

DESAIN JARINGAN KOMUNIKASI LTE UNTUK PENUMPANG KERETA CEPAT 140 KM/JAM JAKARTA-SURABAYA JALUR PEKALONGAN-CEPU

(ON THE DESIGN OF PASSENGER LTE COMMUNICATION NETWORKS FOR JAKARTA-SURABAYA HIGH SPEED TRAIN OF 140 KM/H PEKALONGAN-CEPU SECTION)

¹Nina Karlina ²Dr. Ir. Erna Sri Sugesti, M.Sc. ³ Dr. Ir. Rina Pudji Astuti, M.T.

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

¹ninakarlina107@gmail.com ² ernasugesti@telkomuniversity.ac.id

³rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kereta Api adalah salah satu moda transportasi yang digemari oleh masyarakat agar terhindar dari kemacetan. Kualitas sinyal yang kurang baik pada jaringan *Long Term Evolution* (LTE) menjadi salah satu kendala bagi pengguna internet di Kereta Api. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya, yaitu *blankspot area* yang terjadi pada jalur kereta Pekalongan-Cepu.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini melakukan perancangan jaringan *microcell* dengan mempertimbangkan *coverage*, *capaciy*, kecepatan, dan *throughput* sehingga *overlapping coverage* agar *handover* dapat berjalan dengan baik dan mampu mendukung komunikasi LTE dengan kecepatan kereta 140 km/jam. Tugas Akhir ini menggunakan *software* perancangan jaringan dan simulator *delay*.

Usulan perancangan jaringan LTE ini adalah menambahkan *Remote Radio Unit* (RRU) di sepanjang jalur kereta cepat Pekalongan-Cepu dengan memperhatikan jaringan *site existing* operator Telkomsel. Tugas Akhir ini menemukan jumlah RRU baru sebanyak 35 *site* harus ditambahkan. Hasil kelayakan *signal* didapat dari parameter sesuai standar *Key Performance Indicator* (KPI) operator Telkomsel, dengan nilai rata-rata *Reference Signal Received Power* (RSRP) $-60,87 \text{ dBm} \geq -85 \text{ dBm}$, *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR) $10,02 \text{ dB} \leq \text{SINR} < 10 \text{ dB}$, dan nilai *Throughput* $26.929,01 \text{ kbps} \geq 12.000 \text{ kbps}$. Hasil simulasi menggunakan simulator *delay* menghasilkan *delay* trafik di saat kecepatan 140 km/jam sebesar 19,17 ms dan *delay handover* sebesar 20 ms. Dengan *delay* tersebut menghasilkan nilai *overlapping coverage* sebesar 41% dari radius sel.

Kata kunci: *Delay handover, LTE, RRU, Delay trafik, Overlapping*

Abstract

Train is one of the type of public transportation to avoid traffic jam. By using trains, the poor quality of Long Term Evolution (LTE) network becomes one of the problems for internet user in trains. This caused by several factors, one of them is blankspot area in Pekalongan-Cepu train line.

To resolve this problem, this research is designs a microcell network by considering coverage, capacity, speed, and throughput for overlapping coverage. So that, the submission run well and is able to support LTE communication with a train speed of 140 km/hour. This Final Project uses network design software and delay simulators.

The design of the LTE network added the Remote Radio Unit (RRU) along the Pekalongan-Cepu high speed railway with due regard to the existing Telkomsel operator network sites. This Final Project finds that the number of new RRUs of 35 sites must be added. The results of signal feasibility are obtained from parameters according to the standard of the Main Performance Indicator (KPI) of Telkomsel, with an average value of -60.87 dBm Reference Signal Received Power (RSRP) $\geq -85 \text{ dBm}$, Signal to Interference Noise Ratio (SINR) $10.02 \text{ dB} \leq \text{SINR} < 10 \text{ dB}$, and Throughput value $26.929,01 \text{ kbps} \geq 12,000 \text{ kbps}$. The simulation results using the delay simulator generate traffic at a speed of 140 km / h at 19.17 ms and the delay in handover is 20 ms . Delay results in an overlapping coverage value of 41% of the cell radius.

Keyword: *Delay handover, LTE, RRU, Traffic delay, Overlapping*

1. Pendahuluan

Kereta api adalah salah satu mode transportasi yang digemari oleh masyarakat untuk menghindari kemacetan. PT Kereta Api Indonesia dan PT. KAI Commuter Jabodetabek mencatat jumlah penumpang berdasarkan area. Jumlah penumpang kereta api wilayah Jabodetabek mengalami kenaikan. Sedangkan jumlah penumpang kereta api non Jabodetabek cenderung menurun dari 73,7 juta penumpang pada 2010 menjadi 53,5 juta penumpang pada Oktober 2016 [1]. Dengan terjadinya penurunan tersebut menurut pendapat penulis penyebabnya adalah banyaknya pengguna yang lebih memilih transportasi udara karena harga tiket yang relatif murah dan waktu

tempuh yang cepat. Namun hal ini tidak disadari oleh pengguna dalam segi waktu yang dihabiskan selama perjalanan tidak produktif.

