as 10 sites and produce 99.9% RSRP value above -102 dBm, 99.97% SINR above 3 dB. and the average throughput 34.34 Mbps.

**Keywords: LTE, Coverage, Capacity****1. PENDAHULUAN**

Sistem komunikasi seluler di Indonesia berkembang yang sangat pesat. *Long Term Evolution* (LTE) adalah teknologi seluler generasi ke 4 berdasarkan standar 3GPP yang sudah diterapkan di Indonesia. Teknologi LTE dapat memberikan kecepatan akses data hingga 300 Mbps untuk arah *downlink* sedangkan 75 Mbps untuk arah *uplink*. LTE mendukung aplikasi suara, data, video sampai IP TV. Keunggulan dari LTE dibanding teknologi generasi sebelumnya diantaranya kecepatan data yang ditawarkan LTE, cakupan area dan kapasitas dari layanan teknologi tersebut lebih besar, dapat menggunakan *multiple* antena, penggunaan *bandwidth* yang *flexible* serta dapat terkoneksi dengan jaringan yang ada sebelumnya. Teknologi akses yang digunakan LTE adalah OFDMA dan SC-FDMA untuk arah *downlink* dan *uplink*. Teknologi LTE menggunakan teknik antena MIMO (*Multi Input Multi Output*) dan Sistem *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) yang merupakan salah satu kunci dari Teknologi LTE [1]. Teknik *multicarrier* OFDM menghasilkan performansi LTE tahan terhadap kondisi *frequency selective fading*. Selain itu Teknologi MIMO pada sistem LTE mampu meningkatkan *data rate* [2].

Di Jawa barat khususnya di Bandung, teknologi LTE telah di implementasikan hampir di semua area. Namun ada beberapa wilayah yang kualitas jaringannya masih di bawah standar *Key Performance Indicator* (KPI) seperti di Tol Soreng Pasirkoja. Area tol tersebut baru beroperasi sekitar akhir tahun 2017. Performansi jaringan seluler di area ini masih belum optimal. Hal tersebut terlihat dari hasil *drive test* yang didapatkan. Nilai *RF Signal quality* untuk parameter RSRP, SINR dan *Throughput* adalah 0.68 % untuk nilai RSRP diatas -102 dBm, sekitar 41.88% diatas 3 dB untuk nilai SINR dan 2.51% nilai *throughput* di atas 12 Mbps. Dengan melihat performansi jaringan di tol tersebut maka dibutuhkan suatu perencanaan jaringan LTE yang bisa memenuhi kebutuhan *user* pada area tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengukuran berupa *drive test* dan analisis serta simulasi perencanaan jaringan *Long Term Evolution- Frequency Division Duplex* (LTE-FDD) menggunakan *software planning* yang meliputi perencanaan *coverage* dan *capacity*. Perencanaan yang akan dilakukan menggunakan frekuensi 1800 MHz. Dengan melihat Perencanaan jaringan LTE pada [3] yang dilakukan pada frekuensi tersebut yang ditinjau dari dua sisi yaitu kapasitas dan area cakupan, kemudian analisa cakupan area dan kapasitas LTE untuk *Wireles private network* [4] menyimpulkan bahwa penggunaan frekuensi 1800 MHz cocok digunakan di area urban. Pada penelitian [5] menyebutkan bahwa *site* mikro yang dikombinasikan dengan *site* makro dapat memberikan cakupan yang lebih baik.

2. PERENCANAAN JARINGAN LTE-FDD



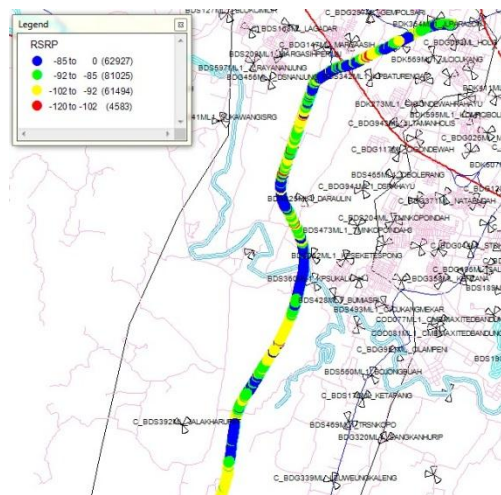
Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

Alur perencanaan jaringan LTE-FDD di area tol Soreang pasir koja bisa dilihat pada gambar 1. Tahap-tahap perancangan dimulai dengan mengumpulkan data performansi jaringan dengan metode *drive test* yang kemudian dianalisa untuk dilihat permasalahan yang ada. Drive test

merupakan proses pengujian performansi sinyal yang dilakukan secara real di lapangan [6]. Langkah selanjutnya adalah melakukan perencanaan berdasarkan cakupan area dan kapasitas untuk menentukan jumlah Site. Jumlah Site yang didapat kemudian dijadikan input untuk proses simulasi sehingga didapatkan parameter kualitas RF yang sesuai dengan KPI.

