

# Perencanaan Jaringan 5G-NR Pada Frekuensi 26 GHZ Untuk Layanan V2I (*Vehicle to Infrastructure*) Di Kota Surabaya

Hamzah U. Mustakim <sup>1</sup>, Fannush Shofi Akbar <sup>2</sup> and Muchammad Dimas Novianto <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Affiliation 1; [e-mail@e-mail.com](mailto:e-mail@e-mail.com)

<sup>2</sup> Affiliation 2; [e-mail@e-mail.com](mailto:e-mail@e-mail.com)

<sup>3</sup> [dmsvnt@gmail.com](mailto:dmsvnt@gmail.com)

**Abstrak:** Perkembangan teknologi seluler saat ini dibutuhkan untuk senantiasa memberikan data yang unggul dan memuaskan pengguna dalam proses pengiriman dan penerimaan layanan telekomunikasi. Layanan 5G New Radio yang membutuhkan kecepatan, jangkauan, dan keandalan, memerlukan berbagai solusi jaringan, baik dari segi jaringan yang ada maupun jaringan baru yang potensial. Terdapat tiga kategori utama uses cases pada 5G, yaitu Massive Machine Type communications, Ultra-reliable low latency communications dan Enhanced Mobile Broadband. Penelitian ini melakukan perencanaan jaringan 5G New Radio menggunakan frekuensi mmWave pada frekuensi 26 GHz dan bandwidth 100 MHz di jalan Protokol Surabaya seperti Jl. Tunjungan sampai Jl. Gubernur Suryo. Penelitian ini mengkalkulasi data berdasarkan analisa cakupan berdasarkan propagasi UMi dengan mengkalkulasi link budget 5G dengan analisa kapasitas berdasarkan ETSI 38.901. berdasarkan hasil SS-RSRP analisa cakupan dan kapasitas diperoleh sinyal dengan kategori bagus, sedangkan hasil SS-SINR pada analisa cakupan dan kapasitas diperoleh sinyal dengan kategori normal.

**Kata Kunci:** 5G-NR, Frekuensi High Band 26 GHz, Propagasi UMi

## *5G-NR Network Planning at 26 GHZ Frequency for V2I (Vehicle to Infrastructure) Services In Surabaya City*

**Abstract:** The development of cellular technology is currently needed to always provide superior data and satisfy users in the process of sending and receiving telecommunication services. 5G New Radio services that require speed, coverage, and reliability, require a variety of network solutions, both in terms of existing networks and potential new networks. There are three main categories of use cases in 5G, namely Massive Machine Type communications, Ultra-reliable low latency communications, and Enhanced Mobile Broadband. This research is planning a 5G New Radio network using the mmWave frequency at a frequency of 26 GHz and a bandwidth of 100 MHz on Surabaya Protocol roads such as Jl. Tunjungan to Jl. Governor Surya. This study calculates data based on coverage analysis based on UMi propagation by calculating the 5G link budget with

capacity analysis based on ETSI 38,901. Based on the results of the SS-RSRP analysis of coverage and capacity, the signal was obtained in a good category, while the results of SS-SINR analysis of coverage and capacity, the signal was obtained in a normal category.

**Keywords:** 5G-NR, Highband Frequency 26 GHz, Umi Propagation.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang telekomunikasi khususnya di bidang seluler mengalami kemajuan yang pesat. Perkembangan teknologi seluler saat ini dibutuhkan untuk senantiasa memberikan data yang unggul dan memuaskan pengguna dalam proses pengiriman dan penerimaan layanan telekomunikasi. Layanan 5G New Radio yang membutuhkan kecepatan, jangkauan, dan keandalan, memerlukan berbagai solusi jaringan, baik dari segi jaringan yang ada maupun jaringan baru yang potensial. Persyaratan teknis yang diharapkan untuk 5G NR adalah kecepatan data tinggi serta latensi yang rendah.

