

## USULAN PERBAIKAN CAKUPAN DAERAH LAYANAN JARINGAN LTE DI JALUR BAWAH TANAH MRT (BUNDARAN HI-ASEAN) MENGUNAKAN POSSIBILITY UPGRADE VERTICAL DAN SPLIT SECTORIZE

Nadhira Azizah Suwanda<sup>1</sup>, Uke Kurniawan Usman<sup>2</sup>, Hurianti Vidyaningtyas<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
[nadhirasuwanda@gmail.com](mailto:nadhirasuwanda@gmail.com), [ukeusman@telkomuniversity.ac.id](mailto:ukeusman@telkomuniversity.ac.id),  
[huriantividya@telkomuniversity.ac.id](mailto:huriantividya@telkomuniversity.ac.id)

### ABSTRAK

Moda Raya Terpadu Jakarta (MRT) adalah transportasi umum yang mulai dioperasikan pada 1 April 2019. Sebagian jalur MRT berada di bawah tanah, tepatnya dari Stasiun Bundaran Hotel Indonesia (Bundaran HI) hingga di pertengahan jalan menuju Stasiun *Association of Southeast Asian Nations* (ASEAN). Dari hasil pengukuran didapat nilai rata-rata *Reference Signal Received Power* (RSRP)  $-96,29$  *decibel-milliwatts* (dBm) yang masuk dalam kategori 'Poor' dalam *Key Performance Indicator* (KPI). Selain itu, terjadi permasalahan untuk layanan *Long Term Evolution* (LTE) di beberapa titik seperti *Handover Fail*, *Connection Drop*, dan *Connection Setup Fail*. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah memberikan usulan perbaikan terhadap kualitas sinyal dengan melakukan *capacity assesment & fulfillment* berupa *possibility upgrade vertical* dan *split sectorize*. Usulan perbaikan dilakukan dengan menggunakan simulasi untuk mengetahui perbaikan terhadap kualitas sinyal. Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah menganalisis perbaikan cakupan daerah layanan serta memberikan usulan untuk meningkatkan layanan jaringan LTE di MRT. Parameter yang digunakan untuk penelitian kali ini adalah RSRP dan *Signal to Noise Ratio* (SINR) di sisi pelanggan untuk teknologi 4G LTE. Setelah dilakukan simulasi didapat nilai RSRP menjadi  $-88,52$  dBm yang termasuk kategori 'Normal' dalam KPI. Selain itu, nilai SINR mengalami peningkatan dari  $15,15$  *decibel* (dB) dengan kategori 'Normal' menjadi  $18,29$  dB yang termasuk dalam kategori 'Good'.

**Kata kunci** : LTE, MRT, bawah tanah, *possibility upgrade vertical*, *split sectorize*.

### ABSTRACT

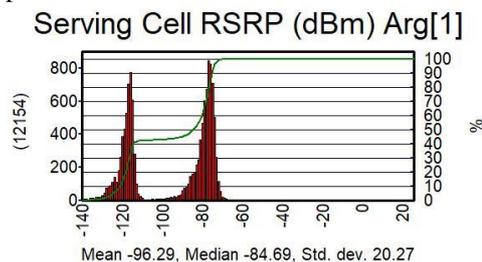
*Moda Raya Terpadu Jakarta (MRT) is a public transportation that start operating on April 1, 2019. Some track of Lebak Bulus-Bundaran Hotel Indonesia (HI) line is located underground, it started from Bundaran HI Station until halfway to Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Station. Drive test result shows that the value of Reference Signal Received Power (RSRP) is  $-96,29$  decibel-milliwatts (dBm) which belongs to the 'Poor' category in Key Performance Indicator (KPI). In addition, there were Long Term Evolution (LTE) radio network failures at several points such as Handover Fail, Connection Drop, and Connection Setup Failed. The research method used in this thesis provides suggestions for improvements of signal quality in the form of capacity assesment & fulfillment in forms of possibility upgrade vertical and split sectorize. The purpose of this thesis is to analyze and give suggestions to improve the LTE coverage service. The parameters used for this research are RSRP and Signal to Noise Ratio (SINR). After doing the simulation, the value of RSRP becomes  $-88,52$  dBm and is included to 'Normal' category in KPI. Besides that, the value of SINR increases from  $15,15$  decibel (dB) with 'Normal' category to  $18,29$  dB which belongs to 'Good' category.*