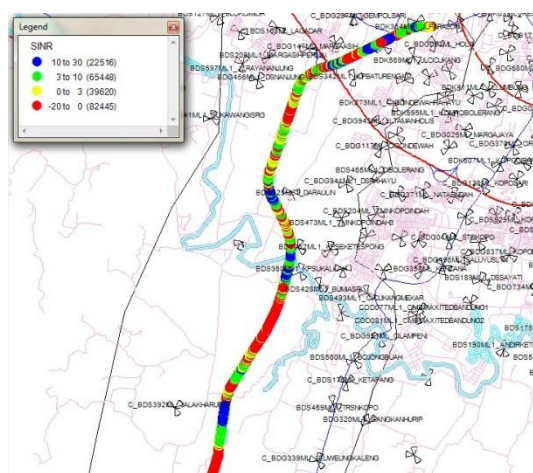
2.1 Analisa Hasil Drive test

Hasil *drive test* awal terhadap parameter RSRP, SINR dan nilai *Throughput* diperlihatkan pada gambar 2, 3 dan 4.



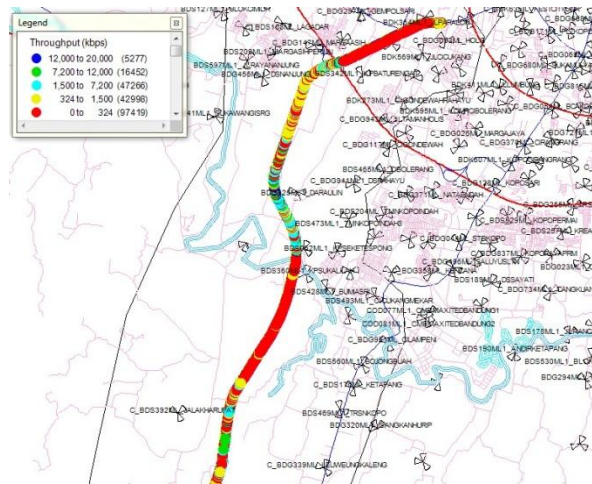
Gambar 2. Hasil Drive Test untuk Parameter RSRP

RSRP (*Reference Signal Received Power*) merupakan Parameter performansi sistem yang menggambarkan level daya terima UE (*User Equipment*) pada jaringan LTE. Dari Hasil *Drive test* didapatkan 0.68% untuk nilai RSRP diatas -102 dBm. Hal ini dikarenakan *mobility* dari user berada pada kecepatan rata-rata antara 60 km per jam sampai 80 km per jam yang menyebabkan proses terjadinya *hand over* lebih sering dan hal ini juga dikarenakan belum optimalnya jumlah site yang melayani di area tol tersebut yang menyebabkan kegagalan proses *hand over*. Prosentase nilai RSRP tersebut jauh dari standar KPI yang ditentukan, seperti terlihat pada tabel 1, sehingga pada penelitian ini perencanaan LTE berdasarkan kapasitas dan cakupan area harus meningkatkan nilai RSRP.



Gambar 3. Hasil Drive Test untuk Parameter SINR

Parameter SINR (*Signal to Interference and Noise Ratio*) merupakan perbandingan antara sinyal yang diinginkan terhadap sinyal interferensi dan noise. SINR yang baik menunjukkan performansi jaringan yang baik pula. Berdasarkan standar KPI, nilai SINR yang baik adalah diatas 5 dB > 90%. Dari Hasil *drive test* didapatkan 41.88% yang nilainya di atas 3 dB hal ini juga tentunya masih jauh dari KPI.