Teknologi 5G merupakan standar teknologi mobile broadband generasi ke-5, sebagai evolusi signifikan dari jaringan 5G NR yang dikeluarkan oleh 3rd Generation Partnership Project. Teknologi 5G diharapkan secara fundamental mampu mengubah peran teknologi telekomunikasi yang ada di masyarakat serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan melayani kebutuhan digitalisasi masyarakat bahkan seluruh dunia yang terhubung ke jaringan kapan pun diperlukan dan antar perangkat melalui Internet of Things. Selain itu penggunaan model propagasi yang dipilih dalam perencanaan jaringan 5G, khususnya di Indonesia, masih dalam tahap penelitian. Model propagasi 3GPP ETSI merupakan salah satu model propagasi yang disarankan dari 3GPP untuk diimplementasikan pada pita frekuensi 26 GHz, dan akan dicoba dilakukan analisis perencanaan 5G pada penelitian ini dengan menggunakan model propagasi tersebut.

Diharapkan dengan menggunakan model propagasi tersebut, dapat membantu dalam proses perencanaan jaringan 5G agar mendapatkan jumlah site yang optimal untuk mencakup area yang diamati pada penelitian ini. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka akan dilakukan penelitian layanan jaringan 5G untuk mendukung pergelaran jaringan 5G.

## 2. Tinjauan Pustaka

- 2.1 Pada penelitian yang dilakukan oleh Rai Nur Esa, Alfin Hikmaturokhman dan Achmad Rizal Danisya dengan judul "5G NR Planning at Frequency 3.5 GHz : Study Case in Indonesia Industrial Area" membahas perencanaan jaringan 5G NR dengan frekuensi 3,5 GHz berdasarkan coverage area di kawasan industri Pulogadung dengan luas 5 km<sup>2</sup>. Hasil disimulasikan menggunakan software Mentum Planet 7.2.1 dengan 8 skenario uplink; dan downlink; outdoor-to-outdoor dan outdoor-to-indoor ; line of sight dan non-line of sight dengan menggunakan model propagasi UMA berdasarkan standar 3GPP TR 38.901. Dari seluruh parameter skenario SS-RSRP yang diamati, skenario 1 memiliki rata-rata SS-RSRP tertinggi sebesar -92,95 dBm dan rata-rata SS-RSRP terendah dihasilkan dari skenario 2 sebesar -97,16 dBm.[1]
- 2.2 Pada penelitian yang dilakukan oleh Grazielle Bonaldo Teixeira dengan judul "5G Radio Planning for Connected and Autonomous Vehicles services" yang membahas tentang analisa perencanaan jaringan 5G untuk layanan CAV pada daerah Lisbon, Portugal untuk pengembangan teknologi jaringan 5G pada layanan transportasi dengan tujuan untuk mempelajari laju data pengguna layanan CAV yang dipertimbangan pada proyek 5G MOBIX dari program Horizon 2020. Hasil dari analisa coverage planning yaitu kalkulasi dalam UL dan DL dengan hasil rata-rata mencapai -95, -113, 94 dan -126 dbm dalam UL dan -71, -89, -70 dan -102 dBm dalam DL.[2]
- 2.3 Pada penelitian yang dilakukan oleh Ferdinanta Karo Karo, Alfin Hikmaturokhman dan Muntaqo Alfin Amanaf dengan judul 5G New Radio NR Network Planning at Frequency of 2. 6

GHz in Golden Triangle of Jakarta yang membahas tentang perencanaan jaringan 5G NR pada frekuensi 2,6 GHz dan disimulasikan menggunakan Software Mentum Planet 7. 3. 0 dengan metode perencanaan coverage di Golden Triangel Jakarta dengan area perencanaan 7. 2 km<sup>2</sup> berdasarkan model propagasi UMa Makro perkotaan Ngarai jalanan. Model berdasarkan standar 3GPP TR 38. 901 dan menggunakan 2 skenario perencanaan untuk downlink outdoor-to-outdoor O2O line of sight LOS dan outdoor-to-outdoor O2O non line of sight NLOS. Parameter SS-RSRP menunjukkan bahwa Skenario 2 Downlink-O2O-NLOS memiliki rata-rata SS-RSRP tertinggi yaitu -65. 873 dBm sedangkan rata-rata SS-RSRP terendah diperoleh oleh Skenario 1 Downlink-O2O - LOS yaitu -95. 94 dBm. Parameter data rate menunjukkan bahwa Skenario 2 Downlink-O2O-NLOS memiliki data rate rata-rata terendah yaitu 126 dBm.[3]