**Keyword:** LTE, MRT, underground, *possibility upgrade vertical*, *split sectorize*.

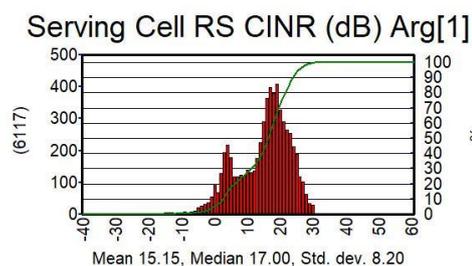
## PENDAHULUAN

Dewasa ini teknologi tidak hanya berkembang dalam segi komunikasi nirkabel, namun juga pada transportasi. Jika dulu berpergian cepat adalah dengan melewati jalan tol, sekarang Pemerintah DKI Jakarta telah memiliki Kereta Listrik (KRL), *Light Rail Transit* (LRT), dan MRT Jakarta yang kecepatannya dapat mencapai hingga 100km/jam.

Pada penelitian kali ini diangkatlah topik teknik perbaikan terhadap MRT Jakarta, khususnya pada jalur kereta bawah tanah. Selain kecepatan kendaraan tinggi yang dapat berpengaruh pada *fading*, letak jalur yang berada hingga kedalaman 25 m memungkinkan adanya *loss* serta interferensi yang tinggi. Hasil pengukuran awal di Stasiun Bundaran-ASEAN menunjukkan nilai rata-rata RSRP nya adalah -96.29 dBm yang termasuk dalam kategori 'Bad', serta nilai CINR 15.15 dB dengan kategori 'Normal'. Kedua nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Hasil *drive test* untuk RSRP.



Gambar 2. Hasil *drive test* untuk CINR.

## Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi generasi keempat dan merupakan proyek dari *Third Generation Partnership*

*Project* (3GPP). Spesifikasi dari LTE *release* 8 dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut

Tabel 1. Spesifikasi LTE [1], [2]		
No.	Nama	Ket.
1	<i>Peak Data Rate</i>	100 Mbps (DL) & 50 Mbps (UL) dengan BW 20 Mhz @ MIMO 2x2
2	<i>Mode Duplex</i>	FDD & TDD
3	<i>Operating Band</i>	700;850;900;1800;2100;2300;2600
4	<i>Multiple Access</i>	OFDMA (DL) & SC-FDMA (UL)
5	<i>Kanal Bandwidth</i>	1,4;3;5;10;15;20 Mhz
6	<i>Mobility</i>	Up to 500 km/h depending on the frequency band

## Coverage

Dalam telekomunikasi, *coverage* adalah area geografis di mana pengguna dapat berkomunikasi dalam cakupan *cell*. Pengertian *cell* sendiri adalah wilayah geografis yang dicakup oleh satu *base station* pada jaringan seluler. *Coverage* dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya bangunan-bangunan dan *obstacle* lainnya, teknologi yang digunakan, frekuensi radio, serta efisiensi transmisi serta perangkat dari user. *Coverage* juga dapat diperbanyak atau diperbaiki oleh *cell* yang berukuran lebih kecil, misalnya *femtocell* atau *picocell* yang dapat digunakan di dalam bangunan (*indoor*).

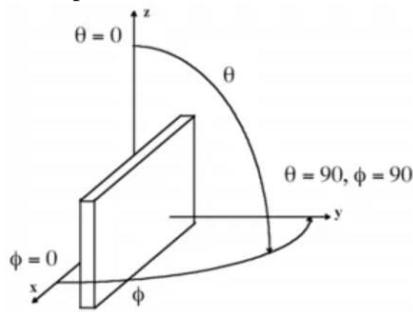
## Perbaikan Coverage Service Jaringan LTE

Perbaikan *coverage service* dapat dilakukan dengan teknik *Capacity Assesment and Fulfilment*, yaitu pemenuhan kebutuhan jaringan LTE yang terbagi menjadi 2 cara :

### Possibility Upgrade Vertical

*Possibility Upgrade Vertical* atau lebih dikenal dengan nama *Re- Azimuth Antena* merupakan teknik perbaikan dengan cara merubah sudut putar antena pada suatu sektor tertentu secara horizontal atau pada sumbu Phi. Selain azimuth juga sering ditemukan istilah bidang elevasi. Elevasi sendiri adalah sudut putar antena secara vertikal atau pada

sumbu Theta. Ilustrasi re-azimuth dapat dilihat pada Gambar 1 [3].



