

# PERENCANAAN JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE) TDD PADA FREKUENSI 2300 MHz DI STADION SI JALAK HARUPAT

## LONG TERM EVOLUTION (LTE) TDD NETWORK PLANNING ON FREQUENCY 2300 MHz IN SI JALAK HARUPAT STADIUM

Putu Gandhi Mitha Wijaya<sup>1</sup>, Uke Kurniawan Usman<sup>2</sup>, Hurianti Vidyaningtyas<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[putugandi12@gmail.com](mailto:putugandi12@gmail.com), <sup>2</sup>[ukeusman@telkomuniversity.ac.id](mailto:ukeusman@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[huriantividya@telkomuniversity.ac.id](mailto:huriantividya@telkomuniversity.ac.id)

### Abstrak

Stadion Si Jalak Harupat merupakan sebuah stadion berstandar internasional yang sering digunakan dalam event olahraga khususnya sepak bola dengan kapasitas penonton sebanyak 27.168 orang. Dengan karakteristik dari masyarakat Indonesia khususnya yang lebih banyak *download* dibandingkan *upload* dalam menikmati layanan jaringan seluler, ditambah lagi dengan struktur bangunan yang dapat meredam sinyal dari site *outdoor*. Hasil *walktest* yang dilakukan didapatkan nilai RSRP pada rentang -90 dBm s/d -120 dBm dan nilai SIR pada rentang 0 s/d -10 dB. Karena nilai kedua parameter tersebut jauh dari ketetapan standar KPI, maka selanjutnya dilakukan perencanaan jaringan LTE dengan cara perhitungan *coverage* dan *capacity* serta perhitungan perambatan sinyal yang digunakan adalah model propagasi *COST-231 Multiwall* dan simulasi dilakukan pada *software* RPS.4.5. Lalu didapatkan jumlah site sebanyak 4 buah dan penempatan site tersebut dilakukan dengan membuat 2 skenario. Pada skenario 1 didapatkan nilai RSRP untuk keseluruhan area yaitu -72,83 dBm dan pada skenario 2 yaitu -72,18 dBm. Lalu nilai SIR yang didapat untuk keseluruhan area pada skenario 1 yaitu 9,08 dB dan skenario 2 yaitu 10,79 dB. Hasil dari simulasi nilai parameter RSRP & SIR pada skenario 1 dan skenario 2 sudah mencapai dari ketetapan KPI. Dan skenario yang dapat memberikan layanan dengan kualitas terbaik untuk diterapkan yaitu skenario 2 karena penempatan site pada skenario ini terletak diantara tribun dan itu memungkinkan 1 site dapat melayani *user* lebih dari satu tribun.

**Kata Kunci :** *LTE, Walktest, TDD, RSRP, SIR, Coverage, Capacity.*

### Absract

*Si Jalak Harupat Stadium is an international standart stadium that is often used in sports event, especially football with a capacity of 27.168 spectators. With the characteristics of the Indonesian people that more downloads than uploads in using mobile network services, and also with a structure that can reduce the signal from outdoor sites. The result of walktest got the RSRP value in the range of -90 dBm s / d -120 dBm and SIR value in the range 0 s / d -10 dB. Because the value of these two parameters is far from KPI standard, then LTE network planning by calculation of coverage and capacity and calculation of signal propagation used is propagation model COST-231 Multiwall and simulation using software RPS.4.5. Then get the number of antennas is 4 and the placement of the antenna is done by making 2 scenarios. In scenario 1, the RSRP value for the whole area is -72.83 dBm and in scenario 2 it is -72.18 dBm. Then the value of SIR obtained for the whole area in scenario 1 is 9.08 dB and scenario 2 is 10.79 dB. The result of simulation of RSRP & SIR parameter value in scenario 1 and scenario 2 reached target of KPI. And the scenario that can provide the best quality service to be implemented is scenario 2 because the placement of the antenna in this scenario between the tribune and it allows 1 antenna to serve the user more than one tribune.*