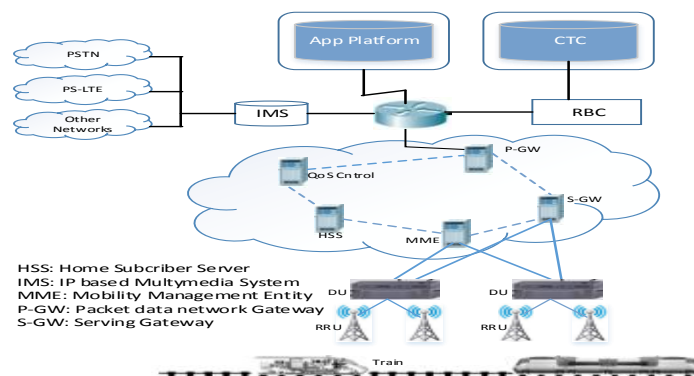
Menurut Menteri Perhubungan akan ada kereta cepat jalur non Jabodetabek Jakarta – Surabaya pada tahun 2019 mendatang dengan kecepatan maksimum 160 km/jam, sehingga rute tersebut dapat ditempuh dalam waktu 5,5 jam [2]. Dalam waktu tempuh tersebut pengguna dapat melakukan kegiatan seperti bekerja dengan menggunakan akses internet atau hanya sekedar berkomunikasi via *mobile*. Berdasarkan riset dari Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), jumlah pengguna layanan internet tidak sebanding dengan ketersediaan layanan komunikasi, terutama yang mendukung di sepanjang jalur kereta cepat Jakarta-Surabaya. Khususnya untuk daerah Pekalongan-Cepu yang dilihat berdasarkan *google map* adalah kawasan rural. Jalur Pekalongan-Cepu merupakan jalur yang dilewati oleh kereta cepat Jakarta-Surabaya.

Penelitian ini melakukan perancangan jaringan LTE yang mampu mendukung penyediaan layanan komunikasi internet dengan kecepatan kereta api 140 km/jam. Dengan kondisi daerah yang masih terdapat *blankspot area* di sepanjang jalur kereta, serta kecepatan kereta yang mengakibatkan sulitnya mendapatkan performansi jaringan yang baik. Untuk mendapatkan hasil yang demikian itu, maka dilakukan perancangan jaringan *microcell* untuk *support high data rate* bagi penumpang dikereta cepat dengan menghasilkan performansi yang mampu mengatasi masalah komunikasi LTE pada saat kereta bergerak dengan kecepatan 140 km/jam.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Konsep LTE untuk Kereta

Berdasarkan kebijakan pemerintah diputuskan untuk mengembangkan sistem komunikasi LTE untuk kereta pada tahun 2010. Untuk mendukung transmisi kecepatan tinggi dan fungsi baru seperti komunikasi kelompok, data layanan, kualitas layanan, komunikasi langsung. berbagai teknologi komunikasi nirkabel dipertimbangkan untuk komunikasi kereta api. Sebagai sistem LTE mampu mendukung suara, data, dan aplikasi video. Pada Gambar 1 menunjukkan konfigurasi sistem komunikasi LTE untuk kereta yang terdiri dari akses jaringan radio, sistem inti LTE, *platform* aplikasi dan *Centralized Train Control Center* (CTC) termasuk *Radio Block Center* (RBC) [3].



Gambar 1. Konfigurasi sistem komunikasi pada kereta.

2.2 Remote Radio Unit

Radio Base Stations (RBS) memiliki sebagian besar peralatan didasar menara atau tiang antenna. *Distributed Base Stations* (DBS) membagi peralatan menjadi dua bagian yaitu *Base Band Unit* (BBU) di menara atau basis tiang dan *Remote Radio Unit* (RRU) yang dipasang pada bagian atas menara atau tiang. Biasanya BBU dan RRU akan dihubungkan oleh kabel serat optik untuk membawa sinyal dan umpan DC untuk menyalakan RRU [4].