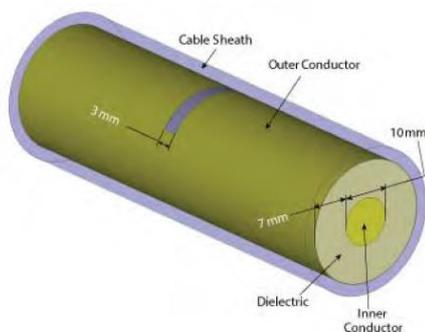
Gambar 3. Possibility Upgrade Vertical.

### Split Sectorize

Split sectorize sektor antenna merupakan salah satu solusi untuk menambah kualitas daya sinyal dan jaringan yang diterima oleh user dengan cara menambahkan sektor antenna. Split sectorize dapat berfungsi untuk menambah coverage, menambah nilai RSRP, serta mengurangi blank spot.

### Leaky Cables

Leaky cables, terkadang disebut juga leaky feeder, merupakan suatu teknologi transmisi yang biasa digunakan untuk lingkungan dengan tipe silinder, misalnya terowongan dan pertambangan. Leaky cables merupakan suatu perkembangan dari kabel coaxial karena didesain dengan pembolongan secara teratur yang memungkinkan untuk terjadinya radiasi. Strukturnya yang dilengkapi dengan lapisan konduktor luar, bahan dielektrik, dan konduktor dalam membuat leaky cables menjadi bahan yang tepat untuk menyediakan konektivitas dan sensor frekuensi radio di daerah yang tidak dapat terjangkau oleh kemampuan transmisi pada umumnya. Ilustrasi leaky cable dapat dilihat pada Gambar 2.13 [4].



Gambar 4. Struktur Leaky Cables.

Terdapat beberapa elemen yang membangun sebuah leaky cables, yang terdiri atas :

- *Outer Conductor* atau konduktor luar, merupakan tempat lubang-lubang kecil berada.
- *Cable Sheath* atau sarung kabel, berfungsi sebagai pelindung kabel dari segala gangguan fisik, seperti kelembaban udara, hewan, dll.
- *Dielectric* atau bahan dielektrik, adalah elemen bersifat isolator yang tidak dapat menghantarkan listrik tetapi peka terhadap medan listrik. Elemen satu ini berfungsi memisahkan konduktor dalam dan konduktor luar.
- *Inner Conductor* atau konduktor dalam, merupakan komponen utama untuk mentransmisikan sinyal. Berfungsi sebagai tempat merambatnya sinyal yang dipancarkan oleh base station.

### Key Performance Indicator (KPI)

Key Performance Indicator (KPI) adalah sebuah indikator dari operator untuk mengukur kualitas performansi dari suatu layanan jaringannya. Beberapa parameter yang digunakan dalam KPI adalah :

#### Reference Signal Received Power (RSRP)

RSRP adalah nilai rata-rata kekuatan daya yang diterima oleh transmiter. RSRP merupakan salah satu parameter utama yang digunakan dalam drive test. Satuan RSRP biasa dinyatakan dalam dB atau dBm.

Berikut adalah persamaan untuk mendapatkan nilai RSRP [5]

$$RSRP = RSSI - 10 \log(12 * N) \quad (1)$$

dengan keterangan sebagai berikut:

- RSRP dalam satuan dBm
- *Received Signal Strength Indicator (RSSI)* merupakan daya sinyal yang diterima user dalam rentang frekuensi tertentu termasuk noise dan interferensi, satuannya dBm
- *Number of Resource Block (N)* adalah jumlah resource block yang digunakan oleh OFDMA.

Nilai RSRP dapat dimasukkan ke dalam beberapa kategori berdasarkan Key Performance Indicator (KPI) yang dapat dilihat pada Tabel 2 [6].