2.4 Pada penelitian yang dilakukan oleh Dhuja Handika Yondri Pratama dengan judul “Perencanaan Jaringan 5G NR (New Radio) pada Frekuensi 700 MHz dan 3500 MHz menggunakan Carrier Aggregation di Kawasan Industri Karawang” yang membahas tentang perencanaan jaringan 5G NR menggunakan frekuensi 700 MHz dan 3500 MHz di Kawasan Industri Karawang, dengan menggunakan model propagasi Rural Macrocell (RMA) dan teknik Carrier Aggregation. Simulasi penelitian ini menggunakan software Mentum Planet versi 7.3 dengan parameter terukur adalah SSRSRP, SINR, dan Data Rate. Carrier Aggregation terbukti memberikan kinerja jaringan yang lebih baik pada 700 MHz sebagai primary cell dan 3500 MHz sebagai secondary cell dengan peningkatan nilai maksimum hingga 561% pada SS-RSRP dan 68% pada data rate, namun SS-SINR menurun sebesar 8,84%. [4]

### 3. Metode dan Pemodelan

Pada penelitian ini data-data yang dikumpulkan antara lain luas wilayah, jumlah penduduk dan posisi geografis. Data tersebut diperoleh katalog Badan Pusat Statistik Kota Surabaya secara online dan mengalokasikan wilayah dengan menggunakan google earth. Untuk menghitung kepadatan pengguna jalan menggunakan data yang diperoleh dari data Dinas Perhubungan Kota Surabaya dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini mengkalkulasi data berdasarkan analisa cakupan dan kapasitas setelah data wilayah Kota Surabaya dikumpulkan. Setelah semua data terkumpul dilakukan simulasi menggunakan *software* Atoll, simulasi ini merancang gNodeB yang telah dihitung sebelumnya.

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kota Surabaya yang memiliki luas wilayah 326,8 km<sup>2</sup>, Penelitian ini akan menggunakan model propagasi UMi karena wilayah Surabaya adalah daerah urban dengan ketentuan pita frekuensi 0,5 – 100 GHz sesuai standar 3GPP 38.901 tentang model propagasi. Penelitian ini menggunakan bandwidth 100 MHz.

### 4. Hasil dan Analisa

#### 4.1. Hasil perencanaan berdasarkan analisa cakupan

##### 4.1.1. Link Budget

Link budget merupakan total perhitungan gain dan loss dalam sebuah sistem untuk mengetahui Received Signal Level (RSL) yang diterima User Equipment (UE).

**Tabel 4.1.** Berikut ini adalah parameter Link Budget.

Parameter	Downlink
<i>gNodeB Transmitter Power (dBm)</i>	35
<i>Resource block</i>	132
<i>Subcarrier quantity</i>	1584
<i>gNodeB antenna gain (dBi)</i>	3
<i>gNodeB cable loss (dB)</i>	0

<i>Penetration Loss (dB)</i>	12,23
<i>Foliage Loss (dB)</i>	5
<i>Body Block Loss (dB)</i>	15
<i>Interference Margin (dB)</i>	0,5
<i>Rain / Ice Margin (dB)</i>	3
<i>Slow fading margin (dB)</i>	7
<i>UE antenna gain (dB)</i>	0
<i>Bandwidth (MHz)</i>	100
<i>Konstanta boltzman (K) (mWs/K)</i>	$1.38 \times 10^{-20}$
<i>Temperature (Kelvin)</i>	293
<i>Thermal noisa power (dBm)</i>	-153.93
<i>UE noise figure (dB)</i>	7
<i>Demodulation threshold SINR (dB)</i>	-1.1

Dari kalkulasi link budget berdasar parameter diatas dilakukan perhitungan pathloss, didapat hasil pathloss 111,31 dB

$$\begin{aligned} \text{pathloss} &= 35 - 10 \log(1584) + 3 - 0 - 12,23 - 5 - 15 - 3 - 7 + 0 - 153,93 - 7 - (-1,1) \\ &= 111,31 \text{ dB} \end{aligned}$$

