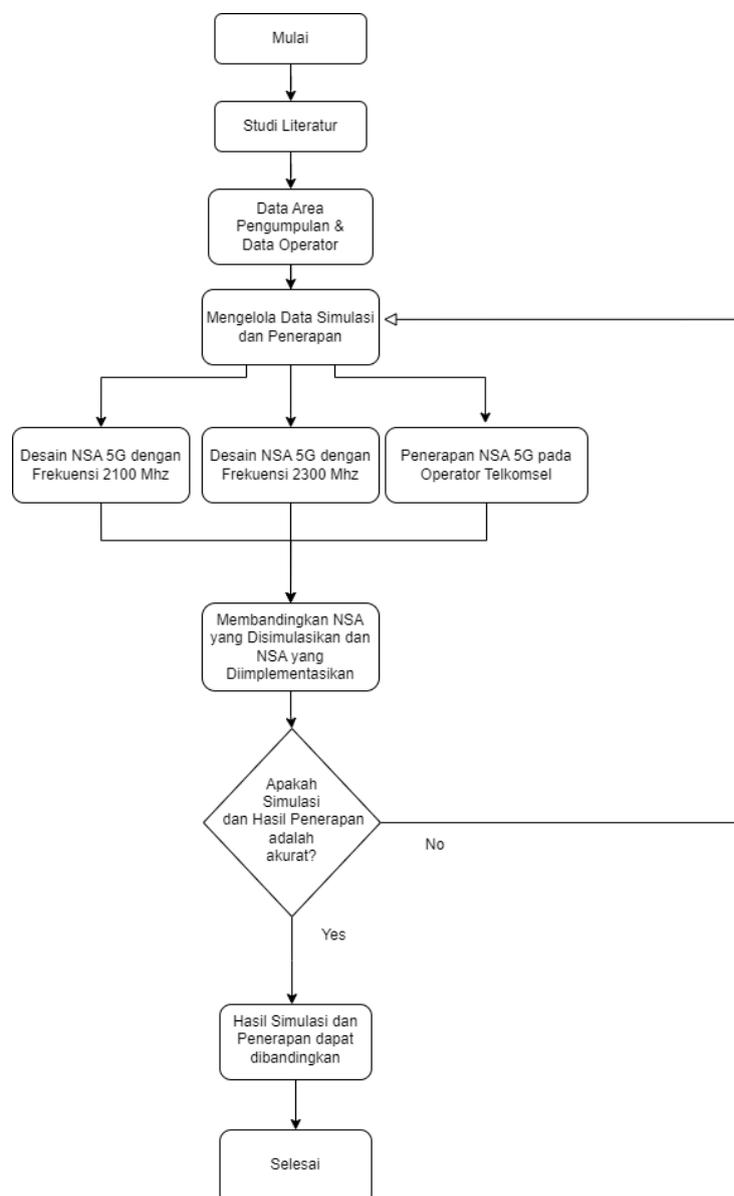


## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini melibatkan langkah-langkah yang digunakan untuk mencapai hasil yang direncanakan, seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. Langkah-langkah tersebut meliputi tahap studi literatur, tahap perancangan sistem, melakukan simulasi, tahap analisis dari hasil simulasi, dan yang terakhir kesimpulan. Pada Gambar 3.1 menggambarkan urutan langkah-langkah yang diikuti dalam penelitian ini.



**Gambar 3. 1 Alur Penelitian**

*Flowchart* pada Gambar 3.1 adalah representasi visual yang mengilustrasikan langkah-langkah yang menggambarkan proses dari tahap awal perencanaan hingga tahap akhir penelitian. Alur penelitian ini dimulai dengan langkah pertama yaitu tinjauan literatur. Pada tahap ini, penelitian ini mengumpulkan data dan informasi terkait topik penelitian untuk memperoleh pemahaman yang baik sebelum melanjutkan ke proses berikutnya. Selanjutnya, penelitian ini dilakukan pada wilayah di kecamatan Mampang Prapatan, Jakarta Selatan, yang memiliki luas wilayah sebesar 7,8 km<sup>2</sup>. Penelitian ini difokuskan pada evaluasi perbedaan dalam perancangan jaringan 5G antara hasil simulasi menggunakan frekuensi 2300 Mhz dengan *bandwidth* 30 Mhz dan 2100 Mhz dengan *bandwidth* 20 Mhz dan penerapan jaringan 5G pada operator Telkomsel. Selanjutnya penelitian ini melaksanakan tahap *coverage planning* terlebih dahulu. Tujuan dari *coverage planning* adalah untuk memastikan bahwa jaringan 5G dapat mencakup area yang diinginkan dengan kualitas sinyal yang optimal. Dalam tahap ini, dilakukan perhitungan *pathloss*, *Link budget*, dan parameter-parameter lainnya untuk mengidentifikasi dan menganalisis dampak pelemahan sinyal antara *User equipment* (UE) dan *gNodeB* dalam jaringan 5G. Melalui perhitungan ini, diperoleh nilai *Maximum Allowable Pathloss* (MAPL) yang menentukan batas pelemahan sinyal yang masih dapat diterima. Selain itu, juga diperoleh informasi mengenai jangkauan sel (*cell range*) dari wilayah perencanaan. Pada perancangan ini, kita dapat menentukan kualitas sinyal yang diharapkan, seperti SS-RSRP, SS-SINR, dan *Throughput*, *Data rate*.