Tabel 2. KPI RSRP

No.	Kategori	RSRP (dBm)
1	Very Good	$\geq -71$
2	Good	$< -71$ to $\geq -81$
3	Normal	$< -81$ to $\geq -91$

4	Poor	$< -91$ to $\geq -101$
5	Very Poor	$< -101$

**Carrier to Interference Noise Ratio (CINR)**

CINR adalah nilai rasio atau perbandingan dari daya sinyal yang sudah dimodulasi dengan hasil penjumlahan dari noise dan interferensi. CINR seringkali dijadikan parameter untuk mengukur *Quality of Service* dari suatu sinyal dan dinyatakan dalam satuan dB. Selain CINR, terdapat juga istilah lainnya yang serupa yaitu *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR) untuk nilai sinyal yang belum dimodulasikan dan *Signal to Interference Ratio* (SIR) untuk perbandingan daya sinyal dengan interferensi saja. Pengelompokan KPI berdasarkan nilai CINR/SINR/SIR dapat dilihat pada Tabel 3 [6].

Tabel 3. KPI CINR

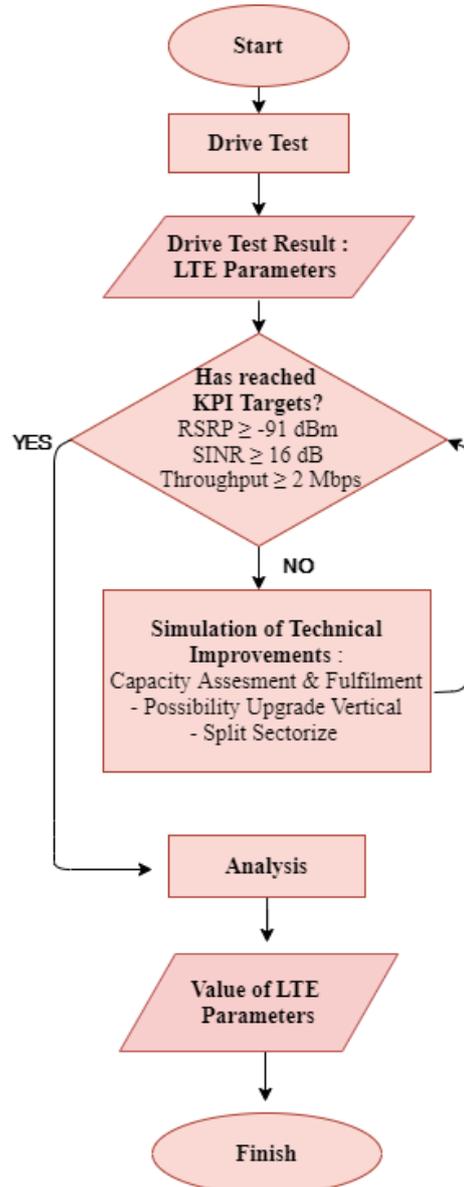
No.	Kategori	CINR (dBm)
2	Good	$\geq 16$ to 30
3	Normal	$\geq 1$ to $< 16$
4	Poor	$\geq -10$ to $< 1$

**METODE**

Penelitian ini fokus pada perbaikan jaringan *Long Term Evolution* (LTE) pada frekuensi 1850 MHz di jalur bawah tanah MRT dari Stasiun Bundaran HI-jalur bawah tanah sebelum Stasiun ASEAN.

**Diagram Alir Penelitian**

Untuk membuat suatu perbaikan atau optimasi dari sebuah jaringan, diperlukan suatu susunan langkah atau diagram alir agar prosesnya dapat lebih sistematis. Diagram alir untuk optimasi jaringan 4G LTE di jalur MRT bawah tanah dapat dilihat pada Gambar 3.4.

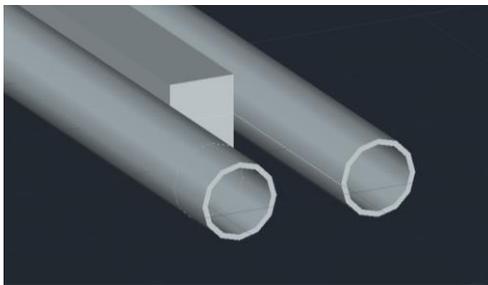


Gambar 5. Diagram alir penelitian. Hal yang pertama harus dilakukan adalah *drive test* untuk mengetahui performansi jaringan seluler dalam melayani kebutuhan pelanggan. Hasil *drive test* kemudian dicocokkan dengan standar nilai dari KPI untuk mengetahui kualitas daya sinyal yang ada di lokasi. Bila sinyal memenuhi target yaitu nilai RSRP lebih besar atau sama dengan -91 dBm, dan SINR lebih besar sama atau sama dengan 16 dB, maka kondisi sinyal masih dalam kategori baik dan tidak diperlukan perbaikan. Sebaliknya, bila sinyal terima tidak memenuhi kriteria tersebut maka jaringan seluler di lokasi tersebut dalam keadaan buruk dan diperlukan perbaikan.