#### 4.1.2. Propagasi UMi

Setelah menentukan nilai pathloss berdasarkan parameter 3GPP 38.901, selanjutnya adalah melakukan perhitungan jarak antara gNodeB dan pengguna berdasarkan propagasi model UMi - LOS dengan memasukkan beberapa variabel pada tabel berikut

**Tabel 4.2.** Parameter Propagasi UMi.

Variabel	Nilai
<b>hE</b>	1 m
<b>h<sub>BS</sub></b>	10 m
<b>h<sub>UT</sub></b>	1,5 m
<b>d'BP</b>	$4 \times h'_{BS} \times h'_{UT} \times f/c$
<b>C</b>	$3 \times 10^8$
<b>h'BS</b>	9 m
<b>h'UT</b>	0,5 m
<b>d'BP</b>	1560 m

Berdasarkan variabel pada tabel 4.2, digunakan pada perhitungan model propagasi UMi berdasarkan base station O2O pada kondisi LOS menggunakan persamaan

$$PL = 40 \log(d_{3D}) + 28 + 20 \log(f_c) - 9 \log((d'_{BP})^2 + (h_{BS} - h_{UT})^2)$$

Keterangan :

*PL* = Nilai *pathloss* (dBm)

*d<sub>3D</sub>* = Resultan dari nilai (*h'BS* × *h'UT*) dan nilai *d<sub>2D</sub>*

*d<sub>BP</sub>* = Jarak *break point* (m)

*f<sub>c</sub>* = Frekuensi (GHz)

*h<sub>BS</sub>* = Tinggi dari gNodeB (25 m)

*h<sub>UT</sub>* = Tinggi dari UT (1.5 m)

$$\begin{aligned}
 PL &= 40 \log (d_{3D}) + 28 + 20 \log (26) - 9 \log ((1560)^2 + (8,5)^2) \\
 PL &= 40 \log (d_{3D}) + 28 + 28,29947 - 57,47636 \\
 PL &= 40 \log (d_{3D}) - 1,17689 \\
 40 \log (d_{3D}) &= 111,31 + 1,17689 \\
 \log (d_{3D}) &= \frac{111,31 + 1,17689}{40} \\
 (d_{3D}) &= 648,8915 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.3. Cell Radius

Nilai cell radius (d2D) diperlukan guna jarak antara pemancar dengan penerima.

$$\begin{aligned}
 d_{2D} &= \sqrt{(((d_{3D}))^2 - (h_{BS} - h_{UT})^2)} \\
 d_{2D} &= \sqrt{(((648,8915))^2 - (8,5)^2)} \\
 d_{2D} &= 648,83583 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.4. Sensitivitas

Sensitivitas digunakan untuk menentukan nilai minimum daya input pada penerima dari perspektif kendaraan.

**Tabel 4.3.** Parameter Sensitivitas.

Parameter	Variabel	Value
Jumlah resource block	$N_{RB}^{BW(i),\mu}$	132
Signal to Noise Radio	SCS (KHz)	60
Subcarrier quantity	$N_{SC}^{RB}$ (dB)	1584
Noise figure	NF (dB)	7
Demodulation threshold SINR	SNR (dB)	-1,1
Interference margin	$I_m$ (dB)	0,5
Jumlah maksimal lapisan MIMO	$v_{layers}^{(j)}$	8
Diversity gain	$G_d$ (dB)	9,0309

Selanjutnya diperlukan adanya *diversity gain* dengan menggunakan persamaan dibawah diperoleh hasilnya sebesar 9,0309 dB.

$$\begin{aligned}
 G_{d[dB]} &= 10 \log (v_{layers}^{(j)}) \\
 G_{d[dB]} &= 10 \log (8) = 9,0309 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Kemudian, diperoleh sensitivitas sebesar -85,6461 dBm. Hasil ini termasuk pada kategori baik dengan ketentuan sensitivitas lebih dari -120 dBm.

$$\begin{aligned}
 S_{[dBm]} &= -154 + 10 \log (N_{RB}^{BW(i),\mu} * SCS_{[kHz]} * N_{SC}^{RB}) + NF_{[dB]} + SNR_{[dB]} + I_{m[dB]} - G_{d[dB]} \\
 S_{[dBm]} &= -154 + 10 \log (132 \times 60 \times 1584) + 7 + (-1,1) + 0,5 - 9,0309 \\
 &= -154 + 10 \log (132 \times 60 \times 1584) + 7 + -1,1 + 0,5 - 9,0309 \\
 &= -154 + 70,9848 + 7 + (-1,1) + 0,5 - 9,0309 \\
 &= -85,6461 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.5. Jumlah Kendaraan Per-Cell