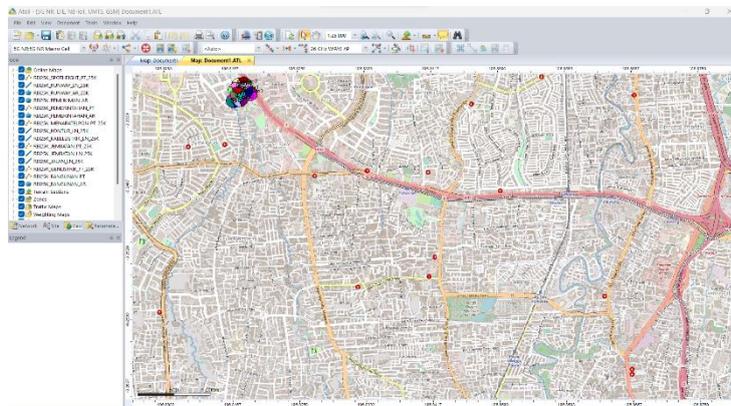
Setelah semua perencanaan dilakukan, langkah selanjutnya adalah tahap simulasi perancangan kedua teknologi tersebut. Pada tahap ini, menggunakan *software Atoll* untuk melakukan simulasi untuk menganalisis kinerja dan performa dari perancangan jaringan 5G. Selanjutnya, dilakukan analisis menggunakan parameter *radio planning*. Hasil simulasi tersebut akan divisualisasikan menggunakan Pustaka *Pandas*, sehingga memudahkan dalam pemahaman dan analisis data yang dihasilkan. Setelah simulasi, dilakukan analisis dan perbandingan antara hasil simulasi dan hasil penerapan sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Hasil analisis dan perbandingan ini menjadi penentu apakah tahap berikutnya dapat dilanjutkan. Jika hasil analisis dan perbandingan sesuai dengan ketentuan, maka kita dapat melanjutkan ke tahap analisis perbandingan perancangan jaringan 5G pada wilayah tersebut.

## 3.2 Alat Yang Digunakan

Didalam penelitian ini menggunakan beberapa alat yang digunakan untuk menunjang keberhasilan penelitian, diantaranya:

### 3.1.1 *Software Atoll*

Dalam penelitian ini, digunakan perangkat lunak *Atoll Simulator* sebagai alat simulasi untuk mengkaji kekuatan sinyal, seperti *Reference Signal Received Power* (RSRP), dan faktor-faktor terkait lainnya dalam konteks sistem komunikasi seluler. *Atoll Simulator* memiliki kemampuan untuk melakukan simulasi jaringan dan menganalisis kinerja sistem dengan mendalam. Dalam penelitian ini, *Atoll Simulator* digunakan untuk membandingkan kualitas dan kekuatan sinyal antara implementasi jaringan 5G pada operator Telkomsel dengan simulasi yang melibatkan variasi frekuensi yang berbeda. Dengan menggunakan perangkat lunak ini, penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang perbandingan kualitas sinyal dan kekuatan sinyal antara kedua simulasi dan implementasi tersebut, yang dapat digunakan sebagai dasar untuk memahami dan meningkatkan kinerja jaringan 5G secara efektif. Berikut merupakan tampilan *Software Atoll*, dapat dilihat pada Gambar 3.2.



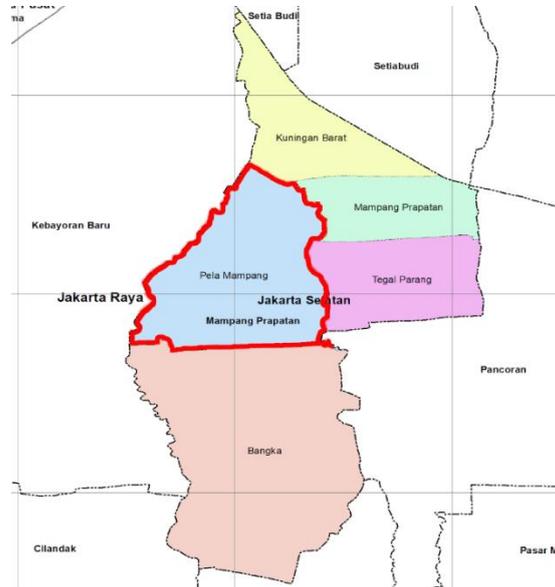
Gambar 3.2 *Software Atoll*

### 3.1.2 *Pustaka Pandas*

Pustaka *Pandas* adalah sebuah alat yang sangat berguna dalam pemrograman *Python* untuk melakukan analisis data numerik dan manipulasi data secara efisien. *Pandas* menyediakan struktur data yang kuat, seperti *DataFrames*, yang memungkinkan kita untuk mengimpor, mengorganisir, dan menganalisis data tabular dengan mudah. Dengan menggunakan *pandas*, kita dapat dengan cepat memproses data, melakukan operasi seperti penyaringan, pengelompokan, dan agregasi data, serta membuat visualisasi grafik yang menarik. Pada penelitian ini, penggunaan Pustaka