Gambar 4. Hasil *Drive Test* untuk Parameter *Throughput*

Gambar 4 memperlihatkan hasil dari proses *drive test* untuk parameter *throughput*. *Throughput* merupakan parameter yang menyatakan kecepatan akses yang bisa didapatkan user [7]. Parameter tersebut merupakan kecepatan data minimal yang diterima *user* pada saat jam sibuk. Dari Hasil *drivetest* didapatkan hanya 2.51 % yang nilainya diatas 12 Mbps, nilai sangat jauh dari standar KPI.

Tabel 1 Parameter KPI yang digunakan

Objective	Parameter	Target KPI
Coverage	RSRP	90% ≥ -100 dBm
Kualitas Sinyal	SINR	90% ≥ 5 dB
Service Integrity	Throughput	≥ 12 Mbps

## 2.2 Perhitungan Jumlah Site

Sebelum melakukan perencanaan dan simulasi, perlu disampaikan terlebih dulu parameter perencanaan jaringan LTE-FDD yang digunakan pada penelitian ini. Parameter tersebut bisa dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Perancangan Jaringan LTE

<b>Morphology</b>	Urban
<b>Duplex Mode</b>	FDD
<b>Channel Bandwidth (Mhz)</b>	10
<b>Carrier frequency (MHz)</b>	1800

### 2.2.1 Perhitungan Jumlah Site berdasarkan Kapasitas

Perhitungan pendekatan secara kapasitas dilakukan untuk mengetahui banyaknya user yang dapat dilayani oleh enodeB [8]. Tahap pertama dalam perencanaan jaringan LTE berdasarkan perhitungan kapasitas adalah menentukan estimasi jumlah pelanggan beberapa tahun mendatang (*forecasting*) dengan menggunakan persamaan (1)

$$P_i = P_o(1 + GF)^i \tag{1}$$

Pi merupakan estimasi dari jumlah penduduk pada tahun ke-i, GF merupakan faktor pertumbuhan dari penduduk di area tertentu sedangkan Po adalah jumlah penduduk pada tahun ke saat ini. Total user yang dihitung sebanyak 10500, diperoleh dari estimasi panjang tol sekitar 10.5 Km, panjang rata-rata mobil sekitar 5 meter, dan jumlah penumpang rata-rata tiap mobil sekitar 5 orang. Kemudian untuk tahap selanjutnya adalah menentukan *service model*, *traffic model* yang disajikan pada tabel 3 dan 4.

$$\text{Throughput (Kbit)/session} = \text{Session Time(s)} \times \text{Session duty Ratio} \times \text{Bearer Rate ( kbps)} \times [1/(1 - BLER)] \tag{2}$$

$$\text{Single user throughput} = \left[ \left( \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \right) \times \text{BHS} \times \text{Penetration} \times (1 + \text{Peak to Average Ratio}) \right] / 3600 \tag{3}$$

$$\text{DL Cell Capacity} + \text{CRC} = (168 - 36 - 12) \times (\text{Code bits}) \times (\text{Code Rate}) \times \text{Nrbx Cx}1000 \tag{4}$$

$$\text{UL Cell Capacity} + \text{CRC} = (168 - 24) \times (\text{Code bits}) \times (\text{Code rate}) \times \text{Nrbx Cx}1000 \tag{5}$$

Dengan menggunakan persamaan (2) dan (3) didapatkan nilai *throughput per session* dan *single user throughput* pada tabel 5. Kemudian dengan menggunakan persamaan (4) dan (5) didapatkan kapasitas tiap *site* untuk LTE disajikan pada tabel 6.

Tabel 3. *Service Model*

Trafik Parameter	Uplink				Downlink				Uplink	Downlink
	Bearer Rate (kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER	Bearer Rate (kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER	Throughput/Session (kbps)	Throughput/Session (kbps)
VoIP	26.9	80	0.4	1%	26.9	80	0.4	1%	869.4949	869.4949
Video Phone	62.53	70	1	1%	62.53	70	1	1%	4421.3131	4421.3131
Video Convergence	62.53	1800	1	1%	62.53	1800	1	1%	113690.9091	113690.9091
Real Time Gaming	31.26	1800	0.2	1%	125.06	1800	0.4	1%	11367.2727	90952.7273
Streaming Media	31.26	3600	0.05	1%	250.11	3600	0.95	1%	5683.6364	864016.3636
IMS Signalling	15.63	7	0.2	1%	15.63	7	0.2	1%	22.1030	22.1030
Web Browsing	62.53	1800	0.05	1%	250.11	1800	0.05	1%	5684.5455	22737.2727
File Transfer	140.7	600	1	1%	750.34	600	1	1%	85272.7273	454751.5152
Email	140.7	50	1	1%	750.34	50	1	1%	7106.0606	37895.9596
P2P File Sharing	250.1	1200	1	1%	750.34	1200	1	1%	303151.5152	909503.0303