Jenis optimasi yang dapat dilakukan pada MRT, yaitu *Capacity Assesment and Fullfilment*, yang berupa *possibility upgrade vertical* dan *split sectorize*. Setelah itu, dilakukan simulasi perbaikan menggunakan aplikasi *Radiowave Propagation Simulator* (RPS) yang dilanjutkan dengan analisis. Bila setelah itu nilai telah mencapai KPI, maka perbaikan berhasil dan selesai. Bila tidak, langkah diulangi dari tahap perbaikan.

### Simulasi Perbaikan Menggunakan RPS

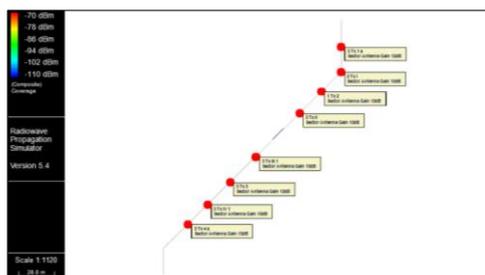
Simulasi perbaikan dilakukan di *software* RPS dengan terlebih dahulu membuat desainnya di *software* AutoCAD. Ilustrasi desainnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain terowongan.

Pada jalur bawah tanah MRT terdapat dua buah terowongan yang dinamakan *forward* dan *backward tunnel*. Kondisi bawah tanah dengan tanah, bangunan, dan penghalang lain di antara keduanya digambarkan dengan dinding tebal.

Peletakan antenna pada *software* RPS dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peletakan antenna pada terowongan bawah tanah.

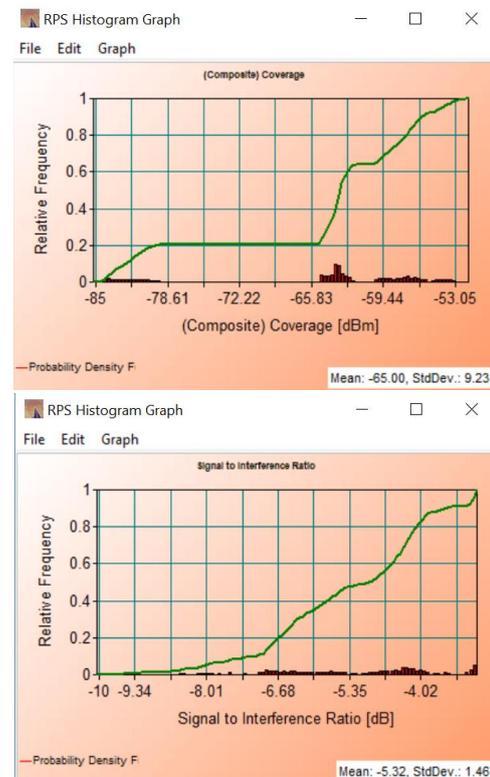
Karena jarak di lapangan sangat jauh yaitu mencapai lebih dari 6km, maka jalur MRT bawah tanah hanya terlihat berupa garis tipis. Pada simulasi ini antenna yang digunakan adalah antenna trisektoral yang digambarkan sebagai lingkaran berwarna merah. Posisi

antena telah diatur sedemikian rupa agar mirip dengan kondisi asli.

Masing-masing sektor memiliki *gain* 13 dB dengan daya pancar 12.1 dB [7]. Model propagasinya yang digunakan adalah *Cost 231 Multiwall* karena simulasi berada di dalam ruangan. Gambar 8 menunjukkan nilai *coverage plot*/RSSI di RPS sebelum dilakukan optimasi. Dengan menggunakan persamaan (1), maka didapat nilai awal RSRP adalah

$$-65,00 - 10 \log (12 \cdot 100) = -95.79 \text{ dBm}$$

dan memiliki kecocokan dengan hasil *drive test* karena nilainya tidak berbeda jauh dan masih berada di kategori yang sama yaitu 'Poor'.