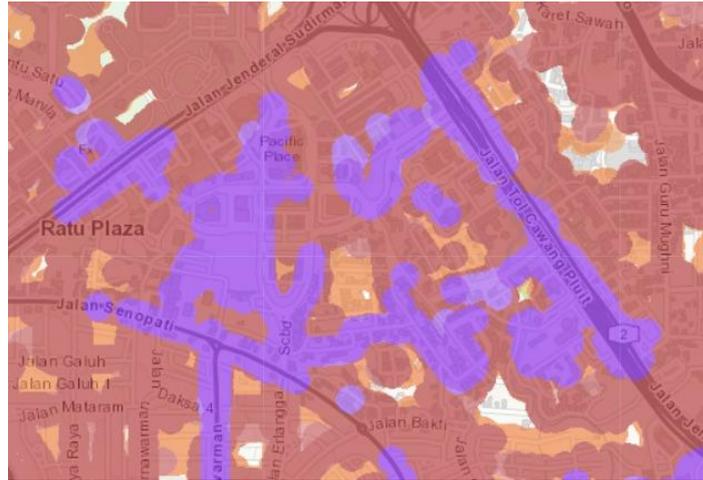
*Pandas* memudahkan dalam menganalisis hasil parameter perancangan sistem dan menampilkan informasi yang relevan dalam bentuk grafik yang mudah dipahami.

### 3.3 Deskripsi Wilayah Perencanaan



**Gambar 3.3 Wilayah Perencanaan Kecamatan Mampang Prapatan**

Pada Gambar 3.3 memperlihatkan wilayah perencanaan yang menjadi fokus dalam penelitian ini, yaitu kecamatan Mampang Prapatan di Jakarta Selatan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk di kecamatan ini mencapai 148.177 jiwa [25], dengan luas wilayah sekitar 7.8 km<sup>2</sup>. Dengan kepadatan penduduk sebesar 26.061 jiwa per km<sup>2</sup>, Mampang Prapatan merupakan daerah yang dinamis dan beragam di Jakarta Selatan, Indonesia. Kecamatan ini terkenal karena menjadi tempat tinggal bagi banyak komunitas menjadi pusat padat penduduk seperti kehidupan malam dengan kafe, restoran, dan bar yang trendi. Di samping itu, Mampang Prapatan juga memiliki sejumlah bangunan dan tempat penting yang menjadi daya tarik bagi penduduk lokal maupun wisatawan. Dalam konteks penelitian ini, jaringan 5G Telkomsel sudah tersedia di beberapa area di Mampang Prapatan, seperti Kemang, Kuningan, dan Blok M. Jaringan 5G ini memberikan kecepatan data yang lebih tinggi dan konektivitas yang lebih baik dibandingkan dengan jaringan 4G. Melalui pemantauan dan analisis di wilayah ini, penelitian ini bertujuan untuk memahami dan mengevaluasi dampak penggunaan jaringan 5G dalam konteks urban yang padat dan dinamis. Analisis ini mencakup penilaian kualitas sinyal dan kekuatan sinyal pada jaringan 5G yang telah diterapkan di beberapa area di Mampang Prapatan, seperti Kemang, Kuningan, dan Blok M. Data dan temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan untuk pengembangan jaringan 5G di kota-kota metropolitan sejenis.



**Gambar 3. 4 Ketersediaan Jaringan 5G**

Dalam gambar 3.4, terlihat penunjukan zona cakupan jaringan 5G di daerah The Telkom Hub, Jl. Gatot Subroto ditandai dengan simbol ungu. Namun, dominasi simbol merah yang menunjukkan cakupan jaringan 4G masih terlihat lebih dominan sehingga implementasi jaringan 5G di Mampang Prapatan masih dalam tahap awal dan belum tersebar secara luas.

### 3.4 Skenario Perancangan

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi perencanaan jaringan dengan mempertimbangkan area yang akan dicakup di dalam suatu wilayah. Evaluasi ini melibatkan beberapa faktor penting, seperti menghitung *Maximum Allowable Path loss* (MAPL), menggunakan model propagasi sinyal yang sesuai, melakukan perhitungan luas sel, dan menentukan jumlah *site* yang diperlukan.

#### 3.4.1 Perhitungan *Link budget*

Perhitungan *Link budget* dalam perencanaan jaringan memiliki peran penting dalam menentukan jumlah kebutuhan *site* dan memastikan kualitas sinyal yang optimal. Melalui perhitungan ini, nilai *Maximum Allowable Path loss* (MAPL) atau redaman lintasan maksimum antara *User equipment* (UE) dan *gNodeB* dapat ditentukan. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kekuatan sinyal, redaman *path loss*, dan tingkat kebisingan, jarak maksimum antara UE dan *Base station* dapat diprediksi untuk menjaga sinyal tetap dalam batas yang diinginkan. Dalam hal ini jaringan 5G menggunakan frekuensi 2,1 Ghz dan frekuensi 2,3 Ghz dengan *bandwidth* 20 Mhz dan 30 Mhz. Untuk menghitung MAPL dapat di lihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1 Link budget [26]**