Tabel 4 Model Trafik

Traffic Behaviour	Urban	
	Traffic Penetration	BHSA
VoIP	100%	1.3
Video Phone	20%	0.16
Video Convergence	15%	0.15
Real Time Gaming	45%	0.2
Streaming Media	35%	0.24
IMS Signalling	30%	4
Web Browsing	100%	0.62
File Transfer	25%	0.5
Email	10%	0.3
P2P File Sharing	20%	0.3

Tabel 5 Nilai Single Throughput

Traffic	Uplink	Downlink
<i>VoIP</i>	1243.377778	1243.377778
<i>Video Phone</i>	169.7784242	169.7784242
<i>Video Conference</i>	3069.654545	3069.654545
<i>Real Time Gaming</i>	1227.665455	9822.894545
<i>Streaming Media</i>	572.9105455	87092.84945
<i>IMS Signalling</i>	31.82836364	31.82836364
<i>Web Browsing</i>	4229.301818	16916.53091
<i>File Transfer</i>	12790.90909	68212.72727
<i>E-mail</i>	255.8181818	1364.254545
<i>P2P File Sharing</i>	21826.90909	65484.21818
<i>Total</i>	45418.15329	253408.114
<b><i>Single User Throughput (Kbps)</i></b>	<b>12.61615369</b>	<b>70.39114278</b>

Tabel 6 Perhitungan Kapasitas Tiap Site

Modulation	Code Bit	Code Rate	SINR (min) (dB)	SINR Probability (Pn)	DL Cell Throughput (bps)	DL Cell Throughput (Mbps) (Rn)	DL Cell Average Throughput (Mbps)	UL Cell Throughput (bps)	UL Cell Throughput (Mbps) (Rn)	UL Cell Average Throughput (Mbps)	
QPSK 1/3	2	0.3	-1,5 – 0,3	0.28	14399976	14.399976	4.0320	8639976	8.639976	2.4192	
QPSK 1/2	2	0.5	0,3 – 2	0.25	23999976	23.999976	6.0000	14399976	14.399976	3.6000	
QPSK 2/3	2	0.67	2 – 4,5	0.17	32159976	32.159976	5.4672	19295976	19.295976	3.2803	
16 QAM 1/2	4	0.5	4,5 – 6	0.13	47999976	47.999976	6.2400	28799976	28.799976	3.7440	
16 QAM 2/3	4	0.67	6 – 8,5	0.1	64319976	64.319976	6.4320	38591976	38.591976	3.8592	
16 QAM 4/5	4	0.8	8,5 – 10,8	0.05	76799976	76.799976	3.8400	46079976	46.079976	2.3040	
64 QAM 1/2	6	0.5	10,8 – 12,5	0.01	71999976	71.999976	0.7200	43199976	43.199976	0.4320	
64 QAM 2/3	6	0.67	12,5 – 13,5	0.01	96479976	96.479976	0.9648	115775976	115.77598	1.1578	
<b>Cell Average Throughput (MAC) = <math>\sum P_n \times R_n</math></b>							33.6960			20.7965	
<b>Capacity per site</b>							101.0879				62.3894

Tabel 7 Perhitungan Site

Parameter	Arah Uplink	Arah Downlink
Coverage Area	24.97 km <sup>2</sup>	
Estimasi jumlah User	10500	
Network Throughput (Mbps)	135.12	753.88
Cell Average Throughput (Mbps)	20.22	33.7
Site Capacity (Mbps)	60.65	101.09
<b>Number of Site</b>	<b>2.23</b>	<b>7.46</b>
Cell Coverage ( km <sup>2</sup> )	11.21	3.35

Dari hasil perhitungan berdasarkan kapasitas didapatkan jumlah *site* yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas adalah sebanyak 8 *site*.