2.3 Konsep Jaringan Komunikasi Long Term Evolution

LTE merupakan sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk memperbaiki standar teknologi seluler dari generasi ketiga (3G) yaitu UMTS WCDMA. Teknologi 4G LTE ini mampu memberikan kecepatan akses data hingga mencapai 300 Mbps pada sisi *downlink* dan 75 Mbps pada sisi *uplink*. Selain itu, LTE mampu mendukung aplikasi yang secara umum terdiri dari layanan *voice*, *data*, *video*, termasuk juga IP TV. Layanan-layanan yang ditawarkan *full IP based* [5]. Adapun spesifikasi dari LTE Release 10 dapat dilihat pada Tabel 2.2 [5].

Tabel 1. Spesifikasi LTE Release 10.

Parameter	Informasi
Peak data rate up to	3 Gbps (DL); 1,5 Gbps (UL); pada spektrum 100 MHz dengan UE kategori 8
Operating band	2600, 2100, 1800, 900, 850, 700 MHz
Duplex mode	FDD dan TDD
Multiple Access	SC-FDMA (UL); OFDMA (DL)
Channel Bandwidth	1,4; 3; 5; 10; 15; 20 MHz (up to 100 MHz using Carrier Aggregation)
Cyclic Prefix	Normal, Extended
Latency	<5 ms (user plane); <50 ms (control plane)
Sub-carrier spacing	15 kHz

2.3 Perancangan Jaringan LTE

Perencanaan jaringan LTE dilakukan dengan dua pendekatan yaitu berdasarkan kapasitas dan berdasarkan daerah cakupan yang digunakan sebagai parameter dalam menentukan jumlah site yang dibutuhkan agar dapat memenuhi kebutuhan user data rate dan mengcover seluruh wilayah yang dilewati kereta cepat Pekalongan-Cepu [6].

1. Perancangan menggunakan Coverage Planning

Coverage planning dengan menggunakan model propagasi Okumura-Hatta bertujuan untuk memprediksi cakupan sel berdasarkan kemampuan perangkat yang digunakan. Radio Link Budget merupakan elemen paling penting dalam perencanaan jaringan berbasis coverage. Coverage planning menghasilkan Maximum Allowable Path Loss (MAPL) [7], seperti pada Tabel 2 [8] berikut.

Tabel 2. Radio link budget calculation uplink dan downlink.

	Parameter	UL	DL
General	Bandwidth (MHz)	10	10
	Resource Block	50	50
Transmitter			
	Max Total Tx Power (dBm)	23 (A)	30
	Allocated Resource Block	3 (B)	19
	RB to Distribute Power	3 (C)	50
	su-carrier to Distribute power (dBm)	36 (D=12*C)	600
	su-carrierpower (dBm)	7.44 (E=A-10*log ₁₀ *D)	2,22
	Tx Antenna Gain	0 (G)	18
	Tx Cable Loss	0 (H)	0,5
	Tx Body Loss (dB)	0 (I)	0
	EIRP per Subcarrier (dBm)	7.44 (J=E+G-H-I)	19,72
Receiver			
	SINR	-7 (K)	-9
	Rx Noise Figure (dB)	4 (L)	7
	Receiver Sensitivity (dBm)	-135.24 (M=K+L-174+10*log ₁₀ *15000)	-134,24
	Receiver Antenna Gain (dBi)	18 (N)	0
	Rx Cable Loss	0.5 (O)	0
	Rx Body Loss (dB)	0 (P)	0
	Interference Margin (dB)	2.71 (Q)	3,74
	Min Signal Reception Strength(dBm)	-150.03 (R=M-N+O+P+Q)	-130,50
	Penetration Loss (dB)	22 (S)	22
	Shadow Fading Margin (dB)	1.8 (T)	1,8
	MAPL (dBm)	133.67 (U=J-R-S-T)	126,42

Perancangan ini menggunakan frekuensi 900 MHz untuk jaringan bergerak seluler dengan model propagasi Okumura-Hatta. Model propagasi Okumura-Hatta dapat dihitung dengan persamaan (7) [9].

$$L_p = A + B \log_{10}(d) + C \quad (7)$$

Parameter A, B dan C merupakan faktor yang bergantung pada frekuensi dan ketinggian antenna. Untuk daerah rural menggunakan persamaan berikut.

$$A = 69,55 + 26,16 \log_{10}(f) - 13,82 \log_{10}(h_B) - a(h_M) \quad (8)$$

$$B = 44,9 - 6,55 \log_{10}(h_B) \quad (9)$$

Faktor $a(hM)$ dan C adalah faktor yang tergantung lingkungan. Untuk daerah rural menggunakan faktor koreksi C dan $a(hM)$ berikut [9].