Parameter	Calculation	2100 MHz		2300 MHz	
		DL	UL	DL	UL
<i>gNodeB Transmitter Power (dBm)</i>	a	40	35	40	35
<i>Resource block</i>	RB	51	51	78	78
<i>Subcarrier quantity</i>	b = 12*RB	612	612	936	936
<i>gNodeB antenna gain (dBi)</i>	c	18.6	10	20	10
<i>gNodeB cable loss (dBi)</i>	d	0	0	0	0
<i>Penetration loss (dB)</i>	e	23.41	22	25.22	22
<i>Folliage loss (dB)</i>	f	19.59	18	20	18
<i>Body block loss (dB)</i>	g	3	3	3	3
<i>Interference Margin (dB)</i>	h	6	6	6	6
<i>Rain/Ice margin (dB)</i>	i	0	0	0	0
<i>Slow fading margin (dB)</i>	j	7	7	7	7
<i>UT antenna gain (dB)</i>	k	0	0	0	0
<i>Bandwidth (MHz)</i>	BW	20	20	30	30
<i>Konstanta boltzman (mWs/K)</i>	K	$1.38 \times 10^{-20}$	$1.38 \times 10^{-20}$	$1.38 \times 10^{-20}$	$1.38 \times 10^{-20}$
<i>Temperature (Kelvin)</i>	T	293	293	293	293
<i>Thermal noise power (dBm)</i>	l = $10 \cdot \log(K \cdot T \cdot BW)$	- 160.9 2	- 160, 92	- 159.1 6	- 159,1 6
<i>UT</i>	m	9	9	9	9
<i>Demodulation treshold SINR (dB)</i>	n	22.9	22,9	22.9	22,9
<b>MAPL (dB)</b>	<b>PL</b>	<b>100.7</b> <b>55</b>	<b>90,1</b> <b>55</b>	<b>96.32</b> <b>9</b>	<b>86,54</b> <b>9</b>

Pada Tabel 3.1 terlihat parameter yang digunakan dalam perhitungan dan simulasi pada penelitian jaringan 5G pada frekuensi 2100 MHz dan 2300 MHz, baik untuk *downlink* (DL) maupun *uplink* (UL). Parameter-parameter tersebut mencakup aspek-aspek seperti jumlah *resource block* (RB), kuantitas *subcarrier*, *gain* dan *loss* antena *gNodeB*, serta faktor-faktor yang memengaruhi kualitas sinyal. Selain itu, pada tabel juga memuat parameter-parameter lainnya seperti *bandwidth*, *thermal noise*, dan SINR untuk demodulasi. Semua parameter ini menjadi dasar bagi penelitian ini untuk melakukan

perhitungan dan simulasi guna mengevaluasi kinerja jaringan 5G pada kedua frekuensi tersebut, perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

1. *Subcarrier quantity*

- Frekuensi 2100 MHz

$$Scq = 12 \times 52 = 612 \quad (3.1)$$

- Frekuensi 2300 MHz

$$Scq = 12 \times 42 = 936 \quad (3.2)$$

2. *Thermal noise power*

- Frekuensi 2100 MHz

$$N_{\text{Thermal}} = 10 \log (1.38 \times 10^{-20} \times 293 \times 20) = -160.92 \quad (3.3)$$

- Frekuensi 2300 MHz

$$N_{\text{Thermal}} = 10 \log (1.38 \times 10^{-20} \times 293 \times 30) = -159.16 \quad (3.4)$$

3. *Pathloss*

- Frekuensi 2100MHz (*Downlink*)

$$\begin{aligned} Pathloss &= 40 - 10 \log (612) + 18.6 - 0 - 23.41 - 19.59 - 3 - 6 \\ &- 0 - 7 + 0 - (-160.92) - 9 - 22.9 = 100.755 \text{ dB} \end{aligned} \quad (3.5)$$

- Frekuensi 2100MHz (*Uplink*)

$$\begin{aligned} Pathloss &= 35 - 10 \log (612) + 10 - 0 - 22 - 18 - 3 - 6 - 0 - 7 + \\ &0 - (-160.92) - 9 - 22.9 = 90.155 \text{ dB} \end{aligned} \quad (3.6)$$

- Frekuensi 2300MHz (*Downlink*)

$$\begin{aligned} Pathloss &= 40 - 10 \log (936) + 20 - 0 - 25.22 - 20 - 3 - 6 \\ &- 0 - 7 + 0 - (-159) - 9 - 22.9 = 96.329 \text{ dB} \end{aligned} \quad (3.7)$$

- Frekuensi 2300MHz (*Uplink*)

$$\begin{aligned} Pathloss &= 35 - 10 \log (936) + 10 - 0 - 22 - 18 - 3 - 6 - 0 - 7 + \\ &0 - (-159) - 9 - 22.9 = 86.54 \text{ dB} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Dalam ruang lingkup penelitian ini, terdapat catatan mengenai nilai *Mean Atmospheric Path Loss* (MAPL) pada perhitungan *Link budget* untuk *downlink* pada frekuensi 2100 MHz, yang mencapai 100.755 dB, sementara untuk *uplink*, nilai tersebut tercatat sebesar 90.155 dB. Selanjutnya, pada frekuensi 2300 MHz, nilai MAPL untuk *downlink* mencapai 96.329 dB, sedangkan pada *uplink*, nilai tersebut adalah 86.54 dB. hasil ini memberikan gambaran mengenai kehilangan sinyal atmosfer pada kedua frekuensi yang menjadi fokus

penelitian. Perbedaan nilai MAPL antara frekuensi 2100 MHz dan 2300 MHz dapat menjadi elemen penting dalam pemahaman *Link budget* dan perencanaan jaringan seluler pada kedua frekuensi tersebut..