Perhitungan ini digunakan untuk memperkirakan kepadatan kendaraan yang tercakup oleh masing-masing cell. Perhitungan ini menggunakan persamaan

$$\begin{aligned}
 ISD &= \sqrt{3} \times d_{2D} \\
 ISD &= \sqrt{3} \times 0,64883583 \\
 &= 1,12382
 \end{aligned}$$

yaitu menentukan jarak antara pusat heksagonal cell di sepanjang jalan. Diperoleh jarak antara pusat heksagonal cell selebar 1,04838 m. Hal ini menyatakan bahwa  $ISD < \text{panjang jalan}$ , maka untuk menghitung jumlah site/1km menggunakan persamaan 1 di persamaan

$$N_{s/5km}^c = \begin{cases} \frac{RL_{[km]}}{ISD_{[km]}}, & ISD < \text{panjang jalan} \\ 1, & ISD \geq \text{panjang jalan} \end{cases}$$

$$N_{s/1km}^c = \frac{1,5 \text{ km}}{1,12382} = 1,33473 = 1 \text{ site}$$

diperoleh sebanyak 1 jumlah site untuk seluruh bentangan cell berdasarkan cakupan. Kemudian, menentukan jumlah cell/km menggunakan persamaan

$$N_{cells/km}^c = \frac{1}{ISD_{[km]}} * 2$$

$$N_{cell/km}^c = \frac{1}{1,04838} \times 2 = 1,77964 = 1 \text{ cell}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh jumlah site yang dibutuhkan sebanyak 1 site dan dalam 1 km berjumlah 1 cell. Dengan demikian, untuk kebutuhan site sepanjang jalan 1 km<sup>2</sup> diperlukan sebanyak 1 site. Setelah menentukan jumlah bentangan cell dan jumlah cell/km, kemudian adalah menentukan jumlah kendaraan percell menggunakan persamaan

$$N_{v/cell}^c = \frac{N_{v/km}}{N_{cells/km}^c}$$

$$N_{v/cell}^c = \frac{N_{v/km}}{N_{cells/km}^c} = \frac{13.577}{1} = 13.577 \text{ kendaraan/cell}$$

Keterangan : ISD = Jarak antar site

$N_{s/5km}^c$  = Jumlah situs untuk keseluruhan bentangan berdasarkan cakupan.

$N_{v/cell}^c$  = Jumlah kendaraan per sel berdasarkan cakupan.

$N_{v/km}$  = Jumlah kendaraan per km

## 4.2. Hasil perencanaan berdasarkan analisa kapasitas.

### 4.2.1. Kepadatan Lalu Lintas

Berdasarkan data pada penelitian sebelumnya pada 2022, diperoleh bahwa Jumlah kepadatan kendaraan mencapai 13.577 kendaraan/jam dengan kecepatan rata – rata waktu kendaraan yaitu 26,9 km/jam.[5]

### 4.2.2. Perhitungan Data Rate

Perhitungan data rate dilakukan untuk membandingkan lalu lintas data yang diminta dari kendaraan dengan kapasitas gNodeB berdasarkan standar untuk layanan V2I. Perhitungan ini menggunakan persamaan dengan menggunakan parameter pada tabel 4.4.

$$Data \text{ rate (Mbps)} = 10^{-6} \cdot \sum_{j=1}^J (v_{Layers}^{(j)} \cdot Q_m^{(j)} \cdot f^{(j)} \cdot Rmax \cdot \frac{N_{PRB}^{BW(j) \cdot \mu} \cdot 12}{T_s^\mu} \cdot (1-OH^{(j)}))$$

$$Data \text{ rate (Mbps)} = 10^{-6} \cdot \sum_{j=1}^J (a^{(j)} \times 8 \times 8 \times 1 \times \frac{132.12}{10^{-3}} \times (1-0,18))$$

$$= 64 \times 0,925 \times 44352000 \times 0,82$$

$$= 2153023488 \text{ bps} = 2.153 \text{ Mbps}$$

**Tabel 4.4.** Parameter Data rate

Parameter	Nilai
$V_{Layers}^{(j)}$	8
$Q_m^{(j)}$	8
$f^{(j)}$	1
<b>Rmax</b>	0,925
$\mu$	1
<b>BW</b>	100
$OH^{(j)}$	0.18 untuk DL FR2