### 2.2.2 Perhitungan Jumlah Site berdasarkan Cakupan Area

Perhitungan berdasarkan cakupan area merupakan perhitungan untuk memastikan bahwa jaringan seluler memberikan layanan pada semua daerah cakupan. Hal pertama yang ditentukan adalah menghitung redaman sinyal baik pada sisi *downlink* atau pun sisi *uplink*. Penentuan redaman ini dinamakan *Maximum Allowed Path Loss* (MAPL), sehingga dari nilai MAPL ini dapat ditentukan estimasi radius suatu sel.

$$\text{MAPL(dB)} = \text{EIRP (dBm)} - \text{Minimal Signal Reception(dBm)} - \text{Penetration Loss(dB)} - \text{Shadow Fade Margin (dB)} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{EIRP(dBm)} = \\ \text{Subcarrier Power(dBm)} + \text{Tx Antenna Gain (dBi)} - \\ \text{Tx Cable Loss (dB)} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{SubCarrier Power(dBm)} = \\ \text{MaxTotal Tx Power(dBm)} - 10\text{Log(The number of Subcarrier to Distributed Power)} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{Min Signal Reception(dBm)} = \text{Receiver sensitivity(dBm)} - \text{Rx Antenna Gain(dBi)} + \\ \text{Rx Cable Loss(dB)} + \text{Interference Margin(dB)} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Receiver Sensitivity (dBm)} = \text{Thermal noise per subcarrier (dBm)} + \text{Noise Figure(dB)} + \\ \text{Required SINR (dB)} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\text{Thermal noise per subcarrier} = 10 \text{ Log}(K \times T \times W) \quad (11)$$

K adalah nilai konstanta *Boltzman* ( $1.38 \times 10^{-23}$  Joule/ $^{\circ}$ K), T merupakan *Temperature* ( $290^{\circ}$ K) dan W merupakan *Bandwidth* (1 subcarrier=15 KHz). Setelah ditentukan nilai MAPL maka tahap selanjutnya menentukan model propagasi yang digunakan. Pada Penelitian ini digunakan Model COST 231- Hatta [3], nilai redaman propagasi ditentukan dengan menggunakan persamaan (9).

$$P_L = 46.3 + 33.9(\text{Log } F_c) - 13.82\text{Log}H_b - a(H_m) + (44.9 - 6.55 \text{ Log } H_b)\text{Log } d + \text{CM} \quad (12)$$

$$a(hm) = (1.1\text{Log}F_c - 0.7)h_r - (1.56\text{Log}F_c - 0.8) \quad (13)$$

Penentuan luas sel dihitung menggunakan persamaan (14)

$$\text{Luas sel} = 1.95 \times d^2 \quad (14)$$

$$\sum \text{site LTE} = \frac{\text{Luas area}}{\text{Luas Sel}} \quad (15)$$

$$\text{Trade off} = \text{MAPL Capacity} - \text{MAPL Coverage} \quad (16)$$



Tabel 8. Perhitungan MAPL dan Radius Sel

Parameter	Uplink	Downlink
Teknik duplexing yang digunakan	FDD	
Lebar Bandwidth kanal (MHz)	10	
Frekuensi Pembawa (MHz)	1800	
Pemancar	UE	eNodeB
Daya total maksimum yang dikirim (dBm)	23	43
<i>Resource Block</i>	3	50
Jumlah Subcarrier	36	600
Daya dari <i>Subcarrier</i> (dBm)	7.437	15.218
Penguatan antena pemancar (dBi)	0	17
Redaman kabel pemancar (dB)	0	0.5
Nilai EIRP untuk masing-masing subcarrier (dBm)	7.437	31.718
Penerima	eNodeB	UE
SINR (dB)	-1.5	-1.68
Nilai <i>noise figure</i> penerima (dB)	2.9	7
Sensitivitas dari penerima (dBm)	-130.839	-126.919
Penguatan antenna penerima (dBi)	17	0
Redaman perangkat penerima (dB)	2	2
<i>Interference margin</i>	0.8	3.13
Daya sinyal terima minimum (dBm)	-128.039	-121.789
Redaman Penetrasi (dB)	10	10
<i>Shadow fading margin</i> (dB)	4.24	4.24
MAPL (dB)	138.236	139.268
Model Propagasi	Cost231-hatta	
Tinggi antenna <i>eNodeB</i> (m)	30	30
Tinggi antenna UE (m)	1.5	1.5
Frekuensi kerja (Mhz)	1800	1800
a(Hm)	0.04297	0.04297
<i>Cell radius</i> (km)	1.1432	1.2229113