### 3.4.2 Propagasi *Urban Macro* (UMa)

Langkah selanjutnya adalah menghitung jarak radius sel (*cell radius*) dari gNB (*gNodeB*) dengan memperhitungkan parameter yang relevan, seperti frekuensi kerja yang akan digunakan, di dalam wilayah yang akan dirancang. Untuk melakukan perhitungan ini, digunakan model propagasi yang sesuai dengan standar 5G. Dalam perencanaan ini, digunakan model propagasi *Urban Macro* (UMa) yang telah ditentukan dalam standar 3GPP 38.900. Model UMa ini berlaku untuk rentang frekuensi antara 0,5 hingga 100 GHz. Dengan menggunakan persamaan yang sesuai, seperti persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3), kita dapat menghitung jarak radius sel dengan akurat sesuai dengan parameter yang diberikan. Adapun Parameter Model Propagasi *Urban Macro* terdapat pada Tabel 3.2, sebagai berikut:

**Tabel 3. 2 Parameter Model Propagasi *Urban Macro* [27]**

<i>Parameter</i>	<i>Variabel</i>	2100 MHz		2300 MHz	
		DL	UL	DL	UL
<i>Carrier Frequency</i> (GHz)	fc	2.1	2.1	2.3	2.1
<i>Propagation Velocity in Free Space</i> (m/s)	c	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
<i>Antenna Heights User Terminal</i> (m)	h <sub>UT</sub>	1.5	1.5	1.5	1.5
<i>Antenna Heights Base station</i> (m)	h <sub>BS</sub>	20	20	20	20
<i>The Effective Environment Height</i> (m)	h <sub>E</sub>	1	1	1	1
<i>MAPL Downlink and Uplink</i> (dB)	PL	100.755	90.155	96.329	86.549
<i>The Effective Antenna Heights User Terminal</i> (m)	h' <sub>UT</sub>	0.5	0.5	0.5	0.5
<i>The Effective Antenna Heights Base station</i> (m)	h' <sub>BS</sub>	19	19	19	19
<i>Breakpoint Distance</i> (m)	d <sub>BP</sub>	266	266	291.33	291.33
<i>3D distance Tx &amp; Rx</i> (m)	d <sub>3D</sub>	561.30	305.09	433.23	246.73
<i>2D distance Tx &amp; Rx (Cell Radius)</i> (m)	d <sub>2D</sub>	561.11	304.18	432.32	245.61
<i>Number of sites</i>	-	<b>10</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>50</b>

Untuk beberapa nilai dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 h'BS &= hBS - hE \\
 &= 20 - 1 \\
 &= 19 \text{ m}
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

$$\begin{aligned}
 h'UT &= hUT - hE \\
 &= 1.5 - 1 \\
 &= 0.5 \text{ m}
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

$$\begin{aligned}
 d'BP &= 4 \times h'BS \times h'UT \times fc/c \\
 &= 4 \times 19 \times 0.5 \times 2100 \times 10^6 / 3 \cdot 10^8 \\
 &= 266 \text{ m (Frekuensi 2100 Mhz )}
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

$$\begin{aligned}
 d'BP &= 4 \times h'BS \times h'UT \times fc/c \\
 &= 4 \times 19 \times 0.5 \times 2300 \cdot 10^6 / 3 \cdot 10^8 \\
 &= 291,33 \text{ (Frekuensi 2300 Mhz)}
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan skenario 020-*Downlink*-LOS dengan mencari nilai  $d3D$ , yang merupakan jarak tiga dimensi antara UE dan *gNodeB*. Untuk mencari nilai  $d3D$  dapat dilakukan menggunakan persamaan (2.2) dengan perhitungan sebagai berikut:

- a. *Downlink* untuk frekuensi 2100 MHz

$$\begin{aligned}
 PL &= 28.0 + 40 \log (d3D) + 20 \log (fc) - 9 \log ((d'BP)^2 + (hBS - hUT)^2) \\
 100.755 &= 28.0 + 40 \log (d3D) + 20 \log (2.1) - 9 \log ((266)^2 + (20 - 1.5)^2) \\
 d3D &= 10^{((100.755 - 28.0 + 20 * \log(2.1) - 9 * \log((266)^2 + (20 - 1.5)^2)) / 40)} \\
 d3D &= 10^{(2.749)} \\
 d3D &= 561.60
 \end{aligned} \tag{3.11}$$