**Keywords:** *LTE, Walktest, TDD, RSRP, SIR, Coverage, Capacity.*

### 1. Pendahuluan

Seringnya *user*/pelanggan kurang mendapatkan kualitas layanan jaringan seluler yang kurang baik khususnya dalam sebuah bangunan atau indoor dikarenakan terdapat *obstacle* yang harus dilewati sinyal yang dipancarkan dari site *outdoor*. Terutama bangunan dengan struktur yang dapat meredam sinyal serta memiliki kapasitas yang sangat besar karena terdapatnya berbagai macam event yang digelar, seperti stadion. Seperti halnya Stadion Si Jalak Harupat yang memiliki kondisi yang sama dimana stadion dengan luas 28.117 m<sup>2</sup> dan kapasitas penonton sebesar 27.168 kursi. Serta karakteristik pelanggan khususnya masyarakat Indonesia yang lebih banyak melakukan akses data pada *download* dibandingkan dengan *uplink* ketika sedang menunggu akan berlangsungnya sebuah event pada stadion tersebut, maka perlu dilakukannya sebuah perencanaan jaringan seluler khususnya LTE dengan mode duplex TDD. Dimana mode ini yang bersifat asimetris serta *unpaired spectrum* dan ini memungkinkan pelanggan dapat melakukan *download* secara maksimal serta penggunaan spectrum frekuensi yang lebih efisien yang dapat menguntungkan para *user* serta para operator. Khususnya di Indonesia penggunaan frekuensi untuk LTE TDD yaitu 2300 MHz pada operator *Smartfren*, maka perencanaan jaringan LTE yang

dilakukan dengan pendekatan *capacity planning* dan *coverage planning* untuk mendapatkan jumlah site yang dibutuhkan. Dan hasil dari perhitungan ini akan disimulasikan dengan software RPS 5.4 (Radio Propagation Simulator) dengan nilai parameter RSRP dan SIR<sup>[1][2]</sup>.

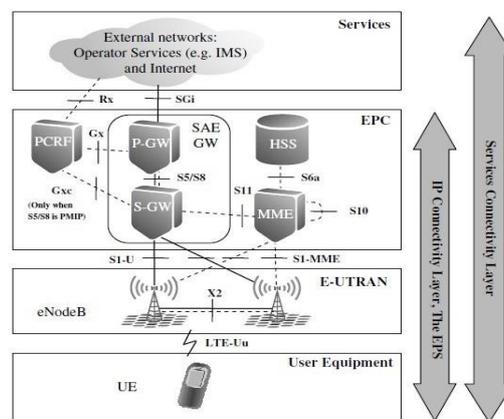
## 2. Landasan Teori Dan Perencanaan Sistem

### 2.1. Long Term Evolution

*Long Term Evolution* (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari *The 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project* (3GPP) Release 8. *Long Term Evolution* (LTE) memiliki kemampuan lebih dari teknologi sebelumnya selain dari kecepatan dalam transfer data yang dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Tetapi *Long Term Evolution* (LTE) dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dari layanan yang besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan MIMO, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada<sup>[3][4][5]</sup>.

### 2.2. Arsitektur LTE

Dalam arsitektur LTE di bagi menjadi Empat Level utama, yaitu User Equipment (UE), Evolved UTRAN (E-UTRAN), Evolved Packet Network (EPC), Services Domain. UE, E-UTRAN, dan EPC merepresentasikan Internet Protokol (IP). Bagian dari sistem ini disebut juga *Evolved Packet System* (EPS). Fungsi utama layer ini adalah menyediakan koneksi berbasis IP dan bertujuan pada pengoptimalan yang tinggi<sup>[4]</sup>.



Gambar 2.1. Arsitektur Jaringan LTE<sup>[4]</sup>

### 2.3. TDD (Time Division Duplex)

Dalam skema *duplex*-nya sistem FDD (*Frequency Division Duplex*) dan TDD (*Time Division Duplex*) memiliki perbedaan dalam sistem komunikasinya. Dalam sistem FDD (*Frequency Division Duplex*) membutuhkan 2 band terisolasi untuk spektrum berpasangan (*paired spectrum*) untuk memisahkan komunikasi *downlink* dan *uplink*. Sedangkan sistem TDD (*Time Division Duplex*) menembati sebuah *single band* dalam spektrum yang tidak berpasangan (*unpaired spectrum*) dan menggunakan *subframe UL/DL* dalam *domain* waktu untuk mendukung *traffic* pada arah yang berbeda. Dengan itu juga TDD (*Time Division Duplex*) memiliki keunggulan yaitu dalam kapasitas/*bandwidth* yang besar, efisiensi spectrum frekuensi dan frekuensi operasi yang tinggi<sup>[6][7][8][9]</sup>.