Tabel 9 Perhitungan Jumlah Site

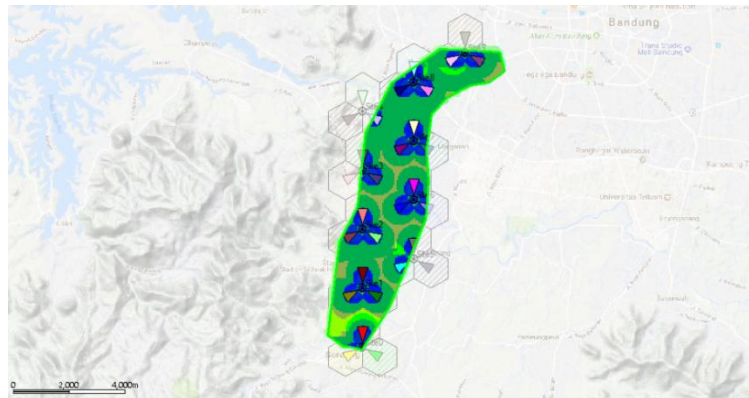
Region	Large Region (km <sup>2</sup> )	Cell Coverage (km <sup>2</sup> )	Total Site
Tol Soreang Pasirkoja	<b>24.97</b>	<b>2.55</b>	<b>9.80</b>

Dengan menggunakan persamaan (6) sampai dengan (15) jumlah site yang didapatkan berdasarkan pendekatan cakupan area adalah 10 site. Setelah didapatkan perhitungan dengan pendekatan kapasitas dan cakupan area, tahap selanjutnya adalah menghitung deviasi antara 2 perhitungan perencanaan tersebut sebagai trade of, jika trade of dibawah 5 dB asumsi perencanaan sudah tepat. [10] dengan persamaan (16). tidak sama, maka, pada paper ini ditentukan jumlah *site* yang dibutuhkan adalah 10 *site*, karena jika menggunakan hasil pendekatan kapasitas yaitu 8 *site*, memang kapasitas sistem akan terpenuhi, namun area cakupan tidak terlayani maka akan berpengaruh terhadap nilai-nilai parameter RSRP, SINR serta *Throughput* yang ingin dicapai.

### 2.3 Analisa Hasil Simulasi

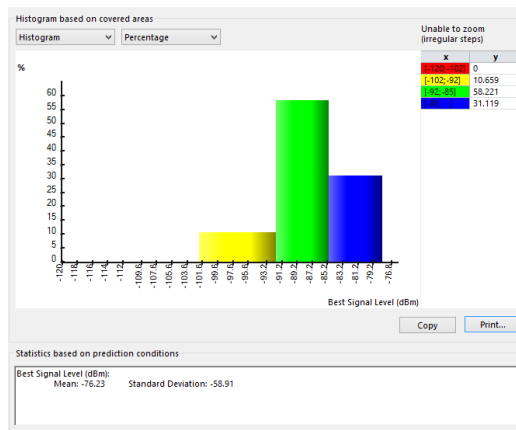
Penentuan jumlah site yang diambil untuk proses simulasi adalah 10 site. Hal ini dikarenakan jika menggunakan hasil pendekatan kapasitas sebanyak 8 *site*, dari segi kapasitas sistem akan terpenuhi, namun area cakupan tidak terlayani maka akan berpengaruh terhadap nilai-nilai parameter RSRP, SINR serta *Throughput* yang ingin dicapai. 10 site tersebut selanjutnya

disimulasikan dengan menggunakan *software planning* yang diperlihatkan pada Gambar di bawah ini.