b. *Uplink* untuk frekuensi 2100 MHz

$$PL = 28.0 + 40 \log (d3D) + 20 \log (fc) - 9 \log ((d'BP)^2 + (hBS - hUT)^2)$$

$$90.155 = 28.0 + 40 \log (d3D) + 20 \log (2.1) - 9 \log ((266)^2 + (20 - 1.5)^2)$$

$$d3D = 10^{((90.955 - 28.0 + 20 * \log(2.1) - 9 * \log((266)^2 + (20 - 1.5)^2)) / 40)}$$

$$d3D = 10^{(2.484)}$$

$$d3D = 305.09 \tag{3.12}$$

c. *Downlink* untuk frekuensi 2300 MHz

$$PL = 28.0 + 40 \log (d3D) + 20 \log (fc) - 9 \log ((d'BP)^2 + (hBS - hUT)^2)$$

$$96.392 = 28.0 + 40 \log (d3D) + 20 \log (2.3) - 9 \log ((291.33)^2 + (20 - 1.5)^2)$$

$$d3D = 10^{((96.392 - 28.0 + 20 * \log(2.3) - 9 * \log((291.33)^2 + (20 - 1.5)^2)) / 40)}$$

$$d3D = 10^{(2.636)}$$

$$\tag{3.13}$$

$$d3D = 433.23$$

d. *Uplink* untuk frekuensi 2300 MHz

$$PL = 28.0 + 40 \log (d3D) + 20 \log (fc) - 9 \log ((d'BP)^2 + (hBS - hUT)^2)$$

$$86.549 = 28.0 + 40 \log (d3D) + 20 \log (2.3) - 9 \log ((291.33)^2 + (20 - 1.5)^2)$$

$$d3D = 10^{((86.392 - 28.0 + 20 * \log(2.3) - 9 * \log((291.33)^2 + (20 - 1.5)^2)) / 40)}$$

$$d3D = 10^{(2.392)}$$

$$\tag{3.14}$$

$$d3D = 246.73$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dalam konteks skenario *020-Downlink-LOS*, *d3D* memiliki nilai yang bervariasi. Setelah memperoleh nilai *d3D*, langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *cell radius* (*d2D*) dan luas wilayah cakupan *site* dengan memanfaatkan persamaan 3.11.

- a. *Downlink* untuk frekuensi 2100 MHz

$$\begin{aligned} \text{Cellradius}(d2D) &= \sqrt{(d3D)^2 - (hBS - hUT)^2} \\ &= \sqrt{(561.60)^2 - (20 - 1.5)^2} \\ &= 561.11 \text{ m} \end{aligned} \tag{3.13}$$

$$\begin{aligned} \text{Site coverage area} &= 2.6x(d2D)^2 \\ &= 2.6 \times (561.11)^2 \\ &= 818.588 \text{ m}^2 \end{aligned} \tag{3.14}$$

- b. *Uplink* untuk frekuensi 2100 MHz

$$\begin{aligned} \text{Cellradius}(d2D) &= \sqrt{(d3D)^2 - (hBS - hUT)^2} \\ &= \sqrt{305.09^2 - (20 - 1.5)^2} \\ &= 304.18 \text{ m} \end{aligned} \tag{3.15}$$

$$\begin{aligned} \text{Site coverage area} &= 2.6x(d2D)^2 \\ &= 2.6 \times (304.18)^2 \\ &= 240.570 \text{ m}^2 \end{aligned} \tag{3.16}$$

- c. *Downlink* untuk frekuensi 2300 MHz

$$\begin{aligned} \text{Cellradius}(d2D) &= \sqrt{(d3D)^2 - (hBS - hUT)^2} \\ &= \sqrt{(433.23)^2 - (20 - 1.5)^2} \\ &= 432.59 \text{ m}^2 \end{aligned} \tag{3.17}$$

$$\begin{aligned} \text{Site coverage area} &= 2.6x(d2D)^2 \\ &= 2.6 \times (432.59)^2 \\ &= 486.554 \text{ m}^2 \end{aligned} \tag{3.18}$$

- d. *Uplink* untuk frekuensi 2300 MHz

$$\begin{aligned} \text{Cellradius}(d2D) &= \sqrt{(d3D)^2 - (hBS - hUT)^2} \\ &= \sqrt{(246.73)^2 - (20 - 1.5)^2} \\ &= 245.61 \text{ m}^2 \end{aligned} \tag{3.19}$$

$$\begin{aligned} \text{Site coverage area} &= 2.6x(d2D)^2 \\ &= 2.6 \times (246.73)^2 \\ &= 156.838 \text{ m}^2 \end{aligned} \tag{3.20}$$

Setelah mendapatkan nilai *cell radius* dan luas wilayah cakupan *site*, langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah *gNodeB* yang dibutuhkan, dengan perhitungan sebagai berikut:

- a. *Downlink* untuk frekuensi 2100 MHz

$$\begin{aligned} \text{Number of sites} &= \frac{\text{Total large of area}}{\text{Site coverage area}} \\ \text{Number of sites} &= \frac{7,820,000}{818.588} \\ &= 10 \text{ sites} \end{aligned} \quad (3.21)$$