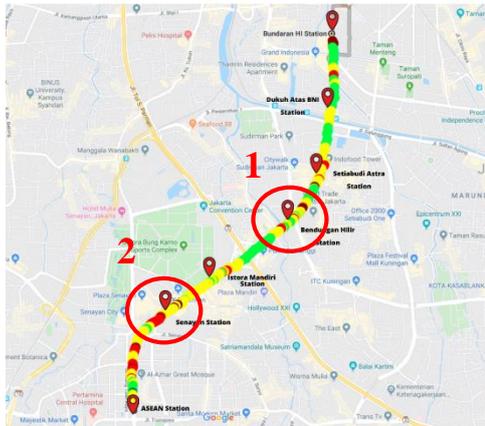
Gambar 8. Nilai simulasi awal parameter RSSI dan SIR.

Namun, berbeda dengan nilai RSRP, pada SIR nilainya terlampaui jauh dengan hasil *drive test* yaitu -5,32 dB. Nilai ini berbeda sebanyak 20,47 poin dengan hasil *drive test* yang mencapai 15,15 dB. Hal ini disebabkan kondisi asli di lapangan tidak dapat disimulasikan di *software* RPS.

### Perbaikan dengan Possibility Upgrade Vertical

Pada penelitian ini perbaikan difokuskan kepada dua titik dengan rata-rata RSRP dan CINR paling buruk, yaitu di sekitar Stasiun

Bendungan Hilir dan sekitar Stasiun Senayan. Kedua titik tersebut diilustrasikan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Titik fokus perbaikan. Dari gambar di atas dapat dilihat titik fokus untuk melakukan perbaikan ditandai dengan lingkaran merah. Perbaikan pada titik pertama menggunakan teknik *Possibility Upgrade Vertical*. Pada software RPS, teknik ini dilakukan dengan dengan mengubah *Reference Angle Phi* untuk besaran sudut horizontal dan *Reference Angle Theta* untuk besaran sudut vertikal [8]. Perubahan besaran sudut antenna dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perubahan besaran sudut horizontal

Site	Reference Angle Phi (°)			
	S0	S1	S2	S3
1&1a	0	35	90	133
2&2a	0	35	94	133
3&3a	0	35	94	133
4&4a	0	35	94	133
I	0	35	94	133
II	0	35	94	133
III&IIIa	0	35	94	133
IV&IVa	0	35	94	133

Keterangan dari tabel di atas,

- Site dinamakan dengan angka biasa dan terdapat huruf a adalah apabila letak antenna berada di sisi kanan dan kiri jalur
- Site dinamakan dengan angka romawi bila berada di pertengahan antara forward dan backward tunnel. Huruf a pada angka romawi berarti antenna diletakkan berurutan.
- S0 artinya sebelum dilakukan optimasi
- S1 artinya sektor 1 setelah adanya optimasi
- S2 artinya sektor 2 setelah dilakukan optimasi,
- S3 artinya sektor 3 setelah dilakukan optimasi.

Untuk perubahan besaran sudut secara vertikal dapat dilihat pada Tabel 5 dengan keterangan yang sama dengan Tabel 4.

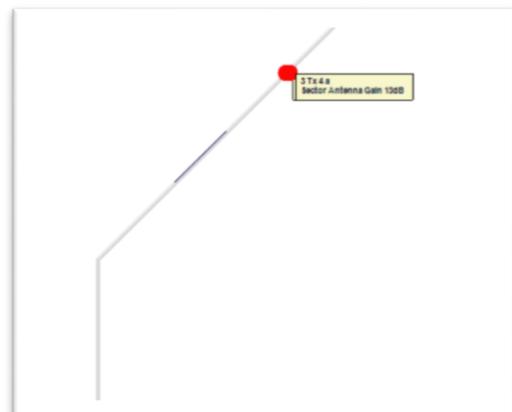
Tabel 5. Perubahan besaran sudut vertikal

Site	Reference Angle Theta (°)			
	S0	S1	S2	S3
1&1a	0	41	78	127
2&2a	0	41	78	127
3&3a	0	41	78	127
4&4a	0	41	78	127
I	0	41	78	127
II	0	41	78	127
III&IIIa	0	41	78	127
IV&IVa	0	41	78	127

### Perbaikan dengan *Split Sectorize*

Selain *Possibility Upgrade Vertical* juga dilakukan *split sectorize*. Sektor antenna yang ditambahkan berjumlah satu, dan diletakkan pada Site 4, titik yang paling mendekati titik fokus kedua yang memiliki nilai rata-rata RSRP dan CINR paling rendah.