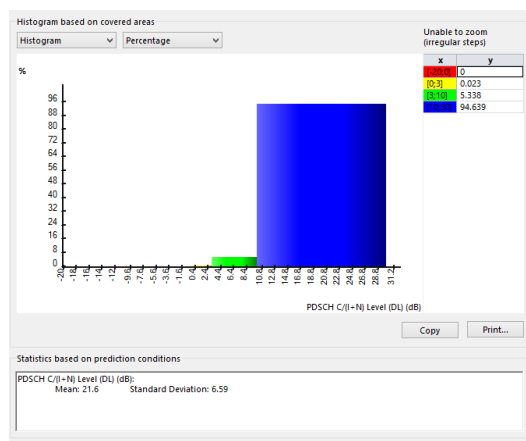


Gambar 5. Plotting Site Perencanaan Jaringan LTE FDD

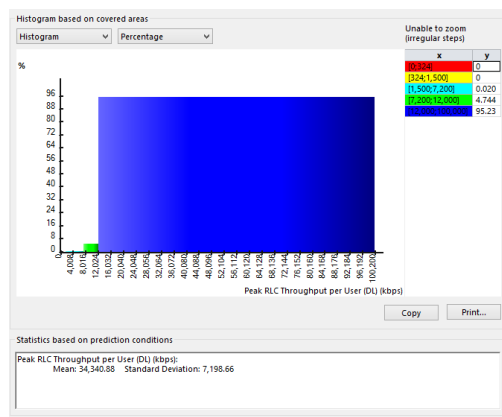
Dari Hasil simulasi didapatkan rata-rata RSRP sekitar -76.23 dBm yang mana hampir 99.9% nilai RSRP diatas -102 dBm. Untuk parameter lainnya yaitu SINR berdasarkan hasil simulasi didapatkan SINR rata-rata sekitar 21.6 dB dengan 99.97% diatas 3 dBm. Sedangkan untuk *throughput* rata-rata sebesar 34.34 Mbps dengan peningkatan sebesar 92.72%. Untuk hasil simulasi ini diperlihatkan pada gambar histogram 6,7 dan 8 di bawah ini.



Gambar 6. Histogram Parameter RSRP setelah Perencanaan



Gambar 7. Histogram Parameter SINR setelah Perencanaan



Gambar 8. Histogram Parameter *Throughput* setelah Perencanaan

### 3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi menggunakan *software planning* untuk perencanaan cakupan area dan kapasitas dapat disimpulkan bahwa untuk meningkatkan parameter kualitas sinyal RSRP, SINR dan *Throughput* di tol Soreang Pasirkoja dibutuhkan sebanyak 10 site. Dengan jumlah tersebut dihasilkan rata-rata RSRP sekitar -76.23 dBm, SINR rata-rata sekitar 21.6 dB dan *throughput* rata-rata sebesar 34.34 Mbps. Nilai-nilai tersebut sudah memenuhi standar KPI. Dari hasil analisis dan simulasi pada penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan operator dalam meningkatkan performansi jaringan LTE di area tol Soreang Pasir Koja.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Yuan *et al.* 2014. LTE-Advanced Coverage Enhancements. *IEEE Communication Magazine*. 153–159
- [2] X. Y. Zhang, Y. Zhang, Y. M. Pan, and W. Duan. 2017. Low-profile dual-band filtering patch antenna and its application to LTE MIMO system. *IEEE Trans. Antennas Propag.* vol. 65, no. 1, pp. 103–113
- [3] S. K. Jha, R. Rokaya, A. Bhagat, A. R. Khan, and L. Aryal. 2017. LTE Network: Coverage and Capacity Planning 4G Cellular Network Planning around Banepa. *2017 Int. Conf. Netw. Netw. Appl.*, pp. 180–185
- [4] W. Miao *et al.*, “Coverage and Capacity Analysis of LTE-based Power Wireless Private Network. *11th IEEE Int. Conf. Anti-counterfeiting, Secur. Identif*, pp. 119–124
- [5] N. Li, C. Huang, and M. Zhuang. 2016. Performance Optimization and Simulation Verification of LTE Network Planning Based on Micro Coverage. *Proceedings of ASID*, pp. 126–130.
- [6] L. Wardhana, B. F. Aginsa, A. Dewantoro, I. Harto, G. Mahardhika, and A. Hikmaturokhman. 2014. *4G Handbook*.
- [7] D. Setiawan, D. Sirat, and D. Gunawan. 2012. Feasibility of LTE 700 MHz Digital Dividend for Broadband Development Acceleration in Rural Areas. *J. ICT*, vol. 6, no. 1, pp. 21–42
- [8] V. L. F. Hermawan, A. Hikmaturokhman, and A. R. Danisya. 2016. Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (Lte) 1800 Mhz Di Wilayah Magelang Menggunakan Bts Existing Operator Xyz. *Prosiding SNST*.
- [9] T. Rappaport. 2002. *Wireless communications: principles and practice*.
- [10] R. Nurhasanah and U. K. Usman. 2017. Planning of LTE Network at Cawang - Cikarang Utama Toll Road with Adaptive Soft Frequency Reuse. *Fifth Int. Conf. Inf. Commun. Technol. Plan.*