$$C = -4,78[\log_{10}(f)]^2 + 18,33 \log_{10}(f) - 40,98 \quad (10)$$

$$a(h_M) = (1,1 \log_{10}(f) - 0,7)h_m - (1,56 \log_{10}(f_c) - 0,8) \quad (11)$$

L_p adalah *Pathloss* (dB), f_c adalah frekuensi (MHz), h_m adalah faktor koreksi perangkat antenna pengguna (m), h_B adalah ketinggian antenna eNodeB (m), h_m adalah ketinggian antenna *user equipment* (m), d adalah jarak jangkauan sel (km), dan C adalah faktor koreksi daerah. Untuk perhitungan total sel menggunakan persamaan berikut [9].

$$x = \sqrt{d^2 - r^2} \quad (12)$$

$$\sum LTE_C = \frac{L_a}{x} \quad (13)$$

L_C merupakan luas sel (km^2), d adalah jari-jari sel (km), $\sum LTE_C$ adalah jumlah site LTE, dan L_a adalah luas area.

2. Perhitungan coverage dimensioning

Berdasarkan Tabel 2 menghasilkan nilai MAPL *downlink* sebesar 123.41 dBm. Perhitungan jari-jari sel menggunakan persamaan (7) hingga persamaan (11). Sehingga dapat dihitung total site yang dengan persamaan (12) hingga persamaan (13). Tabel 3 hasil perhitungan *coverage dimensioning*.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *coverage dimensioning*

Nama	Total Site Calculation
Luas Area (km^2)	256
Jari-Jari sel (km)	3,672
Cell Coverage Maksimum (km^2)	7,319
Total Site	34,97

2.4 Konsep Overlapping Coverage

Perhitungan *overlapping coverage* dihitung dengan persamaan berikut [10].

$$\frac{D_r}{U_e} = D_t + D_h \quad (14)$$

$$\sum D_s = \frac{D_r}{U_e} \times T_s \quad (15)$$

Overlapping dihitung saat kondisi kecepatan kereta 140 km/jam

$$140_{km/jam} = \frac{140 \times 1000}{3600} m/s = 38,88_{m/s} \quad (16)$$

$$O_v = 38,88_{m/s} \times \sum D_s \quad (17)$$

$$\%O_v = \frac{O_v}{d} \times 100\% \quad (18)$$

D_r/U_e adalah *delay* rata-rata per user (ms), D_t adalah *delay* trafik (ms), D_h adalah *delay handoff* (ms), D_s adalah *delay* sistem (ms), T_s adalah jumlah user, dan O_v adalah *overlapping coverage* (m).

2.5 Parameter yang digunakan dalam Analisis

1. Reference Signal Received Power (RSRP)

Nilai RSRP yang merupakan *power* sinyal *reference* yang digunakan untuk menunjukkan kualitas *coverage* jaringan pada suatu daerah [11]. Tabel 4 adalah rentang nilai RSRP.

Tabel 4. Rentang nilai RSRP

Level (dBm)	Keterangan
≥ -85	Very Good
$-92 \leq RSRP < -85$	Good
$-102 \leq RSRP < -92$	Normal
$-120 \leq RSRP < -102$	Bad

2. Signal to Interference Noise Ratio (SINR)

SINR merupakan perbandingan kuat *signal* dibanding dengan interferensi sinyal dari sel lain. Parameter ini menunjukkan level daya minimum dimana user masih bisa melakukan suatu panggilan [11]. Tabel 5 merupakan rentang nilai SINR.

Tabel 5. Rentang nilai SINR

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

3. Throughput

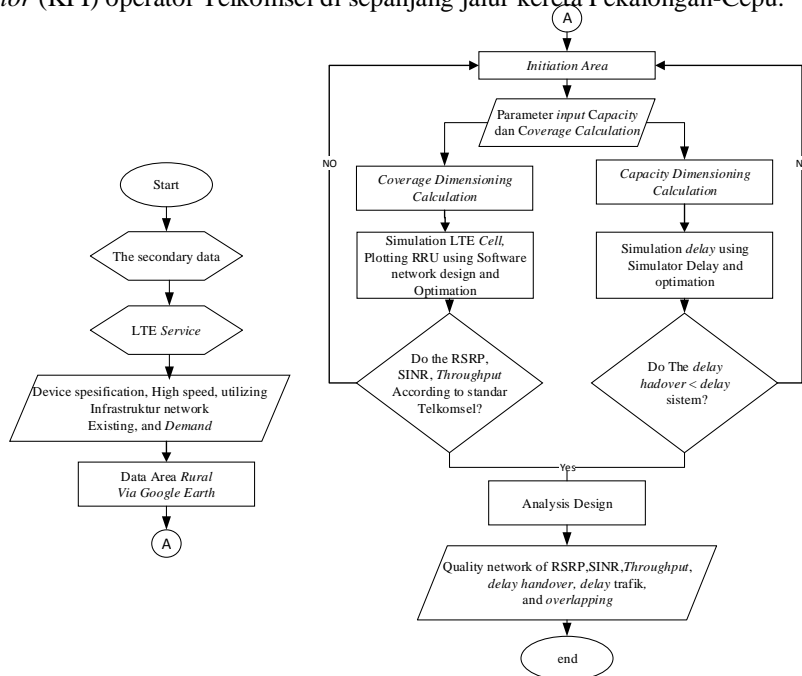
Throughput adalah besarnya jumlah paket yang sukses diterima oleh user dibagi dengan durasi pengiriman paket [10]. Throughput menunjukkan nilai kecepatan dari transfer data yang meliputi upload dan download [11]. Tabel 6 adalah rentang nilai throughput.