### 2.4. Stadion Si Jalak Harupat

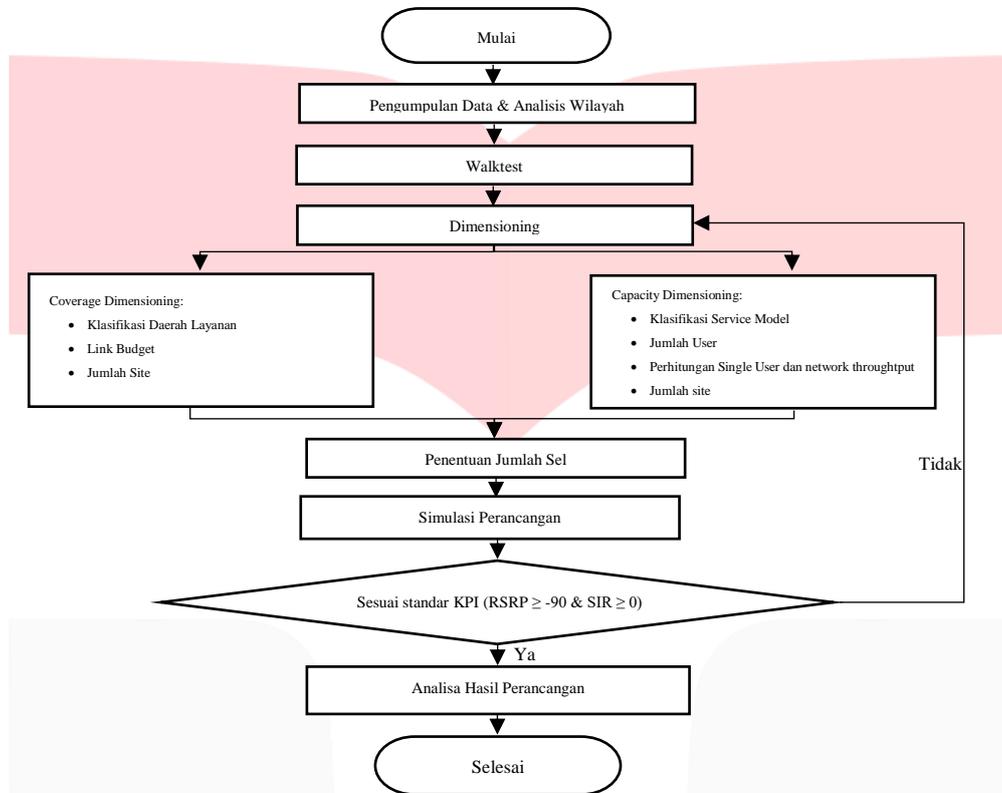
Stadion Si Jalak Harupat merupakan sebuah stadion berstandar internasional dengan kapasitas penonton sebanyak 27.168 orang. Stadion ini berlokasi di desa Kopo dan Cibodas, Kecamatan Soreang, Kabupaten Bandung. Nama Si Jalak Harupat diambil dari julukan salah seorang pahlawan nasional dari Bojongsong, Kabupaten Bandung yaitu Otto Iskandardinata. Stadion Si Jalak Harupat sering digunakan untuk event penting seperti PORDA JAWA BARAT, Liga Super Indonesia 2009-2010, Piala Suzuki AFF 2008 dan juga Liga 1 Gojek Traveloka 2017.



Gambar 2.2. Stadion Si Jalak Harupat<sup>[18]</sup>

2.5. Tahapan Perencanaan Sistem

Dalam tahapan perencanaan sitem dilakukan dengan jelas dan sistematis agar perencanaan jaringan tersebut dapat berjalan dengan baik. Proses tersebut digambarkan secara umum oleh diagram alir perancangan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Diagram alur perencanaan jaringan LTE

2.5.1. Capacity Dimensioning

Tujuan dari *Capacity Planning* ialah memperkirakan jumlah pelanggan dalam satu sel yang bisa tercakup. Perencanaan ini juga akan menentukan jumlah sel yang diperlukan dengan memperhatikan kualitas layanan yang diberikan kepada *user*. Perencanaan berdasarkan kapasitas ini dilakukan dengan mengestimasi jumlah pelanggan yang akan menggunakan jaringan hasil perencanaan, lalu mengestimasi layanan apa saja yang dapat diakses oleh pelanggan, memperkirakan kepadatan trafik dan kapasitas sel.