4.2.3. Jumlah kendaraan per layanan

Perhitungan jumlah kendaraan per layanan digunakan untuk merencanakan jaringan untuk menganalisis seberapa siap jaringan untuk menyediakan layanan minimum untuk layanan V2I berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Perhitungan ini menggunakan persamaan

$$N_v^s = \frac{D_{rate,[Mbps]}}{U_{v,[Mbps]}^s}$$

Keterangan :

$N_v^s$  = Jumlah kendaraan per layanan yang didukung oleh jaringan

$U_{v,[Mbps]}^s$  = Kecepatan data pengguna minimum dan maksimum perkendaraan, perlayanan. yang disesuaikan dengan tabel 4.6.

Minimum data rate (Mbps)	Maksimum data rate (Mbps)	
Layanan	DL	DL
Vehicle Platooning	50	100
Advanced driving	0,2	100
Extended driving	10	200
Remote driving	2	200
<b>Jumlah</b>	<b>600</b>	

Diperoleh layanan maksimum data rate pada kondisi DL adalah 600 Mbps.

$$N_v^s = \frac{2153}{600} = 3,58 = 4 \text{ site}$$

Adapun perhitungan jumlah kendaraan perkm dimana untuk persentasi kendaraan V2I mencapai 80% dan dibagi dengan 1 ruas jalan di Jl. Tunjungan sampai Jl. Gubernur Suryo. Diperoleh jumlah kendaraan perkm mencapai 10.861 kendaraan/ruas jalan.

$$N_{v/km}^{cap} \times 80 : 1 \text{ ruas jalan.}$$

$$= 13.577 \times 80\% : 1 = 10.861 \text{ kendaraan / ruas jalan.}$$

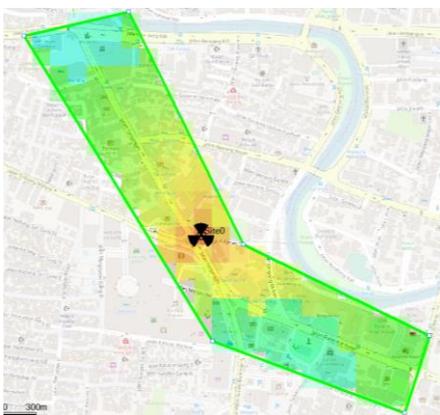
4.3. Simulasi pada Software Atoll 5G.

4.3.1. Simulasi berdasarkan analisa cakupan.

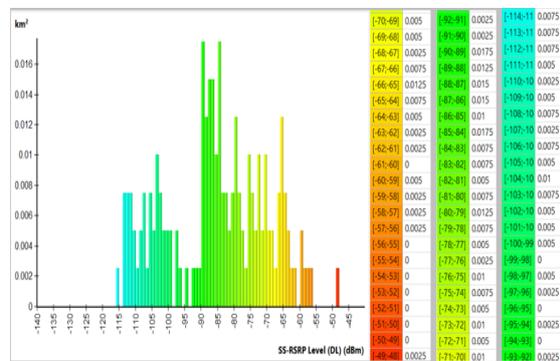
Adapun parameter yang digunakan pada simulasi berdasarkan cakupan seperti berikut.