Tabel 6. Rentang nilai Throughput

Throughput (kbps)	Keterangan
≥ 12.000	Very Good
$7.200 \leq \text{Throughput} < 12.000$	Good
$1.500 \leq \text{Throughput} < 7.2000$	Normal
$324 \leq \text{Throughput} < 1.500$	Bad
< 324	Very Bad

2.6 Diagram Alir Perancangan Jaringan

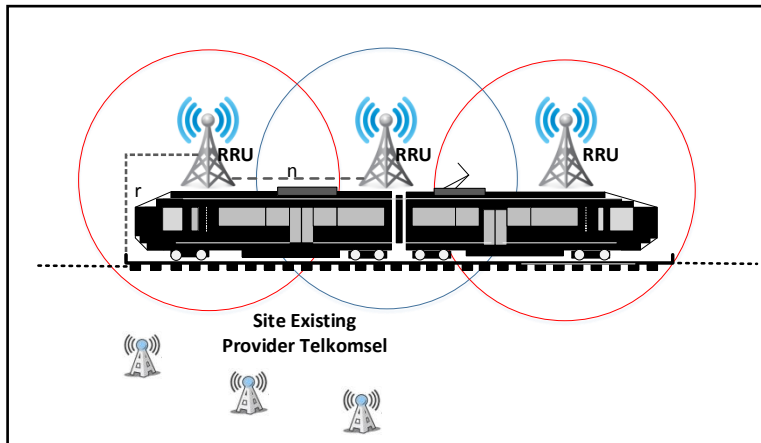
Diagram alir sistem merupakan proses dalam perancangan sistem secara keseluruhan yang dibangun agar mudah dimengerti seperti pada Gambar 2. Hasil yang diinginkan adalah memperoleh nilai delay handover yang lebih rendah dari delay sistem untuk perancangan menggunakan simulator delay. Sedangkan perancangan menggunakan software perancangan jaringan menghasilkan kualitas jaringan sesuai dengan standar Key Performance Indicator (KPI) operator Telkomsel di sepanjang jalur kereta Pekalongan-Cepu.



Gambar 2. Diagram alir perancangan jaringan LTE

2.7 Pemodelan Sistem Jaringan LTE

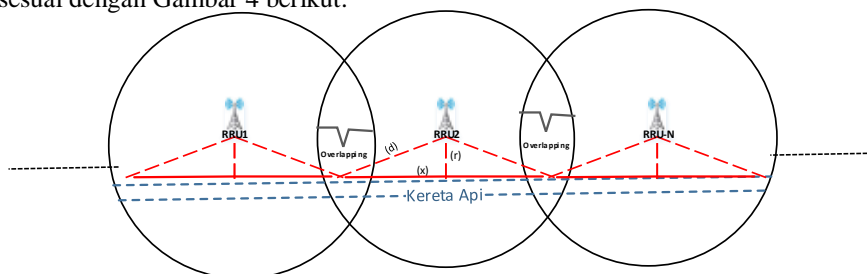
Pemodelan sistem Jaringan LTE pada kereta cepat Jakarta-Surabaya dengan jalur kereta Pekalongan-Cepu dirancang dengan memperhatikan kecepatan kereta, serta spesifikasi perangkat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Model sistem LTE-R pada jalur kereta cepat.

Dengan memperhatikan *site existing* menggunakan jaringan operator Telkomsel, serta memperhatikan *coverage* seperti pada Gambar 5, kondisi *coverage site existing* masih terlalu jauh dari jalur kereta cepat Pekalongan-Cepu. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan perancangan jaringan *microcell* dengan meletakkan *site* atau RRU baru di sepanjang jalur kereta cepat. Perancangan ini memperhitungkan *coverage planning* untuk mengetahui jumlah RRU yang dapat meng-*cover* jalur kereta cepat khususnya daerah rural Pekalongan-Cepu.