Tabel 2.1. Estimasi Jumlah Sel

Area	Jumlah User	Network Throughput		Single Site Throughput (MAC)		Jumlah Sel		Estimasi Jumlah Sel
		Uplink (Mbps)	Downlink (Mbps)	Uplink (Mbps)	Downlink (Mbps)	Uplink	Downlink	
Area 1 (Tribun Barat)	7007	1,52	14,18	40,43	67,39	0,03	0,21	1
Area 2 (Tribun Timur)	8046	1,74	16,24	40,43	67,39	0,04	0,24	1
Area 3 (Tribun Utara)	6114	1,33	12,38	40,43	67,39	0,03	0,18	1
Area 4 (Tribun Selatan)	6001	1,30	12,13	40,43	67,39	0,03	0,18	1

2.5.2. Coverage Dimensioning

Coverage Dimensioning merupakan perencanaan yang memperhitungkan pathloss arah uplink dan downlink untuk mendapatkan besarnya cell radius. Setelah mendapatkan cell radius, maka didapatkan jumlah picocell yang dibutuhkan agar seluruh area dalam bangunan tersebut dapat tercakup. Dalam perencanaan LTE TDD indoor ini menggunakan frekuensi 2300 MHz, dan digunakan pemodelan propagasi Cost 231 Multi-wall untuk mendapatkan nilai cell radius dengan menggunakan persamaan berikut.

$$L_T = L_{FSL} + L_C + \sum_{i=1}^M n_{wi}L_{wi} + n_f \left[ \frac{n_f+2}{n_f+1} - b \right] L_f$$

Perhitungan luas cell didapat dengan menggunakan pemodelan omnidirectional cell menggunakan persamaan berikut.

$$L_{sel} = 2,6 \times d^2$$

**Tabel 2.2.** Estimasi Jumlah Site Setiap Area

Area	Luas Area (m <sup>2</sup> )	Luas Sel (m <sup>2</sup> )	Jumlah Site	Estimasi Jumlah Site
Area 1 (Tribun Barat)	7144,25	8541,17	0,83	1
Area 2 (Tribun Timur)	7144,25	8541,17	0,83	1
Area 3 (Tribun Utara)	6914,25	10035	0,68	1
Area 4 (Tribun Selatan)	6914,25	10035	0,68	1

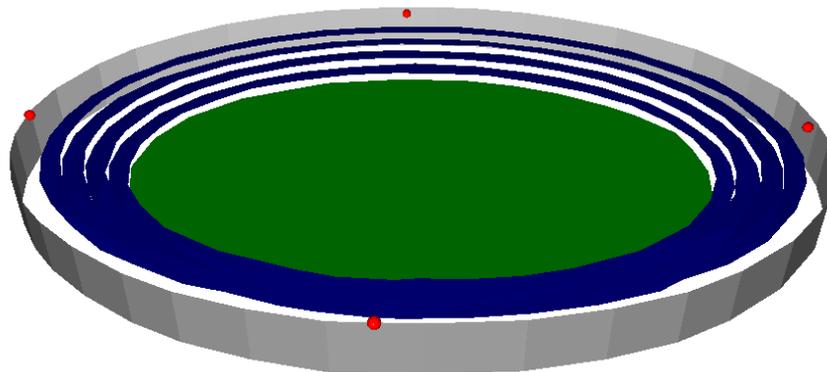
**2.5.3. Pemilihan dan Penempatan Site**

Pemilihan jumlah site yang digunakan pada setiap area adalah site yang paling banyak. Pada tabel 2.3 memperlihatkan hasil perencanaan sesuai dengan *capacity planning* dan *coverage planning*.

**Tabel 2.3.** Pemilihan Jumlah Site Setiap Area

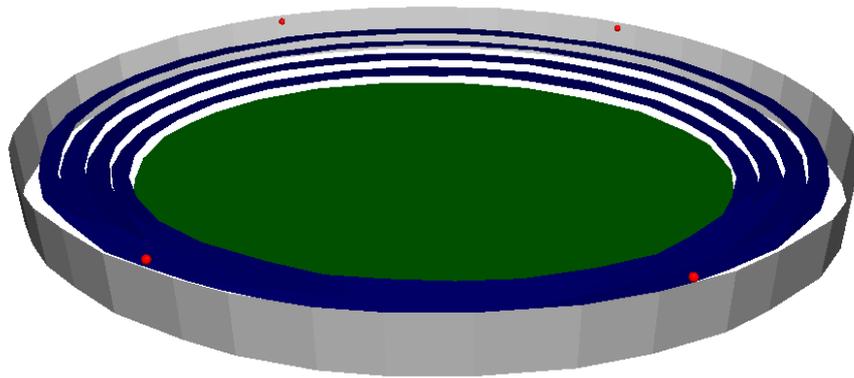
Area	Capacity Planning	Coverage Planning
Area 1 (Tribun Barat)	1	1
Area 2 (Tribun Timur)	1	1
Area 3 (Tribun Utara)	1	1
Area 4 (Tribun Selatan)	1	1
<b>Jumlah</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

Setelah mendapatkan jumlah site yang dibutuhkan, lalu selanjutnya melakukan analisis performansi jaringan terhadap jumlah site yang didapat tersebut berdasarkan 2 skenario.