- Tinggi antenna : 10m
- Sektor antenna : 3 sektor
- Antenna : 3 dBi 26 GHz

4.3.1.1. Simulasi SS-RSRP



(a)

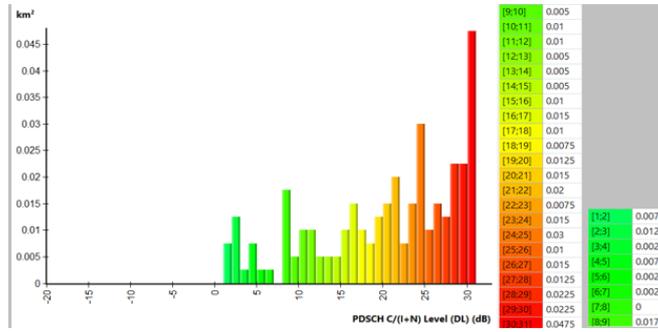


(b)

**Gambar 1.** Berikut adalah gambar jumlah site dari simulasi pada software Atoll 5G untuk analisa berdasarkan cakupan: (a) Pada Analisa cakupan terdapat 1 site; (b) Hasil SS-

RSRP dari simulasi berdasarkan analisa cakupan, Berdasarkan hasil simulasi menunjukan level rata-rata SS-RSRP yang dinyatakan pada histogram mencapai -85,41 dBm.

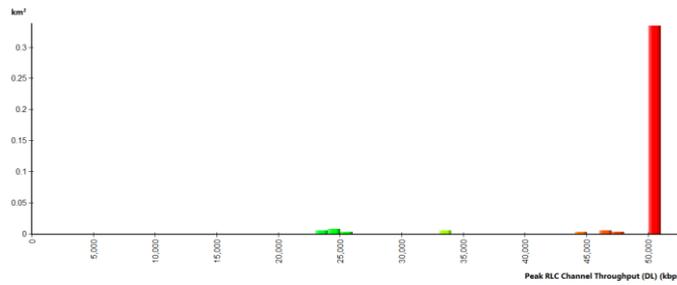
4.3.1.2. Simulasi SS-SINR



(a)

**Gambar 2.** (a) Hasil SS-SINR dari simulasi berdasarkan analisa cakupan, Berdasarkan hasil simulasi menunjukan level rata-rata SS-SINR yang dinyatakan pada histogram mencapai 20,47 dB seperti pada gambar.

4.3.1.3. Simulasi Throughput

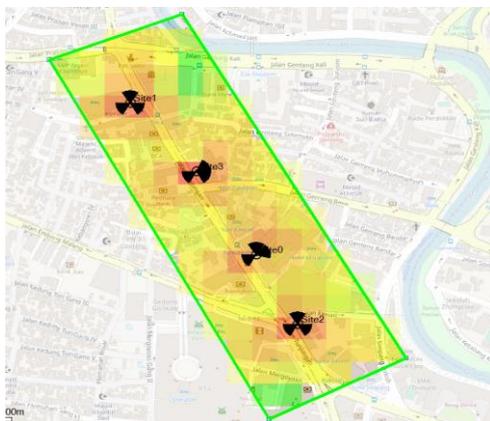


(a)

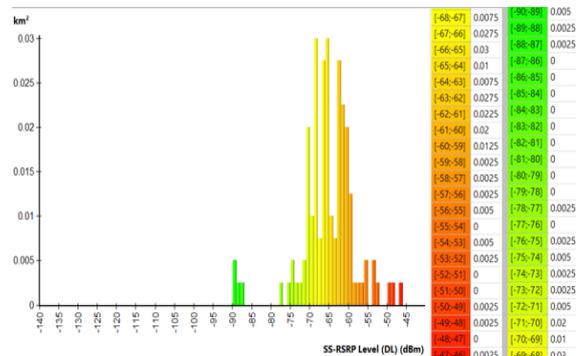
**Gambar 3.** (a) Hasil Throughput dari simulasi berdasarkan analisa cakupan, Berdasarkan pada simulasi diperoleh rata-rata throughput mencapai 221.562,41 Kbps atau 221 Mbps.

4.3.2. Simulasi berdasarkan analisa kapasitas

4.3.2.1. Simulasi SS-RSRP



(a)

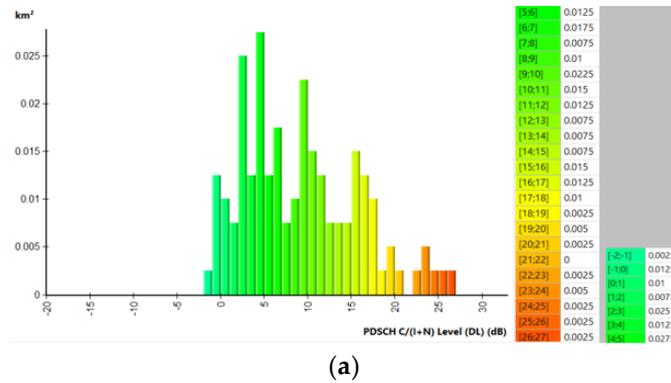


(b)