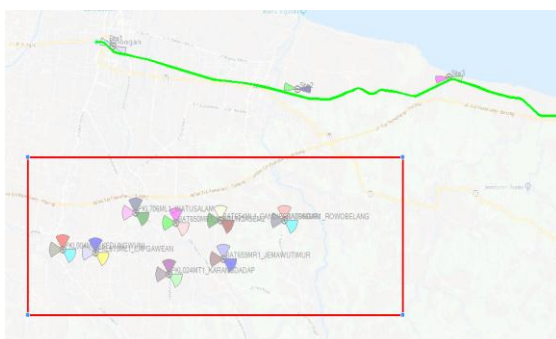
Seperti diilustrasikan pada Gambar 3, sistem komunikasi untuk kereta cepat daerah rural diletakkan beberapa RRU, setiap RRU memiliki pancaran dua arah yang sejajar dengan jalur kereta. Jarak maksimum *coverage* antar RRU dinyatakan sebagai “n”, jarak tersebut dapat ditentukan sesuai perhitungan radius sel dan jarak dari RRU ke rel kereta yang dinyatakan sebagai “r”. Pemodelan sistem ini sudah diaplikasikan menggunakan *software* perancangan jaringan. Perhitungan jarak maksimum *coverage* antar RRU dapat dihitung menggunakan persamaan (12) sesuai dengan Gambar 4 berikut.



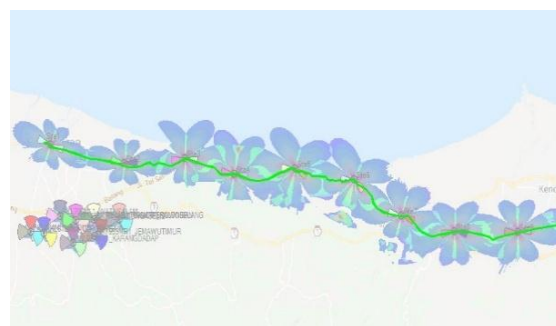
Gambar 4. Jarak maksimum RRU *coverage*.

2.8 Kondisi *Site Existing* dan Desain Menggunakan *Software* Perancangan Jaringan

Site existing yang digunakan adalah jaringan Telkomsel. Gambar 5 merupakan kondisi *site existing* di sepanjang jalur kereta Pekalongan-Cepu disimulasikan menggunakan *software* perancangan jaringan. Sedangkan Gambar 6 adalah kondisi peletakan *Radio Remote Unit* (RRU) baru di sepanjang jalur kereta.



Gambar 5. Kondisi *site existing*.



Gambar 6. Peletakan RRU baru.

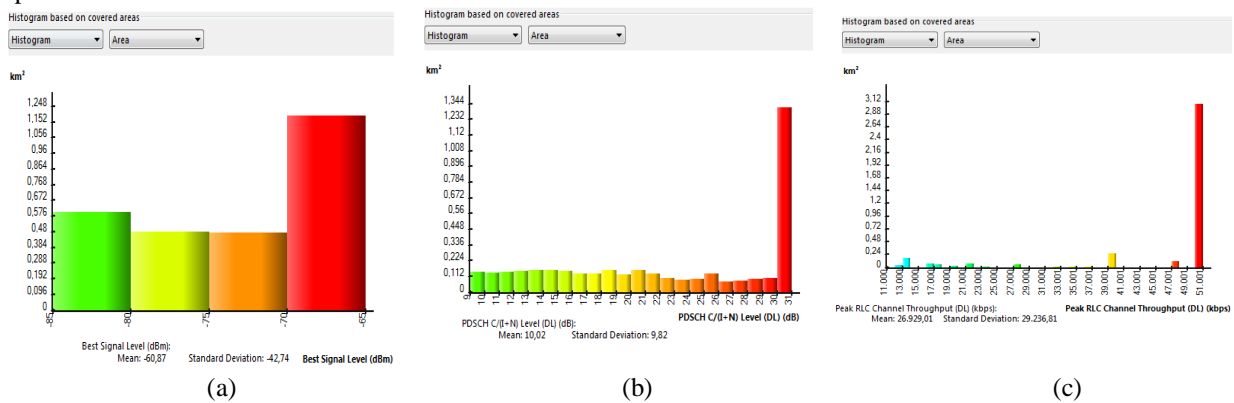
Berdasarkan hasil perhitungan *coverage planning*, total *site* yang digunakan adalah 35 *site* baru. *Coverage planning* tersebut disimulasikan menggunakan *software* perancangan jaringan. Hasil simulasi menunjukkan dengan total *site* 35 dapat meng-*cover* daerah jalur kereta api Pekalongan-Cepu. Sehingga total *site* hasil simulasi menggunakan *software* perancangan jaringan adalah 35 sepanjang jalur kereta 256 km.