- b. *Uplink* untuk frekuensi 2100 MHz

$$\begin{aligned} \text{Number of sites} &= \frac{\text{Total large of area}}{\text{Site coverage area}} \\ \text{Number of sites} &= \frac{7,820,000}{240.570} \\ &= 32 \text{ sites} \end{aligned} \quad (3.22)$$

- c. *Downlink* untuk frekuensi 2300 MHz

$$\begin{aligned} \text{Number of sites} &= \frac{\text{Total large of area}}{\text{Site coverage area}} \\ \text{Number of sites} &= \frac{7,820,000}{486.554,51} \\ &= 16 \text{ sites} \end{aligned} \quad (3.23)$$

- d. *Uplink* untuk frekuensi 2300 MHz

$$\begin{aligned} \text{Number of sites} &= \frac{\text{Total large of area}}{\text{Site coverage area}} \\ \text{Number of sites} &= \frac{7,820,000}{156.838} \\ &= 50 \text{ sites} \end{aligned} \quad (3.24)$$

Dalam kerangka perancangan jaringan 5G, hasil perhitungan menunjukkan bahwa untuk mendukung *downlink* pada frekuensi 2100 MHz, diperlukan total 10 *site gNodeB*. Sementara itu, untuk mendukung *uplink* pada frekuensi yang sama, memerlukan alokasi sebanyak 32 *site*. Pada frekuensi 2300 MHz untuk *downlink*, perlu dipasang 16 *site*, sedangkan untuk *uplink* membutuhkan 50 *site*. Semua *site* ini secara strategis ditempatkan

untuk mencakup seluruh wilayah Kecamatan Mampang, Jakarta Selatan, dengan tujuan memberikan cakupan dan kapasitas yang optimal. Perhitungan ini mencakup analisis *Link budget* dan parameter teknis lainnya, memastikan bahwa kebutuhan jaringan dapat terpenuhi dengan efektif di seluruh wilayah yang ditentukan.

### 2.4.3 Perhitungan *Data rate*

Perhitungan *Data rate* adalah perhitungan yang dilakukan untuk mengukur sejauh mana jaringan mampu mentransmisikan data dengan kecepatan tertentu, perhitungan *data rate* dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1). Berikut hasil perhitungan *data rate* beserta parameter yang relevan yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

- a. *Downlink* untuk frekuensi 2300 MHz

$$\begin{aligned} \text{Data rate (Mbps)} &= 0.000001 \times 1 \left( 4 \times 4 \times 1 \times 0.92 \times \frac{51 \times 12}{0.0000333} \times 0.86 \right) \\ &= 234.770 \text{ Mbps} \end{aligned} \quad (3.25)$$

- b. *Uplink* untuk frekuensi 2300 MHz

$$\begin{aligned} \text{Data rate (Mbps)} &= 0.000001 \times 1 \left( 4 \times 4 \times 1 \times 0.92 \times \frac{78 \times 12}{0.0000167} \times 0.86 \right) \\ &= 359.060 \text{ Mbps} \end{aligned} \quad (3.26)$$

**Tabel 3. 3 *Data rate***

<b>Parameter</b>	<b>2100 MHz</b>	<b>2300 MHz</b>
<i>Bandwidth</i>	20 MHz	30 Mhz
<i>Subcarrier spacing</i>	30 kHz	30 Khz
<i>Component Carrier</i>	1	1
<i>Modulation Order</i>	4	4
<i>Number of Layer</i>	4	4
<i>Scaling Factor</i>	1	1
<i>Numerology</i>	1	0
<i>Number of RBs</i>	51	78
<i>Overhead</i>	0.14	0.14
<i>Data rate (Mbps)</i>	234.770	359.060

Pada Tabel 3.3 di atas memberikan perbandingan antara parameter perancangan jaringan 5G dalam perbedaan frekuensi antara 2100 MHz dan 2300 MHz, yang merupakan elemen kunci dalam perancangan jaringan seluler. Lebar pita, jarak *subcarrier*, dan kecepatan data adalah beberapa aspek yang dapat memengaruhi kinerja keseluruhan. Dalam frekuensi 2100 MHz memiliki lebar pita sebesar 20 MHz, sedangkan frekuensi 2300 MHz memiliki lebar pita yang lebih luas, yakni 30 MHz. Hal ini menandakan bahwa

frekuensi 2300 MHz memiliki potensi untuk mentransfer lebih banyak data secara bersamaan, memberikan keunggulan dalam kapasitas transmisi. Selain itu, jarak *subcarrier* yang lebih besar pada frekuensi 2300 MHz dapat meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum frekuensi.

Meskipun keduanya menggunakan satu pembawa komponen, tingkat modulasi yang sama, jumlah lapisan, dan faktor skalabilitas yang identik, perbedaan muncul pada nilai numerologi dan jumlah *Resource blocks* (RB). *Numerologi* yang berbeda menunjukkan struktur sinyal yang berbeda antara keduanya. Dalam hal kecepatan data, frekuensi 2300 MHz menonjol dengan kecepatan mencapai 359.060 Mbps, sementara frekuensi 2100 MHz mencapai 234.770 Mbps. Ini mencerminkan kapasitas transmisi yang lebih tinggi pada frekuensi 2300 MHz, memberikan potensi kinerja yang lebih baik dalam mengatasi permintaan data yang semakin meningkat.