**Gambar 2.4.** Penempatan Site dengan Skenario 1

Skenario pertama yaitu penempatan site pada bagian dinding stadion di arah utara, timur, selatan dan barat dimana ketinggian site ialah 18 meter.



Gambar 2.5. Penempatan Site dengan Skenario 2

Lalu skenario kedua yaitu penempatan site pada dinding arah timur laut, tenggara, barat daya dan barat laut serta ketinggian penempatan site masih sama yaitu 18 meter. Setelah itu akan dilakukan perbandingan parameter RSRP dan SIR yang disimulasikan, apakah lebih baik skenario 1 atau skenario 2.

3. Analisis Hasil Simulasi

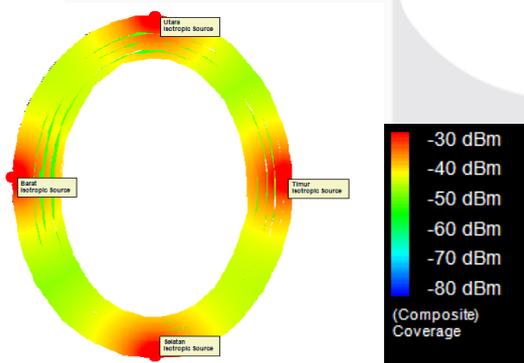
Setelah menentukan skenarionya, selanjutnya akan dilakukan simulasi menggunakan software untuk perencanaan indoor yaitu RPS 5.4 untuk menganalisa performansi jaringan LTE pada skenario tersebut.

3.1. Simulasi Berdasarkan RSRP

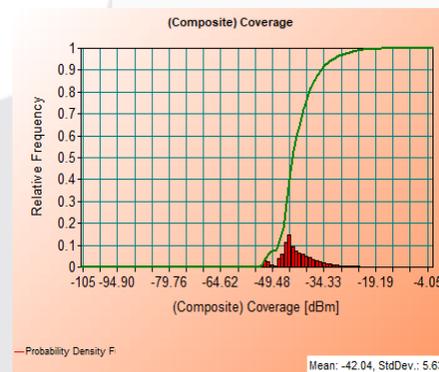
Simulasi berdasarkan RSRP ini dilakukan untuk mendapatkan/mengindikasikan level daya sinyal yang diterima oleh user dengan satuan dBm. Parameter RSRP ini merupakan hasil kalkulasi daya sinyal dari setiap sel disetiap area, yang digunakan sebagai acuan penentu serving cell user. Hasil simulasi RSRP tiap area dari skenario 1 dan 2 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1. Hasil Simulasi RSRP Skenario 1 dan Skenario 2

Skenario 1	Skenario 1		Skenario 2	
	RSSI (dBm)	RSRP (dBm)	RSSI (dBm)	RSRP (dBm)
Area 1 (Tribun Barat)	-42,96	-73,75	-39,66	-70,45
Area 2 (Tribun Timur)	-41,55	-72,34	-39,13	-69,92
Area 3 (Tribun Utara)	-42,13	-72,92	-42,88	-73,67
Area 4 (Tribun Selatan)	-41,52	-72,31	-43,89	-74,68
Seluruh Area	-42,04	-72,83	-41,39	-72,18