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini merancang jaringan di sepanjang jalur kereta api, dilihat dengan menggunakan Google map jarak tempuh dari Pekalongan-Cepu yaitu 256 km. Setelah disimulasikan maka dapat dianalisis seperti berikut.

4.1. Analisis hasil simulasi menggunakan software perancangan jaringan

Berdasarkan hasil perancangan pada software perancangan jaringan dilakukan analisis hasil berupa kualitas jaringan yang dipancarkan oleh RRU di sepanjang jalur Pekalongan-Cepu berupa parameter RSRP, SINR, dan Throughput dengan menyesuaikan standar KPI operator Telkomsel. Gambar 7 adalah Histogram Nilai untuk setiap parameter.



Gambar 7. Histogram Nilai (a) RSRP, (b) SINR, (c) Throughput.

Berdasarkan histogram untuk setiap parameter dapat dianalisis bahwa pada gambar RSRP (a) warna-warna yang terdapat pada histogram menunjukkan nilai dari kuat sinyal, kualitas signal yang baik ditunjukkan mulai dari indikator warna merah. Garis vertical adalah nilai luas area (km²) dan garis horizontal merupakan nilai dari RSRP. Kondisi luas area 1.248 km² nilai RSRP berada pada rentang -70 dBm hingga -65 dBm. Rata-rata RSRP yang dihasilkan pada perancangan ini sebesar -60,87 dBm, nilai ini termasuk dalam kategori level signal yang sangat baik, karena sesuai standar operator yang mengacu pada Tabel 4 yaitu ≥ -85 dBm. Perancangan jaringan ini menghasilkan kualitas sinyal yang sangat baik

Untuk gambar SINR (b) dapat dianalisis bahwa histogram kualitas SINR perancangan jaringan LTE. Gambar 7 merupakan histogram kualitas SINR. Kualitas sinyal yang bagus ditunjukkan dengan indikator berwarna merah di saat luas area 1,344 km² dengan nilai SINR berada pada rentang 30 dB hingga 32 dB. Hasil rata-rata nilai SINR pada perancangan ini sebesar 10,02 dB. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kualitas sinyal SINR dalam kondisi yang baik sesuai dengan rentang nilai SINR operator Telkomsel yang mengacu pada Tabel 5 yaitu $3 \leq SINR < 10$ dalam kondisi yang baik dengan luas area yang jauh.

Berdasarkan gambar Throughput (c) dapat dianalisis dengan bandwidth 10 MHz perancangan ini menghasilkan nilai rata-rata throughput sebesar 26.929,01 kbps. Berdasarkan standar KPI operator Telkomsel mengacu pada Tabel 6 rentang nilai throughput ≥ 12.000 kbps. Sehingga kecepatan transfer data pada percobaan ini sangat baik. Gambar 4.4 adalah histogram nilai throughput. Garis vertical menunjukkan luas area dan garis horizontal untuk nilai throughput, nilai throughput yang baik dengan luas area 3.12 km², semakin besar nilai SINR maka semakin tinggi nilai throughput.

3.2 Analisis hasil simulasi menggunakan simulator delay

Hasil simulasi menggunakan simulator delay adalah mencari nilai delay trafik. Gambar 8 adalah hasil delay trafik pada simulator delay dengan kecepatan kereta 30 km/jam dan 120 km/jam menggunakan delay maksimum 40ms dan 80 ms serta jumlah pengguna 1000 user.

```

nina@nina-pc: ~/lte-sim-dev-master
nina@nina-pc:~$ cd lte-sim-dev-master
nina@nina-pc:~/lte-sim-dev-master$ chmod 777 delay40.bat
nina@nina-pc:~/lte-sim-dev-master$ ./delay40.bat
9.023439389
9.023578618
nina@nina-pc:~/lte-sim-dev-master$ chmod 777 delay80.bat
nina@nina-pc:~/lte-sim-dev-master$ ./delay80.bat
9.041269252
9.041075158
nina@nina-pc:~/lte-sim-dev-master$ █
    
```

Gambar 8. Delay trafik pada simulator delay.

Dari hasil simulasi menggunakan simulator delay diperoleh delay trafik menggunakan perhitungan interpolasi seperti pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil perhitungan *delay* trafik.