Ilustrasi peletakan sektor antenna yang baru dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Peletakan sektor antenna baru

Keterangannya dapat dilihat pada Tabel 6.

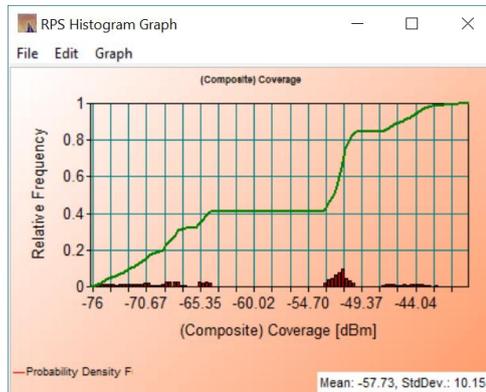
Tabel 6. Keterangan sektor antenna baru

Site	Reference Angle Phi (°)	Reference Angle Theta (°)
4	215	0

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Perbaikan dengan *Possibility Upgrade Vertical*

Setelah dilakukan perbaikan dengan simulasi RPS maka didapat hasil seperti berikut untuk titik fokus pertama.



Gambar 11. Nilai RSSI setelah perbaikan dengan *Possibility Upgrade Vertical*.

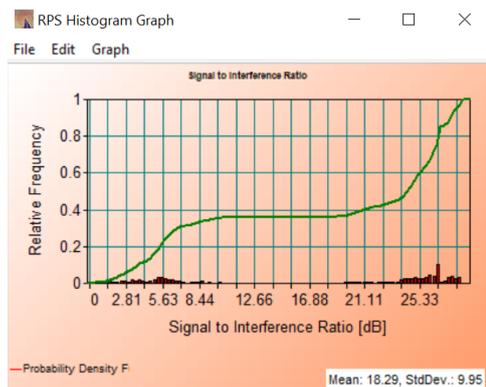
Pada Gambar 11 dapat terlihat bahwa nilai RSSI setelah dilakukan perbaikan adalah -57.73 dBm dengan nilai standar deviasi 10,15. Nilai tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Rumus (1) untuk mendapat nilai RSRP.

$$\text{RSRP (dBm)} = -57.73 - 30.79$$

$$\text{RSRP (dBm)} = -88.52 \text{ dBm}$$

Setelah dilakukan perhitungan di atas maka didapat nilai RSRP nya adalah -88.52 dBm yang berarti sudah memenuhi target KPI.

Nilai SIR setelah perbaikan dapat dilihat pada Gambar 10.

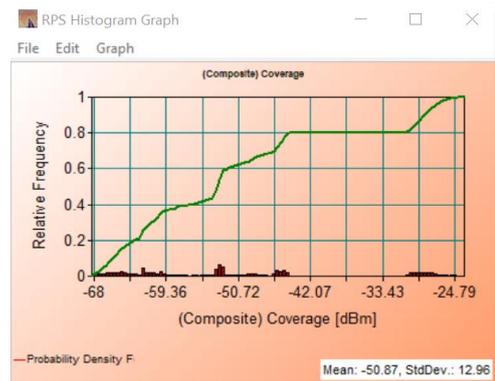


Gambar 12. Nilai SIR setelah perbaikan dengan *Possibility Upgrade Vertical*.

Dari Gambar 12 terlihat bahwa nilai SIR yang didapat setelah melakukan perbaikan adalah 18,29 dB.

#### Hasil Perbaikan dengan *Split Sectorize*

Nilai RSRP dan SIR yang berubah setelah ditambahkan sektor antenna baru adalah sebagai berikut.



Gambar 13. Nilai RSSI setelah perbaikan dengan *Split Sectorize*.