**Gambar 4.** Berikut adalah gambar jumlah site dari simulasi pada software Atoll 5G untuk analisa berdasarkan kapasitas: (a) Pada analisa kapasitas terdapat 4 site; (b) Hasil SS-RSRP dari

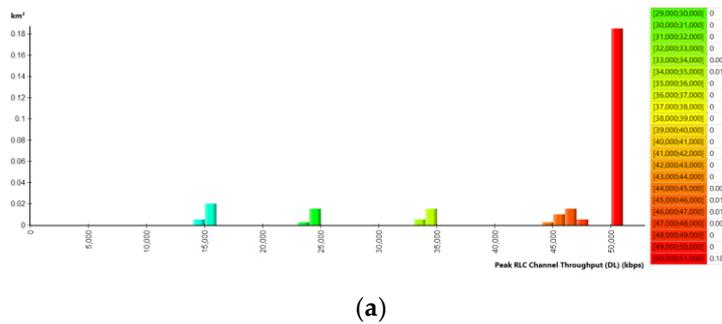
simulasi berdasarkan analisa kapasitas, Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan level rata-rata SS-RSRP yang dinyatakan pada histogram mencapai -65,35 dBm.

4.3.2.2. Simulasi SS-SINR.



**Gambar 5.** (a) Hasil SS-SINR dari simulasi berdasarkan analisa kapasitas, Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan level rata-rata SS-SINR yang dinyatakan pada histogram mencapai 9,08 dB seperti pada gambar.

4.3.2.3. Simulasi Throughput.



**Gambar 6.** (a) Hasil Throughput dari simulasi berdasarkan analisa kapasitas, Berdasarkan analisa kapasitas pada gambar diperoleh rata-rata throughput mencapai 106.536,82 Kbps atau 106 Mbps.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian untuk desain perencanaan jaringan seluler 5G NR 26 GHz di Kota Surabaya, dapat disimpulkan bahwa:

- Berdasarkan perkembangan kepadatan lalu lintas di sepanjang Jl. Tunjungan sampai Jl. Gubernur Suryo, diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada tahun 2022 sekitar 13.577 volume/jam.
- Berdasarkan simulasi pada software and optimization 5G diperoleh level sinyal SS-RSRP, SS-SINR dan throughput seperti berikut:
  - a) Pada analisa cakupan diperoleh :
    - Rata-rata SS-RSRP -85,41 dBm termasuk sinyal kategori bagus sebesar 76,025%. Rata-rata SS-SINR 20,47 dB termasuk sinyal kategori normal sebesar 74,63%. Throughput 221 Mbps
  - b) Pada analisa kapasitas diperoleh :
    - Rata-rata SS-RSRP -65,35 dBm termasuk sinyal kategori bagus sebesar 100%. Rata-rata SS-SINR 9,08 dB termasuk kategori normal sebesar 72,34%. Throughput sebesar 106 Mbps.

## Referensi

1. R. N. Esa, "Perencanaan 5G NR pada Frekuensi 3 . 5 GHz : Studi Kasus di Kawasan Industri Indonesia," pp. 187–193, 2020.
2. E. Eletr, "5G-NR Radio Planning for Connected and Autonomous Vehicles Services," no. February, 2021.
3. F. K. Karo, A. Hikmaturokhman, and M. A. Amanaf, "5G New Radio (NR) Network Planning at Frequency of 2.6 GHz in Golden Triangle of Jakarta," 2020 3rd Int. Semin. Res. Inf. Technol. Intell. Syst. ISRITI 2020, no. June, pp. 278–283, 2020, doi: 10.1109/ISRITI51436.2020.9315504.
4. D. H. Y. Pratama, "DASAR TEORI," pp. 6–25, 2021.
5. Wahyudi, M. I. (2022). Penataan Lalu Lintas Kawasan Pariwisata Tunjungan Romansa di Kota Surabaya. <http://digilib.ptdisttd.net/1660/>