#### 2.4.4 Parameter Simulasi

Setelah melakukan semua perhitungan yang diperlukan dalam perancangan jaringan menggunakan frekuensi 2100 MHz dan frekuensi 2300 MHz, Hasil perhitungan tersebut telah tercantum didalam Tabel 3.4 yang akan menjadi sumber acuan dalam proses perancangan jaringan menggunakan *software Atoll*.

**Tabel 3. 4 Hasil Perhitungan**

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Nilai</b>
Frekuensi kerja (MHz)	2100	2300
<i>Bandwidth</i> (MHz)	20	30
Model Propagasi	<i>Urban Macro</i> (UMa)	<i>Urban Macro</i> (UMa)
MAPL <i>Downlink</i> (dB)	100.755	96.329
Luas Wilayah Perencanaan (km <sup>2</sup> )	7,8	7,8
<i>Cell radius</i> (m)	266	291,33
Jumlah <i>Site</i>	10	16
Tinggi Antena <i>User Terminal</i> (m)	1.5	1.5
Tinggi Antena <i>Base station</i> (m)	20	20
Daya (dBm)	40	40
<i>Data rate</i> (Mbps)	234.770	359.060

Simulasi parameter merupakan salah satu tahapan penting dalam perancangan jaringan 5G. Pada tahap ini, data tabel 3.4 digunakan sebagai acuan untuk melakukan simulasi dengan menggunakan *software Atoll*. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengukur performa jaringan yang direncanakan dan menilai kualitas sinyal yang diterima oleh pengguna. Hasil simulasi ini kemudian dapat digunakan untuk membandingkan dua skema perancangan jaringan, yaitu perencanaan jaringan 5G dengan menggunakan frekuensi 2100 MHz dan frekuensi 2300 MHz, serta hasil simulasi akan dibandingkan dengan hasil dari penerapan pada operator Telkomsel. Parameter simulasi pada perancangan jaringan 5G dapat tuliskan sebagai berikut:

**1. *Synchronization Signal Reference Signal Received Power (SS-RSRP)***

SS-RSRP didefinisikan sebagai rasio antara daya sinyal SS yang diterima oleh perangkat pengguna dengan daya gangguan dan derau yang ada. Parameter ini menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna dari sel pengirim. Semakin tinggi nilai SS-SINR, semakin baik kualitas sinyal yang diterima. Adapun rentang nilai parameter SS-SINR dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Tabel 3.5.

**Tabel 3. 5 Rentang Nilai Parameter SS-RSRP [28]**

Rentang Nilai SS-RSRP (dBm)	Warna
$SS-RSRP \geq -85$	Blue
$-85 \leq SS-RSRP < -95$	Green
$-95 \leq SS-RSRP < -105$	Yellow
$-105 \leq SS-RSRP < -110$	Orange
$-110 \leq SS-RSRP < -140$	Red

Tabel 3.5 menunjukkan rentang nilai SS-RSRP yang digunakan dalam penelitian ini dan kategori yang sesuai dengan nilai tersebut. Nilai SS-RSRP yang paling tinggi adalah -85 dBm atau lebih, yang dikategorikan sebagai *Excellent*, yang berarti sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna sangat kuat dan stabil. Nilai SS-RSRP yang paling rendah adalah -115 dBm atau kurang dari nilai tersebut, yang dikategorikan sebagai *Very Bad* atau sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna sangat lemah dan tidak dapat bekerja dengan optimal.

## 2. Synchronization Signal Signal to Noise and Interference Ratio (SS- SINR)

SS-SINR menjadi salah satu parameter yang cukup penting untuk mengukur kualitas sinyal pada perangkat pengguna. Parameter ini dirancang untuk menghitung rasio antara daya sinyal SS yang diterima oleh perangkat pengguna dengan daya gangguan dan derau yang ada dalam *bandwidth* yang sama. Nilai SS-SINR ini dapat menunjukkan seberapa baik kualitas sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna dari sel pengirim. Penelitian ini menggunakan dua parameter pengujian yaitu SS-SINR dan RSRP, perbedaan antara kedua parameter tersebut adalah bahwa SS-SINR menunjukkan kualitas sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna, sedangkan SS-RSRP menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna dari seluler pengirim. Adapun rentang nilai parameter SS-SINR dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Tabel 3.6.

**Tabel 3. 6 Rentang Nilai SS-SINR [25]**

Rentang Nilai SS-SINR (dBm)	Warna
$SS-SINR \geq 30$	Green
$30 \leq SS-SINR \leq -10$	Yellow
$-10 \leq SS-SINR \leq 0$	Red

Tabel 3.6 menunjukkan rentang nilai SS-SINR dan kategori yang sesuai dengan nilai tersebut yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai SS-SINR yang paling tinggi adalah 30 dBm bahkan bisa lebih, yang dikategorikan sebagai *Very Good*, yang berarti sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna sangat jernih dan bebas dari gangguan dan derau. Nilai SS-SINR yang paling rendah adalah -10 dBm atau kurang dari nilai tersebut, yang dikategorikan sebagai *Very Bad*, yang berarti sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna sangat buruk dan penuh dengan gangguan dan derau.