Kecepatan (km/jam)	Max Delay (ms)	Delay Trafik (ms)
140	30	19,17
140	40	23,60
140	80	41,30

Hasil *delay* trafik digunakan untuk analisis perhitungan kebutuhan *overlapping*, perhitungan *overlapping* digunakan untuk mengantisipasi di saat kereta bergerak dengan kecepatan 140km/jam namun jaringan LTE masih mampu melayani kebutuhan *user* dengan baik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ericsson *delay handover* tertinggi sebesar 20 ms. Penelitian ini menggunakan kereta cepat 140 km/jam. *Overlapping* dapat dihitung dengan persamaan (14) hingga (18). Tabel 8 adalah hasil perhitungan *overlapping*.

Tabel 8. Perhitungan *Overlapping*.

Keterangan	Nilai
<i>Delay</i> rata-rata/ <i>user</i>	39,17 ms
Σ <i>Delay</i> sistem	39,17 ms
<i>Overlapping coverage</i>	1523.713 m
% <i>Overlapping coverage</i>	41 %

Dari Tabel 8 nilai *delay* sistem sebesar 39,17 ms, artinya dalam perancangan jaringan menggunakan kecepatan kereta 140 km/jam dapat dijelaskan bahwa *delay handover* lebih kecil dari nilai *delay* sistem. Untuk persentase kebutuhan *overlapping* menghasilkan 41% *overlapping coverage* dari radius sel 3,672 km, sehingga masih mampu meng-cover daerah di saat terjadinya *handover*.

5. Kesimpulan

Dari hasil perancangan jaringan LTE dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi menggunakan simulator *delay* menghasilkan *delay handover* yang lebih kecil dari *delay* sistem, *delay* sistem yang dihasilkan adalah sebesar 39,17 ms. Persentase *overlapping coverage* mencapai 41% dari jarak radius sel 3,672 km sehingga masih dapat meng-cover di saat terjadinya *handover*. Hasil perancangan menggunakan *software* perancangan jaringan menghasilkan performansi jaringan LTE di sepanjang jalur kereta berupa RSRP sebesar -6,87 dBm, SINR 10,02 dB dan *throughput* 26.929,01 kbps, sesuai standar KPI operator Telkomsel sudah memenuhi standar kualitas yang bagus. Perancangan *coverage* RRU site *existing* operator Telkomsel masih jauh dari jalur kereta Pekalongan-Cepu, sehingga dilakukan perancangan RRU baru sebanyak 35 *site*.

Daftar Pustaka

- [1] PT. K. A. Indonesia, "Jumlah Penumpang Kereta Api Berdasarkan Area," Beritagar.id, Jakarta, 2016.
- [2] M. Perhubungan, "Pakai Kereta Cepat Jakarta Surabaya Hanya 5.5 Jam," Kompas, Jakarta, 2017.
- [3] I.-R. M Series, "Introduction to railway communication," 2016, Korea, 2016.
- [4] M. J. Maytum, dalam *Remote Radio Unit (RRU) DC Feed Protection*, pp. 1-2, 2014.
- [5] I.D.K.Putra, P.R.Widhi and A.G.F Ifur, *4G LTE Advance for Beginer and Consultant*, Depok: Prandi Self Publishing, 2017.
- [6] R. A. Nugroho, "Perencanaan Jaringan Mikrosel 4G LTE di Skywalk Cihampelas Bandung," Telkom University, vol. 5 No 2, p. 782, 2017.
- [7] W. Setiaji, A. Ali Muayyadi, H. Wijanto, "Analisis Performansi dan Optimasi Jaringan Long Term Evolution (LTE) pada Wilayah Tol Padalenyi," e-Proceeding of Engineering, vol. 5, p. 252, Maret 2018.
- [8] Ayman Elnashar, Mohamed A, El-Saidny, Mahmoud R. Sherif, Design, Diployment and Performance of 4G-LTE Network, United Kingdom: John Wiley & Song, Ltd, 2014.
- [9] T. M. Valkama, T. J. Niemelä, "LTE Performance Analysis on 800 and 1800 MHz Bands," dalam Prabhat Man Sainju, May 2012, p. 82.
- [10] G. Prihatmoko, Perancangan Coverage Area Capacity Jaringan Long Term Evolution (LTE) Frekuensi 700 MHz pada Jalur Kereta Api, Bandung: Universitas Telkom, Buku Tugas Akhir, 2011.
- [11] A. Wahyudin, Sakinah, "Perancangan dan Analisa Penggelaran LTE pada Frekuensi 700 MHz dengan Metode Adaptif Modulation Coding untuk Implementasi Digital Dividend di Wilayah Su-Urban dan Rural Kabupaten Banyumas," Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan, pp. 324-354, 2016.