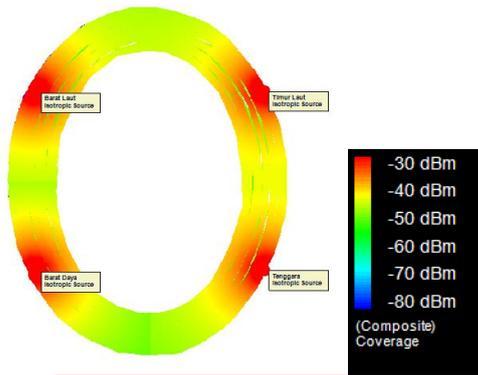


Gambar 3.1. Simulasi RSSI Skenario 1

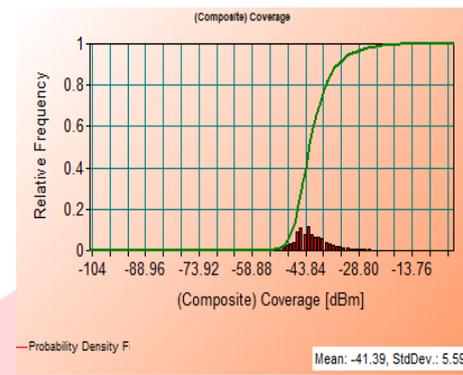


Gambar 3.2. RSSI Histogram Skenario 1

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 ditinjau dari keseluruhan area dengan skenario 1, nilai RSSI didapatkan ialah dengan rata-rata sebesar -42,04 dBm (RSRP= -72,31 dBm) dengan standar deviasi 5.63 dengan itu berarti sebanyak 43% user mendapatkan level daya sebesar -72,31 dBm. Hal ini disebabkan karena antar sel pada area 2, area 3 dan area 4 cukup berdekatan namun untuk antar sel pada area 1, area 3 dan area 4 cukup berjauhan.



Gambar 3.3. Simulasi RSSI Skenario 2



Gambar 3.4. RSSI Histogram Skenario 2

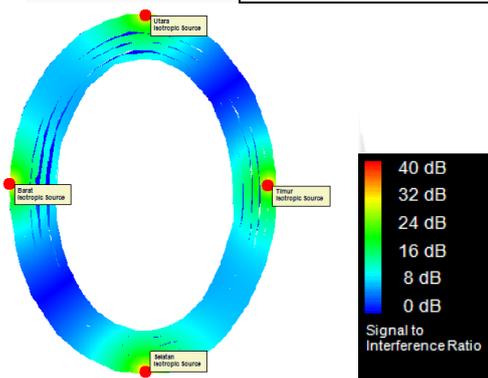
Sedangkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 ditinjau dari keseluruhan area dengan skenario 2, nilai RSSI didapatkan ialah dengan rata-rata sebesar -41,39 dBm (RSRP= -72,18 dBm) dengan standar deviasi 5.59 dan itu berarti sebanyak 44% user mendapatkan level daya sebesar -72,18 dBm. Hal ini disebabkan karena tiap site terletak di antar tribun sehingga tiap tribun mendapatkan daya pancar yang lebih baik dibandingkan dengan skenario 1.

### 3.2. Simulasi Berdasarkan SIR

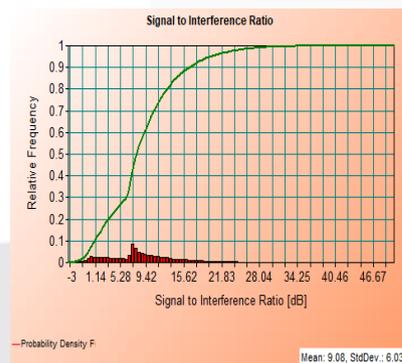
Simulasi berdasarkan SIR ini dilakukan untuk mendapatkan/mengindikasikan level daya sinyal yang diterima oleh user dengan satuan dBm. Parameter SIR ini merupakan perbandingan antara daya signal terhadap interferensinya dengan satuan dB dan mengindikasikan kualitas sinyal yang diterima oleh user. Hal-hal yang mempengaruhi nilai parameter SIR adalah jumlah sel yang terdapat di dalam gedung karena dapat meningkatkan terjadinya interferensi.

Tabel 3.2. Hasil Simulasi SIR Skenario 1 dan Skenario 2

Skenario 1	Skenario 1	Skenario 2
	SIR (dB)	SIR (dB)
Area 1 (Tribun Barat)	7,01	10,37
Area 2 (Tribun Timur)	9,33	13,3
Area 3 (Tribun Utara)	8,92	12,41
Area 4 (Tribun Selatan)	11,06	7,08
Seluruh Area	9,08	10,79