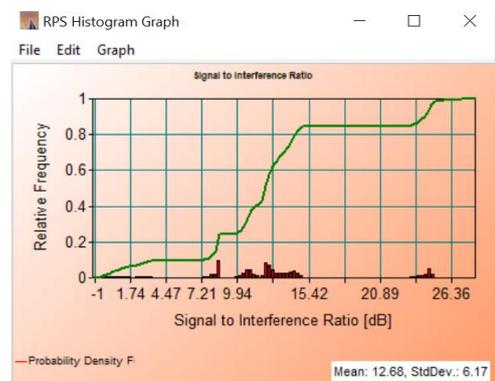
Pada Gambar 11 terlihat bahwa nilai RSSI setelah dilakukan perbaikan adalah -50.87 dBm dengan nilai standar deviasi 10,15. Nilai tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Rumus (1) untuk mendapat nilai RSRP.

$$\text{RSRP (dBm)} = -50.87 - 30.79$$

$$\text{RSRP (dBm)} = -81.66 \text{ dBm}$$

Setelah dilakukan perhitungan di atas maka didapat nilai RSRP nya adalah -81.66 dBm yang berarti sudah memenuhi target KPI.

Nilai SIR setelah perbaikan dengan *split sectorize* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 14. Nilai SIR setelah perbaikan dengan *Split Sectorize*.

#### Rekapitulasi Hasil Perbaikan

Nilai RSRP dan SIR sebelum dan setelah perbaikan telah dirangkum pada Tabel 7, Lengkap untuk Teknik *Possibility Upgrade Vertical* maupun *Split Sectorize*. Keterangan singkat untuk tabel tersebut, (0) adalah nilai parameter sebelum perbaikan dan (1) adalah nilai parameter setelah perbaikan.

Tabel 7. Rekapitulasi hasil perbaikan dengan *Possibility Upgrade Vertical*.

Parameter	(0)dBm	(1)dBm	Kesimpulan
RSRP	-96.29	-88.52	Mencapai
SINR	15.15	18.29	target KPI

Setelah melakukan simulasi menggunakan teknik *Possibility Upgrade Vertical*, maka didapat hasil analisisnya yaitu, nilai RSRP dan SIR meningkat dan mencapai target KPI.

Tabel 8. Rekapitulasi hasil perbaikan dengan *Split Sectorize*.

Parameter	(0)dBm	(1)dBm	Kesimpulan
RSRP	-96.29	-81.66	Nilai
SINR	15.15	12.68	RSRP

Hasil dari teknik perbaikan dengan penambahan sektor antena adalah nilai RSRP meningkat tajam sebanyak 4,42 poin, sedangkan SIR mengalami penurunan sebanyak 2,47 poin. Ini berarti nilai RSRP berubah dari 'Poor' ke 'Normal' tetap berada dalam kategori 'Normal'.

## SIMPULAN

- *Leaky Cables* adalah teknologi yang digunakan untuk terowongan bawah tanah MRT Jakarta.
- *Possibility Upgrade Vertical* dan *Split Sectorize* merupakan upaya perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas daya sinyal terima karena dapat meningkatkan nilai RSRP dan CINR.

Pengembangan dari teknologi dan penelitian sebelumnya, penelitian ini membahas tentang MRT Jakarta dan membahas tentang *leaky cables* serta teknik optimasi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas sinyal terima di layanan LTE.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putra, Panji, and Abdul, *4G LTE Advanced for Beginner and Consultant*. Depok: Prandia Self Publishing, 2017.
- [2] B. Sinaga, "Perencanaan Jaringan Indoor Untuk Teknologi LTE di Gedung Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom," no., 2016.
- [3] "Antenna Patterns and Their Meaning," *Cisco*.
- [4] F. Hirtenfelder and S. Murray, "Leaky Cables Make Fine Broadband Antennas," *Microw. J.*, no. March, pp. 1–7, 2015.
- [5] Cablefree, "RSRP and RSRQ Measurement in LTE," *laroccasolutions*.
- [6] A. Hikmaturokhman, L. Wardana, and B. Gernando, "4G Handbook Versi Bahasa Indonesia Jilid 2," 2015.
- [7] P. T. Seluler, "MRT Jakarta Design." PT Telkomsel, Jakarta.
- [8] D. H. and D. J. V. D.J. Deibner, J. Hubner, "Radiowave Propagation Simulator (RPS) User Manual," 2015.