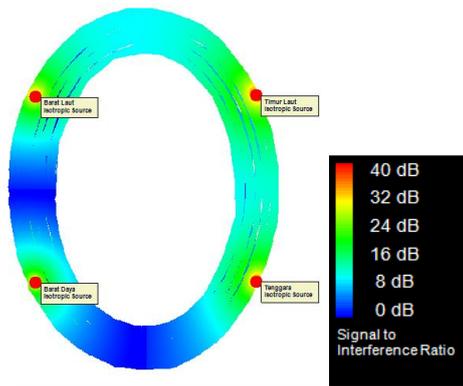


Gambar 3.5. Simulasi SIR Skenario 1

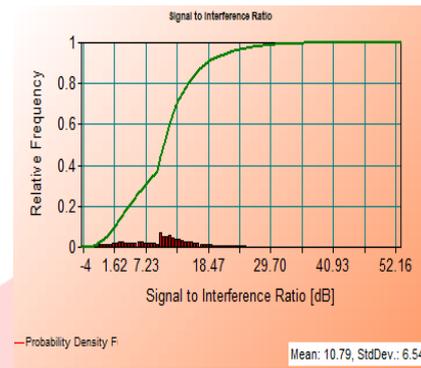


Gambar 3.6. RSSIR Histogram Skenario 1

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.5. dan Gambar 3.6. nilai rata-rata parameter SIR yang didapat sebesar 9,08 dB dengan standar deviasi sebesar 6,03. Dan itu berarti sebanyak 40% user mendapatkan daya sebesar 9,08 dB. Hal ini disebabkan karena antar sel pada tribun timur dengan tribun utara dan sel pada tribun barat dengan tribun selatan cukup berdekatan sehingga menghasilkan interferensi.



Gambar 3.7. Simulasi SIR Skenario 2



Gambar 3.8. RSSIR Histogram Skenario 2

Sedangkan pada Gambar 3.5. dan Gambar 3.6. nilai rata-rata parameter SIR yang didapat sebesar 10,79 dB dengan standar deviasi sebesar 6,54. Dan itu berarti sebanyak 48% user mendapatkan daya sebesar 10,79 dB. Hal ini disebabkan karena antar sel pada tribun barat dan selatan cukup berdekatan sehingga menghasilkan interferensi.

### 3.3. Analisis Berdasarkan Standar KPI

Perolehan dari simulasi perencanaan jaringan LTE TDD di Stadion Si Jalak Harupat berdasarkan tinjauan parameter RSRP dan SIR juga berdasarkan skenario 1 dan 2 masing-masing rata-rata nilainya adalah seperti pada tabel berikut.

Tabel 3.3. Hasil Simulasi Parameter RSRP dan SIR

Skenario	RSRP (dBm)	SIR (dB)	Standar KPI	
			RSRP (dBm)	SIR (dB)
Skenario 1	-72,83	9,08	> -90	> 0
Skenario 2	-72,18	10,79	(90%) Area	(90%) Area

Hasil simulasi yang didapatkan pada skenario 1 dan skenario 2, dari parameter RSRP dan SIR yang dapat telah sesuai dengan standar KPI dan kedua skenario tersebut layak untuk diimplementasikan. Namun dari kedua skenario tersebut, skenario yang dapat memberikan layanan dengan kualitas terbaik untuk diterapkan di Stadion Si Jalak Harupat yaitu pada skenario 2. Karena hasil dari nilai parameter RSRP dan SIR yang didapat lebih baik dibandingkan dengan skenario 1.

### 4. Kesimpulan

1. Pada hasil perencanaan didapatkan jumlah *site* yang dibutuhkan untuk masing-masing area yaitu area 1,2,3 dan 4 sebanyak 1 buah.
2. Pada skenario 1 sebanyak 43% user mendapatkan nilai rata-rata RSRP yaitu sebesar -72,83 dBm dan 44% user pada skenario 2 sebesar -72,18 dBm. Nilai parameter RSRP pada skenario 2 didapatkan paling terbaik, karena letak masing-masing site pada skenario ini diletakkan diantara tribun dan ini menyebabkan meratanya penerimaan daya sinyal untuk user di stadion tersebut.
3. Pada skenario 1 sebanyak 40% user mendapatkan nilai rata-rata SIR yaitu sebesar 9,08 dB dan 48% user pada skenario 2 sebesar 10,79 dB. Nilai parameter SIR pada skenario 2 didapatkan paling terbaik, karena letak masing site pada skenario ini diletakkan diantara tribun dan cukup jauh dibandingkan dengan skenario 1.
4. Dengan menggunakan standarisasi KPI sebagai acuan untuk parameter RSRP dimana besarnya > -90 dBm dengan luas area yang di cakup sebesar 90% serta parameter SIR sebesar > 0 dB dengan luas area yang di cakup sebesar 90% maka hasil dari simulasi pada skenario 1 dan skenario 2 untuk parameter RSRP dan SIR telah memenuhi standarisasi dari ketentuan KPI.
5. Dari nilai parameter RSRP dan SIR yang dapat memberikan layanan dengan kualitas terbaik didalam Stadion Si Jalak Harupat yaitu skenario 2, untuk RSSP yaitu sebesar -72,18 dBm dan SIR yaitu sebesar 10,79 dB.

**Daftar Pustaka:**

- [1] Holma, Harri. "LTE for UMTS: Evolution to LTEAdvanced, Second Edition." Finland: John Wiley & Sons. 2009.
- [2] "Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia," 20 Mei 2015. [Online]. Available: [https://kominform.go.id/content/detail/5001/menkominfo-resmikan-sistem-perizinan-penggunaan-frekuensi-radio-berbasis-m2m/0/berita\\_satker](https://kominform.go.id/content/detail/5001/menkominfo-resmikan-sistem-perizinan-penggunaan-frekuensi-radio-berbasis-m2m/0/berita_satker). [Diakses 08 Oktober 2017]
- [3] Abdul, A., Usman, U. K., Yuyun., S.R. Analisa Perancangan Indoor WiFi IEEE 802.11n Pada Stadion Si Jalak Harupat. Telkom University. Bandung. 2016
- [4] Usman, U. K., Prihatmoko, G., Hendraningrat, D. K., Purwanto, S. D. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Penerbit Rekayasa Sains, Bandung 2012.
- [5] Syofyan, M. "Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Menggunakan Sistem 9 Informasi Geografis (SIG)". Institut Teknologi Telkom. Bandung. 2010.
- [6] Wibisono, G., dan Hantoro, G. D. *Mobile Broadband Tren Teknologi Wireless Saat Ini dan Masa Datang*. Penerbit Informatika. Bandung. 2008.
- [7] Yonis, A. Z., Abdullah, M. F., Ghanim, M. F. *LTE-FDD and LTE-TDD for Cellular Communications*. University of Tun Hussein Onn Malaysia. Johor, Malaysia. 2012.
- [8] Shanzi, C., Shaohui, S., Yingman, W., Guojun, X., Tamraker, R. A *Comprehensive Survey of TDD-Based Mobile Communication Systems from TD-SCDMA 3G to TD-LTE(A) 4G and 5G directions*. China Academy of Telecommunication Technology (CATT). China. 2014.
- [9] "Konsultasi Publik White Paper Penggunaan Pita Frekuensi 2300-2360 MHz Untuk Layanan Pita Lebar Nirkabel (Wireless Broadband)". [Online]. Available: <http://www.postel.go.id/>. [Diakses 2 November 2017]
- [10] Smartfren, "Generasi 4G - Laporan Tahunan 2015," Sinarmas Communication and Technology, Jakarta Pusat, 2015.
- [11] Khoirul Rizky, Akhmad. 2014. *Analisa Perancangan Coverage Area Dari UMTS Femtocell pada Apartemen Buah Batu Dengan Alokasi Primary Scrambling Code*. Telkom University. Bandung.
- [12] Fajar Adityawarman, "Analisis Perencanaan Jaringan LTE Picocell Di Stadion Utama Gelora Bung Karno". Telkom University. Bandung. 2017.
- [13] Rizky, Ahmad Khoirul. "Analisis Perancangan Coverage Area UMTS Femtocell Pada Apartemen Buah Batu Dengan Alokasi Scrambling Code". Telkom University. Bandung. 2014.
- [14] Huawei Technologies Co., Ltd., LTE Radio Network Coverage Dimensioning: Huawei, 2013.
- [15] F. Afroz, R. Subramanian, R. Heidary, K. Sandrasegaran and S. Ahmed, "SINR, RSRP, RSSI, and RSRQ Measurements in LTE Networks," International Journal of Wireless and Mobile Networks, vol. VII, no. 4, pp. 113-123, 2015.
- [16] Huawei Technologies Co., Ltd., LTE Radio Network Planning Introduction: Huawei.
- [17] M. La Rocca, "RSRP and RSRQ Measurement in LTE," laroccasolutions, 4 April 2016. [Online]. Available: <http://laroccasolutions.com/78-rsrp-and-rsrq-measurement-in-lte/>. [Accessed 17 June 2016].
- [18] S. Sesia, I. Toufik and M. Baker, LTE - The UMTS Long Term Evolution, New Jersey: Wiley, 2009.
- [19] Google. (2017). Google Earth Stadion Si Jalak Harupat Kab. Bandung [online]. Available: <http://www.google.com/earth/>
- [20] DISPORA. (2017). Stadion Si Jalak Harupat Kabupaten Bandung [online]. Available: <http://images.google.com/>